

The results of evaluation of the breeding value of 30 spring barley varieties of different genetic and geographical origin in terms of performance and plant structure elements in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine in 2013-2016 are presented. Peculiarities of the factor effects and their interaction on the formation of the trait of interest were determined. Correlations between quantitative traits and plant performance, depending on hydrothermal growing conditions, were calculated. Varieties that are of greatest value for barley breeding as starting material were identified.

**The aim and tasks of the study.** To evaluate 30 spring barley varieties for performance, plant structure elements and to select the most valuable starting material.

**Material and methods.** The research was conducted in the Laboratory of Barley Breeding and Genetics of the Plant Production Institute named after VYa Yuriev of NAAS. Thirty spring barley varieties of different genetic and geographical origin were taken as the study material. Data were statistically processed by variance, correlation and cluster analyses.

**Results and discussion.** Analysis of variance revealed peculiarities of the factor effects and their interaction on the formation of the traits of interest. The 1000-grain weight was mainly determined by the hydrothermal conditions of a year, while the spike length, grain number per spike, grain weight per spike and grain unit mainly depended on the genotype. The productive tillering capacity and plant performance were determined by interaction of these two factors. Correlation analysis revealed a compensatory effect for the plant performance: under the favorable conditions in 2016, a strong correlation was noted between the performance and productive tillering capacity ( $r = 0.77$ ); a medium correlation - between the performance, grain number per spike and grain weight per spike ( $r = 0.28$  and  $r = 0.34$ , respectively). Under the dry conditions in 2013, the correlations changed, namely: it decreased to an insignificant level between the performance and productive tillering capacity ( $r = 0.18$ ) and increased to strong levels between the performance, grain number per spike and grain weight per spike ( $r = 0.73$  and  $r = 0.75$ , respectively).

Cluster analysis categorized the investigated varieties into 4 clusters. Cluster 4 comprised varieties of the highest breeding value: Komandor, Mastvinster and Sebastian, combining high productive tillering capacity, grain weight per plant and grain unit.

**Conclusions.** Thus, the study selected varieties Komandor, Mastvinster, Kangoo and Sebastian as the most valuable starting material in terms of plant performance and its individual elements for spring barley breeding.

*Key words: spring barley, variety, starting material, performance, plant structure element, correlation, cluster analysis*

УДК 633.854.78:631.527:632.9

## ***ПРОЯВ СТУПЕНЯ ДОМІНУВАННЯ ВМІСТУ ТОКОФЕРОЛІВ У ГІБРИДІВ $F_1$ СОНЯШНИКУ***

---

Харитоненко Н.С., Кириченко В.В.  
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

У статті приведено результати вивчення вмісту ізомерів токоферолів ліній соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, ліній, отриманих з ВНДІОК (м. Краснодар) та гібридів першого покоління. Встановлено, що лінії соняшнику селекції ІР мають вміст  $\alpha$ -токоферолу в межах 95,01 %–99,22 % від загального вмісту токоферолів. Лінії отримані з ВНДІОК, мають  $\alpha$ -токоферолу 5,91 %–40,14 % від загального вмісту токоферо-

лів,  $\beta$ -токоферолу 3,98 %–57,21 % від загального вмісту токоферолів,  $\gamma$ -токоферолу 1,35 %–21,37 % від загального вмісту токоферолів,  $\delta$ -токоферолу 1,30 %–68,75 % від загального вмісту токоферолів. Розраховано ступінь домінування гібридів першого покоління за вмістом ізомерів токоферолів.

**Ключові слова:** соняшник, соняшникова олія, токоферол, антиоксидант

**Вступ.** Соняшник є основною олійною культурою України. Площі посівів соняшнику у світі сягають понад 20 млн. га., в Україні 5,8 млн. га.. У порівнянні з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га в середньому по Україні) [1]. Олії рослинного походження є одним з основних компонентів раціону людини і популярність цього продукту зростає. Тому підвищення якості соняшникової олії є на сьогодні пріоритетним питанням в Україні та за її межами [2, 3].

Насіння сучасних гібридів та сортів містить 50–54 % олії, яка має відмінні смакові якості, високу поживність та засвоюваність. Соняшкову олію використовують як безпосередньо в харчуванні, так і при виготовленні маргаринів, консервів, кондитерських та хлібобулочних виробів. Особлива цінність соняшникової олії полягає в її жирнокислотному та вітамінному складі [4].

**Аналіз літературних джерел, постановка проблеми.** Вирішення питання покращення якості соняшникової олії здійснюється багатьма способами, але економічно вигідним і екологічно безпечним вважається застосування селекційно-генетичних методів. Якість соняшникової олії, тобто її біологічна та харчова цінність залежить від жирнокислотного складу та присутності в ній супутніх біохімічних сполук, наприклад, токоферолів.

Серед біохімічних сполук, які присутні в насінні соняшнику, роль антиоксидантів виконують токофероли. Ці сполуки блокують вільнорадикальні реакції перекисного окислення [5].

