

УДК: 678.048:631.563

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ГІБРИДУ СОНЯШНИКУ ЗА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ У ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

Л.А. Покопцева, к.с.-г.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет

О.А. Єременко, к.с.-г.н., докторант, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Робота присвячена визначенню більш адаптованих гібридів соняшнику для вирощування в умовах недостатнього зволоження Степової зони України. Проаналізовано врожайність та якість насіння досліджуваних гібридів протягом 2013 – 2015 рр. Було побудовано ранжируваний ряд за цими показниками. З урахуванням природно-екологічної зони, генетичного потенціалу гібриду і стійкості до несприятливих факторів середовища, встановлено, що найбільш адаптованим до умов Степу України є гібриди соняшнику Одеський 249, Армада та Санай.

Ключові слова: соняшник, врожайність, натура, пустозерність, маса 1000 насінин, ранжируваний ряд.

Постановка проблеми. Соняшник – основна олійна культура України. За статистичними даними, в багатьох агропідприємствах півдня України на соняшник припадає 55 - 75 % прибутку від рослинництва. Так, через низькі витрати обігових коштів та високу ліквідність продукції, виробництво насіння, навіть за рівнем врожайності 8 ц/га, вважається рентабельним [1, 2]. Так, останніми роками площа посіву соняшнику в Україні збільшилась у рази і становить понад 6 млн га. Так посівні площі під соняшником протягом останніх років становлять в середньому 62 % від усієї площі технічних культур України. Але з 2010 року відбулося збільшення цієї площі на 1767,8 тис.га. Валові збори завдяки розширенню площ посіву та культивуванню нових високопродуктивних гібридів забезпечують потреби олієекстракційних комбінатів.

В насінництві соняшнику істотною проблемою є низька продуктивність батьківських форм, яка стримує швидке впровадження у виробництво нових сортів і гібридів різних груп стиглості та призначення [1]. Одним з важливих завдань сучасного рослинництва є розробка наукових основ технологій вирощування і вибір кращих сортів і гібридів соняшнику для різних зон [2-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені усього світу, що працюють з олійними культурами, вважають своєю головною метою збільшення виробництва харчової та

технічної олії. Створення нових сортів і гібридів спроможне істотно підвищувати врожай соняшнику та покращувати його якість. Показники продуктивності рослин гібридів та сортів соняшнику залежать від їх біологічних особливостей, агрометеорологічних умов вирощування та технологій (строки сівби, норми внесення мінеральних добрив, способи боротьби з бур'янами, застосування регуляторів росту рослин тощо). При цьому необхідно відмітити, що від формування репродуктивних органів гібридів та сортів соняшнику, таких як розмір кошику, маса 1000 насінин, рівень лущинності, буде залежати урожайність насіння і його якість. Ці особливості є індивідуальними для нових гібридів та сортів і для максимальної реалізації потенційної продуктивності необхідно вивчати їх в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [6-10].

Серед природних факторів, які стримують ріст виробництва соняшнику за рахунок підвищення урожайності в Степу, є недостатня вологозабезпеченість рослин внаслідок посушливості клімату. В таких умовах вирішального значення набувають підбір посухостійких гібридів і розробка вологозберігаючих агротехнічних заходів.

В останні роки у виробництві з'явилося багато нових сортів і гібридів соняшнику, які відрізняються від тих, що вирощувалися раніше, скоростиглістю, морфобіологічними ознаками, підвищеною стійкістю проти затінення, хвороб, вилягання, вищою врожайністю та якістю продукції. Але реакція їх на умови вирощування у Степу України практично не вивчена.

Мета досліджень полягала у визначенні рівня урожайності та якості насіння різних гібридів соняшнику в умовах Степу України.

Методика та умови проведення досліджень. Наукові дослідження проводили упродовж 2013 – 2015 років методом постановки польових, лабораторно-польових дослідів, згідно методики польового дослідів та методики проведення дослідів у рослинництві [12].

