

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ХАРИТОНЕНКО НАТАЛІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 633.854.78:631.527:581.16

ДИСЕРТАЦІЯ
МІНЛИВІСТЬ ВМІСТУ І ЗАКОНОМІРНОСТІ УСПАДКУВАННЯ ВІТАМІНУ Е
(ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ) У ЛІНІЯХ ТА ІНБРЕДНИХ ПОКОЛІННЯХ
СОНЯШНИКУ

06.01.05 – селекція і насінництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела

_____ Н.С. Харитоненко

Науковий керівник: Кириченко Віктор Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України

Харків – 2020

АНОТАЦІЯ

Харитоненко Н.С. Мінливість вмісту і закономірності успадкування вітаміну Е (ізомерів токоферолів) у лініях та інбредних поколіннях соняшнику. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво» (Сільськогосподарські науки) Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Харків, 2020.

Сучасний олійно-жировий ринок України потребує якісних рослинних олій з різними харчовими та технологічними властивостями. Основною олійною культурою в Україні є соняшник, продукцію якого широко використовують в різних галузях виробництва. На теперішній час створено велику кількість сортів та гібридів соняшнику з високим вмістом олії, підвищеною врожайністю, стійкістю до несприятливих умов вирощування. Та за своїм хімічним складом соняшникова олія сучасних гібридів є одноманітною і не повністю задовольняє споживчий ринок та населення країни. Такі умови різко знижують ефективність вирощування культури та вимагають експорту окремих рослинних олій з високими харчовими показниками, що веде за собою додаткові витрати.

Створення традиційними селекційно-генетичними методами нового соняшнику стійкого до окислення має ряд переваг, які зумовлені економічною вигодою, завдяки покращенню якості, що дозволяє розширити спектр використання такої продукції в харчовій, переробній та технічній промисловості. Одним із основних шляхів вирішення проблеми є зміна вмісту ізомерів токоферолів в межах одного генотипу в бік збільшення β , γ або δ . Але, враховуючи недостатність забезпечення селекційних програм вихідним матеріалом із зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, необхідно ретельно вивчити характер успадкування вітаміну Е (ізомерів токоферолів) та межі їх варіювання в інбредних поколіннях та створити і впровадити в селекційну практику нові лінії соняшнику, які б характеризувались

стійкістю до процесів перекисного окислення. Це обумовило актуальність селекційних наукових програм, на що і були спрямовані наші дослідження.

В результаті виконання дисертаційної роботи вирішено важливе наукове завдання з визначення мінливості вмісту і закономірностей успадкування вітаміну Е (ізомерів токоферолів) у лініях та інбредних поколіннях і створення нового вихідного матеріалу соняшнику з високими якісними показниками, які забезпечують стійкість олії до окислення в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками.

Вперше в Україні на основі проведених аналізів близько 1000 зразків встановлено варіабельність вмісту ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості. Вивчений матеріал класифіковано та розділено на 6 класів.

Перший та шостий класи – максимальне та мінімальне значення ознаки в різних межах варіювання. За вмістом α ізомеру токоферолу зразки, які вивчали на протязі шести років дослідження (2013–2018 рр.) віднесено до третього класу (42,84–28,91 мг%) – 38 шт., четвертого (28,90–14,97 мг%) – 2 шт., п'ятого (14,96–1,02 мг%) – 135 шт., шостого (до 1,01 мг%) – 282 шт. За вмістом β ізомеру токоферолу – до першого класу (вище 57,34 мг%) – 1 шт., третього (42,99–28,66 мг%) – 35 шт., четвертого (28,65–14,32 мг%) – 2 шт., п'ятого (14,31–0,004 мг%) – 375 шт. та шостого (до 0,003 мг%) – 44 шт. За вмістом γ - другого класу (34,58–25,93 мг%) – 3 шт., третього (25,92–17,28 мг%) – 59 шт., четвертого (17,27–8,63 мг%) – 24 шт., п'ятого (8,62–0,004 мг%) – 262 шт. та шостого (до 0,003 мг%) – 107 шт. За вмістом δ – до першого (вище 17,15 мг%) 1 шт., другого (17,14–12,86 мг%) 5 шт., третього 19 шт. (12,85–8,57 мг%), четвертого (8,56–4,28 мг%) 23 шт., п'ятого (4,27–0,004 мг%) – 134 та шостого (до 0,003 мг%) – 275. За вмістом сумарної кількості ізомерів токоферолів – максимальний вміст ознаки ідентифіковано в 1 зразку, який віднесено до першого класу (вище 84,81 мг%). Три зразки віднесено до другого класу (84,80–64,15 мг%). Третій клас (64,14–43,49 мг%) налічує 23 зразка. До четвертого (43,48–22,83 мг%) віднесено 182 зразки. Найчисельнішим був п'ятий клас (22,82–2,17 мг%) – 248 зразків.

Охарактеризовано лінії з робочої колекції лабораторії генетики та селекції соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН на вміст ізомерів токоферолів та їх суми. За результатами аналізу лінія Vк-L-1 є цінним джерелом γ токоферолу, вміст якого – 6,10 мг%, та δ токоферолу – 13,30 мг%, що становить майже 25 % та 54 % від загальної суми ізомерів, яка складає 24,37 мг%. Лінія Vк-L-2, при сумі ізомерів токоферолів 27,32 мг%, має в своєму складі α токоферолу – 20,68 мг%, що складає майже 76 % від частки інших ізомерів, 0,87 мг% β токоферолу, що становить майже 4 %, вміст γ токоферолу 3,54 мг%, тобто майже 13 %, на частку δ токоферолу припадає майже 8 %, тобто 2,24 мг%. Максимальний вміст ізомерів токоферолів у лінії Vк-L-4 – 32,47 мг%, при цьому вміст β токоферолу – 15 мг% це майже 47 % від загального вмісту і є максимальним значенням серед ліній серії Vк-L. Лінії Vк-L-5 та Vк-L-6 – типові представники соняшнику звичайного типу з високим вмістом α токоферолу (90–99 %). Лінія Vк-L-7 є цінним джерелом β токоферолу – 11,57 мг% при загальній сумі ізомерів 22,54 мг%, що складає майже 51 %. Загальний вміст ізомерів токоферолів у лінії Vк-L-8 – 19,55 мг%, з яких β токоферолу – 8,51 мг%, тобто близько 44 %.

Характеристика ліній серії Vк-L за цінними господарськими показниками показала найвищу продуктивність – 37,99 г/рослину (Vк-L-2), дещо нижчу у ліній Vк-L-1 та Vк-L-8 – 25,45 г/рослину та 24,74 г/рослину. Найнижча продуктивність у ліній Vк-L-4 та Vк-L-7 – 19,08 г/рослину та 16,32 г/рослину. Визначення стійкості ліній-мутантів у лабораторних умовах до несправжньої борошнистої роси показало, що матеріал нестійкий до збудника даної хвороби.

Вмісту олії в насінні соняшнику найвищим був у однієї лінії (Vк-L-7) – 32,87 %, а чотири лінії: Vк-L-1, Vк-L-2, Vк-L-4, Vк-L-8 характеризувалися приблизно однаковим вмістом – 29,60 %, 29,06 %, 29,07 %, 29,55 % відповідно. Такі дані свідчать про те, що ці лінії не є цінним джерелом за ознакою рівня вмісту олії в насінні. Аналіз жирнокислотного складу ліній соняшнику серії Vк-L дозволив виявити дві лінії – Vк-L-4 та Vк-L-8, які мали в своєму складі підвищений вміст олеїнової кислоти (83,30 % та 86,79 %). Та одну лінію Vк-L-2 з вмістом олеїнової кислоти – 41,62 % і лінолевої – 46 96 %. Решта ліній (Vк-L-1, Vк-L-5, Vк-L-6, Vк-L-

7) мали приблизно однаковий рівень олеїнової кислоти (30,60 %, 34,73 %, 30,12 %, 34,16 %) відповідно. За вмістом білка в насінні соняшнику ліній серії V_k-L мали відмінності. Так, найвищим рівнем білка характеризувалась лінія V_k-L-8 – 28,39 %, майже на рівні з нею він був у лінії V_k-L-7 – 27,06 % та лінії V_k-L-2 (26,14 %). У ліній V_k-L-1 та V_k-L-4 був найнижчий вміст білка (23,30 % та 20,88 % відповідно).

Установлено характер успадкування та ефект гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в гібридних комбінаціях F₁, F₂ соняшнику, створених на фертильній основі за участю ліній з робочої колекції лабораторії генетики і селекції соняшнику ІР НААН та ліній отриманих із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (Краснодар), у гібридних комбінаціях F₁ на стерильній основі, створених за участю ліній з колекції лабораторії генетики і селекції соняшнику ІР НААН та ліній відновників фертильності пилку з різним вмістом ізомерів токоферолів.

Установлено наддомінування в гібридних комбінаціях F₁, отриманих за схрещування ліній на фертильній основі – V_k-L-4 / X720В, V_k-L-8 / X114В, V_k-L-4 / X114В, V_k-L-7 / X1334В за вмістом α , γ , δ та Σ , у комбінаціях V_k-L-1 / X135В, V_k-L-1 / X114В за вмістом α і β .

Визначено ефект гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в гібридних комбінаціях F₁: за вмістом α – V_k-L-4 / X720В, V_k-L-4 / X114В, V_k-L-7 / X1334В, V_k-L-8 / X114В, V_k-L-1 / X114В (98 %, 200 %, 16 %, 54 %, 227 % відповідно); за вмістом β – V_k-L-1 / X135В, V_k-L-1 / X114В (117 %, 20 %).

Визначено залежність між вмістом ізомерів токоферолів та іншими біохімічними і господарськими цінними ознаками, і виявлено негативну кореляцію між вмістом β та γ ізомерами та між β і масою 1000.

На основі проведених досліджень у 2013–2018 рр. ідентифіковано 10 новостворених ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, дев'ять з них зареєстровано в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України, поповнивши тим самим банк генетичних ресурсів рослин України на які отримано свідоцтва № 1484–1493.

Сформовано каталог вихідного матеріалу для селекції соняшнику на якість, в якому наведено характеристику 10 ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, які рекомендовано для використання в селекційних програмах науково-дослідних установ НААН.

Ключові слова: соняшник, селекція на якість, ізомери токоферолів, стійкість до окислення, антиоксидантна активність, сума токоферолів, кореляція, успадкування.

ANNOTATION

Kharytonenko N.S. Content Variability and Inheritance Patterns of Vitamin E (Tocopherol Isomers) in Sunflower Lines and Inbred Generations. – Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Candidate Degree in Agricultural Sciences (Doctor of Philosophy), specialty 06.01.05 “Breeding and Seed Production” (Agricultural Sciences). – Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Kharkiv, 2020.

The current oil and fat market of Ukraine requires top-quality vegetable oils with different nutritional and technological properties. The main oilseed crop in Ukraine is sunflower, products of which are widely used in different industries. To date, numerous sunflower varieties and hybrids with a high oil content, increased yields and resistance to unfavorable growing conditions have been developed. However, modern sunflower hybrids are alike in the chemical composition of oil, and this oil does not fully satisfy the consumer market and the population of the country. Such conditions dramatically reduce the crop cultivation efficiency and demand the export of certain vegetable oils with high nutritional parameters, which entails additional costs.

Development of new oxidation-resistant sunflower by traditional breeding and genetic methods has several advantages because of economic benefits due to the improved quality, which enables expanding the assortment of such products in the food, processing and technical industries. Increasing the contents of β -, γ - or δ -tocopherol isomers within one genotype is one of the main ways to solve this challenge. However, given the insufficient provision of breeding programs with starting material with altered contents of tocopherol isomers in combination with other valuable economic traits, it is necessary to thoroughly study the vitamin E (tocopherol isomers) inheritance and their variation limits in inbred generations, to develop new peroxidation-resistant sunflower lines and to introduce them in breeding practice. This determined the timeliness of breeding scientific programs and became the focus of our research.

As a result of the thesis project, an important scientific objective was achieved: to determine the content variability and inheritance patterns of vitamin E (tocopherol

isomers) in sunflower lines and inbred generations and to develop new starting material with high quality parameters ensuring resistance of oil to oxidation in combination with other valuable economic traits.

For the first time in Ukraine, based on the results of analysis of about 1,000 accessions, the variability of the contents of tocopherol isomers and their total amount has been established. The studied material has been categorized into 6 classes.

Classes 1 and 6 are the maximum and minimum values of the trait within the variation limits. As to the content of α -tocopherol isomer, the accessions investigated for the six years (2013–2018) were categorized as follows: class 3 (42,84–28,91 mg%) – 38 accessions; class 4 (28,90–14,97 mg%) – 2 accessions; class 5 (14,96–1,02 mg%) – 135 accessions; class 6 (\leq 1,01 mg%) – 282 accessions. As to the content of β tocopherol isomer, the categorization was as follows: class 1 ($>$ 57,34 mg%) – 1 accession; class 3 (42,99–28,66 mg%) – 35 accessions; class 4 (28,65–14,32 mg%) – 2 accessions; class 5 (14,31–0,004 mg%) – 375 accessions; and class 6 (\leq 0,003 mg%) – 44 accessions. As to the γ -isomer content, the categorization was as follows: class 2 (34,58–25,93 mg%) – 3 accessions; class 3 (25,92–17,28 mg%) – 59 accessions; class 4 (17,27–8,63 mg%) – 24 accessions; class 5 (8,62–0,004 mg%) – 262 accessions; and class 6 (\leq 0,003 mg%) – 107 accessions. As to the δ -isomer content, the categorization was as follows: class 1 ($>$ 17,15 mg%) – 1 accession; class 2 (17,14–12,86 mg%) – 5 accessions; class 3 (12,85– 8,57 mg%) – 19 accessions; class 4 (8,56–4,28 mg%) – 23 accessions; class 5 (4,27– 0,004 mg%) – 134 accessions; and class 6 (\leq 0,003 mg%) – 275 accessions. As to the total content of the tocopherol isomers, the maximum content was recorded in 1 accession, which was referred to class 1 ($>$ 84,81 mg%). Three accessions were referred to class 2 (84,80–64,15 mg%). Class 3 (64,14–43,49 mg%) comprised 23 accessions; class 4 (43,48 – 22,83 mg%) – 182 accessions. Class 5 (22,82–2,17 mg%) was the most numerous – 248 accessions.

Lines from a working collection of the Laboratory of Sunflower Genetics and Breeding of the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS were characterized in terms of the contents of tocopherol isomers and their sum. Analysis

showed that line Vk-L-1 was a valuable source of γ -tocopherol, as its content was 6,10 mg%, and of δ -tocopherol (13,30 mg%), which is almost 25 % and 54 %, respectively, of the total amount of the isomers (24,37 mg%). Line Vk-L-2, with a sum of the tocopherol isomers of 27,32 mg%, contained 20,68 mg% of α -tocopherol, which was almost 76 % of the other isomer percentages, and 0,87 mg% of β -tocopherol, which was almost 4 %; the γ -tocopherol content was 3,54 mg%, i.e. almost 13 %; δ -tocopherol accounted for almost 8 %, i.e. its content was 2,24 mg%. The maximum content of the tocopherol isomers in line Vk-L-4 was 32,47 mg%, with the β -tocopherol content being 15 mg%, which was almost 47 % of the total content and is the highest value among lines Vk-L. Lines Vk-L-5 and Vk-L-6 are typical representatives of ordinary sunflower with a high α -tocopherol content (90–99 %). Line Vk-L-7 is a valuable source of β -tocopherol (11,57 mg%), with a total amount of isomers of 22,54 mg%, which was almost 51 %. The total content of the tocopherol isomers in line Vk-L-8 was 19,55 mg%, and β -tocopherol accounted for 8,51 mg%, i.e. about 44 %.

Characterization of lines Vk-L by valuable economic parameters showed the highest performance (37,99 g/plant) in Vk-L-2 and a slightly lower performance in lines Vk-L-1 and Vk-L-8 (25,45 g/plant and 24,74 g/plant, respectively). The lowest performance was observed in lines Vk-L-4 and Vk-L-7 (19,08 g/plant and 16,32 g/plant, respectively). Evaluation of resistance of mutant lines to downy mildew in laboratory conditions showed that the material was susceptible to the pathogen.

The oil content in sunflower seeds was highest in 1 line (Vk-L-7) - 32,87 %, and 4 lines (Vk-L-1, Vk-L-2, Vk-L-4, and Vk-L-8) had similar contents – 29,60 %, 29,06 %, 29,07 %, 29,55 %, respectively. Such data indicate that these lines are not valuable sources of oil content in seeds. Analysis of the fatty acid composition in sunflower lines Vk-L revealed two lines – Vk-L-4 and Vk-L-8, which had an increased oleic acid content (83,30 % and 86,79 %, respectively) and 1 line (Vk-L-2) with oleic and linoleic acid contents of 41,62 % and 46,96 %, respectively. The other lines (Vk-L-1, Vk-L-5, Vk-L-6, and Vk-L-7) had comparable levels of oleic acid (30,60 %, 34,73 %, 30,12 %, 34,16 %, respectively). The protein content in seeds of sunflower lines Vk-L varied. Thus, the highest protein content was intrinsic to line Vk-L-8 (28,39 %), and lines Vk-L-7 and Vk-

L-2 had only a slightly lower protein content (27,06 % and 26,14 %, respectively). Lines Vk-L-1 and Vk-L-4 had the lowest protein content (23,30 % and 20,88 %, respectively).

The inheritance patterns and heterosis effect for the contents of tocopherol isomers and their total amount in F₁ and F₂ sunflower hybrid combinations developed on fertile basis and derived from lines of the working collection of the Laboratory of Sunflower Genetics and Breeding of the PPI NAAS and lines granted by V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Krasnodar) as well as in F₁ hybrid combinations developed on sterile basis and derived from lines of the collection of the Laboratory of Sunflower Genetics and Breeding of the PPI NAAS and lines - pollen fertility restorers with various tocopherol isomer contents were established.

Over-dominance was demonstrated in F₁ hybrid combinations from crossing lines on fertile basis – Vk-L-4 / Kh720V, Vk-L-8 / Kh114V, Vk-L-4 / Kh114V, and Vk-L-7 / Kh1334V for the α -, γ -, δ -isomer contents and the total amount of tocopherols; in combinations Vk-L-1 / Kh135V and Vk-L-1 / Kh114V – for the α - and β -isomer contents.

The heterosis effect for the contents of the tocopherol isomers and their total amount in F₁ hybrid combinations was observed in Vk-L-4 / Kh720V, Vk-L-4 / Kh114V, Vk-L-7 / Kh1334V, Vk-L-8 / KhX114V, and Vk-L-1 / Kh114V for the α -isomer content (98 %, 200 %, 16 %, 54 %, 227 %, respectively) and in Vk-L-1 / Kh135V and Vk-L-1 / Kh114V for the β -isomer content (117 % and 20 %, respectively).

Relationships between the contents of the tocopherol isomers and other biochemical and economic valuable traits were determined, and negative correlations were found between the contents of β - and γ -isomers and between the β -isomer content and 1000-kernel weight.

The studies conducted in 2013–2018 identified 10 new lines with altered contents of the tocopherol isomers in combination with other valuable economic traits; 9 of them were registered with the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine, thus enriching the Bank of Plant Genetic Resources of Ukraine. These lines received certificates Nos. 1484–1493.

A catalog of starting material for sunflower breeding for quality has been compiled. The catalog describes characteristics of 10 lines - pollen fertility restorers with

modified contents of the tocopherol isomers in combination with other valuable economic traits, which are recommended to use in breeding programs of NAAS institutions.

Keywords: sunflower, breeding for quality, tocopherol isomers, resistance to oxidation, antioxidant activity, total tocopherol amount, correlation, inheritance.

Список публікацій здобувача

Статті у фахових наукових виданнях України

1. Кириченко В.В., Сивенко В.И., Макляк Е.Н., Сивенко А.А., Сатаров А.З., Лебеденко Е.А., Харитоненко Н.С., Андриенко В.В., Брагин А.Н., Шишман Т.В. Результаты теоретических исследований и их применение в селекции подсолнечника. Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. Вип. № 1. Київ, 2014. С. 113–121.

2. Кириченко В.В., Харитоненко Н.С. Прояв ступеня домінування вмісту токоферолів у гібридів F_1 соняшнику. Селекція і насінництво. 2017. вип. 112. С. 134–143.

3. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Святченко С.І. Прояв ефекту гетерозису вмісту токоферолів у гібридів F_2 соняшнику. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Харків. № 22. 2017. С. 141–146.

4. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Нові лінії соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів. - Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва, Частина 1. Випуск 92. 2018 року. С. 291–298.

Статті у наукових міжнародних виданнях

5. Н.С. Харитоненко, В.В. Кириченко, В.В. Поздняков, О.В. Анциферова, В.П. Коломацька, С.І. Святченко. Селекція подсолнечника на улучшение качества масла. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018 № 3. С. 129–134.

Статті у наукових виданнях

6. Н.С. Харитоненко, В.В. Кириченко, В.М. Попов, О.Г. Супрун, О.В. Анциферова, В.В. Поздняков Значення вмісту та ізомерного складу токоферолів у рослинній сировині. Науково-практичний збірник «Посібник українського хлібороба. Вип. №2. Київ. 2014. С. 100–102.

Матеріали наукових конференцій

7. Харитоненко Н.С. Вихідний матеріал соняшнику з різним вмістом ізомерів токоферолів і перспективи його використання в селекції. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. «Стійкість соняшнику до біо- та абіотичних чинників». 24–25 червня 2014 р., Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2014. С. 121–126.

8. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Попов В.Н. Перспективы селекции подсолнечника с измененным содержанием и изомерным составом токоферолов. Матеріали VII Міжнародній конференції «Масложировая отрасль: Технологии и рынок». 8–9 жовтня 2014 р., Київ, Інститут олії та жирів. 2014. С. 40–41.

9. 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 рослин і його використання в сучасній селекції» присвячена пам'яті професора Н.М. Чекаліна. 22–23 квітня 2015 р., Полтава. С. 119–120.

10. Харитоненко Н.С., Леонова Н.Н., Поздняков В.В., Удовиченко А.Ю., Анциферова О.В., Лютенко В.С. Антиоксидантная активность линий подсолнечника кондитерского направления использования. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее» посвященной 100-летию со Дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны. 24–26 листопада 2016 р., Белгород. 2016.

11. Харитоненко Н.С., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Створення нового вихідного матеріалу соняшнику з підвищеним вмістом вітаміну Е та його ізомерів токоферолів (β , γ , δ). Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». 23–24 жовтня 2017 р., Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2017. С. 356–357.

12. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Анциферова О.В. Перспективи селекції соняшнику на якість. Матеріали II Міжнародної науково-практичної

конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». 25–26 жовтня 2018 р. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2017. С.

13. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Новий напрям в селекції соняшнику на якість продукції. Міжнародна наукова інтернет-конференція «Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур». 16 листопада 2017 р. Запоріжжя. 2017 р.

14. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Анциферова О.В. Селекція соняшнику на якість рослинної продукції у поєднанні з іншими господарсько-цінними показниками. «Олійні культури: інновації та перспективи». 14 травня 2019. Запоріжжя. 2019 р.

15. Харитоненко Н.С., Анциферова О.В., Кириченко В.В. Лінії соняшнику з підвищеним вмістом β та γ токоферолів. Міжнародна наукова конференція «Підвищення ефективності селекції та рослинництва в сучасних умовах» присвяченій до 140-річчя від дня народження видатного вченого селекціонера-рослинника академіка В.Я. Юр'єва. 3–5 липня 2019 р. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019.

Свідоцтва про реєстрацію зразків генофонду рослин України

16. Свідоцтво №1938 на лінію соняшнику Х177В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

17. Свідоцтво №1939 на лінію соняшнику Х1711В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

18. Свідоцтво №1940 на лінію соняшнику Х1712В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

19. Свідоцтво №1941 на лінію соняшнику Х1717В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

20. Свідоцтво №1942 на лінію соняшнику Х1719В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

21. Свідоцтво №1943 на лінію соняшнику Х1738В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

22. Свідоцтво №1944 на лінію соняшнику Х1729В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

23. Свідоцтво №1945 на лінію соняшнику Х1725В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

24. Свідоцтво №1946 на лінію соняшнику Х1747В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1 СЕЛЕКЦІЯ ЛІНІЙ ТА ІНБРЕДНИХ ПОКОЛІНЬ СОНЯШНИКУ НА ЗМІНУ ВМІСТУ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ У ПОЄДНАННІ З ІНШИМИ ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ.....	27
1.1 Коротка історія та походження соняшнику як культури.....	27
1.2 Селекція соняшнику на якість.....	28
1.3 Відкриття ізомерів токоферолів та розвиток уявлень про них.....	33
1.4 Будова та номенклатура ізомерів токоферолів.....	35
1.5 Фізичні властивості токоферолів.....	36
1.6 Хімічні властивості токоферолів.....	37
1.7 Селекція соняшнику на вміст різних ізомерів токоферолів.....	38
Висновки до розділу 1.....	47
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	50
2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень.....	50
2.2 Вихідний матеріал досліджень.....	56
2.3 Методика проведення досліджень.....	58
Висновки до розділу 2.....	64
РОЗДІЛ 3 РІЗНОМАНІТТЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ В СЕЛЕКЦІЇ СОНЯШНИКУ НА ВМІСТ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ.....	65
3.1 Вміст ізомерів токоферолів та їх суми в насінні соняшнику, класифікація селекційного матеріалу.....	65
3.2 Розподіл інбредних поколінь соняшнику за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми на класи.....	71
Висновки до розділу 3.....	78

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА КОРИСНИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ ТА ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ.....	80
4.1 Характеристика ліній-мутантів соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів за морфологічними та цінними господарськими ознаками.....	80
4.2 Характеристика ліній-мутантів соняшнику та ліній IP НААН за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми.....	85
4.3 Характеристика ліній-мутантів соняшнику за якісними показниками насіння.....	91
Висновки до розділу 4.....	95
РОЗДІЛ 5 УСПАДКУВАННЯ ВМІСТУ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ ТА ЇХ СУМИ В НАСІННІ СОНЯШНИКУ.....	97
5.1 Характер успадкування та ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми в F ₁ гібридах.....	97
5.2 Характер успадкування та ступінь гетерозису в гібридах створених за участю ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів.....	101
5.3 Характер успадкування та ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми в F ₂ гібридах.....	105
Висновки до розділу 5.....	108
РОЗДІЛ 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ ВІДНОВНИКІВ ФЕРТИЛЬНОСТІ ПИЛКУ ЗІ ЗМІНЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ У ПОЄДНАННІ З ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ.....	110
6.1 Параметри основних ознак ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів.....	110
6.2 Кореляційний аналіз показників цінних господарських ознак та якості токоферолів.....	122
6.3 Економічна ефективність вирощування соняшнику зі зміненими	

вмістом ізомерів токоферолів.....	124
Висновки до розділу 6	128
ВИСНОВКИ.....	129
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	133
ДОДАТКИ.....	152

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ІР	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва
НААН	Національна академія аграрних наук
ВНДІОК	Всеросійський науково-дослідний інститут олійних культур ім. В.С. Пустовойта
α	альфа токоферол
β	бета ізомер токоферолів
γ	гама ізомер токоферолів
δ	дельта ізомер токоферолів
Σ	сума всіх ізомерів токоферолів
ГТК	гідротермічний коефіцієнт Т.Г. Селянинова
НІР	найменша істотна різниця
АОА	антиоксидантна активність
hp	ступінь домінантності

ВСТУП

Аграрний сектор України є одним із основних постачальників фінансів у державний бюджет. Аналіз його розвитку дав змогу виділити етапи, які відрізняються показниками економічної ефективності. З прийняттям нормативно-правових актів, які були спрямовані на адаптацію аграрної економіки в умовах СОТ, як результат у 2013 році спостерігалось зростання розміру інвестицій у сільське господарство. Збільшення інвестиційних обсягів сприяло збільшенню врожаїв, що в свою чергу дало поштовх для зростання експорту олії та насіння олійних культур. Подальше прогнозування розвитку аграрного сектору економіки України показало, що найбільшу конкуренцію вітчизняної продукції складуть кілька груп аграрних товарів, серед них значну частину складатимуть олійні культури та рослинні олії [1–5].

Згідно прогнозів попередніх років площі посівів соняшнику наблизились до рекордних. Світове виробництво соняшникового насіння становило 43,7 млн. тонн. За даними наукових програм розвитку сільського господарства України передбачається зростання середньої врожайності соняшнику до 2,4 т/га, що в свою чергу веде до підвищення валового збору товарної продукції до 11,6 млн. т. [6,7]. У 2016 році Україна збрала 13,6 млн. тонн насіння соняшнику, що на 21,7 % більше ніж було зібрано в 2015 році. При цьому виробництво соняшnikової олії підвищилось на 18,7 %. Експорт соняшnikової олії становив 4,8 млн. тонн, що на 23 % більше ніж у 2015 році [8]. У 2018–2019 рр. валовий збір насіння соняшnikу в Україні прогнозується на рівні 14,6 млн. тонн. Такий високий результат пов'язаний з ростом площ під олійні культури (6,4 млн. га).

Насіння соняшnikу – це унікальна сировина, яка дає цінні харчові олії з високим вмістом макро- та мікроелементів, необхідних для здорового харчування населення та технічні олії високої якості [9].

Вирощування та переробка сировини олійних культур, а саме соняшnikу, відносять до провідної галузі виробництва аграрного сектору, як у світі, так і в Україні. Рівень економічного розвитку виробництва соняшnikової продукції

залежить від багатьох факторів, але основними є розмір посівних площ, структура та урожайність культури. Урожай та урожайність є одними з найважливіших показників сільського господарства. Під урожаєм розуміють загальний обсяг продукції зібраний з усієї площі, а урожайність – це середній обсяг продукції з відповідної одиниці посівної площі. На рівень врожайності впливає ряд факторів, які можуть носити як біотичний, так і абіотичний характер [10–12].

Висока врожайність досягається багатьма способами. Одним із основних підходів для вирішення даного питання є використання методів селекції, спрямованих на отримання рослинної продукції соняшнику, що задовольняла б потреби сучасних споживачів, як вітчизняних, так і світових [13, 14]. Наряду з високим рівнем урожайності в сучасній селекції соняшнику почали приділяти увагу високій якості його продукції, яка залежить від ряду біохімічних показників, оптимальний рівень яких має важливе значення для здоров'я людського організму [15].

Актуальність теми. Селекція соняшнику на якість рослинної продукції перебуває на етапі активного розвитку. Він спричинений вимогами харчової, переробної промисловості та потребами населення в здоровому харчуванні. Харчові продукти створені на основі рослинних олій піддаються процесам термічної обробки під дією високих температур. Тому олія, яка використовується для приготування їжі повинна бути термостабільною. Дія високих температур на нестійкі до термічних обробок олій може спричинити виникнення ряду негативних хімічних процесів шкідливих для здоров'я людини [16].

Стійкість олій, в тому числі соняшникової до процесів хімічної деградації визначається рядом факторів. Основними з них є ступінь насичення, який характеризується присутністю насичених жирних кислот в профілі та наявністю антиоксидантів, головним чином токоферолів в олії.

Хімічна природа токоферолів, а саме можливість проникати в олію під час процесу екстракції, визначає їх подвійну антиоксидантну здатність. В природі існує 4 ізомери токоферолів, які володіють *in vitro* та *in vivo* антиоксидантним ефектом. З одного боку вони захищають соняшникову олію та продукти харчування створені на

її основі від окислення. З іншого боку це біологічно активні сполуки з важливим антиоксидантним ефектом *in vivo*, тобто безпосередньо в живій клітині.

Звичайна соняшникова олія має в своєму складі більше 90 % α токоферолу, частка інших ізомерів складає близько 5 % від загальної суми. Актуальним є створення генетично покращених ліній соняшнику з підвищеним вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолів. За даними літературних джерел соняшникова олія із зміненим профілем токоферолів в бік збільшення β , γ або δ ізомерів більш стійка до окислення ніж та, що має в своєму складі підвищений вміст α ізомеру токоферолу.

Вивчення генетичного контролю даної ознаки російськими (Демурін Я.Н. [18], Перетягіна Т.М. [121], Єфіменко С.Г. [122]) та іспанськими вченими (Velasco L., Fernandez-Martinez [19]) дозволило ідентифікувати гени, які відповідають за підвищений вміст різних ізомерів токоферолів. Завдяки цьому стало можливим створення соняшнику різних напрямів використання з підвищеною стійкістю олії до окислення.

Але на теперішній час в Україні не достатньо вивчено питання вмісту ізомерів токоферолів в насінні робочої колекції лабораторії селекції та генетики соняшнику, відсутня класифікація ліній та гібридів соняшнику за вмістом різних ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості. Селекція соняшнику на якість потребує нових ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками. Тому наші дослідження спрямовані на вирішення актуальних питань, пріоритетність яких обумовлена завданнями програм наукових досліджень Національної академії аграрних наук [17–19].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано в 2013–2018 рр. відповідно до завдань тематичного плану науково-дослідних робіт лабораторії селекції і генетики соняшнику та лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН 2011–2015 рр. 12.01.00.04.Ф «Розробити теоретичні основи використання гетерозису в селекції соняшнику та ефективні методи добору ліній з високою комбінаційною здатністю за цінними господарськими і біологічними ознаками, створити гібриди, здатні формувати високоякісне насіння і олійну

сировину» (номер державної реєстрації 0111U003381) та 2016–2020 рр. 15.01.00.07.П «Визначити генетичні джерела високого вмісту токоферолів соняшнику» (номер державної реєстрації 0116U001057) згідно ПНД НААН «Олійні культури» Теоретичні основи селекції сортів, ліній і гібридів олійних культур, науково методичні засади підвищення насінневої продуктивності та технологій їх виробництва; Підпрограма 01. Теоретичні основи гетерозисної селекції, нові гібриди соняшнику, науково-методичні засади насінництва та технології його виробництва.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень було визначення мінливості вмісту ізомерів токоферолів в вихідному матеріалі, лініях, інбредних поколіннях соняшнику та створення нових ліній відновників фертильності пилку зі зміненим профілем токоферолів, які пристосовані до умов вирощування східного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі задачі:

- встановити внутрішньовидову мінливість вмісту ізомерів токоферолів в вихідному матеріалі та лініях соняшнику;
- визначити варіабельність вмісту β , γ , δ ізомерів токоферолів;
- класифікувати матеріал за ознакою вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми у вихідного матеріалу та новостворених лініях;
- виділити кращі лінії за комплексом цінних господарських ознак та з покращеним якісним складом за рахунок підвищення вмісту β , γ та δ ізомерів токоферолів;
- визначити ступінь гетерозису за ознакою вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми;
- установити характер успадкування за ознакою вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми;
- створити новий вихідний матеріал та лінії відновники фертильності пилку зі зміненим профілем ізомерів токоферолів в насінні соняшнику.

Об'єкт дослідження: перерозподіл ізомерів токоферолів підвищенням β , γ або δ у насінні соняшнику в селекції на якість.

Предмет дослідження: селекційна цінність ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками.

Методи дослідження: загальнонаукові – для вибору напряму досліджень; польові – фенологічні спостереження ліній та інцухт-поколінь за тривалістю фаз розвитку; спеціальні – біометричні вимірювання за висотою рослин, діаметром кошика, кількістю листя на рослині, облік врожайності; лабораторні – для визначення джерел високого вмісту ізомерів токоферолів, олії, білка, загальної антиоксидантної здатності, жирнокислотного складу в насінні соняшнику та визначення стійкості матеріалу до несправжньої борошнистої роси; математично-статистичні – для обробки отриманих результатів дослідження, визначення рівня вмісту ізомерів токоферолів, рівня загальної антиоксидантної здатності, цінних господарських ознак, прояву гетерозису та ступеня домінантності.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні важливого наукового завдання з встановлення мінливості вмісту і закономірностей успадкування вітаміну Е (ізомерів токоферолів) у лініях, мутантах та інбредних поколіннях соняшнику.

Уперше в Україні досліджено мінливість вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми. На основі цього вихідний матеріал та новостворені лінії розподілено на класи за ознакою вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми.

Установлено особливості виділеного нового селекційного матеріалу – інцухт-ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками.

Установлено особливості характеру успадкування за ступенем домінантності та ефекту гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів.