Дослідження біологічної активності токоферолів було розпочато ще в 30-х роках минулого сторіччя. До певного часу ці сполуки оцінювалися лише як вітаміни антистерильності [5], та після проведення ряду досліджень було встановлено, що токофероли приймають участь у багатьох життєво необхідних процесах. Їх дефіцит призводить до порушень не тільки в репродуктивній системі організму, але і в інших системах органів та тканин.

Токофероли синтезуються лише рослинами і в організм людини потрапляють з їжею. Вони підтримують структурну цілісність клітин, запобігають окисленню ненасичених жирних кислот, активно приймають участь у обміні білків, вуглеводів, жирів.

Токофероли представляють інтерес для промислового виробництва. Це пов'язано із виготовленням синтетичних препаратів. Водночас в світі спостерігається тенденція збільшення споживання рослинних олій, які являються джерелами природних антиоксидантів. Слід зазначити, що токофероли, отримані природним шляхом, більш біологічно активні, ніж ті, що отримані синтетичним шляхом [5].

Токофероли, або вітаміни групи E, відносяться до природних похідних хроману [6]. До них відносять ряд сполук, що відрізняються між собою кількістю та положенням метильних груп у хромановому кільці. Окрім токоферолів, до групи вітаміну E відносять токотриєноли, які було виявлено в деяких природних джерелах. Токотриєноли є аналогами відповідних токоферолів і відрізняються від них структурою бокового поліізопрейдного ланцюга. Якщо в токоферолів вона повністю гідрована, то у токотриєнолів вона включає в себе три подвійних зв'язки, які регулярно чергуються [7, 8].

Як зазначалося вище, токофероли є антистерильними та мають антиокислювальні властивості. При цьому їх біологічна активність зменшується з підвищенням антиоксидантних властивостей [5]. Біологічна активність окремих представників групи вітаміну E залежить від їх структури і перш за все від кількості та положення метильних груп у хромановому кільці. Найбільшу біологічну активність має  $\alpha$ -токоферол, в якого всі три вільні положення ароматичного кільця заміщені метильними групами [6]. Саме цей ізомер має найбільшу частку серед інших ізомерів токоферолу в насінні звичайного соняшнику (95–97 %).

З відкриттям спонтанних мутацій, які контролюють вміст токоферолів, стало можливим їх використання в селекції на якість соняшникової олії [9]. Щодо генетики токоферолів, то на цей час відомо два гени, які успадковуються незалежно *Tph<sub>1</sub>* і *Tph<sub>2</sub>*, і відповідають за синтез токоферолів. Використання широкомасштабного скринінга та самозапилення дозволило відкрити їх рецесивні алелі *tph<sub>1</sub>* і *tph<sub>2</sub>* як спонтанні мутації. Ген *tph<sub>1</sub>* було ідентифіковано у лінії ЛГ15. Його присутність у генотипі в середньому дає 50 %  $\alpha$ -токоферолу та 50 %  $\beta$ -токоферолу. Ген *tph<sub>2</sub>* було ідентифіковано у лінії ЛГ17. Його присутність у генотипі в середньому дає 5 %  $\alpha$ -токоферолу і 95 %  $\beta$ -токоферолу. Під час поєднання мутацій *tph<sub>1</sub>* і *tph<sub>2</sub>* в одному генотипі було створено лінію ЛГ24, яка мала в своєму складі 8 %  $\alpha$ -токоферолу, 84 %  $\gamma$ -токоферолу і 8 %  $\delta$ -токоферолу. За даними дослідженнями було зроблено висновок, що мутантний ген *tph<sub>2</sub>* епістатично впливає на ген *tph<sub>1</sub>*, внаслідок чого в профілі соняшникової олії з'являється нова  $\delta$ -форма токоферолу [10].

Якщо  $\beta$ -токоферол є попередником  $\alpha$ -токоферолу, то можливі два шляхи появи у рецесивній гомозиготі *tph<sub>1</sub>tph<sub>1</sub>* фенотипу, який представлений 50 %  $\alpha$ -токоферолу і 50 %  $\beta$ -токоферолу:

- 1) неповне блокування реакції перетворення  $\beta$ -токоферолу в  $\alpha$ -токоферол;
- 2) повне блокування реакції – частина  $\alpha$ -токоферолу синтезується через  $\gamma$ -форму;

Подібне припущення можна застосувати відносно мутації *tph<sub>2</sub>*. Але блокування реакції в даному випадку відбувається більш жорстко, так як фенотип рецесивної гомозиготи *tph<sub>2</sub>tph<sub>2</sub>* включає в себе лише 5 %  $\alpha$ -токоферолу і 95 %  $\gamma$ -токоферолу, а в деяких випадках і 100 %  $\gamma$ -токоферолу.

Інші автори [11] висловлюють припущення про існування трьох локусів ( $m=Tph_1$ ,  $g=Tph_2$  і  $d$ ), які порушують синтез  $\alpha$ -токоферолу, що в свою чергу призводить до появи нових форм ізомерів токоферолів у насінні соняшнику. [12]

Іспанські вчені ідентифікували дві лінії, які мають різні форми токоферолів. Лінія T589 мала високий рівень  $\beta$ -токоферолу (30,4–48,5 % від загальної суми токоферолів), а інша T2100 мала високий рівень  $\gamma$ -токоферолу (87,9–93,9 % від загального вмісту токоферолів). За генетичним аналізом встановлено, що успадкування даної ознаки носить частково рецесивний характер, при проведенні схрещувань з генотипами, в яких переважає  $\alpha$ -токоферол [13].

