

ПРОЯВ ГЕТЕРОЗИСУ В F₁ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ КОНДИТЕРСЬКОГО ТИПУ

Макляк К.М., Леонова Н.М., Сивенко В.І. Удовіченко А.Ю.
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

Упродовж 2016-2018 рр. в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН досліджували 10 самоzapилених ліній соняшнику і 90 гібридних комбінацій, створених за схемою повних діалельних схрещувань. Установлено особливості ліній за господарськими ознаками, цінними для селекції соняшнику кондитерського типу. Досліджено рівень прояву істинного гетерозису в першому гібридному поколінні за ознаками «врожайність», «збір ядра з гектара», «маса 1000 насінин», «лушпинність». Установлено особливості прояву істинного гетерозису залежно від рівня прояву ознак у батьківських компонентів гібридів.

Ключові слова: соняшник, гібрид, лінія, кондитерський тип, господарська ознака, гетерозис істинний

Вступ. Гібриди соняшнику кондитерського напрямку використання мають особливу господарську цінність. Смакові якості та поживні властивості кондитерського соняшнику не тільки забезпечують стабільний попит на виготовлену з нього продукцію, а й дозволяють віднести його до популярної нині категорії здорового харчування [1]. Створення високопродуктивних гібридів соняшнику пов'язано з важливим біологічним явищем – ефектом гетерозису [2, 3].

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Генетичні дослідження гетерозису і розробку методів його практичного використання було розпочато G.H. Shull, E.M. East та іншими генетиками на початку ХХ століття [9, 10]. Саме G.H. Shull запропонував термін «гетерозис» для позначення стимулюючого впливу гетерозиготності на ріст і розвиток гібридів. З точки зору генетики, гетерозис у більшій мірі є результатом внутрішньоалельної взаємодії (домінантність і наддомінантність), і в меншій мірі – міжалельної взаємодії генів (епістазу) [6, 7]. Це стан максимального прояву гетерозиготності, який з більшим успіхом можна досягти при схрещуванні генетично різних самоzapилених гомозиготних ліній [8].

Результативність селекції соняшнику на гетерозис визначається успіхом в підборі та створенні генофонду ефективних за комбінаційною здатністю та іншими цінними господарськими ознаками самоzapилених ліній [5]. Селекційний процес створення гетерозисних гібридів соняшнику кондитерського напрямку використання не відрізняється від процесу створення олійних гібридів [4].

Дослідженням ознак рослини соняшнику, які визначають збільшення його продуктивності, вперше зайнялася Л.П. Думачёва [11]. Нею встановлено, що гетерозис за продуктивністю гібридів забезпечується, головним чином, за рахунок збільшення кількості сім'янок в кошику, істотне перевищення їх за лушпинністю та масою 1000 насінин спостерігається значно рідше. Однак кращі комбінації проявляли гетерозис за всіма елементами структури врожайності. У міжлінійних гібридів найбільший рівень прояву гетерозису виявлено за врожайністю насіння та висотою рослини.

J. Kesteloot, M. Colabelli et al. виявили, що високоврожайні гібриди, на відміну від низьковрожайних, мали довгі і широкі сім'ядолі, довгий перший листок, більшу висоту рослини, діаметр кошика, велику суху вегетативну масу, більшу кількість сім'янок у кошику і більш високу масу 1000 сім'янок, були стійкі до іржі [12]. За В.Т. Зажарським та ін., найчастіше репродуктивне наддомінування проявляється за рахунок маси 1000 насінин (47,1%), рідше – за кількістю сім'янок у кошику (30,6%) і комплексом ознак (20,3%) [13].

За А.Д. Бочковим, В.Д. Савченко віст олії в насінні успадковується головним чином за високоолійною батьківською формою, проте є випадки проміжного успадкування і наддомінування [14]. N. Hladni et al. установлено високий прояв ефекту гетерозису в гібридів соняшнику за масою сім'янок з одного кошика, їх числом в кошику і масою 1000 насінин у порівнянні з середніми значеннями батьківських компонентів і з кращим батьком [15]. Н.М. Леоновою та ін. з'ясовано домінування кращої батьківської форми при отриманні крупноплідних гібридів [16]. Велике значення має встановлений А.И. Гундаєвим, В.Г. Вольфом факт прояву у соняшнику гетерозисного ефекту за вмістом олії в насінні [17, 18].

Ряд авторів виявили, що врожайність гібридів достовірно залежить від генетичної віддаленості батьківських ліній [19, 20, 21]. Рівень істинного гетерозису виявлено в переважній більшості випадків за врожайністю і збором олії з гектара, за ознакою олійності насіння істинний гетерозис спостерігався у 45-50 % гібридів. У той же час, конкурсний гетерозис за врожайністю відзначено тільки в 15-30 % гібридів, за вмістом олії в насінні – в 0-45 %, за збором олії за гектара – у 20-30 % гібридів [22].

Незважаючи на великий обсяг досліджень з прояву гетерозисного ефекту в соняшнику, в тому числі кондитерського, окремі питання залишаються слабо вивченими. Необхідні дослідження щодо прояву ефектів гетерозису в кондитерських гібридів з використанням нового селекційного матеріалу, у тому числі з високим вмістом олеїнової кислоти в олії.

Мета і задачі досліджень. Установити та дослідити прояв ефектів гетерозису в нових експериментальних гібридів соняшнику кондитерського типу за основними цінними господарськими ознаками.