Уперше в Україні створено нові лінії відновники фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з цінними господарськими ознаками, що сприяло поповненню селекційних програм новим матеріалом для створення в подальшому гібридів соняшнику.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень, упродовж 2013–2018 рр. виділено 10 ліній відновників фертильності

пилку із зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками (X177B, X1711B, X1712B, X1716B, X1717B, X1719B, X1725B, X1729B, X1738B, X1747B), які зареєстровані в НЦГРРУ, що поповнило банк генетичних ресурсів рослин (Свідоцтва про реєстрацію № 1938–1946, додатки А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И).

Сформовано каталог вихідного матеріалу для селекції соняшнику на якість, в якому наведено характеристику 10 ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками (додаток І).

Особистий внесок здобувача. Дослідження за темою дисертаційної роботи проведено автором особисто. Здобувачем опрацьовано, проаналізовано та узагальнено світову літературу за темою дисертаційної роботи, проведено дослідження, аналізи та оцінки, в співавторстві створено нові лінії зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів. Частка здобувача в наукових працях, надрукованих у співавторстві, складає 15 %–75 % та включає виконання експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення одержаних наукових результатів. Частка авторства в створенні 10 ліній із зміненим вмістом ізомерів токоферолів складає 40 %.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи заслухано та обговорено на засіданнях селекційної секції вченої ради Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2013–2015 рр.. Апробовано на науково-практичних конференціях: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 24–25 червня 2014 р. «Стійкість соняшнику до біо- та абіотичних чинників» (м. Харків, 2014 р.), Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 22–23 квітня 2015 р. «Генофонд рослин і його використання в сучасній селекції» присвячена пам'яті професора Н.М. Чекаліна (м. Полтава, 2015 р.), Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції 23–24 жовтня 2017 р. «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (м. Харків, 2017 р.), Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції 25–26

жовтня 2018 р. «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (м. Харків, 2018 р.), VII Міжнародна конференція 8–9 жовтня 2014 р. «Масложировая отрасль: Технологии и рынок» (Київ, 2014), Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием 24–26 листопада 2016 р. «Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее» посвященной 100-летию со Дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны (Белгород, 2016 р.), Міжнародна наукова і інтернет-конференція 16 листопада 2017 р. «Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур» (м. Запоріжжя, 2017 р.), Міжнародна наукова і інтернет-конференція 14 травня 2019 «Олійні культури: інновації та перспективи» (м. Запоріжжя, 2019 р.), Міжнародна наукова конференція 3–5 липня 2019 р. «Підвищення ефективності селекції та рослинництва в сучасних умовах» присвяченій до 140-річчя від дня народження видатного вченого селекціонера-рослинника академіка В.Я. Юр'єва (м. Харків, 2019 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, в тому числі чотири статті у фахових наукових виданнях України, одна стаття в зарубіжному науковому виданні, дев'ять тез доповідей наукових конференцій та одна стаття в науково-практичному збірнику. Видано один каталог ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів, окрім того отримано дев'ять свідоцтв про реєстрацію в НЦГРРУ ліній соняшнику.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація за структурою має анотацію (українською та англійською мовами), містить вступ, шість розділів, висновки, практичні рекомендації для селекції, список використаних джерел у кількості 203 найменувань, з них 79 латиницею, 27 таблиць, 48 рисунків, додатків 11. Дисертацію викладено на 166 сторінках комп'ютерного набору в тому числі основного тексту 137 сторінок.

РОЗДІЛ 1

СЕЛЕКЦІЯ ЛІНІЙ ТА ІНБРЕДНИХ ПОКОЛІНЬ СОНЯШНИКУ НА ЗМІНУ ВМІСТУ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ У ПОЄДНАННІ З ІНШИМИ ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Коротка історія та походження соняшнику як культури

Соняшник відноситься до роду *Helianthus* L. класу *Dicotyledones* родини *Asteraceae* L. триби *Helianthinae* підтриби *Helianthinae* [20, 21]. Історія поширення соняшнику в Україні та в світі сягає на 2000 років у минуле [22]. Відомо, що індіанці, які мешкали на Американському континенті вирощували соняшник поруч з такими культурами як кукурудза та картопля. Індіанські поселенці з насіння соняшнику виготовляли крупу та муку. Також його використовували для приготування фарб, ліків та косметичних засобів. Популярна ця рослина була і для проведення різних ритуалів [23–25].

У 1510 році соняшник було завезено іспанськими мореплавцями з Північної Америки до Іспанії, а звідти він поширився в інші країни Європи, де довгий час використовувався як декоративна рослина. Після того, як соняшник потрапив в Європу, були зроблені спроби опису цієї рослини. Вперше опис морфологічних ознак культури був зроблений бельгійським ботаніком Ремберто Додонео. Описати та намалювати соняшник також намагався німецький ботанік та лікар Якоб Теодор Табернемонтанус. Пізніше Матіас Лобель за даними різних авторів робив спроби класифікувати рослини соняшнику і в 1654 році у каталозі рослин Кенігсберзького ботанічного саду він розміщує інформацію про нього [26–29].

Через Німеччину та Польщу форма соняшнику *Helianthemum perusicenum* потрапляє в західні регіони України [30]. Перші згадки про вирощування соняшнику на території України було знайдено в травнику польського ботаніка Саймона Сиреніуса [31]. В другій половині XVIII сторіччя в російських наукових виданнях говориться про використання насіння соняшнику для отримання олії [32, 33]. З

появою першої олійниці, яка працювала на кінному приводі, а згодом і створення першої парової олійниці, стало можливим вирощування цієї культури з метою отримання прибутку. Вперше, про використання соняшнику, як олійної культури було розглянуто на засіданнях Харківського філотехнічного товариства [34]. Подальша історія соняшнику, як сільськогосподарської культури та розвиток її селекції пов'язана з використанням його для отримання олії [35, 36].

Важливу роль у створенні олійного соняшнику зіграла народна селекція. Шляхом свідомих доборів кращих рослин вдалося підвищити вміст олії в насінні до 15 %, але це було в 2–4 рази менше порівняно з іншими олійними культурами. На ряду з проблемою низької олійності ще поставала проблема розповсюдження вогнівки і вовчка, котрі завдавали значних втрат врожаю. Тому на перше місце в селекції соняшнику стало питання створення сортів стійких до основних хвороб і шкідників. Як результат було розпочато роботу по широкому вивченню біології соняшнику, що і стало першим кроком на шляху до наукової селекції. Було відібрано та всебічно досліджено величезні обсяги зразків соняшнику, що лягли в основу новостворених сортів, які характеризувалися високою продуктивністю та стійкістю до хвороб і шкідників [37].

Поруч із стійкістю до вовчка сорти соняшнику того часу мали низьку олійність, яка складала 28–33 % на абсолютно суху сім'янку, що і поставило перед селекціонерами нове завдання. Важливий внесок у селекцію соняшнику на підвищений вміст олії зробили селекціонери В.С. Пустовойт та Л.А. Жданов, які створили перші високоолійні сорти, які характеризувалися вмістом олії на рівні 49–55 %. Завдяки плідній праці селекціонерів соняшник набуває статусу світової олійної культури. Окрім того створені високоолійні сорти надалі використовуються в селекції соняшнику для створення гібридів [38].

1.2 Селекція соняшнику на якість

На теперішній час селекція соняшнику ведеться по багатьох ознаках, але серед них можна виділити основні [39]:

1. Селекція на найбільш важливі ознаки соняшнику, зокрема урожайність і компоненти урожаю; самофертильність; самостерильність [40]; кількість насіння в кошику та їх розмір [41]; панцерний (фітомелановий) шар [42];

2. Селекція соняшнику на габітус рослин [43], серед яких висота рослини та діаметр кошика; розмір, форма та кут нахилу кошика; будова фотосинтетичного апарату;

3. Селекція на урожайність олії та олійність насіння [44];

4. Селекція на якість олії [45];

5. Селекція на збільшення врожаю білка й підвищення його якості [46];

6. Селекція соняшнику на скоростиглість [47];

7. Селекція соняшнику на високу привабливість для запилювачів [48];

8. Селекція соняшнику на стійкість до біотичних чинників;

9. Селекція соняшнику на стійкість до абіотичних чинників;

10. Селекція соняшнику на широку адаптивність;

11. Селекція соняшнику на толерантність до гербіцидів [49].

Останнім часом все більшу увагу приділяють селекції на якість. Соняшникова олія є однією із найважливіших олій, яка має велике народногосподарське значення. Її використовують для забезпечення здорового харчування населення та в харчовій промисловості як інгредієнт у великій кількості продуктів, що зумовлено вмістом у ній насичених та ненасичених жирних кислот, вітамінів. Ці компоненти не синтезуються організмом людини, тому повинні надходити разом з їжею [50]. Крім того вона слугує цінною сировиною для технічних цілей [51]. Існує широкий спектр промислового використання соняшnikової олії для отримання освітлення, мила, косметики, фармацевтичних препаратів, емульгаторів, мастил та мастильних матеріалів, висихаючих та напіввисихаючих фарб, лаків та інших покриттів, пластмас і полімерів, синтетичного каучуку, жирових розчинників для шкіряної промисловості, кормів для великої рогатої худоби та біодизеля [50].

Олії рослинного походження є основним компонентом харчового раціону кожної людини, тому популярність цієї продукції зростає з кожним днем. Але на

теперішній час якість рослинних олій не завжди відповідає вимогам споживчого ринку, як харчового, так і промислового [52, 53].

Якість олії, тобто її біологічна, харчова та технологічна цінність залежить від складу та молекулярного положення жирних кислот, а також наявності в ній різних компонентів, наприклад, токоферолів.

У сучасній селекції покращення якості соняшникової олії здійснюється за рахунок підвищення вмісту гліцеридів більш насичених жирних кислот, наприклад, олеїнової, а останнім часом пальмітинової та стеаринової. В практичному значенні рослинні олії з підвищеним вмістом насичених кислот мають підвищену стійкість до окислення, а також високі технологічні властивості при застосуванні довготривалої термічної обробки [54–57].

Але слід враховувати, що насичені жирні кислоти хоч і відрізняються високою стійкістю до окислення, все ж не мають F-вітамінної активності. Тому харчова цінність олій такого типу значно зменшується. Окрім того, в суто біологічному значенні, верхній рівень вмісту насичених кислот в рослинних оліях має певні межі.

У той же час олії з високою F-вітамінною активністю також мають ряд недоліків. Основним із цих недоліків є піддаваність олій ненасиченого типу процесам перекисного окислення.

У клітинах живих організмів безперервно проходять окисно-відновні реакції, які необхідні для їх нормальної життєдіяльності. Перекисне окислення є нормальним фізіологічним процесом. У нормі він проходить на низькому рівні [58]. Але, коли організм піддається дії стресових факторів, то рівень утворення вільних радикалів перевищує допустиму норму. Пероксиди, які утворюються під час процесів окислення, вже в концентрації 10 мкг/мл порушують процеси окислення у мітохондріях і викликають блокування активності ферментів на транскрипційному та пост транскрипційному рівнях [59]. Це явище отримало назву «оксидативний стрес» [60–64].

У біологічних системах найактивнішими є вільні радикали та іон-радикали, що містять неспарені електрони в атомах кисню, азоту, сірки чи хлору. Ці неспарені електрони можуть утворювати так звані активні форми [65, 66].

З одного боку кисень необхідний для нормального проходження багатьох процесів у живому організмі. Він забезпечує протікання процесів дихання, та процесів окислення вуглеводів, білків і жирів, що в свою чергу забезпечує організм великою кількістю енергії, яка необхідна для нормального його функціонування. У той же час активні форми кисню можуть руйнувати клітинні структури, спричиняти загибель мембран та органел.

Активні форми азоту утворюються при взаємодії NO з активними формами кисню. Внаслідок цього утворюються пероксинітриди ONOO^- , які мають високу реакційну здатність та є найбільш небезпечними. Активні форми сірки утворюються при взаємодії активних форм кисню з тиольними сполуками. Внаслідок цього утворюються дисульфід-S-оксиди-, сульфенові кислоти, тиольні радикали. Активні форми хлору утворюють гіпохлоритну кислоту, нітрил гіпохлорит, атомарний хлор.

Загальною реакцією клітин живого організму являється посилення вироблення енергії електрон-транспортними системами мітохондрій і мікросом. Внаслідок цього збільшується кількість споживаного кисню. Із збільшенням використання організмом кисню, як наслідок, утворюється велика кількість його активних форм. Активація вільно радикального окислення і ліпідної пероксидації є відповіддю клітинних систем на дію будь-яких стресових факторів. У відповідь на проходження даних процесів у клітинах живих організмів активізуються системи антиоксидантного захисту.

Велика кількість активних форм кисню порушує проходження процесів транспорту електронів, що веде за собою зниження вироблення енергії, утворення макроергів. Як наслідок, відбувається пригнічення всіх процесів у клітині, на які потрібна енергія: синтезу ДНК, РНК і білків, поділу клітин, нормальної роботи іонних каналів і насосів, проходження процесів обміну речовин (рис. 1.1) [67].

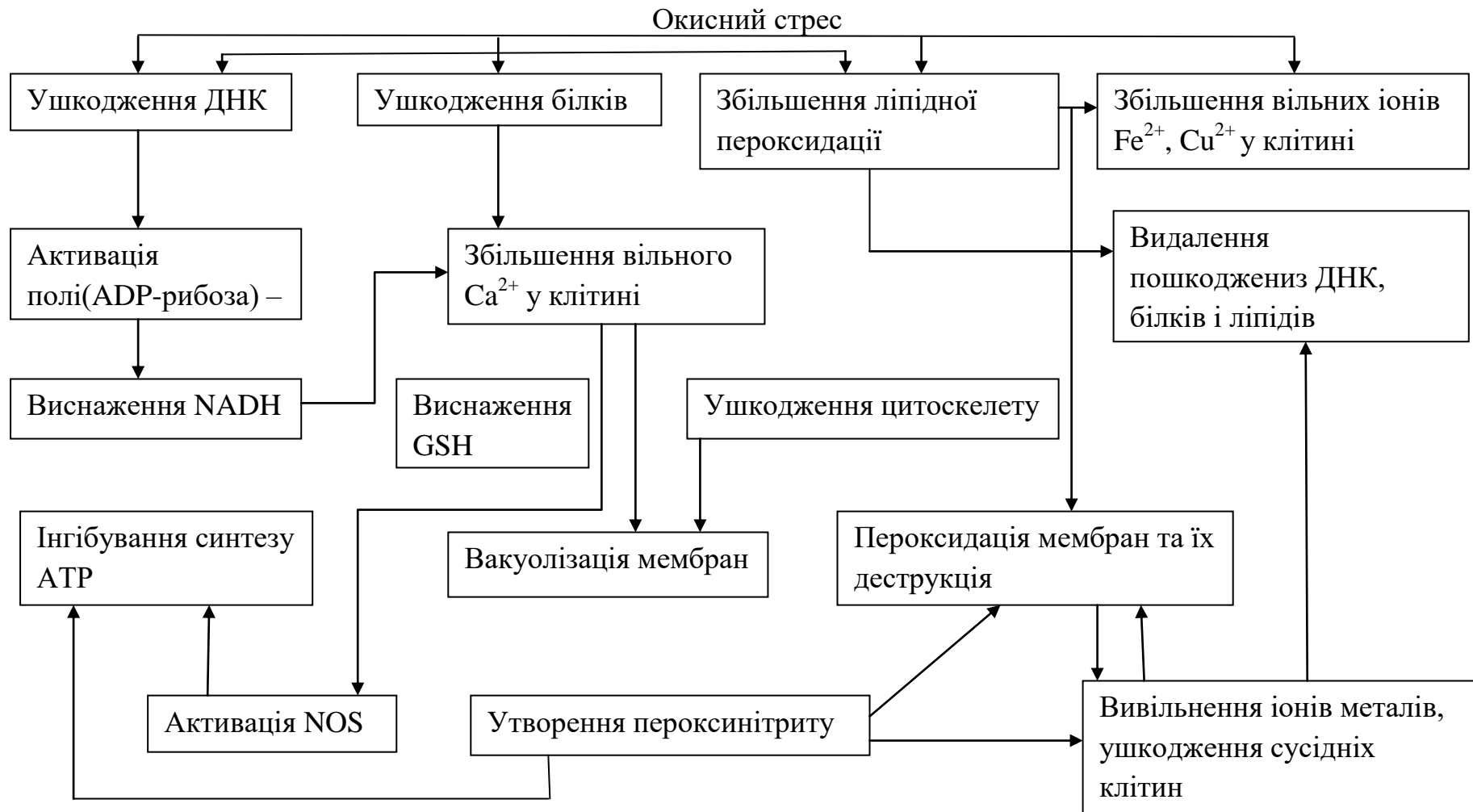


Рисунок 1.1 – Механізм дії оксидативного стресу (GSH – глутатіон відновлений; NOS – NO-синтаза; NADH – нікотинаденіндинуклеотид відновлений; ATP – аденозинтрифосфат)

Збільшення рівня вільних радикалів у живому організмі є нормальною фізіологічною реакцією на дію стресових факторів. Але, щоб нормалізувати рівень утворення продуктів вільнорадикального окислення, в дію вступає система антиоксидантного захисту організму. Антиоксидантні системи присутні в усіх частинах живого організму, де є можливість утворення продуктів перекисного окислення [68–71].

Продукти перекисного окислення мають негативний вплив не тільки на якість жирів, що спричиняє погіршення органолептичних показників, але і на інші біохімічні сполуки насіння, що може знижувати його посівні якості.

З накопиченням значної кількості пероксидів та гідро пероксидів, олії можуть стати токсичними і не придатними до споживання, а проміжні продукти перекисного окислення можуть негативно впливати на організм людини в цілому.

Тому надходження антиоксидантів ззовні, з харчовими продуктами збільшує активність захисних систем організму. Так як олії рослинного походження є невід'ємною частиною харчового раціону населення України її якість є пріоритетним питанням. Одним із підходів до вирішення питання отримання олій стійких до автоокислення і одночасно з високою F-вітамінною активністю є використання природних антиоксидантів.

Серед біохімічних з'єднань, які присутні в насінні соняшнику, на роль антиоксидантів заслуговують токофероли. Ці сполуки блокують вільнорадикальні реакції перекисного окислення [72].

1.3 Відкриття ізомерів токоферолів і розвиток уявлень про них

Біологічна активність токоферолів була досліджена ще в 30-х роках минулого століття. До певного часу ці сполуки оцінювалися лише як вітаміни антистерильності. Та після проведення ряду досліджень було встановлено, що токофероли приймають участь у багатьох життєво необхідних процесах. Їх дефіцит призводить до порушень не тільки в репродуктивних системах організму, але і в інших системах органів та тканин.

Токофероли можуть синтезуватися лише в рослинах. Там вони приймають активну участь у процесах фотосинтезу, метаболізму. Токофероли підтримують структурну цілісність клітин, запобігають окисленню ненасичених жирних кислот, активно приймають участь у обміні білків, вуглеводів, жирів.

Також токофероли являють інтерес для промислового виробництва. Це пов'язано з виготовленням синтетичних препаратів. У світі спостерігається тенденція розвитку рослинних олій, які є джерелами природних антиоксидантів. А так як у токоферолах рослинних олій присутній весь спектр ізомерів це викликає подвійний інтерес. Також токофероли отримані природним шляхом більш біологічно активні, ніж ті, що отримані синтетичним шляхом [73].

Токофероли (або вітаміни групи E), які беруть свою назву від слова *tokos* – потомство і латинського *ferro* – приносити, об'єднують декілька схожих за хімічним складом, будовою і біологічною дією на організм речовин. Являючись сильними біологічно активними речовинами, токофероли привертають увагу вчених і спеціалістів різних сфер науки, охорони здоров'я, харчової промисловості, сільськогосподарського виробництва [74–76].

Токофероли звертають на себе увагу дослідників ще з ХХ століття. Ще в 1919 році Осборн і Мендель виявили, що в щурів, які були виховані на штучному козеїновому раціоні, розвивалась стерильність [77, 78]. У 1922 році цю проблему ретельно досліджував Іванс та інші вчені [79, 80]. І в 1927 році Іванс та Бур допустили, що дефекти, які являлися в щурів наслідком стерильності, були обумовлені відсутністю в їжі дослідних тварин якоїсь речовини [81–84].

У 1936 році під час своїх досліджень Іванс та інші співробітники виділили дві речовини, які вони отримали із зародків пшениці. Ці речовини мали різний ступінь активності вітаміну E. Їх запропонували назвати α і β токофероли [85]. Пізніше цими ж вченими було виділено γ токоферол. Його отримали з олії бавовнику [86]. Будову α токоферолу було встановлено Фернхольцом [82]. За допомогою реакцій розкладу та окислення він довів наявність у молекулі токоферолу ядра хроману. В 1938–1939 роках було встановлено його будову [87, 88]. Дослідження Каррера і Імерсона показали, що δ і γ токофероли мають на одну

метильну групу менше ніж в α токоферолу [89, 90]. Штерном та іншими дослідниками був виділений δ токоферол [91].

У 1950 році були отримані інші токоферолі. Вивченням цих сполук займалося багато вчених. Ними виділені п'ятий (із пшениці), шостий (із злакових зерен) і сьомий токоферол [92–94].

1.4 Будава та номенклатура ізомерів токоферолів

За міжнародною номенклатурою всім вітамерам вітаміну Е дано назву токоферол з позначенням α , β , γ , δ тощо. Назва токоферол стосується тільки метилтокола, таким чином не ідентичне більш широкому терміну «вітамін Е» [95–97].

Токоферолі відносяться до похідних хроману (рис. 1.2) [98].

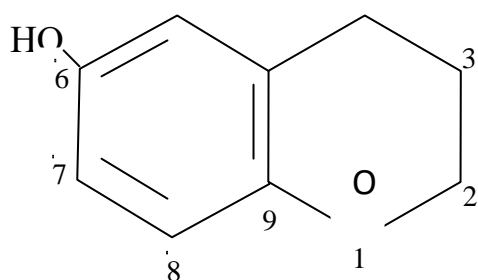


Рисунок 1.2 – Хімічна формула похідних хроману

Токол, який лежить в основі структури токоферолів у хімічному відношенні являє собою 2-метил-2-(4, 8, 12-триметилтридецил)-6-оксихроман. 6-оксихроман в положенні 2 заміщений метильною групою і боковим насиченим C_{16} -ізопретидним ланцюгом (рис. 1.3).

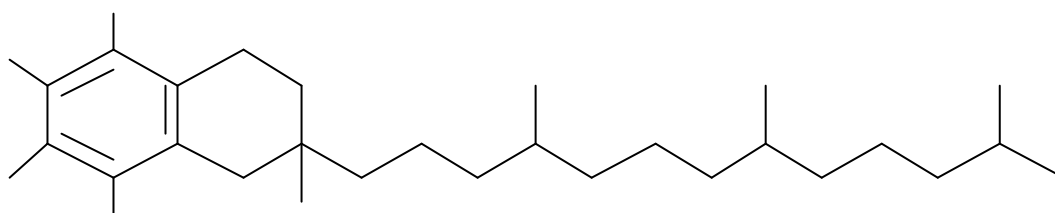
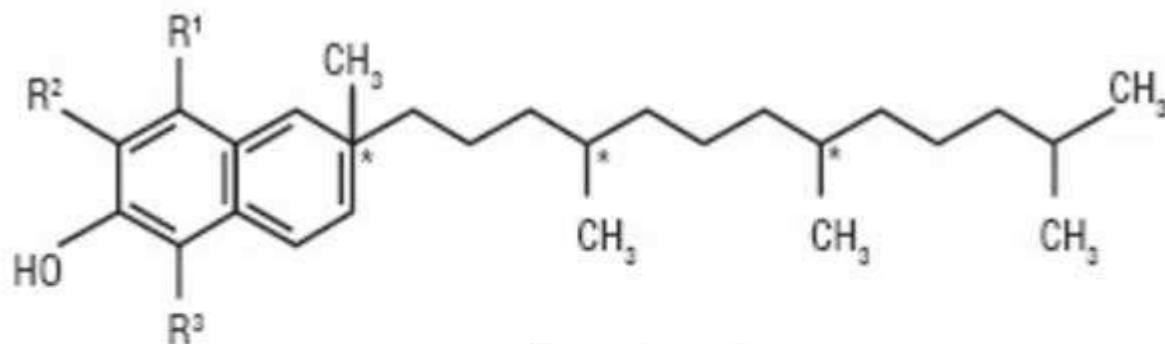


Рисунок 1.3 – Токол із метильною групою та боковим ланцюгом.

Природний α -токоферол має D-конфігурацію в усіх трьох асиметричних атомів вуглецю в положенні 2, 4, 8. Токофероли α , β , γ , δ і.т.д. відрізняються один від одного кількістю і положенням метильних груп в ароматичному кільці 6-оксихроману (рис. 1.4) [99, 100].



α -токоферол: $R^1 = R^2 = R^3 = \text{CH}_3$;

β -токоферол: $R^1 = R^3 = \text{CH}_3$; $R^2 = \text{H}$;

Δ -токоферол: $R^1 = \text{CH}_3$; $R^2 = R^3 = \text{H}$;

γ -токоферол: $R^1 = R^2 = \text{CH}_3$; $R^3 = \text{H}$;

Рисунок 1.4 – Ізомери токоферолів

1.5 Фізичні властивості токоферолів

Токофероли при кімнатній температурі знаходяться в стані світло-жовтих, прозорих, в'язких рідин [101].

Наявність бокового ізопреїдного ланцюга в молекулі токоферолів визначають їх фізичні властивості. А саме, всі вони не розчинні у воді, але розчинні в жирах та органічних розчинниках, добре розчиняються в хлороформі, ефірі, петролейному ефірі, дещо гірше розчиняються в ацетоні та спирті [95, 96, 101].

Токофероли характеризуються високою стійкістю, вони термостабільні і зберігають свою біологічну активність навіть при нагріванні на відкритому повітрі до 170°C й у вакуумі до 220–250°C [83]. До повного руйнування вітаміну Е призводить нагрівання до 450–500°C [100, 103].

Токофероли досить погано реагують з їдкими лугами. Вони входять до складу неомилюючої фракції жирів. Саме цю їх властивість використовують при процесі їх виділення з рослинних олій [98]. Токофероли досить стійкі при взаємодії з кислотами [91]. Токофероли досить чутливі до ультрафіолетового світла, на повітрі окислюються повільно [104].

Була вивчена та проведена паралель між антиокислювальною активністю і стійкістю до атмосферного окиснення α , β , γ , δ ізомерів токоферолів. За даними досліджень встановлено, що δ ізомер токоферолу найбільш стійкий до атмосферного окиснення, в той час як α найменш стійкий [91].

1.6 Хімічні властивості токоферолів

Хімічні властивості токоферолів визначаються особливостями будови їх молекули. В молекулі токоферолів присутня вільна фенольна гідроксильна група, яка знаходиться в ароматичному кільці хроману. Оксихроманове кільце може легко окислюватись та утворювати хінони [90].

Токофероли легко реагують з різними кислотами та утворюють складні ефіри. Всі токофероли легко окислюються, але в залежності від природи окисника утворюють продукти різної структури. При м'якому окисненні розщеплюється хромановий цикл, утворюються різні продукти окислення. Токофероли є стійкими до відновників. Також вони легко утворюють складні та прості ефіри. Складні ефіри токоферолів, які добре кристалізуються використовують для ідентифікації вітаміну Е. Особливо характерно це для алофанатів, які утворюються із токоферолів та ціанової кислоти.

Токофероли легко вступають в реакцію із вільними радикалами. Це характеризує їх антиокислювальні властивості, тобто ці сполуки здатні

пригнічувати процеси утворення вільних радикалів під час окислення органічних з'єднань [95]. Більшість вчених вважають, що F-вітамінна активність характеризується саме здатністю призупиняти процеси утворення вільних радикалів, у результаті яких структура та біологічні властивості токоферолів в тканинах піддаються значним змінам [103, 104].

1.7 Селекція соняшнику на вміст різних ізомерів токоферолів

Одним із підходів покращення якості соняшникової олії є використання природних антиоксидантів, а саме ізомерів токоферолів. Ці сполуки являють собою групу жиророзчинних антиоксидантів, які мають дуже велике значення для харчових та технологічних властивостей соняшникової олії [105, 106].

Токоферолі являють собою чотири форми ізомерів (α , β , γ , δ). Вони відрізняються між собою біологічною активністю *in vivo* (вітамін E) і антиоксидантними властивостями *in vitro* [107, 108].

У 1982 році у Всеросійському науково-дослідному інституті олійних культур ім. В.С. Пустовойта (ВНДІОК) було розпочато роботу, яка б вирішувала проблему антиоксидантного захисту соняшникової олії селекційно-генетичними методами [109, 110, 111, 112].

За дослідженнями російських вчених було виявлено, що в селекційних сортах, гібридах, інбредних лініях, колекційних зразках Всеросійського інституту рослин (ВІР), а також у дикорослих видів соняшнику ізомерний склад токоферолу включає в себе α , β і γ форми. При чому вміст α форми був на рівні 96 %, який варіював у межах від 89 до 90 %, загальний вміст токоферолу при цьому складав 800 мг/кг [113].

Також вивченням ізомерного складу токоферолу в дикорослих видів займалися іспанські вчені (табл. 1.1).

Дикорослі види соняшнику є цінним джерелом різних ознак, які використовують у селекції для створення сортів та гібридів. Під час вивчення

дикорослих видів соняшнику визначали загальний вміст токоферолів та їх ізомерний склад [114].

Таблиця 1.1

Вміст ізомерів токоферолів в дикорослих видах соняшнику

Секція	Ряд	Вид	Σ	α	β	γ
1	2	3	4	5	6	7
Helianthus		H. annuus L.	389,8	97,9	1,8	0,3
		H. anomalus S.F. Blake	317,5	97,4	2,6	0,0
		H. argophyllus Torr. & A. Gray	346,8	98,6	1,1	0,3
		H. bolanderi A. Gray	348,5	98,9	1,1	0,0
		H. debilis Nutt	269,0	98,5	1,5	0,0
		H. exilis A. Gray	74,5	98,5	0,0	1,5
		H. neglectus Heiser	87,1	99,0	1,0	0,0
		H. niveus (Benth.) Brandegee	340,9	100,0	0,0	0,0
		H. petiolaris Nutt	457,1	98,3	1,2	0,5
		H. praecox Engelm & A. Gray	290,0	99,0	1,0	0,0
Ciliares	Ciliares	H. ciliaris DC.	407,7	100,0	0,0	0,0
	Pumili	H. cusickii A. Gray	260,8	98,5	1,5	0,0
		H. gracilentus A. Gray	425,8	100,0	0,0	0,0
		H. pumilus Nutt.	275,6	100,0	0,0	0,0
Atrorubens	Corona-solis	H. californicus DC.	246,9	100,0	0,0	0,0
		H. decapetalus L.	349,2	99,4	0,2	0,4
		H. divaricatus L.	305,4	99,7	0,2	0,1
		H. eggertii Small	260,0	97,8	1,2	1,0
		H. giganteus L.	264,1	100,0	0,0	0,0
		H. grosseserratus Mart.	455,3	99,8	0,2	0,0
		H. hirsutus Raf.	222,7	100,0	0,0	0,0
		H. maximilianii Schrad	473,2	99,4	0,6	0,0
		H. mollis Lam.	221,0	100,0	0,0	0,0
		H. nuttallii Torr. & A. Gray	286,4	98,6	0,1	1,3
		H. salicifolius A. Dietr.	227,6	98,7	1,3	0,0
		H. schweinitzii Torr. & A. Gray	333,0	100,0	0,0	0,0
		H. strumosus L.	306,4	99,8	0,0	0,2
		H. tuberosus L.	258,1	100,0	0,0	0,0
	Microcephali	H. glaucophyllus D.M. Sm.	239,4	99,3	0,7	0,0

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
		<i>H. laevigatus</i> Torr. & A. Gray	344,6	99,6	0,3	0,1
		<i>H. microcephalus</i> Torr. & A. Gray	247,3	100,0	0,0	0,0
	Atrorubentes	<i>H. atrorubens</i> L.	307,7	100,0	0,0	0,0
		<i>H. occidentalis</i> Riddell	422,7	99,9	0,1	0,0
		<i>H. pauciflorus</i> Nutt.	363,6	99,7	0,3	0,0
	Angustifolii	<i>H. simulans</i> E. Watson	238,5	99,5	0,5	0,0
		<i>H. x laetiflorus</i> Pers.	254,4	100,0	0,0	0,0

За даними проведених досліджень встановлено, що найвищі рівні токоферолу присутні в насінні *H. maximiliani*. Ізомерний склад якого складався з 99,4 % α ізомеру токоферолу, 0,6 % β ізомеру токоферолу, 0,0 % γ ізомеру токоферолу. Такий ізомерний склад токоферолу є близьким до культурного соняшнику [115].

Однак дикорослі види *Helianthus* також мали певну мінливість вмісту β і γ ізомерів токоферолу. Підвищені рівні β токоферолу були виявлені в одній із популяцій *H. praecox* (11,2 % від загального вмісту ізомерів токоферолу), *H. debilis* (11,8 % від загального вмісту ізомерів токоферолу). У всіх інших популяціях дикорослих видів соняшнику вміст β ізомеру токоферолу складав < 6,5 %.

Підвищені рівні γ ізомеру токоферолу виявлені в одній із популяцій *H. exilis* (7,5 % від загального вмісту ізомерів токоферолу) і в двох популяціях *H. nuttallii* (11,0 % та 14,6 %). Всі інші популяції характеризувались досить низьким вмістом γ ізомеру токоферолу – < 2 %.

Генетичний аналіз вмісту токоферолів в самозапилених рослин сорту ВНДІОК 8931 ул. виявив присутність мутантного рецесивного алеля гена, який позначається Trh_1 . Він призводить до збільшення вмісту β ізомеру токоферолу. Вміст токоферолів в отриманій інбредній лінії ЛГ-15, яка є гомозиготною по мутантному алелю trh_1 складає близько 50 % α ізомеру токоферолу і 50 % β ізомеру токоферолу [116].

Під час подальших досліджень колекції ВІР К44 в одному із зразків була виявлено інший мутантний рецесивний алель гена, який позначили Trh_2 . Його присутність у генотипі призводить до збільшення вмісту γ ізомеру токоферолу. Ці дані були отримані під час дослідження лінії ЛГ-17, яка є гомозиготною за мутантним алелем trh_2 . Фенотип даної інбредної лінії складає 5 % α ізомеру токоферолу та 95 % γ ізомеру токоферолу [117].

Алельна взаємодія Trh_1 і Trh_2 здійснюється по типу неповного домінування. Ступінь домінування при цьому в обох випадках складає 0,87. Гени контролю вмісту ізомерів токоферолів є неалельними і незчепленими. Міжгенна взаємодія відноситься до типу комплементарності. Проявляються всі чотири фенотипічні класи. Мутація trh_1 епістатує над мутацією trh_2 , внаслідок чого з'являється δ ізомер токоферолу. Сполучення мутацій trh_1 і trh_2 в одному генотипі призвело до створення інбредної лінії ЛГ-24. Фенотип цієї лінії представлений близько 8 % α ізомеру токоферолу, 84 % γ ізомеру токоферолу і 8 % δ ізомеру токоферолу. При чому β ізомер токоферолу в даній лінії відсутній [117].

Гени Trh_1 і Trh_2 є мономорфними. Частота зустрічання їх мутантних алелів не перевищує 2 %. Але в зразку К 44 частота мутантного алеля trh_2 склала в середньому 96 %, у популяції сорту ВНДІОК 8931 частота зустрічання мутантного алеля trh_1 склала близько 0,7 % [118].

Було встановлено, що ген Trh_1 не зчеплений з 15 відомими генами, які контролюють морфологічні ознаки. Також Trh_1 і Trh_2 успадковуються незалежно від гена $O1$ і семи ізоферментних локусів.

Під час досліджень ліній ЛГ-15 та ЛГ-17 виявлено, що на експресивність мутацій trh_1 і trh_2 впливає дозрівання насіння. Так у лінії ЛГ-15 виявлено збільшення вмісту α ізомеру токоферолу з 33 % до 50 %, а в лінії ЛГ-17 збільшення α ізомеру токоферолу з 0 % до 16 %. При цьому спостерігалась поява δ форми у 10 і 17-денного насіння, яка потім під час подальшого дозрівання зникає [119, 120].

Також виявлено, що при підвищенні температури повітря з 20°C до 30°C відбувається збільшення вмісту α ізомеру токоферолу. Такі показники показала лінія ЛГ-15. В лінії ЛГ-17 таких змін не виявлено [121].

