

УДК: 633.854.78:631.527.53(477.52)

Д.В. Чуйко^{1*}, В.В. Кириченко^{1, 2}, В.В. Білик¹

Агробіологічна оцінка гібридів соняшнику в умовах Східної України

¹Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

²Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, Україна

*E-mail: chuiko93ua@gmail.com

UDC: 633.854.78:631.527.53(477.52)

D.V. Chuiko^{1*}, V.V. Kyrychenko^{1, 2}, V.V. Bilyk¹

Agrobiological Evaluation of Sunflower Hybrids in Eastern Ukraine

¹State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

²Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*E-mail: chuiko93ua@gmail.com

Реферат: Наведено результати агробіологічної оцінки 28 гібридів соняшника в умовах Лісостепової зони Східної України, придатних до поширення в Україні і внесених до Державного реєстру сортів рослин. Визначено рівень продуктивності, біометричних ознак та елементів структури врожаю гібридів різного генетичного походження. Польові дослідження проводили у 2023–2024 рр. на базі ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету. Вивчено такі ознаки, як кількість листків, висота рослин, діаметр кошика, маса 1000 насінин, натура та продуктивність кошика. Умови вегетації 2023 та 2024 рр. відрізнялися значними кліматичними варіаціями, що дало можливість оцінити попередню адаптивність гібридів до стресових факторів. Установлено вірогідну кореляцію між основними елементами структури врожаю. Найвищу біологічну урожайність (до 3,7 т/га) сформували гібриди української селекції Блиск, Гусяр, Равелін, Кадет та Альдазор. Кластерний аналіз за господарськими ознаками дозволив виокремити три групи гібридів, що відрізнялися за рівнем урожайності та адаптивними властивостями. Отримані дані свідчать про доцільність використання кластеризації як інструменту комплексної оцінки гібридів соняшника для умов Східної України. Результати можуть бути використані у виробництві для оптимального підбору високопродуктивних гібридів соняшника для Лісостепової зони України.

Ключові слова: соняшник, гібрид, продуктивність, селекція, кластерний аналіз, господарські ознаки.

Abstract: Twenty-eight sunflower hybrids, which are suitable for dissemination in Ukraine and included in the State Register of Plant Varieties, were evaluated for agrobiological traits in the forest-steppe zone of Eastern Ukraine and the results are presented. The performance, biometric characteristics and yield components were determined in hybrids of different genetic origins. The field studies were conducted at the Educational, Scientific and Production center "Dokuchaevske Experimental Field" of the State Biotechnological University in 2023–2024. Such characteristics as the number of leaves, plant height, head diameter, thousand seed weight, test weight, and head productivity were determined. The climatic conditions of vegetation in 2023 and 2024 significantly varied, enabling us to assess the preliminary adaptability of the hybrids to stressors. There were significant correlations between major components of yield. The highest biological yield (up to 3.7 t/ha) was formed by Ukrainian hybrids 'Blysk', 'Husliar', 'Ravelin', 'Kadet', and 'Aldazor'. Cluster analysis by economic characteristics allowed us to identify three groups of hybrids that differed in yield and adaptability. The data obtained indicate the feasibility of clusterization as a tool for comprehensive evaluation of sunflower hybrids for the conditions of Eastern Ukraine. The results can be used in production to optimally select high-yielding sunflower hybrids for the forest-steppe zone of Ukraine.

Key words: sunflower, hybrid, performance, breeding, cluster analysis, economic characteristics.

Вступ

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) – одна з головних продовольчих культур України, а соняшникова олія четверта за обсягом виробництва у світі (після пальмової, соєвої та ріпакової) [1–4]. Світові посівні площі під соняшником згідно з даними FAOSTAT за останні 60 років зросли більше ніж у 4,5 раза, від 6,7 млн. га у 1961 році до більше ніж 30,0 млн. га у 2024 році, а валові збори за вказаний період збільшилися з 6,8 млн. т. до 58,6 млн.т., що є наслідком активного розвитку селекції соняшника та впровадження нових технологій вирощування [5–7].

За даними Державної служби статистики України, у 2024 році посівні площі соняшнику в Україні становили 4,9 млн.га [8]. Забезпечення такої великої посівної площі потребує наявності якісного посівного матеріалу, а також гібридів та сортів соняшнику, придатних для вирощування у різних природно-кліматичних зонах України, таких, що мають підвищені показники адаптивності та урожайності. Станом на 2025 рік у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, зареєстровано 1089 гібридів та 10 сортів-популяцій соняшнику однорічного [9].

Відкриття у XX столітті цитоплазматичної чоловічої стерильності у соняшника та ряду інших перехреснозапильних культур дозволило перевести сільське господарство з вирощування сортів-популяцій на гетерозиготні гібриди. Цей процес призвів до суттєвого підвищення урожайності, стійкості до хвороб і шкідників, покращення якості продукції та дав новий розвиток селекції соняшнику [6, 10, 11, 14]. Більшість його гібридів у світі – прості міжлінійні, меншу частку складають трилінійні [12, 13].

Метою роботи було вивчення колекції гібридів соняшнику, що внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, за комплексом цінних господарських ознак в умовах Лісостепової зони Східної України. За результатами проведення польового, лабораторного та статистичного аналізу розроблено рекомендації з підбору кращих гібридів соняшнику для вирощування в умовах Лісостепової зони Харківської області.

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the main food crops of Ukraine, and sunflower oil ranks fourth in terms of global production (after palm, soybean and rapeseed oils) [1–4]. According to FAOSTAT, the world's sunflower acreage has experienced more than 4.5-fold increase over the past 60 years, from 6.7 million hectares in 1961 to 30.0 million hectares in 2024, and gross harvests have increased from 6.8 million tons to 58.6 million tons over the specified period, which is a consequence of the intensive development of sunflower breeding and the introduction of new growing technologies [5–7].

According to the State Statistics Service of Ukraine, in 2024, the sunflower-sown area in Ukraine amounted to 4.9 million hectares [8]. Such a large acreage requires that top-quality seeds be available. Sunflower hybrids and cultivars suitable for cultivation in different natural and climatic zones of Ukraine, with increased adaptability and yield, are also in demand. As of 2025, 1,089 hybrids and 10 cultivars-populations of common sunflower are registered in the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine [9].

The discovery of cytoplasmic male sterility in sunflower and several other cross-pollinated crops in the 20th century allowed agriculture to switch from growing cultivars-populations to heterozygous hybrids. This considerably raised yield and resistance to diseases and pests, improved product quality, and prompted further development of sunflower breeding [6, 10, 11, 14]. Most of sunflower hybrids in the world are simple interline hybrids, while three-line ones make up a smaller proportion [12, 13].

Our purpose was to screen the assortment of sunflower hybrids included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine for a set of valuable economic characteristics in the conditions of the forest-steppe zone of Eastern Ukraine. Based on the results of field surveys, laboratory tests and statistical analysis, recommendations were developed for the selection of the best sunflower hybrids for cultivation in the forest-steppe of the Kharkivska Oblast.

