

14. Paunović, G., Hajder, Đ., Korićanac, A. & Pašalić B. (2022). Preferences in sweet cherry fruits among consumers in Serbia and Bosnia and Herzegovina. *Horticultural Science* (Prague), 49, 4, 189–196. DOI: <https://doi.org/10.17221/8/2022-HORTSCI>

15. Fanzo, J., Haddad, L., Schneider, K.R. (2021). Rigorous monitoring is necessary to guide food system transformation in the countdown to the 2030 global goals. *Food Policy*, 104. Article 102163. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-43](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-43)

16. Dever, M.C., MacDonald, R.A., Cliff, M.A. & Lane, W.D. (1996). Sensory evaluation of sweet cherry cultivars. *HortScience*, 31(1), 150–153. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.1.150>

17. Díaz-Mula, H., Castillo, S. & Martínez-Romero, D. (2010). Sensory, Nutritive and Functional Properties of Sweet Cherry as Affected by Cultivar and Ripening Stage. *Food Science and Technology International*, 15(6), 535–543. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013209351868>

Отримано: 03.04.2026. Прийнято: 17.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.39>

УДК 631.527:633.1

**Антоненко В. В.**, аспірант кафедри генетики, селекції та насінництва

E-mail: [valentyantonenko2000@gmail.com](mailto:valentyantonenko2000@gmail.com),

ORCID: 0009-0009-8421-683X

**Пилипець С.О.**, аспірант кафедри генетики, селекції та насінництва

E-mail: [sergejpilipец@gmail.com](mailto:sergejpilipец@gmail.com), ORCID: 0009-0006-4587-4168

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

## АНАЛІЗ НОВИХ ЗРАЗКІВ АМАРАНТУ МУТАНТНОГО ТА ГІБРИДНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЗА ОСНОВНИМИ ГОСПОДАРСЬКИМИ ОЗНАКАМИ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Анотація.** Обмеженість селекційного матеріалу амаранту в Україні суттєво гальмує створення високопродуктивних сортів. Більшість наявних генотипів не повністю відповідає сучасним вимогам селекції, що ускладнює отримання нових перспективних форм із комплексом цінних господарських ознак. **Мета дослідження** полягала у комплексній селекційній характеристиці нових зразків амаранту мутантного та гібридного походження за ключовими цінними господарськими ознаками в умовах Східного Лісостепу України для виділення перспективного вихідного матеріалу. **Методи.** Об'єктом дослідження були 11 селекційних зразків, отриманих на основі сортів Ультра та Харківський 1 шляхом хімічного мутагенезу (обробка диметилсульфатом, діетилсульфатом та етилметансульфонатом) і наступних відборів у мутантних і гібридних популяціях. Дослідження проводили у

2024–2025 роках у польових умовах на типовому чорноземі методом рандомізованих блоків у триразовій повторності. Вивчали тривалість вегетаційного періоду, висоту рослин, довжину волоті, продуктивність з однієї рослини та масу 1000 насінин. Статистичну обробку даних проводили за допомогою варіаційного аналізу, однофакторного дисперсійного аналізу, кластерного аналізу та біплот-аналізу. **Результати.** Тривалість вегетаційного періоду коливалася в межах 90–132 діб. Кластерний аналіз дозволив чітко виділити три групи стиглості: ранньостиглі (зразки №6, №7, №12 — 90–99 діб), середньостиглі (№2, №4, №5, №10, №11, №220 — 100–115 діб) та пізньостиглі (№52, №106 — 120–132 доби). Висота рослин варіювала від 61,7 до 131,7 см. Більшість зразків знаходилася в оптимальному діапазоні висоти рослин. Найвищими були зразки №10 (128,0–131,7 см), №6 (121,0–130,0 см) та №7 (125,0–129,7 см), найнижчими — №220 (61,7–63,3 см) та №52 (72,0–76,3 см). Довжина волоті становила 10,0–35,0 см, з максимальними значеннями у зразків №10 (33,3–34,7 см), №7 (33,0–34,3 см), №2 (30,7–35,0 см) та №6 (30,3–33,0 см). Продуктивність однієї рослини коливалася від 2,4 до 10,7 г. Найвищою вона була у зразка №106 (9,0–10,7 г), а також у №10 (8,1–8,6 г) та №2 (7,8–8,1 г). Маса 1000 насінин знаходилася в межах 480–870 г, з найбільшими показниками у зразків №12 (750–870 г), №52 (750–830 г) та №220 (700–760 г). Біплот-аналіз за комплексом ознак виявив найбільш цінну групу зразків (№10, №6, №7, №2, №5, №11), яка поєднує добре розвинену волоть та високу продуктивність. Зразок №106 виділився як джерело високої продуктивності (середнє 9,85 г з рослини). Зразки №52, №220 та №12 характеризувалися підвищеною масою 1000 насінин, але поступалися за довжиною волоті та загальною продуктивністю. **Висновки.** В результаті дослідження виділено перспективні селекційні зразки амаранту з оптимальною висотою рослин, різною групою стиглості та високою продуктивністю. Практична цінність роботи полягає у створенні нового генетичного матеріалу, придатного для використання у селекційних програмах з виведення високопродуктивних сортів амаранту, адаптованих до умов Східного Лісостепу України.