Матеріал і методика. Польові дослідження проведено в 2016-2018 рр. на полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, розташованої в Лісостеповому агрогрунтовому районі області на півдні лівобережного Лісостепу, в 15 км від Харкова. Ґрунти в основному представлені потужним, слабо вилуженим, важкосуглинисто-пилуватим чорноземом на пилувато-суглинному карбонатному льосі. Ґрунти відрізняються високою природною родючістю, що забезпечує при наявності вологи отримання високих і стабільних урожаїв. Клімат зони проведення досліджень – помірно-континентальний, іноді з посушливим і жарким літом. Погодні умови в роки досліджень різнилися в період вегетації досліджуваних гібридів і ліній соняшнику. Середня температура повітря за вегетаційний період соняшнику (травень-вересень) (дані метеостанції «Аеропорт», 49°55'N, 36°17'E), становила за 2016 рік 18,9 °С, за 2017 рік 19,3 °С, за 2018 рік 20,8 °С (норма 1981-2016 рр. – 18,2 °С). Сума опадів за травень-вересень становила за 2016 рік 535,4 мм, за 2017 рік 208,0 мм, за 2018 рік 257,3мм (норма – 260,0 мм). Такі відмінності погодних умов, особливо в забезпеченні вологою, вплинули як на врожайність, так і на рівень маси 1000 насінин.

Досліджували 90 гібридних комбінацій, отриманих за схемою повних діалельних схрещувань ліній (♀10 × ♂10). Експериментальні гібриди та лінії-батьківські компоненти висівали з густотою 20 тис. рослин на 1 га, облікова площа ділянки – 13,72 м², кількість повторень - чотири. Оцінювали такі ознаки: урожайність насіння (т/га, за 10%-вою вологістю), масу 1000 насінин (г), лушпинність (%).

Матеріалом для створення гібридів стали 10 ліній селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН: п'ять – кондитерського типу з попередньо встановленою високою (вищою за 80 г) масою 1000 насінин (Х 51 Б, Х 63 Б, Х 72 Б, Х 75 Б і Х 2301 В), і п'ять ліній, які за масою 1000 насінин (меншою за 70 г) не віднесено до крупноплідних (Х 1002 Б, Х 1012 Б, Х 59 Б, VKL-4 та VKL-1), з яких лінія VKL-4 – з високим вмістом олеїнової кислоти в олії (85,70 %).

Достовірність відмінностей між варіантами оцінювали на 5 %-му рівні значущості (НІР₀₅), коефіцієнт варіювання V (%) обчислювали за методикою у викладі Б.А. Доспехова [23]. Величину істинного гетерозису (Г_{іст.}) обчислювали за методикою Д.С. Омарова [24]:

$$Г_{іст.} = (F_1 - P_{кращ.}) / P_{кращ.} \times 100 \% \quad (1)$$

де Г_{іст.} – величина істинного гетерозису;

F₁ – значення ознаки в першому гібридному поколінні;

P_{кращ.} – значення ознаки у лінії-батьківського компоненту з більшим рівнем прояву ознаки.

Результати і обговорення. Дослідження ліній-батьківських компонентів гібридів дозволила виділити кращі за комплексом господарських ознак. У середньому за три роки досліджень урожайність ліній варіювала від 0,96 до 1,77 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

**Господарські ознаки ліній-батьківських компонентів гібридів соняшнику
(сер. за 2016-2018 рр.)**

Лінія	Урожайність, т/га	Збір ядра, т/га	Маса 1000 насінин, г	Лушпинність, %
X 51 Б	1,45	1,04	82,5	24,24
X 59 Б	1,50	1,15	82,3	25,74
X 63 Б	1,40	1,05	83,4	27,21
X 72 Б	1,77 ¹⁾	1,22	108,9 ¹⁾	26,73
X 75 Б	1,60	1,19	85,9	31,22 ¹⁾
X 1002 Б	1,65 ¹⁾	1,28 ¹⁾	61,4	24,76
X 1012 Б	1,02 ¹⁾	0,76 ¹⁾	46,9 ¹⁾	25,57
VKL-1	0,96 ¹⁾	0,70 ¹⁾	57,6	24,08 ¹⁾
VKL-4	1,02 ¹⁾	0,74 ¹⁾	56,1	25,01
X 2301 В	1,39	1,04	95,9 ¹⁾	28,35
\bar{X}	1,37	1,02	75,9	26,29
σ	0,28	0,21	19,7	2,20

Примітка: ¹⁾ – відрізняється від середньої на величину більшу ніж σ

Лінії X 75 Б, X 1002 Б і X 72 Б характеризувалися найвищою врожайністю насіння: 1,60; 1,65 і 1,77 т/га, відповідно. Ті ж самі лінії продемонстрували найвищий рівень збору ядра з гектара: 1,19; 1,28 і 1,22 т/га. Маса 1000 насінини варіювала від 46,9 (X 1002 Б) до 108,9 г (X 72 Б). За масою 1000 насінин (вищою за стандартну для кондитерського соняшнику масу 1000 насінин, що дорівнює 70 г [30]) також виділено лінії: X 51 Б (82,5 г), X 59 Б (82,3 г), X 63 Б (83,4 г), X 75 Б (85,9 г), X 2301 В (95,9 г). Лушпинність майже у всіх ліній була нижче за 29 %, за винятком лінії X 75 Б, яка сформувала лушпинність 31,22 %. Кращою за лушпинністю (отже з найнижчим рівнем прояву) була лінія VKL-1 (24,08 %). Лушпинність на рівні середньої за дослідом продемонстрували лінії X 51 Б (24,24 %), X 59 Б (25,74 %), X 1002 Б (24,76 %), X 1012 Б (25,57 %), VKL-4 (25,01 %).