Методика

Польові дослідження проведені у 2023 та 2024 рр. на дослідному полі ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету (географічні координати місця проведення – 49.903806, 36.446012).

Роботу виконували згідно зі стандартами Державного сортовипробування [15]. Сівбу проводили у другій декаді травня ручними саджалками, схема посіву 70×25 см, в трьох разовій повторності, попередник чорний пар. Розміщення дослідних ділянок систематичне [16]. Облікова ділянка становила 16,8 м². Додаткове підживлення на посівах не проводили. Для боротьби з бур'янами використовували суміш ґрунтових гербіцидів Дуал Голд (960 г/л S-метолахлор) та Гезагارد (500 г/л прометрин) за два тижні до сівби, норма внесення 2,0 л/га.

Матеріалом слугували 28 гібридів соняшнику різного генетичного та географічного походження. Більш детальна характеристика досліджуваних гібридів наведена у табл. 1.

Погодні умови вегетаційного періоду 2023 року для соняшнику характеризувалися підвищеними температурами та достатніми показниками опадів. У травні середня добова температура становила 18,6°C (+2,4°C до норми середньої багаторічної), у червні – 23,0°C (+3,1 °C), у липні – 25,4°C (+4,2 °C), у серпні – 17,5 °C (+2,3°C), у вересні – 17,5 °C (+2,3°C). Опади розподілялися нерівномірно: травень – 32,0 мм (-11,7 мм до норми середньої багаторічної), червень – 32,0 мм (-33,7 мм), липень – 153,8 мм (+88,3 мм), вересень – 26,9 мм (-18,5 мм). Загальна річна кількість опадів перевищила норму на 18,9 мм.

У 2024 році погодні умови були нестабільними й критичними. Температура у травні була 16,5°C (+0,4 °C), у червні – 22,3°C (+2,1 °C), у липні – 22,3°C (+4,6 °C), у серпні – 23,3°C (+2,8 °C), у вересні – 20,5 °C (+5,3°C). Опадів було значно менше від норми – 92,1 мм замість 275,1 мм за багаторічними показниками. У травні випало лише 17,3 мм (-26,4 мм), у червні – 49,3 мм (-14 мм), у липні – 18,5 мм (-53,2 мм), у серпні – 7,0 мм (-44 мм), у вересні – 0 мм (-45,4 мм). Таким чином, рослини соняшнику протягом усього періоду вегетації страждали від сильного дефіциту вологи та високих температур повітря.

Статистичний обробіток даних проводили у програмному середовищі PAST 4.17 [17].

Methods

The field studies were conducted at the Educational, Scientific and Production center "Dokuchaievske Experimental Field" of the State Biotechnological University (geographic coordinates of the study location - 49.903806, 36.446012) in 2023–2024..

The work was carried out in accordance with the standards of the state variety trials [15]. The hybrids were sown within the second 10 days of May with manual planters. The sowing pattern was 70×25 cm, in three replications. The predecessor was black fallow. The experimental plots were arranged systematically [16]. The record plot area was 16.8 m². No additional fertilizers were applied on the crops. To control weeds, a mixture of soil herbicides, Dual Gold (960 g/L S-metolachlor) and Gezaguard (500 g/L promethrin), was used at a dose of 2.0 L/ha two weeks before sowing.

Twenty-eight sunflower hybrids of different genetic and geographical origins were studied. A more detailed description of the studied hybrids is given in Table 1.

In 2023, the weather during the sunflower growing period was characterized by elevated temperatures and sufficient precipitation. In May, the average daily temperature was 18.6°C (+2.4°C to the multi-year average), in June – 23.0°C (+3.1 °C), in July – 25.4°C (+4.2 °C), in August – 17.5°C (+2.3°C), in September – 17.5°C (+2.3°C). The precipitation was unevenly distributed: May – 32.0 mm (-11.7 mm to the multi-year average), June – 32.0 mm (-33.7 mm), July – 153.8 mm (+88.3 mm), September – 26.9 mm (-18.5 mm). The total annual precipitation exceeded the multi-year average by 18.9 mm.

In 2024, the weather was unstable and harsh. The temperature in May was 16.5°C (+0.4 °C), in June – 22.3°C (+2.1 °C), in July – 22.3°C (+4.6 °C), in August – 23.3°C (+2.8 °C), in September – 20.5°C (+5.3 °C). The precipitation amount was significantly less than the multi-year average: 92.1 mm instead of 275.1 mm. In May, only 17.3 mm (-26.4 mm) fell, in June – 49.3 mm (-14 mm), in July – 18.5 mm (-53.2 mm), in August – 7.0 mm (-44 mm), in September – 0 mm (-45.4 mm). Thus, sunflower plants suffered from a severe water deficit and high air temperatures throughout the growing period.

Data were statistically processed in PAST 4.17 software package [17].

Таблиця 1. Характеристика та походження досліджуваних гібридів соняшнику
Table 1. Characteristics and origins of the studied sunflower hybrids

Назва гібрида українською / Ukrainian name	Назва гібрида англійською / English name	Оригінатор / Originator	Країна / Country	Група стиглості* / Ripeness group*
Гусяр	Husliar	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН / Yuriev Plant Production Institute of NAAS	UA	Середньоранній / Medium-early
Славсон	Slavson		UA	Скоростиглий / Fast-ripening
Равелін	Ravelin		UA	Середньоранній / Medium-early
Феномен	Fenomen		UA	Середньоранній / Medium-early
Кадет	Kadet		UA	Ранньостиглий / Early-ripening
Блиск	Blysk		UA	Ранньостиглий / Early-ripening
Драйв	Draiv		UA	Середньоранній / Medium-early
Златсон	Zlatson		UA	Середньоранній / Medium-early
Ярило	Yarylo		UA	Ранньостиглий / Early-ripening
ЕС Саксон	ES Sakson	ТОВ "Науково-виробнича фірма "Еліта-Селект" / LLC "Scientific and Production Firm "Elita-Select"	UA	Середньоранній / Medium-early
ЕС Берекет	ES Bereket	Інститут польовництва та овочівництва, м. Нові Сад / Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad	UA	Середньоранній / Medium-early
НС Х 6749	NS H 6749		RS	Середньоранній / Medium-early
НС Таурус	NS Taurus		RS	Середньостиглий / Medium-ripening
Си Діамантіс	SY Diamantis		CH	Середньостиглий / Medium-ripening
Суомі	Suomi		CH	Ранньостиглий / Early-ripening
Си Бакарді	SY Barbati		CH	Середньостиглий / Medium-ripening
НК Неома	NK Neoma		FR	Середньостиглий / Medium-ripening
Си Експерто	SY Experto		CH	Середньостиглий / Medium-ripening
НК Конді	NK Kondi		FR	Середньостиглий / Medium-ripening
Суміко	Sumiko		CH	Середньоранній / Medium-early
Альдазор	Aldazor	ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Агро-Ритм» / LLC "Scientific and Production Enterprise "Agro-Rhythm"	UA	Середньоранній / Medium-early
Гранд Адмірал	Hrand Admiral	Скакун Вадим Михайлович / Skakun Vadym Mykhailovych	UA	Середньоранній / Medium-early
ЕС Белла	ES Bella	Lidea	FR	Ранньостиглий / Early-ripening
LG 5478	LG 5478	Limagrain	FR	Середньоранній / Medium-early
P64LP130	P64LP130	Corteva Agriscience	UA	Середньостиглий / Medium-ripening
P64LE25	P64LE25		US	Середньоранній / Medium-early
P64LE99	P64LE99		US	Середньостиглий / Medium-ripening
PR64F66	PR64F66		AT	Середньоранній / Medium-early

* – дані Українського інституту експертизи сортів рослин.