**Ключові слова:** амарант, селекція амаранту, хімічний мутагенез, мутантні зразки, гібридні популяції, цінні господарські ознаки, тривалість вегетації, продуктивність рослини, біплот-аналіз, селекційний матеріал.

**V. Antonenko**, post-graduate student

E-mail: [valentynantonenko2000@gmail.com](mailto:valentynantonenko2000@gmail.com), ORCID: 0009-0009-8421-683X

**S. Pilipec**, post-graduate student

E-mail: [sergejpilipec@gmail.com](mailto:sergejpilipec@gmail.com), ORCID: 0009-0006-4587-4168

State biotechnological university Kharkiv, Ukraine

### **Analysis of new mutant and hybrid amaranth samples by main economic traits in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine**

**Abstract.** The limited breeding material of amaranth in Ukraine significantly hinders the development of high-yielding varieties. Most of the available genotypes do not fully meet modern breeding requirements, which complicates the obtaining of new promising forms with a complex of valuable economic traits. **Purpose.** The aim of the study was a comprehensive breeding characterization of new amaranth samples of mutant and hybrid origin according to key valuable economic traits under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine in order to identify promising source material. **Methods.** The objects of the study were 11 breeding samples obtained on the basis of the Ultra and Kharkivskyi 1 varieties by chemical mutagenesis (treatment with dimethyl sulfate, diethyl sulfate, and

ethyl methanesulfonate) followed by selections in mutant and hybrid populations. The research was conducted in 2024–2025 under field conditions on typical chernozem using the randomized block design in three replications. The duration of the vegetation period, plant height, panicle length, productivity per plant, and 1000-seed weight were evaluated. Statistical data processing was performed using variation analysis, one-way analysis of variance, cluster analysis, and biplot analysis. **Results.** The vegetation period ranged from 90 to 132 days. Cluster analysis clearly identified three maturity groups: early-maturing (samples №6, №7, №12 — 90–99 days), mid-maturing (№2, №4, №5, №10, №11, №220 — 100–115 days), and late-maturing (№52, №106 — 120–132 days). Plant height varied from 61.7 to 131.7 cm. Most samples fell within the optimal range. The tallest were samples №10 (128.0–131.7 cm), №6 (121.0–130.0 cm), and №7 (125.0–129.7 cm); the shortest were №220 (61.7–63.3 cm) and №52 (72.0–76.3 cm). Panicle length ranged from 10.0 to 35.0 cm, with maximum values in samples №10 (33.3–34.7 cm), №7 (33.0–34.3 cm), №2 (30.7–35.0 cm), and №6 (30.3–33.0 cm). Productivity per plant varied from 2.4 to 10.7 g, with the highest values recorded for sample №106 (9.0–10.7 g), as well as №10 (8.1–8.6 g) and №2 (7.8–8.1 g). The 1000-seed weight was in the range of 480–870 g, with the highest values in samples №12 (750–870 g), №52 (750–830 g), and №220 (700–760 g). Biplot analysis of the complex of traits revealed the most valuable group of samples (№10, №6, №7, №2, №5, №11), which combines a well-developed panicle and high productivity. Sample №106 stood out as a source of high productivity (average 9.85 g per plant). Samples №52, №220, and №12 were characterized by increased 1000-seed weight but were inferior in panicle length and overall productivity. **Conclusions.** As a result of the study, promising breeding samples of amaranth with optimal plant height, different maturity groups, and high productivity were identified. Practical value of the work lies in the creation of new genetic material suitable for use in breeding programs aimed at developing high-yielding, technologically advanced amaranth varieties adapted to the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

**Keywords:** amaranth, amaranth breeding, chemical mutagenesis, mutant lines, hybrid populations, economic traits, vegetation period, plant productivity, biplot analysis, breeding material.

**Вступ.** Амарант (*Amaranthus spp.*) належить до перспективних псевдозернових культур XXI століття завдяки високій поживній цінності насіння, збалансованому амінокислотному складу білка, відсутності глютену, значному вмісту мінералів, антиоксидантів та високій посухостійкості [1, 2]. У світі зростає попит на продукцію амаранту як функціонального харчового продукту та сировини для кормовиробництва. В Україні амарант розглядається як важлива культура для диверсифікації рослинництва, адаптації до змін клімату та підвищення стійкості до стресових умов вирощування [3].

