

УДК 635.21:631.527.42

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.22>

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ КАРТОПЛІ ЗА УСПАДКУВАННЯМ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК І РІВНЯ ГЕТЕРОЗИСУ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

**Писаренко Н.В.** – к.с.-г.н.,

завідувач лабораторії селекції картоплі,

Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства

Національної академії аграрних наук

**Захарчук Н.А.** – к.б.н., с.н.с.,

вчений секретар,

Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук

У статті наведено результати щодо вивчення 32 перспективних гібридів картоплі за характером успадкування основних господарсько-цінних ознак від батьківських форм та виділенням генотипів з високим вираженням ефекту гетерозису, що сприятиме в подальшій селекційній практиці з покращення селективних ознак в нових сортах культури.

Дослідження проведено впродовж 2021–2022 рр. в польовій сівозміні лабораторії селекції картоплі Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН. Вихідний селекційний матеріал створений методом внутрішньовидового схрещування. Компоненти схрещувань – сучасні сорти вітчизняної селекції.

Серед досліджуваних батьківських форм виділено сорти, які демонструють високе вираженням основних господарсько-цінних ознак: за врожайністю – Фанатка, Альянс, Партнер, Світана і Чарунка; товарністю – Сонцедар, Чарунка, Радомисль, Межирічка 11, Нагорода, Фанатка, Бажана, Іванківська рання, Роставиця і Світана; середньою масою бульб – Партнер, Сонцедар, Бажана, Радомисль, Роставиця, Іванківська рання, Нагорода і Світана; вмістом крохмалю – Нагорода, Іванківська рання, Партнер, Бажана і Левада; споживчими якостями – Партнер, Радомисль, Вигода, Сонцедар, Левада, Фанатка, Бажана, Межирічка 11 і Роставиця.

Визначено перспективні вихідні форми, які значно перевищили кращі батьківські форми за досліджуваними ознаками та характеризувалися високим рівнем гетерозису: за врожайністю (ступінь гетерозису коливався в межах +25,1–+78,4%); товарністю (з ефектом гетерозису від +2,2 до +9,5%); середньою масою бульб; вмістом крохмалю (з проявом рівня гетерозису в діапазоні від +6,4% до +18,0%); споживчими якостями (гетерозис на рівні +3,5% до +8,8%).

Ступінь фенотипового домінування в перспективному вихідному матеріалі картоплі свідчить про різні типи успадкування за ознаками. За ознаками: «загальна врожайність» спостерігається переважно гетерозис 84%; «товарність» з позитивним домінуванням – 53%, проміжним успадкуванням – 19% і негативним домінуванням – 28%; «середня маса бульб» – 56% з позитивним домінуванням, 19% проміжним і 25% негативним домінуванням; «вміст крохмалю» – в 56% гібридів спостерігається наддомінування, 19% – позитивне домінування, 3% – проміжне успадкування і від'ємне успадкування та 19% форм – депресія; «споживчі якості» – гетерозис 34%, проміжне успадкування 31%, позитивне домінування і депресія – 13%, від'ємне домінування в 9% форм.

За результатами кластерного аналізу зроблено розподіл досліджуваних генотипів на кластери за основними господарсько-цінними ознаками. Встановлено, що найбільший інтерес викликають гібриди, які демонструють максимальні значення кількісних показників врожайності в межах 16,8–29,8 т/га, товарність 85–96% і середня маса бульб 81–106 г. Розподіл вихідних форм за результатами ієрархічного аналізу якісних ознак виділено групу генотипів першого кластеру, які характеризуються підвищеним вмістом крохмалю  $\geq 16,4\%$  і споживчими якостями  $\geq 8,0$  балів.

**Ключові слова:** картопля, селекція, батьківські форми, гібриди, успадкування, кількісні і якісні ознаки, гетерозис, фенотипове домінування.

***Pysarenko N.V., Zakharchuk N.A. Identification of potato source material by inheritance of economically valuable traits and level of heterosis in the conditions of Central Polissya of Ukraine***

*The article presents the results of studying 32 perspective potato hybrids for the inheritance pattern of key economic traits from parental forms and identifying genotypes with a high expression of heterosis effect. This will contribute to further breeding practices aimed at improving selective traits in new crop varieties.*

*The research was conducted during 2021–2022 in the field crop rotation laboratory for potato breeding of the Polissya Research Branch of the Institute for Potato Research of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The original breeding material was created using the method of intraspecific crossing. The components of the crossing were modern varieties of domestic breeding.*

*Among the studied parental forms, varieties demonstrating high expression of the main economically valuable traits were identified: by yield – Fanatka, Alians, Partner, Svitana and Charunka; by marketability – Sontsedar, Charunka, Radomysl, Mezhyrichka II, Nahoroda, Fanatka, Bazhana, Ivankivska rannia, Rostavytsia and Svitana; by average tuber weight – Partner, Sontsedar, Bazhana, Radomysl, Rostavytsia, Ivankivska rannia, Nahoroda and Svitana; by starch content – Nahoroda, Ivankivska rannia, Partner, Bazhana and Levada; by consumer qualities – Partner, Radomysl, Vyhoda, Sontsedar, Levada, Fanatka, Bazhana, Mezhyrichka II and Rostavytsia.*

*Promising parental forms, which significantly exceeded the best parental forms in terms of the studied traits and were characterized by a high level of heterosis, were identified: by yield (heterosis ranging from +25.1% to +78.4%); by marketability (with heterosis effect ranging from +2.2% to +9.5%); by average tuber weight; by starch content (showing heterosis levels in the range of +6.4% to +18.0%); by consumer qualities (heterosis ranging from +3.5% to +8.8%).*

*The degree of phenotypic dominance in the perspective parental potato material indicates different types of inheritance by the traits. By the traits: “total yield”, predominantly a heterosis of 84% is observed; by “marketability”, there is positive dominance – 53%, intermediate inheritance – 19%, and negative dominance – 28%; by “average tuber weight” – 56% with positive dominance, 19% with intermediate, and 25% with negative dominance; by “starch content”, 56% of hybrids show overdominance, 19% – positive dominance, 3% – intermediate inheritance, and negative inheritance, and 19% forms exhibit depression; by “consumer qualities”, there is a 34% heterosis, 31% of intermediate inheritance, 13% of positive dominance and depression, and 9% forms exhibit negative dominance.*

*Based on the results of cluster analysis, the studied genotypes were divided into clusters according to their main economically valuable traits. It was established that the hybrids showing the highest interest are those with maximum values of quantitative indicators: yield within the range of 16.8–29.8 t/ha, marketability of 85–96%, and average tuber weight of 81–106 g. The distribution of original forms based on the results of hierarchical analysis of qualitative traits identified a group of genotypes in the first cluster characterized by high starch content of  $\geq 16.4\%$  and consumer qualities of  $\geq 8.0$  points.*

**Key words:** potato, breeding, parental forms, hybrids, inheritance, quantitative and qualitative traits, heterosis, phenotypic dominance.

**Постановка проблеми.** В селекційних дослідженнях безперервно тривають пошуки та розробки з покращення існуючих сортів картоплі і створення нового високопродуктивного вихідного матеріалу методом гібридизації [1, с. 461; 2, с. 488]. Підбір батьківських форм для схрещування – це складний процес, оскільки кожна ознака чи властивість батьківських організмів не передається безпосередньо їхньому потомству. Батьківські пари несуть у собі певні можливості для створення нової гібридної форми рослин, яка поєднує ознаки обох батьків. Проте, успадковуються гени, а ознаки проявляються як результат їх експресії в конкретних умовах середовища [3, с. 163–217].

Роботами численних науковців доведено, що потомство різних батьківських форм відрізняється як за продуктивністю так і за якісними ознаками та проявляється у вигляді варіаційного ряду лімітів, які виходять за межі вираження показника в компонентів схрещування [4, с. 68; 5, с. 69; 6, с. 194–198; 7, с. 122–126].

Аналіз потомства сприяє виявленню ролі гетерозису у прояві основних господарсько-цінних ознак. Продуктивність самозапилення завжди нижча від схрещування, що можна пояснити гомозиготизацією контролюючої ознаки [8, с. 33; 9, с. 204; 10, с. 449]. В процесі гібридизації з'являються передумови для отримання гетерозисного потомства, що позитивно відбивається на вираженні продуктивності [11, с. 80].