* – data from the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination.

Результати та обговорення

Кількість листків на рослині є важливою ознакою, що забезпечує повноцінний розвиток рослини та формування якісного насіння, а у соняшнику це у першу чергу впливає на накопичення вмісту олії. Кількість листків у соняшнику визначається взаємодією кількох генетичних факторів. У виду виявили кілька кількісних локусів ознак (QTL), пов'язаних із цією характеристикою, що локалізовані на різних хромосомах. Хромосоми 1, 6, 7, 9, 15, 17: локуси QTL яких впливають на кількість листків на головному стеблі. Водночас локус QTL на хромосомі 15 контролює до 57 % фенотипової варіації соняшнику [18, 19].

За результатами проведених нами досліджень середнє значення (за 2023–2024 рр.) кількості листків на головному стеблі досліджуваних гібридів варіювало у межах 26,3–31,2 шт. Найменшу кількість листків на головному стеблі мали гібриди P64LE99 ($26,3 \pm 0,1$ шт.), ЕС Берекет ($26,8 \pm 0,4$ шт.) та P64LE25 ($27,2 \pm 1,1$ шт.), а їх найвище значення зафіксовано у гібридів Драйв ($32,2 \pm 0,4$ шт.), Златсон ($30,6 \pm 0,4$ шт.) та Суміко ($30,6 \pm 0,8$ шт.). Такий розподіл перебуває у відповідних межах (26–32 шт.) кількості листків у гетерозиготних гібридів, що були встановлені Marinković & Škorić у дослідженнях генетичного контролю кількості листя у гібридів F1 [20]. Також польові результати збігаються з дослідженнями інших авторів та попередніми нашими на різних гібридах соняшнику [4, 6, 21–24].

Інша фенотипова ознака, що нами досліджувалася у гібридів – висота рослини. Формування даної ознаки відбувається під впливом комплексу генів (наприклад Rht1), що мають адитивну дію, та умов навколишнього середовища (у тому числі технології вирощування) [25–27]. У досліджуваній нами колекції виділено дві основні фенотипові групи – високі та дуже високі гібриди соняшнику. Такі гібриди, як: Близк, Суміко, НС Х 6749, LG 5478, P64LP130, Сі Експерто, НС Таурус формували найвищі показники висоти у межах від 181 до 194 см. Слід відзначити, що окрім гібридів Близк та P64LP130, інші мають закордонне походження, що може бути однією із причин їх фенотипової

Results and Discussion

The number of leaves per plant is an important characteristic that ensures the full development of the plant and formation of top-quality seeds, and in sunflower it primarily affects oil accumulation. The number of leaves in sunflower is determined by interactions between several genetic factors. Several quantitative trait loci (QTL) associated with this characteristic, localized on different chromosomes, were detected in the species. Chromosomes 1, 6, 7, 9, 15, 17: QTL that affect the number of leaves on the primary stem. At the same time, a QTL on chromosome 15 controls up to 57% of the phenotypic variations in sunflower [18, 19].

In our studies, the mean (2023–2024) number of leaves on the primary stem of the studied hybrids varied within 26.3–31.2. The fewest number of leaves on the primary stem was observed in hybrids (hybs.) ‘P64LE99’ (26.3 ± 0.1), ‘ES Bereket’ (26.8 ± 0.4) and ‘P64LE25’ (27.2 ± 1.1); and the greatest number of leaves was recorded for hybs. ‘Draiv’ (32.2 ± 0.4), ‘Zlatson’ (30.6 ± 0.4) and ‘Sumiko’ (30.6 ± 0.8). This distribution corresponds the limits (26–32 leaves) of this characteristic for heterozygous hybrids, which were established by Marinković & Škorić in studies of genetic control of the number of leaves in F1 hybrids [20]. The field findings also agree with other authors’ data and our previous data on different sunflower hybrids [4, 6, 21–24].

Another phenotypic trait that we studied in hybrids is plant height. This trait is influenced by several genes (for example, Rht1), which have an additive effect, and environmental conditions (including growing technology) [25–27]. In the assortment we studied, two major phenotypic groups were distinguished: tall and very tall sunflower hybrids. Hybrids, such as ‘Blyks’, ‘Sumiko’, ‘NS X 6749’, ‘LG 5478’, ‘P64LP130’, ‘Si Experto’, and ‘NS Taurus’ had the tallest plants of 181–194 cm. It should be noted that, except for hybs. ‘Blyks’ and ‘P64LP130’, the others are foreign, and different germplasm that was used for their

відмінності та іншої генетичної плазми, що була використана при їх створенні.

Найбільша група соняшнику представлена високими гібридами з висотою у межах від 160 см (Ярило) до 179 см (Альдазор). Найменші показники висоти переважно формувалися у гібридів ранньостиглої та середньоранньої груп (табл. 1), таких як Ярило, ЕС Белла, PR64F66, ЕС Берекет та інші, у межах 160–164 см у середньому за роки дослідження. Така особливість зумовлена саме впливом скорочення періоду вегетації рослини, що спостерігається не лише у соняшнику, а й інших рослин [28–30]. Вплив умов вирощування є одним з головних факторів зміни висоти рослини, що у наших дослідженнях відзначається показниками стандартного відхилення від середнього значення від $\pm 9,7$ до $\pm 26,7$ за роки дослідження та залежно від гібрида (рис. 1).

creation may explain their phenotypic distinction.

The largest group comprised tall sunflower hybrids of 160 cm ('Yarylo') to 179 cm ('Aldazor'). The shortest plants were mainly intrinsic to early-ripening and medium-early hybrids (Table 1), such as 'Yarylo', 'ES Bella', 'PR64F66', 'ES Bereket', and others, with the mean height of 160–164 cm in the study years. This feature is attributed to reduced vegetation period, a pattern that is observed not only in sunflower but also in other plants [28–30]. The influence of growing conditions is one of major factors changing plant height and in our studies it was reflected as standard deviation of from ± 9.7 to ± 26.7 in different hybrids in the study years (Fig. 1).