Для досягнення встановленої мети був закладений польовий дослід з чотириразовою повторністю. Варіанти розміщувалися систематично. Площа кожної дослідної ділянки становила 300 м², облікової – 50 м².

Соняшник висівали у кінці квітня з шириною міжрядь 70 см і нормою висіву 60 тис.шт./га. Гібриди вирощували за стандартною технологією, рекомендованою для зони південного Степу України. Всі технологічні процеси та обробки були однаково дотримані для вирощування усіх досліджуваних гібридів.

Умови зволоження ґрунту в досліджувані роки різнилися, як за кількістю опадів, так і за рівномірністю їх випадання (табл. 1).

Майже однакова кількість опадів за вегетаційний період була в 2013р. - 122 мм та 2015р. - 155 мм, тоді як в 2014 р. опадів випало майже в 2 рази більше - 233 мм.

Гідротермічні умови періоду вегетації рослин соняшнику у роки проведення досліджень

Показники	2013	2014	2015
Кількість опадів за вегетаційний період, мм	122	233	155
Сума активних (вище +10 ⁰ C) температур, ⁰ C	2996	2869	2756
CHU*	3519	3375	3225
Гідротермічний коефіцієнт	0,41	0,81	0,56
Мінімальна відносна вологість повітря в період цвітіння, %	61,8	36,9	45,8

*- одиниці накопичення тепла (Crop Heat Units - CHU) [13]

В той же час 2013 та 2015 роки вирізнялися нерівномірним випаданням опадів, високими температурами і значною ґрунтовою посухою в період від сходів до досягання насіння. Разом з цим, 2014 рік характеризувався найменшою вологістю повітря у період цвітіння соняшнику (36,9 %) порівняно з 2013 та 2015 рр. Показники ГТК коливалися за роками в межах 0,4-0,8. Гідротермічні умови в 2014 році порівняно з 2013 та 2015 були більш оптимальними як за кількістю, так і за рівномірністю випадання опадів.

Дослідження показників продуктивності проводили у лабораторії моніторингу якості ґрунтів та продукції рослинництва НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету.

Ґрунти дослідних ділянок – чорноземи звичайні з вмістом гумусу 3,5 %.

Математичну обробку результатів проводили з використанням критерію Ст'юдента [14] за комп'ютерною програмою Agrostat.

Результати досліджень. Аналіз продуктивності гібридів соняшнику показав, що елементи структури врожаю взаємопов'язані. Приріст врожаю насіння дає не збільшення одного з показників, а оптимальне співвідношення всіх його компонентів.

Урожайність гібридів є основною селекційною ознакою, формування якої залежить від її складових, які в свою чергу знаходяться під впливом факторів зовнішнього середовища. Так, урожайність гібридів за досліджувані роки в середньому становила 1,6 – 1,9 т/га (табл. 2). При цьому кращу урожайність формували гібриди соняшнику у 2015 році. Маса насіння в одному кошику мала подібну тенденцію за роками. Слід відмітити, що найбільшу масу насіння в кошику і, відповідно, врожайність формували гібриди Одеський 249, Армада, Альфа, Логос, Санай, порівняно з іншими досліджуваними гібридами. Це зумовлено селекційними ознаками і кращою пристосованістю вивчаємих гібридів до вирощування у зоні сухого Степу України.

Підвищення насінневої продуктивності соняшнику залежить від маси 1000 насінин (табл. 3). Маса 1000 насінин соняшнику – є одним з головних показників якості насіння, який

характеризує запас поживних речовин у насінні. Це генетично зумовлений показник, але він може змінюватися залежно від ґрунтово-кліматичних умов та агротехнічних заходів.

