

coefficient decreased and was 1.40 under tillage of 20–22 cm deep, and 1.42 under tillage of 28–30 cm deep.

The widening of the row from 15 to 45 cm led to an increase in the energy efficiency coefficient from 1,13 to 1,93. A further increase in the row spacing to 60 cm resulted in a 30 % decrease in the figure compared to the previous figures.

According to the energy analysis of the elements of the technology of growing haricot beans under irrigation the largest increase in energy – 26,7 GJ/ha and a high energy efficiency coefficient – 1,91 were under tillage of 28–30 cm deep, the application of mineral fertilizers with the norm $N_{90}P_{90}$ and the row width of 45 cm. In addition in our opinion, the most efficient is the tillage of 20–22 cm deep, the application of mineral fertilizers with the norm $N_{45}P_{45}$ and sowing with the spacing of 45 cm under these conditions the energy increase was – 25,6 GJ/ha, and the energy efficiency coefficient was 1,88.

Key words: haricot beans, energy efficiency, soil tillage, mineral fertilizers, row spacing, irrigation.

УДК 633.854.78:631.527:632.9

НОВІ ЛІНІЇ СОНЯШНИКУ ЗІ ЗМІНЕНИМ ВМІСТОМ ІЗОМЕРІВ ТОКОФЕРОЛІВ

Н. С. Харитоненко, молодший науковий співробітник

В. В. Кириченко, доктор сільськогосподарських наук

В. В. Поздняков, кандидат біологічних наук

О. В. Анциферова, молодший науковий співробітник

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

Наведено результати вивчення ліній соняшнику, що мають у своєму складі різний перерозподіл токоферолів. Вивчено батьківські компоненти та інцухт-покоління за вмістом ізомерів токоферолів. Встановлено, що лінії соняшнику селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва представлено в основному, α -формою, а створені лінії мають у своєму складі весь спектр ізомерів. Виділено лінійний матеріал з різним вмістом ізомерів токоферолів.

Ключові слова: селекція на якість, соняшник, антиоксидантна здатність, ізомер, токоферол

Постановка проблеми. Нині в економічно розвинених країнах спостерігається тенденція збільшення споживання рослинних олій замість жирів тваринного походження, що мають низку недоліків. Така зацікавленість зумовлена не тільки економічними перевагами, а й підвищенням рівня знань значення ліпідів і компонентів жирів для організму людини. Традиційною олією для населення України є соняшникова. Завдання, що стоїть перед сучасними селекціонерами полягає не тільки в створенні гібридів з максимальними показниками врожайності та високого вмісту олії, але й в якості готового продукту [1].

Сучасні методи селекції соняшнику на якість дозволяють створювати гібриди, які задовольняють харчові потреби населення та вимоги переробної

промисловості. Якщо раніше покращення якості соняшникової олії досягалося перерозподілом жирнокислотного складу, то нині стало можливим використання ізомерів токоферолів, що характеризуються різною антиоксидантною здатністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соняшникова олія має високу цінність для здоров'я людини, що обумовлено її хімічним складом. Її використовують у кулінарії та під час виготовлення маргаринів, консервів, хлібобулочних продуктів. Соняшникова олія є одним із основних компонентів раціону людини. У ній міститься значна кількість білків, мінеральних елементів, вітамінів, серед яких найбільшу частку складає вітамін Е. Користь її полягає в тому, що в її складі міститься 99 % гліцеридів жирних кислот, насичених і ненасичених. Підвищення якості соняшникової олії є пріоритетним завданням сучасної теорії та практики [1].

Якість соняшникової олії залежить від багатьох чинників. У сучасній селекції вирішення проблеми якості соняшникової олії здійснюється за рахунок підвищення частки гліцеридів олеїнової кислоти. Олія олеїнового типу має підвищену стійкість до перекисного окислення. Проте олії насиченого типу не мають Е-вітамінної активності, що дуже важливо для здорового харчування людини. У той час олії ненасиченого типу піддаються окисленню. Тому поєднання в одному генотипі стійкості до окиснення та Е-вітамінної активності стало актуальним питанням селекції культури. Разом із різним жирнокислотним складом на якість олії впливають біохімічні сполуки. До них відносять токофероли [2].

