



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 631.527.5:631.524:633.71

© 2022

РІВЕНЬ ГЕТЕРОЗИСУ ТА СТУПІНЬ ДОМІНУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ F_1 ТЮТЮНУ

А.В. Моргун¹, К.П. Леонова², В.І. Моргун³,
В.В. Любич⁴, А.М. Коваленко⁵

^{1,2}кандидати сільськогосподарських наук

⁴доктор сільськогосподарських наук

^{1-3,5}Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН»
вул. Інтернаціональна, 4, м. Умань Черкаської обл., 20300, Україна

⁴Уманський національний університет садівництва

вул. Інститутська, 1, м. Умань Черкаської обл., 20300, Україна

e-mail: ¹avm-1955@ukr.net, ²leonova_katya@ukr.net, ³umandsttobacco@ukr.net,

⁴LyubichV@gmail.com, ⁵allakoval180587@gmail.com

ORCID:¹0000-0001-6356-6851, ²0000-0002-8270-775X, ³0000-0002-3709-3234,

⁴0000-0003-4100-9063, ⁵0000-0002-5749-2144

Надійшла 7.10.2022

Мета. Визначити ефект гетерозису та ступінь домінування господарсько-цінних ознак у гібридів F_1 тютюну в порівнянні з батьківськими формами. **Методи.** Внутрішньовидова гібридизація, самозапилення та відбір. Польові (фенологічні спостереження та біометричні виміри), лабораторні (структурний аналіз селекційного матеріалу, облік урожайності), математико-статистичні (дисперсійний аналіз, розрахунок ефекту істинного гетерозису та ступеня фенотипового домінування). **Результати.** На основі одержаних експериментальних даних визначено ефект гетерозису і типи успадкування ознак гібридів F_1 тютюну за елементами продуктивності. Високий рівень гетерозису та успадкування за типом позитивного наддомінування спостерігався у 62,5% рослин за висотою рослин, 87,5% — за кількістю листків, 62,5% — за площею листової поверхні, 75,0% — за врожайністю тютюнової сировини. **Висновки.** Виділено кращі гібридні комбінації за досліджуваними ознаками: висотою рослин — Гостролист Ювілейний × Берлей 38 ($\Gamma_{\text{ict}} = 29,2\%$, $H_r = 3,3$), Берлей 46 × Тернопільський 14 ($\Gamma_{\text{ict}} = 18,0\%$, $H_r = 2,0$); кількістю листків — Берлей 46 × Вірджинія 27 ($\Gamma_{\text{ict}} = 8,7\%$, $H_r = 1,8$), Гостролист Рубін × Берлей 46 ($\Gamma_{\text{ict}} = 8,7\%$, $H_r = 1,8$); площею листової поверхні — Берлей 46 × Тернопільський 14 ($\Gamma_{\text{ict}} = 25,6\%$, $H_r = 7,6$), Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14 ($\Gamma_{\text{ict}} = 21,7\%$, $H_r = 3,1$), Тернопільський 14 × Берлей 46 ($\Gamma_{\text{ict}} = 11,6\%$, $H_r = 4,0$); урожайністю тютюнової сировини —

Берлей 46 × Тернопільський 14 ($G_{\text{іст}} = 26,9\%$, $H_r = 8,0$), Берлей 46 × Вірджинія 27 ($G_{\text{іст}} = 18,5\%$, $H_r = 4,3$). Створені високогетерозисні комбінації та комбінації з високими показниками коефіцієнтів успадкування ознак є перспективними для подальшого використання в селекційному процесі.

Ключові слова: гібридні комбінації, батьківські форми, гібридологічний аналіз, мінливість, закономірність успадкування.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202212-04>

Тютюн (*Nicotiana tabacum* L.) — технічна культура, сировину якої застосовують переважно для виготовлення тютюнових виробів [1]. Є 60 видів тютюну роду *Nicotiana*, проте лише 2 з них — *Nicotiana rustica* та *Nicotiana tabacum* використовують для виготовлення курільних виробів [2]. Тютюн — популярна комерційна високоприбуткова рослина, яка здатна рости на малородючих ґрунтах [3, 4].