Мутації trh_1 і trh_2 і їх подвійна рецесивна гомозигота фенотипово проявляється в насінні, гіпокотилі, листках та пилку. А також проявляється і в первинних калусних культурах, які отримані із відповідних експлантів. Не проявила себе в даних дослідженнях лише мутація trh_1 , а саме її не виявили в листі [122].

Завдяки дослідженням створених майже ізогенних ліній по генах Trh_1 і Trh_2 на основі нормальних ліній ВК373 і ВК66 встановлено, що в насінні мутація trh_1 володіє стабільним фенотиповим вираженням у різному генотиповому середовищі. Експресивність мутації trh_2 зменшується в лінії ВК373 з 95 % до 50 %, а в лінії ВК66 до 30 % γ ізомеру токоферолу при пропорційному збільшенні α ізомеру токоферолу [123].

Таке зменшення експресивності мутації trh_2 спричиняє появу всіх чотирьох ізомерів токоферолів (α , β , γ , δ) в одному генотипі. Це відбувається внаслідок порушення біосинтезу токоферолів у мутантних генотипів. Якщо припустити, що β ізомер токоферолу є попередником α ізомеру токоферолу, то можливі два шляхи появи в рецесивній гомозиготі $trh_1 trh_1$ фенотипу, який представлений 50 % α ізомеру токоферолу і 50 % β ізомеру токоферолу:

- неповне блокування реакції перетворення β ізомеру токоферолу в α ізомер токоферолу;
- повне блокування реакції – частина α ізомеру токоферолу синтезується через γ форму;

Подібне припущення можна застосувати відносно мутації trh_2 . Але блокування реакції в даному випадку відбувається більш жорстко, так як фенотип рецесивної гомозиготи $trh_2 trh_2$ включає в себе лише 5 % α ізомеру токоферолу і 95 % γ ізомеру токоферолу, а в деяких випадках і 100 % γ ізомеру токоферолу.

За дослідженнями вчених [124] існує три локуси ($m=Trh_1$, $g=Trh_2$ і d), які порушують синтез α ізомеру токоферолу, що в свою чергу призводить до появи нових форм ізомерів токоферолів в насінні соняшнику.

Під час суміщення в одному генотипі мутацій trh_1 і trh_2 у лінії ЛГ 24 виявили появу новоутворень у вигляді δ ізомеру токоферолу. Ці результати

підтверджують вище викладену теорію, а також вказують на механізм епістазу мутації trh_2 над мутацією trh_1 .

Отже, зміни в складі різних ізомерів токоферолів в мутантних генотипів соняшнику доводять конвергентну двоканальну схему біосинтезу токоферолів у рослин. Вона базується на існуванні двох субстрат-специфічних метилтрансфераз для метилування молекул у положенні «5» та «7».

За дослідженнями російських вчених встановлено, що при схрещуванні константних субліній соняшнику з максимальною і мінімальною експресивністю мутації trh_2 у лінії ВК175 (trh_2) і ВК876 (trh_1 , trh_2) успадкування ознаки різної експресивності цієї мутації носить проміжний характер. У поколінні F_2 спостерігалось континуальне варіювання без дискретних фенотипових класів. Також у цих лініях було встановлено адитивну дію генів-модифікаторів, які контролюють різницю вмісту γ ізомеру токоферолу [125, 126].

Російськими вченими була створена генетична колекція за ознакою різного вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику. Вона представлена 18 лініями різного походження. За даними досліджень авторами встановлено, що мутація trh_1 є відносно стабільною в експресивності, тоді як мутація trh_2 не показує такої стабільності [127].

На основі методу прискореного створення майже ізогенних ліній по рецесивних ознаках насіння в 1991 році створений ультра скоростиглий простий міжлінійний гібрид Краснодарський 917 з підвищеним вмістом β ізомеру токоферолу [128]. Олія з насіння гібрида Краснодарський 917 була в 2–3 рази більш стійкою до окислення ніж олія звичайного типу.

У 1993 році у ВНДІОК створений сорт Фаворит, який мав підвищену стійкість до окислення [129]. Дослідження причин стійкості соняшникової олії до окислення вказують на складний генетичний контроль цього явища [130, 131].

Окрім російських вчених вивченням мінливості вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику займалися іспанські вчені, якими вивчено 952 зразки, а також давні популяції сорту Передовик. За результатами цих досліджень було виявлено дві лінії. Одна з них Т589 мала високий рівень β ізомеру токоферолу

(30,4–48,5 % від загальної суми ізомерів токоферолів), а інша T2100 мала високий рівень γ ізомеру токоферолу (87,9–93,9 % від загального вмісту ізомерів токоферолів). Був проведений генетичний аналіз цих двох ліній, який показав, що успадкування носить частково рецесивний характер, при схрещуванні з генотипами, які мають стандартний профіль токоферолів. В обох лініях кожна ознака контролюється алелями в одному локусі [132].

Окрім відкриття двох ліній T589 і T2100, які мали підвищений вміст β і γ ізомерів токоферолів, іспанським вченим за допомогою хімічного мутагенезу вдалося отримати нові лінії IAST-1 і IAST-540 [133]. В M_3 поколінні були отримані лінії, у яких виявили 85 % γ ізомеру токоферолу. В послідуєчих поколіннях ($M_{4,5}$) виділена лінія IAST-1, як мутант з високим і стабільним вмістом γ ізомеру токоферолу ($> 90\%$) [134, 135, 136]. За дослідженнями вчених встановлено, що різні моделі розщеплення в процесі створення ліній вказують на генетичну відмінність підвищеного вмісту γ ізомеру токоферолу між IAST-1 і IAST-540. Окрім того схрещування між T589 та IAST-1 сприяли виявленню нових біотипів з підвищеним вмістом β або δ ізомерів токоферолів до 77 % і 68 % від загального вмісту ізомерів токоферолів.

Після відкриття ліній T589 і T2100 російські вчені порівняли їх з раніше відкритими лініями, які мають рецесивні гени trh_1 і trh_2 . Використовуючи метод тонкошарової хроматографії, було встановлено, що нові іспанські мутанти, які призводять до накопичення підвищеного рівня β ізомеру токоферолу і високого рівня γ ізомеру токоферолу, були алельні мутаціям trh_1 і trh_2 відповідно [137].

При цьому виявлено декілька джерел з високим рівнем γ ізомеру токоферолу. В кожному з них ця ознака контролювалась рецесивним алелем у локусі Trh_2 .

В потомстві F_2 від схрещування звичайної лінії з T2100 і IAST-1 спостерігалися різні результати. Так при схрещуванні лінії HA89 / T2100 у потомстві F_2 спостерігалось розщеплення 3:1. Дані результати підтверджують рецесивність алеля trh_2 . А при схрещуванні цієї ж лінії з IAST-1 в F_2 спостерігалось розщеплення 13:3, що вказує на проміжні рівні γ ізомеру

токоферолу в насінні соняшнику. Аналогічні результати спостерігалися при схрещуванні T2100 / IAST-1. За цими даними можна зробити висновок про наявність гена модифікатора, який дає проміжний вміст γ ізомеру токоферолу в сполученні з trh_2 алеля [138, 139, 140].

Також були проведені дослідження на зчеплення генів trh_1 і trh_2 , які контролюють вміст різних ізомерів токоферолу з генами *Imr* та *Ol*, що детермінують стійкість до несправжньої борошнистої роси та високий вміст олеїнової кислоти відповідно. Проведені схрещування між лінією HA425 (*Imr Imr*) і лінією BK876 (*Ol, trh_1, trh_2*) та аналіз F_2 , F_3 потомства, дозволили виявити, що дані генетичні детермінанти не зчеплені між собою, а отже успадковуються незалежно один від одного [141].

На теперішній час проводяться не мало генетичних досліджень вмісту ізомерів токоферолів на молекулярному рівні [142, 143, 144].

Попередні дослідження свідчать, що ознака контролюється рецесивним алелем в локусі *Trh_2* у лінії ЛГ17 і T2100. Були проведені схрещування лінії T2100 з лініями ЛГ17, IAST-1 і IAST-540 і за допомогою аналізу F_2 і F_3 зроблено висновок, що trh_2 алель був присутнім у всіх чотирьох лініях. Аналіз популяції F_2 від схрещування лінії IAST-540 з лінією із стандартним профілем токоферолів S-CA-12 показав розщеплення 3 (низький вміст γ ізомеру токоферолу) : 1 (високий вміст γ ізомеру токоферолу). Цими ж авторами, застосовуючи аналіз великого числа потомства, яке розщеплюється, було визначено два маркери SSR, що пов'язані з *Trh_2* у восьмій групі зчеплення. Завдяки використанню додаткових маркерів була побудована велика група зчеплення. Мутація *Trh_2* картована між маркерами ORS312 (3,6 сМ проксимальніше) ORS599 (1,9 сМ дистальніше).

Було вирішено створити генетичну карту з використанням молекулярних маркерів (SSRs) для мутації *Trh_1*, яка контролює накопичення β ізомеру токоферолу в насінні соняшнику. Після проведення схрещувань CAS-12 / T589 за допомогою вискоелективної рідинної хроматографії було проаналізовано фенотип 103 F_2 і 67 F_3 . Результати даних досліджень свідчать, що *Trh_1*

розташовується на верхньому кінці першої групи зчеплення і пов'язана з SSR-маркерами ORS1093, ORS222, ORS598 [108].

Проведені дослідження дозволили виділити та ідентифікувати два паралогічних гени в соняшнику (MT-1 і MT-2). Установлено, що локус *m* ($m=tph_1$) епістатичний по відношенню до *d* локусу. Але локус *d* не мав ніякого ефекту на m^+m^+ і m^+m генотипи, проте значно збільшував рівень β ізомеру токоферолу у *mm* [121].

Іншими авторами виділено та ідентифіковано два Y-TMT паралога: Y-TMT-1 і Y-TMT-2, які були картовані у восьмій групі зчеплення і пов'язані з локусом *g*. Визначено, що нові профілі токоферолу в соняшниковій олії з'являються в результаті трьох неалельних епістатуючих мутацій метилтрансфераз [141].

Отже, серед додаткових можливостей селекційного покращення якості олії виділяють саме природні антиоксиданти – токофероли [142]. Ці олійні інгредієнти можуть бути використані як інгібітори окислення [143]. Так як, окрім антиоксидантних властивостей вони мають ще й певну біологічну цінність у вигляді вітаміну Е [144]. А сполучення в одному генотипі високого вмісту олеїнової кислоти *O1* і одного з генів tph_1 , tph_2 дозволить створити олію, яка б характеризувалася довготривалими строками зберігання.

Використання Rancimat-теста при 100°C показало, що стандартна соняшникова олія (лінолевого типу) має строк придатності вісім годин, олеїнового типу 33 години, олеїнового типу + β ізомер токоферолу – 168 годин, олеїнового типу + β ізомер токоферолу інший – 152 години. Ці дані дають змогу створити нові типи олій, які б задовольняли потреби ринку в залежності від характеру їх використання [145].

Для створення гібридів з різною якістю олії необхідне залучення в геном генів високого вмісту олеїнової кислоти і генів, які контролюють вміст різних ізомерів токоферолів [140, 141, 142].

Щоб визначити параметри майбутнього типу олії зусилля вчених повинні бути об'єднаними в різних галузях. Насіння соняшнику й різні типи олій є цінним

джерелом для широкого кола харчових продуктів. Розумний підхід до використання соняшникової олії може мати позитивний вплив на здорове харчування населення [143, 144, 145].

За результатами досліджень проведених в галузі селекції соняшнику на якість олії, вирішено створити гібриди з різним профілем якості соняшникової олії, а саме гібриди із звичайним типом олії; високоолеїнові (гени Ol) >90 % олеїнової кислоти; високоолеїнові (Ol + tph₁ гени); високоолеїнові (Ol + tph₂ гени); високоолеїнові (Ol + tph₁ tph₂ гени); високолінолеві (>80 % лінолевої кислоти); високопальмітинові (>30 % пальмітинової кислоти); проміжні гібриди [136, 145].

Висновки до розділу 1

1. На території України соняшник почали вирощувати з метою отримання олії. Основний внесок в селекцію соняшнику на підвищений вміст олії зробили вітчизняні селекціонери. Завдяки їх роботі вміст олії в насінні соняшнику вдалося підвищити до рівня 56 %.

2. У сучасних умовах у зв'язку з потребами населення в здоровому харчуванні більшу увагу стали приділяти селекції соняшнику на якість рослинної продукції. За результатами досліджень світових та українських вчених, якість соняшникової олії можна покращити перерозподілом жирних кислот та наявністю природних антиоксидантів, які попереджують процеси окислення – ізомерів токоферолу.

3. Токофероли були відкриті в 1936 році. Встановлено, що вони можуть синтезуватися тільки в організмі рослин. Дефіцит цих речовин в організмі може призвести до ряду захворювань та розвитку стерильності органів статеві системи. Також вони є потужними природними антиоксидантами, які перешкоджають утворенню вільних радикалів в системах живих організмів під час процесу перекисного окислення.

4. Вітаміни групи Е або токоферолі відносять до похідних хроману. Існує чотири ізомери – α , β , γ , δ , які відрізняються між собою кількістю та положенням метильних груп у хромановому кільці.

5. Будова токоферолів визначає їх фізичні властивості. Вони не розчинні у воді, але добре розчинні у петролейному ефірі. Досить чутливі до ультрафіолету.

6. У результаті досліджень залежності антиоксидантної та біологічної активності ізомерів токоферолів виявлено негативну кореляцію. Якщо α ізомер токоферолу є найбільш біологічно активним, то його антиоксидантна активність найнижча серед інших.

7. Ізомери токоферолів здатні легко вступати в реакцію з вільними радикалами та призупиняти процеси окислення в живих клітинах.

8. Соняшникова олія звичайного типу включає в себе в основному α ізомер токоферолу (90–95 %). У дикорослих видів соняшнику та окремих мутантів в профілі олії присутні α , β , γ ізомери. З ідентифікацією генів, які відповідають за синтез токоферолів в насінні соняшнику стало можливим створення соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів в бік підвищення β , γ та δ .

9. Аналіз світової та вітчизняної літератури дозволив виявити напрям досліджень в якому необхідно рухатись у сучасних економічних, ґрунтово-кліматичних та агрометеорологічних умовах.

10. Наявність та особливість вихідного матеріалу з вмістом різних ізомерів токоферолів за участю ліній лабораторії генетики та селекції соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в умовах вирощування східної частини Лісостепу України.

11. Залежність у лінях соняшнику між цінними господарськими ознаками та різним вмістом ізомерів токоферолів.

12. Відсутність в Україні та інших країнах світу шкали класифікації ліній та гібридів соняшнику за вмістом різних ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості.

13. Відсутність в Україні новітніх ліній соняшнику з різним вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолів в поєднанні з високою врожайністю, стійкістю до хвороб і високими якісними показниками.

Вивченню цих не вирішених питань і присвячена наша дисертаційна робота.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень

Полеві дослідження проводили в 2013–2018 рр. на дослідних полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Дослідні поля розташовані в Лісостеповій південній зоні Лівобережного Лісостепу на відстані 15 км. від міста Харків.

Лабораторні біохімічні дослідження проводили в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у лабораторії селекції та генетики соняшнику та лабораторії генетики, біотехнології і якості.

Ґрунтовий покрив дослідних полів характеризується підвищеною родючістю, що дає змогу отримувати високі та стабільні врожаї. Ґрунт відноситься до слабовилугованого важкосуглинистого пилуватого чорнозему на пилувато-суглинистому карбонатному лесі. В орному шарі вміст гумусу коливається від 5,46 % до 7,28 %. Профіль вирізняється високою гігроскопічністю на рівні 8–10 %. Глибина залягання ґрунтових вод становить 15–20 м, що робить їх не доступними для сільськогосподарських рослин. Внаслідок цього основну вологу рослини отримують з атмосферних опадів. Агрохімічні показники ґрунту становлять: рН сольової витяжки 5,8, гідролітична кислотність – 3,29 мг-екв. на 100 г ґрунту, сума поглинутих основ – 3,74 мг-екв. на 100 г ґрунту. Ґрунтовий профіль дослідних полів наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в орному шарі має такі запаси поживних речовин: низький вміст азоту – 134 мг/кг, який може бути використаний на 80–100 %, середній вміст фосфору – 97 мг/кг, що використовується на 10–20 % та високий вміст калію – 133 мг/кг, який споживається рослиною в межах 40–60 % [146].

Соняшник відноситься до рослин помірного клімату, тому для його вирощування необхідна сума температур від 1900°C до 2500°C. Для зони вирощування Харківської області характерний помірно-континентальний клімат, сума активних температур якої коливається в межах від 2600°C до 3000°C, що повністю задовольняє потреби рослин соняшнику [147–152].

За багаторічними даними весняні заморозки припиняються в третій декаді квітня, а в деякі роки і в травні. В цей же час ґрунт прогрівається до +10°C на глибині 20 см. Досить жаркими є літні місяці. Середня температура в червні становить +20,2°C, в липні +21,4°C, в серпні +20,6°C. Максимальна зафіксована температура в літній період в окремі роки становила +37°C, а на поверхні ґрунту +54°C.

Зниження температури восени відбувається поступово. У вересні середня багаторічна температура становить +14,5°C, в жовтні температура падає в середньому до +7,5°C. У другій декаді жовтня починаються перші осінні заморозки.

Кількість опадів за місяцями розподіляється нерівномірно. Найбільша кількість опадів випадає в липні, в середньому 71,7 мм, але в окремі роки спостерігається і посуха. В червні та серпні кількість опадів становить 63,3 мм та 46,9 мм відповідно. В середньому за період вегетації соняшнику відмічається 285 мм опадів, що задовольняє біологічний оптимум культури.

Аналіз багаторічних даних погодних умов та даних у роки проведення досліджень показав, що останні роки характеризуються нерівномірністю опадів та підвищенням середньодобових температур у літні місяці. Помірно-континентальний клімат східної частини Лісостепу перетворюється на сухий континентальний, який характеризується недостатньою зволоженістю (рис. 2.1, рис. 2.2) [153–157].

Погодні умови в роки проведення досліджень за темою дисертаційної роботи характеризувалися значними коливаннями в температурному режимі та рівні вологості, що склало передумови для вивчення соняшнику в умовах контрастних років.

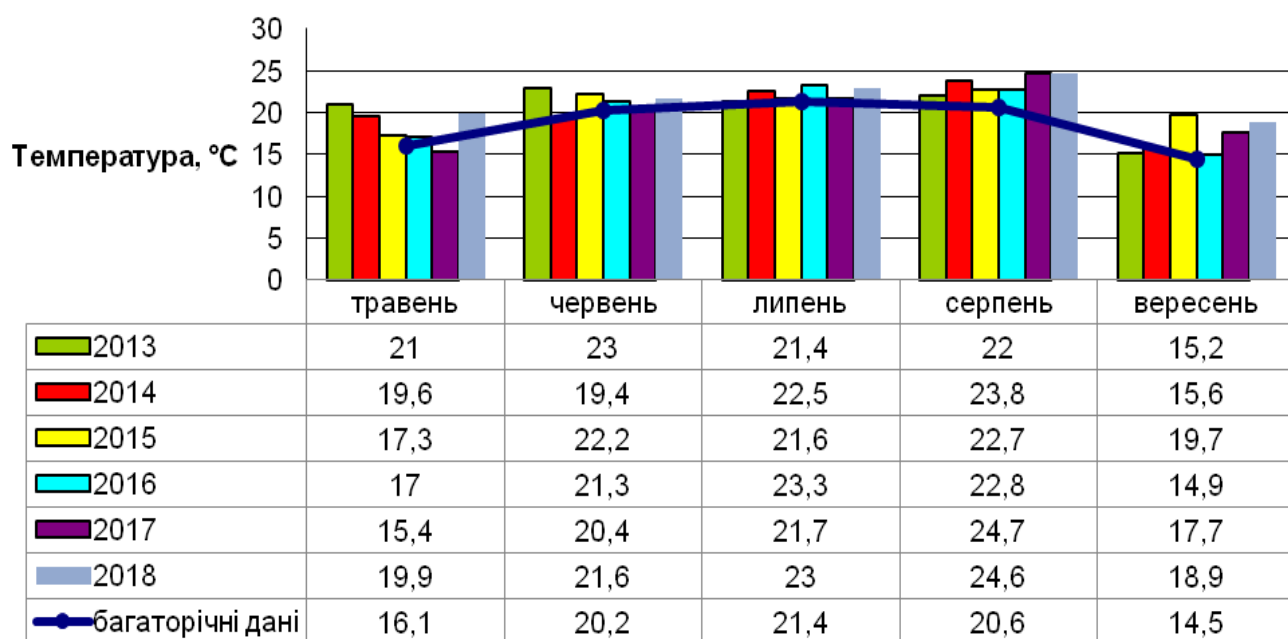


Рисунок 2.1 – Відхилення температури повітря (°C) від середньої багаторічної в роки проведення досліджень (2013–2018 рр.).

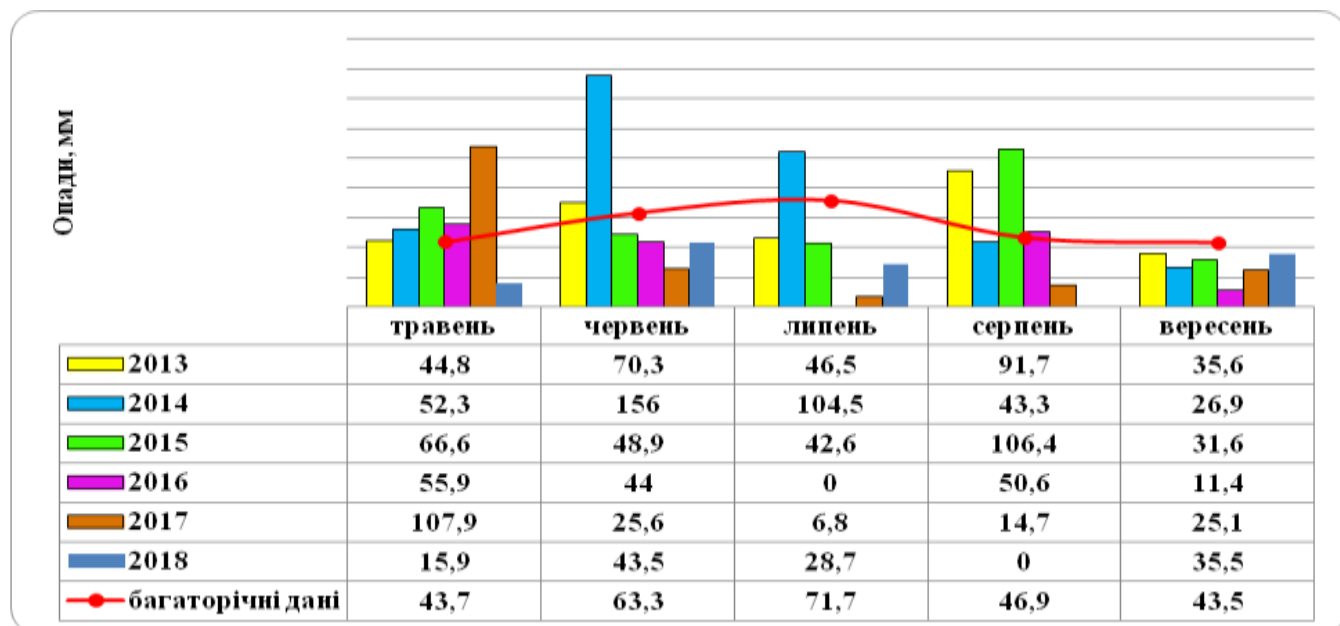


Рисунок 2.2 – Відхилення кількості опадів (мм) від середньої багаторічної за місяцями в роки проведення досліджень (2013–2018 рр.).

Для характеристики погодно-кліматичних умов вегетаційного періоду соняшнику були використані дані метеостанції ХНАУ ім. В.В. Докучаєва.

Температура повітря та кількість опадів визначено за період 2013–2018 рр. досліджень.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) розраховували за формулою Г.Т. Селянинова:

$$\text{ГТК} = \Sigma P / \Sigma T \times 0,1,$$

де ΣP – сума опадів за період з температурою більше 5°C, мм;

ΣT – сума температур більше 5°C за відповідний період, °C.

Показники ГТК (рис.2.3) характеризуються таким значенням: 0,4 – дуже сильна посуха, 0,4 – 0,5 – сильна посуха, 0,5 – 0,6 – середня посуха, 0,5 – посуха, 0,5 – 0,9 – нестійке зволоження, 1,0 – 1,5 – оптимальне зволоження та більше 1,5 – надмірне (рис. 2.3).

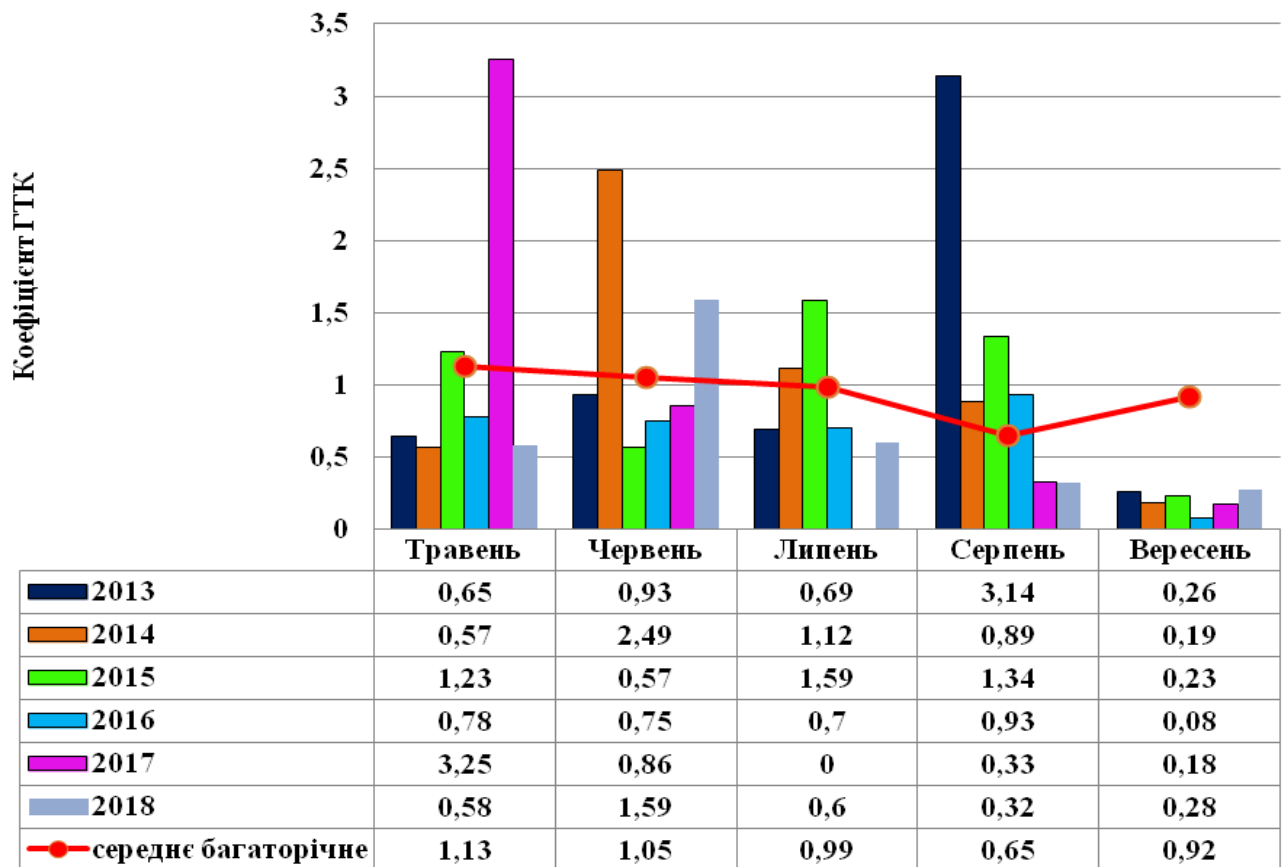


Рисунок 2.3 – Відхилення коефіцієнту ГТК від середніх багаторічних даних в роки проведення досліджень (2013–2018 рр.).

Погодні умови 2013 року характеризувались нерівномірністю опадів та підвищеними середньодобовими температурами в період вегетації соняшнику. Так,

кількість опадів у травні була наближеною до багаторічної норми – 44,8 мм, при нормі 43,7 мм (рис. 2.2). Середньодобова температура перевищувала норму в травні на 4,9 °С (21,0 °С проти 16,1 °С) (рис. 2.1).

Середньодобова температура повітря літніх місяців також перевищувала норму: в червні на 2,1 °С, у липні на 1,2 °С та в серпні на 1,1 °С. Кількість опадів в червні була меншою від норми на 15,0 мм або на 24 %, а в липні на 51,4 мм або на 72 %. Лише в серпні кількість опадів перевищила норму на 62,1 мм або на 132 %.

Осінній (вересень–жовтень) період можна охарактеризувати як недостатньо зволожений та надмірно теплий. Так, за вересень-жовтень кількість опадів була меншою від багаторічної норми на 36,8 мм, або на 44 %, а середньодобова температура повітря вищою на 0,8 °С. У цілому погодні умови 2013 року можна назвати сприятливими для формування високого врожаю соняшнику.

Вегетаційний період 2014 року за погодними умовами можна охарактеризувати як сприятливий для вирощування культури.

Весна 2014 року була досить теплою та достатньо зволоженою. Так, середньодобова температура повітря у травні становила 19,6 °С, що більше від норми на 3,5 °С (рис. 2.1). Кількість опадів у травні перевищувала норму на 26,6 мм або на 61 % (рис. 2.2).

Середньодобова температура повітря літніх місяців була наближеною до норми: в червні 19,4 °С при нормі 20,2 °С, у липні на 22,5 °С при нормі 21,4 °С. Лише в серпні середньодобова температура значно перевищувала норму на 3,2 °С (23,8 °С при нормі 20,6 °С). Червень вирізнявся надмірною зволоженістю, кількість опадів перевищувала норму на 92,7 мм або на 146 %. Кількість опадів в липні та серпні була меншою від норми на 22,8 та 2,9 мм або на 32 6 % відповідно.

Погодні умови осені 2014 року характеризувались недостатньою зволоженістю з наближеною до багаторічної норми середньодобовою температурою повітря. Так, сума опадів у вересні, жовтні була меншою від середньобагаторічної норми на 17,9; 28,0 мм, або на 41; 71 % відповідно (рис. 2.2). Середньодобова температура повітря становила 15,6; 7,6 °С при нормі 14,5; 7,5 °С відповідно (рис. 2.1).

У 2015 році спостерігались інтенсивні опади в червні, на рівні 104,5 мм при багаторічній нормі 63,3 мм, практично оптимальні температури в період сходи цвітіння, відсутність опадів з першої декади серпня і малою кількістю опадів у вересні (6,8 мм) на фоні високих температур у серпні і вересні. Посушливі умови в кінці фази цвітіння і протягом всього періоду формування та наливу обмежували реалізацію повного потенціалу урожайності, закладеного в період росту і розвитку рослин соняшнику.

Погодні умови осені 2015 року були теплими та сухими. Так, середньодобова температура повітря у вересні, жовтні становила 19,7; 7,2 °С, при нормі 14,5; 7,5 °С (рис. 2.1). При цьому, недостатня кількість опадів в вересні, на 84 % менше від норми (рис. 2.2).

В 2016 році весна виявилась надмірно вологою та теплою. Так, кількість опадів у травні перевищувала норму на 48,0 мм або на 110 % (рис. 2.2). Середньодобова температура в травні перевищувала норму на 0,9 °С (рис. 2.1).

У червні середньодобові температури перевищували норму на 1,1 °С. Кількість опадів була менше норми на 20,0 мм або на 32 %.

Середньодобова температура липня та серпня перевищувала норму на 1,9 та 2,2 °С, при цьому кількість опадів норму на 34,7 та 3,7 мм або на 50 та 8 % відповідно.

У серпні і вересні зберігалася тепла погода. Середньодобова температура повітря була більше норми на 2,2 та 0,4 °С відповідно. Кількість опадів в серпні перевищувала норму на 3,7 мм або на 8 %, а у вересні менше від норми на 28,8 мм або на 66 %.

Весна 2017 року характеризувалась як волога та тепла. Так, середньодобова температура в травні була майже на рівні багаторічної норми, лише на 0,7 °С менше від оптимального рівня, а кількість опадів у травні була менше від норми на 8,1 мм або на 19 % (рис. 2.1). При цьому, найбільша кількість опадів у вигляді злив відмічена в другій декаді травня – 24,9 мм або на 113 % більше від норми (рис. 2.2).

У червні та липні середньодобові температури також наближались до середньої багаторічної норми, лише на 0,2 та 0,3 °С більше від оптимального рівня. Кількість опадів була менше норми на 44,7 та 40,1 мм або на 71 та 56 % відповідно.

Середньодобова температура серпня перевищувала норму на 4,1 °С, а кількість опадів була меншою від норми на 35,5 мм або на 76 %.

Весна 2018 року була досить теплою, але посушливою. Середньодобова температура травня становила 19,9 °С (норма 16,1 °С), кількість опадів була незначна – лише 15,9 мм при нормі 43,7 мм.

У літні місяці спостерігалась посуха та температура, яка перевищувала норму на 2–4 °С. Осінь була теплою з температурою 18,9 °С, що на 4,4 °С вище від норми. Кількість опадів у вересні становила 35,5 мм при нормі 43,5 мм (рис. 2.1, рис. 2.2).

Таким чином погодні умови в роки досліджень значно відрізнялися за основними метеорологічними показниками, що створило умови для вивчення прояву, мінливості та успадкування різних якісних та цінних господарських показників у матеріалі, який вивчали [158–163].

2.2 Вихідний матеріал досліджень

Матеріалом для досліджень послужила серія неспоріднених за походженням інбредних ліній звичайного соняшнику і ліній-носіїв мутацій перерозподілу ізомерів токоферолів, інцухт-лінії – носіїв комбінацій мутантних генів ізомерного спектру токоферолів.

Серед них у дослідженнях задіяно материнські лінії гібридів соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН – Мх845А, Мх524А, Сх1010А, Сх2111А, Сх808А, Сх1002А, Сх1006А, Сх1008А, батьківські лінії – Х1334В, Х134В, Х135В, Х114В, Х220В, Х279В, Х736В і лінії-носії ознаки перерозподілу різних ізомерів токоферолів Vк-L-1, Vк-L-2, Vк-L-4, Vк-L-7, Vк-L-8 отриманих з ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар) [164].

У подальшому до роботи залучено гібриди та інцухт лінії отримані в результаті схрещувань ліній соняшнику звичайного типу (підвищений вміст α ізомеру токоферолу) з лініями-мутантами зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів – X177В, X1711В, X1712В, X1716В, X1717В, X1719В, X1725В, X1729В, X1738В, X1747В [165].

Для проведення попереднього сортовипробування гібридів створених за участю ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів проведено схрещування з лініями СД10А, НС26А та Сх1002А. Як стандарти використали три гібриди різних груп стиглості – Дарій (середньоранній), Славсон і Василик (ранньостиглі).

Дарій – високоврожайний, високоолеїновий трьохлінійний гібрид. Оригінатори гібрида – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Інститут польових та овочевих культур (Нові Сад, Сербія) та НВФ «Дріада» (Херсон). Група стиглості – середньоранній, період вегетації – 107–110 діб. Висота рослин – 175–180 см, кошик випуклої форми з діаметром 18-23 см, маса 1000 насінин 61–62 г. Вміст олії в насінні 50,9 %, частка олеїнової кислоти в олії – 76 %. Висока стійкість проти вилягання, обсіпання, несправжньої борошнистої роси та вовчка. Середня стійкість до посухи. Висока толерантність до загущення. Генетичний потенціал врожайності 3,66 т/га.

Славсон – простий міжлінійний гібрид. Оригінатори – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Селекційно-генетичний інститут (Одеса). Група стиглості – ранньостиглий, період вегетації 97–100 діб. Висота рослин – 165 см, кошик випуклої форми з діаметром до 24 см, маса 1000 насінин – 60–62 г. Вміст олії в насінні 49,9 %. Стійкий проти вилягання, обсіпання і посухи. Потенційна врожайність 4 т/га.