Таблиця 2

**Маса насіння та врожайність гібридів соняшнику за умов вирощування у
Степу України**

Гібриди	Маса насіння в одному кошику, г			Врожайність, т/га		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Зубр	39,60	37,43	40,80	1,3	1,6	1,8
Одеський 249	58,55	54,81	58,47	2,4	2,3	2,5
Форвард	30,18	25,36	27,24	1,2	1,1	1,1
Ясон	35,08	31,75	33,96	1,3	1,4	1,5
Армада	53,92	58,43	60,18	2,1	2,5	2,5
Персей	38,34	26,29	47,54	1,7	1,8	1,9
Альфа	40,94	29,54	48,27	1,8	1,7	2,2
Логос	38,94	27,86	57,74	1,8	1,8	2,1
Савінка	30,91	29,81	40,85	1,7	1,6	1,7
Медіум	38,25	36,58	43,95	1,8	1,6	2,0
Тунка	36,47	35,87	43,17	1,5	1,5	1,8
Санай	40,39	39,19	47,41	1,9	1,9	2,2
Середнє за рік	40,13	36,08	45,80	1,7	1,6	1,9
НІР ₀₅	9,72	7,38	8,07	0,4	0,5	0,3

Нами доведено, що максимальну масу 1000 насінин за 2013 – 2015 роки формували гібриди соняшнику Зубр, Одеський 249, Форвард. Гібриди Персей, Альфа, Логос сформували насіння з більшою масою 1000 насінин лише у 2015 році, який був найбільш сприятливий за гідротермічними умовами.

Одним з важливіших показників якості є натура, що показує масу насіння в певному об'ємі. В Україні – це один літр (г/л). Показник натури насіння також визначається генетичними особливостями гібриду. На його величину впливає велика кількість чинників, але домінуючим є кліматичні умови та технологія вирощування. За період 2013 – 2015 років встановлено, що найменша натура насіння спостерігалась у гібридів Зубр і Персей (табл. 3).

Слід відмітити, що гібриди Одеський 249, Санай, Форвард, Ясон за показником натури перевищували гібриди Зубр і Персей на 17 – 29 % в середньому за 3 роки досліджень.

За показником пустозерності насіння (табл. 4) гібриди соняшнику достовірно різнилися за роками досліджень. Найбільше значення даного показника спостерігали у 2014 році (табл. 4). На нього суттєво вплинули погодні умови, особливо недостатня кількість опадів і низька вологість повітря у період запилення квіток. Нами доведено, що максимально високий показник пустозерності у 2014 році спостерігався у гібридів соняшнику Зубр і Форвард, що, відповідно, відобразилося на зменшенні їх врожайності.

Таблиця 3

Показники якості насіння соняшнику за умов формування у зоні Степу України

Гібриди	Маса 1000 насінин, г			Натура, г/л		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Зубр	52,39	47,52	54,18	269,1	260,7	276,6
Одеський 249	51,66	48,41	54,98	343,7	327,9	370,1
Форвард	49,27	45,39	48,85	333,3	327,7	332,2
Ясон	47,31	45,14	45,72	340,8	332,1	324,3
Армада	40,83	43,69	46,48	296,7	303,6	314,9
Персей	33,08	32,19	52,34	254,6	250,1	300,1
Альфа	38,42	36,02	53,47	270,8	254,8	309,5
Логос	35,78	33,98	62,71	263,9	268,5	330,8
Савінка	39,42	25,83	47,53	281,7	263,7	298,8
Медіум	39,34	29,47	44,93	279,6	281,6	331,4
Тунка	35,42	33,34	40,08	296,7	283,4	308,1
Санай	40,05	38,61	46,78	308,5	315,7	316,4
Середнє за рік	41,91	38,30	49,84	295,0	289,15	317,77
НІР ₀₅	4,62	3,54	5,03	10,1	17,8	19,9

В цілому, протягом 2013 – 2015 років, стабільно меншу пустозерність мали гібриди соняшнику Армада, Тунка і Санай, що вказує на кращу виповненість насіння і пристосованість до екстремальних умов вирощування.