Нині є потреба в створенні нових конкурентоспроможних гібридів тютюну, що поєднують в одному генотипі високу врожайність і стійкість до несприятливих чинників навколишнього природного середовища. Основним методом створення таких генотипів є гібридизація, яка полягає в схрещуванні рослин, що різняться між собою за однією або кількома спадковими ознаками [5].

У селекції тютюну значну роль відіграє гетерозис, що залежить від генетичних особливостей вихідних батьківських форм [6]. Гетерозис — явище, за якого перше покоління гібридів, одержаних у результаті неспорідненого схрещування, має підвищену життєздатність, продуктивність, стійкість до шкідників, хвороб тощо.

Завдяки гетерозису врожайність сільськогосподарських культур збільшується на 15–20%. У першому поколінні він проявляється надзвичайно сильно, однак, не в усіх гібридів і неоднаковою мірою. Гетерозис у гібридних комбінацій є сумарним ефектом домінування або проміжного успадкування й змінюється залежно від умов вирощування. Тому знання про закономірності спадковості і мінливість господарсько-цінних ознак тютюну за їх фенотиповим проявом і генетичними особливостями є важливими для селекційної роботи [7].

Ступінь фенотипового домінування ознак продуктивності тютюну слід визначати

на ранніх етапах селекційної роботи, тобто в гібридів першого покоління. Дослідження за цим показником дають можливість швидко оцінити гібридні нащадки і виділити кращі для подальшого селекційного процесу [8].

Мета досліджень — визначити ефект гетерозису та ступінь домінування господарсько-цінних ознак у гібридів F_1 тютюну в порівнянні з батьківськими формами.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. на полях Дослідної станції тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН» в умовах Правобережного Лісостепу України. Програмою наукових досліджень є всебічна оцінка 8-ми гібридів F_1 тютюну за комплексом господарсько-цінних ознак у порівнянні з батьківськими формами.

У польових дослідженнях застосовували загальноновживану технологію вирощування тютюну. Попередник — пшениця озима. Загальна площа ділянки становила 31,5 м², облікова — 6,3 м², розміщення варіантів систематичне, повторність — 3-разова.

Фенологічні спостереження, обліки і вимірювання рослин проводили згідно з «Методикою проведення експертизи сортів на відмінність, однорідність та стабільність селекційної та агротехнічної роботи з тютюном» [9]. Визначали висоту рослин, довжину і ширину листків за допомогою мірної лінійки та їх кількість. Площу окремого листка обчислювали розрахунковим методом за формулою:

$$P = D \cdot Ш \cdot K, \quad (1)$$

де K — перевідний коефіцієнт (0,72); D — довжина листка, см; $Ш$ — ширина листка, см.

Масу тютюнової сировини визначали методом зважування сухої маси з кожної облікової ділянки. Статистичну обробку результатів отриманих експериментальних даних проводили згідно з методикою [10].

Величину ефекту істинного гетерозису обчислювали за формулою:

$$\Gamma_{\text{іст}} = \frac{F_1 - P_{\text{max}}}{P_{\text{max}}}, \% \quad (2)$$

де F₁ — значення ознаки в гібрида першого покоління; P_{max} — найбільше значення одного з батьків [11].

Для вивчення характеру успадкування й рівня гетерозису визначали ступінь домінування hp, який розраховували за формулою [12]:

$$Hp = \frac{XF - X_{\text{mp}}}{(X_p - X_{\text{mp}})}, \quad (3)$$

де XF — середнє значення показника в гібрида; X_{mp} — середнє значення показника обох батьківських форм; X_p — середнє значення батьківської форми з сильнішим проявом ознаки.

Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації [13]:

Клас домінування	Числове значення hp
Гетерозис (наддомінування)	hp > +1
Часткове позитивне домінування	+0,5 < hp ≤ +1
Проміжнє успадкування	-0,5 ≤ hp ≤ 0,5
Часткове від'ємне успадкування	-1 ≤ hp < -0,5
Депресія	hp < -1

Результати досліджень. Оцінку гібридних популяцій F₁ і батьківських форм проводили за комплексом основних ознак,

зокрема висотою рослин, кількістю листків, площею листової поверхні та врожайністю тютюнової сировини.