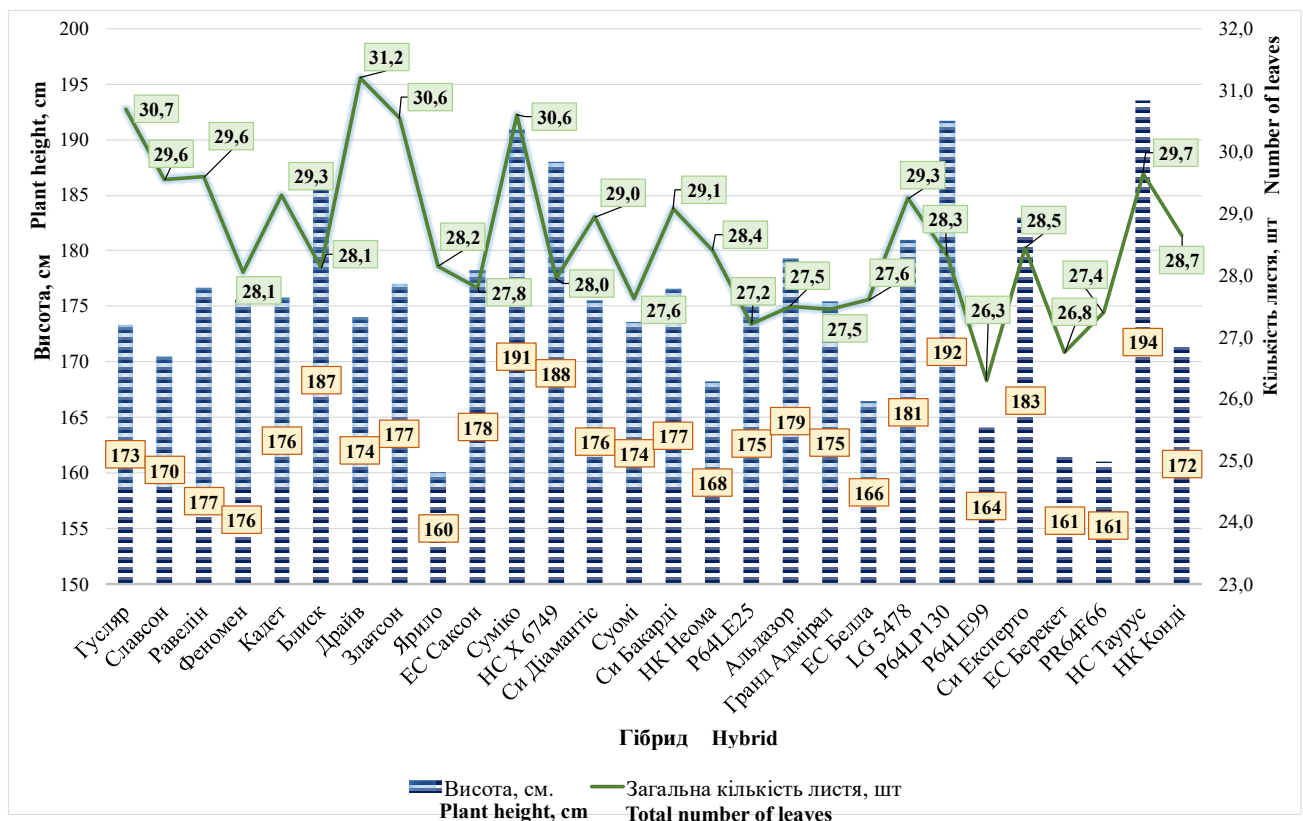


Рис. 1. Характеристика гібридів соняшнику за ознаками висоти та загальної кількості листків, середнє за 2023–2024 рр.

Fig. 1. Plant height and total number of leaves in the sunflower hybrids, mean for 2023–2024.

Формування елементів структури урожаю досліджуваних гібридів соняшнику у наших дослідках відбувалося під впливом біотичних факторів, формування яких залежало від погодних умов (надмірне зволоження у 2023 році та екстремальна нестача вологи у 2024 році). Аналізуючи дані за ознакою діаметр кошика, можна відзначити певну відмінність залежно від походження гібридів. Так, найвищі показники за даною ознакою формували майже всі гібриди селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, а також гібриди ЕС Саксон та Суміко, у межах від 16,0±1,1 см (ЕС Саксон) до 17,6±0,6 см (Славсон). Найменшим діаметром кошика за роки дослідження характеризувалися гібриди Сі Бакарді (13,8±0,2 см), Сі Діамантіс (14,1±1,4 см) та Ярило (14,3±0,7 см).

Продуктивність кошика у середньому за роки дослідження сильно варіювала (Coeff. Var. = 12,6 %) залежно від гібрида соняшнику та від року вирощування. Найвищі показники продуктивності кошика були встановлені у гібридів: Гусляр (63,2±10,9 г), Славсон (58,7±11,6 г), Равелін (62,5±1,1 г), Кадет (61,0±4,5 г), Блиск (67,5±6,8 г), Альдазор (61,3±2,0 г), LG 5478 (60,2±10,9 г) та НС Таурус (57,2±7,9 г). Найменш продуктивними серед досліджуваних гібридів в умовах Харківської області виявилися Гранд Адмірал (41,1±9,6 г), ЕС Белла (40,1±4,1 г) та Ярило (41,3±9,9 г). Маса 1000 насінин мала позитивні кореляційні зв'язки з продуктивністю кошика $r=0,67$ та ознакою діаметр кошика $r=0,51$, що збігається з низкою інших досліджень [31–34]. Серед досліджуваних гібридів найбільша маса 1000 насінин була встановлена у гібридів ЕС Саксон (65,9±18,9 г), Блиск (65,8±4,4 г), P64LE25 (61,0±12,5 г), Альдазор (60,2±5,3 г) та P64LE99 (60,5±4,5 г).

Натура насіннєвої маси є комплексною ознакою, що характеризує фізичні, біохімічні та сортові особливості насіння гібридів. У наших дослідженнях встановлено середню зворотну кореляційну залежність між ознаками натури насіння та продуктивністю кошика на рівні $r = -0,43$. Така особливість ймовірно є наслідком того, що у більш продуктивних гібридів насіння, що формується, має крупнішу фракцію, що сприяє збільшенню міжнасіннєвих пустот, що відзначали й інші дослідники [35].

The yield components in the studied sunflower hybrids were affected by biotic factors, which depended on weather conditions (excessive moisture in 2023 and extreme lack of moisture in 2024). Analyzing head diameter, we could note a certain difference depending on the hybrids' origins. Thus, the largest heads were formed by almost all hybrids bred by the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine as well as by hybs. 'ES Sakson' and 'Sumiko': from 16.0±1.1 cm ('ES Sakson') to 17.6±0.6 cm ('Slavson'). The smallest heads were formed by hybs. 'Si Bacardi. (13.8±0.2 cm), 'Si Diamantis. (14.1±1.4 cm) and 'Yarylo' (14.3±0.7 cm).