Відтоді, як було виявлено гетерозис, його використовували переважно для підвищення врожайності в зернових культурах. Проте, незначна кількість наукових пошуків у вітчизняних і зарубіжних дослідженнях присвячена використанню гетерозису в культурах, що розмножуються клонально [12, с. 672; 13, с. 14; 14, с. 99].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Картопля (*Solanum tuberosum*), вид рослини, яка походить з Південної та Центральної Америки. На сьогодні є важливою с. г. культурою, яка займає понад 17 мільйонів гектарів посівних угідь у всьому світі [15]. Одна з найпопулярніших серед незернових культур, і багато хто вважає її гарантом продовольчої безпеки, як для місцевих, так і для глобальних спільнот [16, с. 1]. Незважаючи на важливість картоплі, впродовж останнього століття темпи зростання врожаю нижчі порівняно з іншими основними культурами [17, с. 1003].

Культивована картопля *Solanum tuberosum* є тетраплоїдом і демонструє гетерозис завдяки мультиалельній дії генів [18, с. 21]. Збільшення гетерозиготності та багатоалельних локусів призводить до більшої врожайності бульб. Картопля в основному розмножується вегетативно за допомогою бульб. Планова робота селекціонерів-картоплярів полягає в штучній гібридизації з метою отримання генетично унікальних клонових нащадків. Сучасна селекція картоплі базується на фенотиповому, а не на генотиповому відборі популяцій, створених шляхом внутрішньо та міжвидових схрещувань видів, інтрогресії диких і культивованих родичів *Solanum* та маніпуляцій з плодючістю [17, с. 1003]. Традиційний підхід до селекції полягає в схрещуванні перспективних гетерозиготних особин. Тобто в селекційний процес гібридизації необхідно включати сорти і гібриди різних екологічних груп, що сприятиме підвищенню ймовірності отримання найбільш сприятливих комбінацій [19, с. 123; 20, с. 1–408].

Особливістю картоплі є створення сортів в переважній більшості методом статевого схрещування і в подальшому вегетативному розмноженні бульбами, тобто її гетерозиготність є відносно високою порівняно з іншими с. г. культурами, що отримані в результаті інбридингу та статевим шляхом [21, с. 189]. Зауважимо, що через високу гетерозиготність  $F_1$  отримане потомство є генетично унікальним і характеризується різним проявом фенотипу. Надалі гібридний матеріал картоплі розмножується вегетативно, отже, процес закріплення ознак непотрібний [22, с. 4].

В селекційних розсадниках генотипи  $F_1$  піддаються 10–15 наступним рокам клонального відбору, поки не залишаються лише найкращі гібриди [23, с. 189; 24, с. 141]. Оскільки успіх селекції у картоплярстві сильно залежить від генерації достатньої кількості нових генотипів у  $F_1$ , потрібно більше 10 років для достатнього об'єму бульб у поєднанні із застосуванням належного селекційного тиску.

Перевага культури картопля, полягає в тому, що адитивні, так і неадитивні дії генів передаються від батьківських форм до потомства ще в першому поколінні  $F_1$  [25, с. 113; 26, с. 136–144; 27, с. 7].

Генетична варіація є бажаною, оскільки вона має буферний ефект при зіткненні з біотичними та абіотичними факторами середовища. З іншого боку, виявлено позитивний зв'язок між генетичним різноманіттям і врожайністю бульб, оскільки генетичні розбіжності між батьками можуть сприяти гетерозису [28, с. 165]. Ступінь фенотипового домінування, як показник для оцінки селекційного матеріалу на

ранніх етапах випробування використовується в багатьох культурах. Дослідження за цим показником підтверджують можливість його використання для підбору пар для схрещування, а також для швидкої оцінки гібридних нащадків [29, с. 199–229].

В Україні дослідження з вивчення закономірностей прояву гетерозисного ефекту за основними господарсько-цінними ознаками в гібридному матеріалі картоплі висвітлено в наукових працях селекціонерів: докторів с. г. наук Подгаєцького А.А., Влоха В.Г., Ільчука Р.В., кандидата с. г. наук Завірюхи П.Д. На сьогодні найбільший відсоток занесених до Реєстру сортів картоплі української селекції створено в умовах Центрального Полісся України (Інститут картоплярства і його структурний підрозділ Поліське дослідне відділення). Проте, за останні роки публікацій щодо досліджень найбільш ефективних батьківських форм для створення гетерозисних гібридів за кількісними і якісними ознаками та визначення закономірності прояву гетерозису та ступеня фенотипового домінування в перспективного вихідного матеріалу картоплі вкрай мало. Тому розширення селекційних досліджень з даного питання є досить актуальними.

**Постановка завдання.** Дослідити перспективний гібридний матеріал за характером успадкування основних господарсько-цінних ознак від батьківських форм з наступним відбором генотипів з високим вираженням ефекту гетерозису для покращення селективних ознак в нових сортах картоплі.

**Матеріал та методи досліджень.** Дослідження проведено впродовж 2021–2022 рр. в польовій сівозміні лабораторії селекції картоплі Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН в зоні центрального Полісся України (широта 50°42'4" пн. ш. та 29°21'14" сх. д., висота над рівнем моря 148 м). Ґрунти дослідного поля дерново-слабопідзолисті, глинисто-піщані сформовані за рахунок піску чи глинистого піску.

Об'єктом досліджень слугували 32 перспективних гібрида від 13 комбінаційних схрещувань. Компоненти схрещувань – сучасні сорти вітчизняної селекції: Чарунка, Альянс, Радомисль, Світана, Вигода, Роставиця, Бажана, Фанатка, Джавеліна, Партнер, Іванківська рання, Межирічка 11, Сонцедар (Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства НААН); Левада (Інститут картоплярства НААН); Нагорода (ІРАТ НВО «ЧЕРНІГІВЕЛІТКАРТОПЛЯ»).

Методи досліджень: польові, лабораторні, селекційні і статистичні.

У роки досліджень погодні умови впродовж вегетаційного періоду були досить неоднорідні і характеризувались, в окремі дні, критичними температурами – в нічний період 1–2 °С та денний до +34 °С. В червні – липні спостерігали тривалий період без атмосферних опадів чи недостатню їх кількість (найчастіше у вигляді зливних короткотривалих). Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у 2021 році склав 0,8, що вказує на середньо посушливі кліматичні умови, тоді як в 2022 р. ГТК – 1,1, що відповідає достатньому забезпеченню вологою. Дослідження проводили згідно методичних підходів, які використовують у міжнародній практиці у відповідності до вимог ISO та методик наведених в книзі «Картоплярство: методика дослідної справи» (За ред. А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова, 2019) [30, с. 140–145].

Для характеристики гібридного матеріалу визначали ступінь гетерозису:

$$\Gamma = \frac{(F_1 - P_{\max})}{P_{\max}} \times 100,$$

де  $F_1$  – середнє арифметичне значення ознаки у гібрида;  $P_{\max}$  – найбільше значення одного з батьків. Ступінь фенотипового домінування обчислювали за формулою В. Griffing [31, с. 303–321]:

$$hp = \frac{(F_1 - M_p)}{(P_{\max} - M_p)},$$

де  $h_p$  – ступінь домінування;  $F_1$  – середнє арифметичне значення ознаки у гібрида;  $M_p$  – середнє значення обох батьків;  $P_{\max}$  – найбільше значення одного з батьків.

Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації G.M. Veil, R.E. Atkins [32, с. 3]:

- гетерозис (наддомінування)  $hp > +1$ ;
- часткове позитивне домінування  $+0,5 < hp \leq +1$ ;
- проміжне успадкування  $-0,5 \leq hp \leq 0,5$ ;
- часткове від'ємне успадкування  $-1 \leq hp < -0,5$ ;
- депресія  $hp < -1$ .

Кластерний аналіз опрацьовували з використанням пакетів прикладних статистичних програм.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За результатами аналізу успадкування високого прояву врожайності у гібридного матеріалу порівняно до батьківських форм виділено генотипи, що демонструють найвище значення ефекту гетерозису в межах від +25,1% до +78,4%. Встановлено, що серед 32 перспективних гібридів 11 (рис. 1) демонструють перевагу за врожайністю від 4,2 т/га до 13,1 т/га в порівнянні до максимального вираження ознаки одного з батьківських компонентів, а саме: П.19.15/13 (29,8 т/га), П.19.15/16 (28,1), П.19.15/41 (21,5), П.19.15/43 (21,0), П.19.15/26 (20,9) (проти ♂ Світана 16,7 т/га), П.18.76-10 (26,3) (♂ Альянс 15,1 т/га), П.18.42-10 (20,8) (♂ Бажана 12,0 т/га), П.19.81/6 (20,6) (♂ Альянс 15,1 т/га), П.19.32/23 (19,4) (♂ Роставиця 13,0 т/га), П.19.10/7 (18,3) (♀ Джавеліна 12,3 т/га), П.19.34/1 (17,2) (Роставиця 13,0 т/га).

