

УДК 633.521:631.52
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.12>

РІВЕНЬ ПРОЯВУ ТА УСПАДКУВАННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК У МІЖЛІНІЙНИХ ГІБРИДІВ КОНОПЕЛЬ НАСІННЄВОГО ТА ВОЛОКНИСТОГО НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ

Мищенко С.В. – д.с.-г.н., с.н.с.,

головний науковий співробітник відділу селекції і насінництва конопель,

Інститут луб'яних культур

Національної академії аграрних наук України

Марченко Т.Ю. – д.с.-г.н., с.н.с.,

завідувачка відділу селекції,

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Лавриненко Ю.О. – д.с.-г.н., професор, академік

Національної академії аграрних наук України,

головний науковий співробітник відділу селекції,

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Ткаченко С.М. – к.е.н.,

директор, Інститут луб'яних культур

Національної академії аграрних наук України

Метод гібридизації з наступним селекційним добором на сьогодні є одним з основних для створення нового вихідного матеріалу промислових конопель (*Cannabis sativa* L.). Він потребує постійного теоретичного удосконалення, зокрема шляхом обґрунтування принципів ефективного добору батьківських форм для схрещування. У статті описано рівень прояву та успадкування селекційних ознак у міжлінійних гібридів конопель насіннєвого (I_4 Афіна / I_6 Іоніно) і волокнистого (I_6 Глухівські 51 / I_4 Ніка) напрямів господарського використання. Встановлено, що гетерозисний ефект у F_1 за насіннєвою продуктивністю можна отримати практично у всіх варіантах схрещувань, особливо в межах зразків насіннєвого, насіннєвого і волокнистого напрямів господарського використання. При цьому високу селекційну цінність мав гібрид F_1 I_4 Афіна / I_6 Іоніно, який істотно перевищував сорт-стандарт Гляна за ознаками діаметру стебла (8,67, порівняно з 8,21 мм), маси насіння з рослини (11,96 і 5,61 г), маси тисячі насінин (17,2 і 16,5 г), частки однодомної фемінізованої матірки у статевій структурі (96,2 і 92,0%) та істотно перевищував вихідні форми (сорти Афіна й Іоніно), при цьому гібрид істотно поступався сорту-стандарту Гляна за висотою рослин (244,3 і 251,9 см) і технічною довжиною стебла (183,9 і 198,4 см). Досліджувані селекційні ознаки успадковувалися за типом наддомінування (коефіцієнт h_r від 1,8 до 8,6), ознака технічної довжини стебла – за типом часткового домінування ($h_r = 0,4$). За ознакою маси насіння з рослини гіпотетичний гетерозис склав 28,7, істинний – 24,6, конкурсний – 113,2%. Гетерозисний ефект за волокнистістю отримати досить складно, навіть за умови схрещувань в межах зразків волокнистого напрямку господарського використання, доцільно проводити добір батьківських форм з високою комбінаційною здатністю.

Ключові слова: коноплі, самозапилена лінія, гібрид, успадкування, гетерозис, продуктивність.

Mishchenko S.V., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O., Tkachenko S.M. *The level of expression and inheritance of breeding traits in interlinear hybrids of hemp of seed and fiber directions of economic use*

*The method of hybridization with subsequent selection is currently one of the main for the creation of a new source material for industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). It needs constant theoretical improvement, in particular by substantiating the principles of effective selection of parental*

forms for crossing. The article presents the level of expression and inheritance of breeding traits in interlinear hybrids of hemp of seed (I_4 Aphina / I_6 Ionino) and fiber (I_6 Hlukhivski 51 / I_4 Nika) directions of economic use. It is established that the heterosis effect in F_1 in terms of seed productivity can be obtained in almost all variants of crosses, especially within the samples of seed, seed and fibrous directions of economic use. The hybrid F_1 I_4 Aphina / I_6 Ionino had a high selection value, which significantly exceeded the standard variety Hliana in terms of stem diameter (8.67, compared to 8.21 mm), seed weight from the plant (11.96 and 5.61 g), mass of thousands of seeds (17.2 and 16.5 g), the share of monoecious feminized female plants in the sex structure (96.2 and 92.0%) and significantly exceeded the original forms (varieties Aphina and Ionino), while the hybrid was significantly inferior to the standard variety Hliana in plant height (244.3 and 251.9 cm) and technical stem length (183.9 and 198.4 cm). The studied breeding traits were inherited by the type of overdominance (hp coefficient from 1.8 to 8.6), the trait technical length trait was inherited by the type of partial dominance (hp = 0.4). According to the weight of seeds from the plant, the hypothetical heterosis was 28.7, true – 24.6, competitive – 113.2%. Heterosis effect on fiber is quite difficult to obtain, even in the case of crosses within the samples of fibrous direction of economic use, it is advisable to select the parent forms with high combinatorial ability.