Токофероли (вітаміни групи Е) є природними похідними хроману. Це низка сполук, що відрізняється між собою кількістю та положенням метильних груп у хромановому кільці, що впливають на їх біологічну та антиоксидантну активність. Організмом людини токофероли не синтезуються, тому до організму потрапляють тільки з їжею. Вони є антистерильними та мають антиокислювальні властивості. Їх антиоксидантна здатність знаходиться в негативній кореляції з біологічною активністю. Біологічна активність токоферолів залежить від їх структури, кількості та положення метильних груп у хромановому кільці.

Крім токоферолів до групи вітаміну Е відносять токотриєноли. Токотриєноли є аналогами відповідних токоферолів і відрізняються від них структурою бокового поліізопреїдного ланцюга. Якщо в токоферолів він повністю гідрований, то у токотриєнолів він включає в себе три подвійних зв'язки, що регулярно чергуються. Найбільшу частку в соняшниковій олії має α -токоферол, який і має найвищу біологічну активність [4].

Покращення якості соняшникової олії здійснюється багатьма способами та економічно найвигіднішим і екологічно безпечним є використання методів селекції.

Нині відомо два гени, що відповідають за синтез токоферолів і вони успадковуються незалежно Trp_1 і Trp_2 , і . Використання широкомасштабного

скринінга та самозапилення дозволило відкрити їх рецесивні алелі trh_1 і trh_2 як спонтанні мутації. Ген trh_1 було ідентифіковано у лінії ЛГ15. Його присутність у генотипі в середньому дає 50,0 % α -токоферолу та 50,0 % β -токоферолу. Ген trh_2 було ідентифіковано у лінії ЛГ17. Його присутність у генотипі в середньому дає 5,0 % α -токоферолу і 95,0 % β -токоферолу. Під час поєднання алелей trh_1 і trh_2 в одному генотипі було створено лінію ЛГ24, що мала в своєму складі 8,0 % α -токоферолу, 84,0 % γ -токоферолу і 8,0 % δ -токоферолу. У результаті дослідження було встановлено, що мутантний ген trh_2 епістатично впливає на ген trh_1 , внаслідок чого в профілі соняшникової олії з'являється нова δ -форма токоферолу [1, 2].

З ідентифікацією генів, що контролюють вміст різних ізомерів токоферолів, стало можливе створення нових форм соняшнику, олія яких має підвищену стійкість до окиснення [2, 3, 4].

Методика дослідження. Польові дослідження проводили в науковій сівозміні Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва (ІР) в 2013–2017 рр. Матеріалом для дослідження були лінії, отримані із Всеросійського інституту олійних культур ім. В. С. Пустовойта (ВНДІОК), лінії лабораторії генетики і селекції соняшнику ІР та інцухт-лінії четвертого покоління.

Аналіз складу та вмісту токоферолів здійснювали в лабораторії генетики, біотехнології і якості ІР методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографічній системі [5] Smartline фірми "Knauer" (Німеччина) з використанням колонки Eurospher II – 5 – Si 250 \times 4 у варіанті прямофазного розділення. Рухомою фазою слугував 0,5 % розчин ізопропилового спирту у н-гексані. Швидкість потоку елюента складала 1,5 мл/хв. Фотометрирування здійснювали УФ-детектором за довжини хвилі 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).

Визначення вмісту олії в насінні соняшнику проводили на апараті Соксклета за ДСТУ ISO 7302:2003. Математичний аналіз даних проводили методом однофакторного дисперсійного аналізу [6, 7].

Результати досліджень. Загальний вміст ізомерів токоферолів у соняшнику звичайного типу представлено, в основному, α -формою. За результатами лабораторних досліджень лінія X135В має максимальний вміст α -токоферолу, що складає 99,22 % від загальної суми, а мінімальний вміст – лінія X279В (92,47 % від загальної суми). Щодо β -токоферолу, то максимальний його вміст виявлено у лінії X736В – 6,13 % від загального вмісту, мінімальне значення – у лінії X135В (0,69 %). Відносно γ -токоферолу, то у лінії X279В найбільший його вміст – 3,59 % від загальної кількості, а найменший – у лінії X135В (0,09 %). Високий показник δ -токоферолу у лінії X134В – 1,22 % та низький вміст у лінії X736В – 0,15 % (табл. 1).

1. Вміст ізомерів токоферолів у лініях соняшнику селекції IP, 2013-2015 рр.