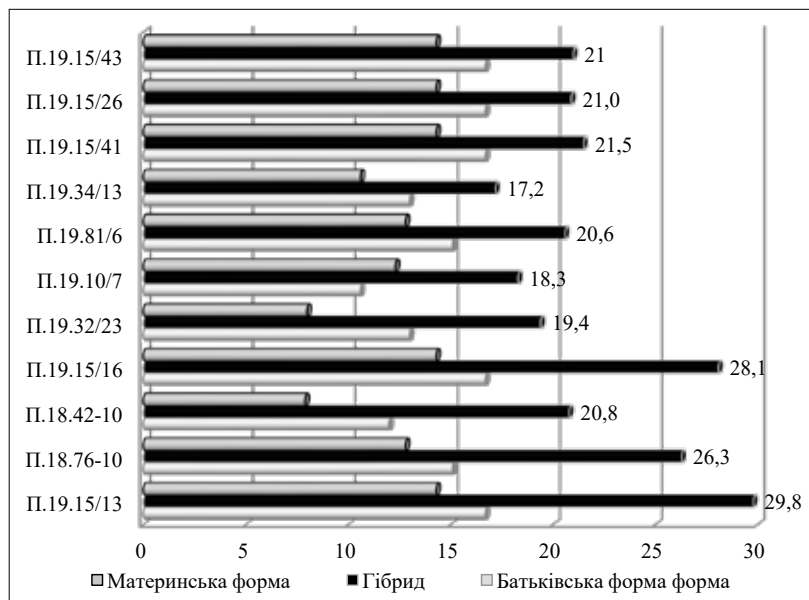


Рис. 1. Гібриди з найбільш вираженим ефектом гетерозису за загальною врожайністю

Високим вираженням продуктивності поміж батьківських форм характеризувалися сорти: Фанатка 14,7 т/га, Альянс 15,1 т/га, Партнер 16,2 т/га, Світана 16,7 т/га і Чарунка 17,2 т/га.

Поміж 32 оцінених гібридів ефект гетерозису за загальною врожайністю виявлено в 27, часткове позитивне домінування в 2, від'ємне успадкування – 2 і депресія в однієї форми (табл. 1).

Таблиця 1

**Прояв у гібридів ступеня гетерозису і фенотипового домінування за ознакою «загальна врожайність» (середнє за 2021–2022 рр.)**

Назва гібриду	Походження	Врожайність, т/га				Г, %	hp	Тип
		♀	♂	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> -P <sub>max</sub>			
П.18.75/30	Чарунка / Альянс	17,2	15,1	10,8	-6,4	-37,2	-5,4	Д
П.18.75/23				15,4	-1,8	-10,5	-0,8	ВУ
П.18.75-5				19,3	+2,1	+12,2	+3,1	Г
П.19.15/43	Радомисль / Світана	14,3	16,7	21,0	+4,3	+25,7	+4,6	Г
П.19.15/26				20,9	+6,6	+25,1	+4,5	Г
П.19.15/13				29,8	+13,1	+78,4	+11,9	Г
П.19.15/41				21,5	+4,8	+28,7	+5	Г
П.19.15/16				28,1	+11,4	+68,3	+10,5	Г
П.19.13/11	Вигода / Світана	10,6	16,7	19,8	+3,1	+18,6	+2,0	Г
П.19.32/23	Левада / Роставиця	8,0	13,0	19,4	+6,4	+49,2	+3,6	Г
П.19.32/13				16,6	+3,6	+27,7	+2,4	Г
П.19.32/9				16,5	+3,5	+26,9	+2,4	Г
П.18.42-10	Левада / Бажана	7,9	12,0	20,8	+8,8	+73,3	+5,4	Г
П.19.75/6				13,1	+1,1	+9,2	+1,6	Г
П.19.47/25	Фанатка / Джавеліна	14,7	12,3	17,6	+2,9	+19,7	+3,3	Г
П.19.47/37				17,0	+2,3	+15,6	+2,9	Г
П.19.47/24				16,7	+2	+13,6	+2,7	Г
П.19.47/7				16,8	+2,1	+14,3	+2,8	Г
П.19.34/13	Нагорода / Роставиця	10,6	13,0	17,2	+4,2	+32,3	+4,5	Г
П.19.34/1				15,5	+2,5	+19,2	+3,1	Г
П.19.10/7	Джавеліна/ Вигода	12,3	10,6	18,3	+6,0	+48,8	+8,5	Г
П.19.10/1				14,2	+1,9	+15,4	+3,4	Г
П.19.11/6	Джавеліна / Партнер	12,3	16,2	16,7	+0,5	+3,1	+1,3	Г
П.19.33/5	Світана / Роставиця	16,7	13,0	17,8	+1,1	+6,6	+1,6	Г
П.19.33/2				17,0	+0,3	+1,8	+1,2	Г
П.19.33/9				19,4	+2,7	+16,2	+2,5	Г
П.19.81/6	Іванківська рання / Альянс	12,8	15,1	20,6	+5,5	+36,4	+6	Г
П.18.76-10				26,3	+11,2	+74,2	+11,2	Г
П.19.30/14	Межирічка11 / Сонцедар	13,2	15,5	13,6	-1,9	-12,3	-0,7	ВУ
П.19.30/5				19,0	+3,5	+22,6	+4,2	Г
П.19.30/9				15,4	-0,1	-0,6	+0,9	ПД
П.19.52/3	Альянс / Вигода	15,1	10,6	15,2	+0,1	+0,7	+0,7	ПД

**Примітка:** ♀ – материнська форма, ♂ – батьківська форма, F<sub>1</sub> – гібрид, P<sub>max</sub> – найбільше значення одного з батьків Г – ступінь гетерозису, hp – ступінь домінування, тип успадкування: Г – гетерозис (наддомінування), ПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ВУ – від'ємне успадкування, Д – депресія.

Прояв, показника ефекту гетерозису за врожайністю в досліджуваних генотипах коливався від  $-37,2\%$  до  $+78,4\%$ . Перевагу за часткою товарності (на 1–8 %) серед гібридного матеріалу до батьківської форми продемонстрували генотипи: П.19.15/43 і П.19.15/13 (96 %) (проти ♂ Світана 95 %), П.19.32/23 (95) (♂ Роставиця 94 %), П.19.30/14 (89) (♀ Межирічка 11 88 %), П.19.47/7 (93) (♀ Фанатка 91 %), П.19.10/1 (85) (♀ Джавеліна 83 %), П.18.75/23 (91) (♀ Чарунка 88 %), П.19.52/3 (85) (♀ Альянс 82 %), П.19.47/37 (95) (♀ Фанатка 91 %), П.19.10/7 (87) (♀ Джавеліна 83 %), П.19.11/6 (92) (♂ Партнер 84 %) в яких показник ефекту гетерозису коливався від  $+2,2$  до  $+9,5\%$  (рис. 2).

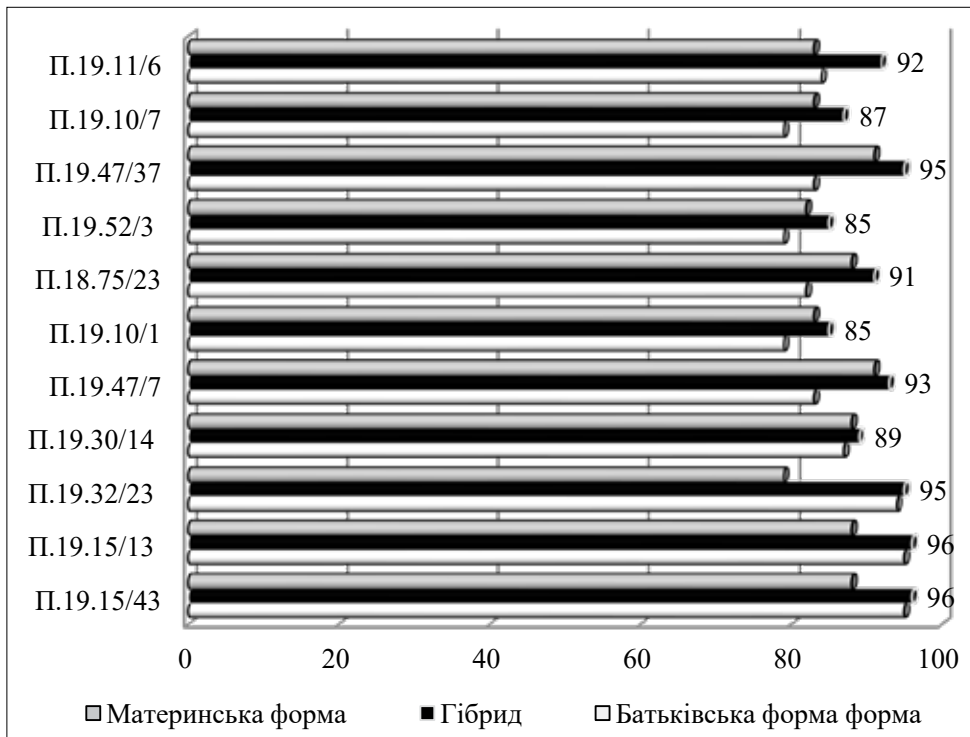


Рис. 2. Гібриди з найбільш вираженим ефектом гетерозису за товарністю

За ступенем фенотипового домінування гібридний матеріал розподілювався наступним чином: гетерозис – 11, часткове позитивне домінування в 6, проміжне успадкування – 6, від'ємне успадкування – 2 і депресія в 7 генотипів. Ефект гетерозису за показником товарності серед перспективного селекційного матеріалу складав від  $-13,7\%$  до  $+9,5\%$  (табл. 2).