Висота рослин тютюну змінюється під дією факторів зовнішнього середовища. Вона безпосередньо не впливає на врожайність тютюну, проте визначає процес збирання листків.

В експериментальних дослідженнях висота рослин батьківських форм була в межах 102–177 см, у гібридних комбінацій — 125–203 см (табл. 1). Найвищі рослини тютюну сформувавали гібриди F₁ Спектр × Вірджинія 27; Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14; Берлей 46 × Вірджинія 27; Берлей 46 × Тернопільський 14 і Гостролист Ювілейний × Берлей 38, показники яких становили 180; 185; 178; 203 і 177 см.

Максимальний прояв ефекту гетерозису (Γ_{іст} = 29,2%) та позитивного наддомінування (Hp = 3,3) за цією ознакою відзначено в гібрида F₁ Гостролист Ювілейний × Берлей 38. Дещо нижчий гетерозис був у 4-х гібридних комбінацій тютюну: Спектр × Вірджинія 27 (Γ_{іст} = 1,7%); Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14 (Γ_{іст} = 7,6%); Берлей 46 × Вірджинія 27 (Γ_{іст} = 8,5%); Берлей 46 × Тернопільський 14 (Γ_{іст} = 18,0%). Ступінь фенотипового домінування (Hp) становив 1,5–2,0.

У гібридних комбінацій Тернопільський 14 × Берлей 46; Вірджинія 27 × Берлей 38; Гостролист Рубін × Берлей 46 висота рослин була нижчою, ніж у кращої батьківської форми. Спостерігався від'ємний ефект

1. Характеристика гібридів F₁ тютюну та їхніх батьківських форм за висотою рослин (2020–2022 рр.)

Гібридна комбінація	Висота рослин, см			Γ _{іст} , %	Hp, ступінь домінування
	♀	♂	F ₁		
Гостролист Ювілейний × Берлей 38	137	102	177	29,2	3,3
Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14	137	172	185	7,6	1,7
Тернопільський 14 × Берлей 46	172	113	153	-11,0	0,4
Берлей 46 × Тернопільський 14	113	172	203	18,0	2,0
Берлей 46 × Вірджинія 27	113	164	178	8,5	1,5
Спектр × Вірджинія 27	177	164	180	1,7	1,5
Вірджинія 27 × Берлей 38	164	102	125	-23,7	-0,3
Гостролист Рубін × Берлей 46	173	113	148	-14,4	0,2

гетерозису ($\Gamma_{\text{гет}} = -11,0\% \dots -23,7\%$) та проміжне успадкування нащадками цієї ознаки ($H_p = -0,3-0,4$).

Кількість листків на рослинах є однією з основних ознак, яка впливає на врожайність тютюнової сировини. Установлено, що в батьківських форм вона була в межах 18–23 шт., у гібридів першого покоління — 21–25 шт. (табл. 2). За цією ознакою всі гібридні комбінації перевищували залучені до гібридизації генотипи або наближались до показників батьківських форм із більшим проявом ознак. Тобто позитивний ефект гетерозису спостерігався майже в усіх гібридних комбінаціях, крім однієї — Спектр \times Вірджинія 27, показник якої становив — 4,3%, ступінь домінування ознак — 0,3 (проміжне успадкування). Тобто простежувалася перевага лише над материнською

формою. У решті гібридних комбінацій спостерігалось успадкування ознаки за типом позитивного наддомінування ($H_p = 1,4-2,0$).

Перевагу над обома батьківськими формами мали 2 гібриди F_1 Берлей 46 \times Вірджинія 27 та Гостролист Рубін \times Берлей 46, кількість листків яких становила 25 шт. У них відзначали найвищий ефект гетерозису (8,7%), ступінь фенотипового домінування був 1,8.