За допомогою хімічного мутагенезу вдалося отримати нові лінії, які мали в своєму складі понад 85 %  $\gamma$ -токоферолу (IAST-1, IAST-540). Було встановлено, що ці дві лінії мають генетичну відмінність в контролі високого вмісту  $\gamma$ -токоферолу [14, 15, 16]. Автори, використовуючи хімічний мутагенез отримали лінії, які в третьому поколінні показали 85 % гамма токоферолу. В наступних поколіннях виділили лінію IAST-1 (вміст  $\gamma$ -токоферолу більше 90 %).

При вивченні дикорослих видів соняшнику було виявлено, що найвищий рівень токоферолу наявний в насінні *H. maximilianii*, ізомерний склад якого представлений 99 %  $\alpha$ -токоферолу, 0,7 %  $\beta$ -токоферолу, 0,3 %  $\gamma$ -токоферолу. Такий ізомерний склад токоферолів є близьким до ізомерного складу токоферолів культурного соняшнику. Однак деякі дикорослі види *Helianthus* також мали певну мінливість вмісту  $\beta$  і  $\gamma$ -токоферолів. Підвищений рівень  $\beta$ -токоферолу було виявлено в одній із популяцій *H. praecox* (11,2 % від загального вмісту токоферолів), *H. debilis* (11,8 % від загального вмісту токоферолів). В інших досліджених популяціях дикого соняшнику вміст  $\beta$ -токоферолу складав менше 6,5 %. Підвищений рівень  $\gamma$ -токоферолу виявлено в одній із популяцій *H. exilis* (7,5 % від загального вмісту токоферолів) і в двох популяціях *H. nutalii* (11,0 % та 14,6 %). Інші досліджені популяції показали досить низький вміст  $\gamma$ -токоферолу, менше 2 % [17].

Існувало припущення, що гени, які контролюють стійкість до несправжньої борошнистої роси та високий вміст олеїнової кислоти (*Imr* та *Ol*), з генами *tph<sub>1</sub>* і *tph<sub>2</sub>* успадковуються незалежно, що дає змогу використовувати їх в селекції на покращення комплексу ознак [18].

На сьогодні проводяться численні дослідження успадкування токоферолів соняшнику на молекулярному рівні [19, 20, 21]. Було визначено два маркери SSR, які пов'язані з *Tph<sub>2</sub>* у 8 групі зчеплення. Завдяки використанню додаткових маркерів визначено групу

зчеплення, до якої входить мутація *Tph<sub>2</sub>*, її картовано між маркерами ORS312 (3,6 сМ проксимальніше) ORS599 (1,9 сМ дистальніше).

Іде активна робота з використанням молекулярних маркерів (SSRs) для дослідження мутації *Tph<sub>1</sub>*, яка контролює накопичення β-токоферолу в насінні соняшнику. Результати досліджень показали, що *Tph<sub>1</sub>* розташований на верхньому кінці першої групи зчеплення і пов'язаний з SSR-маркерами ORS1093, ORS222, ORS598 [22].

Отже, з відкриттям генів, які контролюють високий вміст різних ізомерів токоферолів стало можливим створення вихідного матеріалу, який би поєднував у собі високу якість насіння з іншими господарсько-цінними ознаками.

Нами було досліджено різноманіття вмісту ізомерів токоферолів в насінні соняшнику ліній лабораторії селекції та генетики соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Розпочато роботу над створенням нового вихідного матеріалу.

**Мета і задачі досліджень.** Метою даної роботи було визначення прояву ступеня домінування вмісту токоферолів у F<sub>1</sub> соняшнику та створення аналогів по кожній із модифікацій, які б поєднували у собі високий вміст різних ізомерів токоферолів із стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища. Ми дослідили розчеплення в F<sub>1</sub> і виділили лінійний матеріал з підвищеним вмістом β, γ і δ-токоферолів.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень послуговували лінії - носії високого вмісту ізомерів токоферолів Vk-L-1, Vk-L-4, Vk-L-8, отриманих з ВНДІОК, лінії, отримані в лабораторії селекції та генетики соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва X135B, X114B та гібриди F<sub>1</sub>.

Аналіз вмісту та складу токоферолів здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії [23] на хроматографічній системі Smartline фірми "Knauer" (Німеччина) з використанням колонки Eurospher II-5-Si 250 × 4 у варіанті прямофазного розділення. Рухомою фазою був 0,5 % розчин ізопропилового спирту у н-гексані. Швидкість потоку елюента складала 1,5 мл/хвил. Фотометрирування здійснювали УФ-детектором при 295 нм. Піки на хроматограмах ідентифікували за часом утримання, встановленим для чистих препаратів α-, β-, γ- та δ- токоферолів фірми Merck. Вміст ізоформ токоферолів визначали за допомогою програми Clarity Chrom (фірма Knauer).