Підвищення продуктивності сортів картоплі можна досягнути збільшенням ваги бульби в вихідному селекційному матеріалі. Підбір батьківських форм здійснюється за принципом, щоб один з батьків доповнював іншого за максимальним виявленням різних елементів структури врожаю, що створює передумови для створення більш високоврожайних гібридів.

Високим значенням середньої маси бульб ( $> 66$  г) серед батьківських форм характеризувалися сорти картоплі: Партнер, Сонцедар, Бажана, Радомисль,

Роста́виця, Іва́нківська ра́ння, Нагоро́да і Світа́на. Залежно від поєднання компонентів схрещування у гібридного матеріалу показник середньої маси бульб коливався в межах 41–106 г. П'ятнадцять перспективних генотипів проявили вище значення відносно до сортів, які використано в схрещуванні (рис. 3).

Таблиця 2

**Прояв у гібридів ступеня гетерозису і фенотипового домінування за ознакою «товарність» (середнє за 2021–2022 рр.)**

Назва гібриду	Походження	Товарність, %				Г, %	hp	Тип
		♀	♂	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> -P <sub>max</sub>			
П.18.75/30	Чарунка / Альянс	88	82	80	-8	-9,1	-1,7	Д
П.18.75/23				91	+3	+3,4	+2	Г
П.18.75-5				86	-2	-2,3	+0,3	ПУ
П.19.15/43	Радомисль / Світана	88	95	96	+1	+1,1	+1,3	Г
П.19.15/26				84	-11	-11,6	-2,1	Д
П.19.15/13				96	+1	+1,1	+1,3	Г
П.19.15/41				95	0	0	1	ПД
П.19.15/16				95	0	0	1	ПД
П.19.13/11	Вигода / Світана	79	95	91	-4	-4,2	+0,5	ПД
П.19.32/23	Левада / Роста́виця	79	94	95	+1	+1,1	+1,1	Г
П.19.32/13				89	-5	-5,3	+0,3	ПУ
П.19.32/9				88	-6	-6,4	+0,2	ПУ
П.18.42-10	Левада/ Бажана	79	91	90	-1	-1,1	+0,8	ПД
П.19.75/6				83	-8	-8,8	-0,3	ПУ
П.19.47/25	Фанатка / Джавеліна	91	83	86	-5	-5,5	-0,3	ПУ
П.19.47/37				95	+4	+4,4	+2	Г
П.19.47/24				90	-1	-1,1	+0,8	ПД
П.19.47/7				93	+2	+2,2	+1,5	Г
П.19.34/13	Нагоро́да / Роста́виця	89	94	87	-7	-7,4	-1,8	Д
П.19.34/1				89	-5	-5,3	-1	ВУ
П.19.10/7	Джавеліна / Вигода	83	79	87	+4	+4,8	+3	Г
П.19.10/1				85	+2	+2,4	+2	Г
П.19.11/6	Джавеліна / Партнер	83	84	92	+8	+9,5	+17	Г
П.19.33/5	Світана / Роста́виця	95	94	82	-13	-13,7	-25	Д
П.19.33/2				94	-1	-1,1	-1	ВУ
П.19.33/9				90	-5	-5,3	-9	Д
П.19.81/6	Іва́нківська ра́ння / Альянс	92	82	88	-4	-4,3	+0,2	ПУ
П.18.76-10				90	-2	-2,2	+0,6	ПД
П.19.30/14	Межи́річка 11 / Сонцеда́р	88	87	89	+1	+1,1	+3	Г
П.19.30/5				86	-2	-2,3	-3	Д
П.19.30/9				80	-8	-9,1	-15	Д
П.19.52/3	Альянс / Вигода	82	79	85	+3	+3,7	+3	Г



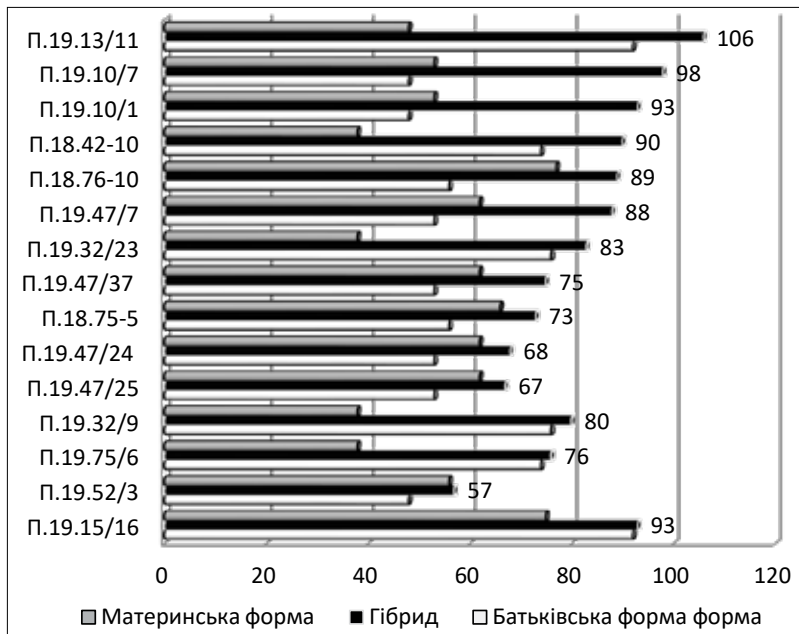


Рис. 3. Гібриди з найбільш вираженим ефектом гетерозису за середньою масою бульб

Встановлено, що значну перевагу за ознакою «середня маса бульб» (> 5 г) до кращого значення батьківської форми продемонстрували гібриди: П.19.47/24 (68 г) (проти ♀ Фанатка 62 г), П.18.75-5 (73) (♀ Чарунка 66 г), П.19.47/37 (75) (♀ Фанатка 62 г), П.19.32/23 (83) (♂ Роставиця 76 г), П.19.47/7 (88) (♀ Фанатка 62 г), П.18.76-10 (89) (♀ Іванківська рання 77 г), П.18.42-10 (90) (♂ Бажана 74 г), П.19.10/1 (93) (♀ Джавеліна 53 г), П.19.10/7 (98) (♀ Джавеліна 53 г) і П.19.13/11 (106) (♂ Світана 92 г). Ефект гетерозису в відмічених генотипах складає від +9,2% до +85%. Розподіл частки показника середньої маси бульб за типом фенотипового домінування в гібридів свідчить, що в 47% матеріалу спостерігається гетерозис, в 22% – проміжне успадкування і депресія, в 6% – часткове позитивне домінування та 3% – від’ємне успадкування. Ефект гетерозису в перспективних селекційних форм характеризувався значним коливанням показника і складав від -40,6% до +85% (табл. 3).