Key words: hemp, self-pollinated line, hybrid, inheritance, heterosis, productivity.

Постановка проблеми. Коноплі (*Cannabis sativa* L.), будучи безвідходною культурою в процесі переробки, придатні для використання в багатьох галузях промисловості, зокрема з них виготовляють текстильні та кручені вироби, біокомпозитні матеріали, папір, косметику, фармацевтичні препарати, продукти харчування, застосовують у тваринництві та як біоенергетичну культуру тощо [1]. У світовій практиці сформувались наступні мета і основні завдання селекції конопель: підвищення урожайності волокна і його якості, контроль за ознакою однодомності та вмістом канабіноїдів, стабілізація тривалості вегетаційного періоду та створення стійкого до шкідників і хвороб вихідного матеріалу [1]. При цьому використовують як класичні [2; 3] (добір, кросбридинг, інбридинг і гібридизацію) та біотехнологічні [3; 4] методи селекції, так і молекулярні технології (використання генетичних маркерів для маркування селекційних ознак), однак розробка останніх ще розвивається і знаходиться на початкових етапах впровадження [5; 6]. Перед селекціонерами постає першочергове завдання розширення сортової різноманітності культури за традиційними й інноваційними напрямками господарського використання, серед яких волокнисті і насіннєві є найбільш важливими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод гібридизації на сьогодні є одним з основних при створенні нового вихідного матеріалу промислових конопель, оскільки він поєднує в гібридах ознаки батьківських форм в результаті перекомбінації генів і сприяє створенню нових ознак під дією явища трансгресії. При цьому можуть бути використані різні типи схрещувань дводомної й однодомної форми з метою отримання простих і складних гібридів. Загальними умовами високої якості гібридизації у всіх випадках повинні бути обґрунтований добір батьківських компонентів, що беруть участь у схрещуванні, та гарантоване виключення всіляких можливостей попадання стороннього пилку за природної або штучної ізоляції [7]. Гібридний селекційний матеріал конопель обов'язково підлягає поліпшенню та стабілізації за цінними господарськими ознаками методом добору. Найчастіше використовують сімейно-груповий добір, рідше – індивідуальний, і в первинному насінництві – масовий (багаторазовий безперервний) [7].

Із восьми сортів конопель, які останніми роками досліджувалися в конкурсному сортовипробуванні Інституту луб'яних культур НААН [8], 50% створені саме методом гібридизації з наступним поліпшуючим добром (Миколайчик, Гармонія, Артеміда, Глухівські 51), решта 50% – це результат добору із сортів, які

також мають гібридне походження (Гляна із сорту ЮСО 31, Глесія – із Глера, Глухівські 85 – із Глухівський 46, Золотоніські 15 – із Золотоніські 13).

Окрім міжсорткової гібридизації, доведено ефективність використання самозапилених ліній у схрещуваннях для урізноманітнення вихідного матеріалу, розширення його генетичної основи та прискорення селекційного процесу створення нових сортів. Так, гіпотетичний та істинний гетерозис у досліджуваних лінійно-сорткових, сортолінійних і міжлінійних гібридів (вихідні форми – сорти Глухівські 58, Глесія і Золотоніські 15) за ознаками висоти рослин відповідно становив до 23,7 і 17,4, технічної довжини стебла – 27,0 і 25,8, діаметру стебла – 57,5 і 51,5, маси стебла – 140,8 і 114,9, маси волокна – 159,6 і 146,7, вмісту волокна – 15,1 і 10,5, маси насіння з рослини – 220,3 і 155,4, маси тисячі насінин – 18,9 і 17,3%, а основні селекційні ознаки у переважній більшості гібридів успадковувались за типом наддомінування [9; 10]. Серед схрещувань в межах середньоевропейського еколого-географічного типу найбільшу цінність мали міжлінійні гібриди, а в межах середньоевропейського і південного – сортолінійні і лінійносортові. Зважаючи на встановлені особливості успадкування вмісту канабіноїдів та статі, при гібридизації віддалених генотипів доцільно використовувати сорт середньоевропейського еколого-географічного типу, а самозапилену лінію – південного типу [10]. Явища гетерозису за вмістом канабіноїдів у даних гібридів не встановлено. Кількість рослин у потомствах створених гібридів першого покоління з відсутністю канабідіолу становила у різні роки досліджень 93,3–100,0, з відсутністю тетрагідроканабінолу – 98,8–100,0 і з відсутністю канабінолу – 95,0–100,0%; у результаті добру у другому та третьому поколіннях дані сполуки були взагалі відсутні [10, 11], а статева структура – однорідною [12].