Отримані результати піддавали статистичній обробці. НІР розраховували за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (без організованих повторностей). Розрахунки проводили в MS Excel-2007 за допомогою пакету даних «Аналіз даних» – однофакторний дисперсійний аналіз. Коефіцієнт варіації розраховували по загальноприйнятій формулі в MS Excel-2007 за допомогою пакету даних «Аналіз даних» – описательная статистика [24].

**Обговорення результатів.** Аналізуючи одержані результати вивчення ліній соняшнику, можна зробити висновок, що вміст ізомерів токоферолів у даних зразках представлений переважно α-токоферолом, за винятком лінії X736B (табл. 1). Мінливість прийнято вважати значною, якщо коефіцієнт варіації більше 20 % [24]. Спостерігається значна мінливість вмісту ізомерів токоферолів за дослідженими лініями.

Вміст α-токоферолу коливається в межах від 4,12 мг % (X279B) до 12,36 мг % (X220B), при середньому значенні 7,78 мг %. Достовірну різницю по α-токоферолу виявлено між усіма лініями, окрім X279B та X114B.

Вміст β-токоферолу коливається в межах від 0,45 мг % (X114B) до 9,99 мг % (X736B), при середньому значенні 2,30 мг %. Достовірну різницю по β-токоферолу виявлено між усіма лініями, окрім X279B, X114B та X1334B, вміст β-токоферолу в якого не перевищує 0,77 мг %.

Вміст γ-токоферолу коливається в межах від 0,03 мг % (X134B) до 1,31 мг % (X736B), при середньому значенні 0,45 мг %. Достовірну різницю по γ-токоферолу не виявлено лише між лініями X134B та X135B, X114B та X135B, X135B та X1334B, X220B та X279B.

Також було проаналізовано насіння ліній із контрастними спектрами ізомерів токоферолів (табл. 2).

Таблиця 1

## Вміст ізомерів токоферолів в насінні ліній соняшнику IP, 2013 рік

Зразок	Токоферол, мг%								Σ токо-феролів, мг%
	α-Т		β-Т		γ-Т		δ-Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
X134В	11,43	84,30	1,64	12,13	0,03	0,22	0,45	3,35	13,56
X114В	4,24	85,33	0,45	9,00	0,28	5,67	0,00	0,00	4,97
X736В	4,67	28,92	9,99	61,92	1,31	8,10	0,17	1,06	16,13
X135В	7,24	80,23	1,65	18,25	0,14	1,52	0,00	0,00	9,03
X279В	4,12	79,04	0,57	10,84	0,53	10,12	0,00	0,00	5,22
X1334В	10,36	90,62	0,77	6,70	0,23	2,00	0,28	2,46	11,44
X220В	12,36	88,27	1,02	7,26	0,63	4,47	0,22	1,55	14,01
<b>Хсер.</b>	7,78	76,67	2,30	18,01	0,45	4,59	0,16	1,20	10,62
<b>V, %</b>	43,71	26,63	141,6	104,1	92,24	76,33	115,8	116,5	39,21
<b>НІР<sub>0.05</sub></b>	0,31	2,80	0,32	2,04	0,12	1,21	0,17	1,22	0,59

δ-токоферол виявлено лише в зразках X134В, X736В, X1334В, X220В. Вміст δ-токоферолу у цих зразках коливається в межах від 0,17 мг % (X736В) до 0,45 мг % (X134В), при середньому значенні 0,28 мг %. Достовірну різницю виявлено лише між лініями X134В і X736В.

Спостерігається значна мінливість вмісту ізомерів токоферолів за дослідженими лініями. Вміст α-токоферолу коливається в межах від 3,73 мг % (Vk-L-2) до 10,14 мг % (Vk-L-5), при середньому значенні 5,40 мг %. Достовірну різницю по α-токоферолу виявлено між усіма лініями, окрім Vk-L-2, Vk-L-7 та Vk-L-8, вміст у якого не перевищує 3,95 мг %. Лінії Vk-L-5 та Vk-L-6 мають в своєму складі тільки α-токоферол.

Вміст β-токоферолу у інших зразках коливається в межах від 1,08 мг % (Vk-L-2) до 22,52 мг % (Vk-L-4), при середньому значенні 10,41 мг %. Достовірну різницю виявлено між усіма лініями, окрім Vk-L-1 та Vk-L-2.

Вміст γ-токоферолу коливається в межах від 0,54 мг % (Vk-L-1) до 6,60 мг % (Vk L 4), при середньому значенні 2,71 мг %. Достовірну різницю по γ-токоферолу виявлено між усіма лініями, окрім Vk-L-7 та Vk-L-8. δ-токоферол виявлено лише в зразках Vk-L-1, Vk-L-2 та Vk-L-4.

Вміст δ-токоферолу у цих зразках коливається в межах від 0,53 мг % (Vk-L-4) до 21,80 мг % (Vk-L-1), при середньому значенні 8,98 мг %. Між цими лініями виявлено достовірну різницю.