Отже, серед ліній кондитерського типу за комплексом ознак (урожайність, маса 1000 насінин, лушпинність) виділено лінію X 72 Б. Лінії олійного напрямку за дослідженими ознаками різнилися несуттєво. Особливе значення має лінія-відновник фертильності пилку X 2301 В, яку за масою 1000 насінин визнано перспективною для використання як чоловічий батьківський компонент для створення гібридів кондитерського типу.

Щодо F₁ гібридів, встановлено, що в середньому за всіма гібридами найвищу врожайність (2,48 т/га), збір ядра з гектара (1,83 т/га) і масу 1000 насінин (104,5 г) сформовано в 2016 році (табл. 2). Незважаючи на це, у 2016 році відмічено гібриди з мінімальною врожайністю і збором ядра (1,12 і 0,78 т/га, відповідно). Найнижчий рівень цих ознак в середньому за всіма гібридами встановлено у 2017 році: 2,13 т/га, 71,6 г. Лушпинність змінювалася від 24,8 % у 2018 році до 26,2 % у 2016 році.

Таким чином, досліджені ознаки по-різному варіювали залежно від умов року. Проте, за значеннями коефіцієнта варіації V, можна стверджувати про середню мінливість ознак (10 % <V<20 %). Виняток – збір ядра з гектара у 2016 році (V=20,45 %). Також наближалися до 20 % значення коефіцієнтів варіації за врожайністю (19,72 %) і масою 1000 насінин (19,02 %) у 2016 році. За мінливістю коефіцієнта варіації V (від 11,08 до 12,06 %), найменшим чином змінювалася лушпинність.

Таблиця 2

Розмах варіювання господарських ознак F₁ гібридів соняшнику

Рік	Показник	Урожайність, т/га	Збір ядра з гектара, т/га	Маса 1000 насінин, г	Лушпинність, %
2016	\bar{X}	2,48	1,83	104,5	26,2
	min	1,12	0,78	59,0	20,0
	max	3,84	2,93	150,7	33,3
	V,%	19,72	20,45	19,02	12,06
2017	\bar{X}	2,13	1,59	71,6	25,2
	min	1,25	0,91	48,3	19,6
	max	2,77	2,03	96,3	30,6
	V,%	11,21	11,22	17,24	11,08
2018	\bar{X}	2,40	1,81	92,3	24,8
	min	1,68	1,21	57,0	19,7
	max	3,09	2,30	142,5	33,8
	V,%	12,61	12,99	19,06	11,96

Виходячи з вищенаведеного, можна стверджувати, що умови року по-різному впливали на диференціацію гібридів за рівнем прояву господарських ознак. За значеннями коефіцієнта варіації V, найбільшим чином на мінливість таких ознак, як урожайність і збір ядра з гектара вплинули погодні умови 2016 року. Мінливість маси 1000 насінин і лушпинності залишалася майже на однаковому рівні незалежно від умов року.

Попередні дослідження Н.М. Леонової та ін. свідчать про перспективність створення гібридів соняшнику, що за урожайністю та виходом ядра з гектара значно перевищують вихідні батьківські компоненти [16]. За результатами досліджень, наведеними у статті, за урожайністю та збором ядра з гектара більшість F₁ гібридів перевищила рівень прояву ознак у кращого батьківського компонента (табл. 3). У 2016 році це 88 гібридних комбінацій за обома ознаками, або 97,8 %. У 2017 році це 84 гібридні комбінації, або 93,3 % за врожайністю, та 87 гібридних комбінацій, або 96,6 % за збором ядра з гектара. У 2018 році це 85 гібридних комбінацій, або 94,4 % за врожайністю, та 86 гібридних комбінацій, або 95,5 % за збором ядра з гектара. Прояв ознак в незначній кількості гібридних комбінацій знаходився на рівні кращого батьківського компоненту (від 0,2 до 6,66 %), та в жодному випадку не поступався йому.

Таблиця 3

Частота прояву істинного гетерозису за господарськими ознаками гібридів соняшнику, %

Прояв гетерозису	Урожайність		Збір ядра з гектара		Маса 1000 насінин		Лушпинність	
	Кількість гібридів							
	штук	%	штук	%	штук	%	штук	%
2016 рік								
Перевищує рівень P _{кращ.}	88	97,8	88	97,8	35	38,8	10	11,1
На рівні P _{кращ.}	2	0,2	2	0,2	18	20,0	22	24,4
Нижче рівня P _{кращ.}	–	–	–	–	37	41,1	58	64,4
2017 рік								
Перевищує рівень P _{кращ.}	84	93,3	87	96,6	22	24,4	5	5,55
На рівні P _{кращ.}	6	6,6	3	3,3	22	24,4	32	35,5
Нижче рівня P _{кращ.}	–	–	–	–	46	51,1	53	58,8
2018 рік								
Перевищує рівень P _{кращ.}	85	94,4	86	95,5	54	60,0	4	4,4
На рівні P _{кращ.}	5	5,5	4	4,4	14	15,5	23	25,5
Нижче рівня P _{кращ.}	–	–	–	–	22	24,4	63	70,0

За нашими дослідженнями, за масою 1000 насінин істинний гетерозис продемонстрували у 2016 році 38,8 % гібридних комбінацій, у 2017 році 24,4 %, у 2018 році 60,0 % гібридних комбінацій. Як негативний для селекції гібридів кондитерського типу факт відмічено зменшення маси 1000 насінин у першому гібридному поколінні у 41,1; 51,1 і 24,4 % гібридів у 2016, 2017 і 2018 роках, відповідно. Така тенденція потребує індивідуального аналізу кожної гібридної комбінації та добору кращих за масою 1000 насінин батьківських компонентів.