Постановка завдання. У вищеописаних дослідженнях використано не лише різні еколого-географічні типи конопель, але й схрещування сортів чи самозапилених ліній, по-перше, універсального та насінневого, а, по-друге, насінневого та волокнистого напрямку господарського використання. Закономірно актуальності набуває проблема встановлення особливостей успадкування ознак продуктивності у гібридів першого покоління, створених у результаті схрещування самозапилених ліній лише насінневого напрямку (I_4 Афіна / I_6 Іоніно) і самозапилених ліній лише волокнистого напрямку використання (I_6 Глухівські 51 / I_4 Ніка) у порівнянні з батьківськими формами та сортом-стандартом Гляна. Дані дослідження проводили на базі Інституту луб'яних культур НААН; гібридизацію здійснювали в умовах штучної ізоляції, аналіз потомства за основними селекційними ознаками – у розсаднику оцінки за площі живлення рослин 30×5 см. Середнє арифметичне, похибку вибіркового середнього, коефіцієнт варіації та НР визначали згідно методики польового досліду Б. А. Доспехова [13]; коефіцієнт домінування ознак у гібридів F_1 визначали за формулою G. M. Veil, R. E. Atkins [14]; величину гіпотетичного, істинного та конкурсного гетерозису розраховували за практикумом З. В. Абрамовой, О. А. Карлинського [15].

Виклад основного матеріалу дослідження. Гібрид конопель F_1 I_4 Афіна / I_6 Іоніно, створений у результаті схрещування самозапилених ліній з сортів насінневого напрямку господарського використання, істотно перевищував сорт-стандарт Гляна за ознаками діаметру стебла на середині технічної довжини (8,67, порівняно з 8,21 мм), маси насіння з рослини (11,96 і 5,61 г), маси тисячі насінин (17,2 і 16,5 г), частки однодомної фемінізованої матірки (ОФМ) у статевій структурі (96,2 і 92,0%). Досліджуваний гібрид також істотно перевищував вихідні форми (сорти Афіна й Іоніно) за ознаками діаметру стебла, маси тисячі насінин і частки

Таблиця 1

Рівень прояву й успадкування селекційних ознак у гібрида конопель насіннєвого напрямку господарського використання (середнє, 2019–2021 рр.)

Вихідні форми та гібрид	Ознаки											
	Висота рослин, см		Технічна довжина, см		Діаметр стебла, мм		Маса насіння, г		Маса тисячі насінин, г		Частка ОФМ, %	
	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %	\bar{x}	\bar{x}
Гляна, стандарт	251,9 ± 4,27	7,6	198,4 ± 5,82	13,1	8,21 ± 0,285	15,5	5,61 ± 0,270	10,0	16,5 ± 0,55	7,5	92,0	
Афіна, ♀	239,8 ± 8,01	12,9	170,7 ± 2,35	5,3	8,59 ± 0,301	13,5	9,60 ± 0,300	11,1	16,9 ± 0,54	7,0	88,9	
Іонно, ♂	240,7 ± 6,00	8,8	190,2 ± 5,40	10,4	8,40 ± 0,293	14,4	8,98 ± 0,324	9,9	17,1 ± 0,47	9,4	94,0	
F ₁ , Афіна / І ₆ Іонно	244,3 ± 2,70	4,3	183,9 ± 3,84	8,1	8,67 ± 0,288	12,9	11,96 ± 0,405	8,5	17,2 ± 0,49	6,8	96,2	
НІР ₀₅	6,4		13,5		0,24		3,03		0,4		0,3	
Коефіцієнт домінування												
hр	8,2		0,4		1,9		8,6		2,0		1,8	
Гетерозис, %												
Г _{гип}	1,7		1,9		2,0		28,7		1,2		5,2	
Г _{гет}	1,5		0		0,9		24,6		0,6		2,3	
Г _{колік}	0		0		5,6		113,2		4,2		4,6	

Таблиця 2

Рівень прояву й успадкування селекційних ознак у гібрида конопель волокнистого напрямку господарського використання (середнє, 2019–2021 рр.)