The mean head productivity varied greatly (CV = 12.6 %) depending on hybrids and cultivation years. The most productive heads were recorded for hybs. 'Husliar' (63.2±10.9 g), 'Slavson' (58.7±11.6 g), 'Ravelin' (62.5±1.1 g), 'Kadet' (61.0±4.5 g), 'Blyks' (67.5±6.8 g), 'Aldazor' (61.3±2.0 g), 'LG 5478' (60.2±10.9 g), and 'NS Taurus' (57.2±7.9 g). The least productive heads were intrinsic to hybs. 'Hrand Admiral' (41.1±9.6 g), 'ES Bella' (40.1±4.1 g) and 'Yarylo' (41.3±9.9 g). Thousand seed weight was positively correlated with head productivity ($r=0.67$) and head diameter ($r=0.51$), which is in agreement with several other studies [31–34]. Among the studied hybrids, the greatest thousand seed weight was observed in hybs. 'ES Sakson' (65.9±18.9 g), 'Blyks' (65.8±4.4 g), 'P64LE25' (61.0±12.5 g), 'Aldazor' (60.2±5.3 g), and 'P64LE99' (60.5±4.5 g).

Test weight is a complex trait that characterizes the physical, biochemical and varietal features of hybrid seeds. In our studies, there was a moderate inverse correlation between test weight and head productivity ($r = -0.43$). This feature is probably a consequence of the fact that more productive hybrids form larger seeds, contributing larger interseed spaces, which was also noted by other researchers [35].

The lowest test weight was determined in high-yielding hybs. 'Kadet' (372±42.0 g/L), 'Blyks' (378±12.0 g/L), 'P64LE25' (393±9.0 g/L), and 'Aldazor' (389±15.0 g/L), and the

Найменші показники натури насіння були встановлені для високопродуктивних гібридів Кадет (372±42,0 г/л), Блиск (378±12,0 г/л), P64LE25 (393±9,0 г/л) та Альдазор (389±15,0 г/л), а найбільші для гібридів Сі Діамантіс, LG 5478, Суомі та Славсон у межах від 440 г/л до 450 г/л у середньому за роки дослідження (табл. 2).

highest test weight – in hybs. ‘Si Diamantis’, ‘LG 5478’, ‘Suomi’, and ‘Slavson’ (440-450 g/L on average over the study years) (Table 2).

Таблиця 2. Показники елементів структури урожаю гібридів соняшника, середнє за 2023–2024 рр.
Table 2. Yield components in the sunflower hybrids, mean for 2023–2024.

Назва гібрида	Діаметр кошика, см.	Продуктивність кошика, г	Маса 1000 насінин, г	Натура, г/л
Гусляр / Husliar	16,9±1,0	63,2±10,9	57,6±4,8	403±37,0
Славсон / Slavson	17,6±0,6	58,7±11,6	53,5±4,5	440±20,0
Равелін Ravelin	16,8±0,2	62,5±1,1	56,5±2,2	392±34,0
Феномен / Fenomen	16,2±0,0	48,4±10,4	50,4±1,8	421±41,0
Кадет / Kadet	17,3±0,9	61,0±4,5	56,0±1,4	372±42,0
Блиск / Blysk	16,1±1,1	67,5±6,8	65,8±4,4	378±12,0
Драйв / Draiv	16,2±0,2	52,2±10,8	48,6±5,3	402±42,0
Златсон / Zlatson	15,5±0,0	54,3±10,9	45,0±2,7	375±29,0
Ярило / Yarylo	14,3±0,7	41,3±9,9	39,1±3,5	409±33,0
ЕС Саксон / ES Sakson	16,0±1,1	58,5±20,7	65,9±18,9	392±16,0
Суміко / Sumiko	16,1±1,1	55,6±2,5	58,9±7,9	431±47,0
НС Х 6749 / NS Н 6749	15,5±0,5	47,2±5,9	43,2±6,0	435±31,0
Сі Діамантіс / SY Diamantis	14,1±1,4	51,6±21,3	51,6±13,6	450±0,0
Суомі / Suomi	15,5±1,2	51,5±6,8	50,3±3,9	444±28,5
Сі Бакарді / SY Barbat	13,8±0,2	52,0±8,0	41,7±0,0	415±19,0
НК Неома / NK Neoma	15,3±0,4	54,7±12,6	48,9±10,9	412±16,0
P64LE25	14,5±1,0	57,6±16,1	61,0±12,5	393±9,0
Альдазор / Aldazor	15,5±0,7	61,3±2,0	60,2±5,3	389±15,0
Гранд Адмірал / Hrand Admiral	14,8±1,3	41,1±9,6	45,1±10,0	420±28,0
ЕС Белла / ES Bella	14,6±1,3	40,1±4,1	42,9±6,8	429±51,0
LG 5478	14,4±0,4	60,2±10,9	44,9±4,1	450±36,0
P64LP130	14,3±1,4	55,0±7,2	43,6±0,6	406±22,0
P64LE99	14,9±1,3	53,3±3,7	60,5±4,5	423±31,0
Сі Експерто / SY Experto	15,5±0,3	54,5±1,3	51,4±1,8	397±39,0
ЕС Берекет / ES Bereket	14,7±0,4	48,6±13,3	44,1±5,8	404±44,0
PR64F66	14,4±0,5	49,6±3,4	51,6±2,5	427±11,5
НС Таурус / NS Taurus	14,8±0,6	57,2±7,9	42,6±4,3	391±29,0
НК Конді / NK Kondi	14,7±0,2	49,8±4,0	44,7±1,6	414±20,0
Min	13,8	40,1	39,1	372
Max	17,6	67,5	65,9	450
SE	0,2	1,3	1,4	4,2
SD	1,0	6,8	7,6	22,1
CV	6,6	12,5	15,0	5,4

Біологічна урожайність прямо пропорційна продуктивності кошика, вона більш наочно описує потенціал урожайності гібрида соняшнику в умовах виробництва даного регіону. Відповідно до отриманих нами результатів лідерами за біологічною урожайністю є гібриди української селекції Гусляр ($3,5 \pm 0,6$ т/га), Равелін ($3,4 \pm 0,1$ т/га), Блиск ($3,7 \pm 0,4$ т/га), Альдазор ($3,4 \pm 0,1$ т/га) та Кадет ($3,4 \pm 0,3$ т/га). У трійку найменш урожайних гібридів за підсумками 2023–2024 рр. увійшли ЕС Белла ($2,2 \pm 0,2$ т/га), Гранд Адмірал ($2,3 \pm 0,5$ т/га) та Ярило ($2,3 \pm 0,5$ т/га) (рис. 2).