В.С. Пустовойт відмічав спадкову обумовленість лушпинності і слабкий вплив на цю ознаку умов вегетації соняшнику [27]. За дослідженнями В.Г. Вольфа і Ф.И. Горбаченко, лушпинність успадковується за проміжним типом, схилиючись у бік тонколушпинної батьківської лінії, або домінують лінії з більшою лушпинністю, а в деяких випадках спостерігається гетерозис за лушпинністю [28, 29]. Проведені нами дослідження довели, що лушпинність більшості гібридних комбінацій менша ніж лушпинність батьківського компоненту з більшим вираженням ознаки (64,4; 58,8 і 70,0 % гібридів у 2016, 2017 і 2018 роках, відповідно). Але в окремих гібридних комбінаціях спостерігали збільшення лушпинності (у 11,1; 5,55 і 4,44 % гібридів за роками). Негативне для гетерозисної селекції кондитерських гібридів збільшення лушпинності у першому гібридному поколінні можливо може бути подолано індивідуальним підбором батьківських компонентів.

Проведено аналіз рівня прояву істинного гетерозису в окремих гібридних комбінаціях за ознаками «врожайність» і «збір ядра з гектара», виділено кращі комбінації (табл. 4).

Таблиця 4.

Істинний гетерозис за врожайністю і збором ядра з гектара у кращих гібридів соняшнику кондитерського типу

Гібридна комбінація	Група батьківського компоненту за врожайністю ¹⁾	Урожайність		Збір ядра з гектара	
		істинний гетерозис, %	т/га	істинний гетерозис, %	т/га
Сх 72 А / Х 1002 Б	в/в	71,8 ²⁾	3,1	82,5 ²⁾	2,4
Сх 1002 А / Х 72 Б	в/в	69,1 ²⁾	3,0	77,2 ²⁾	2,3
Сх 51 А / Х 72 Б	с/в	61,0 ²⁾	2,8	64,4 ²⁾	2,0
Сх 72 А / Х 51 Б	в/с	52,4 ²⁾	2,7	60,0 ²⁾	1,9
Сх 1002 А / Х 2301 В	в/с	70,1 ²⁾	2,3	65,1 ²⁾	2,1
Сх 63 А / Х 72 Б	с/в	43,6 ²⁾	2,5	52,6 ²⁾	1,9
Сх 63 А / Х 2301 В	с/с	73,9 ²⁾	2,4	78,2 ²⁾	1,9
Сх 51 А / Х 2301 В	с/с	64,1 ²⁾	2,4	68,7 ²⁾	1,8
Сх 51 А / Х 63 Б	с/с	63,4 ²⁾	2,4	75,1 ²⁾	1,8
Сх 63 А / Х 51 Б	с/с	59,2 ²⁾	2,3	67,2 ²⁾	1,8
НІР ₀₅	–	–	0,2	–	0,2

Примітки: 1. ¹⁾ – в – високоврожайна лінія; с – середньоврожайна лінія.

2. ²⁾ – значення ознаки в F₁ достовірно перевищує значення ознаки в кращого батьківського компоненту на величину НІР₀₅.

Розподіл ліній-батьківських компонентів за рівнем урожайності здійснено на підставі відхилення значення ознаки від середньої за дослідом (більше або менше σ) (див. табл. 1). Найвищий рівень істинного гетерозису встановлено в комбінаціях, які створено за участю обох високоврожайних батьківських компонентів, середньоврожайного й високоврожайного батьківського компоненту, обох середньоврожайних батьківських компонентів. Так, у комбінації схрещування двох середньоврожайних ліній Сх 63 А / Х 2301 В рівень істинного гетерозису досягав 73,9 %. За використання середньоврожайної лінії як материнського компоненту, рівень істинного гетерозису досягав 61,0 % (гібридна комбінація Сх 51 А / Х 72 Б). За використання середньоврожайної лінії як чоловічого компоненту, рівень істинного гетерозису досягав 70,1 % (гібридна комбінація Сх 1002 А / Х 2301 В). У варіантах схрещувань, здійснених на основі обох високоврожайних компонентів, рівень істинного гетерозису досягав 71,8 %. Найвищу врожайність отримано в гібридних комбі-

націях, створених на основі обох високоврожайних ліній: 3,1 т/га для комбінації Сх 72 А / Х 1002 Б і 3,0 т/га для комбінації Сх 1002 А / Х 72 Б.

Серед гібридних комбінацій, виділених за високим рівнем істинного гетерозису за врожайністю, максимальний рівень істинного гетерозису (82,5 %) за збором ядра з гектара спостерігали в гібридній комбінації Сх 72 А / Х 1002 Б. Загалом всі виділені гібридні комбінації сформували достовірне перевищення значення ознаки в F₁ над значенням ознаки в кращого батьківського компоненту. Збір ядра з гектара досягав 2,4 т/га (Сх 72 А / Х 1002 Б). Слід відмітити, що серед гібридних комбінацій з участю високоолеїнової лінії VKL-4 комбінацій з високим рівнем прояву істинного гетерозису за врожайністю не виділено.

Проведено також аналіз рівня прояву істинного гетерозису в окремих гібридних комбінаціях за ознаками «маса 1000 насінин» і «лушпинність», виділено кращі комбінації з високим рівнем істинного гетерозису за масою 1000 насінин (табл. 5).