Лінія	Токофероли								Σ токоферолів, мг %
	α-Т		β-Т		γ-Т		δ-Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
X134В	32,74	94,59	1,45	4,19	–	–	0,42	1,22	34,61
X114В	12,15	95,01	0,39	3,08	0,24	1,90	–	–	12,79
X736В	13,68	92,94	8,81	6,13	1,13	0,79	0,21	0,15	14,84
X135В	20,46	99,22	1,45	0,69	0,18	0,09	–	–	20,09
X279В	11,80	92,47	0,50	3,94	0,46	3,59	–	–	12,76
X1334В	29,68	96,38	0,68	2,19	0,19	0,65	0,24	0,78	30,79
X220В	35,41	95,38	0,90	2,43	0,54	1,46	0,27	0,74	37,12
<i>НІР₀₅</i>	<i>1,02</i>	<i>4,65</i>	<i>0,15</i>	<i>0,42</i>	<i>0,11</i>	<i>0,19</i>	<i>0,02</i>	<i>0,05</i>	<i>1,25</i>

У 2013 році було проведено схрещування ліній селекції соняшнику IP на фертильній основі з лініями-мутантами, отриманими із ВНДІОК, що мають у своєму складі весь спектр ізомерів токоферолів (табл. 2).

2. Вміст ізомерів токоферолів ліній, 2013-2015 рр.

Лінія	Токофероли								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-1	1,59	5,91	1,07	3,98	5,75	21,37	18,5	68,75	26,91
VK-L-2	19,48	69,77	0,95	3,40	3,63	13,00	3,86	13,83	27,92
VK-L-4	13,94	40,14	19,87	57,21	0,47	1,35	0,45	1,30	34,73
VK-L-5	29,23	93,11	1,76	5,61	0,20	0,64	0,20	0,64	31,39
VK-L-6	17,32	94,03	0,52	2,82	0,58	3,15	0	0	18,42
VK-L-7	11,30	44,38	14,16	55,62	0	0	0	0	25,46
VK-L-8	11,25	53,19	9,90	46,81	0	0	0	0	21,15
<i>НІР_{0,5}</i>	<i>1,01</i>	<i>2,75</i>	<i>0,20</i>	<i>1,75</i>	<i>0,18</i>	<i>1,54</i>	<i>0,15</i>	<i>1,47</i>	<i>1,24</i>

Аналіз вмісту токоферолів у мутантних лініях дозволив виявити високий вміст β-токоферолу від загальної їх кількості VK-L-4 (57,21 %), VK-L-7 (55,62 %) та VK-L-8 (46,81 % від загальної суми). Підвищений вміст γ-токоферолу був у лініях VK-L-1 (21,37 % від загальної кількості) та VK-L-2 (13,00 % від загальної кількості). Також ці дві лінії виділилися високим вмістом δ-токоферолу – 68,75 % та 13,83 % відповідно.

У 2014 році в результаті схрещувань ліній IP з лініями, що мають у своєму складі весь комплекс токоферолів було отримано інцухт-покоління першого року. Отриманий матеріал аналізували за вмістом ізомерів токоферолів. Кращі зразки було відібрані для висіву на наступний рік. Упродовж чотирьох років проведено добори зразків, які мали в своєму складі різний перерозподіл ізомерів токоферолів. У результаті селекційного процесу в 2017 році отримано матеріал, який вирізнявся морфологічною вирівняністю та мав у своєму складі весь спектр токоферолів (табл. 3). Лінія 7 містить в своєму складі α-токоферолу 51,00 % та γ-токоферолу 49,00 % від загальної кількості токоферолів. Вміст α-токоферолу в лінії 11 складає 80,56 % та γ-токоферолу 19,44 %.

3. Вміст ізомерів токоферолів у І₄, 2017 р.