Величина врожаю тютюну безпосередньо залежить не лише від кількості листків, а й від їхнього розміру.

У результаті досліджень установлено, що площа листової поверхні в батьківських форм становила 656,6–993,6 cm^2 , у гібридних комбінаціях — 633,6–1002,2 cm^2 (табл. 3). Аналіз гібридів F_1 за цією ознакою показав, що 5 із них (Берлей 46 \times Вірджинія 27;

2. Характеристика гібридів F_1 тютюну та їхніх батьківських форм за кількістю листків (2020–2022 рр.)

Гібридна комбінація	Кількість листків, шт.			$\Gamma_{\text{гет}}, \%$	H _p , ступінь домінування
	♀	♂	F_1		
Гостролист Ювілейний \times Берлей 38	20	18	21	5,0	2,0
Гостролист Ювілейний \times Тернопільський 14	20	22	23	4,5	2,0
Тернопільський 14 \times Берлей 46	22	18	23	4,5	1,5
Берлей 46 \times Тернопільський 14	18	22	23	4,5	1,5
Берлей 46 \times Вірджинія 27	18	23	25	8,7	1,8
Спектр \times Вірджинія 27	20	23	22	-4,3	0,3
Вірджинія 27 \times Берлей 38	23	18	24	4,3	1,4
Гостролист Рубін \times Берлей 46	23	18	25	8,7	1,8

3. Характеристика гібридів F_1 тютюну та їхніх батьківських форм за площею листової поверхні (2020–2022 рр.)

Гібридна комбінація	Площа листової поверхні, cm^2			$\Gamma_{\text{гет}}, \%$	H _p , ступінь домінування
	♀	♂	F_1		
Гостролист Ювілейний \times Берлей 38	823,7	684,0	874,8	6,2	1,7
Гостролист Ювілейний \times Тернопільський 14	823,7	656,6	1002,2	21,7	3,1
Тернопільський 14 \times Берлей 46	656,6	712,1	794,9	11,6	4,0
Берлей 46 \times Тернопільський 14	712,1	656,6	894,2	25,6	7,6
Берлей 46 \times Вірджинія 27	712,1	864,0	874,8	1,3	1,1
Спектр \times Вірджинія 27	993,6	864,0	777,6	-21,7	-2,3
Вірджинія 27 \times Берлей 38	864,0	684,0	691,2	-20,0	-0,9
Гостролист Рубін \times Берлей 46	812,2	712,1	633,6	-22,0	-2,6

4. Характеристика гібридів F_1 тютюну та їхніх батьківських форм за врожайністю (2020–2022 рр.)

Гібридна комбінація	Урожайність тютюну, т/га			$\Gamma_{\text{гет}}$, %	Нр, ступінь домінування
	♀	♂	F_1		
Гостролист Ювілейний × Берлей 38	3,6	2,9	3,8	5,5	1,7
Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14	3,6	2,6	4,1	13,9	2,0
Тернопільський 14 × Берлей 46	2,6	2,4	2,8	7,7	3,0
Берлей 46 × Тернопільський 14	2,4	2,6	3,3	26,9	8,0
Берлей 46 × Вірджинія 27	2,4	2,7	3,2	18,5	4,3
Спектр × Вірджинія 27	2,9	2,7	2,7	-6,9	-1,0
Вірджинія 27 × Берлей 38	2,7	2,9	2,6	-10,3	-2,0
Гостролист Рубін × Берлей 46	2,8	2,4	3,1	10,7	2,5

Гостролист Ювілейний × Берлей 38; Тернопільський 14 × Берлей 46; Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14 і Берлей 46 × Тернопільський 14) переважали обидві батьківські форми, вирізнялися великим розміром листової поверхні (794,9–1002,2 см²), високим ефектом гетерозису ($\Gamma_{\text{гет}} = 1,3$ –25,6%) та успадкуванням ознаки за типом позитивного наддомінування (Нр = 1,1–7,6). Лідером за цією ознакою був гібрид F_1 Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14, площа листової поверхні якого становила 1002,2 см². У гібридній комбінації Вірджинія 27 × Берлей 38 зафіксовано часткове від'ємне успадкування (Нр = -0,9), у F_1 Спектр × Вірджинія 27 та Гостролист Рубін × Берлей 46 — депресія (Нр = -2,3 та -2,6).