Таблиця 5.

Гібридні комбінації зі стабільно високим рівнем істинного гетерозису за ознакою маса 1000 насінин, та рівень їх лушпинності, 2016-2018 рр.

Гібридна комбінація	Група батьківського компоненту за крупністю насінини ¹⁾	Маса 1000 насінин		Лушпинність	
		істинний гетерозис, %	г	істинний гетерозис, %	%
Х 2301 В / Х 75 Б	к/к	28,0 ²⁾	121,50	1,4	25,9
Сх 63 А / Х 75 Б	сн/к	29,0 ²⁾	111,44	-7,6	23,6
Сх 75 А / Х 51 Б	к/сн	25,5 ²⁾	107,86	-6,8	26,1
Х 2301 В / Х 63 Б	к/сн	12,2 ²⁾	106,53	-7,6	23,1
Сх 59 А / Х 75 Б	сн/к	20,9 ²⁾	103,89	-8,4	23,4
Сх 75 А / Х 63 Б	к/сн	21,5 ²⁾	104,44	-11,9	22,5
Сх 51 А / Х 75 Б	сн/к	26,8 ²⁾	108,94	-3,9	26,9
Сх 75 А / Х 59 Б	к/сн	14,8 ²⁾	98,63	-11,1	22,7
Сх 63 А / Х 51 Б	сн/сн	21,3 ²⁾	101,11	-15,5	23,7
Сх 59 А / Х 63 Б	сн/сн	12,2 ²⁾	93,56	-8,8	22,8
VKL-1 / Х 75 Б	д/к	19,2 ²⁾	102,44	4,8	29,1
Сх 75 А / VKL-1	к/д	9,2 ²⁾	93,89	-4,4	26,5
Сх 1012 А / VKL-4	д/д	27,5 ²⁾	71,44	-3,8	26,0
VKL-4 / Х 1012 Б	д/д	27,0 ²⁾	71,17	-10,9	24,1
VKL-1 / VKL-4	д/д	31,6 ²⁾	75,83	3,8	28,8
Сх 1002 А / VKL-4	д/д	9,8 ²⁾	67,44	5,0	28,4
НІР ₀₅	—	—	3,14	—	1,2

Примітки: 1. ¹⁾ – в – крупнонасінна лінія; сн – середньонасінна; д – дрібнонасінна лінія.

2. ²⁾ – значення ознаки в F₁ достовірно перевищує значення ознаки в кращого батьківського компоненту на величину НІР₀₅.

Розподіл ліній-батьківських компонентів за рівнем маси 1000 насінин здійснено на підставі відхилення значення ознаки від середньої за дослідом (більше або менше σ) (див. табл. 1). За масою 1000 насінин, найвищий рівень істинного гетерозису встановлено в комбінаціях, які створено за участю обох середньонасінних батьківських компонентів, крупнонасінного й середньонасінного батьківських компонентів, обох середньонасінних батьківських компонентів, дрібнонасінного і крупнонасінного батьківських компонентів, обох дрібнонасінних батьківських компонентів. Так, у комбінації схрещування двох крупнонасінних ліній Х 2301 В / Х 75 Б, рівень істинного гетерозису за масою 1000 насінин досягав 28,0 %. За використання середньонасінної лінії як материнського компоненту, рівень істинного гетерозису досягав 29,0 % (гібридна комбінація Сх 63 А / Х 75 Б).

За використання середньонасінної лінії як чоловічого компонента рівень істинного гетерозису досягав 25,5 % (гібридна комбінація Сх 75 А / Х 51 Б В). У варіантах схрещувань, здійснених на основі обох середньонасінних компонентів, рівень істинного гетерозису досягав 21,3 % (Сх 63 А / Х 51 Б). У варіантах схрещувань, здійснених на основі обох дрібнонасінних компонентів, рівень істинного гетерозису досягав 31,6 % (VKL-1 / VKL-4Б). Найвищу масу 1000 насінин отримано в гібридних комбінаціях, створених на основі обох крупнонасінних ліній (121,50 г, Х 2301 В / Х 75 Б) або на основі крупно- та середньонасінних ліній (111,44 г, Сх 63 А / Х 75 Б; 107,86 г, Сх 75 А / Х 51 Б).

Лушпинність гібридних комбінацій, виділених за високим рівнем істинного гетерозису за масою 1000 насінин, не перевищувала 28,8 % (VKL-1 / VKL-4). За лушпинністю, вказані гібридні комбінації знаходилися на рівні $P_{\text{кращ}}$, або були нижче рівня $P_{\text{кращ}}$.

Слід відмітити, що окремі гібридні комбінації з високоолеїною лінією VKL-4 сформували масу 1000 насінин, що перевищила 70 г: 71,44 г у Сх 1012 А / VKL-4; 71,17 г у VKL-4 / Х 1012 Б; 75,83 г у VKL-1 / VKL-4. Рівень істинного гетерозису в цих комбінаціях склав 27,0-31,6 %.

Висновки. Установлено відмінності за господарськими ознаками ліній-батьківських компонентів гібридів соняшнику, перспективних для створення гібридів кондитерського типу.

1. За комплексом ознак (урожайність, маса 1000 насінин) виділено лінії Х 72 Б і Х 2301 В. Визначено рівень мінливості господарських ознак у F_1 гібридів, створених з участю цих ліній. За урожайністю та збором ядра з гектара більшість досліджених F_1 гібридів (93,3-97,8 % за роками досліджень) продемонструвала істинний гетерозис, отже перевищила рівень прояву ознак у кращого батьківського компонента. Найвищий рівень істинного гетерозису за врожайністю (43,6-73,9 %) встановлено в комбінаціях, які створено за участю обох високоврожайних батьківських компонентів, середньоврожайного й високоврожайного батьківського компонента, обох середньоврожайних батьківських компонентів.