Таблиця 3

**Прояв у гібридів ступеня гетерозису і фенотипового домінування за ознакою «середня маса бульб» (середнє за 2021–2022 рр.)**

Назва гібриду	Походження	Середня маса бульб, г				Г, %	hp	Тип
		♀	♂	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> -P <sub>max</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.18.75/30	Чарунка / Альянс	66	56	46	-20	-30	-3	Д
П.18.75/23				62	-4	-6	+0,2	ПУ
П.18.75-5				73	+7	+10,1	+2,4	Г

Закінчення таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.19.15/43	Радомисль / Світана	75	92	92	0	0	+1	ПД
П.19.15/26				63	-29	-31,5	-2,6	Д
П.19.15/13				81	-11	-12	-0,4	ПУ
П.19.15/41				68	-24	-26	-2	Д
П.19.15/16				93	+1	+1,1	+1,1	Г
П.19.13/11	Вигода / Світана	48	92	106	+14	+15	+1,6	Г
П.19.32/23	Левада / Роставиця	38	76	83	+7	+9,2	+1,4	Г
П.19.32/13				53	-23	-30,3	-0,2	ПУ
П.19.32/9				80	+4	+5,3	+1,2	Г
П.18.42-10	Левада / Бажана	38	74	90	+16	+21,6	+1,8	Г
П.19.75/6				76	+2	+2,7	+1,1	Г
П.19.47/25	Фанатка / Джавеліна	62	53	67	+5	+8,1	+2,3	Г
П.19.47/37				75	+13	+21,0	+4,3	Г
П.19.47/24				68	+6	+9,7	+2,5	Г
П.19.47/7				88	+26	+41,9	+7,5	Г
П.19.34/13	Нагорода / Роставиця	82	76	59	-23	-28	-6,7	Д
П.19.34/1				79	-3	-3,7	0	ПУ
П.19.10/7	Джавеліна / Вигода	53	48	98	+45	+85	+23,5	Г
П.19.10/1				93	+40	+76	+21,0	Г
П.19.11/6	Джавеліна / Партнер	53	69	69	0	0	+1	ПД
П.19.33/5	Світана / Роставиця	92	76	70	-22	-24	-1,8	Д
П.19.33/2				81	-11	-12	-0,4	ПУ
П.19.33/9				81	-11	-12	-0,4	ПУ
П.19.81/6	Іванківська рання / Альянс	77	56	69	-8	-10	+0,2	ПУ
П.18.76-10				89	+12	+15,6	+2,2	Г
П.19.30/14	Межирічка11 / Сонцедар	52	69	56	-13	-18,8	-0,6	ВУ
П.19.30/5				45	-24	-34,8	-2	Д
П.19.30/9				41	-28	-40,6	-2,5	Д
П.19.52/3	Альянс / Вигода	56	48	57	+1	+1,8	+1,3	Г

З метою комплексної оцінки досліджуваних гібридів картоплі за проявом кількісних ознак проведено кластерний аналіз за ознаками: «загальна врожайність», «товарність» і «середня маса бульб». Основні результати кластеризації вихідного селекційного матеріалу картоплі за основними господарсько-цінними ознаками представлено на рисунку 4.

Встановлено дві групи розподілу генотипів за кластерним методом на дистанції 100, які об'єднали форми за близькими ознаками. До першого найчисленнішого кластеру входить 24 гібриди. Він складається з двох підкластерів. До першого підкластеру ввійшли селекційні форми: П.19.33/5, П.18.75-5, П.19.81/6, П.19.47/25, П.19.15/26, П.19.75/6, П.19.11/6, П.19.47/24, П.19.15/41, П.19.33/2, П.19.32/23, П.19.47/37, П.19.34/1, П.19.32/9 і П.19.33/9, які характеризуються проявом урожайності в межах 15,5–21,5 т/га, товарності 82–95 % і середньою масою бульб від 63 г до 83 г. До другого підкластеру віднесли гібриди картоплі: П.19.47/7, П.18.42-10, П.19.15/43, П.18.76-10, П.19.15/16, П.19.15/13, П.19.10/1, П.19.10/7 і П.19.13/11. В ній сконцентровано рослини з ознаками, які перевищували середній показник

попередньої групи та демонстрували урожайність в межах 16,8–29,8 т/га, товарність 85–96 % і середню масу бульб 81–106 г. До другого кластеру найбільш віддаленої групи за кількісними показниками віднесено генотипи: П.19.30/9, П.18.75/30, П.19.30/5, П.19.30/14, П.19.32/13, П.19.52/3, П.19.34/13 і П.18.75/23, що продемонстрували нижче значення середнього показника за ознаками: врожайність 10,8–19,0 т/га, товарність 80–91 % і вагу бульби в межах 41–62 г.

Високу харчову цінність картоплі надають вуглеводи у вигляді крохмалю, тому не менш важливим завданням в селекційній роботі є оцінка вихідного матеріалу за вмістом крохмалю. Серед сортів, які залучали в гібридизацію високим вираженням даної ознаки характеризувалися: Нагорода (16,1 %), Іванківська рання (16,2 %), Партнер (17,0 %), Бажана (17,4 %) і Левада (18,0 %). Виділено окремі вихідні селекційні генотипи з високим значенням показника вмісту крохмалю та перевагою до кращого з батьківських компонентів (рис. 5): П.19.47/37 (16,2 %) і П.19.47/24 (16,5 %) (проти ♀ Фанатка 15,1 %), П.19.15/26 (16,4) (♀ Радомисль 14,7 %), П.18.75-5 (16,6) (♀ Чарунка 15,4 %), П.19.33/9 (16,6) і П.19.33/5 (17,0) (♂ Роставиця 15,6 %), П.19.30/9 (17,2) і П.19.30/14 (17,7) (♂ Сонцедар 15,5 %), П.19.34/1 (19,0) (♀ Нагорода 16,1 %), П.19.32/13 (19,8) і П.19.32/9 (20,0) (♀ Левада 18,0 %) та проявом рівня гетерозису в межах від +6,4 % до +18,0 %. У відмічених гібридах спостерігається збільшення вмісту крохмалю в бульбах картоплі на 1,0–2,9 % в порівнянні з вищим значенням однієї із батьківських форм.