Лінія	Токофероли								Σ токоферолів, мг%
	α-Т		β-Т		γ-Т		δ-Т		
	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	мг%	% від Σ	
7	8,91	51,00	–	–	8,56	49,00	–	–	17,48
11	30,41	80,56	–	–	7,34	19,44	–	–	37,75
12	17,76	43,43	10,29	25,10	4,80	11,72	8,11	19,75	40,96
16	23,78	55,88	17,88	42,01	0,90	2,11	–	–	42,55
17	22,73	51,78	20,25	46,12	0,92	2,09	–	–	43,90
19	7,36	14,33	–	–	38,82	75,65	5,13	10,02	51,32
25	26,66	56,97	20,14	43,03	–	–	–	–	46,79
29	14,87	40,67	21,36	58,44	0,32	0,89	–	–	36,55
38	18,80	52,47	1,13	3,15	15,14	42,26	0,76	2,12	35,83
47	16,06	54,68	12,92	43,99	0,39	1,33	–	–	29,37
<i>НІР₀₅</i>	<i>1,23</i>	<i>3,00</i>	<i>1,22</i>	<i>2,95</i>	<i>0,94</i>	<i>2,01</i>	<i>0,29</i>	<i>0,55</i>	<i>2,73</i>

Лінія під 12 містить весь спектр ізомерів: α-токоферол – 43,43 %, β-токоферол – 25,10 %, γ-токоферол – 11,72 %, δ-токоферол – 19,75 %. У лінії № 16 присутні: α-токоферол – 55,88 %, β-токоферол – 42,01 %, γ-токоферол – 2,11 %. Вміст α-токоферолу в лінії 17 складає 51,78 %, β-токоферолу – 46,12 %, γ-токоферолу – 2,11 %. Вміст α-токоферолу в лінії 19 – 14,33 %, γ-токоферолу – 75,65 %, δ-токоферолу – 10,02 %. Перерозподіл спектру токоферолів у лінії 25 представлений α-ізомером – 56,97 % та β-ізомером – 43,03 %, у лінії 29 α-токоферолом – 40,67 %, β-токоферолом – 58,44 % та γ-токоферолом – 0,89 %. Частка α-токоферолу в лінії № 38 складає 52,47 %, β-токоферолу – 3,15 %, γ-токоферолу – 42,26 %, δ-токоферолу – 2,12 %. Комплекс токоферолів у лінії 47 представлено α-ізоформою – 54,68 %, β-ізоформою – 43,99 % та γ-формою – 1,33 %.

За даними рис. вміст олії в насінні залежно від лінії змінювався від 28,7 до 51,0 %.

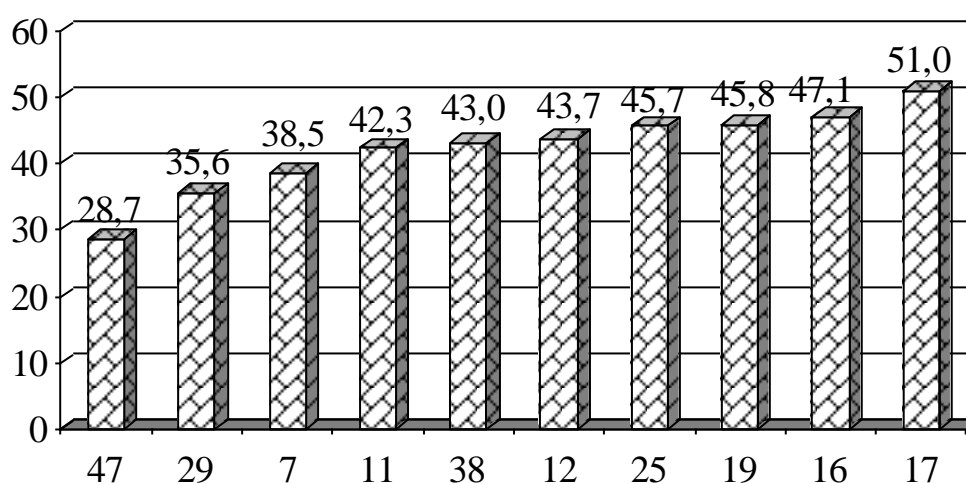


Рис. Вплив генотипу на вміст олії в насінні соняшнику (2017 р.), %

Високий вміст олії ідентифіковано в лініях 17 – 50,99 % та 16 – 47,06 %. Істотно нижчий вміст олії зафіксовано у ліній 19 – 45,79 % та 25 – 45,65 %. Лінії 11 та 12 мали в своєму складі, відповідно, 42,32 % та 43,73 % олії. Найменший вміст олії виділено з лінії 7 – 38,49 %.

Висновки. Встановлено, що лінії соняшнику селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва мають у своєму складі в основному α -токоферолі, за результатами проведених досліджень створено лінії, що синтезують весь спектр ізомерів, та чотири лінії соняшнику з високим вмістом α -токоферолу (22,0–30,0 мг%). Отримано матеріали, може бути використано у селекції соняшнику на якість для отримання нових форм культури.