Таблиця 2

## Вміст ізомерів токоферолів в насінні ліній соняшнику ВНДЮК, 2013 рік

Зразок	Токоферол, мг%								Σ токо-феролів, мг%
	α-Т		β-Т		γ-Т		δ-Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
Vk-L-1	5,17	14,87	1,21	3,48	6,60	18,96	21,80	62,69	34,78
Vk-L-2	3,73	27,60	1,08	7,96	4,11	30,39	4,61	34,05	13,52
Vk-L-4	4,87	17,10	22,52	79,12	0,54	1,91	0,53	1,86	28,46
Vk-L-5	10,14	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,14
Vk-L-6	6,05	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05
Vk-L-7	3,95	18,63	16,05	75,77	1,19	5,60	0,00	0,00	21,18
Vk-L-8	3,93	24,14	11,21	68,97	1,12	6,88	0,00	0,00	16,26
<b>Хсер.</b>	5,40	43,19	7,44	33,62	1,94	9,11	3,85	14,09	18,63
<b>V, %</b>	39,54	85,82	117,1	108,8	121,9	119,2	199,6	167,4	52,02
<b>НІР<sub>0.05</sub></b>	0,24	0,88	0,35	0,77	0,17	0,41	0,27	0,94	0,69

Шляхом схрещувань на фертильній основі отримано гібриди першого покоління (табл. 3).

Таблиця 3

**Вміст ізомерів токоферолів в насінні гібридів F<sub>1</sub> соняшнику, 2013–2014 рр.**

Зразок	Токоферол, мг%								Σ токоферолів, мг%
	α-Т		β-Т		γ-Т		δ-Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
Vk-L-4/X135B	38,95	73,08	7,82	14,68	1,44	28,25	5,09	9,54	53,30
Vk-L-4/X114B	41,85	75,56	9,33	16,84	0,66	1,19	3,54	6,40	55,39
Vk-L-1/X135B	30,61	75,97	3,14	7,80	3,25	8,06	3,28	8,16	40,29
Vk-L-8/X114B	18,66	63,74	3,82	13,05	4,38	14,95	2,41	8,25	29,27
Vk-L-1/X114B	39,67	91,82	1,28	2,97	0,83	1,93	1,42	3,28	43,21

При схрещуванні лінії Vk-L-4 з лінією X135B отримано гібриди F<sub>1</sub>, аналіз яких показав α-токоферолу – 73,08 %, β-токоферолу – 14,68 %, γ-токоферолу – 28,25 %, δ-токоферолу – 9,54 % від загального вмісту.

При схрещуванні лінії Vk-L-4 з лінією X114B отримано гібриди F<sub>1</sub>, аналіз яких показав α-токоферолу – 75,56 %, β-токоферолу – 16,84 %, γ-токоферолу – 1,19 %, δ-токоферолу – 6,40 % від загального вмісту.

Установлено, що при схрещуванні лінії Vk-L-1 з лінією X135B отримано гібриди F<sub>1</sub>, аналіз яких показав вміст α-токоферолу – 75,97 %, β-токоферолу – 7,80 %, γ-токоферолу – 8,06 %, δ-токоферолу – 8,16 % від загального вмісту.

При схрещуванні лінії Vk-L-8 з лінією X114B отримано гібриди F<sub>1</sub>, аналіз яких показав вміст α-токоферолу – 63,74 %, β-токоферолу – 13,05 %, γ-токоферолу – 14,95 %, δ-токоферолу – 8,25% від загального вмісту.

При схрещуванні лінії Vk-L-1 з лінією X114B отримано гібриди F<sub>1</sub>, аналіз яких показав α-токоферолу – 91,82 %, β-токоферолу – 2,97 %, γ-токоферолу – 1,93 %, δ-токоферолу – 3,28 % від загального вмісту.

У результаті вивчення закономірностей успадкування токоферолів було відмічено різні типи успадкування в F<sub>1</sub> (табл. 4).

Таблиця 4

**Ступінь домінування гібридів першого покоління за вмістом ізомерів токоферолів, мг %, 2013-2014 рр.**

Комбінація	α	Ступінь домінування	β	Ступінь домінування	γ	Ступінь домінування	δ	Ступінь домінування
Vk-L-4/X135B	1,25	Н*	-0,27	ПУ*	3,43	Н	21,62	Н
Vk-L-4/X114B	2,21	Н	-0,08	ПУ	0,86	Д	14,73	Н
Vk-L-1/X135B	1,74	Н	1,49	Н	0,09	ПУ	-0,64	НД*
Vk-L-8/X114B	0,59	Д*	-0,26	ПУ	35,50	Н	0,00	ПУ
Vk-L-1/X114B	4,77	Н	0,75	Д	-0,72	НД	-0,85	НД

Примітка\* наддомінування – Н, домінування – Д, проміжне успадкування – ПУ, негативне домінування – НД.