2. За масою 1000 насінин встановлено прояв істинного гетерозису, або гібридна комбінація знаходилася на рівні кращого батьківського компонента, або відмічено зменшення маси 1000 насінин у першому гібридному поколінні, що потребує індивідуального аналізу кожної гібридної комбінації та добору кращих за масою 1000 насінин батьківських компонентів. За масою 1000 насінин, найвищий рівень істинного гетерозису (9,2-31,6 %) встановлено в комбінаціях, які створено за участю обох середньонасінних батьківських компонентів, крупнонасінного й середньонасінного батьківських компонентів, обох середньонасінних батьківських компонентів, дрібнонасінного і крупнонасінного батьківських компонентів, обох дрібнонасінних батьківських компонентів.

3. Лушпинність більшості гібридних комбінацій була меншою ніж лушпинність батьківського компонента з більшим рівнем прояву ознаки (58,8-64,4 % за роками досліджень). Але в окремих гібридних комбінаціях спостерігали збільшення лушпинності (у 4,44-11,1 % гібридів за роками досліджень). Негативне для гетерозисної селекції кондитерських гібридів збільшення лушпинності у першому гібридному поколінні може бути подолано індивідуальним підбором батьківських компонентів.

4. Серед гібридних комбінацій з участю високоолеїнової лінії VKL-4, комбінацій з високим рівнем прояву істинного гетерозису за врожайністю і збором ядра не виділено. Окремі гібридні комбінації з високоолеїною лінією VKL-4 сформували масу 1000 насінин, що перевищила 70 г: 71,44 г у Сх 1012 А / VKL-4; 71,17 г у VKL-4 / Х 1012 Б; 75,83 г у VKL-1 / VKL-4. Рівень істинного гетерозису в цих комбінаціях склав 27,0-31,6 %.

5. У результаті проведених досліджень, виділено кращі лінії-батьківські компоненти гібридів кондитерського типу. Високим рівнем істинного гетерозису за врожайністю і збором ядра з гектара характеризуються гібридні комбінації з лініями Сх 51 А і Х 2301 В. В результаті схрещування цих батьківських компонентів отримано гібрид Гудвін, який занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, з 2018 року.

Список використаних джерел

1. Мамонов А.И. Использование нового способа определения крупноплодности при создании селекционного материала подсолнечника. Масличные культуры. 2006. Вып. 1 (135). С.15–19.
2. Спеціальна селекція і насінництво польових культур: навчальний посібник; за ред. В. Кириченка. Харків: НААН, ІР ім. В.Я. Юр'єва, 2010. 462 с.
3. Бугайов В.Д. та ін. Спеціальна селекція польових культур. Біла Церква, 2010. 368 с.
4. Драган Шкорич, Джеральд Дж. Сейлер, Жао Лью и др. Генетика и селекция подсолнечника. Международная монография. Сербская академия наук и искусств, Ассоциация «Селекция и семеноводство подсолнечника». НТМТ. Харьков, 2015. 540 с.
5. Толмачев В., Лазер П., Бочковой Д. Подсолнух для кондитеров. Зерно. 2010. С. 14–18.
6. Струнников В.А. Возникновение компенсационного комплекса генов – одна из причин гетерозиса. Общая биология. 1974. Т. 35. № 5. С. 666–677.
7. Шахбазов В.Г., Чешко В.Ф. Развитие представлений о биохимических, биофизических механизмах эффекта гетерозиса. Биохимия животных и человека. 1984. Вып. 8. С. 20–30.
8. Турбин Н.В. и др. Гетерозис. Минск: Наука и техника, 1982. 100 с.
9. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. М.: Колос, 1984. 344 с.
10. Кириченко В.В., Литун П.П. Гетерозис в теории и практике селекции гибридного подсолнечника. Харьков, 2003. 186 с.
11. Думачёва Л.П. Проявление гетерозиса у гибридов первого поколения подсолнечника: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Харьков, 1972. 25 с.
12. Kesteloot J., Colabelli M. et al. Determinacion de las diferencias entre hibridos de lasdiferencias entre hibridos de alto y bajo rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.). Proc. of the 2nd Intern. Sunfl. Conf., Buenos Aires, Argentina, 1985. Vol. 2. P. 781–786.
13. Зажарский В.Т., Михайлова А.П., Егорова Т.Т. Наследование хозяйственно ценных признаков у подсолнечника при внутривидовой гибридизации. Гибридизация и мутагенез в селекции растений. Воронеж, 1988. С. 103–121.
14. Бочковой А.Д., Савченко В.Д. Наследование некоторых признаков у межлинейных гибридов подсолнечника. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. 1997. Вып. 118. С. 3–5.
15. Hladni N., Scoric D., Kralic M., Ivanovic M., Sacac Z., Miklic V. Heterosis for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 2007. Vol. 30. No 7. P. 191–198.
16. Леонова Н.Н., Кириченко В.В., Сивенко А.А. Проявление эффекта гетерозиса и комбинационная способность линий подсолнечника кондитерского типа. Масличные культуры. 2015. Вып. 1 (161). С. 16–21.
17. Гундаев А.И. Использование гетерозиса у подсолнечника и получение гибридных семян на основе мужской стерильности. Гетерозис в растениеводстве. Л., 1968. С. 358–367.
18. Вольф В.Г. Гетерозис у подсолнечника и использование цитоплазматической мужской стерильности. Гетерозис в растениеводстве. Л., 1968. С. 348–357.
19. Cheres M.T., Miller J.F., Crane J.M., Knapp S.L. Genetic distance as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. Theor. And Appl. Genet. 2000. Vol. 100. No 6. P. 889–894.
20. Усов В.В. Некоторые особенности изучения и оценки самоопыленных линий подсолнечника для получения гетерозисных гибридов: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Рамонь, 2003. 27 с.
21. Усатов А.В., Горбаченко Ф.И., Азарин К.В., Горбаченко О.Ф., Тихобаева В.К., Маркин Н.В. Связь между эффектом гетерозиса у гибридов и генетическими дистанциями между родительскими линиями подсолнечника. Масличные культуры. 2003. Вып. 2 (155–156). С. 8–13.
22. Волгин В.В., Обыдало А.Д. Гетерозис по комплексу хозяйственно-биологических признаков у стерильных гибридов подсолнечника. Масличные культуры. 2015. Вып. 4 (164). С. 3–13.