Література

1. Кириченко В. В., Тимчук С. М., Брагін О. М. Генетичне різноманіття ліній соняшнику за жирнокислотним складом олії. *Генетичні ресурси рослин*. 2007. № 4. С. 131–139.

2. Демурин Я. Н. Генетический анализ состава токоферолов в семенах подсолнечника. *Научно технический бюллетень ВИР*. 1986. № 165. С. 49–51.

3. Demurin Y. N. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. *Helia*. 1993. № 18. P. 59–62.

4. Velasco L. Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J. M. Development of sunflower germplasm with high delta tocopherol content. *Helia*. 2004. № 40. P. 99–106.

5. ДСТУ EN 12822:2005. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання α -, β -, γ - і δ -токоферолів: чинний від 2006-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 13 с.

6. Федин М. А., Силис Д. Я., Смирязев А. В. Статистические методы генетического анализа. Москва. Колос. 1980. 207 с.

7. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References

1. Kirichenko V.V., Tymchuk S.M., Bragin A. N. 2007. Genetic diversity of sunflower lines according to fatty acid composition of oil. *Plant genetic resources*, 4: 131-139.

2. Demurin Ya.N. 1986. Genetic analysis of tocopherols composition in sunflower seeds. Scientific. Techn. Bul. All-Union Plant Growing Institute. Leningrad, Issue, 165: 49–51.

3. Demurin Y. N. 1993. Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. *Helia*, 18: 59–62.

4. Velasco L. Peres-Vich B., Fernandez-Martinez J. M. 2004. Development of sunflower germplasm with high delta tocopherol content. *Helia*, 40: 99–106.

5. DSTU EN 12822: 2005. Determination of vitamin E content by liquid chromatography with the high-resolution ability of measuring α -, β -, γ - and δ -

tocopherols: valid from 2006-07-01. K.: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine (Derzhspozhivstandart), 2006. 13 p.

6. Fedin M. A., Silis D. Y., Smiryayev A.V. 1980. Statistical methods of genetic analysis. Moskow. Kolos, 207 p.

7. Eshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V. et all. (2014). *Basic scientific research in agronomy*. Vinnitsa, 2014, 332 p. (in Ukrainian).

Одержано 20.11.2017

Аннотация

Харитоненко Н. С., Кириченко В. В., Поздняков В. В., Анцыферова О. В.

Новые формы подсолнечника с измененным содержанием изомеров токоферолов

В статье изложены результаты исследования по содержанию токоферолов в линиях селекции ИР и созданных линиях с измененным спектром, а также инцухт-линиях четвертого поколения. Установлено преобладание α -токоферола и низкое содержание β -, γ - и δ -токоферолов во всех линиях подсолнечника лаборатории генетики и селекции ИР. Максимальное содержание α -токоферола составляет 99,22 % от общей суммы в линии X135В, которая выступала одним из родительских компонентов в селекционных схемах скрещивания. Высокое содержание β -токоферола обнаружено в линии X736В – 6,13 % от общей суммы. Линия X279В имеет высокое содержание γ -токоферола, что составляет 3,59 % от общей суммы токоферолов. Повышенное содержание δ -токоферола зафиксировано в линии X134В – 1,22 %.

Результаты анализов полученных линий, которые выступали в качестве материнского компонента в селекционных схемах скрещиваний показали присутствие всего спектра токоферолов. Высокое содержание β -токоферола показали линии Vк-L-4, Vк-L-7, Vк-L-8 – 57,21 %, 55,62 %, 46,81 % от общего количества изомеров. Высокое содержание γ -токоферола синтезировали линии Vк-L-1, Vк-L-2, что составляет 21,37 % и 13,00 % и δ -токоферола – 68,75 % и 13,83 % от общей суммы соответственно. Результаты исследований дают возможность использовать эти линии как источники повышенного содержания разных изомеров токоферолов с целью создания новых форм подсолнечника с нужным токоферольным комплексом.