Василик – простий міжлінійний гібрид. Оригінатори – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Група стиглості – ранньостиглий, період вегетації – 101–102 доби. Висота рослин 167–170 см, кошик випуклої форми діаметром 18–20 см, маса 1000 насінин – 53–57 г. Вміст олії в насінні 51,7 %. Висока стійкість проти вилягання, обсіпання, посухи, до збудників несправжньої

борошнистої роси та вовчка. Висока толерантність до загущення. Генетичний потенціал врожайності – 4,35 т/га.

2.3 Методика проведення досліджень

Досліди розміщували на полі селекційної сівозміни експериментальної бази Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у 2013–2018 рр. Попередник – ярі зернові. Дослідження проведено згідно загальноприйнятих методик [166, 167].

Зразки, які використовували для досліджень висівались на двохрядковій ділянці площею 9,8 м². Сівбу проводили в 1 декаді травня ручними сівалками. Отримане гібридне насіння висівали по 100 шт. в рядку. Ширина міжрядь становила 70 см, відстань між рослинами 25 см. Густоту формували в фазі другої пари справжніх листків в ручну. В кожному гнізді залишали одну рослину нормального типу.

Вибрані для самозапилення зразки ізолювали пергаментними ізоляторами або ізоляторами з агроволокна розміром 40 см × 50 см за 2 дві доби до розпускання трубчастих квіток. З них відбирали кращі рослини за морфологічними показниками. В рядку ізолювали від 10 до 50 кошиків. За результатами аналізу на визначення вмісту ізомерів токоферолу насіння з кращих відібраних кошиків висівали на наступний рік.

Схрещування рослин соняшнику на фертильній основі проводили методом механічної кастрації. Вибрані рослини за одну-дві доби до початку цвітіння ізолювали пергаментними ізоляторами. Механічну кастрацію проводили пінцетом вручну о 6–7 год. ранку, в залежності від біологічних особливостей окремих рослин. Перед видаленням пиляків кошик обприскували водою з садового пульвелізатора. Видалення пиляків здійснювали впродовж 3–4 днів, в останній день проводили запилення. До і після кастрації кожного окремого кошика прилади та руки стерилізували етиловим спиртом. Після закінчення кастрації середину кошика вирізали та проводили запилення прокастрованих трубчастих квіток. Пилок наносили ватою або пензликом.

Збирання врожаю проводили вручну, окремо обмолочуючи кожен кошик. Вологість насіння доводили до 10 %. Вологість насіння визначали за допомогою вологоміру.

Під час виконання роботи впродовж вегетації проводили фенологічні спостереження. Визначали дату повних сходів (зійшло 75 % рослин), масове цвітіння (75 % квітучих рослин) та вегетаційний період (від повних сходів до фізіологічної стиглості), для вимірювання висоти рослин в польових умовах використовували польову лінійку (через 30 діб після цвітіння), для визначення діаметру кошика використовували шкільну лінійку, рахували кількість листя на рослині. Дані замірів заносили в польовий журнал.

Після збирання врожаю визначали масу 1000 насінин з одного кошика, продуктивність та урожайність зразків соняшнику, які вивчали.

Обсяг вибірки при аналізі морфологічних ознак становив 5–10 кошиків, в залежності від забезпеченості селекційним матеріалом.

Окрім фенологічних спостережень та морфологічних ознак визначали показники якості насіння соняшнику.

Аналіз вмісту та складу ізомерів токоферолів здійснювали методом вискоєфективної рідинної хроматографії на хроматографічній системі Smartline фірми “Knauer” з використанням колонки Eurospher II – 5 – Si 250 × 4 у варіанті прямофазного розділення, рухома фаза – 0,5 % розчин ізопропілового спирту у н-гексані. Для ідентифікації ізомеру токоферолу в зразку використовували стандарти фірми Merck (α , β , γ , δ). Аналізували окремо кожен кошик.

Згідно методики визначення вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику [168] матеріал подрібнювали на зерновому млині ЛЗМ-1 (рис. 2.4, 2.5).



Рисунок 2.4 – Не подрібнене насіння соняшнику.



Рисунок 2.5 – Шрот соняшнику.

В ємкості з темного скла зважували 3 грами шроту на вагах (ТВЕ 0,6-0,01, 4 клас точності) та заливали 9 мл петролейного ефіру (температура кипіння 40–65°C чда), після цього розчин ретельно перемішували (рис. 2.6, 2.7, 2.8).



Рисунок 2.6 – Відбір проби.



Рисунок 2.7 – Зважування проби.



Рисунок 2.8 – Екстрагування петролейним ефіром.

Проби залишали в темному місці на добу. На наступний день верхній шар проби відбирали медичним шприцом, фільтрували фільтрами (CHROMAFIL GF/PET-45/25) та переносили у віали (рис. 2.9, 2.10).



Рисунок 2.9 – Фільтрування екстракту.



Рисунок 2.10 – Готові зразки.

Готові проби за допомогою шприца (Hamilton – 25 мкл або Agilent – 100 мкл) вводили в хроматографічну систему (рис. 2.11, 2.12).



Рисунок 2.11 – Відбір екстракту.



Рисунок 2.12 – Введення проби в хроматографічну систему.

Дані аналізу у вигляді хроматограми виводились програмою на екран комп'ютера. Хроматограми зразків соняшнику, які досліджувались

розшифровували згідно часу виходу піків стандартів токоферолів. Перерахунок площі піків в мг% 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 антиоксидантну активність спиртових екстрактів насіння соняшнику визначали спектрофотометричним методом тест-системи з використанням реактиву DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazylradical) (стабільний радикал) [169], як стандарт використовували хлорогенову кислоту.

Для приготування проб рослинний матеріал подрібнювали на зерновому млині ЛЗМ – 1. У віали робили наважку 0,1 грам шроту та заливали 4,9 мл етилового спирту (80 %) в дистильованій воді (рис. 2.13, 2.14).



Рисунок 2.13 – Наважка зразка.

Рисунок 2.14 – Екстракція етанолом.

Розчин добре перемішували та залишали на 18–20 год при кімнатній температурі. На наступний день проби центрифугували на центрифугі (ОПн – ЗУХЛ42) 1,5 тис. обертів (15 хв.). У пробах, які відцентрифугували відбирали верхній шар та переносили в чисті віали. Паралельно з цим готували розчин стабільного радикалу DPPH в 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 хв. Приготовлений розчин фільтрували за допомогою фільтрувального паперу (рис. 2.15).



Рисунок 2.15. – Фільтрування спиртового розчину DPPH.

Після цього брали 0,05 мл спиртового екстракту зразка та додавали 3,5 мл розчину DPPH (рис. 2.16).



Рисунок 2.16 – Додавання спиртового екстракту проби до DPPH.

Пробірки з приготованими розчинами ставили на 2 години в темне місце. Після цього визначали оптичну густоту зразків на спектрофотометрі (UV-VIS-1800) при довжині хвилі 517 нм (рис. 2.17, 2.18).



Рисунок 2.17 – Переливання проби в кювету.



Рисунок 2.18 – Розташування кювети в спектрофотометрі.

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

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

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

В – 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 Соксклета [170]. Вміст білка в насінні визначали титрометричним методом К'ельдаля [171]. Жирнокислотний склад олії визначали на газовому хроматографі «Селміхром 1» за модифікованою методикою Пейскера [172]. Стійкість зразків соняшнику до несправжньої борошнистої роси визначали в лабораторних умовах з використання експрес-методу [173].

Висновки до розділу 2

1. Контрастність ґрунтово-кліматичних умов східної частини Лісостепу України в роки проведених досліджень, дали змогу виявити прояв, мінливість та успадкування якісних ознак і господарських показників у матеріалі, що вивчали.

2. Використання методик проведення досліджень та освоєння нових на визначення якісних показників насіння соняшнику забезпечило виконання всіх завдань дисертаційної роботи.

3. Застосування статистичних методів обробки, які використовували в ході досліджень, дозволило узагальнити, систематизувати та зробити достовірні висновки згідно отриманих даних.

РОЗДІЛ 3

РІЗНОМАНІТТЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ В СЕЛЕКЦІЇ СОНЯШНИКУ НА ВМІСТ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ

3.1 Вміст ізомерів токоферолів та їх суми в насінні соняшнику, класифікація селекційного матеріалу.

Тривалий час основними напрямками селекції соняшнику були підвищення врожайності та вміст олії, успіхи в яких зробили цю культуру стратегічно важливою. Завдяки успіхам українських селекціонерів вдалося створити високоолійні сорти і гібриди, які дають стабільні урожаї [174].

Однак дослідження харчової цінності показали, що соняшникова олія є цінним джерелом насичених та ненасичених жирних кислот, і саме головне вітамінів, які виступають у ролі природних антиокислювачів. Вирішення питання якості соняшникової олії здійснювали методом селекції на перерозподіл жирних кислот у профілі. Та завдяки роботам російських вчених, які ідентифікували гени, що відповідають за синтез токоферолів в насінні соняшнику вдалося розширити можливості селекційно-генетичних методів, спрямованих на покращення якості олії [175].

На теперішній час в Україні не достатньо вивчене питання вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику та створення ліній з різним їх вмістом у спрямованому поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками.

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН протягом останніх шести років вченими-селекціонерами проводиться робота з вивчення вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику та створення ліній з підвищеним вмістом β , γ та δ у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками [176].

Шляхом схрещувань на фертильній основі та доборів в інцухт-поколіннях виділено морфологічно вирівняний матеріал зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів, підвищеним вмістом олії та олеїнової кислоти, високою

продуктивністю, антиоксидантною активністю та стійкістю до несправжньої борошнистої роси, з підвищеною адаптивністю до навколишнього середовища.

За результатами аналізу близько 1000 зразків встановлено, що вміст токоферолів в насінні соняшнику представлений чотирма ізомерами (α , β , γ , δ). При чому лінії IP НААН, які вивчали, представлені переважно α токоферолом (90–98 %). Для створення ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів використовували матеріал, отриманий із ВНДЮК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар). Для них було характерно підвищений вміст β , γ та δ у різному співвідношенні.

За роки проведення досліджень (2013–2018 рр.) у лабораторії генетики, біотехнології та якості проаналізовано близько 1000 зразків соняшнику (лінії IP НААН, лінії-мутанти із зміненим вмістом ізомерів токоферолів, інбредні покоління – I₁–I₅, BC₁, BC₂, лінії відновники фертильності пилку із стабільним проявом ознаки). За результатами аналізу на визначення вмісту ізомерів токоферолів (табл. 3.1) вміст α токоферолу розподілено від 56,79 до 1,01 мг%, вміст β токоферолу – від 57,34 до 0,004 мг%, вміст γ токоферолу – від 34,58 до 0,004 мг%, вміст δ токоферолу – від 17,15 до 0,004 мг%.

Окрім вмісту кожного окремого ізомеру токоферолів визначали їх суму. За отриманими даними найбільший вміст всіх ізомерів токоферолу становив 84,81 мг%, а найменший – 2,17 мг%.

Отримані результати свідчать про широке варіювання як вмісту кожного окремого ізомеру токоферолів, так і їх загальної суми. Якщо у генотипів звичайного соняшнику частка α токоферолу сягала майже 98 %, то в проаналізованому матеріалі частка α та β токоферолів могла розподілитись у співвідношенні 1:1. В окремих зразках вміст γ токоферолу займав майже 75 % від загального вмісту ізомерів. Також присутній був розподіл чотирьох ізомерів у співвідношенні 1:1:1:1.

За такого варіювання чотирьох ізомерів та їх суми насіння соняшнику можна розподіляти на окремі групи з підвищеним вмістом окремого ізомеру, або ж

з рівномірним їх розподілом у межах одного генотипу. Такий розподіл дозволить використовувати насіння в різних напрямках – харчовому або технічному.

Таблиця 3.1

Вміст ізомерів токоферолів вихідного матеріалу

Роки дослідження	Варіювання вмісту ізомерів токоферолів та їх суми, мг%									
	α		β		γ		δ		Σ	
	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.
2013	1,59	56,79	0,28	43,71	0,004	6,35	0,004	18,50	12,76	29,45
2014	2,01	47,85	0,004	15,92	0,004	8,99	0,004	13,51	9,68	53,99
2015	1,03	55,76	0,004	28,22	0,004	16,37	0,004	9,67	2,84	63,41
2016	1,16	38,20	0,004	38,79	0,004	34,58	0,004	14,82	7,45	67,52
2017	1,18	28,03	0,004	28,36	0,004	31,25	0,004	17,15	2,17	57,69
2018	2,40	47,67	0,004	57,34	0,1	30,83	0,004	10,66	6,57	84,81

Примітка. мін., макс. – мінімальне і максимальне значення ізомерів токоферолів та їх суми.

У закордонних літературних джерелах інформація про розподіл ліній за вмістом ізомерів токоферолів в насінні соняшнику досить обмежена. В роботах Я. М. Демуріна приведені дані про три лінії, які характеризуються різним розподілом ізомерів токоферолів (ЛГ15 – 50% α токоферолу, 50 % β токоферолу; ЛГ17 – 5 % α токоферолу, 95 % γ токоферолу; ЛГ24 – 8 % α токоферолу, 84 % γ токоферолу) [116, 117].

Іспанськими вченими ідентифіковано лінії T589 (30 % β токоферолу), T2100 (85 % γ токоферолу), IAST-1 та IAST-540 (більше 85 % γ токоферолу) [132, 133]. Також ними був проведений скринінг дикорослих видів соняшнику. За їхніми даними *H. debilis* має в своєму складі підвищений вміст 11,8 % β токоферолу, *H. Exilis* – 7,4 % γ токоферолу [114].

Такі дані не розкривають повного діапазону варіювання вмісту ізомерів токоферолів. Тому вивчений матеріал розподілено на класи.

Для розподілу вивченого матеріалу на класи за вмістом ізомерів токоферолів ми спиралися на роботу О.М. Брагіна, який використовуючи різні статистичні методики розробив формулу для визначення інтервалу за класами:

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

I – інтервал за класами;

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

X_{\min} – мінімальне значення вмісту ізомеру токоферолів;

n – кількість класів [177].

Кожного року вибірка зразків, які аналізували на вміст ізомерів токоферолів була різною і могла становити від 100 до 400 штук. Але варіювання кожної з ознак мало досить широкі межі, в результаті чого кількість класів могла сягати 30, що не досить зручно в практичному використанні. Тому для систематизації вивчених даних було створено класифікацію з чотирма класами для кожного з ізомерів токоферолів, але з різними межами варіювання. Окрім чотирьох класів до класифікації додали два класи, які включають в себе максимальне та мінімальне значення ознаки.

Нами було вивчено п'ять ознак – вміст α , β , γ δ ізомерів токоферолів та їх сума. При розрахунку за формулою приведеною вище визначено інтервал між класами за кожною окремою ознакою (табл. 3.2).

Для α токоферолу при максимальному та мініимальному значенні ознаки інтервал між класами становив 13,94, для β токоферолу – 14,34, для γ токоферолу – 8,65, для δ токоферолу – 4,29 та для Σ – 20,66. Виходячи з цього була розроблена шкала (табл. 3.3), яка включає в себе шість класів.

Кожен з виділених класів містить максимальне та мінімальне значення ознаки та різні межі варіювання. При максимальному значенні α ізомеру токоферолу – 56,79 мг% (ДВ) та мініимальному – 1,02 мг% (ДН), розподіл на класи здійснено таким чином – ВВ – 56,78–42,85 мг%, ПВ – 42,84–28,91 мг%, СВ – 28,90–14,97 мг%, НВ – 14,96–1,02 мг%.

Таблиця 3.2

Інтервал за класами для α , β , γ та δ ізомерів токоферолів та їх суми

Назва ізомеру токоферолів	Максимальне значення ознаки	Мінімальне значення ознаки	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

За вмістом β при максимальному – 57,34 мг% (ДВ) та мінімальному значенні – 0,004 мг% (ДН) межі варіювання класів становили – ВВ – 57,34–43,00 мг%, ПВ – 42,99–28,66 мг%, СВ – 28,65–14,32 мг%, НВ – 14,31–0,004 мг%.

При максимальному значенні γ – 34,58 мг% та мінімальному – 0,004 мг%, встановлено розподіл за класами – 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 δ ізомеру токоферолу – 17,15 мг% та мінімальному – 0,004 мг% – ВВ – 17,14–12,86 мг%, ПВ – 12,85–8,57 мг%, СВ – 8,56–4,28 мг%, НВ – 4,27–0,004 мг%.

Максимальний вміст 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 вмісту ізомерів токоферолу для класифікації ліній, генетичного селекційного матеріалу, товарного насіння з високим, середнім та низьким проявом ознаки, а також для класифікації олій з підвищеним вмістом β , γ або δ токоферолів, що в свою чергу забезпечить визначення напряму використання такої продукції.

Класифікація за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми

№ кла су	Назва класу	Межі вмісту ізомерів токоферолів, мг%				
		α	β	γ	Δ	Σ
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	Підвищен ий 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

Високий та середній вміст β або γ токоферолів в соняшниковій олії дозволить використовувати її в харчовій промисловості для виготовлення маргаринів, кулінарних жирів, майонезів, хлібобулочних виробів, печива, консерв. Широке використання соняшnikової олії, стійкої до окислення, в фармацевтичній для виготовлення різних мазей, косметичній для виготовлення омолоджуючих кремів, в миловарінні та лакофарбовій промисловості. Також незамінна така олія для жарки та приготування у фритюрі, де вона піддається дії високих температур [178, 179].

Олію з підвищеним вмістом δ токоферолу можна використовувати як мастильний матеріал для двигунів внутрішнього згорання, як біодизельне паливо, для змащування елементів верстатів різного напрямку використання [180].

3.2 Розподіл інбредних поколінь соняшнику за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми на класи

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН протягом шести років (2013–2018 рр.) проаналізовано значну кількість зразків (близько 1000). З них майже половину (457) займають інбредні покоління різних років дослідження. Для класифікації вивченого матеріалу за допомогою шкали, яка наведена вище, інбредні покоління розподілено на класи (табл. 3.4).

Отримані результати свідчать про широке варіювання вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми, що дало змогу робити добори в різних напрямках підвищення ознаки.

За вмістом α токоферолу інбредні покоління розподілено на чотири класи. З високим вмістом (56,78–42,85 мг%) виділено два зразка, отримані в 2015 (I_2) та в 2018 (I_5) роках. У 2014 році (I_1) ідентифіковано 28 зразків із підвищеним вмістом ізомерів токоферолів (42,84–28,91 мг%). В 2015 (I_2) – три, в 2016 (I_3) – п'ять і в 2018 (I_5) лише два. Досить чисельну вибірку включає в себе четвертий клас (28,90–14,97 мг%) – 41 (I_1), 15 (I_2), 29 (I_3), 47 (I_4) та три (I_5). Та найбільше зразків було віднесено до п'ятого класу (14,96–1,02).

З них 26 було отримано в 2014 році (I_1), 20 в 2015 (I_2), 39 в 2016 (I_3), 154 в 2017 (I_4) та 13 в 2018 (I_5).

Для побудови графіка (рис. 3.1) динаміки розподілу класів за вмістом α токоферолу в інбредних поколіннях (2014–2018 рр.) визначено співвідношення класів у відсотках.

Таблиця 3.4

**Розподіл на класи інбредних поколінь соняшнику за вмістом ізомерів
токоферолів та їх суми**

Назва ізомеру токоферолів	№ класу	Кількість інбредних поколінь за роками, шт.				
		2014, I ₁	2015, I ₂	2016, I ₃	2017, I ₄	2018, I ₅
1	2	3	4	5	6	7
α	2	0	1	0	0	1
	3	28	3	5	0	2
	4	41	15	29	47	3
	5	26	20	39	154	13
β	1	0	0	0	0	1
	3	0	0	1	0	1
	4	0	1	16	14	4
	5	95	67	43	157	13
	6	0	1	13	30	0
γ	2	0	0	0	2	1
	3	0	0	5	17	2
	4	1	4	9	45	0
	5	31	53	50	112	16
	6	63	12	9	23	0
δ	1	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	5	0
	3	0	0	2	20	1
	4	0	0	3	10	6
	5	16	21	18	71	8
	6	79	48	50	94	4

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Σ	1	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	3
	3	0	1	6	15	1
	4	43	6	40	83	10
	5	51	62	27	102	4
Всього		95	69	73	201	19

Так при загальній кількості зразків (457) другий клас склав 0,44 % . На частку третього класу припало 29,54 %. Четвертий клас зайняв 8,31 %. Та найбільший відсоток був у п'ятого класу – 61,71 %.

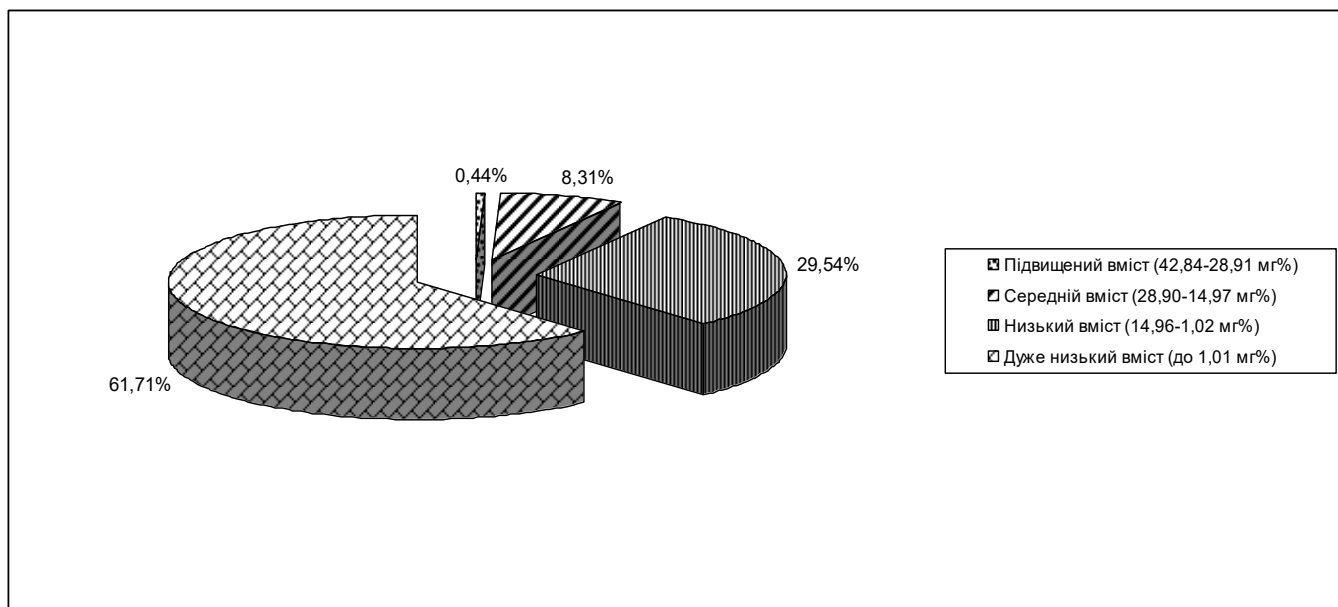


Рисунок 3.1 – Розподіл на класи за вмістом α токоферолу в інбредних-поколіннях (2014–2018 рр.)

Результати аналізу інбредних поколінь за вмістом β токоферолу забезпечили розподіл матеріалу на шість класів. В 2018 році (I_5) було виділено

зразок з максимальним вмістом β ізомеру – 57,34 мг%, що відповідає першому класу за класифікацією. Це склало 0,22 % від загальної кількості. Зразки, які можна було б віднести до другого класу (57,33–43,00 мг%) не було ідентифіковано за роки вивчення. Два зразки віднесено до третього класу (42,99–28,66 мг%), що склало 0,44 %. Дещо більшу кількість включає в себе четвертий клас (28,65–14,32 мг %) – 35 зразків, які займають 7,66 %. Чисельність п'ятого класу (14,31–0,004 мг%) є найбільшою – 375 зразків, це складає 82,06 %. До шостого класу (до 0,003 мг%) віднесено 44 зразки, тобто 9,63 % (табл. 3.4, рис. 3.2).

Серед чотирьох відомих ізомерів токоферолів найбільш виражену антиоксидантну активність має γ токоферол [72]. Тому перерозподіл частки ізомерів у бік його збільшення має велике практичне значення. Підвищений вміст саме цього ізомеру в насінні соняшнику, за дослідженнями російських та іспанських вчених у десятки разів підвищує стійкість олії до окислення [145]. Це дає змогу використовувати її в різних галузях промисловості без застосування синтетичних антиоксидантів, що є економічно вигідним та екологічно безпечним для навколишнього середовища.

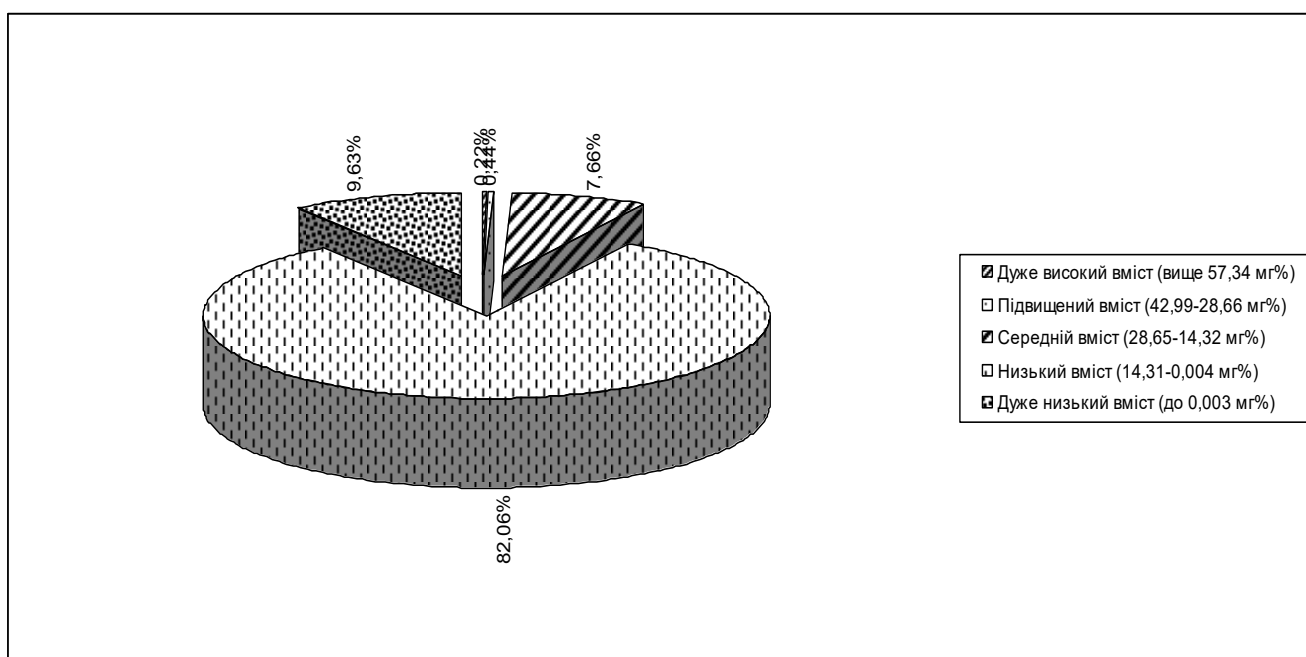


Рисунок 3.2 – Розподіл на класи за вмістом β токоферолу в інбредних поколіннях (2014–2018 рр.)

Вміст γ токоферолу розподілено на п'ять класів, які включають в себе другий (34,57–25,93 мг%), третій (25,92–17,28 мг%), четвертий (17,27–8,63 мг%), п'ятий (8,62–0,004 мг%) та шостий класи (до 0,003 мг%).

Три зразки, які склали 0,65 % віднесено до другого класу. Третій клас склав 5,25 %, тобто 24 зразки. Кількість четвертого класу – 59 зразків, що зайняло 12,91 %. Найчисельніший був п'ятий клас – 262 зразки, який зайняв більшу половину від загальної кількості – 57,33 %. Майже в половину менший був шостий клас – 107 зразків, тобто 23,41 % (рис. 3.3).

Високий вміст δ токоферолу в насінні та в олії соняшнику має своє практичне використання в технічній та лакофарбовій промисловості. За дослідженнями зарубіжних учених цей ізомер має високу антиоксидантну активність та його біологічна активність досить низька. Тому сфера використання продукції з підвищеним вмістом δ ізомеру обмежена його властивостями, але може широко використовуватись як змащувальний матеріал для деталей верстатів, двигунів, як біодизельне паливо та ін. [180].

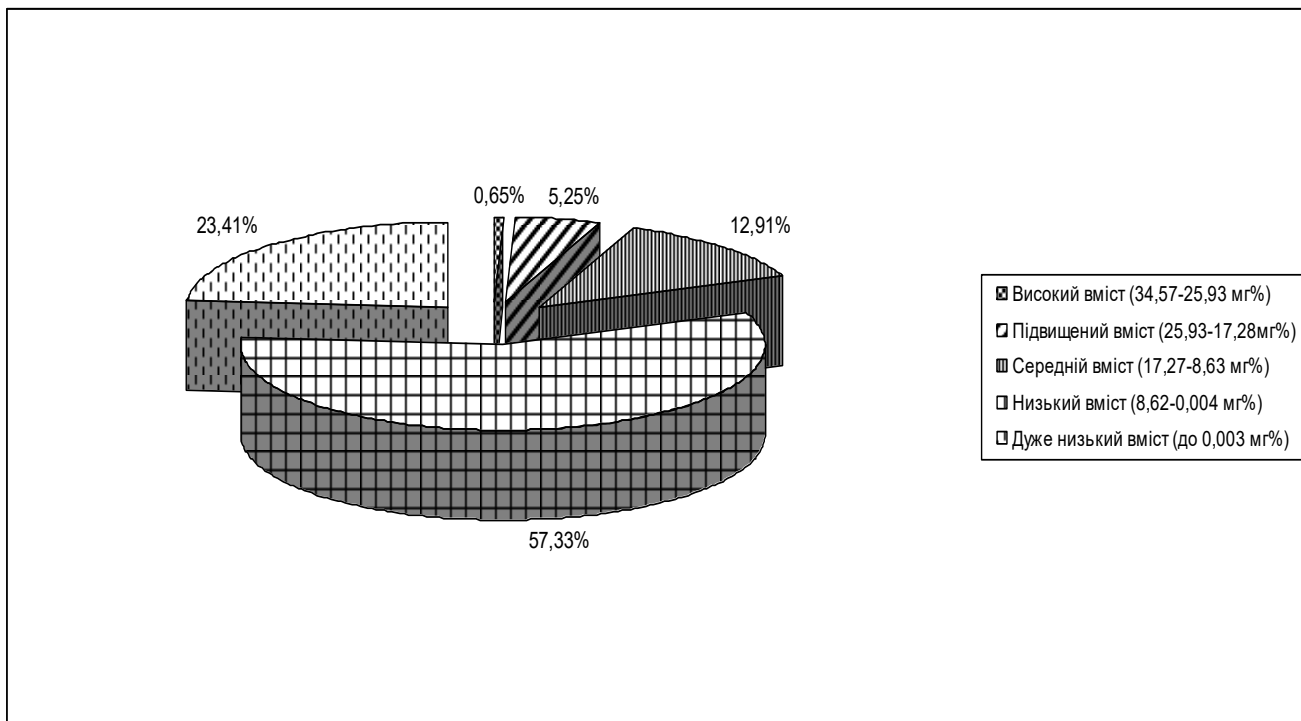


Рисунок 3.3 – Розподіл на класи за вмістом γ токоферолу в інбредних поколіннях (2014–2018 рр.)

Дослідження інцухт-поколінь на вміст δ токоферолу дозволило виявити широке варіювання даної ознаки, яка включає всі шість класів у різному відсотковому співвідношенні.

Серед проаналізованого матеріалу до першого класу (вище 17,15 мг%) з максимальним проявом ознаки віднесено один зразок, що склало 0,22 %. П'ять зразків характеризувались значенням ознаки, що відповідала другому класу (17,14–12,86 мг%), тобто 1,09 %. Четвертий клас зайняв 5,03 %, тобто 23 зразка. Кількість зразків у третьому класі (12,85–8,57 мг%) була 19, які зайняли 4,16 %. П'ятий (4,27–0,004 мг%) та шостий класи (до 0,003 мг%) були найбільш чисельними – 134 та 275 зразків, які займають 29,32 % та 60,18 % відповідно.

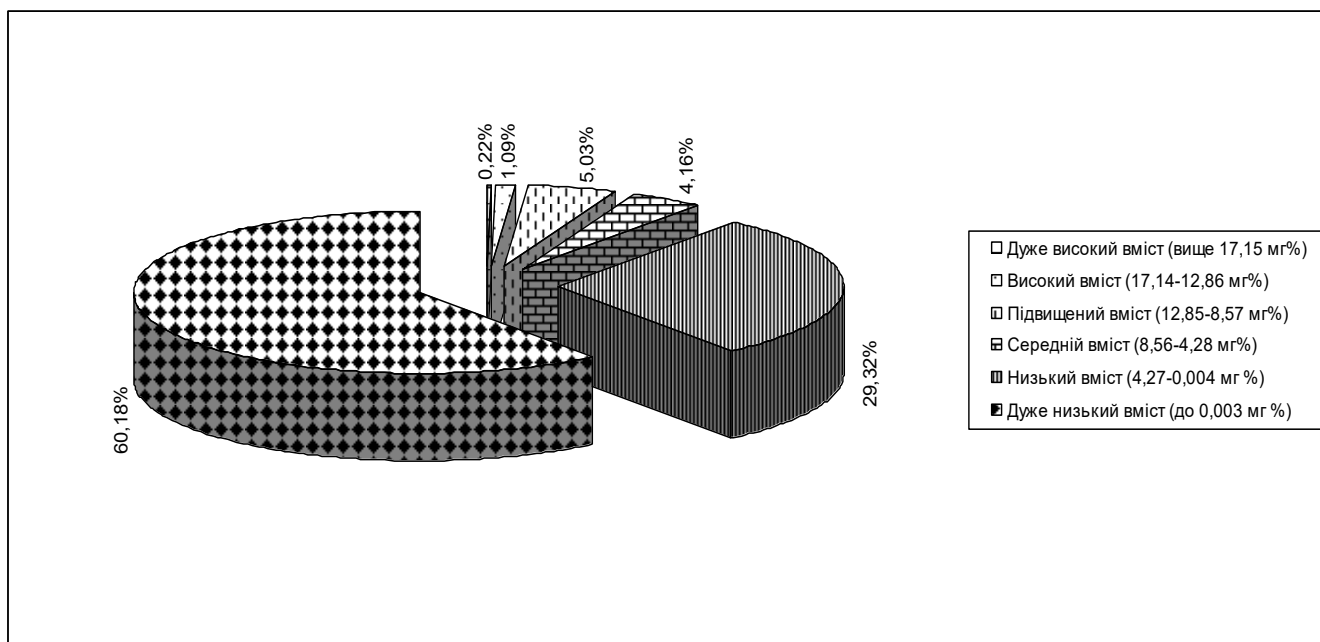


Рисунок 3.4 – Розподіл на класи за вмістом δ токоферолу в інбредних поколіннях (2014–2018 рр.).

Визначення показника суми (Σ) токоферолів має велике значення для селекції соняшнику на якість. Концентрація кожного з ізомерів визначається саме їх загальним вмістом. Тому в селекційних доборах слід враховувати не лише

перерозподіл ізомерів токоферолів у відсотковому співвідношенні а й їх загальний вміст.

За дослідженнями зарубіжних вчених у середньому загальний вміст ізомерів токоферолу становить близько 251 мг/кг. Такий вміст було ідентифіковано іспанськими вченими в лінії НА89. Найменший вміст, який був ними зафіксований складав 73 мг/кг у лінії IAST-522. Під час індивідуального добору в ряді самозапильних поколінь іспанським вченим вдалося ідентифікувати лінію з підвищеним загальним вмістом ізомерів токоферолів IAST-413 – 467 мг/кг [181, 182].

Результати досліджень російських вчених свідчать, що середній вміст ізомерів токоферолів в сортах соняшнику становив 38 мг%, межі варіювання ознаки склали від 18 мг% до 54 мг%. За їхніми даними спостерігалась негативна кореляція між вмістом олії в насінні та загальним вмістом ізомерів токоферолу [183].