Однак широкому впровадженню культури в виробництво перешкоджає обмежений вибір сортів. Багато існуючих сортів характеризуються надмірною висотою рослин (150–200 см), схильністю до вилягання, неоднорідністю дозрівання та недостатньою придатністю до механізованого збирання [4, 5]. У зв'язку з цим одним з пріоритетних напрямків селекції є створення нових високопродуктивних, технологічних сортів та ліній амаранту з оптимальною висотою стебла

(до 130–150 см), високою продуктивністю та стабільними господарськими ознаками.

Перспективним шляхом розширення генетичної різноманітності є використання індукованого хімічного мутагенезу та відборів у мутантних і гібридних популяціях [6, 7]. В останні роки проведено низку досліджень з мутагенезу та селекції амаранту, проте комплексна оцінка нових селекційних зразків за поєднанням морфологічних, біологічних та продуктивних ознак із застосуванням сучасних статистичних методів залишається недостатньо вивченою [8].

Метою досліджень була комплексна характеристика нових селекційних зразків амаранту мутантного та гібридного походження за основними цінними господарськими ознаками в умовах Лісостепу України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Селекція амаранту (*Amaranthus spp.*) у сучасних умовах спрямована на створення високопродуктивних, технологічних сортів, придатних до механізованого збирання. Головними селекційними пріоритетами залишаються зниження висоти рослин до оптимального рівня (120–150 см), підвищення продуктивності та однорідність дозрівання [9,10].

За останні п'ять років значний прогрес у селекції амаранту досягнуто завдяки поєднанню індукованого мутагенезу з сучасними методами статистичної оцінки селекційного матеріалу. Bashyal та Yeshitila застосували аналіз головних компонент (PCA) для оцінки генотипів амаранту і показали, що висота рослин, довжина волоті, продуктивність з однієї рослини та маса 1000 насінин є визначальними ознаками, які формують першу головну компоненту [11,12]. Sefasi et al. підтвердили високу ефективність PCA для виділення перспективних селекційних форм за комплексом продуктивності та технологічності [13]. У галузі мутагенної селекції Joshi et al. продемонстрували ефективність хімічного мутагенезу для створення варіабельності за висотою стебла та продуктивністю [14].

В Україні селекційна робота з амарантом активно розвивається. Гудим О.В. та співавтори вивчали вплив різних доз гамма-опромінення на мінливість амаранту та оцінювали отримані мутантні форми за цінними господарськими ознаками [15]. Янюк Т. та Грюнвальд Н. зазначили, що одним із ключових напрямків селекції є створення низькорослих, ранньостиглих технологічних сортів [16]. Яценко В.В. та співавтори досліджували продуктивність українських сортів і ліній амаранту та підкреслили необхідність подальшого селекційного покращення ознак стійкості до вилягання та однорідності дозрівання [17]. Турус М. та Лукhochvog V. оцінили зразки амаранту в умовах Лісостепу України і виявили суттєві відмінності між генотипами за врожайністю та морфологічними ознаками [18].

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єктом дослідження були 11 селекційних зразків амаранту (*Amaranthus spp.*), створених на основі сортів Ультра та Харківський 1.

Зразки №2, №4, №5 – отримані за результатами добору із сорту Ультра після обробки диметилсульфатом (ДМС) у концентрації 0,01 %. Зразки характеризуються розщепленням за кольором рослини (зелена і червона) та забарвленням насіння (біле, жовте, чорне). Строки цвітіння і дозрівання на рівні сорту Ультра. №2 – зелена рослина з жовтим насінням; №4 – червона рослина з білим насінням; №5 – червона рослина з жовтим насінням.

Зразки №6 та №7 – відібрані з сорту Ультра після обробки діетилсульфатом (ДЕС) у концентрації 0,05 %. Рослини руді (№6) та зелені (№7), достатньо однорідні, з білим насінням. У обох зразках зустрічаються форми з кім'ястою волоттю.

Зразки №10 та №11 – отримані з рожевої форми сорту Ультра (перезапилення). Насіння біле, воскове (близько 50 %). №10 – червоні рослини, №11 – зелені рослини.

Зразок №12 – відібрані з сорту Харківського 1 ДМС 0,12 %. Відзначається дуже раннім цвітінням (через місяць після сходів), але дозріванням одночасно з Ультрою. Рослини зелені, насіння біле.

Зразок №52 – мутант, отриманий після обробки сорту Харківський 1 ЕМС 0,8 %. Дуже пізній, низькопродуктивний, неоднорідний, з вкороченим деформованим стеблом і овальним листям на довгих черешках.

Зразок №220 був отриманий після обробки сорту Харківський 1 ЕМС 0,8 %. Висота рослин 60–70 см, вкорочені міжвузля, добре розвинена продуктивна волоть. Насіння біле. Суттєвий недолік – сильне ураження комахами-шкідниками (попелиця).