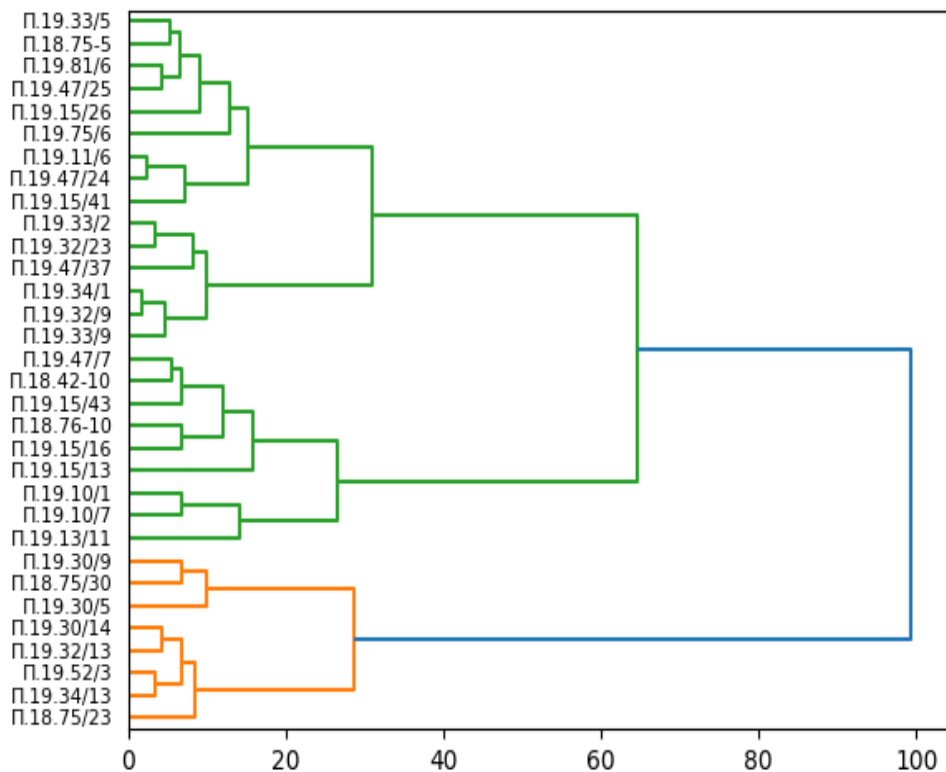


Рис. 4. Кластерний аналіз гібридних форм за кількісними ознаками

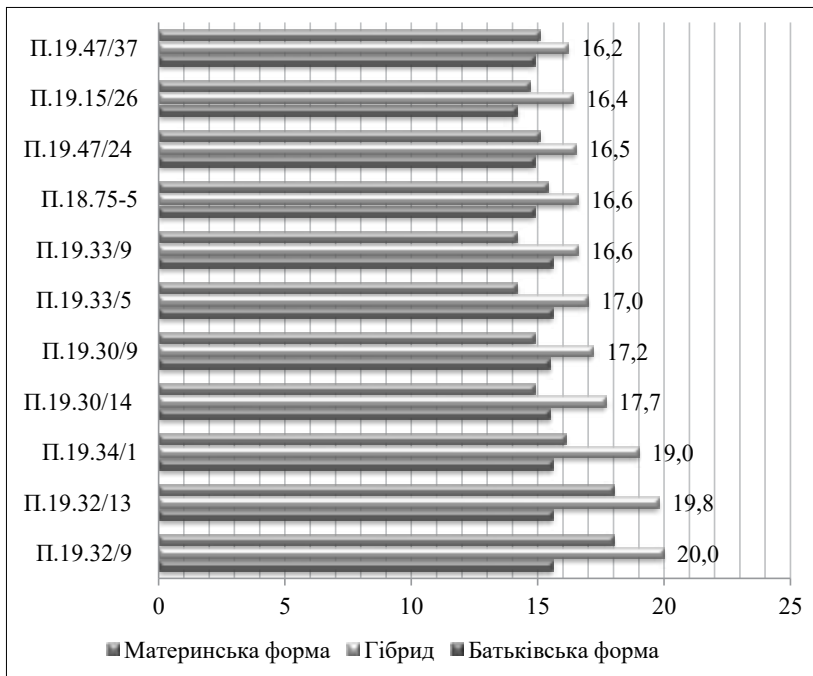


Рис. 5. Гібриди з найбільш вираженим ефектом гетерозису за вмістом крохмалю

Розподіл ступеня фенотипового домінування вмісту крохмалю в генотипах картоплі відмічено наступний: в 56 % гібридів спостерігали наддомінування, 19 % – позитивне домінування, 3 % – проміжне успадкування і від’ємне успадкування та 19 % форм – депресія (табл. 4).

Таблиця 4

**Прояв у гібридів ступеня гетерозису і фенотипового домінування за ознакою «вміст крохмалю» (середнє за 2021–2022 рр.)**

Назва гібриду	Походження	Вміст крохмалю, %				Г, %	hp	Тип
		♀	♂	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> -P <sub>max</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.18.75/30	Чарунка / Альянс	15,4	14,9	15,8	+0,4	+2,6	+2,6	Г
П.18.75/23				15,0	-0,4	-2,6	-0,6	ВУ
П.18.75-5				16,6	+1,2	+7,8	+5,8	Г
П.19.15/43	Радомисль / Світана	14,7	14,2	15,9	+1,2	+8,2	+5,8	Г
П.19.15/26				16,4	+1,7	+11,6	+7,8	Г
П.19.15/13				14,7	0	0	+1,0	ПД
П.19.15/41				11,7	-3	-20,4	-11,0	Д
П.19.15/16				14,7	0	0	+1,0	ПД
П.19.13/11	Вигода / Світана	10,6	14,2	14,9	+0,7	+4,9	+1,4	Г
П.19.32/23	Левада / Роставиця	18,0	15,6	17,7	-0,3	-1,7	+0,8	ПД
П.19.32/13				19,8	+1,8	+10	+2,5	Г
П.19.32/9				20,0	+2	+11,1	+2,7	Г

Закінчення таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.18.42-10	Левада / Бажана	18,0	17,4	15,4	-2,6	-14,4	-7,7	Д
П.19.75/6				15,6	-2,4	-13,3	-7,0	Д
П.19.47/25	Фанатка / Джавеліна	15,1	14,9	15,4	+0,3	+2	+4,0	Г
П.19.47/37				16,2	+1,1	+7,3	+12,0	Г
П.19.47/24				16,5	+1,4	+9,3	+15,0	Г
П.19.47/7				15,7	+0,6	+4	+7,0	Г
П.19.34/13	Нагорода / Роставиця	16,1	15,6	15,0	+1,1	-6,8	-3,4	Д
П.19.34/1				19,0	+2,9	+18	+12,6	Г
П.19.10/7	Джавеліна / Вигода	14,9	10,6	15,5	+0,6	+4	+1,3	Г
П.19.10/1				15,2	+0,3	+2	+1,1	Г
П.19.11/6	Джавеліна / Партнер	14,9	17,0	15,7	-1,3	-7,6	-0,2	ПУ
П.19.33/5	Світана / Роставиця	14,2	15,6	17	+1,4	+9	+3,0	Г
П.19.33/2				15,6	0	0	+1,0	ПД
П.19.33/9				16,6	+1,0	+6,4	+2,4	Г
П.19.81/6	Іванківська рання / Альянс	16,2	15,4	14,2	-2	-12,3	-4,0	Д
П.18.76-10				16,2	0	0	+1,0	ПД
П.19.30/14	Межирічка 11 / Сонцедар	14,9	15,5	17,7	+2,2	+14,2	+8,3	Г
П.19.30/5				14,4	-1,1	-7,9	-2,7	Д
П.19.30/9				17,2	+1,7	+11	+6,7	Г
П.19.52/3	Альянс / Вигода	15,4	10,6	14,4	-1,0	-6,5	+0,6	ПД

Якість картоплі нерозривно пов'язана з її споживчими властивостями. Високі споживчі якості картоплі насамперед обумовлений особливостями сорту, ґрунтово-кліматичними умовами та технологією вирощування. Наведені дані свідчать, що серед батьківських форм високе вираження споживчих якостей (> 8,0 балів) проявили сорти: Партнер, Радомисль, Вигода, Сонцедар, Левада, Фанатка, Бажана, Межирічка 11 і Роставиця.

Вище значення споживчих якостей серед гібридного матеріалу в порівнянні до сортів залучених у схрещування проявили одинадцять генотипів з рівнем прояву гетерозису +1,2–+8,8 % (рис. 6).

Перевищення показника за споживчими якостями на 0,3–0,7 балів до кращої за значенням батьківської форми спостерігали у гібридів: П.19.81/6 (8,2 бала) (проти ♂ Альянс 7,9 бала), П.18.75/30 (8,3) і П.18.75/23 (8,7) (♀ сорту Чарунка 8,0), П.19.47/7 (8,5) (♀ Фанатка 8,2), П.19.15/26 (8,6) (♀ Радомисль 8,2), П.19.11/6 (8,6) (♂ Партнер 8,1), П.19.75/6 (8,8) (♂ Бажана 8,5). У виділених селекційних форм рівень ефекту гетерозису коливався в межах від +3,5 % до +8,8 %. Встановлено, що у всіх гібридних комбінаціях із селекційними зразками, що демонструють різний бал споживчих якостей (від 7,4 до 8,8 балів) переважає тип фенотипового успадкування – гетерозис 34 % і проміжне успадкування 31 %. Тоді, як позитивне домінування і депресія складалася в генотипів рівноцінне значення – 13 %, а від'ємне домінування виявлено лише в 9 % форм. Ефект гетерозису серед гібридів характеризувався значним різноманіттям показника від -17,8 % до +8,8 % (табл. 5).

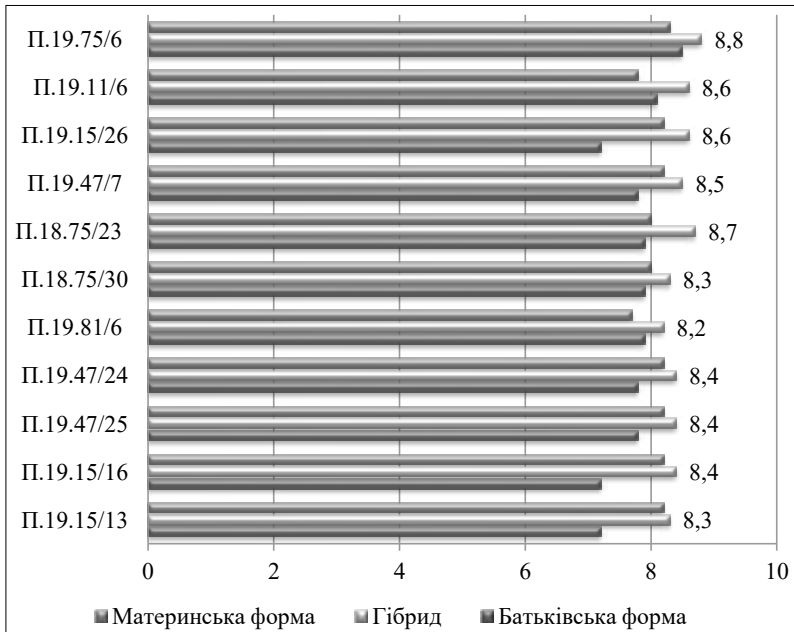


Рис. 6. Гібриди з найбільш вираженим ефектом гетерозису за споживчими якостями

Таблиця 5

**Прояв у гібридів ступеня гетерозису і фенотипового домінування за ознакою «споживчі якості» (середнє за 2021–2022 рр.)**