За роки досліджень урожайність тютюнової сировини в середньому в батьківських форм становила 2,4–3,6 т/га, у гібридних комбінацій — 2,6–4,1 т/га (табл. 4). Аналіз

селекційного матеріалу показав, що перевагу над обома батьківськими компонентами за цією ознакою мали такі гібридні комбінації: Гостролист Ювілейний × Берлей 38; Гостролист Ювілейний × Тернопільський 14; Тернопільський 14 × Берлей 46; Берлей 46 × Тернопільський 14; Берлей 46 × Вірджинія 27 і Гостролист Рубін × Берлей 46, урожайність яких була в межах 2,8–4,1 т/га. Рівень гетерозису в гібридів F_1 становив 5,5–26,9%, ступінь фенотипового домінування (Нр) — 1,7–8,0. Серед них слід виділити гібридні комбінації Берлей 46 × Тернопільський 14 ($\Gamma_{\text{гет}} = 26,9\%$, Нр = 8,0) і Берлей 46 × Вірджинія 27 ($\Gamma_{\text{гет}} = 18,5\%$, Нр = 4,3), де материнською формою був сорт Берлей 46.

У гібридів F_1 Спектр × Вірджинія 27 та Вірджинія 27 × Берлей 38 за врожайністю тютюну спостерігалися від'ємний ефект гетерозису ($\Gamma_{\text{гет}} = -6,9\%$ і -10,3%) та депресія (Нр = -1,0 та -2,0).

Висновки

У результаті гібридологічного аналізу проведено оцінку 8-ми гібридів F_1 тютюну в порівнянні з батьківськими формами. Установлено рівень гетерозису та типи успадкування господарсько-цінних ознак у гібридів першого покоління. Високий рівень гетерозису та позитивне наддомінування ознак зафіксовано у 62,5% за висотою рослин, 87,5% — за кількістю листків, 62,5% — за площею листової поверхні

та 75,0% — за врожайністю тютюнової сировини. Виявлено, що кращі показники успадкування ознак гібридами спостерігалися в комбінаціях від схрещування 2-х сортів тютюну — Берлей 46 і Тернопільський 14. Для подальшого селекційного процесу виділено кращі високогетерозисні гібридні комбінації, які мали відмінний рівень розвитку елементів продуктивності тютюну в умовах Правобережного Лісостепу.

Morhun A.¹, Leonova K.², Morhun V.³, Liubych V.⁴, Kovalenko A.⁵

¹⁻³. ⁵Tobacco Research Station of the National Scientific Centre «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», 4 Internatsionalna Str., Uman, Ukraine, 20300, ⁴Uman National University of Horticulture, 1 Instyutaska Str., Uman, Ukraine, 20300, ORCID: ¹0000-0001-6356-6851, ²0000-0002-8270-775X, ³0000-0002-3709-3234, ⁴0000-0003-4100-9063, ⁵0000-0002-5749-2144

Heterosis level and dominance degree of economic characters in *F₁* tobacco hybrids

Aims. To determine the heterosis effect and the dominance degree of economic characters in *F₁* tobacco hybrids in comparison with parental forms.

Methods. Intraspecific hybridization, self pollination and selection. Field (phenological observations and biometric measurements), laboratory (structural analysis of breeding material, yield accounting), mathematical and statistical (dispersion analysis, calculation effect of true heterosis and the degree of phenotypic dominance). **Results.** On the basis of the obtained experimental data, heterosis effect and the types of character inheritance of *F₁* tobacco hybrids by productivity elements were determined.