Таблиця 4

Пустозерність різних гібридів соняшнику у зоні Степу України, %

Гібриди	Рік досліджень		
	2013	2014	2015
Зубр	4,7	24,3	1,3
Одеський 249	3,5	19,6	3,2
Форвард	6,9	22,3	5,3
Ясон	5,5	14,7	7,5
Армада	1,3	7,4	2,4
Персей	4,7	9,3	7,3
Альфа	5,0	13,4	8,1
Логос	2,7	18,4	9,3
Савінка	8,3	15,3	7,2
Медіум	6,2	12,4	5,1
Тунка	1,1	7,7	1,5
Санай	1,3	8,2	0,8
Середнє за рік	4,3	12,4	4,9
НІР ₀₅	0,4	0,3	0,3

Широкий вибір посівного матеріалу на ринку України ставить сільгоспвиробників у певне становище щодо вибору кращого гібриду. Вибір ідеального гібриду соняшнику визначає проведення порівняльної оцінки варіантів досліду за їх властивостями. В зв'язку з цим виникає потреба використання механізму прийняття рішень за багатьма критеріями, який дозволяє виключити вплив на

цільову функцію одиниць вимірювання вивчаємих показників, а також величин інтервалів допустимих значень кожного критерію на вибір кращого варіанту досліду (цільову функцію) [14].

Для того, щоб виключити вплив одиниць вимірювання показників якості насіння соняшнику різних варіантів досліду проводили операцію нормування, яка дозволяє перевести значення показників якості у безрозмірні величини ($f_j \rightarrow \hat{f}_j$).

Після проведення операції нормування проводиться розрахунок значень цільової функції (φ) для кожного варіанту досліду (x_i).

Вибір кращого варіанту досліду визначається з умов найбільшого наближення його цільової функції [$\varphi(x_i)$] до цільової функції ідеального варіанту [$\varphi(x^u)$], яка дорівнює нулю. Якщо величина цільової функції сорту $\varphi(x_i)$ в діапазоні значень критеріїв досліджуваних варіантів досліду менше, тим більше придатний такий варіант до вирощування.

У таблиці 4 представлені дані, отримані для вибору найбільш придатного для вирощування гібриду соняшнику з двосторонньою альтернативно-критеріальною класифікацією, в яких дані значення критеріїв f_j і які характеризують показники продуктивності і якості насіння A_j – в кількісних шкалах та у безрозмірному вигляді.

Для насіння соняшнику всіх досліджуваних гібридів при проведенні порівняльної оцінки результатів досліджень встановлений ранжируваний ряд, який характеризує кращу пристосованість до вирощування у зоні Степу України.

Таким чином, оптимальним для вирощування (табл. 5) є гібрид соняшнику Одеський 249 – перший ранг ($\varphi(x_1)=0,95$). Другий ранг - гібрид Армада, що підтверджується значенням цільової функції $\varphi(x_2)=1,25$. Третій – гібрид Санай ($\varphi(x_3)=1,95$), четвертий - гібрид Тунка ($\varphi(x_4)=2,82$), п'яте – Ясон ($\varphi(x_5)=2,84$), шосте – Логос ($\varphi(x_6)=2,95$), сьоме – Зубр ($\varphi(x_7)=3,02$), восьме – Альфа ($\varphi(x_8)=3,05$), дев'яте – Медіум ($\varphi(x_9)=3,07$), десяте – Персей ($\varphi(x_{10})=3,28$), одинадцяте – Форвард ($\varphi(x_{11})=3,41$). Найгірші показники за роки досліджень мав гібрид соняшнику Савінка – дванадцяте місце ($\varphi(x_{12})=3,77$).

Висновок: враховуючи агрометеорологічні умови вирощування соняшнику за 2013 – 2015 рр. в Степу України, генетичний потенціал гібридів та стійкість до несприятливих факторів середовища, найбільш адаптованими до умов недостатнього зволоження є гібриди соняшнику Одеський 249, Армада та Санай, які забезпечили кращу продуктивність і сформували високу якість насіння. Дані гібриди ми пропонуємо агровиробникам для вирощування в умовах південного Степу України.