Назва гібриду	Походження	Споживчі якості, бал				Г, %	hp	Тип
		♀	♂	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> -P <sub>max</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.18.75/30	Чарунка / Альянс	8,0	7,9	8,3	+0,3	+3,8	+7,0	Г
П.18.75/23				8,7	+0,7	+8,8	+15,0	Г
П.18.75-5				8,0	0	0	+1,0	ПД
П.19.15/43	Радомисль / Світана	8,2	7,2	8,2	0	0	+1,0	ПД
П.19.15/26				8,6	+0,4	+4,7	+1,8	Г
19.15/13				8,3	+0,1	+1,2	+1,2	Г
П.19.15/41				8,2	0	0	+1,0	ПД
П.19.15/16				8,4	+0,2	+2,4	+1,4	Г
П.19.13/11	Вигода / Світана	8,3	7,2	8,0	-0,3	-3,6	+0,5	ПУ
П.19.32/23	Левада / Роставиця	8,3	9	8,8	-0,2	-2,2	+0,4	ПУ
П.19.32/13				8,7	-0,3	-3,3	+0,1	ПУ
П.19.32/9				8,2	-0,8	-8,9	-1,3	Д
П.18.42-10	Левада / Бажана	8,3	8,5	8,1	-0,4	-4,7	-3,0	Д
П.19.75/6				8,8	+0,3	+3,5	+4,0	Г
П.19.47/25	Фанатка / Джавеліна	8,2	7,8	8,4	+0,2	+2,4	+2,0	Г
П.19.47/37				8,1	-0,1	-1,2	+0,5	ПУ
П.19.47/24				8,4	+0,2	+2,4	+2,0	Г
П.19.47/7				8,5	+0,3	+3,7	+2,5	Г

Закінчення таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
П.19.34/13	Нагорода / Роставиця	7,7	9	8,2	-0,8	-8,9	-0,2	ПУ
П.19.34/1				7,4	-1,6	-17,8	-1,5	Д
П.19.10/7	Джавеліна / Вигода	7,8	8,3	8,0	-0,3	-3,6	-0,2	ПУ
П.19.10/1				8,1	-0,2	-2,4	+0,2	ПУ
П.19.11/6	Джавеліна / Партнер	7,8	8,1	8,6	+0,5	+6,2	+4,3	Г
П.19.33/5	Світана / Роставиця	7,2	9	8,0	-1,0	-11,1	-0,1	ПУ
П.19.33/2				8,2	-0,8	-8,9	+0,1	ПУ
П.19.33/9				8,4	-0,6	-6,7	+0,3	ПУ
П.19.81/6	Іванківська рання / Альянс	7,7	7,9	8,2	+0,3	+3,8	+4,0	Г
П.18.76-10				7,6	-0,3	-3,8	-2,0	Д
П.19.30/14	Межирічка11 / Сонцедар	8,6	8,3	8,3	-0,3	-3,5	-1,0	ВУ
П.19.30/5				8,3	-0,3	-3,5	-1,0	ВУ
П.19.30/9				8,6	0	0	+1,0	ПД
П.19.52/3	Альянс / Вигода	7,9	8,3	7,9	-0,4	-4,8	-1,0	ВУ

Формування кластерів у дослідженнях якісних ознак «вміст крохмалю» і «споживчі якості» в гібридному матеріалі розпочалося на відстанях генетичних дистанцій 10. За результатами ієрархічного кластерного аналізу вся сукупність вивчених ліній була поділена на два кластери, які різнилися за рівнем прояву ознак (рис. 7).

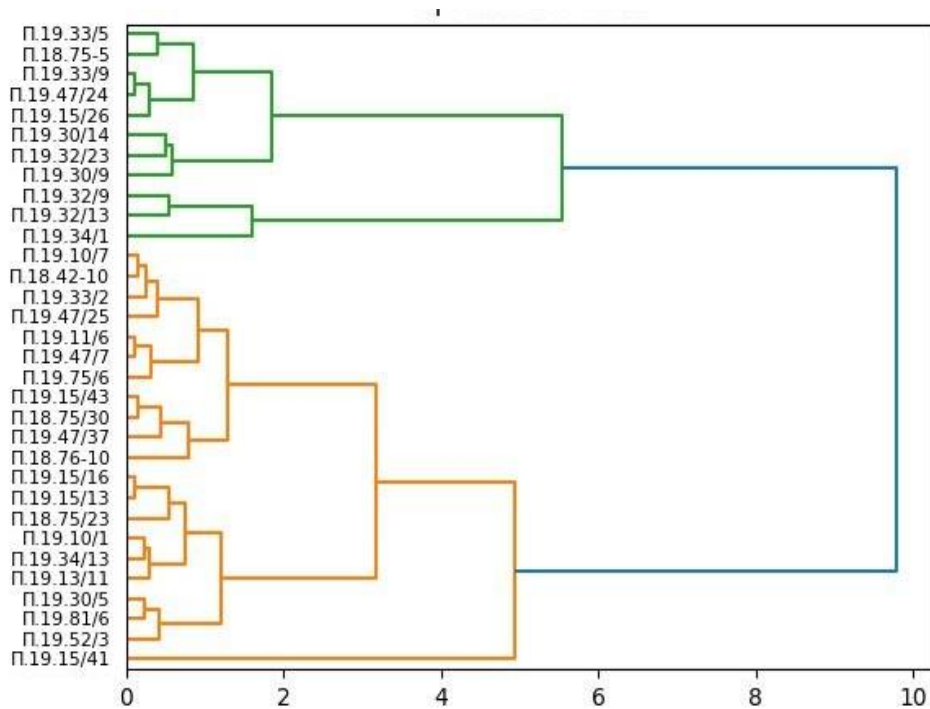


Рис. 7. Кластерний аналіз гібридних форм за якісними ознаками

Найбільшу кількість ліній охоплює другий кластер (оранжевий колір), який розташований в нижній частині дендрограми (21 генотип). При цьому в його межах можна виділити три підкластери: до першого входить лише гібрид П.19.15/41 (найнижчі значення середнього показника за досліджуваними ознаками серед всього матеріалу); до другого підкластеру занесено зразки, які характеризуються вмістом крохмалю в межах 14,2–15,2% та споживчими якостями на рівні 7,9–8,3 балів: П.19.52/3, П.19.81/6, П.19.30/5, П.19.13/11, П.19.34/13, П.19.10/1, П.18.75/23, П.19.15/13 і П.19.15/16; тоді як форми третього підкластеру: П.18.76-10, П.19.47/37, П.18.75/30, П.19.15/43, П.19.75/6, П.19.47/7, П.19.11/6, 19.47/25, 19.33/2, 18.42-10 і 19.10/7 продемонстрували вище значення якісних ознак до попередніх підкластерів, а саме за вмістом крохмалю на рівні 15,4–16,2% і 7,6–8,8 балів за смаковими якостями. Найбільш віддаленим у багатомірному евклідовому просторі є перший кластер, до якого входять одинадцять генотипів і складається з двох підкластерів. Перший підкластер в даному кластері найбільш численний та характеризується гібридами з вмістом крохмалю в межах 16,4–17,7% і споживчими якостями 8–8,8 балів: П.19.33/5, П.18.75-5, П.19.33/9, П.19.47/24, П.19.15/26, П.19.30/14, П.19.32/23 і П.19.30/9. Другий підкластер складається з трьох зразків: П.19.32/9, П.19.32/13 і П.19.34/1, що демонструють найвищий вміст крохмалю (19–20,0%) та споживчі якості в межах 7,4–8,7 балів.

**Висновки та рекомендації.** Встановлено, що у 84% досліджуваних перспективних гібридів успадкування врожайності спостерігається за типом наддомінування. Найвищий прояв продуктивності проявили 11 генотипів картоплі, в яких показник зріс від 4,2 т/га до 13,1 т/га у порівнянні до однієї з батьківських форм, а ступень гетерозису знаходився в межах від +25,1% до +78,4%.

Перевагу за часткою товарності до батьківської форми від 1% до 8% продемонстрували 11 гібридів з рівнем гетерозису в межах +1,1–+9,5. Ступінь фенотипового домінування за даною ознакою в селекційних форм складає: з позитивним домінуванням – 53%, проміжним успадкуванням – 19% і негативним домінуванням – 28%.

Виділено 10 гібридів, які мають перевагу за ознакою «середня маса бульб» (> 5 г) до кращого значення батьківської форми та з ефектом гетерозису від +9,2% до +85%. За типом фенотипового успадкування середньої маси бульби в перспективних формах спостерігається розподіл частки: 56% з позитивним домінуванням, 19% проміжним і 25% негативним домінуванням.

За застосування кластерного аналізу з 32 перспективних вихідних форм з використання групування кількісних ознак виділено 9 найкращих гібридів, що демонструють максимальні значення основних показників.