A high level of heterosis and inheritance by the type of positive overdominance was observed in 62.5% according to plant height; 87.5% according to the number of leaves; 62.5% according to the leaf surface area and 75.0% according to the yield of tobacco raw materials. **Conclusions.** According to the investigated characters, the best hybrid combinations were selected: by plant height – Hostrolyst Yuvileinyi × Berley 38 ($H_{true} = 29.2\%$, $H_p = 3.3$), Berley 46 × Ternopilskyi 14 ($H_{true} = 18.0\%$, $H_p = 2.0$); by the number of leaves – Berley 46 × Virginia 27 ($H_{true} = 8.7\%$, $H_p = 1.8$), Hostrolyst Rubin × Berley 46 ($H_{true} = 8.7\%$, $H_p = 1.8$); by leaf surface area – Berley 46 × Ternopilskyi 14 ($H_{true} = 25.6\%$, $H_p = 7.6$), Hostrolyst Yuvileinyi × Ternopilskyi 14 ($H_{true} = 21.7\%$, $H_p = 3.1$), Ternopilskyi 14 × Berley 46 ($H_{true} = 11.6\%$, $H_p = 4.0$); by the yield of tobacco raw materials - Berley 46 × Ternopilskyi 14 ($H_{true} = 26.9\%$, $H_p = 8.0$), Berley 46 × Virginia 27 ($H_{true} = 18.5\%$, $H_p = 4.3$). The created highly heterosis combinations and combinations with high coefficients of character inheritance are promising for their further use in the selection process.

Key words: hybrid combinations, parental forms, hybridization analysis, variability, inheritance pattern.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-04>

Бібліографія

1. Briski F., Horgas N., Vukovic M., Gomzi Z. Aerobic composting of tobacco industry solid waste simulation of the process. *Clean Technol. Environ. Policy*. 2003. V. 5. P. 295–301. doi: 10.1007/s10098-003-0218-7
2. Tayoub G., Sulaiman H., Alorfi M. Determination of nicotine levels in the leaves of some *Nicotiana tabacum* varieties cultivated in Syria. *Herba Pol*. 2015. V. 61. P. 23–30. doi: 10.1515/hepo-2015-0028
3. Zhang J., Wang M., Wu S. et al. Effect of tobacco stem-derived biochar on soil metal immobilization and the cultivation of tobacco plant. *J. of soils and sediments*. 2019. V. 19(5). P. 2313–2321. doi: 10.1007/s11368-018-02226-x
4. Pscheidt A., Lemos R.C., Souza J.C. et al. Feasibility of using tobacco hybrids of the Dark tobacco type. *Genetics and Molecular Research*. 2021. V. 20. № 4. P. 1–4. doi: 10.4238/gmr18929
5. Tian M., Nie Q., Li Z. et al. Transcriptomic analysis reveals overdominance playing a critical role in nicotine heterosis in *Nicotiana tabacum* L. *BMC Plant Biol*. 2018. V. 18. P. 48. doi: 10.1186/s12870-018-1257-x
6. Hancock W.G., Lewis R.S. Heterosis, trans-mission genetics, and selection for increased growth rate in a *N. Tabacum* × synthetic tobacco cross. *Mol Breeding*. 2017. V. 37(53). P. 1–19. doi: 10.1007/s11032-017-0654-4
7. Yang M., Wang X., Ren D. et al. Genomic architecture of biomass heterosis in Arabidopsis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017. № 114(30). P. 8101–8106. doi: 10.1073/pnas.1705423114
8. Shitan N., Hayashida M., Yazaki K. Translocation and accumulation of nicotine via distinct spatio-temporal regulation of nicotine transporters in *Nicotiana tabacum*. *Plant Signal Behav*. 2015. № 10(7). e1035852. doi: 10.1080/15592324.2015.1035852
9. Волкодав В.В. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність. Київ: Алефа, 2001. С. 54–58.
10. Основи наукових досліджень в агрономії; за ред. В.О. Єщенко. Вінниця: ТД Едельвейс і К, 2014. 332 с.
11. Mather K., Jinks J.L. Biometrical Genetics. London: Pergamon Pres, 1971. 382 p.
12. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. V. 35. P. 303–321.
13. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State J*. 1965. № 39. P. 3.