Зразок №106 – відібраний з сорту Харківський 1 ЕМС 0,4 %, ймовірно, розщеплення вихідної форми. Насіння біле. Характеризується розщепленням за типом волоті (двокольорова) та типом насіння (борошнисте і воскове).

Дослідження проводили протягом 2024–2025 років у польових умовах дослідного поля ДБТУ. Ґрунт – чорнозем типовий. Попередник – озима пшениця.

Дослід закладали методом рандомізованих блоків у триразовій повторності. Площа ділянки – 2,25 м<sup>2</sup>.

Догляд за посівами, фенологічні спостереження та обліки проводили за Методикою державного сортовипробування [19].

Для оцінки достовірності відмінностей між зразками застосовували варіаційний та однофакторний дисперсійний аналіз [20]. Обробку даних виконували в програмах Microsoft Excel.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Тривалість вегетації зразків амаранту мутантного походження в умовах 2024–2025 рр. варіювала в межах 90–132 діб (табл.1)

**Таблиця 1. Тривалість вегетації селекційних зразків амаранту, діб (2024–2025 рр.)**

Зразок	Тривалість вегетації, діб	
	2024	2025
№2	106	100
№4	114	105
№5	112	105
№6	95	90
№7	95	90
№10	109	105
№11	105	100
№12	99	90
№52	132	125
№106	120	120
№220	115	105

Більшість досліджуваних зразків (№2, №4, №5, №10, №11, №220) характеризувалися середньою тривалістю вегетаційного періоду – 105–115 діб у 2024 році та 100–105 діб у 2025 році. Найбільш ранньостиглими виявились зразки №6, №7 та №12. Вони завершили вегетацію за 95 діб (№6, №7) та 99 діб (№12) у 2024 р. і за 90 діб у 2025 р. До пізньостиглих форм належить зразок №52 з найтривалішим вегетаційним періодом — 132 доби в 2024 р. та 125 діб у 2025 р., а також зразок №106, який вегетував 120 діб в обох роках.

Скорочення тривалості вегетації у 2025 році порівняно з 2024 роком (в середньому на 5–10 діб, а в ранньостиглих зразків — до 9 діб) зумовлене, насамперед, різними умовами формування сходів. У 2024 році через тривалий дефіцит опадів після сівби сходи з'явилися із запізненням майже на місяць, що штучно збільшило загальну тривалість вегетаційного періоду. У 2025 році сходи були своєчасними, а оптимальна температура повітря прискорила проходження фенологічних фаз.

Для об'єктивного групування зразків проведено кластерний аналіз за методом Варда (Ward's minimum variance method)[21] за показниками тривалості вегетаційного періоду у 2024 та 2025 роках (табл.2).

**Таблиця 2. Кластерний аналіз за показниками тривалості вегетаційного періоду**

Кластер	Зразки	Тривалість вегетації, діб (середнє)	2024 рік	2025 рік	Група стиглості
1	№52, №106	126,0 / 122,5	120–132	120– 125	Пізньостиглі
2	№6, №7, №12	96,3 / 90,0	95–99	90	Ранньостиглі
3	№2, №4, №5, №10, №11, №220	110,2 / 103,3	105–115	100– 105	Середньостиглі

Кластер 1 (пізньостиглий) представлений двома зразками — №52 та №106. Ці форми відрізняються найтривалішим вегетаційним періодом і стабільно перевищують середні значення на 15–25 діб. Зразок №52 є найпізнішим серед досліджуваних.

Кластер 2 (ранньостиглий) — найкомпактніша група, що включає зразки №6, №7 та №12. Вони характеризуються найкоротшим періодом вегетації (90 діб у 2025 році) і становлять найбільший інтерес для створення ранньостиглих сортів.

Кластер 3 (середньостиглий) — найбільший за чисельністю (6 зразків). Має типову для колекції тривалість вегетації і може слугувати основою для створення універсальних середньостиглих форм.

Важливими господарськими ознаками амаранту, що визначають його цінність для селекції на продуктивність і подальшого створення сортів, придатних до механізованого вирощування, є висота рослин, довжина волоті, продуктивність однієї рослини та маса 1000 насінин. Аналіз цих показників у 2024–2025 роках виявив суттєві відмінності між досліджуваними зразками (табл. 3).

Таблиця 3. Характеристика зразків амаранту мутантного та гібридного походження за ознаками продуктивності, 2024–2025 рр.