23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
24. Омаров Д.С. К методике учёта и оценки гетерозиса у растений. Сельскохозяйственная биология. М.: Колос, 1975. С. 123–127.
25. Макляк Е.Н. Гетерозис количественных признаков и генетические особенности линий подсолнечника: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Харьков, 1998. 16 с.
26. Fich G.N. Breeding and genetics. sunflower science and technology. 1978. P. 279–338.
27. Пустовойт В.С. Подсолнечник : монография. М. : Колос, 1975. 591 с.
28. Вольф В.Г. Состояние исследований по подсолнечнику в Украинском НИИ растениеводства, селекции и генетики. Бюл. научн.-техн. информ. по масличным культурам. 1973. Вып. 4. С. 23–26.
29. Горбаченко Ф.И. Проявление гетерозиса по элементам продуктивности у низкорослых форм подсолнечника. Научн.-техн. бюл. ВНИИМК. 1984. Вып. 85. С. 3–6.
30. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови.

References

1. Mamonov AI. A new method for measuring the fruit size upon creating sunflower breeding material. *Maslichnyie kultury*. 2006; 1(135): 15–19.
2. Special breeding and seed production of field crops: In: VV Kyrychenko, red. Kharkiv: NAAS, Plant Production Institute nd. a. VyA Yuriev, , 2010. 462 p.
3. Bugayov VD et al. Спеціальна селекція польових культур. Bila Tserkva, 2010. 368 p.
4. Šcorić D, Seiler GJ, Liu Zh et al. Sunflower genetics and selection. Serbian Academy of Sciences and Arts, Sunflower Breeding and Seed Production Association. NTMT. Kharkiv, 2015. 540 p.
5. Tolmachev v, Lazer P, Bochkovoy D. Sunflower for confectioners. *Zerno*. 2010: 14–18.
6. Strunnikov VA. The emergence of a compensatory gene complex is one of the causes of heterosis. *Obshchaya biologiya*. 1974; 35(5): 666–677.
7. Shakhbazov VG, Cheshko VF. Development of ideas about biochemical and biophysical mechanisms of the heterosis effect. *Biokhimiia zhyvotnykh i cheloveka*. 1984; 8: 20–30.
8. Turbin NV et al. Heterosis. Minsk: Nauka i tekhnika, 1982. 100 p.
9. Borojević S. Principles and methods of plant breeding. Moscow: Kolos, 1984. 344 p.
10. Kyrychenko VV, Litun PP. Heterosis in the theory and practice of hybrid sunflower breeding. Kharkiv, 2003. 186 p.
11. Dumachiova LP. Manifestation of heterosis in the first generation sunflower hybrids. [dissertation]. Kharkiv, 1972.
12. Kesteloot J, Colabelli M et al. Determinacion de las diferencias entre hibridos de lasdiferencias entre hibridos de alto y bajo rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.). Proc. of the 2nd Intern. Sunfl. Conf., Buenos Aires, Argentina, 1985. Vol. 2. P. 781–786.
13. Zazharskiy VT, Mikhaylova AP, Yegorova TT. Inheritance of economically valuable traits in sunflower upon intraspecies hybridization. *Hybridization and mutagenesis in plant breeding*. Voronezh, 1988. P. 103–121.
14. Bochkovoy AD, Savchenko VD Inheritance of some traits in interline sunflower hybrids. *Nauchno-tehnicheskiy biulleten VNIIMK*. 1997; 118: 3–5.
15. Hladni N, Scoric D, Kralevic-Balalic M, Ivanovic M, Sacac Z, Miklic V. Heterosis for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 2007; 30(7): 191–198.
16. Leonova NN, Kyrychenko VV, Syvenko AA. Manifestation of the heterosis effect and the combining ability of confectionery sunflower lines. *Maslichnyie kultury*. 2015; 1(161): 16–21.
17. Gundaiev AI. The use of heterosis in sunflower and male sterility-based obtainment of hybrid seeds. *Heterosis in plant production*. Leningrad, 1968. P. 358–367.
18. Volf VG. Heterosis in sunflower and the use of cytoplasmic male sterility. *Heterosis in plant production*. Leningrad, 1968. P. 348–357.
19. Cheres MT, Miller JF, Crane JM, Knapp SL. Genetic distance as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. *Theor. And Appl. Genet*. 2000; 100(6): 889–894.