Таблиця 5

Результати значень цільових функцій $\varphi(x_1)\dots\varphi(x_{12})$ при виборі оптимального варіанту соняшнику різних гібридів

Альтернативи		Критерії, A_j										Значення цільових функцій, $\varphi(x_i)$	Ранг
		Пустозерність (%), A_1		Маса насіння у кошику (г), A_2		Маса 1000 насінин (г), A_3		Натура, г/л, A_4		Врожайність, т/га, A_5			
		f_1	\hat{f}_1	f_2	\hat{f}_2	f_3	\hat{f}_3	f_4	\hat{f}_4	f_5	\hat{f}_5		
x_1	Зубр	10,1	0,22	39,3	0,39	51,4	0,90	268,8	0,08	1,6	0,40	3,02	7
x_2	Одеський 249	8,8	0,37	57,3	0,93	51,7	0,91	347,2	0,91	2,4	0,93	0,95	1
x_3	Форвард	11,5	0,06	27,6	0,03	47,8	0,70	331,1	0,74	1,1	0,07	3,41	11
x_4	Ясон	9,2	0,32	33,6	0,21	46,1	0,60	332,4	0,75	1,4	0,27	2,84	5
x_5	Армада	3,7	0,95	57,5	0,94	43,7	0,47	305,1	0,46	2,4	0,93	1,25	2
x_6	Персей	7,1	0,56	37,4	0,33	39,2	0,22	268,3	0,07	1,8	0,53	3,28	10
x_7	Альфа	8,8	0,37	39,6	0,40	42,6	0,41	278,4	0,18	1,9	0,60	3,05	8
x_8	Логос	10,1	0,22	41,5	0,45	44,2	0,50	287,7	0,27	1,9	0,60	2,95	6
x_9	Савінка	10,3	0,20	33,9	0,22	37,6	0,13	281,4	0,21	1,7	0,47	3,77	12
x_{10}	Медіум	7,9	0,47	39,6	0,40	37,9	0,15	297,5	0,38	1,8	0,53	3,07	9
x_{11}	Тунка	3,4	0,99	38,5	0,36	36,3	0,06	296,1	0,37	1,6	0,40	2,82	4
x_{12}	Санай	3,4	0,99	42,3	0,48	41,8	0,36	313,5	0,55	2,0	0,67	1,95	3
f_j^-		3,3		26,5		35,2		261,6		1,0			
f_j^+		12,0		59,6		53,3		355,9		2,5			
$f_j(x^t)$			1		1		1		1		1		
f_j^{opt}		3,3 (min)		59,6 (max)		53,3 (max)		355,9 (max)		2,5 (max)			

Список використаної літератури:

1. Клименко І. І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику / І. І. Клименко // Селекція і насінництво. – 2015. – Вип. 107. – С. 183 – 188.
2. О.М. Prokopenko, Agriculture of Ukraine 2015, *Statistical Yearbook, Ukraine, Kyiv*, 2016, 379 p. <http://www.ukrstat.gov.ua>
3. State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine in 2015, 377 p www. <http://vet.gov.ua/node/919>
4. Маркова Н. В. Вплив строків сівби і технологічних особливостей вирощування на формування врожайності гібридів соняшнику та якість їх насіння / н. в. Маркова // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — Миколаїв, 2010 — Вип. 2 (53). — С. 212—218.
5. L. F. Hernandez, Morphogenesis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) as affected by exogenous application of plant growth regulators, *Agriscientia*, Vol. XII, 1996, 3-11.
6. Андрієнко А.Л. Фактори впливу на ефективність вирощування соняшнику / Андрієнко А.Л. // Агроном. - №4. – 2010. – С.64.
7. Бабич А.О. Посухи та пилові бурі, особливості їх формування, поширення та впливу на кормові й продуктивні ресурси України / А.О.Бабич // Вісник аграрної науки. – 1995. – № 7. – С. 3 – 17.
8. Коваленко П.І. Особливості формування посух в Україні та засоби боротьби з ними / П.І.Коваленко, Л.А.Філіпченко, О.І.Жовтоног [та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 12. – С. 49 –54.
9. Soil quality. Methods of determination of organic matter: DSTU [Valid from 2007-04-29]. – К.: Derzhspozhivstandart of Ukraine, p. 11, 2007 — (National standard of Ukraine).
10. О.М. Gerkial, G.M. Gospodarenko and Y. V. Kolarkov, “Agrochemistry: Study Guide,” Uman, p. 300, 2008.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1973. – 28 - 40 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. –М.:Высшая школа, 1990.– 352 с.
13. Brown D.M. Crop Heat Units for Corn and Other Warm Season Crops in Ontario / D.M. Brown, A. Bootsma // Factsheet Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. – 1993.- P. 32 – 41.
14. Теплицкий М. Г. Многокритериальный выбор комплексов технических средств для животноводства // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. - №6. – С. 25.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ГИБРИДА ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ В ЗОНЕ СТЕПИ УКРАИНЫ