Вихідні форми та гібрид	Ознаки												Частка ОФМ, %
	Висота рослин, см		Технічна довжина, см		Маса стебла, г		Маса волокна, г		Вміст волокна, %		Частка ОФМ, %		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %			
Гляна, стандарт	251,9 ± 4,27	7,6	198,4 ± 5,82	13,1	13,74 ± 0,750	24,4	4,60 ± 0,265	25,7	33,5 ± 0,52	7,0	92,0		
Глухівські 51, ♀	256,7 ± 6,37	9,6	195,8 ± 4,04	8,0	18,05 ± 1,558	33,4	6,98 ± 0,574	31,8	38,9 ± 0,54	5,4	88,0		
Ніка, ♂	271,1 ± 6,77	9,5	212,6 ± 4,98	11,2	15,50 ± 0,804	20,2	4,84 ± 0,449	26,9	31,2 ± 0,61	8,5	75,7		
F ₁ I ₆ Глухівські 51 / I ₄ Ніка	219,2 ± 3,63	6,4	157,9 ± 2,98	7,3	10,85 ± 0,525	18,7	3,41 ± 0,155	17,5	31,6 ± 0,56	6,9	95,2		
НІР ₀₅	25,3		27,0		3,50		1,72		0,50		9,9		
Коефіцієнт домінування													
hp	-6,2		-5,5		-4,9		-2,3		-0,9		2,2		
Гетерозис, %													
Г _{тип}	0		0		0		0		0		16,4		
Г _{гет}	0		0		0		0		0		8,2		
Г _{колік}	0		0		0		0		0		3,5		

Таблиця 3

Прогнозування ефекту гетерозису за ознаками насінневої продуктивності (seed) і волокнистості (fiber) у гібридів залежно від напрямку господарського використання батьківських компонентів

Батьківські компоненти за напрямком господарського використання, які залучаються у схрещування	Гетерозис прогнозовано наявний	Гетерозис залежить від комбінаційної здатності	Гетерозис прогнозовано відсутній
Насінневий і насінневий	seed		fiber
Універсальний і насінневий		seed, fiber	
Насінневий і волокнистий	seed	fiber	
Універсальний і волокнистий		seed, fiber	
Волокнистий і волокнистий		fiber	seed

ОФМ у статевої структурі, при цьому істотно поступався сорту-стандарту Гляна за висотою рослин (244,3, порівняно з 251,9 см) і технічною довжиною стебла (183,9 і 198,4 см), що цілком узгоджується з теоретичною моделлю сорту конопель насінневого напрямку, який повинен поєднувати низькорослість, невелику технічну довжину стебла, потужне суцвіття, високу насінневу продуктивність, переважання в популяції ОФМ із часткою чоловічих квіток у суцвітті 10–30%, скоростиглість тощо. Досліджувані селекційні ознаки успадковувалися за типом наддомінування (коефіцієнт h_r становив від 1,8 до 8,6), виняток – ознака технічної довжини стебла, що успадковувалась за типом часткового домінування ($h_r = 0,4$). Позитивним є той факт, що за ознакою маси насіння з рослини гіпотетичний гетерозис склав 28,7, істинний – 24,6, конкурсний – 113,2%. Дане схрещування виявилось досить вдалим (табл. 1).

Гібрид $F_1 I_6$ Глухівські 51 / I_4 Ніка, створений у результаті схрещування самозапилених ліній з сортів волокнистого напрямку господарського використання, істотно поступався сорту-стандарту Гляна за ознаками висоти рослин (219,2, порівняно з 251,9 см), технічної довжини стебла (157,9 і 198,4 см), вмісту волокна (31,6 і 33,5%), не мав істотної різниці за масою стебла (10,85 і 13,74 г), масою волокна (3,41 і 4,60 г) і часткою ОФМ у статевої структурі (95,2 і 92,0%). Досліджуваний гібрид істотно поступався вихідним формам (сортам Глухівські 51 і Ніка) за всіма досліджуваними селекційними ознаками, крім частки ОФМ, бо за цією ознакою перевищив сорт Ніка. Такий рівень вираження ознак не узгоджується з теоретичною моделлю сорту конопель волокнистого напрямку, який повинен поєднувати високорослість, велику технічну довжину стебла, масу стебла, волокна і його значний вміст, порівняно тривалий вегетаційний період тощо. Більшість досліджуваних селекційних ознак успадковувалися за типом негативного наддомінування (коефіцієнт h_r становив від –2,3 до –6,2), ознака вмісту волокна – за типом неповного негативного домінування ($h_r = -0,9$), і лише за ознакою частки ОФМ у статевої структурі виявлено факт наддомінування ($h_r = 2,2$), за цією ж ознакою наявний гіпотетичний, істинний і конкурсний гетерозис – 16,4, 8,2 і 3,5% відповідно. Дане схрещування виявилось не зовсім вдалим, але, зважаючи на середні коефіцієнти варіації ознак маси стебла і волокна (18,7 і 17,5% відповідно), однорідну статеву структуру, існує можливість проведення поліпшуючого селекційного добору у гібридних поколіннях саме за вказаними ознаками, які детермінують високий вихід (урожайність) волокна з одиниці площі (табл. 2).