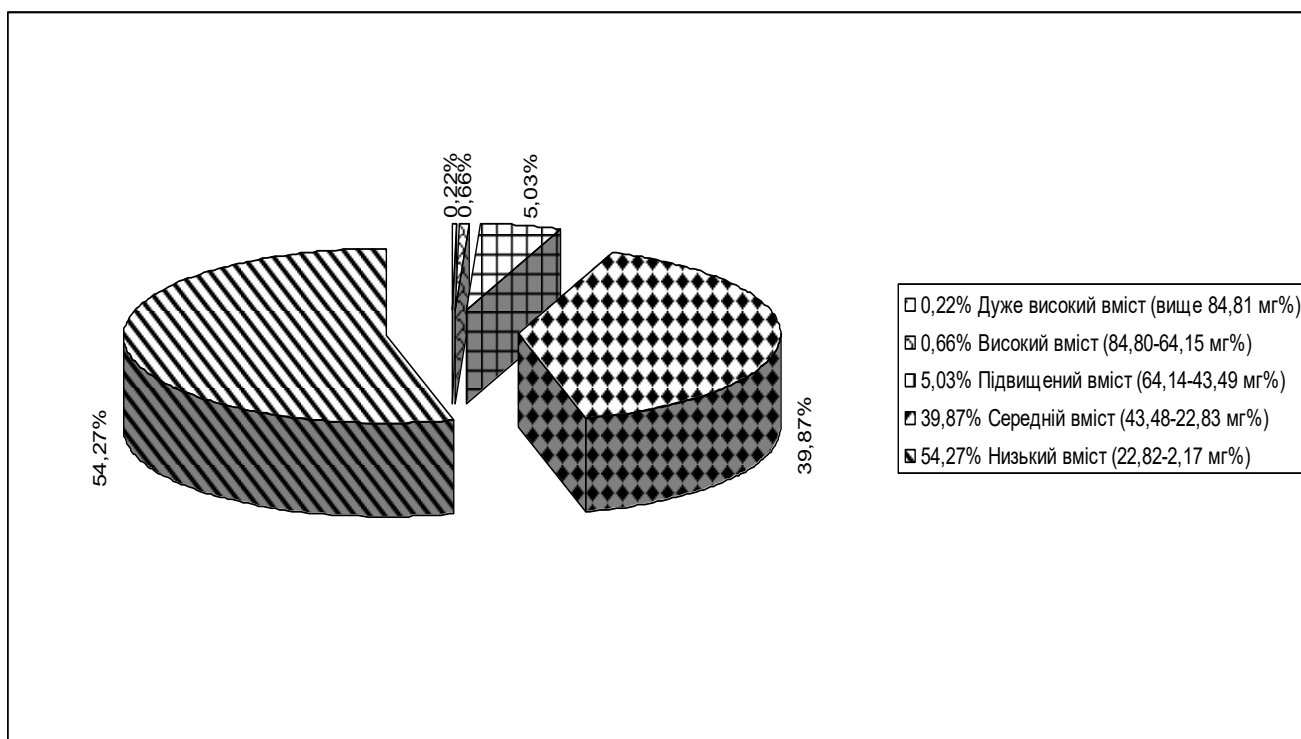


Рисунок 3.5 – Розподіл на класи за вмістом суми ізомерів токоферолу в інбредних поколіннях (2014–2018 рр.).

За результатами аналізу щодо вмісту суми всіх ізомерів токоферолів нами розподілено на п'ять класів.

До першого класу віднесено один зразок з максимальним проявом ознаки – 84,81 мг%, що склало 0,22 %. У другому класі виділено три зразки з межами варіювання від 84,80 мг% до 64,15 мг%, що склало 0,66 %. Третій клас (64,14 мг%–43,49 мг%) нараховує 23 зразка, які займають 5,03 %. Другим за чисельністю є четвертий клас (43,48 мг%–22,83 мг%), який нараховує 182 зразка, що складає 39,87 %, але найбільш чисельним виявився п'ятий клас – 248 зразків, що становить 54,27 % (рис. 3.5).

Широкі варіювання ознаки вмісту кожного окремого ізомеру токоферолів та їх суми в отриманому селекційному матеріалі забезпечує ефективність подальшої роботи в селекції соняшнику на якість.

Підвищений вміст β , γ та δ ізомерів дозволить створити соняшник нових напрямів використання та забезпечить виробництво продукції з покращеними властивостями, яка отримана за допомогою традиційних селекційно-генетичних методів.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, розподіл вмісту токоферолів та суми їх ізомерів у 1000 зразках соняшнику різного походження. Вміст α токоферолу розподілився від 56,79 мг% до 1,01 мг%, β токоферолу – від 57,34 мг% до 0,004 мг%, γ токоферолу – від 34,58 мг% до 0,004 мг%, δ токоферолу – від 17,15 мг% до 0,004 мг% та вміст суми ізомерів токоферолів – від 84,81 мг% до 2,16 мг%.

2. Вперше класифіковано селекційний матеріал за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумою на класи. Виділено шість класів з різними межами варіювання для окремої ознаки:

- 1) Дуже високий вміст;
- 2) Високий вміст;
- 3) Підвищений вміст;

- 4) Середній вміст;
- 5) Низький вміст;
- 6) Дуже низький вміст;

3. За вмістом α токоферолу зразки розподілено на третій (42,84 мг%–28,91 мг%) у кількості 38 зразків, четвертий (28,90 мг%–14,97 мг%) два зразки, п'ятий (14,96 мг%–1,02 мг%) - 135 та шостий (до 1,01 мг%) класи в кількості 282 зразки.

4. Результати аналізів на вміст β токоферолу дозволив розподілити зразки на перший клас (вище 57,34 мг%) – один зразок, третій (42,99 мг%–28,66 мг%) – 35 зразків, четвертий (28,65 мг%–14,32 мг%) – два зразки, п'ятий (14,31 мг%–0,004 мг%) – 375 зразків та шостий (до 0,003 мг%) класи – 44 зразки.

5. Вміст γ токоферолу розподілено на другий клас (34,58 мг%–25,93 мг%) – три зразки, третій клас (25,92 мг%–17,28 мг%) – 59 зразків, четвертий клас (17,27 мг%–8,63 мг%) – 24 зразка, п'ятий клас (8,62 мг%–0,004 мг%) – 262 зразка та шостий (до 0,003 мг%) – 107 зразків.

6. Зразки за вмістом δ токоферолу розподілено на всі шість класів. До першого (вище 17,15 мг%) віднесено один зразок, другого класу (17,14 мг%–12,86 мг%) – п'ять, 19 зразків віднесено до третього класу (12,85 мг%–8,57 мг%), до четвертого класу (8,56 мг%–4,28 мг%) – 23 зразки, п'ятого класу (4,27 мг%–0,004 мг%) – 134 та шостого класу (до 0,003 мг%) – 275.

7. Класифікація зразків за вмістом суми ізомерів токоферолів дозволила виявити п'ять класів. Максимальний вміст ознаки ідентифіковано в одному зразку, який віднесло до першого класу (вище 84,81 мг%). Три зразки віднесено до другого класу (84,80 мг%–64,15 мг%), до третього класу (64,14 мг%–43,49 мг%) – 23 зразки, до четвертого (43,48 мг%–22,83 мг%) – 182 зразки. Найчисельнішим виявився п'ятий клас (22,82 мг%–2,17 мг%) – 248 зразків, що свідчить про низький вміст суми ізомерів токоферолів.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА КОРИСНИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ ТА ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ

4.1 Характеристика ліній-мутантів соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів за морфологічними та цінними господарськими ознаками

Соняшник є традиційною культурою нашої країни, який має велике господарське значення та є основним джерелом рослинних олій в Україні. Соняшникова олія широко використовується в різних галузях промисловості, таких як харчова при виробленні різних хлібобулочних виробів та печива, фармацевтичній при створенні косметичних кремів та мазей, технічній, як мастильний матеріал, лакофарбовій, як основа. Вона багата на насичені та ненасичені жирні кислоти, має високий вміст жиророзчинного вітаміну Е, що і визначає її біологічну цінність в повсякденному харчуванні. Її здатність до засвоєння людським організмом складає 95–98 %. Також вона є високим енергетичним продуктом. Її цінність обумовлена перш за все присутністю в ній вітамінів, які є важливим елементом нормальної життєдіяльності людського організму. Окрім вітамін соняшникова олія багата на фосфоліпіди, макро- та мікроелементи. Ці характеристики свідчать про економічну доцільність вирощування цієї культури в Україні, яка може забезпечити будь-які вимоги споживача [184].

Однією з основних вимог до соняшnikової олії є її стійкість до окислення, яка визначається багатьма факторами. За дослідженнями закордонних вчених до цих факторів можна віднести зміну жирнокислотного складу в бік підвищення вмісту олеїнової кислоти. В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН вже майже 25 років успішно ведеться селекція по створенню гібридів з високим вмістом олеїнової кислоти. Як результат створено ряд гібридів з цінними господарськими ознаками та високою якістю продукції [185].

На ряду з цим одним із методів підвищення стійкості соняшникової олії до окислення є використання природних антиоксидантів, таких як токоферолі [175].

Для вирішення даної проблеми в 2013 році в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН розпочата робота з вивчення ліній соняшнику на вміст ізомерів токоферолу та створення нових ліній відновників фертильності пилку із зміненим їх вмістом за допомогою традиційних методів селекції. Для вирішення даного завдання, як вихідний матеріал використали лінії, отримані із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар) та лінії з робочої колекції лабораторії селекції і генетики соняшнику ІР НААН [186, 187].

Лінії зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів отримані із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (Vk-L-1, Vk-L-2, Vk-L-4, Vk-L-5, Vk-L-6, Vk-L-7, Vk-L-8) висівали на дослідних ділянках рядковим способом по дві насінини в кожен лунку (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Полюва схожість ліній-мутантів зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів отриманих із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар), 2013–2015 рр.

Назва лінії	Кількість висіяного насіння, шт.			Кількість отриманих рослин, шт.		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Vk-L-1	40	40	40	11	8	14
Vk-L-2	40	40	40	15	2	16
Vk-L-4	40	40	40	16	12	16
Vk-L-5	40	40	40	10	12	13
Vk-L-6	40	40	40	20	14	20
Vk-L-7	40	40	40	8	6	9
Vk-L-8	40	40	40	11	9	12

Лінії серії Vk-L характеризувалися ранніми строками цвітіння та низькою польовою схожістю насіння. В 2013 році отримано достатньо матеріалу для подальшої роботи. В 2014 році в зв'язку з сильним ураженням рослин соняшнику несправжньою борошнистою россою кількість отриманого матеріалу значно зменшилась. У 2015 році завдяки сприятливим умовам вирощування вдалося отримати достатню кількість насіння соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів.

На висіяних рослинах проведено біометричні заміри (табл. 4.2). Висота рослин, коливалась у межах від 62,53 до 118 см, діаметр кошика – від 12,00 до 18,47 см. Високорослими були лінії Vk-L-5 та Vk-L-6 всі інші лінії характеризувалися низькорослістю.

Таблиця 4.2

Середнє значення висоти рослин та діаметра кошика ліній-мутантів зі зміненим вмістом ізомерів токоферолу отриманих із ВНДЮК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар), 2013–2015 рр.

Назва лінії	Кількість рослин, шт.	Висота рослини, см	Діаметр кошика, см
Vk-L-1	5	62,53	12,00
Vk-L-2 (2013–2014 рр.)	5	68,00	14,50
Vk-L-4	5	71,07	12,80
Vk-L-5	5	90,13	16,80
Vk-L-6	5	118,00	18,47
Vk-L-7	5	65,47	13,87
Vk-L-8	5	87,53	17,07

Так, висота лінії Vk-L-1 становила 62,53 см при діаметрі кошика 12,00 см. Лінії серії Vk-L відносяться до низькорослих рослин з невеликим кошиком та насінням середніх розмірів (рис. 4.1, табл. 4.2).



Рисунок 4.1 – Лінія Vк-L-1.

Висота ліній Vк-L-2 та Vк-L-4 становила 68 см та 71,07 см при діаметрі кошика 14,50 см та 12,80 см відповідно (рис. 4.2, 4.3, табл. 4.2).



Рисунок 4.2 – Лінія Vк-L-2.



Рисунок 4.3 – Лінія Vк-L-4.

Середня висота ліній Vк-L-7 та Vк-L-8 – 65,47 см та 87,53 см при діаметрі кошика – 13,87 см та 17,07 см відповідно (рис. 4.4., 4.5, табл. 4.2).



Рисунок 4.4 – Лінія Vк-L-7.



Рисунок 4.5 – Лінія Vк-L-8.

Протягом 2013–2015 років проводили визначення продуктивності ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолу, які показали що вони є низькопродуктивними. Так, найвищий показник продуктивності – 37,99 г/рослину (Vк-L-2), дещо нижчий у ліній Vк-L-1 та Vк-L-8 – 25,45 г/рослину та 24,74 г/рослину. Найнижча продуктивність у ліній Vк-L-4 та Vк-L-7 – 19,08 г/рослину та 16,32 г/рослину (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

**Продуктивність ліній соняшнику, отриманих із ВНДЮК ім. В.С.
Пустовойта, 2013–2015 рр.**

Назва лінії	Продуктивність г/рослину
Vк-L-1	25,45
Vк-L-2	37,99
Vк-L-4	19,08
Vк-L-7	16,32
Vк-L-8	24,74
Середнє значення	24,72
НІР _{0,05}	1,62

Визначення стійкості ліній-мутантів у лабораторних умовах до несправжньої борошнистої роси показало, що матеріал не стійкий до збудника даної хвороби.

Насіння лінії Vк-L-1 у 2013 році було уражено на 75 %, у 2014 році – 80 %, у 2015 році – 66,7 %. Лінія Vк-L-2 в усі роки дослідження була уражена на 100 %. В 2013–2014 роках лінія Vк-L-4 була уражена на 80 %, а в 2015 році ураження склало 90 %. Лінія Vк-L-7 в 2013–2014 рр. уразилась на 100 %, у 2015 – на 80 %. У 2015 році ураженість лінії Vк-L-8 склала 50 %, в 2013–2014 рр. – 100 %. Такі дані свідчать про схильність цих ліній до ураження та різні умови вирощування в роки дослідження.

Таблиця 4.4

**Стійкість до несправжньої борошнистої роси ліній-мутантів соняшнику
зі зміненим вмістом ізомерів токоферолу отриманих із ВНДЮК
ім. В.С. Пустовойта, 2013–2015 рр.**

Назва лінії	Рік урожаю					
	2013		2014		2015	
	Загальна к-сть рослин, шт.	Кількість уражених рослин, шт.	Загальна к-сть рослин, шт.	Кількість уражених рослин, шт.	Загальна к-сть рослин, шт.	Кількість уражених рослин, шт.
Vк-L-1	4	3	10	8	9	6
Vк-L-2	4	4	5	5	6	6
Vк-L-4	10	8	10	8	10	9
Vк-L-7	2	2	7	7	10	8
Vк-L-8	4	4	3	3	8	4

4.2. Характеристика ліній-мутантів соняшнику та ліній IP НААН за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми

За літературними даними за біосинтез токоферолів у насінні соняшнику відповідають два незчеплених та неалельних гена Trh_1 та Trh_2 . Пізніше вченим

вдалося відкрити їх рецесивні алелі, поєднання яких у генотипі призводить до різного вмісту різних ізомерів токоферолів (табл. 3.3) [117].

При взаємодії двох домінантних генів Tph_1 та Tph_2 вміст α токоферолу буде становити близько 95 %, β – 3 % та γ – 2 %. Такий тип взаємодії генів присутній у звичайного соняшнику. Якщо в одному генотипі поєднати рецесивний ген tph_1 та домінантний ген Tph_2 , то їх взаємодія розподілить вміст токоферолів між α та β ізомерами у співвідношенні 1:1. Присутність в насінні соняшнику домінантного гена Tph_1 та рецесивного гена tph_2 у результаті дасть 95 % γ токоферолу. Рецесивна взаємодія двох генів tph_1 та tph_2 в результаті дасть 84 % γ токоферолу та викличе появу четвертого ізомера δ на рівні 8 %.

Таблиця 4.5

Взаємодія генів, які впливають на синтез різних форм токоферолів

[188]

№ типу взаємодії генів	Гени, які взаємодіють	Токоферолі, % від суми			
		α	β	γ	δ
1	$Tph_1Tph_1 Tph_2Tph_2$	95	3	2	0
2	$tph_1tph_1 Tph_2Tph_2$	50	50	0	0
3	$Tph_1Tph_1 tph_2tph_2$	0	0	95	0
4	$tph_1tph_1 tph_2tph_2$	8	0	84	8

Виходячи з цього можна зробити висновок до якого типу взаємодії генів, які впливають на синтез ізомерів токоферолів відносяться лінії-мутанти отримані із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар).

Отримане насіння ліній Vк-L визначали на вміст ізомерів токоферолів в лабораторії генетики, біотехнології та якості ІР НААН (табл. 4.6). За результатами аналізу лінія Vк-L-1 є цінним джерелом γ токоферолу, вміст якого – 6,10 мг%, та δ токоферолу – 13,30 мг%, що становить майже 25 % та 54 % від загальної суми ізомерів, яка складає 24,37 мг%. Частка α токоферолу – 3,21 мг% і β токоферолу –

1,75 мг%, тобто майже 15 % та 8 % від загального вмісту. При чому лінія Vк-L-1 має мінімальний вміст α токоферолу.

Лінія Vк-L-2, при сумі ізомерів токоферолів 27,32 мг%, має в своєму складі α токоферолу - 20,68 мг%, що складає майже 76 % від частки інших ізомерів, 0,87 мг % β токоферолу, що становить майже 4 %, вміст γ токоферолу 3,54 мг%, тобто майже 13 %, на частку δ токоферолу припадає майже 8 %, тобто 2,24 мг%.

Максимальний вміст ізомерів токоферолів у лінії Vк-L-4 – 32,47 мг%, при цьому вміст β токоферолу – 15 мг% це майже 47 % від загального вмісту і є максимальним значенням серед ліній серії Vк-L. Частка α токоферолу майже 53 %, тобто 16, 91 мг%, γ токоферолу близько 1 % (0,40 мг%) та δ токоферолу менше 1 % (0,15 мг%).

Лінії Vк-L-5 та Vк-L-6 типові представники соняшнику звичайного типу з високим вмістом α токоферолу (90–99 %). У лінії Vк-L-5 при загальній сумі ізомерів токоферолів 27,65 на долю α токоферолу припадає близько 96 % (26,39 мг%), в свою чергу в Vк-L-6 частка α токоферолу близько 97 % (17,78 мг%), при чому загальний вміст ізомерів є найменшим серед проаналізованих ліній – 18,34 мг%.

Лінія Vк-L-7 є цінним джерелом β токоферолу – 11,57 мг% при загальній сумі ізомерів 22,54 мг%, що складає майже 51 %. Вміст α токоферолу становить 10,20 мг%, або майже 46 %. Досить низький рівень γ та δ токоферолу (0,13 мг% та 0,65 мг%), що становить менше 1 % та 3,32 % відповідно.

Загальний вміст ізомерів токоферолів у лінії Vк-L-8 – 19,55 мг%, з яких α токоферолу – 10,67 мг%, або майже 55 %, β токоферолу – 8,51 мг%, тобто близько 44 %, γ токоферолу – 0,09 мг%, що складає менше 1 % та δ токоферолу – 0,28 мг%, тобто майже 2 %.

Таким чином отриманий вихідний матеріал відноситься до 1, 2 і 4 типу взаємодії генів, що відповідають за синтез ізомерів токоферолів. Так лінії Vк-L-2, Vк-L-5 та Vк-L-6 відносяться до 1 типу, що характеризується високим вмістом α токоферолу. Лінії Vк-L-4, Vк-L-7 та Vк-L-8 мають в своєму складі вміст α та β

токоферолу близько 50 % кожного, що відносить їх до 2 типу взаємодії генів. За вмістом γ та δ токоферолу лінію V_k-L-1 можна віднести до 4 типу взаємодії генів.

Таблиця 4.6

**Вміст ізомерів токоферолів у насінні соняшнику ліній, отриманих із
ВНДЮК ім. В.С. Пустовойта, 2013–2015 рр.**

Назва лінії	Токоферолі, мг%								Σ токоферолів, мг%
	α -Т		β -Т		γ -Т		δ -Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
V _k -L-1	3,21	14,60	1,75	7,61	6,10	24,51	13,30	53,27	24,37
V _k -L-2	20,68	75,82	0,87	3,18	3,54	12,95	2,24	8,06	27,32
V _k -L-4	16,91	52,35	15,00	46,17	0,40	1,04	0,15	0,44	32,47
V _k -L-5	26,39	96,03	1,05	3,31	0,14	0,46	0,07	0,22	27,65
V _k -L-6	17,78	97,03	0,28	1,49	0,28	1,49	0,003	0,01	18,34
V _k -L-7	10,20	45,38	11,57	50,67	0,13	0,63	0,65	3,32	22,54
V _k -L-8	10,67	54,71	8,51	43,22	0,09	0,53	0,28	1,55	19,55
середнє	15,12	62,27	5,57	22,24	1,52	5,94	2,38	9,55	24,60
НІР _{0,05}	7,77	15,70	5,19	10,55	2,30	7,40	4,65	13,48	10,94
мін.	3,21	14,60	0,28	1,49	0,09	0,46	0,003	0,01	18,34
макс.	26,39	97,03	15,00	50,67	6,10	24,51	13,30	53,27	32,47
похибка	2,50	5,04	1,67	3,39	0,74	2,38	1,49	4,33	3,51

Вивчення ліній із зміненим вмістом ізомерів токоферолів свідчить, про високий вплив їх суми на прояв ознаки. У межах однієї лінії відсоток окремого ізомеру може бути високим але концентрація його у порівнянні з іншими низькою.

Сума ізомерів токоферолів ліній серії V_k-L коливалась у межах від 18,34 до 32,47 мг% (рис. 4.6). Найбільший вміст ізомерів токоферолів у ліній V_k-L-2, V_k-L-4, V_k-L-5 – 27,32 мг%, 32,47 мг%, 27,65 мг% відповідно. Дещо менший вміст у ліній V_k-L-1 та V_k-L-7 – 24,37 мг % та 22,54 мг % відповідно. Та найменша сума

токоферолів у ліній V_k-L-6 та V_k-L-8 – 18,34 мг% та 19,55 мг% відповідно (рис. 4.6).

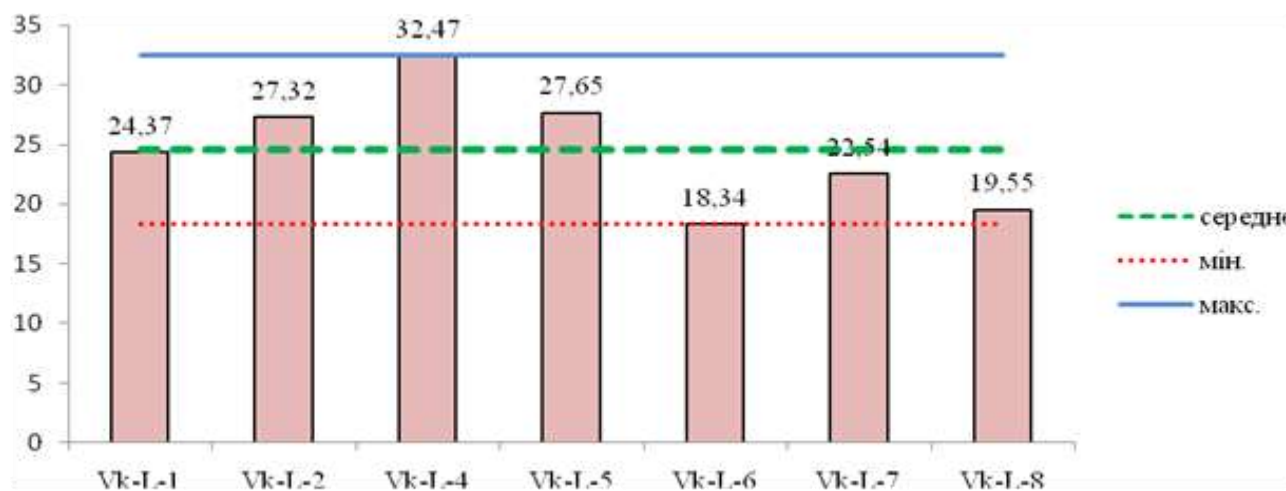


Рисунок 4.6 – Сума ізомерів токоферолів ліній-мутантів із зміненим вмістом ізомерів токоферолів, мг%.

При створенні ліній із зміненим вмістом ізомерів токоферолів батьківським компонентом гібридів були лінії селекції лабораторії соняшнику IP. Визначення вмісту ізомерів токоферолів у насінні показав, що всі вони відносяться до 1 типу взаємодії генів, які контролюють синтез токоферолів. Тобто всі вони мають підвищений вміст α токоферолу [189].

Найвищий вміст α токоферолу у трьох ліній X1334В, X720В та X279В – 21,70 мг%, 28,75 мг% та 10,06 мг%, що становить 98 %, 97 % та 96 % від загального вмісту ізомерів. Дещо нижчий також у трьох ліній X135В, X134В та X736В – 14,31 мг% (майже 95 % від Σ), 26,70 мг% (майже 94 % від Σ) та 13,45 мг% (майже 75 % від Σ). Мінімальний вміст у однієї лінії X114В – 8,90 мг%, що складає майже 88 % від суми ізомерів.

Максимальний вміст β токоферолу в однієї лінії X736 В – 6,31 мг% (майже 18 %). У двох ліній X134В та X135В – 1,14 мг% та 0,97 мг% (3,99 % та 4,23 %). Рівень β токоферолу у двох ліній X114В та X720В становить 0,58 мг% та 0,61 мг%. Найнижчий вміст у двох ліній X279В та X1334В – 0,27 мг% та 0,28 мг%.

Рівень γ токоферолу у ліній IP НААН варіював у межах від 1,61 до 0,18. Так максимальне значення в однієї лінії X736B – майже 7 %. Майже в половину менше також у однієї лінії X134B – 0,58 мг%, тобто 2,12 % від загального вмісту ізомерів. Майже на одному рівні знаходяться п'ять ліній X135B, X1334B, X279B, X114B і X720B – 0,18 мг%, 0,18 мг%, 0,20 мг%, 0,26 мг% і 0,29 мг%.

Три лінії X736B, X114B та X134B мали найбільший вміст δ токоферолу – 0,31 мг%, 0,19 мг% та 0,14 мг%. В інших лініях він коливався в межах від 0 до 0,08 мг% (табл. 4.7)

Таблиця 4.7

Вміст ізомерів токоферолів у насінні соняшнику ліній IP НААН, 2013–2015 рр.

Назва лінії	Токоферолі, мг%								Σ токоферолів, мг%
	α -Т		β -Т		γ -Т		δ -Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
X114B	8,90	87,85	0,58	6,34	0,26	3,13	0,19	2,66	9,94
X1334B	21,70	98,01	0,28	0,97	0,18	0,75	0,08	0,26	22,24
X134B	26,70	93,47	1,14	3,99	0,53	2,12	0,14	0,41	28,52
X135B	14,31	94,31	0,97	4,23	0,18	1,01	0,05	0,43	15,05
X720B	28,75	97,02	0,61	1,93	0,29	0,80	0,09	0,25	29,74
X279B	10,06	96,27	0,27	2,12	0,20	1,59	0,00	0,00	10,54
X736B	13,45	74,96	6,15	17,31	1,61	6,57	0,31	1,15	18,47
середнє	17,70	91,70	1,43	5,27	0,46	2,28	0,12	0,74	19,22
НІР _{0,05}	10,41	13,12	1,93	8,05	0,70	5,45	0,34	3,25	11,12
мін.	8,90	74,96	0,27	0,97	0,18	0,75	0,00	0,00	9,94
макс.	28,75	98,01	6,15	17,31	1,61	6,57	0,31	2,66	29,74
похибка	3,43	4,33	0,64	2,65	0,23	1,80	0,11	1,07	3,67

Значення суми вмісту ізомерів токоферолів у насінні соняшнику ліній IP НААН коливається в межах від 29,74 мг% до 9,94 мг%. Дуже низький загальний

вміст ізомерів токоферолів у двох ліній X114В та X279В – 9,94 мг% та 10,54 мг% відповідно. Ще у двох ліній X736В та X135В сума токоферолів становить – 18,47 мг% та 15,05 мг% відповідно. Та найвищий вміст у трьох ліній X1334В, X134В та X720В – 22,24 мг%, 28,52 мг% та 29,74 мг% (рис. 4.7).

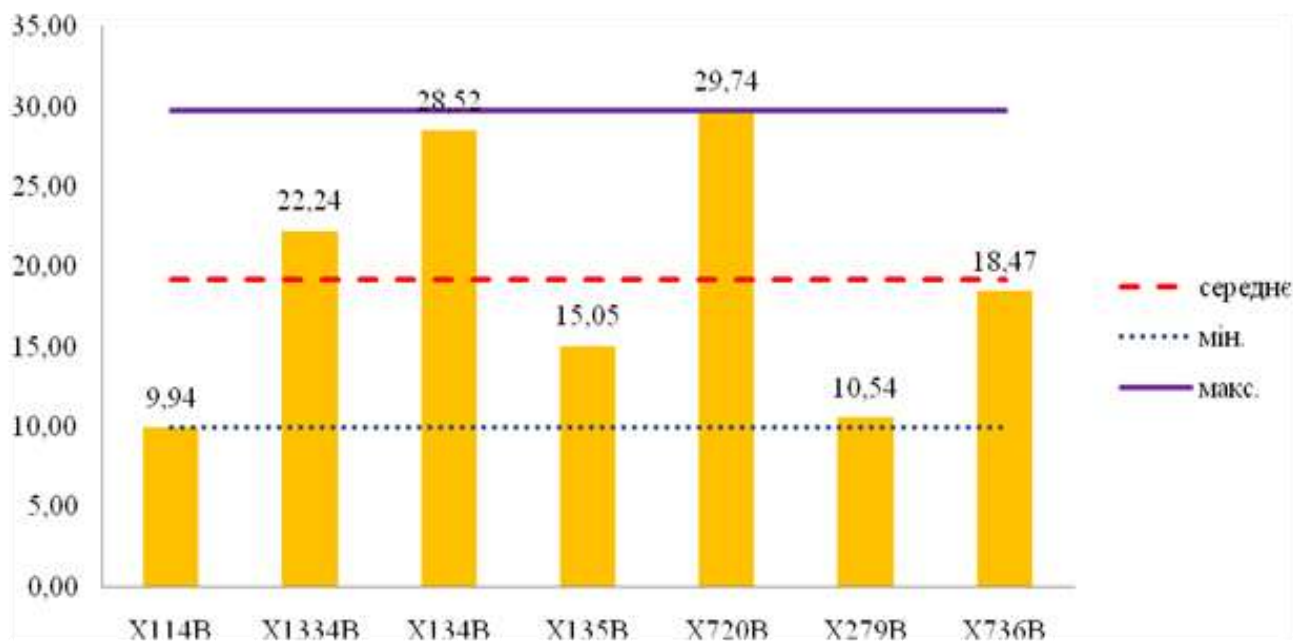


Рисунок 4.7 – Вміст суми ізомерів токоферолів у лініях ІР НААН, мг%

4.3 Характеристика ліній-мутантів соняшнику за якісними показниками насіння

Одним із основних напрямів використання соняшнику є отримання високоякісної олії різного призначення. За даними українських та закордонних учених вміст олії в насінні знаходиться на рівні від 27 % до 64 % і залежить як від генетичного потенціалу сорту, так і від кліматичних факторів [190].

Визначення вмісту олії в насінні соняшнику показали, що найвищий вміст у однієї лінії Vк-L-7 – 32,87 %, а чотири лінії Vк-L-1, Vк-L-2, Vк-L-4, Vк-L-8 характеризувалися приблизно однаковим вмістом – 29,60 %, 29,06 %, 29,07 %, 29,55 % відповідно (табл. 4.8). Такі дані свідчать про те, що ці лінії не є цінним джерелом за ознакою рівня вмісту олії в насінні.

**Вміст олії в насінні соняшнику ліній, отриманих із ВНДІОК ім. В.С.
Пустовойта, 2013–2015 рр.**

Назва лінії	Вміст олії, %
Vk-L-1	29,60
Vk-L-2	29,06
Vk-L-4	29,07
Vk-L-7	32,87
Vk-L-8	29,55
Середнє значення	30,03
HP _{0,05}	9,37
Похибка середнього значення	2,97
Мінімум	29,06
Максимум	32,87

Важливою характеристикою соняшnikової олії є її жирнокислотний склад, який представлений в основному ненасиченими жирними кислотами. Ці кислоти є незамінними і потрапляють в організм людини лише з їжею. Та в силу хімічної природи вони легко піддаються окисленню при зберіганні або дії на них високих температур, наприклад, під час жаріння, що в свою чергу веде до утворення токсичних речовин, які шкідливі для людського організму [185].

Проведені дослідження направлені на зміну жирнокислотного складу дали змогу отримати соняшnikову олію з підвищеним вмістом олеїнової кислоти, яка є більш стійкою до окислення ніж лінолева. Високий вміст олеїнової кислоти контролюється одним доміантним геном Ol, і як було сказано вище, цей ген не є зчепленим з генами, які контролюють синтез токоферолів у насінні соняшника. Тому поєднання в одному генотипі підвищеного вмісту олеїнової кислоти з підвищеним вмістом потрібного токоферолу дасть можливість отримати більш стійку до окислення олію [140, 141].

Аналіз жирнокислотного складу ліній соняшника серії Vk-L дозволив виявити дві що лінії Vk-L-4 та Vk-L-8, які мали в своєму складі підвищений вміст олеїнової кислоти (83,30 % та 86,79 %). Та одну лінію Vk-L-2 з вмістом олеїнової

кислоти – 41,62 %, лінолевої – 46,96 %. Решта ліній (VK-L-1, VK-L-5, VK-L-6, VK-L-7) мали приблизно однаковий рівень олеїнової кислоти (30,60 %, 34,73 %, 30,12 %, 34,16 %) відповідно (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

**Жирнокислотний склад ліній соняшнику, отриманих із ВНДЮК ім.
В.С. Пустовойта, 2013 рік, %**

Назва лінії	Кислота								
	Пальмітинова	Пальміт-олеїнова	Стеаринова	Олеїнова	Лінолева	Ліноленова	Ейкозанова (Арахінова)	Ейкозенова	Бегенова
VK-L-1	6,24	0,33	4,20	30,60	57,42	0,46	0,18	0,21	0,34
VK-L-2	5,15	0,19	4,80	41,62	46,96	0,36	0,17	0,25	0,46
VK-L-4	3,81	0,18	3,86	83,30	6,94	0,28	0,35	0,60	0,54
VK-L-5	5,75	0,48	6,38	34,73	51,47	0,41	0,19	0,27	0,36
VK-L-6	7,40	0,39	5,89	30,12	55,01	0,34	0,17	0,21	0,46
VK-L-7	5,73	0,36	5,54	34,16	52,91	0,36	0,19	0,25	0,48
VK-L-8	3,25	0,08	3,46	86,79	4,61	0,33	0,32	0,58	0,57
Мін.	3,25	0,08	3,46	30,12	4,61	0,28	0,17	0,21	0,34
Середнє значення	5,33	0,28	4,87	48,76	39,33	0,36	0,22	0,33	0,45
Макс.	7,40	0,48	6,38	86,79	57,42	0,46	0,35	0,60	0,57
HP _{0,05}	1,27	0,13	0,98	22,43	20,70	0,05	0,07	0,15	0,08

Високий вміст білка в насінні соняшнику залежить від багатьох факторів, а саме від погодних умов, тривалості періоду вегетації, ґрунтів, агротехнологічних умов вирощування і найголовніше особливостей генотипу. В сучасних гібридах

вміст білка коливається в межах від 16 % до 32 %, у деяких випадках і більше [191].

Високий вміст білка має важливе значення як для самого ядра соняшнику, так і для вегетативної частини рослини, яку широко використовують у тваринництві для вироблення кормів. Важливе значення цей показник має для кондитерських гібридів соняшнику, однією з основних характеристик якого є його смакові якості, які в першу чергу залежать від стійкості олії до окислення, що веде за собою появу гіркового смаку.