20. Usov VV. Some features of studying and evaluating self-pollinated sunflower lines to obtain heterotic hybrids. [dissertation]. Ramon, 2003.
21. Usatov AV, Gorbachenko FI, Azarin KV, Gorbachenko OF, Tikhobaieva VK, Markin NV. Relationship between the heterosis effect in hybrids and genetic distances between parental sunflower lines. *Maslichnyie kultury*. 2003; 2(155–156): 8–13.
22. Volgin VV, Obydalo AD. Heterosis by a set of economic and biological characteristics in sterile sunflower hybrids. *Maslichnyie kultury*. 2015; 4(164): 3–13.
23. Dospikhov BA. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
24. Omarov DS. Methods of measuring and evaluating heterosis in plants. *Agricultural biology*. Moscow: Kolos, 1975. P. 123–127.
25. Marliak EN. Heterosis of quantitative traits and genetic features of sunflower lines. [dissertation]. Kharkiv, 1998.
26. Fich GN. Breeding und genetics. sunflower science and tehnology. 1978. P. 279–338.
27. Pustovoyt VS. Sunflower. Moscow: Kolos, 1975. 591 p.
28. Volf VG. The state of research on sunflower in the Ukrainian Research Institute of Plant Production, Breeding and Genetics. *Biuletен nauchno-tekhnicheskoy informatii po maslichnym kulturam*. 1973; 4: 23–26.
29. Gorbachenko FI. Manifestation of heterosis by performance elements in short sunflower forms. *Nauchno-tekhnicheskiy. Biuletен VNIIMK*. 1984; 85: 3–6.
30. DSTU 7011:2009. Sunflower. Specifications.

ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕТЕРОЗИСА У F₁ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА КОНДИТЕРСЬКОГО ТИПА

Макляк Е.Н., Леонова Н.Н., Сивенко В.И., Удовиченко А.Ю.
 Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН

Цель и задачи исследования: установить и изучить проявление эффектов гетерозиса у новых экспериментальных гибридов подсолнечника кондитерского типа по основным ценным хозяйственным признакам.

Материалы и методика: материал для исследований – 10 самоопыленных линий и 90 гибридных комбинаций, созданных по схеме полных диаллельных скрещиваний. Оценивали признаки: урожайность семян, сбор ядра з гектара, массу 1000 семян, лужистость. Проведен дисперсионный и вариационный анализ по методике Б. А. Доспехова, рассчитана величина истинного гетерозиса по методике Д. С. Омарова.

Обсуждение результатов: включенные в скрещивания линии различались по ценным хозяйственным признакам. По урожайности, массе 1000 семян выделены линии X 72 Б и X 2301 В, как наиболее перспективные для создания гибридов кондитерского типа.

В зависимости от условий года, 93,3-97,8 % гибридных комбинаций продемонстрировали истинный гетерозис по урожайности семян, 9,2-31,6 % гибридных комбинаций – по массе 1000 семян. Установлены характеристики родительских компонентов, способных формировать гибридные комбинации с высоким уровнем проявления истинного гетерозиса.

Особенности проявления у отдельных гибридных комбинаций признаков «масса 1000 семян» и «лужистость» требуют индивидуального подбора родительских компонентов для создания гибридов кондитерского типа.

Среди гибридных комбинаций с участием высокоолеиновой линии VKL-4 выделены такие, которые сформировали массу 1000 семян, превышающую 70 г.

Выводы. Установлены закономерности проявления истинного гетерозиса по основным признакам, используемым для селекции F₁ гибридов подсолнечника кондитерского типа. Выделены лучшие по комплексу признаков самоопыленные линии-родительские компоненты и простые гибридные комбинации.

Ключевые слова: подсолнечник, гибрид, линия, кондитерский тип, хозяйственный признак, гетерозис истинный

MANIFESTATION OF HETEROSIS IN F_1 CONFECTIONERY SUNFLOWER HYBRIDS

Makliak K.M., Leonova N.M., Syvenko V.I., Udovichenko A.Yu.
Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine

Purpose and objectives: to establish and study the manifestation of heterosis effects in new experimental confectionery sunflower hybrids by major valuable economic features.

Materials and methods. Ten self-pollinated lines and 90 hybrid combinations created in compliance with the full diallel crossing design were studied. The following features were evaluated: seed yield, kernel output per hectare, 1000-seed weight, and huskiness. Analysis of variance and variational analysis were carried out by B.A. Dospekhov's method, and the true heterosis value was calculated by D.S. Omarov's method.

Results and discussion/ The lines used in crossings differed in valuable economic features. Lines Kh72B and Kh2301V were distinguished as the most promising ones by yield capacity and 1000-seed weight for developing confectionery hybrids.

Depending on the year conditions, 93.3-97.8% of the hybrid combinations showed the true heterosis in the seed yield; 9.2-31.6% of the hybrid combinations – in the 1000 seed weight. The characteristics of parents capable of generating hybrid combinations with a strong manifestation of the true heterosis are described.

The peculiarities of manifestation of the “1000-seed weight” and “huskiness” traits in some hybrid combinations require individual selection of parents to develop confectionery hybrids.

Among the hybrid combinations derived from high oleic-line VKL-4, those that had a 1000 seed weight of over 70 g were identified.

Conclusions. The patterns of the true heterosis manifestation have been established for the main characteristics used in the breeding of F_1 confectionery sunflower hybrids. The self-pollinated parental lines and simple hybrid combinations that were the best in terms of several features have been singled out.

Key words: sunflower, hybrid, line, confectionery sunflower, economic feature, true heterosis