Зважаючи на раніше встановлені закономірності рівня вираження господарських ознак [10], гетерозисний ефект у F_1 за насінневою продуктивністю можна отримати практично у всіх варіантах схрещувань, як правило, він обов'язково проявляється у разі схрещування сортів чи самозапилених ліній в межах насінневого напрямку, насінневого і волокнистого напрямів, може залежати від комбінаційної здатності вихідних форм за умови схрещування універсального і насінневого, універсального і волокнистого напрямів. Гетерозисний ефект за волокнистістю отримати значно складніше, навіть за умови схрещування волокнистих сортів чи самозапилених ліній, здебільшого спостерігається зниження її рівня, або проміжне успадкування, доцільно добирати батьківські форми з високою комбінаційною здатністю (табл. 3).

Висновки і пропозиції. Метод гібридизації з наступним селекційним доббором на сьогодні є одним з основних для створення нового вихідного матеріалу промислових конопель. Він потребує постійного теоретичного удосконалення, зокрема шляхом обґрунтування принципів ефективного добору батьківських форм для

схрещування. Встановлено, що гетерозисний ефект у F_1 за насінневою продуктивністю можна отримати практично у всіх варіантах схрещувань, особливо в межах сортів чи самозапилених ліній насінневого, насінневого і волокнистого напрямів господарського використання. При цьому високу селекційну цінність мав гібрид $F_1 I_4$ Афіна / I_6 Іоніно. Гетерозисний ефект за волокнистістю отримати досить складно, навіть за умови схрещувань в межах зразків волокнистого напряму господарського використання, доцільно проводити добір батьківських форм з високою комбінаційною здатністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Salentijn E. M. J., Zhang Q., Amaducci S. et al. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 68. P. 32–41. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.08.011
2. Коноплі: монографія / Вировець В. Г. та ін.; за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.
3. Burczyk H., Kowalski M., Plawuszewski M. Trends and methods in hemp breeding in Poland. *Journal of Natural Fibers*. 2005. Vol. 2, Iss. 1. P. 25–33. DOI: 10.1300/J395v02n01_03
4. Zwenger S. R. *The biotechnology of Cannabis sativa*. New York, 2014. 249 p.
5. Mandolino G., Ranalli P. The applications of molecular markers in genetics and breeding of hemp. *Journal of Industrial Hemp*. 2002. Vol. 8, Iss. 1. P. 7–23. DOI: 10.1300/J237v07n01_03
6. Punja Z. K., Rodríguez G., Chen S. Assessing genetic diversity in *Cannabis sativa* using molecular approaches. *Cannabis sativa* L. – *Botany and Biotechnology* / Eds.: S. Chandra et al. Cham, 2017. P. 395–418. DOI: 10.1007/978-3-319-54564-6_19
7. Методика селекції і насінництва однодомних конопель / Лайко І. М. та ін.; за ред. С. М. Ткаченка. Суми, 2021. 44 с.
8. Кириченко Г. І., Лайко І. М., Вировець В. Г., Міщенко С. В. Результати конкурсного сортопробування нових сортів конопель. *Луб'яни та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 14–20. DOI: 10.48096/btc.2018.6(11).14-20
9. Міщенко С. В. Рівень прояву та успадкування селекційних ознак у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель F_1 різних еколого-географічних типів. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 109. С. 101–110. DOI: 10.30835/2413-7510.2016.74205
10. Міщенко С. В. Теоретичні і практичні основи використання інбридингу і гібридизації в селекції конопель: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. с.-г. наук: спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Харків, 2020. 52 с.
11. Міщенко С. В. Вміст канабіноїдів у сортолінійних, лінійносортових і міжлінійних гібридів конопель F_1 – F_3 та методичні аспекти їх створення. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 21. С. 186–194.
12. Міщенко С. В. Особливості успадкування ознак статі у сортолінійних, лінійносортових та міжлінійних гібридів однодомних конопель. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 108. С. 122–130. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.57382
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: учебн. 3-е изд. Москва, 1973. 336 с.
14. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorgum. *Iowa State College Journal of Science*. 1965. Vol. 39, Iss. 3. P. 345–348.
15. Абрамова З. В., Карлинский О. А. Практикум по генетике: учебн. пособ. Ленинград, 1979. 192 с.