Визначення вмісту білка в насінні соняшнику ліній серії V_k-L дозволив виявити відмінності між ними. Так найвищим рівнем білка характеризувалась лінія V_k-L-8 – 28,39 %, майже на рівні з нею у лінія V_k-L-7 – 27,06 % та лінія V_k-L-2 (26,14 %). У ліній V_k-L-1 та V_k-L-4 найнижчий вміст білка (23,30 % та 20,88 %), табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Вміст білка в насінні соняшнику ліній, отриманих із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта, 2013–2015 рр.

Назва лінії	Вміст білка, %
V _k -L-1	23,30
V _k -L-2	26,14
V _k -L-4	20,88
V _k -L-7	27,06
V _k -L-8	28,39
Середнє значення	25,15
НІР _{0,05}	2,39
Похибка середнього значення	0,76
Мінімум	20,88
Максимум	28,39

Визначення цінних господарських та якісних ознак насіння соняшнику ліній-мутантів із зміненним вмістом ізомерів токоферолу показало, що даний матеріал є не стійким до вирощування в умовах східної частини Лісостепу України, характеризується низькою продуктивністю, низьким вмістом олії,

зниженим вмістом білка. Але поряд з цим серед вивченого матеріалу можна виділити лінії з підвищеним вмістом олеїнової кислоти і, найголовніше, високим вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолів, що дає змогу створити лінії відновники фертильності пилку, пристосовані до умов вирощування східної частини Лісостепу України у поєднанні з цінними якісними ознаками. Досягнення максимальних результатів за даними ознаками у вихідному матеріалі дозволить отримати в подальшому високоврожайні гібриди соняшнику нового напрямку використання.

Висновки до розділу 4

1. Вивчення ліній із зміненим вмістом ізомерів токоферолу показало низьку польову схожість насіння та не пристосованість до умов вирощування в зоні східної частини Лісостепу України.

2. За висотою рослин лінії серії V_k-L відносились до низькорослих (від 62,53 см до 87,53 см), окрім V_k-L-5, висота якої становила 90 см та V_k-L-6 – 118 см. Діаметр кошика варіював у межах від 12 до 18,47 см

3. Продуктивність ліній мутантів коливалась у межах від 16,32 до 37,99 г/рослину. Визначення стійкості до несправжньої борошнистої роси в лабораторних умовах дозволило виявити сприйнятливість з високим відсотком ураження: V_k-L-1 – 73,9 %, V_k-L-2 – 100 %, V_k-L-4 – 83,3 %, V_k-L-7 – 93,3 %, V_k-L-8 – 83,3 % в середньому за роки досліджень (2013–2015 рр.)

4. Аналіз ізомерів токоферолу насіння ліній-мутантів соняшнику показав високий вміст γ (25 %) та δ (54 %) ізомерів токоферолу у лінії V_k-L-1. У лінії V_k-L-2 частка γ ізомера становила 13 %, δ – 8 %. Співвідношення α та β ізомерів токоферолів у лінії V_k-L-4 складало майже 1:1 (α – 53 %, β – 47 %). Лінії V_k-L-5 та V_k-L-6 за вмістом α токоферолу (96 % та 97 %) можна віднести до звичайного типу соняшнику. Вміст α токоферолу у ліній V_k-L-7 та V_k-L-8 – 46 % та 55 %, β – 51 % та 54 %. Сума ізомерів токоферолів у ліній серії V_k-L коливається в межах від 18,34 мг% до 32,47 мг%.

5. Для ліній IP НААН характерно високий вміст α -токоферолу – від 74,96 % до 98,01 %. Вміст інших ізомерів токоферолу був на досить низькому рівні: β – від 0,97 % до 17,31 %, γ – від 0,75 % до 6,57 % та δ – від 0 % до 2,66 %. Значення суми ізомерів токоферолів варіювало в межах від 9,94 мг% до 29,74 мг%.

6. При визначенні вмісту олії в насінні ліній-мутантів соняшнику встановлено максимальний показник – 32,87 % (Vk-L-7), мінімальний показник – 29,06 % (Vk-L-2). Аналіз вмісту білка показав найбільшу кількість у лінії Vk-L-8 – 28,39 %, найменший вміст білка був у лінії Vk-L-4 – 20,88 %.

7. За результатами аналізу жирнокислотного складу виділено дві лінії з підвищеним вмістом олеїнової кислоти - Vk-L-4 (83,30 %) та Vk-L-8 (86,79 %).

РОЗДІЛ 5

УСПАДКУВАННЯ ВМІСТУ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ ТА ЇХ СУМИ В НАСІННІ СОНЯШНИКУ

5.1 Характер успадкування і ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми в F₁ гібридах

Селекція соняшнику на якість перш за все пов'язана з жирнокислотним складом олії та вмістом ізомерів токоферолів в насінні. Для успішного створення соняшнику з новими якісними показниками, а саме зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів необхідне всебічне вивчення даного питання, одним із основних аспектів якого є характер успадкування ознаки.

Вперше вивченням ознаки вмісту ізомерів токоферолів займалися Я.М. Демурін, Т.М. Перетягіна, С.Г. Єфименко [121, 122], які досліджували характер успадкування в гібридних схрещуваннях першого покоління F₁ гібридів. За результатами досліджень при схрещуванні звичайного соняшнику з α -токоферольним фенотипом із сублініями з підвищеним вмістом γ ізомеру токоферолу все насіння гібридного покоління F₁ мали нормальний фенотип, тобто високий вміст α , що свідчить про рецесивний характер обох мутацій [192]. Алельна взаємодія генів, які відповідають за синтез токоферолів у соняшнику відбувається за типом неповного домінування. Окрім генетичного контролю на вміст ізомерів токоферолів впливають умови зберігання насіння [117].

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН протягом 2014–2015 років досліджень в лабораторії генетики, біотехнології і якості між лініями IP НААН робочої колекції лабораторії селекції і генетики соняшнику та мутантними лініями з підвищеним вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолу проведено схрещування на фертильній основі (з застосуванням ручної кастрації) для вивчення успадкування вмісту ізомерів токоферолів. Схема схрещування наведена в табл. 5.1.

Згідно схеми, проведено схрещування між лініями з високим вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолів, які виступали як материнський компонент, та лініями з високим вмістом α ізомеру токоферолу. Тип взаємодії генів наведений в розділі 4.

Таблиця 5.1

Схема схрещування ліній соняшнику, 2013 р.

Гібридна комбінація	Тип взаємодії генів	Гени, які взаємодіють
Vk-L-4 / X135B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-4 / X720B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-4 / X114B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-7 / X1334B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-1 / X135B	4 / 1	tph ₁ tph ₁ tph ₂ tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-8 / X114B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-1 / X114B	2 / 1	tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Vk-L-5 / X720B	1 / 1	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂

Розрахунки ступеня фенотипового домінування в гібридних комбінаціях за вмістом токоферолів та їх сумарної кількості наведено у таблиці 5.2 [193].

За результатами розрахунків гетерозис (наддомінування) за вмістом токоферолів та їх сумарної кількості в насінні соняшнику виявлено в 17 гібридних комбінаціях F₁, зокрема: Vk-L-4 / X720B (hр α = 5,74), (hр γ = 12,4), (hр δ = 242) і

($hp\Sigma = 109,9$); $Vk-L-8 / X114B$ ($hp\gamma = 36,08$); $Vk-L-4 / X114B$ ($hp\alpha = 32,18$); $Vk-L-7 / X1334B$ ($hp\gamma = 28,85$); $Vk-L-4 / X135B$ ($hp\delta = 21,81$); $Vk-L-8 / X114B$ ($hp\alpha = 15,47$); $Vk-L-4 / X114B$ ($hp\delta = 14,86$); $Vk-L-7 / X1334B$ ($hp\delta = 12,44$); $Vk-L-1 / X135B$ ($hp\beta = 9,89$); $Vk-L-4 / X135B$ ($hp\gamma = 7,69$); $Vk-L-1 / X114B$ ($hp\alpha = 6,21$); $Vk-L-7 / X1334B$ ($hp\Sigma = 4,98$); $Vk-L-1 / X114B$ ($hp\Sigma = 3,31$); $Vk-L-8 / X114B$ ($hp\Sigma = 2,94$); $Vk-L-4 / X114B$ ($hp\Sigma = 2,88$); $Vk-L-4 / X114B$ ($hp\gamma = 2,65$); $Vk-L-1 / X114B$ ($hp\beta = 1,62$); $Vk-L-7 / X1334B$ ($hp\alpha = 1,6$); $Vk-L-7 / X1334B$ ($hp\alpha = 1,52$).

Таблиця 5.2

Успадкування вмісту ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні гібридного покоління F_1 соняшнику

№ п/п	Батьківський компонент	Гібридна комбінація (F_1)	Ступінь фенотипового домінування, hp				
			α	β	γ	δ	Σ
1	♀	VK-L-4					
	♂	X135B					
	F_1	$Vk-L-4 / X135B$	-0,74	-0,31	7,69	21,81	-0,79
2	♀	VK-L-4					
	♂	X720B					
	F_1	$Vk-L-4 / X720B$	5,74	-0,45	12,4	242	109,91
3	♀	VK-L-4					
	♂	X114B					
	F_1	$Vk-L-4 / X114B$	32,18	-0,08	2,65	14,86	2,88
4	♀	VK-L-7					
	♂	X1334B					
	F_1	$Vk-L-7 / X1334B$	1,52	-0,72	28,85	12,44	4,98
5	♀	VK-L-1					
	♂	X135B					
	F_1	$Vk-L-1 / X135B$	-0,72	9,89	0,10	-0,65	-0,85
6	♀	VK-L-8					
	♂	X114B					
	F_1	$Vk-L-8 / X114B$	15,47	-0,28	36,08	0,0	2,94
7	♀	VK-L-1					
	♂	X114B					
	F_1	$Vk-L-1 / X114B$	6,21	1,62	-0,79	-0,85	3,31

Проміжне успадкування за вмістом β токоферолу в насінні соняшнику виявлено в трьох гібридних комбінаціях (F_1): Vк-L-4 / X114В ($h\rho\beta = -0,08$); Vк-L-8 / X114В ($h\rho\beta = -0,28$); Vк-L-4 / X135В ($h\rho\beta = -0,31$).

Часткове від'ємне успадкування за вмістом токоферолів та їх сумарної кількості в насінні соняшнику виявлено в шести гібридних комбінаціях F_1 : Vк-L-1 / X135В ($h\rho\delta = -0,65$); Vк-L-1 / X135В ($h\rho\alpha = -0,72$); Vк-L-7 / X1334В ($h\rho\beta = -0,72$); Vк-L-1 / X114В ($h\rho\gamma = -0,79$); Vк-L-4 / X135В ($h\rho\Sigma = -0,79$); Vк-L-1 / X114В ($h\rho\delta = -0,85$); Vк-L-1 / X135В ($h\rho\Sigma = -0,85$).

І лише в одній гібридній комбінації F_1 Vк-L-7 / X1334В виявлена депресія: $h\rho\alpha = -1,07$ та $h\rho\delta = -3,29$.

Розрахунки ступеня істинного гетерозису за вмістом токоферолів у поколінні гібридів F_1 соняшнику наведено у таблиці 5.3.

За результатами розрахунків найвищий ступінь гетерозису (у %) виявлено в 26 гібридних комбінаціях F_1 : Vк-L-8 / X114В ($H_{bt\sigma} = 60\ 150\ %$); Vк-L-4 / X720В ($H_{bt\sigma} = 4820\ %$); Vк-L-8 / X114В ($H_{bt\gamma} = 1\ 725\ %$); Vк-L-7 / X1334В ($H_{bt\gamma} = 1\ 363\ %$); Vк-L-4 / X135В ($H_{bt\sigma} = 1\ 031\ %$); Vк-L-4 / X114В ($H_{bt\sigma} = 687\ %$); Vк-L-4 / X1334В ($H_{bt\sigma} = 687\ %$); Vк-L-7 / X1334В ($H_{bt\sigma} = 563\ %$); Vк-L-1 / X114В ($H_{bt\alpha} = 227\ %$); Vк-L-4 / X135В ($H_{bt\gamma} = 206\ %$); Vк-L-4 / X114В ($H_{bt\alpha} = 200\ %$); Vк-L-4 / X720В ($H_{bt\gamma} = 143\ %$); Vк-L-1 / X135В ($H_{bt\beta} = 117\ %$); Vк-L-4 / X720В ($H_{bt\Sigma} = 114\ %$); Vк-L-4 / X720В ($H_{bt\alpha} = 98\ %$); Vк-L-1 / X114В ($H_{bt\Sigma} = 61\ %$); Vк-L-4 / X1334В ($H_{bt\Sigma} = 59\ %$); Vк-L-4 / X114В ($H_{bt\Sigma} = 59\ %$); Vк-L-8 / X114В ($H_{bt\alpha} = 15\ %$); Vк-L-4 / X1334В ($H_{bt\alpha} = 16\ %$); Vк-L-4 / X114В ($H_{bt\gamma} = 40\ %$); Vк-L-4 / X1334В ($H_{bt\gamma} = 40\ %$); Vк-L-8 / X114В ($H_{bt\Sigma} = 38\ %$); Vк-L-7 / X1334В ($H_{bt\Sigma} = 34\ %$); Vк-L-1 / X114В ($H_{bt\beta} = 20\ %$); Vк-L-7 / X133В ($H_{bt\alpha} = 16\ %$).

Отже вміст ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні соняшнику є складною якісною ознакою прояв якої залежить не тільки від генотипу, який визначає вміст кожного із ізомерів, але й від багатьох інших

факторів, такі як погодні умови, умови зберігання насіння, вихідний матеріал, які треба враховувати при створенні ліній та гібридів.

Таблиця 5.3

Ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні гібридного покоління F₁ соняшнику

№ п/п	Батькі вська форма	Гібридна комбінація (F ₁)	Ступінь гетерозису, %				
			α	β	γ	Δ	Σ
1	♀	VK-L-4					
	♂	X135B					
	F ₁	Vk-L-4 / X135B	-81	-61	206	1031	-75
2	♀	VK-L-4					
	♂	X720B					
	F ₁	Vk-L-4 / X720B	98	-71	143	4820	114
3	♀	VK-L-4					
	♂	X114B					
	F ₁	Vk-L-4 / X114B	200	-53	40	687	59
4	♀	VK-L-7					
	♂	X1334B					
	F ₁	Vk-L-7 / X1334B	16	-82	1363	563	34
5	♀	VK-L-1					
	♂	X135B					
	F ₁	Vk-L-1 / X135B	-85	117	-43	-82	-81
6	♀	VK-L-8					
	♂	X114B					
	F ₁	Vk-L-8 / X114B	54	-61	1725	60150	38
7	♀	VK-L-1					
	♂	X114B					
	F ₁	Vk-L-1 / X114B	227	20	-86	-92	61

5.2 Характер успадкування та ступінь гетерозису в гібридів, створених за участю ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів

У 2017 році проведені схрещування між трьома лініями IP НААН – СД10, НС26А та Сх1002А та чотирма лініями відновниками фертильності пилку зі

зміненним вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками – Х177В, Х1711В, Х1712В, Х1717В. У результаті схрещувань у 2018 році отримано насіння гібридного покоління F₁ семи гібридних комбінацій (табл. 5.4), які проаналізовано на вміст ізомерів токоферолів, їх сумарної кількості, розраховано ступінь фенотипового домінування та ефект гетерозису.

Таблиця 5.4

Схема схрещування ліній соняшнику, 2017 р.

Гібридна комбінація	Тип взаємодії генів	Гени, які взаємодіють
СД10А / Х1712В	1 / 2	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
СД10А / Х1711В	1 / 3	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ tph ₂ tph ₂
НС26А / Х1711В	1 / 3	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ tph ₂ tph ₂
НС26А / Х177В	1 / 3	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ tph ₂ tph ₂
Сх1002А / Х1717В	1 / 2	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / tph ₁ tph ₁ Tph ₂ Tph ₂
Сх1002А / Х177В	1 / 3	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ tph ₂ tph ₂
Сх1002А / Х1711В	1 / 3	Tph ₁ Tph ₁ Tph ₂ Tph ₂ / Tph ₁ Tph ₁ tph ₂ tph ₂

За розрахунками ступеня фенотипового домінування (hp) над домінування спостерігалось в гібридній комбінації НС26А/Х177В за показником вмісту α токоферолу – 1,39 та сумарної кількості всіх ізомерів – 2,38.

Частково позитивне домінування спостерігалось в комбінації СД10А / Х1712В лише за вмістом α токоферолу – 0,93.

Проміжне успадкування ідентифіковано в HC26A / X1711B також за вмістом α токоферолу – 0,11. Частково від’ємне присутнє в комбінаціях - CD10A / X1711B – за вмістом γ (-0,99), HC26A / X1711B – за вмістом α (-1,00), β (-0,01) та Σ (-0,29), Cx1002A / X1717B – за вмістом α (-0,56) та γ (-0,5), HC26A / X177B – за вмістом γ (-0,83), Cx1002A / X177B – за вмістом α (-0,18), γ (-0,87) та Σ (-0,72), Cx1002A / X1711B – за вмістом γ (-0,89) (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Успадкування вмісту ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні гібридного покоління F₁ соняшнику

№ п/п	Батьківський компонент	Гібридна комбінація (F ₁)	Ступінь домінантності, hr				
			α	β	γ	Δ	Σ
1	♀	CD10A					
	♂	X1712B					
	F ₁	CD10A / X1712B	0,93	-1,15	-1,04	-	-8,28
2	♀	CD10A					
	♂	X1711B					
	F ₁	CD10A / X1711B	-2,29	-2,89	-0,99	-	-4,09
3	♀	HC26A					
	♂	X1711B					
	F ₁	HC26A / X1711B	0,11	-0,01	-1,00	-	-0,29
4	♀	HC26A					
	♂	X177B					
	F ₁	HC26A / X177B	1,39	-2,47	-0,83	-	2,38
5	♀	Cx1002A					
	♂	X1717B					
	F ₁	Cx1002A / X1717B	-0,56	-1,02	-0,5	-	-2,01
6	♀	Cx1002A					
	♂	X177B					
	F ₁	Cx1002A / X177B	-0,18	-	-0,87	-	-0,72
7	♀	Cx1002A					
	♂	X1711B					
	F ₁	Cx1002A / X1711B	-3,03	-3,89	-0,89	-	-17,57

Депресію виявлено у CD10A / X1712B - β (-1,15), γ (-1,04) та Σ (-8,28), CD10A / X1711B - α (-2,29), β (-2,89) та Σ (-4,09), HC26A / X177B β (-2,47),

Cx1002A / X1717B - Σ (-2,01), Cx1002A / X1711B – α (-3,03), β (-3,89) та Σ (-17,57).
Вміст δ ізомеру токоферолу в даних гібридних комбінаціях не було ідентифіковано.

Визначення ступеня гетерозису (табл. 5.6) в гібридних комбінаціях насіння соняшнику F_1 дозволило виявити найвищий результат у комбінації HC26A/X177B за вмістом Σ (17 %) та α ізомеру токоферолу (14 %). В інших гібридних комбінаціях за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості гетерозис не спостерігався.

Таблиця 5.6

Ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні гібридного покоління F_1 соняшнику

№ п/п	Батькі вська форма	Гібридна комбінація (F_1)	Ступінь гетерозису, %				
			α	β	γ	δ	Σ
1	♀	CD10A					
	♂	X1712B					
	F_1	CD10A / X1712B	-2	-97	-90	-	-8
2	♀	CD10A					
	♂	X1711B					
	F_1	CD10A / X1711B	-17	-93	-94	-	-33
3	♀	HC26A					
	♂	X1711B					
	F_1	HC26A / X1711B	-15	-44	-83	-	-33
4	♀	HC26A					
	♂	X177B					
	F_1	HC26A / X177B	14	-98	-88	-	17
5	♀	Cx1002A					
	♂	X1717B					
	F_1	Cx1002A / X1717B	-22	-97	-16	-	-50
6	♀	Cx1002A					
	♂	X177B					
	F_1	Cx1002A / X177B	-51	-	-89	-	-52
7	♀	Cx1002A					
	♂	X1711B					
	F_1	Cx1002A / X1711B	-38	-98	-90	-	-43,34

Отже, з отриманих результатів можна зробити висновок, що гени, які контролюють вміст β , γ та δ ізомерів токоферолів є рецесивними, що відповідає літературним даним.

5.3 Характер успадкування та ступінь гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх суми в гібридному поколінні F_2

За дослідженнями вчених при схрещуванні ліній з високим вмістом α токоферолу з лініями з високим вмістом γ ізомеру в гібридному поколінні F_2 спостерігалось моно генне і дигенне розщеплення. З чого зроблено висновок про існування гена-модифікатора, який впливає на прояв рівня вмісту γ та появу β ізомерів токоферолів [125, 126].

В IP НААН у 2014 році отримано насіння гібридного покоління F_2 , яке було проаналізовано на вміст ізомерів токоферолів [194]. За результатами аналізу розраховано характер успадкування в гібридних комбінаціях (рис. 5.1).

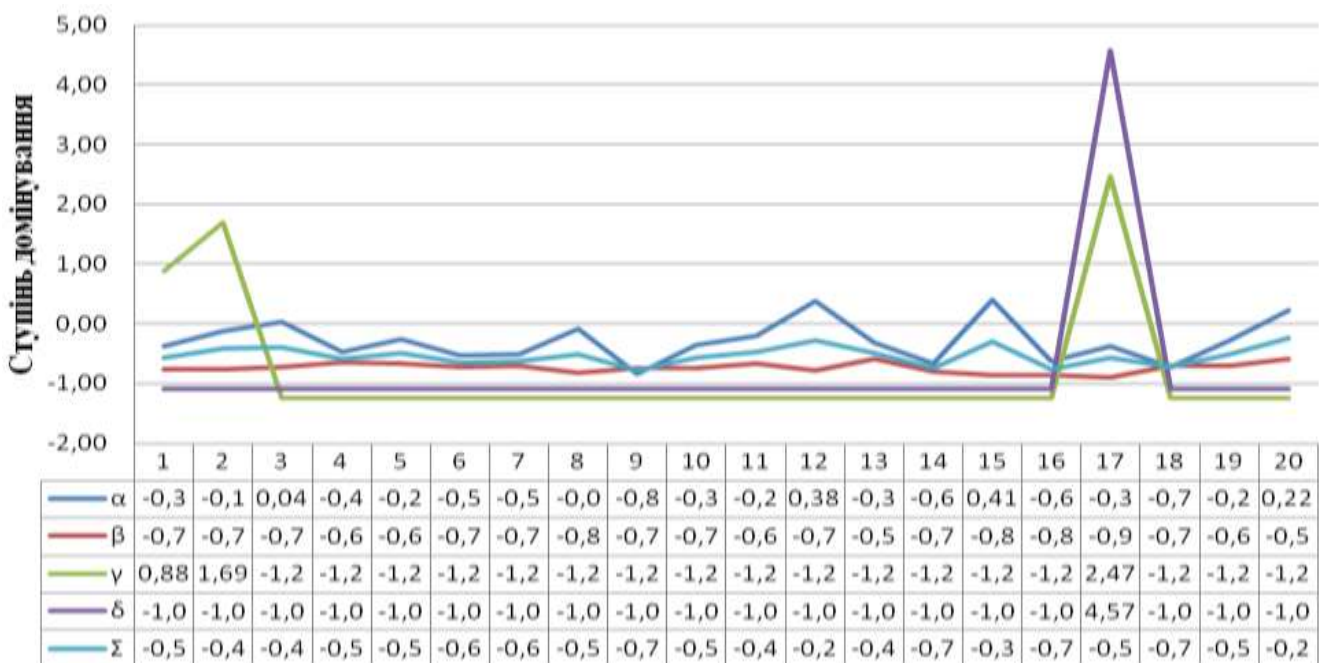


Рисунок 5.1 – Характер успадкування вмісту ізомерів токоферолів рослинами F_2 у гібридній комбінації Vк-L-4 / X135В.

За вмістом α токоферолу в гібридній комбінації Vк-L-4 / X135В проміжне успадкування ідентифіковано в 16 та частково від'ємне в чотири рослини соняшнику. Характер успадкування β ізомеру мав проміжний характер (дві рослини), решта (18) по типу частково від'ємного. Наддомінування ідентифіковано в двох кошиках за вмістом γ ізомеру токоферолу, в одному кошику – частково позитивне, решта (17) за типом депресії. За вмістом δ ізомеру токоферолу в одній рослині F_2 виявлено – наддомінування, решта рослин по типу депресії. За вмістом суми всіх ізомерів токоферолу успадкування проходило в основному по типу проміжного (14 рослин), в інших шести спостерігалось частково від'ємне.

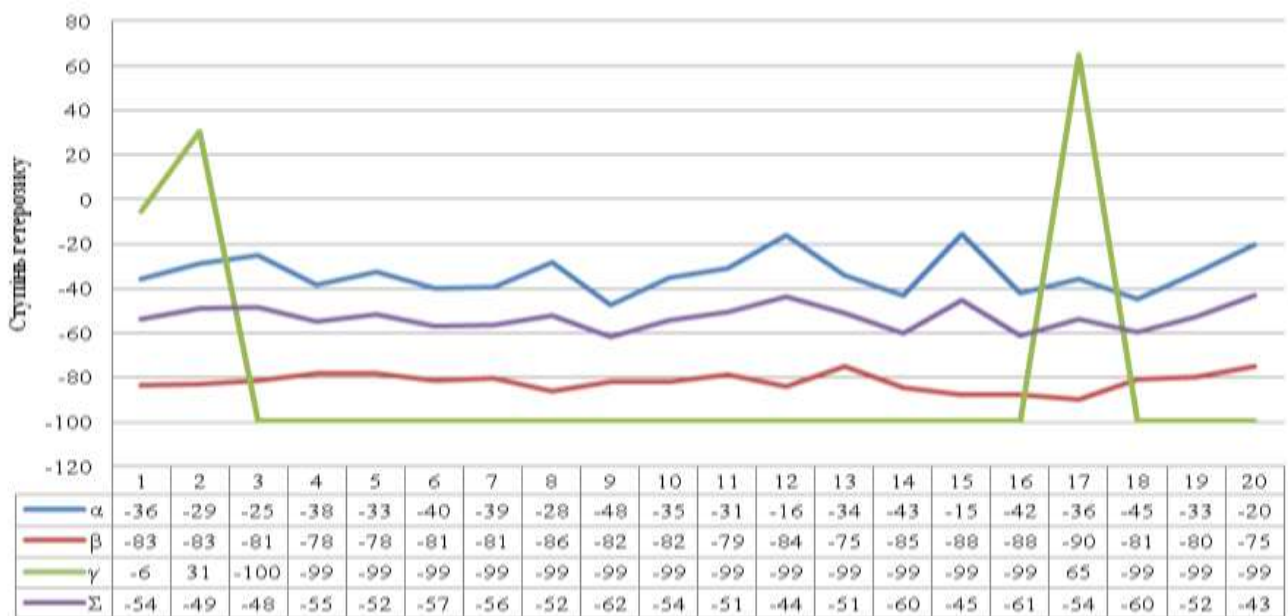


Рисунок 5.2 – Ступінь гетерозису в рослинах гібридного покоління F_2 гібридної комбінації Vк-L-4 / X135В за вмістом ізомерів токоферолів.

За розрахунками ступеня гетерозису в гібридному поколінні F_2 за схрещування Vк-L-4 / X135В ідентифіковано дві рослини за вмістом γ токоферолу зі ступенем гетерозису 65 % та 31 %. У решти рослин гетерозис відсутній (рис. 5.2).

Згідно розрахунку характеру успадкування в гібридному поколінні F_2 гібридної комбінації Vк-L-1 / X114В виявлено інші результати (рис. 5.3). За вмістом α токоферолу в усіх рослин спостерігалось наддомінування. За вмістом β

ізомеру токоферолу чотири рослини успадковували по типу наддомінування, три кошика – частково позитивне, п'ять – проміжне та одна рослина за типом частково від'ємного.

По типу проміжного успадкування ідентифіковано 10 рослин за вмістом γ ізомеру токоферолу, в інших трьох спостерігалось частково від'ємне. Вміст δ ізомеру токоферолу успадковувався по типу частково від'ємного (сім рослин) та депресії (шість рослин). Частково позитивний характер успадкування визначено за вмістом сумарної кількості ізомерів токоферолів в одній рослині, всі інші – по типу проміжного.

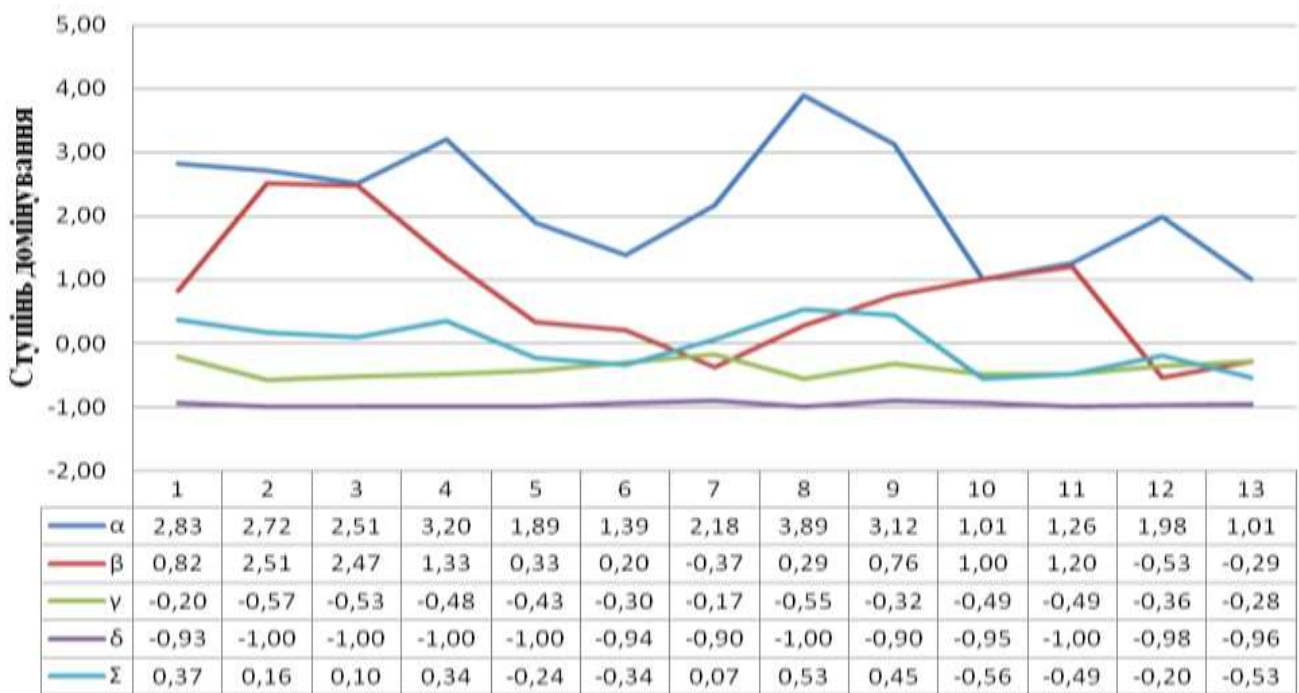


Рисунок 5.3 – Характер успадкування рослинами гібридного покоління F_2 гібридної комбінації Vк-L-1 / X114В вмісту ізомерів токоферолів.

Відповідно ступінь гетерозису ідентифіковано в усіх рослин за вмістом α токоферолу та в чотирьох рослин за вмістом β ізомеру токоферолу (рис. 5.4).

Отже, характер успадкування вмісту різних ізомерів токоферолів залежить, перш за все, від генетичних систем контролю цієї ознаки, що визначений вихідним матеріалом, який використовується при схрещуваннях. Та

поряд з цим селекціонерам слід враховувати ряд інших факторів, які впливають на експресивність прояву вмісту ізомерів токоферолів.

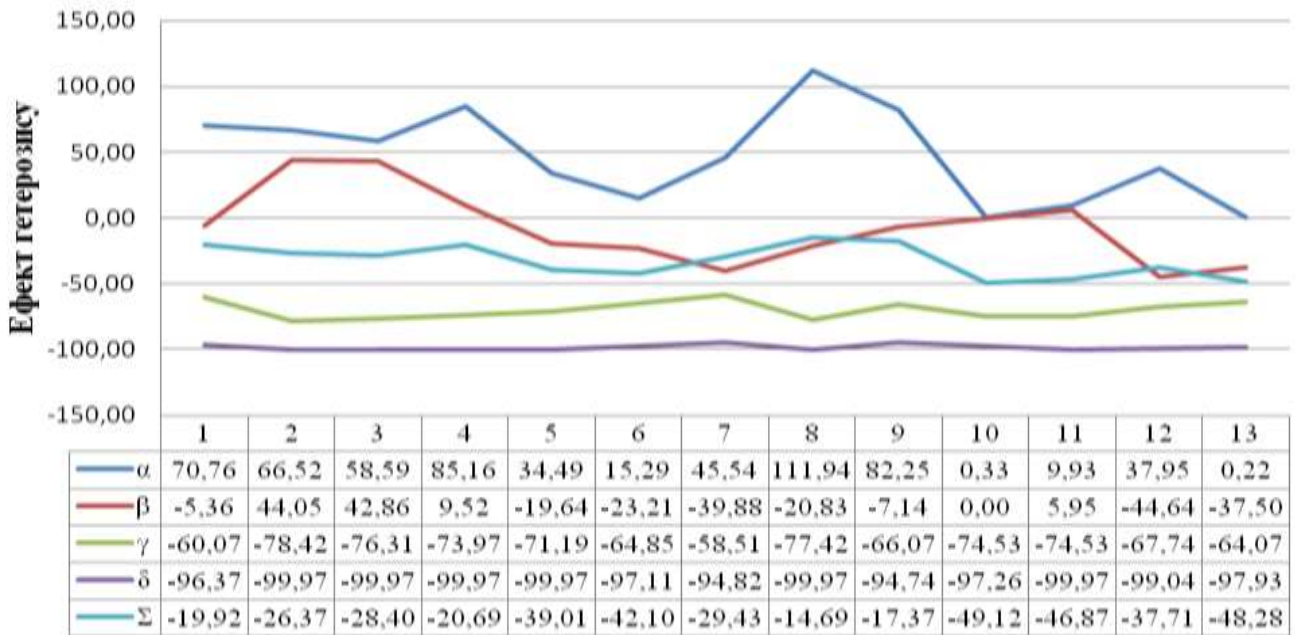


Рисунок 5.4 – Ступінь гетерозису в рослин гібридного покоління F_2 гібридної комбінації Vк-L-1 / X114В за вмістом ізомерів токоферолів.

Висновки до розділу 5

1. При проведенні схрещувань на фертильній основі між соняшником мутантного походження та соняшником із зміненим вмістом ізомерів токоферолів наддомінування виявлено в рослин гібридного покоління F_1 чотирьох комбінацій (Vк-L-4 / X720В, Vк-L-8 / X114В, Vк-L-4 / X114В, Vк-L-7 / X1334В) – за вмістом α , γ , δ та Σ , у двох комбінаціях (Vк-L-1 / X135В, Vк-L-1 / X114В) – за вмістом α і β .

2. Ефект гетерозису за вмістом α токоферолу визначено в гібридних комбінаціях F_1 (Vк-L-4 / X720В, Vк-L-4 / X114В, Vк-L-7 / X1334В, Vк-L-8 / X114В, Vк-L-1 / X114В). За вмістом β ізомеру токоферолу гетерозис присутній в двох комбінаціях (Vк-L-1 / X135В та Vк-L-1 / X114В). Відсутність гетерозису виявлено в двох гібридних комбінаціях (Vк-L-1 / X135В та Vк-L-1 / X114В) за вмістом γ та δ . За сумарною кількістю ізомерів токоферолів не виявлено ефекту

гетерозису тільки в двох гібридних комбінаціях (Vk-L-1 / X135B та Vk-L-4 / X135B).

3. Схрещування на стерильній основі ліній соняшнику мутантного походження з лініями зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів дозволило виявити підвищений вміст α в усіх гібридних комбінаціях F_1 , що доводить рецесивний характер генів, які контролюють прояв ознаки перерозподілу ізомерів у профілі.

4. Ступінь гетерозису за вмістом α та за вмістом суми всіх ізомерів токоферолів ідентифіковано в HC26A / X177B (14 % та 17 % відповідно).

5. Розщеплення в гібридному поколінні F_2 за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості носило різний характер успадкування, що вірогідно пов'язано з вихідним матеріалом, який використовували в схрещуваннях.