Изучение линий I₄ на состав разных изоформ токоферолов показало присутствие всего комплекса. Так, в шести линий (12, 16, 17, 25, 29, 47) выявлено высокое содержание β -токоферола – 25,10 %; 42,01 %; 46,12 %; 43,03 %; 58,44 % и 43,99 % от общей суммы соответственно. Высокое содержание γ -токоферола имели 5 линий (7, 11, 12, 19, 38), которое составляло 49,00 %, 19,44 %, 11,72 %, 75,65 %, 42,26 % от общей суммы соответственно. Одна линия (12) имела весь спектр токоферолов: содержание α -токоферола – 43,43 %, β -токоферола – 25,10, γ -токоферола – 11,72, δ -токоферола – 19,75 % от общей суммы. Повышенное содержание δ -токоферола наблюдалось в двох линиях (12 и 19 – 19,75 % и 10,02 % от общей суммы соответственно).

Результаты исследований свидетельствуют о возможности использования полученного материала в селекционных схемах подсолнечника для получения новых форм с измененным составом токоферолов, а также адаптированных для выращивания в условиях Восточной Лесостепи.

Annotation

Kharitonenko N. S., Kirichenko V.V., Pozdnyakov V.V., Antsyferova O.V.

New sunflower forms with a modified content of tocopherol isomers

The article presents the study results of the tocopherols contents in the lines bred by Yuriev Plant Production Institute, mutant lines with a modified spectrum and also fourth-

generation inbred lines. The α -tocopherol predominance and a low β -, γ - and δ -tocopherols content in all lines of the genetics and sunflower breeding laboratory has been established. The maximum α -tocopherol content is 99.22 % of the total amount in the X135B line, which was one of the paternal components in breeding schemes. A high β -tocopherol content was found in the line X736B – 6.13% of the total amount. The X279B line has a high γ -tocopherol content, which was 3.59% of the total tocopherols amount. The line X134B had increased δ -tocopherol content – 1,22% of the total amount.

The results of mutant lines analyzes, which were used as a maternal component in breeding schemes of crosses, showed the presence of the entire tocopherols spectrum. The high β -tocopherol content was shown in lines Vk-L-4, Vk-L-7, Vk-L-8 – 57.21 %; 55.62; 46.81 % of total amount, respectively, high γ -tocopherol content – in lines Vk-L-1, Vk-L-2, that was 21.37 % and 13.00 % and δ -tocopherol – 68.75 % and 13.83 % of total amount, respectively. These research results make possible using these lines as sources of different tocopherols isomers increased content in order to create new sunflower forms with the desired tocopherol complex.

The study of I_4 on the composition of different tocopherols isoforms showed the presence of whole complex. Thus 12, 16, 17, 25, 29, 47 showed a high β -tocopherol content – 25.10%\$ 42,01; 46,12; 43,03; 58,44 and 43,99 % of the total amount, respectively. The high γ -tocopherol content was tagged in 5 lines (7, 11, 12, 19, 38), which was 49.00%, 19.40; 11.72; 75.65 and 42.26% of the total amount respectively. One line (12) was also distinguished by the presence of the entire tocopherols spectrum: α -tocopherol content was 43,43%, β -tocopherol – 25,10%, γ -tocopherol – 11,72%, δ -tocopherol – 19.75% of the total amount.. The increased δ -tocopherol content was observed in lines 12 and 19 – 19.75 % and 10.02 % of total amount, respectively.

The results of the studies indicate the possibility of using the obtained material in the sunflower breeding schemes to get new forms with an altered composition of tocopherols and also adapted for cultivation in the Eastern Forest-steppe zone conditions.

Key words: selection for quality, sunflower, antioxidant capacity, isomer, tocopherol.

УДК:620.952:631.81

ПРОДУКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ВИДІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Р. В. Шевчук, кандидат сільськогосподарських наук

Г. М. Шевчук, науковий співробітник

Інститут сільського господарства Західного Полісся

Подано результати досліджень з вивчення продуктивності різних видів енергетичної верби в умовах Західного Лісостепу.

Встановлено, що із 7 видів енергетичної верби, яка вивчалась у досліді, найбільш продуктивною була верба японська. У середньому за три роки досліджень цей вид забезпечив найбільшу врожайність сухої біомаси (15,3 т/га), вихід біопалива (16,8 т/га) та енергії (269 МДж/га).

Ключові слова: суха біомаса, біопаливо, енергетична верба, продуктивність, енергія.

Постановка проблеми. У зменшенні енергетичної залежності України важливе значення має розвиток і використання на біопаливо відновлювальних