Зразок	Висота, см		Довжина волоті, см		Продуктивність з 1 рослини		Маса 1000	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
№2	120,0	126,3	30,7	35,0	7,8	8,1	550	590
№4	112,0	97,0	24,3	23,3	7,5	7,4	500	520
№5	113,0	126,3	26,3	28,3	7,5	8,2	610	570
№6	121,0	130,0	30,3	33,0	7,4	7,9	520	480
№7	125,0	129,7	33,0	34,3	7,3	7,3	570	605
№10	128,0	131,7	33,3	34,7	8,1	8,6	530	540
№11	117,0	123,0	28,0	29,7	7,3	8,1	580	510
№12	92,0	87,3	26,7	22,0	7,8	5,9	870	750
№52	76,3	72,0	10,7	10,0	2,7	2,4	830	750
№106	118,0	130,7	19,3	24,3	9,0	10,7	750	680
№220	61,7	63,3	19,7	22,0	3,6	4,1	760	700
S	21,4	26	6,9	7,6	2,1	2,5	133,8	97
V, %	19,9	23,5	26,8	28,3	29,9	35,1	20,8	15,9
HP <sub>0,05</sub>	8,5	11,4	3,8	2,7	1,8	2,1	19,3	18,3

Висота рослин у досліджуваних зразків коливалася в межах 61,7–131,7 см. Найвищими були зразки №10 (128,0–131,7 см), №6 (121,0–130,0 см), №7 (125,0–129,7 см) та №106 (118,0–130,7 см). Найнижчими виявилися зразки №220 (61,7–63,3 см) та №52 (72,0–76,3 см). У 2025 році у більшості зразків спостерігалася збільшення висоти рослин порівняно з 2024 роком. Коефіцієнт варіації за цією ознакою становив 19,9–23,5 %, а значення HP<sub>0,05</sub> — 8,5–11,4 см, що підтверджує достовірність відмінностей між зразками.

Довжина волоті варіювала від 10,0 до 35,0 см. Найбільшу волоть формували зразки №10 (33,3–34,7 см), №7 (33,0–34,3 см), №2 (30,7–35,0 см) та №6 (30,3–33,0 см). Значно коротшу волоть мав зразок №52 (10,0–10,7 см). Коефіцієнт варіації за довжиною волоті був досить високим (26,8–28,3 %), що вказує на значну мінливість ознаки. HP<sub>0,05</sub> становила 3,8 см у 2024 р. та 2,7 см у 2025 р.

Продуктивність однієї рослини коливалася від 2,4 до 10,7 г. Найвищу продуктивність демонстрував зразок №106 (9,0–10,7 г), а також зразки №10 (8,1–8,6 г) та №2 (7,8–8,1 г). Найнижчі показники були характерними для зразків №52 (2,4–2,7 г) та №220 (3,6–4,1 г). За цим показником відмічено найвищий коефіцієнт варіації (29,9–35,1 %), що

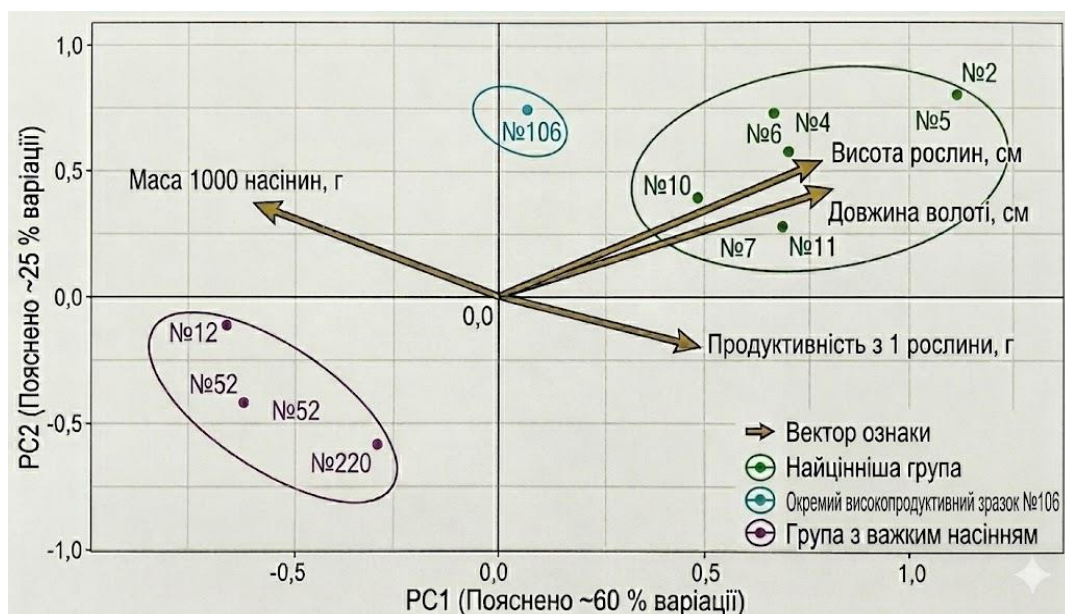
свідчить про найбільшу мінливість серед вивчених ознак. Значення  $HP_{0,05}$  становило 1,8–2,1 г.