Biological yield is directly proportional to head productivity; it more clearly describes the yield potential of a sunflower hybrid under the production conditions of a given region. According to our results, the leaders in biological yield are Ukrainian hybs. ‘Husliar’ (3.5 ± 0.6 t/ha), ‘Ravelin’ (3.4 ± 0.1 t/ha), ‘Blyks’ (3.7 ± 0.4 t/ha), ‘Aldazor’ (3.4 ± 0.1 t/ha), and ‘Kadet’ (3.4 ± 0.3 t/ha). The three least productive hybrids according to the results in 2023–2024 included hybs. ‘ES Bella’ (2.2 ± 0.2 t/ha), ‘Hrand Admiral’ (2.3 ± 0.5 t/ha) and ‘Yarylo’ (2.3 ± 0.5 t/ha) (Fig. 2).

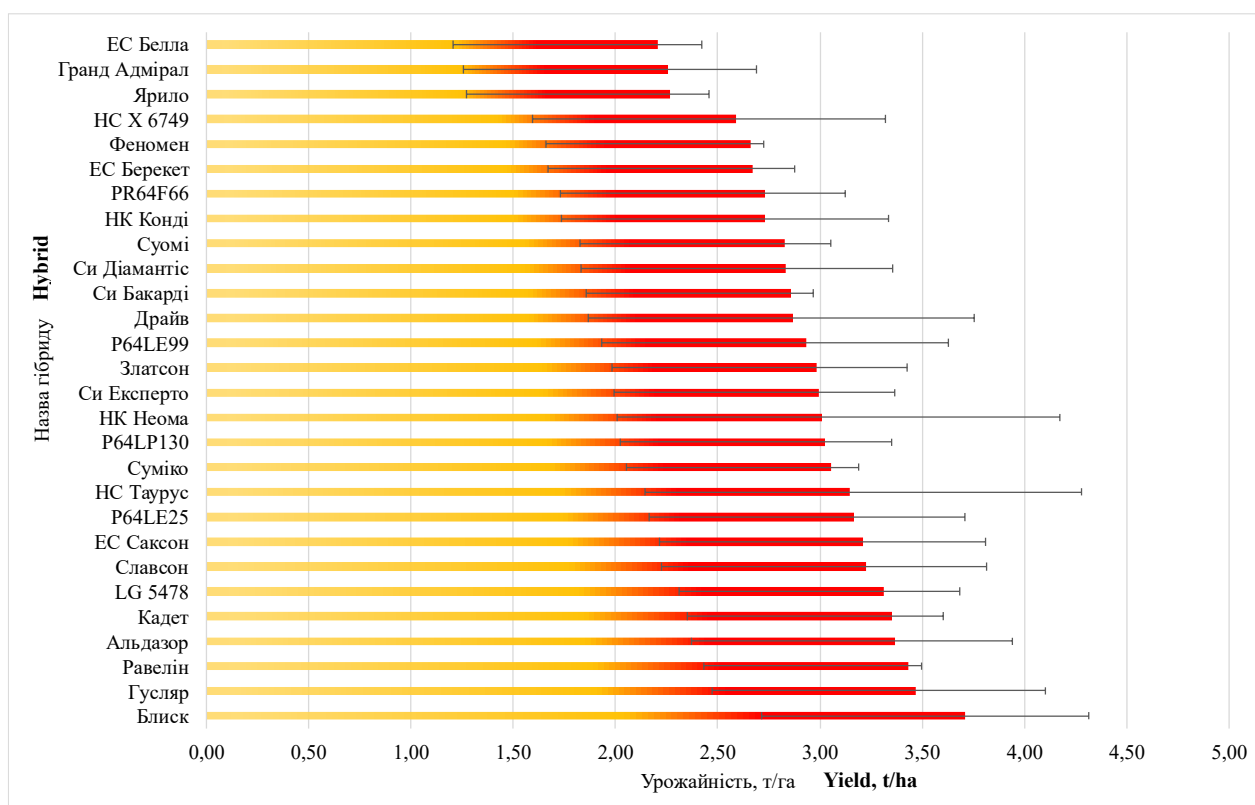


Рис. 2. Розрахунок біологічної урожайності досліджуваних гібридів соняшнику, середнє за 2023–2024 рр.

Fig. 2. Calculation of biological yield of the studied sunflower hybrids, average for 2023–2024.

Кластерний аналіз, проведений за сукупністю господарських ознак (висота рослин, кількість листків, діаметр кошика, продуктивність кошика, маса 1000 насінин та натура насіння), дозволив виділити три чітко окреслені кластери серед 28 досліджуваних гібридів соняшнику (рис. 3). Метод ієрархічної кластеризації (UPGMA, евклідова відстань) застосовано у програмному середовищі PAST 4.17.

До першого кластеру увійшли гібриди Гусляр, Славсон, Равелін, Кадет, Блиск, Альдазор, LG 5478, НС Таурус та P64LP130.

Cluster analysis conducted by the set of economic characteristics (plant height, number of leaves, head diameter, head productivity, thousand seed weight, and test weight) allowed us to identify three clearly defined clusters among the 28 studied sunflower hybrids (Fig. 3). Hierarchical clusterization (UPGMA, Euclidean distance) was conducted in the PAST 4.17 software package.

Cluster 1 included hybs. ‘Husliar’, ‘Slavson’, ‘Ravelin’, ‘Kadet’, ‘Blysk’, ‘Aldazor’, ‘LG 5478’, ‘NS Taurus’, and ‘P64LP130’. They

Вони відзначалися високими значеннями продуктивності кошика (58,7–67,5 г), маси 1000 насінин (до 65,9 г) та урожайності (до 3,7 т/га), що свідчить про їх генетично зумовлений потенціал до формування високого врожаю.

Другий кластер включав гібриди Феномен, Драйв, Златсон, Суомі, Сі Діамантіс, Сі Бакарді, НК Неома, Сі Експерто, НК Конді та Суміко. Ці форми продемонстрували середні значення основних показників та відносну стабільність за умов вегетації 2024 року, що вказує на їх адаптивність до умов стресу, зумовленого високими температурами і дефіцитом вологи.

До третього кластеру увійшли гібриди Ярило, ЕС Белла, Гранд Адмірал, ЕС Берекет, PR64F66, P64LE99, P64LE25 та НС Х 6749, які мали нижчі показники урожайності (2,2–2,5 т/га), маси 1000 насінин та натури. Ймовірно, ці гібриди менш адаптовані до Лісостепової зони Східної України або потребують інших технологічних заходів вирощування (рис. 3).

Отримані результати свідчать про наявність значної фенотипової варіабельності серед гібридів та підтверджують доцільність використання кластерного аналізу як інструменту для оцінки гібридів соняшника.

showed high head productivity (58.7–67.5 g), thousand seed weight (up to 65.9 g) and yield (up to 3.7 t/ha), indicating their genetically determined potentials for high yields.