Оцінка F<sub>1</sub> гібридів соняшнику за вмістом ізомерів токоферолів показала, що успадкування  $\alpha$ -токоферолу в усіх гібридних комбінаціях, окрім Vк-L-8/X114В відбувається за типом наддомінування. Успадкування  $\beta$ -токоферолу відбувається переважно за типом проміжного успадкування, окрім Vк-L-1/X135В, у якої – за типом наддомінування та Vк-L-1/X114В – за типом домінування, що свідчить про можливий різний генетичний контроль успадкування  $\beta$ -токоферолу. Вміст  $\gamma$ -токоферолу успадковується за всіма типами, що свідчить про можливий різний генетичний вплив на рівень вмісту  $\gamma$ -токоферолу. Вміст  $\delta$ -токоферолу успадковується за всіма типами, що свідчить про різний генетичний вплив на рівень вмісту  $\delta$ -токоферолу.

**Висновки.** Встановлено, що різний прояв вмісту токоферолів в F<sub>1</sub> залежить від залученого батьківського компоненту. В залежності від підбору батьківських компонентів можна отримати гібриди F<sub>1</sub> соняшнику з різним складом ізомерів токоферолів.

### Список використаних джерел

1. Кириченко В.В. Селекция и семеноводство подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). X: 2005. 385 с.
2. Vles R.O., Gottenbos J.J. Nutritional characteristics and food uses of vegetable oil. Cambridge: Mc Grow-Hill Publ. Corp., 1989. P. 63–86.
3. Beare-Rogers J. Food fat and fatty acid in human nutrition Eds. Champaign, AOCS, 1995. P. 1–7.
4. Рослинництво: Підручник. О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко — К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
5. Надиров Н.К. Токоферолы и их использование в медицине и сельском хозяйстве. 1991. 336 с.
6. Reed L.G., Harri R.S., Wool L.G., Marrion G.F., Thimann K.V. Biochemistry of lipoic acid. Vitamins hormones. Acaol press. 1962. Vol. 20. P. 1–38.
7. McHale D., Mamalis P., Green J., Marcinkiewicz S. Tocopherols. 1. Synthesis of 5-metyltocol. Ibid. 1959. No. 11. P. 3362–3368.
8. McHale D. Green J., Feeney C., Sutcliffe F. Tocopherols. 8. Structural and synthetic studies of  $\alpha$ -tocopherol. Ibid. 1963. No. 2. P.784–786.
9. Демури́н Я.Н. Генетический анализ состава токоферолов в семенах подсолнечника. Науч. Техн. Бюл. ВИР. Ленинград, 1986. Вып. 165. С. 49–51.
10. Demurin Y.N. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. Helia. 1993. Vol. 16, № 18. P. 59–62.
11. Генетическое изучение признаков качества масла подсолнечника во внииимк основные итоги научно-исследовательской работы по масличным культурам (к 100-летию ВНИИМК). Краснодар. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012.
12. Velasco L. Fernandez-Martinez J.M. Identification and genetic characterization of new sources of beta and gamma tocopherol in sunflower germplasm. Helia. 2003. Vol. 26, No38. P. 17–24.
13. Velasco L. Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Development of sunflower germplasm with high delta tocopherol content. Helia. 2004. Vol. 27, No 40. P. 99–106.
14. Velasco L., Fernandez-Martinez J.M. Registration of T589 and T2100 sunflower germplasms with modified tocopherol profiles. Crop Science. 2004. Vol. 44. P. 361–362.
15. Velasco L., Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J. M. Novel variation for tocopherol profile in sunflower created by mutagenesis and recombination. Plant Breed. 2004. Vol. 123. P. 490–492.
16. Velasco L., Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J.M., Dominguez-Gimenez J. Novel variation for tocopherol profile in sunflower. In.: Proc 16<sup>th</sup> Intl. Sunflower Conf. 2004. Vol. 2. P. 793–798.

17. Velasco L, Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J.M. Evaluation of wild sunflower species for tocopherol content and composition. *HELIA*. 2004. Vol. 27, No40. P. 107–112.
18. Demurin Y.N. Borisenko O.M., Peretyagina T.M., Perstenyeva A.A. Gene linkage test for *imr* with *Ol*, *tph<sub>1</sub>* and *tph<sub>2</sub>* mutations in sunflower *Helia*. Vol. 29, No 44. P. 41–46.
19. Peres-Vich B., Berry S.T., Velasco L. et al. Molecular mapping of nuclear male sterility genes in sunflower. *Crop. Sci.* 2005. Vol. 54. P. 1851–1857.
20. Del Moral L., Fernandez-Martinez J.M., Peres-Vich B., Velasco L. Expression of modified tocopherol content and profile in sunflower tissue. *J. Sci. Food. Agric.* 2012. Vol. 92. P. 351–357.
21. Berry S. T. Leon A. J., Hanfrey C. C. et al. Molecular marker analysis of *Helianthus annus* L. 2. Construction of an RFLP linkage map for cultivated sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 1995. Vol. 91. P. 195–199.
22. Skoric D., Jovic S., Jovanovic D. et al. Achievements of sunflower breeding. *Zbornic radova-IFVC, NS. Book 42.* P. 131–137.
23. ДСТУ EN 12822:2005. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - і  $\delta$ - токоферолів: чинний від 2006-07-01. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 13 с.
24. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта М. Агропромиздат. 1985. 351 с.