Маса 1000 насінин знаходилася в межах 480–870 г. Високу масу 1000 насіння формували зразки №12 (750–870 г), №52 (750–830 г) та №220 (700–760 г). У решти зразків цей показник коливався в межах 480–610 г. Коефіцієнт варіації за масою 1000 насінин становив 15,9–20,8 %.

Для виділення найбільш цінних зразків амаранту за комплексом господарських ознак проведено біплот-аналіз (Principal Component Analysis, PCA) на основі середніх значень показників за 2024–2025 роки. Аналіз дозволив візуалізувати взаємозв'язки між ознаками та зразками, а також виділити генотипи, що найкраще відповідають сучасним селекційним вимогам.

На діаграмі чітко виділяються три основні групи зразків (Рис. 1): найцінніша група, розташована в правій частині діаграми, об'єднує зразки №10, №6, №7, №2, №5 та №11. Ці генотипи характеризуються оптимальною висотою рослин (121–132 см), добре розвиненою довгою волоттю (28–35 см) та стабільно високою продуктивністю (7,4–8,6 г з однієї рослини). Завдяки вдалому поєднанню цих ознак вони демонструють найкращу відповідність сучасним селекційним пріоритетам – високій продуктивності при оптимальній висоті рослини.

Окремо виділяється зразок №106, розташований у верхній частині графіка. Він характеризується найвищою продуктивністю серед усіх досліджуваних форм (середнє значення 9,9 г з рослини) при середній висоті рослин і довжині волоті. Це робить його особливо цінним джерелом генів високої продуктивності для подальшої селекційної роботи.



**Рис. 1.** Біплот-аналіз зразків амаранту за комплексом господарських ознак (середні значення 2024–2025 рр.)

Група з вкрупним насінням, розміщена в лівій частині біплоту, включає зразки №52, №220 та №12. Ці форми відзначаються найвищою масою 1000 насінин (700–870 г), проте поступаються за довжиною волоті, загальною продуктивністю та висотою рослин, що знижує їхню комплексну селекційну цінність.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень здійснено комплексну селекційну характеристику 11 нових зразків амаранту мутантного та гібридного походження. Встановлено мінливість селекційного матеріалу за основними цінними господарськими ознаками. Тривалість вегетаційного періоду коливалася в межах 90–132 діб, що дозволило чітко виділити три групи стиглості: ранньостиглу (№6, №7, №12), середньостиглу (№2, №4, №5, №10, №11, №220) та пізньостиглу (№52, №106). Висота рослин варіювала від 61,7 до 131,7 см, при цьому більшість зразків знаходилася в оптимальному діапазоні висоти 120–150 см.

Аналіз продуктивних ознак показав, що довжина волоті становила 10,0–35,0 см, продуктивність однієї рослини — 2,4–10,7 г, а маса 1000 насінин — 480–870 г. Найвищу продуктивність продемонстрував зразок №106 (середнє 9,9 г з рослини), а найкраще поєднання оптимальної висоти рослин, довгої волоті та високої продуктивності спостерігалось у зразків №10, №6, №7, №2, №5 та №11. Біплот-аналіз (РСА) підтвердив існування трьох чітких груп зразків і дозволив об'єктивно виділити найбільш перспективні генотипи за комплексом ознак. Зразок №106 виявився цінним джерелом генів високої продуктивності, а зразки №10, №6, №7, №2, №5 та №11 — найбільш збалансованими формами за продуктивністю, довжиною волоттю та масою 1000 насіння, придатними для подальшої селекційної роботи.

Таким чином, створений селекційний матеріал містить генотипи з бажаними комбінаціями цінних господарських ознак, що робить його перспективним вихідним матеріалом для створення нових високопродуктивних, технологічних сортів амаранту, адаптованих до умов Східного Лісостепу України.

**Конфлікт інтересів.** Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

#### **Список використаних джерел**

1. Terzieva S. et al. Multifunctional Edible Amaranths: A Review of Nutritional Benefits, Anti-Nutritional Factors, and Potential in Sustainable Food Systems. *Foods*, 2026, 15(1), 130. <https://doi.org/10.3390/foods15010130>

2. Sattar M. et al. An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth. *International Journal of Food Properties*, 2024, 27(1). <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2304266>

3. Гопцій Т.І., Лиманська С.В., Гудим О.В. Перспективи вирощування амаранту як нішевої культури у східній частині Лівобережного Лісостепу України // Вісник Уманського національного університету садівництва. 2022. № 2. С. 11–17. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-11-17>

4. Gimplinger D.M. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth. *European Journal of Agronomy*, 2008, 28(2), 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.07.003>

5. Kumari M. et al. Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth (*Amaranthus* spp.). *Frontiers in Nutrition*, 2023, 10, 1129723. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1129723>

6. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. / Гопцій Т.І., Воронков М.Ф., Бобро М.А. та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.