Cluster 2 included hybs. 'Fenomen', 'Draiv', 'Zlatson', 'Suomi', 'SY Diamantis', 'SY Bacardi', 'NK Neoma', 'SY Experto', NK Kondi, and 'Sumiko'. These forms demonstrated medium values of the main parameters and relative stability in 2024, indicating their adaptability to stressful conditions inflicted by high temperatures and water deficit.

Cluster 3 included hybs. 'Yarylo', 'ES Bella', 'Hrand Admiral', 'ES Bereket', 'PR64F66', 'P64LE99', 'P64LE25', and 'NS X 6749', which yielded less (2.2–2.5 t/ha) and had lower thousand seed weight and test weight. These hybrids are probably less adapted to the forest-steppe zone of Eastern Ukraine or require other farming techniques (Fig. 3). These results suggest considerable inter-hybrid phenotypic variability and confirm the feasibility of using cluster analysis as a tool for evaluation of sunflower hybrids.

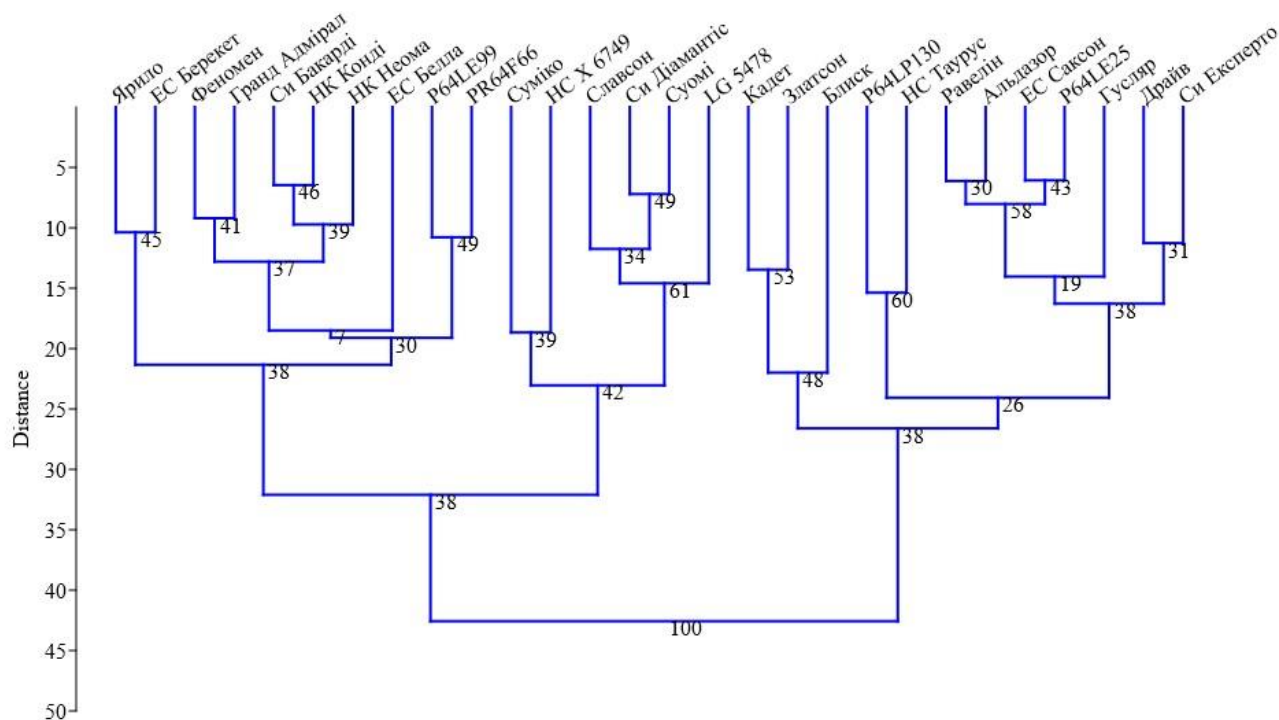


Рис. 3. Кластерний аналіз досліджуваних гібридів соняшнику.

Fig. 3. Cluster analysis of the studied sunflower hybrids.

Висновки

У результаті дослідження встановлено суттєву фенотипову варіабельність серед 28 гібридів соняшнику за показниками продуктивності, морфометричних характеристик та елементів структури врожаю. Найвищу біологічну урожайність в умовах Східної України продемонстрували гібриди української селекції Блиск, Гусляр, Равелін, Кадет та Альдазор, що свідчить про їх високий адаптивний та генетичний потенціал. Виявлено вірогідні позитивні кореляційні зв'язки між діаметром кошика, масою 1000 насінин та продуктивністю кошика, що дозволяє розглядати ці ознаки як важливі селекційні критерії при відборі перспективних форм. У той же час зворотна кореляція між натурою насіння та продуктивністю вказує на потребу комплексного підходу при оцінці сортів. Кластерний аналіз дав змогу виокремити три основні групи гібридів за господарськими ознаками, що підкреслює ефективність використання цього методу для підбору гібридів соняшнику у виробництві. Отримані результати можуть бути корисними у практиці виробництва та подальшій селекційній роботі для удосконалення асортименту гібридів соняшнику, адаптованих до кліматичних умов лісостепової зони Східної України.

Conclusions

The study revealed significant phenotypic variability among 28 sunflower hybrids in terms of performance, morphometric characteristics and yield components. The highest biological yields in Eastern Ukraine were produced by Ukrainian hybs. 'Blyks', 'Husliar', 'Ravelin', 'Kadet', and 'Aldazor', indicating their high adaptive and genetic potentials. There were significant positive correlations between head diameter and productivity as well as between thousand 1000 seed weight and head productivity, which allows us to consider these characteristics as important breeding criteria when selecting promising forms. At the same time, there was an inverse correlation between test weight and productivity, suggesting the need for a comprehensive approach to evaluation of hybrids and cultivars. Cluster analysis made it possible to distinguish three major groups of hybrids by economic characteristics, emphasizing the effectiveness of this method for selecting sunflower hybrids in production. These results may be useful in production practice and further breeding to improve the assortment of sunflower hybrids adapted to the climatic conditions of the forest-steppe zone of Eastern Ukraine.