### References

1. Kyrychenko VV. Sunflower breeding and seed production (*Helianthus annus* L.). Kharkiv, 2005. 385 p.
2. Vles RO, Gottenbos JJ. Nutritional characteristics and food uses of vegetable oil. Cambridge: Mc Grow-Hill Publ. Corp., 1989. P. 63–86.
3. Beare-Rogers J. Food fat and fatty acid in human nutrition. Eds. Champaign, AOCS, 1995. P. 1–7.
4. Zinchenko OI, Salatenko VN, Bilonozhko MA. Plant Production. Kyiv: Agrarna osvita, 2001. 591 p.
5. Nadirov NK. Tocopherols and their use in medicine and agriculture. 1991. 336 p.
6. Reed LG, Harri RS, Wool LG, Marrion GF, Thimann KV. Biochemistry of lipoic acid. Vitamins hormones. Acaolpress. 1962; 20: 1–38.
7. McHale D, Mamalis P, Green J, Marcinkiewicz S. Tocopherols. 1. Synthesis of 5-methyltolcol. *Ibid.* 1959; 11: 3362–3368.
8. McHale D, Green J, Feeney C, Sutcliffe F. Tocopherols. 8. Structural and synthetic studies of  $\alpha$ -tocopherol. *Ibid.* 1963; 2: 784–786.
9. Demurin YaN. Genetic analysis of the tocopherol composition in sunflower seeds. *Nauchno-tekhnicheskyybulleten VIR.* 1986; 165: 49–51.
10. Demurin YaN. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. *Helia.* 1993; 16(18): 59–62.
11. Genetic studies of sunflower oil quality traits in the All-Russian Research Institute of Oil Crops: main results of research on oil crops (to the 100<sup>th</sup> anniversary of the All-Russian Research Institute of Oil Crops). Krasnodar. The State Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Oil Crops named after VS Pustovoyt” of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2012.
12. Velasco L, Fernandez-Martinez JM. Identification and genetic characterization of new sources of beta and gamma tocopherol in sunflower germplasm. *Helia.* 2003; 26(38): 17–24.
13. Velasco L, Peres-Vich B, Fernandez-Martinez JM. Development of sunflower germplasm with high delta tocopherol content. *Helia.* 2004; 27(40): 99–106.
14. Velasco L, Fernandez-Martinez JM. Registration of T589 and T2100 sunflower germplasms with modified tocopherol profiles. *Crop Science.* 2004; 44: 361–362.
15. Velasco L, Peres-Vich B, Fernandez-Martinez JM. Novel variation for tocopherol profile in sunflower created by mutagenesis and recombination. *Plant Breed.* 2004; 123: 490–492.
16. Velasco L, Peres-Vich B, Fernandez-Martinez JM, Dominguez-Gimenez J. Novel variation for tocopherol profile in sunflower. In.: *Proc 16<sup>th</sup> Intl. Sunflower Conf.* 2004; 2: 793–798.



17. Velasco L, Peres-Vich B, Fernandez-Martinez JM. Evaluation of wild sunflower species for tocopherol content and composition. *Helia*. 2004; 27(40): 107–112.
18. Demurin YaN, Borisenko OM, Peretyagina TM, Perstenyeva AA. Gene linkage test for *imr* with *Ol*, *tph<sub>1</sub>* and *tph<sub>2</sub>* mutations in sunflower. *Helia*. 2005; 29(44): 41–46.
19. Peres-Vich B, Berry ST, Velasco L et al. Molecular mapping of nuclear male sterility genes in sunflower. *Crop.Sci.* 2005; 54: 1851–1857.
20. Del Moral L, Fernandez-Martinez JM, Peres-Vich B, Velasco L. Expression of modified tocopherol content and profile in sunflower tissue. *J. Sci. Food. Agric.* 2012; 92: 351–357.
21. Berry ST, Leon AJ, Hanfrey CC et al. Molecular marker analysis of *Helianthus annuus* L. 2. Construction of an RFLP linkage map for cultivated sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 1995; 91: 195–199.
22. Škoric D, Jovic S, Jovanovic D et al. Achievements of sunflower breeding. *Zbornic radova - IFVC, NS. Book 42.* 131–137.
23. State standard of Ukraine EN 2822:2005. Determination of vitamin E content by high-resolution liquid chromatography of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -  $\delta$ - tocopherols: valid from 01. 07.2006. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 13 p.
24. Dospikhov BA. *Methods of field experience.* Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

### **ПРОЯВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДОМИНИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКОФЕРОЛОВ У ГИБРИДОВ $F_1$ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Харитоненко Н.С., Кириченко В.В.

Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

**Цель и задачи исследования.** Основной целью данной работы было исследование отцовских форм и гибридов первого поколения подсолнечника по содержанию разных изомеров токоферолов. Также проводили изучение разнообразия гибридов первого поколения и выделение линейного материала с повышенным содержанием  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -форм изомеров токоферолов.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на линиях с высоким содержанием изомеров токоферолов, а также на линиях, полученных в лаборатории селекции и генетики подсолнечника Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН.