7. Stetter M.G. Assessing and mining grain amaranth diversity for sustainable production. *Theoretical and Applied Genetics*, 2025, 138, 171. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04940-w>

8. Bashyal S. et al. Multivariate analysis of grain amaranth (*Amaranthus* spp.) diversity. *Heliyon*, 2022, 8(11), e11234. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11234>

9. Stetter M.G. (2025). Assessing and mining grain amaranth diversity for sustainable cropping systems. *Theoretical and Applied Genetics*, 138, 171. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04940-w>.

10. Macías-Naranjo S.M. et al. Amaranth, the ancient pseudocereal... *Frontiers in Plant Science*, 2026, 17: 1716624. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1716624>

11. Bashyal S. et al. Multivariate analysis of grain amaranth... *Heliyon*, 2022, 8(11): e11613. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11613>

12. Yeshitila M. et al. Multivariate analysis for yield... *Heliyon*, 2023, 9(7): e18207. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18207>

13. Sefasi A. et al. Phenotypic diversity and multivariate analyses... *BMC Plant Biology*, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07190-6>

14. Joshi D.C. et al. The comparative mutagenic effectiveness... *Heliyon*, 2026, 12(1): e44496. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2026.e44496>

15. Гудим О.В., Лиманська С.В., Гопцій Т.І., Турчинова Н.П., Михайленко В.О., Криворученко Р.В., Рожков Р.В., Станкевич С.В. Мінливість амаранту під впливом різних доз гамма-опромінення // Український журнал екології. 2021. Т. 11. № 8. С. 146–151. [https://doi.org/10.15421/2021\\_246](https://doi.org/10.15421/2021_246)

16. Янюк Т., Грюнвальд Н. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи // Продовольчі ресурси, 2022, № 18. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>

17. Yatsenko V.V. et al. Formation of productivity of amaranth varieties... *Plant varieties studying and protection*, 2023, 19(4): 262–269. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231>

18. Tyrus M., Lykhochvor V. Yield of Amaranth Depending on the Cultivar... *Scientific Horizons*, 2021, 24(10): 43–51. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(10\).2021.43-51](https://doi.org/10.48077/scihor.24(10).2021.43-51)

19. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. Волкодав В. В. Київ: Державна комісія України по випробуванню сортів сільськогосподарських культур, 2001. 146 с.

20. Методика селекційного експерименту (в рослинництві): навчальний посібник / Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Криворученко Р. В., Турчинова Н. П., Чуйко Д. В., Лиманська С. В., Гудим О. В., Кравченко А. І. М-во освіти і науки України, Держ. біотехнол. ун-т. Харків: Біотехкнига, 2025. 348с.

21. Ward J.H.. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 1963, 58(301), 236–244.

## REFERENCES

1. Terzieva, S., Baycheva, S., Tzanova, M., Ivanova, T., Dimitrova, D., & Grozeva, N. H. (2026). Multifunctional edible amaranths: A review of nutritional benefits, anti-nutritional factors, and potential in sustainable food systems. *Foods*, 15(1), 130. <https://doi.org/10.3390/foods15010130>

2. Sattar, M., et al. (2024). An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth. *International Journal of Food Properties*, 27(1). <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2304266>

3. Hoptsi, T. I., Lymanska, S. V., & Hudym, O. V. (2022). Perspektyvy vyroshchuvannia amaranthu yak nishhevoyi kultury u skhidniy chastyni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny (Перспективи вирощування амаранту як нішевої культури у східній частині Лівобережного Лісостепу України). *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 11–17. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-11-17>

4. Gimplinger, D. M. (2008). Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth. *European Journal of Agronomy*, 28(2), 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.07.003>

5. Kumari, M., et al. (2023). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth (*Amaranthus* spp.). *Frontiers in Nutrition*, 10, Article 1129723. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1129723>

6. Hoptsi, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A., et al. (2018). Amaranth: selektsiya, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannia (Амарант:

селекція, генетика та перспективи вирощування): монографія. Kharkiv: KhNAU.