За рівнем прояву ступеня домінування щодо вмісту крохмалю встановлено, що 75% перспективних селекційних форм характеризуються позитивним фенотиповим домінуванням, в яких відмічено збільшення крохмалю в бульбах картоплі на 1,2–2,9% у порівнянні з вищим значенням однієї з батьківських форм.

В результатами ієрархічного кластерного аналізу виділено групу генотипів першого кластеру, які мають підвищений вміст крохмалю  $\geq 16,4\%$  і споживчі якості  $\geq 8,0$  балів.

Для покращення селективних ознак при створенні нових сортів картоплі рекомендуємо залучати в селекційний процес виділені гібриди: П.19.47/7 (Фанатка / Джавеліна), який характеризується гетерозисом за всіма параметрами; П.19.15/43, 19.15/16 (Радомисьль / Світана) і П.19.47/24 (Фанатка / Джавеліна) проявили гетерозис і позитивне домінування за окремими ознаками; П.19.47/25,



П.19.47/37 (Фанатка / Джавеліна), П.19.10/7, П.19.10/1 (Джавеліна / Вигода), П.18.75-5 (Чарунка / Альянс), і П.19.11/6 (Джавеліна / Партнер), які демонструють гетерозис, позитивне домінування і проміжне успадкування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bradshaw J.E. A Brief History of the Impact of Potato Genetics on the Breeding of Tetraploid Potato Cultivars for Tuber Propagation. *Potato Res.* 2022. Vol. 65. Is. 3. P. 461–501. URL: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09517-w>
2. Muthoni J., Shimelis H., Melis R., Kabira J. Reproductive biology and early generation's selection in conventional potato breeding. *Australian Journal of Crop Science.* 2012. Vol. 6. No. 3. P. 488–497.
3. Bonierbale M.W., Amoros W.R., Salas E., de Jong W. Potato Breeding. In: Campos H., Ortiz O. (eds). *The Potato Crop.* Springer, Cham. 2020. P. 163–217 URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_6)
4. Подгаєцький А. А., Собран І. В., Андрущенко А. М. Характеристика компонентів беккросування міжвидових гібридів за продуктивністю. *Гончарівські читання : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження доктора с.-г. наук, професора, Гончарова Миколи Дем'яновича, (м. Суми, 24–25 травня 2019 р.).* Суми, 2019. С. 67–68.
5. Подгаєцький А. А., Собран І. В., Кіндрюшенко В. Г. Продуктивність потомства від беккросування міжвидових гібридів картоплі. *Гончарівські читання : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження доктора с.-г. наук, професора, Гончарова Миколи Дем'яновича, (м. Суми, 24–25 травня 2019 р.).* Суми, 2019. С. 69–70.
6. Оничко В. І. Характеристика гібридних комбінацій у селекції картоплі за вмістом сухої речовини. *Картоплярство : міжвід. темат. наук. зб. ІК УААН.* Київ : Нора-Принт, 2000. Вип. 30. С. 194–198.
7. Влох В., Дудар І., Литвин О. Критерії продуктивності сіяньців картоплі, створених за участі в генеалогічній сукупності сорту Карпатський. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія.* 2016. № 20. С. 122–126.
8. Гнітецький М. О. Особливості прояву господарських ознак серед потомства від міжвидових і міжсортових схрещувань картоплі. Дис. на здобуття наук. ступеня доктора філософії за спец. 201 «Агрономія». Сумський національний аграрний університет. Суми. 2021. С. 1–199.
9. Gopal J. Heterosis Breeding in Potato. *Agricultural Research* 2014. Vol. 3. Is. 3. P. 204–217. URL: <https://doi.org/10.1007/s40003-014-0120-z>.
10. Mullin, R., & Lauer, F. I. Breeding behavior of F1 and inbred potato clones. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science.* 1966. Vol. 89. P. 449–455.
11. Ільчук Р. В., Ільчук Ю. Р. Успадкування врожайності у гібридного потомства картоплі, отриманого від самозапилення та міжсортового схрещування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2020. Вип. 67 (І). С. 72–83. URL: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-5](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-5).
12. Dawei Li, Xiaoyue Lu, Yanhui Zhu, Jun Pan, Shaoqun Zhou, Xinyan Zhang, Guangtao Zhu, Yi Shang, Sanwen Huang and Chunzhi Zhang. The multi-omics basis of potato heterosis. *Journal of Integrative Plant Biology.* 2022. Vol. 64. Is. 3. P. 671–687. URL: <https://doi.org/10.1111/jipb.13211>.
13. Тактаєв Б. А. Використання гетерозису в селекції картоплі. *Картоплярство України.* Київ, 2010. № 3–4 (20–21). С. 12–15.
14. Завірюха П. Д., Неживий З. П., Андрійчук К. А., Шощька О. М. Дослідження селекційної цінності гібридних популяцій сіяньців картоплі F<sub>1</sub>. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2014. Том 24. Випуск 11. С. 98–104.

15. FAO. FAOSTAT. World tuber area harvested. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy: FAO. 2021. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#-data> [accessed 2021 Feb 21]
16. James R. Adams, Michiel E. de Vries, Chaozhi Zheng, Fred A. van Eeuwijk. Little heterosis found in diploid hybrid potato: The genetic underpinnings of a new hybrid crop. *G3 Genes|Genomes|Genetics*. 2022. Vol. 12. Is. 6, jkac076. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkac076>
17. Hirsch C. N., Hirsch C. D., Felcher K., Coombs J., Zarka D., Van Deynze A., ... & Buell C. R. Retrospective view of North American potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding в 20th і 21st centuries. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2013. Vol. 3. Iss. 6. P. 1003–1013. URL: <https://doi.org/10.1534/g3.113.005595>.
18. Mendoza H. A., Haynes F. L. Genetic foundations heterosis for yield in autotetraploid potato. *Theoretical and applied Genetics*. 1974. Vol. 45. Is. 1. P. 21–25. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00281169>.
19. Завірюха П. Д. Вплив вихідних компонентів схрещування на формування селекційно-цінних ознак у гібридних нащадків картоплі. *Вісник Львівського національного екологічного університету: Агронімія*. 2022. № 26 С. 121–127. URL: <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.121>
20. Simmonds N. Principles of Crop Improvement. New York (NY): Longman Group. 1979. 408 p.
21. Xu X., Pan S., Cheng S., Zhang B., Mu D., Ni P., Zhang G., Yang S., Li R., Wang J. et al. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. *Nature*. 2011. Vol. 475. No. 7355. P. 189–195. URL: <https://doi.org/10.1038/nature1015/>
22. Kazuyuki M., Kenji A., Seiji T., Takashi N., Motoyuki M. Challenges of breeding potato cultivars to grow in various environments and to meet different demands. 2015. Vol. 65. Is. 1. P. 3–16. URL: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.65.3>
23. Jansky S. H., Spooner D. M. The evolution of potato breeding. *Plant Breed Rev*. 2017. Vol. 41. P. 169–211. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/9781119414735.ch4>
24. Bradshaw J. E. Potato breeding at the Scottish Plant Breeding Station and the Scottish Crop Research Institute: 1920–2008. *Potato Research*. 2009. Vol. 52. Is. 2. P. 141–172. URL: <https://doi.org/10.1007/s11540-009-9126-5>.
25. Ільчук Р. В. Використання різностороннього генетичного фонду картоплі в селекції на високу крохмалистість бульб. *Генетичні ресурси для адаптивного рослинництва: мобілізація, інвентаризація, збереження, використання* : міжнар. наук.-практ. конф. Львів – Оброшино, 2005. С. 113.
26. Завірюха П., Неживий З., Костюк Б., Вихованець В. Результати селекції картоплі на комплекс цінних господарських і біологічних ознак. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агронімія*. 2018. № 22. Т. 1. С. 133–144.
27. Осипчук А. А. Селекція картоплі на початку ХХІ століття. *Картоплярство України*. 2005. № 1. С. 7–8.
28. Sattar M., Uddin M., Islam M., Bhuiyan M., & Rahman M. Genetic Divergence In Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 2011. Vol. 36. Is. 1. P. 165–172. URL: <https://doi.org/10.3329/bjar.v36i1.9240>
29. Бондарчук А. А., Олійник Т. М., Фурдига М. М. та ін. Картоплярство: Селекція / за ред. А. А. Бондарчука, Т. М. Олійник. Вінниця : ТОВ «Твори», 2020. 624 с.
30. Бондарчук А. А., Колтунов В. А., Олійник Т. М. та ін. Картоплярство: Методика дослідної справи / за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 625 с.
31. Griffing V. Analysis of guatitative gene-acrion by constant parent regression and related technigues. *Genetics*. 1950. Vol. 35. P. 303–321.
32. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. № 39. P. 3.