Анализ содержания и состава токоферолов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

**Обсуждение результатов.** В статье приведены результаты изучения содержания изомеров токоферолов в линиях подсолнечника селекции ИР, а также линий, полученных из ВНИИМК. Установлено, что в линиях подсолнечника селекции ИР преобладает  $\alpha$ -токоферол. Его содержание находится в пределах от 4,12 мг % (X279В) до 12,36 мг % (X220В). У линий, полученных из ВНИИМК, спектр изомеров токоферолов контрастный, что позволяет использовать их в селекции подсолнечника для получения образцов с разным содержанием изомеров токоферолов. Содержание  $\alpha$ -токоферола составляет от 3,73 мг % (Vk-L-2) до 10,14 мг % (Vk-L-5),  $\beta$ -токоферола от 1,08 мг % (Vk-L-2) до 22,52 мг % (Vk-L-4),  $\gamma$ -токоферола от 0,54 мг % (Vk-L-1) до 6,60 мг % (Vk-L-4),  $\delta$ -токоферола от 0,53 мг % (Vk-L-4) до 21,80 мг % (Vk-L-1).

Изучены особенности наследования разных изомеров токоферолов у гибридов первого поколения. Проведенные исследования показали, что содержание  $\alpha$ -токоферола наследуется по типу сверхдоминирования во всех гибридных комбинациях.

**Выводы.** Установлено, что разное проявление содержания токоферолов в гибридах первого поколения зависит от отцовского компонента. В зависимости от подбора отцовских компонентов можно получить гибриды первого поколения с разным составом изомеров токоферолов.

**Ключевые слова:** подсолнечник, подсолнечниковое масло, токоферол, антиоксидант

## **THE DOMINANCE DEGREE OF TOCOPHEROL CONTENTS IN F<sub>1</sub> SUNFLOWER HYBRIDS**

Kharytonenko N.S., Kyrychenko V.V.

Plant Production Institute and V.Ya.Yuriev of NAAS, Ukraine

**The aim and tasks of the study.** The primary objective of this work was to investigate male forms and sunflower hybrids of the first generation for the contents of different tocopherol isomers. Segregation of the first generation hybrids was also investigated, and lines with increased contents of  $\beta$ ,  $\gamma$  and  $\delta$ -isomers of tocopherols were selected.

**Material and methods.** The studies were carried out in lines with high contents tocopherol isomers and in lines developed in the Laboratory of Sunflower Breeding and Genetics of the Plant Production Institute named after VYa Yuriev of NAAS.

The tocopherol content and composition were analyzed by high-performance liquid chromatography.

**Results and discussion.** The article presents the results of studying the contents of tocopherol isomers in sunflower lines bred at the PPI as well as in lines developed in collaboration with the All-Russian Research Institute of Oil Crops. It was established that  $\alpha$ -tocopherol predominated in sunflower lines bred at the PPI. Its content varied from 4.12 mg% (Kh279V) to 12.36 mg% (Kh220V). Lines developed in collaboration with the All-Russian Research Institute of Oil Crops contained a contrasting pattern of tocopherol isomers, which allows using them in sunflower breeding to obtain accessions with various contents of tocopherol isomers. The content of  $\alpha$ -tocopherol ranges from 3.73 mg% (Vk-L-2) to 10.14 mg% (Vk-L-5); of  $\beta$ -tocopherol - from 1.08 mg% (Vk-L-2) to 22,52 mg% (Vk-L-4); of  $\gamma$ -tocopherol - from 0.54 mg% (Vk-L 1) to 6.60 mg% (Vk-L-4); and of  $\delta$ -tocopherol - from 0.53 mg % (Vk-L-4) to 21.80 mg% (Vk-L-1).

Peculiarities of the inheritance of different isomers of tocopherols in the first generation hybrids were also studied. Tests showed that the content of  $\alpha$ -tocopherol inherited by overdominance in all hybrid combinations.

**Conclusions.** It was found that various contents of tocopherols in the first-generation hybrids depended on male components. Choosing male components, one can obtain the first generation hybrids with different composition of tocopherol isomers.

*Key words: sunflower, sunflower oil, tocopherol, antioxidant*

УДК 633.14:631.53/532

## **ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА ДОБОРУ НА ПЛАТФОРМІ НЕЛІНІЙНОГО АНАЛІЗУ ФАЗОВО-ПАРАМЕТРИЧНИХ ПОРТРЕТІВ ПАРАМЕТРИЧНИХ ПРОЯВІВ КОМПОНЕНТНИХ ОЗНАК СЕЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ**

Чернуський В.В.

Інститут сільського господарства Полісся НААН, Україна

Добір є найбільш відповідальним у плані підвищення ефективності та енерго- праце- і фінансово витратним елементом селекційного процесу. Неоптимальне налаштування алгоритму та помилкове визначення парадигми і моделі добору може привести до нульового конкурсного результату навіть при високих параметричних значеннях вихідних форм.

Однією з суттєвих проблем традиційної селекції є правильний вибір оптимальної концепції добору цінних генотипів за параметричними проявами фенотипів в ієрархічній