7. Stetter, M. G. (2025). Assessing and mining grain amaranth diversity for sustainable production. *Theoretical and Applied Genetics*, 138, 171. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04940-w>

8. Bashyal, S., et al. (2022). Multivariate analysis of grain amaranth (*Amaranthus* spp.) diversity. *Heliyon*, 8(11), Article e11234. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11234>

9. Stetter, M. G. (2025). Assessing and mining grain amaranth diversity for sustainable cropping systems. *Theoretical and Applied Genetics*, 138, 171. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04940-w>

10. Macías-Naranjo, S. M., et al. (2026). Amaranth, the ancient pseudocereal... *Frontiers in Plant Science*, 17, Article 1716624. <https://doi.org/10.3389/fpls.2026.1716624>

11. Bashyal, S., et al. (2022). Multivariate analysis of grain amaranth... *Heliyon*, 8(11), Article e11613. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11613>

12. Yeshitila, M., et al. (2023). Multivariate analysis for yield... *Heliyon*, 9(7), Article e18207. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18207>

13. Sefasi, A., et al. (2025). Phenotypic diversity and multivariate analyses... *BMC Plant Biology*. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07190-6>

14. Joshi, D. C., et al. (2026). The comparative mutagenic effectiveness... *Heliyon*, 12(1), Article e44496. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2026.e44496>

15. Hudym, O. V., Lymanska, S. V., Hoptsi, T. I., Turchynova, N. P., Mykhailenko, V. O., Kryvoruchenko, R. V., Rozhkov, R. V., & Stankevych, S. V. (2021). Minlyvist amaranthu pid vplyvom riznykh doz gamma-oprominennya (Мінливість амаранту під впливом різних доз гамма-опромінення). *Ukrayinskyu zhurnal ekolohiyi*, 11(8), 146–151. [https://doi.org/10.15421/2021\\_246](https://doi.org/10.15421/2021_246)

16. Yanyuk, T., & Hryunvald, N. (2022). Vyrobnytstvo amaranthu v Ukrayini: stan i perspektyvu (Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи). *Prodovolchi resursy*, 18, 179–192. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>

17. Yatsenko, V. V., et al. (2023). Formation of productivity of amaranth varieties... *Plant varieties studying and protection*, 19(4), 262–269. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231>

18. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2021). Yield of Amaranth depending on the cultivar... *Scientific Horizons*, 24(10), 43–51. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(10\).2021.43-51](https://doi.org/10.48077/scihor.24(10).2021.43-51)

19. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnogo sortovuprobuvannya silskohospodarskykh kultur* (Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур). Kyiv: Derzhavna komisiya Ukrainy po vuprobuvannyu sortiv silskohospodarskykh kultur.

20. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., Chuiko, D. V., Lymanska, S. V., Hudym, O. V., & Kravchenko, A. I. (2025). *Metodyka selektsiynoho eksperymentu (v roslynnytstvi): navchalnyu posibnyk (Методика селекційного експерименту (в рослинництві): навчальний посібник)*. Kharkiv: Biotekhkniga.

21. Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236–244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>

Отримано: 03.04.2026. Прийнято: 13.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.52>

УДК 633.37:631.53:631.461

**Воропай Ю. В.**, канд. с.-г. наук, ст. викладач

E-mail: [voropay.julya@gmail.com](mailto:voropay.julya@gmail.com), ORCID: 0000-0001-7883-1996

**Рожков А. О.**, доктор с.-г. наук, професор

E-mail: [zms19760403@ukr.net](mailto:zms19760403@ukr.net), ORCID: 0000-0001-9138-7973

**Чигрин О. В.**, канд. с.-г. наук, доцент

E-mail: [chigrinolga@ukr.net](mailto:chigrinolga@ukr.net), ORCID: 0000-0002-8983-994X

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

## **ФОРМУВАННЯ СИМБІОТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ**

**Анотація.** Серед бобових культур, які вирощуються в Україні – нут є перспективною та конкурентоспроможною культурою. Ця культура не лише має високу поживну цінність, але й відіграє значну роль у покращенні агроекологічного стану ґрунтів. Завдяки здатності до симбіотичної азотфіксації з бульбочковими бактеріями нут забезпечує накопичення біологічного азоту, що сприяє зменшенню потреби у внесенні мінеральних азотних добрив. Це у свою чергу дозволяє знизити виробничі затрати та мінімізувати негативний вплив на довкілля. Нут здатний формувати високий сталий врожай відповідної якості за екстремально високих температур повітря та довготривалого дефіциту вологи протягом вегетації. Крім того, включення нуту в сівозміну сприяє покращенню агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунту, підвищенню його родючості, активізації мікробіологічних процесів та створенню сприятливих умов для вирощування наступних культур. У зв'язку з цим нут розглядається не лише як цінна продовольча культура, але й як ефективний біологічний фактор відновлення ґрунтової родючості. Тому постає актуальне питання розширення посівних площ нуту та вдосконалення елементів технології його вирощування. **Метою досліджень** було встановлення комплексного впливу норм висіву насіння та способів сівби на формування симбіотичного апарату рослин нуту сортів Буджак та Одисей протягом вегетації. **Методи досліджень.** Експериментальні дослідження проводили на базі ННВЦ «Дослідне поле»