РОЗДІЛ 6

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ ВІДНОВНИКІВ ФЕРТИЛЬНОСТІ ПИЛКУ ЗІ ЗМІНЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ У ПОЄДНАННІ З ЦІННИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ

6.1 Параметри основних ознак ліній зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів

Сучасні досягнення харчової та переробної промисловості дозволяють в якості інгібіторів окислення використовувати антиоксиданти хімічної природи з метою більш довготривалого збереження продукту. Але такий підхід є економічно не вигідним та екологічно небезпечним, що несе шкоду як людині так і безпосередньо навколишньому середовищу. Перш за все це пов'язано з тим, що природні антиоксиданти мають більшу активність і не несуть шкоди живим організмам в порівнянні з речовинами хімічної природи. Виходячи з цього перед селекціонерами постає питання створення екологічно безпечних рослин соняшнику з високими якісними показниками [195].

На теперішній час у селекції соняшнику вирішення питання якості олії досягається перерозподілом жирнокислотного складу та присутністю в профілі супутніх речовин, які мають антиоксидантні властивості, таких як токофероли.

Світові досягнення в селекції дають змогу створити нові форми соняшнику, які будуть пристосовані до умов вирощування східної частини Лісостепу України та матимуть високу якість рослинної продукції, а саме підвищений вміст β , γ та δ токоферолів [196].

За результатами досліджень 2013–2018 років методами самозапилення та внутрішньо лінійного добору в Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН нами виділено лінії соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолу, в бік підвищення β , γ та δ (табл. 6.1). На ряду із зміненим вмістом ізомерів токоферолів ці лінії характеризуються іншими цінними господарськими ознаками.

**Вміст ізомерів токоферолів у насінні ліній соняшнику зі зміненим
вмістом ізомерів токоферолів (2017–2018 рр.)**

№ п/ п	Лінія	Вміст ізомерів токоферолів								
		α		β		γ		δ		Σ, мг%
		мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
1	X177В	6,71	41,83	0,27	1,92	8,47	54,92	0,19	1,35	15,63
2	X1711В	28,27	75,73	0,95	2,56	7,80	20,93	0,29	0,78	37,30
3	X1712В	13,78	37,22	12,19	34,83	4,47	12,40	5,85	15,55	36,28
4	X1716В	20,94	50,10	19,87	47,75	0,66	1,57	0,24	0,59	41,70
5	X1717В	22,96	47,92	24,50	50,36	0,61	1,32	0,21	0,40	48,26
6	X1719В	6,32	13,46	0,95	2,26	35,70	76,71	3,64	7,57	46,61
7	X1725В	23,47	56,80	10,56	22,88	7,21	20,13	0,07	0,20	41,29
8	X1729В	8,99	26,14	15,09	45,67	0,52	1,80	7,08	26,40	31,68
9	X1738В	16,95	49,15	1,87	5,53	14,73	42,86	0,84	2,46	34,38
10	X1747В	14,54	47,58	15,67	50,61	0,57	1,82	0,00	0,00	30,77

Характеристика ліній.

1. **X177В** (рис 6.1), (додаток А). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-1 та X114В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина однокошикова, висота – 78 см, діаметр кошика – 21 см. Насіння чорне, маса 1000 – 70,58 г, продуктивність – 44,12 г/рослину. Вегетаційний період становить 101 добу. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 34,76 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та γ (41,83 % та 54,92 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою – 55,00 % та олеїною – 33,18 % кислотами. Вміст білка становить 16,06 %. Антиоксидантна активність – 49,39 %.



Рисунок 6.1 – Лінія X177В.

2. **X1711В** (рис 6.2), (додаток Б). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-1 та X135В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I_4).

Рослина однокошикова, висота – 95,9 см, діаметр кошика – 23 см. Насіння чорне, маса 1000 – 43,12 г, продуктивність – 63,67 г/рослину. Вегетаційний період становить 101 добу. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 39,72 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та γ (75,73 % та 20,93 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою –

56,86 % та олеїною – 30,25 % кислотами. Вміст білка становить 17,32 %. Антиоксидантна активність – 58,85 %.



Рисунок 6.2 – Лінія X1711В.

3. **X1712В** (рис 6.3), (додаток В). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-1 та X135В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина однокошикова, висота – 105,8 см, діаметр кошика – 20,3 см. Насіння чорне, маса 1000 – 53,56 г, продуктивність – 67,10 г/рослину. Вегетаційний період становить 101 добу. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 41,99 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст β , γ та δ (34,83 %, 12,40 % та 15,55 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному

лінолевою – 60,41 % та олеїною – 27,80 % кислотами. Вміст білка становить 17,83 %. Антиоксидантна активність – 61,73 %.



Рисунок 6.3 – Лінія X1712В.

4. **X1716В** (рис 6.4). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-4та X720В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина багатокোшикова, висота – 103,8 см, діаметр кошика – 26,3 см. Насіння чорне, маса 1000 – 25,52 г, продуктивність – 6,61 г/рослину. Вегетаційний період становить 95 діб. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 47,59 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та β (50,10 % та 47,75 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою –

55,50 % та олеїною – 29,73 % кислотами. Вміст білка становить 16,35 %. Антиоксидантна активність – 62,19 %.



Рисунок 6.4 – Лінія X1716В.

5. **X1717В** (рис 6.5), (додаток Г). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-4 та X720В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I_4).

Рослина багатокошикова, висота – 93,4 см, діаметр кошика – 35,8 см. Насіння чорне, маса 1000 – 26,40 г, продуктивність – 14,04 г/рослину. Вегетаційний період становить 98 діб. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 49,35 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та β (47,92 % та 50,36 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою –

59,19 % та олеїною – 27,68 % кислотами. Вміст білка становить 16,10 %. Антиоксидантна активність – 65,12 %.



Рисунок 6.5 – Лінія X1717B.

6. **X1719B** (рис 6.6), (додаток Д). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-1 та X135B на фертильній основі, методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина однокошикова, висота – 99,6 см, діаметр кошика – 31 см. Насіння чорне, маса 1000 – 64,30 г, продуктивність – 79,97 г/рослину. Вегетаційний період становить 98 діб. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 7.

Вміст олії в насінні соняшнику – 44,95 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст γ -токоферолу – 76,71 % від загального вмісту. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою – 60,44 % та

олеїною – 27,61 % кислотами. Вміст білка становить 15,20 %. Антиоксидантна активність – 70,99 %.



Рисунок 6.6 – Лінія X1719В.

7. **X1725В.** (рис. 6.7), (додаток 3). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-4 та X114В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I_4).

Рослина однокошикова, висота – 88,7 см, діаметр кошика – 12,9 см. Насіння чорне, маса 1000 – 53,82 г, продуктивність – 54,48 г/рослину. Вегетаційний період становить 101 добу. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 5.

Вміст олії в насінні соняшнику – 47,14 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α , β та γ (56,80 %, 22,88 % та 20,13 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному

олеїноюю кислотою – 84,84 %. Вміст білка становить 15,61 %. Антиоксидантна активність – 72,43 %.



Рисунок 6.7. – Лінія X1725В

8. **X1729В** (рис 6.8), (додаток Ж). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-4 та X720В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина багатокочикова, висота – 94,4 см, діаметр кошика – 31,2 см. Насіння чорне, маса 1000 – 29,58 г, продуктивність – 25,99 г/рослину. Вегетаційний період становить 97 діб. Бал стійкості до несправжньої борошністої роси – 5.

Вміст олії в насінні соняшнику – 38,82 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст β та δ (45,67 % та 26,40 % від загальної суми)

токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою – 53,83 % та олеїною – 33,21 % кислотами. Вміст білка становить 15,98 %. Антиоксидантна активність – 64,98 %.



Рисунок 6.8 – Лінія X1729В.

9. **X1738В** (рис 6.9), (додаток Е). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-1 та X135В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина однокошикова, висота – 105,5 см, діаметр кошика – 25,4 см. Насіння чорне, маса 1000 – 57,98 г, продуктивність – 49,36 г/рослину.

Вегетаційний період становить 94 доби. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 9.

Вміст олії в насінні соняшнику – 41,50 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та γ (49,15 % та 42,86 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою – 52,45 % та олеїною – 32,88 % кислотами. Вміст білка становить 18,18 %. Антиоксидантна активність – 70,97 %.



Рисунок 6.9 – Лінія X1738В.

10. **X1747В** (рис 6.10) (додаток І). Лінія соняшнику, відновник фертильності пилку. Створена за участю Vк-L-4 та X720В на фертильній основі методом штучної кастрації з подальшими доборами кращих рослин у польових

умовах та за вмістом ізомерів токоферолів у лабораторних умовах у майбутніх поколіннях (I₄).

Рослина багатокোшикова, висота – 112,6 см, діаметр кошика – 17 см. Насіння чорне, маса 1000 – 32,32 г, продуктивність – 74,37 г/рослину. Вегетаційний період становить 94 доби. Бал стійкості до несправжньої борошнистої роси – 3.

Вміст олії в насінні соняшнику – 32,33 %. Аналіз на визначення вмісту ізомерів показав високий вміст α та β (47,58 % та 50,61 % від загальної суми) токоферолів. Жирнокислотний склад олії представлений в основному лінолевою – 16,76 % та олеїною – 69,03 % кислотами. Вміст білка становить 16,87 %. Антиоксидантна активність – 72,61 %.



Рисунок 6.10 – Лінія X1747В.

6.2 Кореляційний аналіз показників цінних господарських ознак та якості ліній відновників фертильності пилку зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів

На протязі 2013–2018 рр. в ІР НААН успішно ведеться селекція на створення ліній із зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками. В 2018 році виділено вирівняний за морфологічними показниками лінійний матеріал, який аналізували на якість. Для встановлення позитивної чи негативної залежності між показниками використовували кореляційний аналіз.

Кореляційний аналіз вмісту ізомерів токоферолів та антиоксидантної активності показав достовірно негативну кореляцію між вмістом γ та β ізомерами токоферолу. Між іншими ознаками негативної чи позитивної залежності не було виявлено, що дає змогу поєднувати в одному генотипі підвищений вміст різних ізомерів токоферолів, які не будуть негативно впливати на загальну антиоксидантну активність (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Кореляційний аналіз вмісту ізомерів токоферолів (мг%) та антиоксидантної активності (%).

Ізомери токоферолів	α		β		γ		δ		АОА	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
α	1,000	1,000	-		-		-		-	
β	0,329	0,276	1,000	1,000	-		-		-	
γ	-0,550	-0,225	-0,685*	-0,659*	1,000	1,000	-		-	
δ	-0,350	-0,550	-0,256	-0,055	0,461	-0,188	1,000	1,000	-	
АОА	-0,056	0,220	0,451	-0,192	0,177	0,313	0,229	-0,143	1,000	1,000

Примітка* - 0,631897 (p=0,05 N=10)*, 0,764592 (p=0,01 N=10)**, 0,872115 (p=0,001N=10)***.

Встановлення залежності між вмістом ізомерів токоферолів та антиоксидантною активністю з різними якісними показниками (вміст олії, вміст білка, вміст олеїнової та лінолевої кислот) показало, що ці ознаки між собою не корелюють, як позитивно, так і негативно (табл. 6.2)

Таблиця 6.2

Кореляційний аналіз вмісту ізомерів токоферолів (мг%) та антиоксидантної активності з якісними показниками (%).

Ізомери токоферолів	Вміст олії		Вміст білка		Вміст олеїнової кислоти		Вміст лінолевої кислоти	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
α	0,340	0,367	0,290	0,323	0,251	0,382	-0,236	-0,456
β	0,080	0,379	-0,247	0,494	0,374	0,154	-0,363	-0,325
γ	0,200	0,073	-0,129	-0,425	-0,349	-0,248	0,367	0,268
δ	0,198	0,036	0,160	-0,464	-0,305	-0,412	0,347	0,154
АОА	0,255	0,188	-0,054	-0,409	0,215	0,125	-0,193	-0,254

Примітка* - 0,631897 (p=0,05 N=10)*, 0,764592 (p=0,01 N=10)**,
0,872115(p=0,001N=10)***.

Визначення кореляції між вмістом ізомерів токоферолів, антиоксидантною активністю та цінними господарськими ознаками (висота рослин, діаметр кошика, продуктивність, маса 1000 насінин) показало достовірно негативну кореляцію між вмістом β ізомеру токоферолу та масою 1000. Кореляції між іншими ознаками не виявлено (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Кореляційний аналіз вмісту ізомерів токоферолів та антиоксидантної активності з цінними господарськими ознаками

Із-ри то-лів	Висота рослини		Діаметр кошика		Продуктивність		Маса 1000	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
α	-0,102	-0,196	0,162	0,468	-0,262	-0,040	-0,463	-0,325
β	0,147	-0,091	0,091	-0,054	-0,578	-0,567	-0,727*	-0,754*
γ	0,107	-0,173	0,144	-0,047	0,504	0,480	0,611	0,529
δ	0,382	0,507	-0,102	-0,379	0,495	-0,164	0,396	0,425
АОА	0,578	0,591	0,422	0,067	-0,020	0,096	-0,255	-0,132

Примітка* - 0,631897 (p=0,05 N=10)*, 0,764592 (p=0,01 N=10)**,
0,872115(p=0,001N=10)***.

Визначення кореляції між вмістом ізомерів токоферолів різними якісними та цінними господарськими ознаками дозволить успішно проводити схрещування та добори, направлені на покращення вибраної ознаки, не погіршуючи тим самим інші важливі характеристики ліній та гібридів.

6.3 Економічна ефективність вирощування соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів

Одним з основних напрямів розвитку національної економіки країни є ефективне функціонування аграрного сектору, яке неможливе без повної реалізації отриманого продукту.

Серед сільськогосподарських культур, які вирощуються на території України, однією з найприбутковіших вважається соняшник. Його продукцію використовують у харчовій, технічній, фармацевтичній, косметологічній та іншій промисловостях. Основними споживачами соняшникової олії є підприємства харчової та переробної промисловості: молочної, кондитерської, хлібобулочної, підприємства індустрії швидкого харчування. У зв'язку з цим актуальним є вирішення питання якості соняшникової олії [197, 198].

Важливою характеристикою соняшникової олії є не тільки її харчова і біологічна цінність, але й її якість та безпека, яка залежить від багатьох факторів, пов'язаних з технологічними процесами обробки насіння, отримання олії, зберігання [196].

Під час довготривалого зберігання, або під дією високих температур у рослинних оліях, які не стійкі до окислення, утворюється ряд токсичних та канцерогенних речовин, небезпечних для здоров'я людини. Для попередження процесів утворення вільних радикалів існує система антиоксидантного захисту, яка представлена речовинами з різним механізмом дії на продукти окислення [199].

Соняшникову олію широко використовують у технічних галузях. Однією з частин комплексу засобів, яка забезпечує ефективну експлуатацію металорізального обладнання, є мастильно-охолоджуючі технологічні засоби (МОТЗ). Основним завданням МОТЗ є забезпечення надійної роботи різального інструменту і необхідної якості поверхні, яку обробляють. Це дозволяє зменшити витрати на обслуговування та заміну ріжучого інструменту, зменшити кількість бракованих матеріалів і, як наслідок, знизити собівартість металообробки [200].

Мастильно-охолоджуючі технологічні засоби в основному виготовляються на основі мінеральних олій, які несуть шкоду навколишньому середовищу. Окрім цього їх використання потребує значних фінансових витрат, пов'язаних з перевезенням, зберіганням та утилізацією. Як альтернативу в якості МОТЗ можна використовувати рослинні олії, які стійкі до окислення та не несуть шкоди навколишньому середовищу та організму людини [201].

Окрім технічної промисловості соняшникову олію широко використовують у харчовій промисловості. В умовах сучасного розвитку науки одним із шляхів вирішення проблеми окислення рослинних олій є використання синтетичних антиоксидантів (табл. 6.4). Порівняльна характеристика найбільш поширених антиоксидантів, які додають у продукти харчування і, які виготовлені з додаванням рослинних олій, показала, що деякі з них мають досить високу собівартість [195]. Поряд з цим не достатньо вивчено вплив на організм певної кількості синтетичних АО.

Таблиця 6.4

Порівняльна характеристика антиоксидантів синтетичного походження, які використовуються для підвищення стійкості до окислення рослинних олій, 2019 р.

Назва антиоксиданту	Токсичність для організму людини [202]	Середня ціна за 100 г, грн. [203]
E304 (Аскорбілпальмітат)	Не визначено	1 312,00
E319 (трет-Бутилгідрокінон)	Не токсичний в малих дозах	776,00
E310 (Пропілгаллат)	Помірно безпечний	175,00
E306 (Концентрат суміші токоферолів)	Не токсичний	165,00
E 300 (Аскорбінова кислота L-)	Не токсичний	52,00
E320 (Бутилгідроксианізол)	Не визначено	0,80

Згідно таблиці концентрат суміші токоферолів (E306) коштує 165 грн. за 100 грамів. Виходячи з цього, продукти харчування, в які додають даний антиоксидант, потребують додаткових витрат. Також суміш токоферолів споживають як вітамінний комплекс для підтримки організму.

Для розрахунку економічної ефективності вирощування ліній відновників фертильності пилку соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, визначено приріст кожного окремого ізомеру токоферолу в порівнянні з батьківськими компонентами.

Для цього порівняли вміст ізомерів токоферолу створених ліній відновників фертильності пилку їх батьківських компонентів (табл. 6.1; 4.6; 4.7) Знайшли різницю між середнім вмістом ізомерів токоферолу батьківських компонентів та ліній відновників фертильності пилку у грамах у 100 грамах шроту.

Для визначення прибутку, який можуть принести нові створені лінії приріст помножено на середню ціну суміші токоферолів (1,65 грн./1 грамм).

Згідно даних табл. 6.5 найбільший прибуток становить 44013,75 грн, найменший – 957,00 грн. Таким чином, як видно з таблиці 6.5 із кожної тонни шроту створених ліній можна отримати додатково 203 519,25 грн.

Таблиця 6.5

Прибавка суміші ізомерів токоферолів

Лінія	α	β	γ	Δ	Σ , г у 100 г шроту	грн за 1 г шроту	грн за 1 т шроту
	г у 100 г шроту						
X1711В	0,01951	-0,000410	0,00466	-0,006385	0,01738	0,02867	28668,75
X1712В	0,00502	0,010830	0,00133	-0,000825	0,01636	0,02699	26985,75
X1716В	-0,00189	0,012065	0,00032	0,000120	0,01061	0,01751	17506,50
X1717В	0,00013	0,016695	0,00027	0,000090	0,01718	0,02835	28347,00
X1719В	-0,00244	-0,000410	0,03256	-0,003035	0,02668	0,04401	44013,75
X1725В	0,01057	0,002770	0,00688	-0,000100	0,02012	0,03319	33189,75
X1729В	-0,01384	0,007285	0,00018	0,006960	0,00058	0,00096	957,00
X1738В	0,00819	0,000510	0,01159	-0,005835	0,01446	0,02385	23850,75
Сума, грн							203519,25

Отже використання традиційних селекційних методів дає можливість створити соняшникову олію, яка стійка до окислення і економічно вигідна та екологічно безпечна в багатьох галузях промисловості.

Висновки до розділу 6

1. Методом схрещування на фертильній основі з подальшими доборами кращих рослин за ознакою вмісту β , γ та δ ізомерів токоферолів створено 10 ліній відновників фертильності пилку, які відрізняються вмістом β , γ та δ ізомерів токоферолів, тривалістю вегетаційного періоду, морфологічними ознаками, продуктивністю, вмістом олії, білка, олеїнової кислоти, стійкістю до несправжньої борошнистої роси та антиоксидантною активністю.

2. Розрахунки залежності вмісту ізомерів токоферолів, антиоксидантної активності, якісних та цінних господарських ознак показали достовірну негативну кореляцію між вмістом β та γ ізомерами токоферолів, між вмістом β та масою 1000 насінин. Між іншими ознаками, які досліджували, достовірної кореляції не встановлено.

3. Використання соняшnikової олії та продуктів, виготовлених з неї без додавання синтетичних антиоксидантів, є економічно вигідним та екологічно безпечним.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення важливого наукового завдання з визначення мінливості вмісту і закономірностей успадкування вітаміну Е (ізомерів токоферолів) у лініях та інбредних поколіннях соняшнику шляхом дослідження вмісту різних ізомерів токоферолів та їх суми в насінні соняшнику, встановлення характеру успадкування та ступеня гетерозису за ознакою вмісту ізомерів токоферолів і створення нового вихідного матеріалу для селекції соняшнику з новими якісними показниками, які забезпечують стійкість олії до окислення в поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, сформульовано висновки та рекомендації практичній селекції, що має важливе значення для гетерозисної селекції соняшнику на якість рослинної продукції.

1. Виявлено генетичне різноманіття вихідного матеріалу для селекції соняшнику, ліній, інбредних поколінь за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості.

2. Установлено варіабельність вмісту α , γ , δ та суми всіх ізомерів токоферолів у 1000 зразках соняшнику, які використовували в дослідженнях, при цьому вміст α токоферолу був в межах 56,79 мг%–1,01 мг%, β – 57,34 мг%–0,004 мг%, γ – 34,58 мг%–0,004 мг%, δ – 17,15 мг%–0,004 мг%, сумарна кількість всіх ізомерів токоферолів коливалась – від 84,81 мг% до 2,16 мг%.

3. Розроблено шкалу класифікації вмісту ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в насінні соняшнику, згідно з якою матеріал розподілено на шість класів: за вмістом α токоферолу – дуже високий (вище 56,79 мг%); високий (56,78 мг%–45,85 мг%); підвищений (42,84 мг%–28,91 мг%); середній (28,90 мг%–14,97 мг%); низький (14,96 мг%–1,02 мг%); дуже низький (до 1,01 мг%), за вмістом β токоферолу – дуже високий (вище 57,34 мг%); високий (57,33 мг%–43,00 мг%); підвищений (42,99 мг%–28,66 мг%); середній (28,65 мг%–14,32 мг%); низький (14,31 мг%–0,004 мг%); дуже низький (до 0,03 мг%), за вмістом γ токоферолу – дуже високий (вище 34,58 мг%); високий

(34,57 мг%–25,93 мг%); підвищений (25,92 мг%–17,28 мг%); середній (17,27 мг%–8,63 мг%); низький (8,62 мг%–0,004 мг%); дуже низький (до 0,03 мг%), за вмістом δ токоферолу – дуже високий (вище 17,15 мг%); високий (17,14 мг%–12,86 мг %); підвищений (12,85 мг%–8,57 мг%); середній (8,56 мг%–4,28 мг%); низький (4,27 мг%–0,004 мг%); дуже низький (до 0,03 мг%), за вмістом сумарної кількості всіх токоферолів – дуже високий (вище 84,81 мг%); високий (84,80 мг%–64,15 мг%); підвищений (64,14 мг%–43,49 мг%); середній (43,48 мг%–22,83 мг%); низький (22,82 мг%–2,17 мг%); дуже низький (до 2,16 мг%),

4. Визначено, що найбільшу кількість зразків соняшнику, за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумою являє п'ятий клас: за вмістом α токоферолу – 135 шт. (14,96 мг%–1,02 мг%), β – 375 шт. (14,31 мг%–0,004 мг%), γ – 262 шт. (8,62 мг%–0,004 мг%), за сумою всіх ізомерів токоферолів – 248 шт. (22,82 мг%–2,17 мг%). І лише за вмістом δ ізомеру найчисельнішим виявився шостий клас – 275 шт. (до 0,003 мг%).

5. Встановлено вміст ізомерів токоферолів у лініях з робочої колекції лабораторії селекції та генетики соняшнику ІР НААН для яких вміст α токоферолу – 74,96 %–98,01 %, β – 0,97 %–13,31 %, γ – 0,75 %–6,57 %, δ – 0,02 %–2,66 %, суми всіх ізомерів токоферолів – 9,94 мг%–29,74 мг%.

6. Визначено вміст ізомерів токоферолів у рослинах ліній серії V_k-L отриманих із ВНДІОК ім. В.С. Пустовойта (м. Краснодар) та інші цінні господарські ознаки. У лінії V_k-L-1 встановлено високий вміст γ 25 % та δ 54 % ураження несправжньою борошнистою росою 73,9 %, вміст олії 29,60 %, продуктивність 25,45 г/рослину, вміст білка 23,30 %; у лінії V_k-L-2 вміст γ 13 % та δ 8 %, ураження несправжньою борошнистою росою 100 %, вміст олії 29,06 %, продуктивність 37,99 г/рослину, вміст білка 26,14 %; у V_k-L-4 α 53 % та β 47 %, ураження несправжньою борошнистою росою 83,3 %, вміст олії 29,07 %, продуктивність 19,08 г/рослину, вміст білка 20,88 %; у V_k-L-7 частка α 46 % та β 51 %, ураження несправжньою борошнистою росою 93,3 %, вміст олії 32,87 %, продуктивність 16,32 г/рослину, вміст білка 27,06 %; у V_k-L-8 α 55 % та β 54 %, ураження несправжньою борошнистою росою 93,3 %, вміст олії 32,87 %, продуктивність 16,32 г/рослину, вміст білка 27,06 %.

ураження несправжньою борошнистою росою 83,3 %, вміст олії 29,55 %, продуктивність 24,74 г/рослину, вміст білка 28,39 %. Лінії Vк-L-4 та Vк-L-8 мають в своєму складі підвищений вміст олеїнової кислоти – 83,30 % та 86,79 % відповідно.

7. Установлено наддомінування в гібридних комбінаціях F₁, отриманих за схрещування ліній на фертильній основі – Vк-L-4 / X720В, Vк-L-8 / X114В, Vк-L-4 / X114В, Vк-L-7 / X1334В за вмістом α , γ , δ та Σ , у комбінаціях Vк-L-1 / X135В, Vк-L-1 / X114В за вмістом α і β .

8. Визначено ефект гетерозису за вмістом ізомерів токоферолів та їх сумарної кількості в гібридних комбінаціях F₁: за вмістом α – Vк-L-4 / X720В, Vк-L-4 / X114В, Vк-L-7 / X1334В, Vк-L-8 / X114В, Vк-L-1 / X114В (98 %, 200 %, 16 %, 54 %, 227 % відповідно); за вмістом β – Vк-L-1 / X135В, Vк-L-1 / X114В (117 %, 20 %).

9. Установлено різні типи успадкування вмісту ізомерів токоферолів в гібридних комбінаціях F₁, отриманих на стерильній основі – рецесивний за вмістом β , γ , δ за вмістом α – домінантний.

10. Визначено достовірну залежність у лініях відновниках фертильності пилку між вмісту ізомерів токоферолів від інших цінних господарських ознак, яка характеризувалась негативною кореляцією між вмістом β та γ ізомерів токоферолу та β ізомером і масою 1000 насінин.

11. Установлено економічну доцільність використання ліній відновників фертильності пилку (X1711В, X1712В, X1716В, X1717В, X1719В, X1725, X1729, X1738В) соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками, у яких прибуток становить 203 519, 25 грн.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ

Науково-дослідним установам:

– використовувати в селекційних програмах при створенні гібридів соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів у поєднанні з цінними господарськими ознаками лінії-аналоги: X177В (α – 41,83 %, γ – 54,92 %), X1711В (γ – 20,93 %, сума всіх ізомерів токоферолів – 37,30 мг%), X1712В (α – 37,22 %, β – 34,83 %, γ – 12,40 %, δ – 15,55 %), X1716В (α – 50,10 %, β – 47,75 %), X1717В (α – 47,92 %, β – 50,36 %), X1719В (γ – 76,71 %), X1725 (β – 22,88 %, γ – 20,13 %), X1729 (β – 45,67 %, δ – 26,40 %), X1738В (γ – 42,86 %), X1747 (α – 47,58 %, β – 50,61 %).

Українському інституту експертизи сортів, господарствам різних форм власності:

– використовувати шкалу класифікації ліній соняшнику на класи за вмістом α , β , γ та δ ізомерів токоферолу та їх сумарної кількості при оцінці селекційного матеріалу та у виробництві товарного насіння при вирощуванні гібридів із зміненим вмістом ізомерів токоферолів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Месель-Веселяк В.Я. Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору економіки України. Економіка АПК, 2016. № 6. С. 6–10.
2. Кропивко Ф.М. Напрями реформування системи управління аграрним сектором в умовах децентралізації влади та розвитку євроінтеграційних процесів. Економіка АПК, 2016. № 6. С. 26–36.
3. Гадзал Я.М., Бащенко М.І., Жук В.М., Лупенко Ю.О. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року. К.: Аграр. Наука, 2016. 216 с.
4. Пугачов М.І. Аграрний сектор економіки України в умовах інституційних змін. Економіка АПК, 2017. № 5. С. 12–18.
5. Буга Н.Ю. Стан та проблеми аграрного сектора економіки України у сучасних умовах. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2014. Вип. 1. С. 64–70.
6. Кириченко В.В., Петренкова В.П., Сивенко В.І., Макляк К.М. та ін. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні до 2020 року: методичні рекомендації НААН, IP ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2016. 142 с.
7. Боровська І.Ю. Методологічні основи селекції соняшнику на стійкість до основних хвороб та їх практичне використання (06.01.05 – селекція і насінництво). Харків, 2017. С. 35–43.
8. URL: [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://economics.unian.ua/agro/1781202-ukrajina-v-2016-rotsi-zbilshila-virobnitstvo-sonyashnika-na-22.html>
9. Зайцев О.М. Запровадження нових гібридів соняшнику – шлях до підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва. Пропозиція, 2002. № 8. С. 22–29.
10. Філіпів І.Д., Міхеєв Є.К. Як програмувати врожай. К.: Урожай, 1990. 94 с.
11. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

12. Муха В.Д., Пелипец В.А. Програмування врожаїв. К.: Выщ. Шк., 1988. 222 с.
13. Матейчук Ю.В. Шляхи підвищення економічної ефективності вирощування соняшнику. Международный научный журнал. Экономические науки, 2015. № 9. С. 133–136.
14. Чекалін М.М., Тищенко В.М., Баташова М.Є. Селекція та генетика окремих культур: навчальний посібник. Полтава, 2008. 368 с.
15. Бородулина А.А., Попов П.С., Снесарь Є.В. Изменение качества масла у различных сортов подсолнечника в процессе хранения семян. Научн.-техн. Бюл. ВНИИМК, 1985. №87. С. 25–27.
16. Muniz B., Sanchez Muniz S., Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuous domestic fryings of different foods. Food Science and Technology International. 2015. № 7. P. 15–21.
17. Pongracz G. Tocopherole. Antioxidantien der Natur. Fat Science and Technology. 1995. № 97. P. 90–104.
18. Demurin Y.N., Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds as a basis of breeding for improved oil quality. Plant Breeding. 1996. № 115. P. 33–36.
19. Velasco L., and Fernandez-Martinez J.M. Sunflower Seeds with High Delta-tocopherol Content. WO 2004/089068
20. Рябчун Н.І. Спеціальна селекція і насінництво польових культур: навчальний посібник за редакцією Кириченка, НААНУ ІР ім. В. Я. Юр`єва, Національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2010. 462 с.
21. Кириченко В.В., Петренкова В.П., Кривошеєва О.В., Рябчун В.К., Маркова Т.Ю. Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (*Helianthus L.*). Харків. ІР ім. В. Я. Юр`єва УААН, 2007. 78 с.
22. Sunflower science and technology. Editor: Jack F. Carter. Editorial Committee. Gerhardt N. Fick. Eric D. Putt. Donald L. Smith. Managing Editor. D.A. Fuccillo. Number 19 in the series. AGRONOMY. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. 1978. P. 279–338.

23. Heiser C.B. The origin and development of the cultivated sunflower. *American Biology Teacher*. 1955. V. 17. № 5. P. 161–167.
24. Heiser C.B. The sunflower. University of Oklahoma Press. Norman. 1976. 198 p.
25. Коваленко Н.П. Історичний шлях становлення соняшнику і його місце в сівозмінах України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України, 2013. № 4. С. 73–78.
26. Верзилин Н.М. По следам Робинзона. Сады и парки мира. Л., 1964. 576 с.
27. Литовченко А.Г. Некоторые вопросы происхождения и распространения культуры подсолнечника. *Вопросы биологии и агротехники полевых культур*. X., 1974. Т. 195. С. 91–95.
28. Dodonaeo R. *Florum, et coronariarum odoratarumque nonnullarum herbarum historia*. Antverpiae. 1568. P. 309–309.
29. Tabernaemontanus J. T. *Eicones plantarum*. Frankfurt. 1590. P. 763–764.
30. Вавилов Н.И. Подсолнечник (*Helianthus annuus L.*). Полевые культуры юго-востока. Петроград, 1922. 228 с.
31. Syrennius D.S. *Zielnik. Herbarheum z jez. Lacin Krasovi*. 1613. С. 19–20.
32. Пустовойт В.С. Подсолнечник. М.: Колос, 1975. 592 с.
33. Награждение за разрешение. Задачи на 1792 г. *Труды вольного экономического общества*, 1791. Т. XLII. 4. III. 20 с.
34. Каразин В.Н., Багалея Д.И. Сочинения, письма и бумаги В.Н. Каразина, собранные и отредактированные проф. Д. И. Багалеем. Х.: В Ун-тской тип., 1910. XIX. 927 с.
35. Пустовойт В.С. Селекция и семеноводство. *Наука и человечество*. М.: Знание, 1964. С. 19–21.
36. Косенко Р.О. Соняшник. Історія виникнення та введення в культуру. *Історія науки і біографістика*, 2015. № 4. С. 4–11.
37. Вольф В.Г. Соняшник. К.: Урожай, 1972. 228 с.

38. [Електронний ресурс]. Режим доступа.
<https://agronom.com.ua/osoblyvyj-sonyashnyk/>
39. Бугайов В.Д., Васильківський С.П., Власенко В.А. Спеціальна селекція польових культур. Навчальний посібник за ред. М. Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. 368 с.
40. Merfert W. Problemi praznih semena i neoplodenosti kod suncokreta. *Agrobiologija*. 2009. V. 2(128). P. 199–205.
41. Djakov A.B. The systems of investigation of interrelation of the components in the process of inheritance of productiveness. Minsk, 1989. P. 17–38.
42. Bedov S. Skoric D. Examination of armour layer in sunflower shells. *Oil production. Uljarstwo*. Belgrad. 1988. Vol. 26 (1–2). P. 22–26.
43. Skoric D. Sunflower breeding. *Sunflower-Monograph*, Nolit, Beograd. 1989. P. 285–393.
44. Skoric D. Sunflower breeding. *Uljarstwo*. 1990. Vol. 25 (1). P. 1–90.
45. Fernandez-Martinez J.M., Perez-Vich B., Velasco L., Dominguez J. Breeding for speciality oil types in sunflower. *Helia*. 2007. 30 (46). P. 75–84.
46. Bedov S., Skoric D. Possibilities of increasing protein content in sunflower. *Eucarpia. Symposium Sunflower Breeding*. Prague. 1981. P. 267–278.
47. Tikhonov O.I., Bochkarev N.I., Djakov A.B. Sunflower biology plant breeding and growing technology. “Agropromizdat”. Moscow. 1991. P. 1–268.
48. Niklic V. Effect of various genotypes and climate factors on visiting of honey bees and other pollinizers and sunflower fertilization. Faculty of Agriculture. University of Novy Sad. 1996. P. 1-93.
49. Шкорич Д., Джеральд Дж. Сейлер, Лью Жао. Генетика и селекция подсолнечника. Сербская академия наук и искусств, Ассоциация «Селекция и семеноводство подсолнечника». Харьков. Х.: НТМТ, 2015. 540 с.
50. Friedt W. Improvement of sunflower oil quality. *Eucarpia – Oil and Protein Crops. Section. Symposium Breeding of Oil and Protein Crops*. Albena. Bulgaria. September 22–24. 1994. P. 1–29.