References

1. Vasytkovska K., Andriienko O., Vasytkovskyi O., Andriienko A., Volodymyr P., Malakhovska V. Dynamics of export potential of sunflower oil in Ukraine. *Helia*. 2021. Vol. 44(74). P. 115–123. <https://doi.org/10.1515/helia-2021-0001>.
2. Pilorgé E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL*. 2020. Vol. 27. P. 34. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>.
3. Anushree S., André M., Guillaume D., Frédéric F. Stearic sunflower oil as a sustainable and healthy alternative to palm oil. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2017. Vol. 37. P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0426-x>.
4. Chuiko D. Plant growth regulator effects on sunflower parents and F1 hybrids. *Žemės ūkio mokslai*. 2021. Vol. 28(2). <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v28i2.4508>.
5. FAOSTAT. Crops and livestock products: Sunflower seed [cited 20 March 2025]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.
6. Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 8. P. 2238. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02238>.
7. Seiler G.J., Qi L.L., Marek L.F. Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. *Crop Sci.* 2017. Vol. 57(3). P. 1083–1101. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0856>.
8. State Statistics Service of Ukraine. Economic statistics / Economic activities / Agriculture, forestry and fisheries [cited April 1, 2025]. <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
9. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine [updated March 17, 2025]. <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].
10. Leclercq P. Une stérilité mâle cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amélior. Plant.* 1969. Vol. 19. P. 99–106.
11. Vear F. Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *OCL*. 2016. Vol. 23(2). P. D202. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016006>.
12. Andrienko V.V., Syvenko O.A. Breeding value of parents for creation of simple and three-line sunflower hybrids. *Selektsiia ta Nasinnytstvo*. 2017. (111). P. 8–17. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.104881> [in Ukrainian].
13. Kyrychenko V.V., Makliak K.M., Varenik B.F., Kutishcheva N.M., Trotsenko V.I. Expression of economic characteristics in three-line sunflower hybrids in different agroclimatic zones of Ukraine. *Visnyk Sumskoho Aharnoho Natsionalnoho Universytetu. Series: Ahronomiia i Biolohiia*. 2016. (9). P. 129–133. [in Ukrainian].

14. Chuiko D.V. Evaluation of sunflower starting material for breeding-valuable traits. *Selektsiia i Nasinnytstvo*. 2022. (121). P. 6–14. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.260986> [in Ukrainian].
15. Volkodav V.V. Methodology of state trials of agricultural crop varieties. Kyiv: Derzhavna Komisiia Ukrainy po Vyprobuvanniu ta Okhroni Sortiv Roslyn, 2000. 100 p. [in Ukrainian].
16. Hoptsi T.I., Proskurnin M.V. Genetic and statistical methods in breeding. Kharkiv: KhNAU, 2003. 103 p. [in Ukrainian].
17. Hammer Ø., Harper D.A. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron*. 2001. Vol. 4(1). P. 1.
18. Radanović A., Miladinović D., Cvejić S., Jocković M., Jocić S. Sunflower genetics from ancestors to modern hybrids—A review. *Genes*. 2018. Vol. 9(11). P. 528. <https://doi.org/10.3390/genes9110528>.
19. Soroka A.I., Lyakh V.A. Polygenic inheritance of bracts number in sunflower. *Helia*. 2019. Vol. 42(71). P. 221–228. <https://doi.org/10.3390/genes9110528>.
20. Marinković R., Škorić D. Examination of heritability of certain quantitative traits of sunflower (*H. annuus* L.). *Prod. Process. Cultivars*. 1984. Vol. 1. P. 161–167.
21. Chuiko D.V. Performance and yield components in sunflower genotypes treated with plant growth regulators. *Visnyk KhNAU. Series: Roslynnytstvo, Selektsiia i Nasinnytstvo, Plodoovochivnytstvo*. 2020. Vol. 1(2). P. 114–127. [in Ukrainian].
22. Soroka A.I., Lyakh V.A. Inheritance of two types of modified leaf venation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian J. Genet. Plant Breed*. 2015. Vol. 75(1). P. 75–78. <http://dx.doi.org/10.5958/0975-6906.2015.00009.7>.
23. Makliak K.M., Sharypina Ya.Yu., Kyrychenko V.V. Inheritance of the number of dry and yellow leaves after anthesis in common sunflower. *Selektsiia i Nasinnytstvo*. 2017. (111). P. 74–87. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.104889> [in Ukrainian].
24. Hutianskyi R.A., Kolomatska V.P. Effect of seeding rates on biometric parameters and yield of new sunflower hybrids. *Selektsiia i Nasinnytstvo*. 2024. (126). P. 62–73. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.318864> [in Ukrainian].
25. Xiao S., Chen S.Y., Zhao L.Q., Wang G. Density effects on plant height growth and inequality in sunflower populations. *J. Integr. Plant Biol*. 2006. Vol. 48(5). P. 513–519. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2006.00265.x>.
26. Nagashima H., Terashima I. Relationships between height, diameter and weight distributions of *Chenopodium album* plants in stands: effects of dimension and allometry. *Ann. Bot*. 1995. Vol. 75(2). P. 181–188. <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1010>.
27. Kandil A.A., Sharief A.E., Odam A.M.A. Response of some sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) to different nitrogen fertilizer rates and plant densities. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol*. 2017. Vol. 2(6). P. 238990. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.6.26>.
28. Segrestin J., Navas M.L., Garnier E. Reproductive phenology as a dimension of the phenotypic space in 139 plant species from the Mediterranean. *New Phytol*. 2020. Vol. 225(2). P. 740–753. <https://doi.org/10.1111/nph.16165>.
29. Ingegneri L.M., Quinn M.P., Hulting A.G., Mallory-Smith C.A. A short growing season negatively affects progeny vigor in jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). *Agric. Sci*. 2015. Vol. 6(3). P. 315–324. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.63032>.
30. Yang Q., Lin G., Lv H., Wang C., Yang Y., Liao H. Environmental and genetic regulation of plant height in soybean. *BMC Plant Biol*. 2021. Vol. 21. P. 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02836-7>.
31. Melnyk A.V., Melnyk T.I., Akuaku D., Makarchuk A.V. Comparative analysis of correlations between morphological traits and performance of confectionery sunflower varieties in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Sumskoho Aharnoho Natsionalnoho Universytetu. Series: Ahronomiia i Biolohiia*. 2016. Vol. 9(32). P. 117–120. [in Ukrainian].
32. Kharytonenko N.S., Kyrychenko V.V., Kolomatska V.P., Antsyferova O.V., Sheliakina T.A., Suprun O.H., Liutenko V.S. Correlations between valuable economic traits and quality indicators in sunflower lines with altered contents of tocopherol isomers. *Selektsiia i Nasinnytstvo*. 2019. (116). P. 63–70. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.190457> [in Ukrainian].
33. Makliak K.M., Kyrychenko V.V. Oil output as an integral sign of the economic value of sunflower hybrids at elevated temperatures. *Selektsiia i Nasinnytstvo*. 2016. (110). P. 90–100. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.87615> [in Ukrainian].
34. Chuiko D.V. Formation of increased productivity of sunflower genotypes depending on plant growth regulators in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine: Doctor of Philosophy Thesis: 201 – Agronomy. Kharkiv, 2021. 220 p. [in Ukrainian].
35. Vedmedeva K.V., Busarov P.Yu. Characteristics of sunflower seeds based on results of studying phenotypes and husk strength. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*. 2024. (36). P. 16–27. [in Ukrainian].

Надійшла до редакції 14.04.2025 р.
Received 14.04.2025