Л.А. Покопцева, О.А. Еременко

Работа посвящена определению более адаптированных гибридов подсолнечника для выращивания в условиях недостаточного увлажнения Степной зоны Украины. Проанализировано урожайность и качество семян исследуемых гибридов на протяжении 2013 – 2015 гг. Было построено ранжированный ряд на основе этих показателей. С учетом природно-экологической зоны, генетического потенциала и стойкости к неблагоприятным факторам среды, установлено, что наиболее адаптированным к условиям Степи Украины являются гибриды подсолнечника Одесский 249, Армада и Санай.

Ключевые слова: подсолнечник, урожайность, натура, пустозерность, масса 1000 семян, ранжированный ряд.

THE USE OF THE METHOD OF MULTICRITERIA OPTIMIZATION FOR THE CHOICE OF THE OPTIMUM HYBRID OF SUNFLOWER IN THE CONDITIONS CULTIVATION IN THE ZONE OF THE STEPPE OF UKRAINE

O.A. Eremenko - PhD in Agriculture (The Candidate of Agricultural Sciences)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

L.A. Pokoptseva – PhD in Agriculture (The Candidate of Agricultural Sciences)

Tavria State Agrotechnological University of Ukraine

Climate of the Steppe zone of Ukraine is recently characterized by substantial temperature increase, decrease of rainfalls, and their irregularity. This led to the decrease of the stock of productive moisture in the arable and meter layers of the soil, occurrence of prolonged hydrothermal stresses during critical phases of plant development, especially of the late spring crops including sunflower.

Field studies were carried out over the period 2013-2015 in the scientific-production centre of Tavria State Agrotechnological University (Melitopol district, Zaporizhzhia region, Ukraine), and laboratory studies – in the Laboratory for the Soil and Crop Production Quality (Scientific Research Institute of Agrotechnology and Ecology at TSAU). Field and mathematical-statistical methods were used. The soil of study plots was represented by chernozem containing 3.5 % of humus. Soil moisture conditions in the research years differed, both by the rainfall amount, and its uniformity.

Modern varieties and hybrids of sunflower show a pronounced response to changes in agrometeorological conditions of their growing. In recent years, significant fluctuations of hydrothermal indices between years have occurred even in the same soil and climatic locations thereby providing a significant effect on the exhibition of individual characteristics and properties of agricultural crops and, as a result, of their macrocharacteristics, including yield. This introduces the issue of increasing requirements to adaptive capacities of created varieties and hybrids of sunflower. Highly adapted varieties and hybrids are the key to a stable yield in varying agrometeorological conditions and different eco-geographical zones. The assessment of adaptive and stability capacities of seed material is a prerequisite for the selection of highly adaptive forms.

The highest yield of the studied hybrids was observed in 2015 when, in spite of the unfavourable hydrothermal index of the year, the minimum relative air humidity during the flowering period was optimal (45.8%).

Growing hybrids of different levels of intensity, genetically and biologically diverse, allows the effective exploitation of agroecological potential of different zones.

Keywords: sunflower, yield, seed volume-weight, seed emptiness, weight of 1000 seeds, the ranged row.