51. Зінченко О.І., Сапатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
52. Vles R.O., Gottenbos J.J. Nutritional characteristics and food uses of vegetable oil. *Oil Crop of the World*. Cambridge. 1989. P. 63–86.
53. Beare-Rogers J. Food fats and fatty acid in human nutrition. *Development and processing vegetable oil for human nutrition*. Cambridge. 1995. P. 1–7.
54. Кириченко В.В., Тимчук С.М., Брагін О.М. Генетичне різноманіття ліній соняшнику за жирно кислотним складом олії. *Генетичні ресурси рослин*, 2007. № 4. С. 131–139.
55. Кириченко В.В., Пов`якало В.І. Хімічні мутагени та поліпшення ліній соняшнику. *Селекція і насінництво: міжвідомч. темат. наук. зб. Х., 1998. Вип. 80. С. 19–22.*
56. Макляк К.М., Кириченко В.В., Брагін О.М. Селекція нових ліній-закріплювачів стерильності соняшнику. *Селекція і насінництво: міжвідомч. темат. наук. зб. Х., 2009. Вип. 97. С. 13–19.*
57. Колешкова Т.М., Рябчун В.К., Леонова Н.М. та ін. Формування робочої ознакової колекції сортів соняшнику за вмістом білка та олії в насінні. *Генетичні ресурси рослин*, 2016. № 19. С. 102–117.
58. Тучак О.І., Воронич Н.М. Зміни вільно радикального окислення ліпідів, активності антиоксидантної системи, вмісту оксиду азоту при йододефіцитному гіпотериозі. *Фізіол. Журн*, 2008. № 1. С. 54–62.
59. Туровецький В.Б., Поздняков С.П., Данилов В.С. Свободнорадикальное окисление липидов биологических мембран. Действие линолевой кислоты и продуктов ее окисления на функциональные параметры митохондрий. *Биофизика*, 1978. № 6. С. 1015–1018.
60. Пелехова Л.С., Усатюк С.І. Оцінювання загальної антиоксидантної активності рослинних олій. *Національний університет харчових технологій*, 2012. № 5. С. 1–7.
61. Смоляр В.І. Аліментарні ефектори ліпідного обміну. *Проблеми харчування*, 2003. № 1. С. 8–14.

62. Szydłowska-Czeraniak A., Dianoczki C., Recseg K. Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*. 2008. Vol. 5. P. 899–905.
63. Fisher-Wellman K., Bell H.K., Bloomer R.J. Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms linked to exercise during cardiopulmonary and metabolic disorders. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2009. V. 2. P. 43–51.
64. Laranjinha J. Oxidative stress. Inflammation and angiogenesis in the metabolic syndrome. *N. Y.* 2009. P. 21–32.
65. Резніков О.Г., Полумбрик О.М., Бальон Я.Г., Полумбрик М.О. Прота антиоксидантна системи та патологічні процеси в організмі людини. *Вісн. НАН України*, 2014. № 10. С. 17–29.
66. Durackova Z. Some current insights into oxidative stress. *Physiol. Res.* 2010. V. 59. P. 459–469.
67. Барабой В.А., Резніков О.Г. *Фізіологія, біохімія і психологія стресу*. К.: Інтерсервіс, 2013. 314 с.
68. Lobo V., Phatak A., Chandra N. Free radicals and functional foods: impact on human health. *Pharmacol. Rev.* 2010. V.4. P. 118–126.
69. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva: WHO, 2003. [Електронний ресурс]. Режим доступу. <http://www.who.int/trs/WHOTRS916.pdf>.
70. Choe E., Min D.B. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2009. V.8. P. 345–358.
71. Polumbryk M., Ivanov S., Polumbryk O. Antioxidants in food systems. Mechanism of action. *Ukr. J. Food Sci.* 2013. V. 1. P. 15–40.
72. Надиров Н.К. *Токоферолы и их использование в медицине и сельском хозяйстве*. М. Наука, 1991. 335 с.
73. Аристархова, С.А. Храпова Н.Г. К вопросу об ингибирующей активности токоферола. М.: *Биоантиокислители и регуляция окислительных процессов в клетке*, 1972. С. 9.

74. Бурлакова Е.Б. Биоантиоксиданты. Рос. хим. Журн, 2007. Т. 51. № 1. С. 3–12.
75. Иванов И.И., Мерзляк М.Н., Тарусов Б.Н. Витамин Е, биологическая роль в связи с антиоксидантными свойствами. Сб. Биоантиокислители. Труды МОИП. М: Наука, 1975. С. 30–52.
76. Колотникова А.И. Глушанков Е.П. Витамины Е. Витамины: Химия, биохимия и физиологическая роль. Л.: ЛГУ, 1976. С. 5466.
77. Osborne T.B., Mendel L.B. Nutritive factors in plant tissues. I. The protein factors in the seeds of cereals. J. Biol. Chem. 1918. Vol. 34. P. 521–536.
78. Osborne T.B., Mendel L.B. The nutritive value of yeast protein. J. Biol. Chem. 1919. Vol. 38. P. 223–227.
79. Evans H., Bishop K.S. On an invariable and characteristic disturbance of reproductive function in animals reared on a diet poor in fat soluble vitamine A. Anat. Rec. 1922. Vol. 23. № 1. P. 17–21.
80. Evans H., Hoagland D.R. Uber die synthese von vitamine E durch in nahrlosungen gerogene pflanzen. Amer. J. Physiol. 1927. Vol. 80. P. 702–704.
81. Evans H., Bur G.O. Development in the sucking young of mother deprived of vitamine E. J. Biol. Chem. 1928. Vol. 76. P. 273–296.
82. Смирнов М.И. Витамин Е. Витамины М.: Медицина, 1974. С. 125-127.
83. Труфанов А.В. Витамин Е (токоферолы). Биохимия и физиология витаминов и антивитаминов. С.: Сельхозизд, 1959. С. 509–513.
84. Evans H., Emerson O., Emerson G. The isolation from wheat germ of an alcohol α -tocopherol. J. Biol. Chem. 1936. Vol. 113. P. 319–325.
85. Emerson O., Evans H., Emerson G. The isolation from cottonseed oil of an alcohol resembling α -tocopherol from wheatgerm oil. Science. 1936. Vol. 83. N 2157. P. 421–425.
86. Fernhols E. On the constitution of α -tocopherol. J. Amer. Chem. Soc. 1938. Vol. 60. N 3. P. 700–704.
87. Karrer P., Fritzsche H., Ringer B. Synthese des α -Tocopherol. Helv. chim. acta. 1938. Bd. 21. S. 820–825.

88. Smith L., Irvin W., Herbert E. The chemistry of vitamin E. 17. The oxidation products of α -tocopherol and related 6-hydroxychromane. Amer. Chem. Soc. 1939. Vol. 61. N 9. P. 2424–2429.
89. Karrer P. Fritzsche H. Uber die niederen homologen des α -Tocopherol. β - Tocopherol. Konstitutionsspezifität des vitamin E – Wirkung. Helv. Chim. 1939. Bd. 22. S. 260–263.
90. Emerson O., Smith L. The chemistry of vitamin E. 24. The structure of γ -tocopherol. Amer. Chem. Soc. 1940. Vol. 62. N 7. P. 1869–1871.
91. Stern M., Robeson C., Weisler L. δ -Tocopherol. J. Amer. Chem. Soc. 1947. Vol. 69. N 4. P. 869–874.
92. Mc. Hale D. Tocopherols. Synthesis of 7-methyltocopherol. J. Chem. Soc. 1958. № 4. P. 1600–1603.
93. Mc. Hale D., Mamalis P., Green J. Tocopherols. Synthesis of 5-methyltocopherol. J. Chem. Soc. 1959. № 11. P. 3362–3368.
94. Mc. Hale D. Tocopherols. Structural and synthetic studies of ϵ -tocopherol. J. Chem. Soc. 1963. № 2. P. 784–786.
95. Островский Ю.М. Витамин Е. Экспериментальная витаминология. Минск.: Наука и техника, 1979. С. 18–57.
96. Лифляндский В. Витамины и минералы. СПб.: НЕВА, 2006. 640 с.
97. Смирнов В.А., Климочкин Ю.Н. Витамины и коферменты: учеб. пособ. Ч. 2. Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2008. 91 с.
98. Reed L.J., Harris R.S., Wool L.G. Biochemistry of lipoic acid. Acad press. 1962. Vol. 20. P. 1–38.
99. Кудряшов Б.А. Витамин Е и механизм его действия. Учен. Зап. МГУ. 1940. Вып. 32. С. 39–44.
100. Колотилова А.И., Глушанков Е.П. Витамин Е. Л.: Из-тво ЛГУ. 1976. С. 54-56.
101. Морозкина Т.С., Мойсеенок А.Г. Витамины. Минск. 2002. С. 66–72.
102. Назаров И.Н. Химия Витаминов. Пищепромиздат. 1959. 98 с.

103. Smith L.I., Renfrow W.B., Ople J.W. Chemistry of vitamin E. I bid. 1942. Vol. 64. № 5. P. 1086–1087.
104. Токоферолы. Краткая химическая энциклопедия. М.: Сов. Энциклопедия, 1967. Т. 5. С. 206–207.
105. Velasco L., Fernandez-Martinez J.M., Garcia-Luiz R., Dominguez J. Genetic and enviromental variation for tocopherol content and composition in sunflower comercial hybrids. J. Agric. Sci. 2002. № 139. P. 425–429.
106. Демурин Я.Н. Генетический анализ и селекционное использование признаков состава жирных кислот и токоферолов в семенах подсолнечника. Демурин Яков Николаевич: автореф. дис. доктора биол. наук Санкт-Перербург, 1999.
107. Гольденберг В.И., Тенцова А.И., Пилько Е.К. Окислительное старение жировых основ и механизм действия антиоксидантов. Химико-фармацевтический журнал, 1978. № 12. С. 121–125.
108. Vera-Ruiz E.M., Fernandez-Martinez J.M. Genetic mapping Tph₁ gene controlling beta-tocopherol accumulation in sunflower seeds. Molecular breeding. 2003 № 17. P. 291–296.
109. Демурин Я.Н. Генетический анализ состава токоферолов в семенах подсолнечника. Тезисы докладов 2-го Всесоюзного совещания по Генетике развития. Ташкент, 1990. Т.1. С.48–49.
110. Демурин Я.Н., Попов П.С., Антонова Т.С., Упадхья У.К. Состав жирных кислот и токоферолов в каллусе из семян мутантных линий подсолнечника. Науч.-технич. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 1990. Вып.4. С.26–29.
111. Демурин Я.Н. Фенотипическая изменчивость и корреляция содержания токоферолов с некоторыми биохимическими признаками семян подсолнечника. Науч. -технич. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 1986. Вып. II (93). С.21–24.
112. Демурин Я.Н. Генетическое изучение признаков качества масла подсолнечника во ВНИИМК Основные итоги научно-исследовательской работы по масличным культурам (к 100-летию ВНИИМК). Краснодар, 2012. С113–121.

113. Демури́н Я.Н. Генетический анализ состава токоферолов в семенах подсолнечника. Науч.-техн. бюл. ВИР. Ленинград, 1986. Вып. 165. С. 49-51.
114. Kurnik E. Tocopherol content in sunflower varieties. Bull. Agric. Res. Inst. Iregszemse. 1967. V. 7. № 1. P. 7–12
115. Velasco L., Pérez-Vich B., Fernández-Martínez J.M. Evaluation of wild sunflower species for tocopherol content and composition. HELIA. 2004. Vol. 40. P. 107–112.
116. Попов П.С., Дьяков А.Б., Бородулина А.А., Демури́н Я.Н. Генетический анализ состава токоферолов и жирных кислот в семенах подсолнечника. Генетика, 1988. № 3. С. 518–527.
117. Demurin Y.N. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. Helia. 1993. V. 16. № 18. P. 59–62.
118. Попов П.С., Демури́н Я.Н. Генетика признаков качества масла. Биология, селекция и возделывание подсолнечника. Под ред. В. М. Пенчукова. Агропромиздат, 1991. С. 57–61.
119. Demurin Y.N., Efimenko S.G., Peretyagina T.M. Expressivity of tocopherol mutations in sunflower. Helia. 2006. V. 29. № 45. P. 55–62.
120. Demurin Y.N., Skoric D., Karlovic D.J. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds as a basis of breeding for improved oil quality. Plant Breeding. 1996. V. 115. P. 33–56.
121. Демури́н Я.Н., Перетягина Т.М. Гибридологический анализ экспрессивности мутаций trh_2 в различных генотипических средах у подсолнечника. Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 2007. Вып. 2. С. 25–26.
122. Демури́н Я.Н., Ефименко С.Г., Перетягина Т.М. Линии подсолнечника с различной экспрессивностью мутации состава токоферолов в семенах. Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 2006. Вып. 2. С. 35–37.

123. Демури́н Я.Н. Влияние мутаций по составу жирных кислот и токоферолов на качество масла семян подсолнечника. Наука Кубани, 2002. № 1. С. 53–58.
124. Суровикин В.Н., Бородин С. Г. Новый сорт подсолнечника Фаворит. Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. Краснодар, 1995. Вып. 116. С. 25–26.
125. Попов П.С., Демури́н Я.Н. Повышение устойчивости масла к гидролитическому распаду в семенах подсолнечника. Материалы международной конференции посвященной 90-летию ВНИИМК, 2003. С. 35–40.
126. Демури́н Я.Н., Попов П.С., Левицкая А.Н. Устойчивость масла к гидролитическому распаду в семенах подсолнечника. Наука Кубани, 2003. № 1. С. 83–87.
127. Tang S. Ty 3/ gypsy-like retrotransposon
128. Velasco L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Development of sunflowers germplasm with high delta-tocopherol content. *Helia*. 2007. № 27. P. 99–106.
129. Velasco L., Fernandez-Martinez J.M. Identification and genetic characterization of new sources of beta and gamma tocopherol in sunflower germoplasm. *Helia*. 2008. № 26. P. 17–24.
130. Velasco L., Dominguez J., Fernandez-Martinez J.M. Registration of ТБ 89 and T2100 sunflower germoplasms with modified tocopherol profiles. *Crop. Sci.* 2004. № 44. P. 361–362.
131. Velasco L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Novel variation for tocopherols profile in sunflower created by mutagenesis and recombination. *Plant Breed.* 2004. № 123 (5). P. 490–492.
132. Velasco L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M., Dominguez-Gimenez J. Novel variation for tocopherols profile in sunflower. In: Proc 16th Intl. Sunflower Conf. 2005. Vol. 2. P. 793–798.
133. Demurin Y.N., Efimenko S.G., Peretyagina T.M. Genetic identification of tocopherol mutation in sunflower. *Helia*. 2004. № 24 (40). P. 113–116.

134. Garsia-Moreno M.J., Vera-Ruiz E.M., Fernandez-Martinez J.M., Velasco L., Perez-Vich B. Genetic and molecular analysis of high gamma-tocopherol content in sunflower. *Crop. Sci.* 2006. № 46. P. 2015–2021.
135. Garsia-Moreno M.J., Fernandez-Martinez J.M., Velasco L., Perez-Vich B. Genetic basis of unstable expression of high gamma-tocopherol content in sunflower seeds. *BMC Plant Biol.* 2012. № 12. P. 123–131.
136. Garsia-Moreno M.J., Fernandez-Martinez J.M., Perez-Vich B., Velasco L. In: A modifying gene effecting gamma-tocopherol content in sunflower. International sunflower association. Paris. 2008. P. 601–604.
137. Demurin Y.N., Borisenco O.M., Peretyagina T.M., Perstenyeva A.A. Gene linkage test for *imr* with *Ol*, *tph₁* and *tph₂* mutations in sunflower. *Helia.* 2006. № 29 (44). P. 41–46.
138. Perez-Vich B., Berry S.T., Velasco L., Fernandez-Martinez J.M., Grandhi S., et al. Molecular mapping of nuclear male sterility genes in sunflower. *Crop. Sci.* 2005. -№ 54. P. 1851–1857.
139. Del Moral L., Fernandez-Martinez J.M., Perez-Vich B., Velasco L. Expression of modified tocopherol content and profile in sunflower tissue. *J. Sci Food Agric.* 2012. № 92. P. 351–357.
140. Berry S.T., Leon A.G., Hanfrey C.C., Challis S., Burkholz A., Rufener G. K., Lee M. Molecular marker analysis of *Helianthus annuus*. Construction of an RFLP linkage map for cultivated sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 1995. № 91. P. 195–199.
141. Hass C.G., Tang S., Leonard S. Three non allelic epistatically interacting methyltransferase mutation produce novel tocopherol (vitamin E) profiles in sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 2006. № 113. P. 767–782.
142. Friedt W., Granssmann M., Korell M. Improvement 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.
143. Hauman B.F. Modified oil may be the key to sunflower future. *Oil. Chem. Soc.* 2012. № 11(5). P. 1198–1210.

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

145. Karlovic D., Recseg K., Kovari K. Characteristic quality and antioxidative stability of sunflower oil with altered fatty acid and tocopherol composition. 22th World congress and exhibition of the international society for fat research. 2013. P. 128–137.

146. Полупан Н.И. Почвенно-климатические условия зон области. Научно обоснованная система земледелия Харьковской области. Харьков: Облполиграфиздат, 1988. С. 7–13.

147. Макляк К.М., Кириченко В.В. Особенности реакции гибридов подсолнечника на температурный режим межфазных периодов. Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. НАН України, НААН України, АМН України, Укр. т-тво генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова. Київ: Логос, 2013. Т. 13. С. 72–76.

148. Макляк К.М. Дослідження температурного режиму посушливих зон України та обґрунтування селекційної програми зі створення жаростійких гібридів соняшнику. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. НААН Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2017. Вип. 22. С. 161–173.

149. Миусский П.Е. Агрометеорологические условия теплообеспеченности подсолнечника в различных районах Украины. Метеорология, климатология и гидрология: межвед. Науч. Сб. Ленинград, 1969. Вып. 5. С. 141–144.

150. Смирнова В.А. Опыт изучения связи урожайности подсолнечника с климатическими условиями места возделывания. Тр. НИИАК, 1958. Вып. 6. С. 79–93.

151. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. Ленинград: Гидрометеоздат, 1972. 144 с.

152. Оверченко Б. Выращивание подсолнечника в климатических условиях Украины. АгроПерспектива. 2005. № 2. С. 27–31.

153. Кульбіда М.І., Адаменко Т.І. Середня декадна та місячна температура повітря. Середня декадна та місячна сума опадів (за період 1961–1990 рр.). Київ, 2000. 6 с.
154. Агроклиматический справочник по Харьковской области. Ленинград: Гидрометиздат, 1957. 179 с.
155. Декадний агрометеорологічний бюллетень. Харківський обласний центр з гідрометеорології; Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій. Харків, 2014. 8 с.
156. Бабиченко В.Н., Барабаш М.Б., Логвинов К.Т. Природа Украинской ССР. Климат. Киев: Наукова думка, 1984. 232 с.
157. Фурсова А.К. Метеорологические условия и урожай. Масличные культуры. 1987. № 6. С. 15–16.
158. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навчальний посібник. Одеса: Вид. ТЕС, 2012. 180 с.
159. Адаменко Т. Особливості погодних умов весняно-літньої вегетації сільськогосподарських культур в Україні. Агроном, 2009. № 3. С. 12–13.
160. Кириченко В.В., Цехмейструк М.Г., Рябчун Н.І., Огурцов Ю.С. Стан і перспективи розвитку сільського господарства Харківщини в умовах зміни клімату. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. НААН Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2011. Вип. 10. С. 10–26.
161. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР по обеспечению растений теплом и влагой. Вопросы агроклиматического районирования СССР. Москва : Изд-тво МСХ СССР, 1958. С. 56–58.
162. Удова Л.О., Прокопенко К.О., Дідковська Л.І. Вплив змін клімату на розвиток аграрного виробництва. Економіка і прогнозування, 2014. № 3. С. 107–120.
163. Кульбіда М.І. Клімат України: у минулому і майбутньому: монографія. Київ: Сталь, 2009, 234 с.
164. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Селекція соняшнику на підвищення вмісту токоферолів в олії. Матеріали

международной научно-практической конференции «Генофонд растений и его использование в современной селекции» посвященной памяти профессора Н.М.Чекалина (Полтава, 22-23 апреля, 2015 года) С. 119–120.

165. Н.С. Харитоненко, В.В. Кириченко, В.В. Поздняков, О.В. Анциферова. Новий напрям в селекції соняшнику на якість продукції. Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур: матеріали Міжнародної наукової і інтернет-конференції (Запоріжжя, 16 листопада 2017 р.). Запоріжжя, 2017.

166. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.3. Масличные, эфиромасличные, лекарственные, шелковица, тутовый шелкопряд. М., 1983. 184 с.

167. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

168. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високої роздільної здатності вимірювання α -, β -, γ -, δ -токоферолів (EN 12822:2000, IDT): ДСТУ EN 12822:2005. [Чинний від 2006-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 13 с. (Національний стандарт України).

169. Arabshahi-Deloue S. Urooj A. Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts of Mulberry *Morus indica* L. Leaves. Food Chem. 2007. Vol. 102. P. 1233 – 1240.

170. 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.

171. Методы биохимического исследования растений. Под ред. А.И. Ермакова. Изд. 3-е, перераб. И доп. Л. : Агропромиздат, 1987. 432 с.

172. Прохорова М.И. Методы биохимических исследований. Ленинград: Химия, 1982. 272 с.

173. Долгова Е.М., Аладьина З.К., Михайлова В.Н. Экспресс-метод оценки подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. Селекция и

семеноводство. рес-публ. межведомств. тематич. научн. сб. Киев, 1990. Вып 68. С. 50-55.

174. [Электронный ресурс]. Режим доступа. <http://www.yuriev.com.ua/images/pdf/2019.02.27-SONYACH.pdf>

175. Ефименко С.Г. Использование мутаций состава токоферолов и жирных кислот в селекции подсолнечника на качество масла: Дис. Кандидата биологических наук: 06.01.05: Краснодар, 2003 122 с.

176. В.В. Кириченко, В.І. Сівенко, К.М. Макляк, О.А. Сівенко, О.З. Сатаров, Е.О. Лебеденко, В.В. Андриенко, Н.С. Харитоненко, А.Н. Брагін, Т.В. Шишман. Результаты теоретических исследований и их применение в селекции подсолнечника. Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. – Вип. № 1. Київ, 2014. С. 113–121.

177. Брагін О.М. Створення вихідного матеріалу та гібридів соняшнику з підвищеним вмістом гліцеридів пальмітинової кислоти в олії: Дис. Кандидата сільськогосподарських наук: 06.01.05: Харків, 2010. 160 с.

178. Султанович Ю.А., Духу Т.А. Потенциал применения высокоолеинового масла при производстве кондитерских изделий. Пищевая промышленность. Вып. № 2, 2012 г., Москва. С. 66–68.

179. Султанович Ю.А., Духу Т.А. Высокоолеиновое подсолнечное масло – основа для фритюрных масел и жиров. Пищевая промышленность. Вып. № 3, 2012 г., Москва. С. 22–24.

180. Нагорнов С.А. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. Тамбов. Изд-тво ГОУ ВПО ТГТУ., 2010 г., 96 с.

181. Демури́н Я.Н., Перетигина Т.М., Гордовская Н.Н. Изменчивость содержания токоферолов линий подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 4 (176), 2018 г., С. 20–22.

182. Velasco L., Del Moral L., Perez-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Selection for contrasting seed tocopherol content in sunflower seeds. Journal of Agricultural Science. 2010. V. 148. P. 393–400.

183. Демури́н Я.Н. Фенотипическая изменчивость и корреляция содержания токоферолов с некоторыми биохимическими признаками семян подсолнечника. НТБ ВНИИМК. 1986. Вып. II (3). С. 21–24.

184. Наумова Н.Л., Лукин А.А. Сравнительная оценка качества нерафинированного подсолнечного масла. Вестник ЮУрГУ., Вып. № 3, 2013 г., С. 148–152.

185. Кучерук З.І., Федак Н.В, Діхтярь А.М., Носко З.І., Тимчук С.М. Вивчення жирно-кислотного складу олії високоолеїнового типу з насіння соняшнику та перспективи її використання у виробництві борошняних кондитерських виробів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2010. Вип. 1. С. 117–122.

186. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П., Святченко С.І. Селекция подсолнечника на улучшение качества масла. Вестник Белорусской государственной сельськохозяйственной академии, 2018 № 3. С. 129–134.

187. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Попов В.М., Супрун О.Г., Анциферова О.В., Поздняков В.В. Значення вмісту та ізомерного складу токоферолів у рослинній сировині. Науково-практичний збірник «Посібник українського хлібороба. Вип. №2. Київ, 2014. С. 100–102.

188. Попов В.Н., Кириченко В.В., Мужская стерильность подсолнечника. Харьков., 2010., 156 с.

189. Харитоненко Н.С. Вихідний матеріал соняшнику з різним вмістом токоферолів і перспективи його використання в селекції. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Стійкість соняшнику до біо- ті абіотичних чинників (Харків, 24-25 червня, 2014 року) С. 121–126.

190. Bedov S. Variability of oil content in newly-made restorer lines. Giving advice about the improvement of oil production in Yugoslavia. Belgrade., 1986., p. 81–87.

191. Bedov S., Skoric D. Possibilities of increasing protein content in sunflowers. Eucarpia-oil and protein crops section. Symposium: Vurv-ruzyne., October 26–30.

192. Демури́н Я.Н., Перетя́гина Т.М. Наследование экспрессивности мутации trh_2 в скрещивании с нормальним генотипом подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 2 (141), 2009 г.

193. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В. Прояв ступеня домінування вмісту токоферолів у гібридів F_1 соняшнику. Селекція і насінництво. 2017. вип. 112. С. 134–143.

194. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Прояв ефекту гетерозису вмісту токоферолів у гібридів F_2 соняшнику. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Харків, № 22. 2017. С. 141–146.

195. Літвінова І.О. Подовження строків зберігання напівфабрикатів та ковбас з використанням поліфенольних сполук з виноградного насіння. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідро біонтів. Одеса., 2016.

196. Журавлева Людмила Николаевна. Изучение окисления растительных масел при высокотемпературном нагреве во фритюре и разработка способов повышения их стабильности. Диссертация кандидата технических наук. Специальность 05.18.06. Санкт-Петербург, 2009. 134 с.

197. Хацкевич Ю.М., Щербакова Т.В., Селютіна Г.А. Застосування олій купажованих у виробництві майонезів. Наукові праці НУХТ 2016. Том 22, № 4. С. 214–227.

198. Симакова И.В. Научные и прикладные аспекты обеспечения безопасности продукции быстрого питания. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук. 05.18.15. Саратов 2015. 462 с.

199. Півень О.М. Технології стабілізації харчових жирів щодо окислювального псування. Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 05.18.06. Харків, 2007.

200. Абдулгасис Д.У., Якубов Ф.Я., Абдулгасис У.А., Аметов Н.Э. Совершенствование функциональных свойств СОТС на основе растительных

масел. Ученые записки Крымского государственного инженерно-педагогического университета. Выпуск 4. Симферополь: Доля, 2003.

201. Менумеров Э.Р., Якубов Ч.Ф., Аметов И.Э. Повышение окислительной стойкости СОТС растительной природы присадками из антиоксидантов. Високі технології в машинобудуванні High technologies of machine-building: зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2009. Вип. 1 (18). С. 123–130.

202. [Электронный ресурс]. Режим доступа.
http://xcook.info/antioksidanty/pishhevoj_antioksidante304askorbilpalmitat.html#content

203. [Электронный ресурс]. Режим доступа.
<https://shop.bodybuilding.ua/katalog/vitaminyi-i-mineralyi/antioksidantyi/>

ДОДАТКИ

Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1938

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

сосяшнику однорічного лінія Х177В,

зарєстрований під номером Національного каталога UE0101408

Посидання антиоксидантної активності 58,57 %, вмісту α -токоферолу 51 %, γ -токоферолу 49 %, олійності 38,5 %, маси 1000 насінин 70,6 г при продуктивності 44,1 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004320 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України

 **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1939

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1711В,

zareestrovaniy pid nomerom Natsional'nogo kataloga UE0101409

Поєднання антиоксидантної активності 62,2 %, вмісту
α-токоферолу 80,56 %, γ-токоферолу 19,44 %, олійності 42,3 %, маси 1000
насінин 43 г при продуктивності 63,7 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004321 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України

 **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1940

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1712В,

зареєстрований під номером Національного каталога UE0101410

Поєднання антиоксидантної активності 75,85 %, вмісту α-токоферолу 43,43 %, β-токоферолу 25,1 %, γ-токоферолу 11,72 %, δ-токоферолу 19,75 %, олійності 43,7 %, вмісту білку 19,2 %, маси 1000 насінин 53,6 г при продуктивності 67,1 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Яциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН
Запит № 004322 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України  **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1941

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1717В,

zareestrovanyj pid nomerom Natsional'nogo kataloga UE0101412

Поєднання антиоксидантної активності 82,74 %, вмісту α-токоферолу 51,78 %, β-токоферолу 46,12 %, γ-токоферолу 2,09 %, δ-токоферолу 0,02 %, олійності 51 %, маси 1000 насінин 53,6 г при продуктивності 14 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004323 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України

 **В.К. Рибчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**
№ 1942

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1719В,

zareestrovaniy pid nomerom Natsional'nogo kataloga UE0101413

Поєднання антиоксидантної активності 83,1 %, вмісту α -токоферолу 14,3 %, β -токоферолу 0,02 %, γ -токоферолу 75,65 %, δ -токоферолу 10,02 %, олійності 45,8 %, маси 1000 насінин 64,3 г при продуктивності 80 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім В.Я.Юр'єва НААН
Запит № 004324 від 18.10.2018
Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України  **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1943

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1738В,

зарєстрований під номером Національного каталога UE0101416

Поєднання антиоксидантної активності 81,0 %, вмісту α -токоферолу 52,5 %, β -токоферолу 3,15 %, γ -токоферолу 42,3 %, δ -токоферолу 2,12 %, олійності 43,0 %, вмісту білку 20,2 %, маси 1000 насінин 58,0 г при продуктивності 49,4 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН
Запит № 004325 від 18.10.2018
Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру генетичних ресурсів рослин України

 **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1944

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1729В,

zareestrovaniy pid nomerom Natsional'nogo kataloga UE0101415

Поєднання антиоксидантної активності 77,5 %, вмісту α-токоферолу 40,7 %, β-токоферолу 58,44 %, γ-токоферолу 0,89 %, δ-токоферолу 0,02 %, олійності 35,6 %, маси 1000 насінин 29,6 г при продуктивності 26 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004326 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин
України

 **В.К. Рябчун**



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1945

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1725В,

zareєстрований під номером Національного каталога UE0101414

Поєднання антиоксидантної активності 79,86 %, вмісту α -токоферолу 56,97 %, β -токоферолу 43,03 %, γ -токоферолу 0,02 %, δ -токоферолу 0,02 %, олійності 45,65 %, маси 1000 насінин 53,8 г при продуктивності 54,5 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004328 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин
України


В.К. Рябчун



Свідоцтва про реєстрацію зразків та колекцій генофонду рослин в Україні

УКРАЇНА



С В І Д О Ц Т В О

**про реєстрацію зразка
генофонду рослин в Україні**

№ 1946

На підставі повноважень, наданих Національною академією аграрних наук України, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Національний центр генетичних ресурсів рослин України видав це свідоцтво на зразок генофонду

соняшнику однорічного лінія Х1747В,

zareєстрований під номером Національного каталога UE0101417

Посідання антиоксидантної активності 77,71%, вмісту α-токоферолу 54,7 %,
β-токоферолу 43,99 %, γ-токоферолу 1,33 %, δ-токоферолу 0,02 %, олійності
28,70 %, маси 1000 насінин 32,3 г при продуктивності 74,4 г.

Автори: Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В.,
Анциферова О.В., Коломацька В.П.

Заявник: Інститут рослинництва ім В.Я.Юр'єва НААН

Запит № 004329 від 18.10.2018

Дата видавання свідоцтва 25.04.2019

Керівник Національного центру
генетичних ресурсів рослин
України

 **В.К. Рябчун**



Каталог інбредних ліній соняшнику із зміненим вмістом ізомерів токоферолів

**Національна академія аграрних наук України
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва**

**КАТАЛОГ
інбредних ліній соняшнику
і зміненим вмістом ізомерів
токоферолів**

Харків - 2019

Список публікацій здобувача

Статті у фахових наукових виданнях України

1. Кириченко В.В., Сивенко В.И., Макляк Е.Н., Сивенко А.А., Сатаров А.З., Лебеденко Е.А., Харитоненко Н.С., Андриенко В.В., Брагин А.Н., Шишман Т.В. Результаты теоретических исследований и их применение в селекции подсолнечника. Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. Вип. № 1. Київ, 2014. С. 113–121.

2. Кириченко В.В., Харитоненко Н.С. Прояв ступеня домінування вмісту токоферолів у гібридів F_1 соняшнику. Селекція і насінництво. 2017. вип. 112. С. 134–143.

3. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Святченко С.І. Прояв ефекту гетерозису вмісту токоферолів у гібридів F_2 соняшнику. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Харків. № 22. 2017. С. 141–146.

4. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Нові лінії соняшнику зі зміненим вмістом ізомерів токоферолів. - Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва, Частина 1. Випуск 92. 2018 року. С. 291–298.

Статті у наукових міжнародних виданнях

5. Н.С. Харитоненко, В.В. Кириченко, В.В. Поздняков, О.В. Анциферова, В.П. Коломацька, С.І. Святченко. Селекція подсолнечника на улучшение качества масла. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018 № 3. С. 129–134.

Статті у наукових виданнях

6. Н.С. Харитоненко, В.В. Кириченко, В.М. Попов, О.Г. Супрун, О.В. Анциферова, В.В. Поздняков Значення вмісту та ізомерного складу токоферолів у рослинній сировині. Науково-практичний збірник «Посібник українського хлібороба. Вип. №2. Київ. 2014. С. 100–102.

Матеріали наукових конференцій

7. Харитоненко Н.С. Вихідний матеріал соняшнику з різним вмістом ізомерів токоферолів і перспективи його використання в селекції. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. «Стійкість соняшнику до біо- та абіотичних чинників». 24–25 червня 2014 р., Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2014. С. 121–126.

8. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Попов В.Н. Перспективы селекции подсолнечника с измененным содержанием и изомерным составом токоферолов. Матеріали VII Міжнародній конференції «Масложировая отрасль: Технологии и рынок». 8–9 жовтня 2014 р., Київ, Інститут олії та жирів. 2014. С. 40–41.

9. 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 рослин і його використання в сучасній селекції» присвячена пам'яті професора Н.М. Чекаліна. 22–23 квітня 2015 р., Полтава. С. 119–120.

10. Харитоненко Н.С., Леонова Н.Н., Поздняков В.В., Удовиченко А.Ю., Анциферова О.В., Лютенко В.С. Антиоксидантная активность линий подсолнечника кондитерского направления использования. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее» посвященной 100-летию со Дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны. 24–26 листопада 2016 р., Белгород. 2016.

11. Харитоненко Н.С., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Створення нового вихідного матеріалу соняшнику з підвищеним вмістом вітаміну Е та його ізомерів токоферолів (β , γ , δ). Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». 23–24 жовтня 2017 р., Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2017. С. 356–357.

12. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Анциферова О.В. Перспективи селекції соняшнику на якість. Матеріали II Міжнародної науково-практичної

конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». 25–26 жовтня 2018 р. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2017. С.

13. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В. Новий напрям в селекції соняшнику на якість продукції. Міжнародна наукова інтернет-конференція «Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур». 16 листопада 2017 р. Запоріжжя. 2017 р.

14. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Анциферова О.В. Селекція соняшнику на якість рослинної продукції у поєднанні з іншими господарсько-цінними показниками. «Олійні культури: інновації та перспективи». 14 травня 2019. Запоріжжя. 2019 р.

15. Харитоненко Н.С., Анциферова О.В., Кириченко В.В. Лінії соняшнику з підвищеним вмістом β та γ токоферолів. Міжнародна наукова конференція «Підвищення ефективності селекції та рослинництва в сучасних умовах» присвяченій до 140-річчя від дня народження видатного вченого селекціонера-рослиника академіка В.Я. Юр'єва. 3–5 липня 2019 р. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019.

Свідоцтва про реєстрацію зразків генофонду рослин України

16. Свідоцтво №1938 на лінію соняшнику Х177В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

17. Свідоцтво №1939 на лінію соняшнику Х1711В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

18. Свідоцтво №1940 на лінію соняшнику Х1712В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

19. Свідоцтво №1941 на лінію соняшнику Х1717В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

20. Свідоцтво №1942 на лінію соняшнику Х1719В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

21. Свідоцтво №1943 на лінію соняшнику Х1738В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

22. Свідоцтво №1944 на лінію соняшнику Х1729В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

23. Свідоцтво №1945 на лінію соняшнику Х1725В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.

24. Свідоцтво №1946 на лінію соняшнику Х1747В. Харитоненко Н.С., Кириченко В.В., Поздняков В.В., Анциферова О.В., Коломацька В.П. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. 2019 року.