

УДК 633.854:631.58:631.52

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.4>

## ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ СОНЯШНИКУ ОДНОРІЧНОГО В РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

**Кирильчук А.М.** – к.с.-г.н., с.н.с. лабораторії показників якості сортів рослин,  
Український інститут експертизи сортів рослин  
[orcid.org/0000-0003-3948-5810](https://orcid.org/0000-0003-3948-5810)

**Ничкалюк Г.В.** – науковий співробітник лабораторії показників якості сортів  
рослин,  
Український інститут експертизи сортів рослин  
[orcid.org/0000-0003-3693-8378](https://orcid.org/0000-0003-3693-8378)

**Безпрозвана І.В.** – науковий співробітник лабораторії показників якості сортів  
рослин,  
Український інститут експертизи сортів рослин  
[orcid.org/0000-0002-4240-7605](https://orcid.org/0000-0002-4240-7605)

**Орленко О.Б.** – к.т.н., молодший науковий співробітник лабораторії показників  
якості сортів рослин,  
Український інститут експертизи сортів рослин  
[orcid.org/0009-0001-3309-0757](https://orcid.org/0009-0001-3309-0757)

Наведено результати оцінки екологічної пластичності та стабільності 5 гібридів соняшнику однорічного за основними господарсько цінними показниками в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Метою дослідження було визначити адаптивний потенціал сучасних гібридів соняшнику за показниками врожайності, вмісту олії та білку залежно від варіабельності погодних умов років дослідження. Екологічну пластичність генотипів оцінювали за коефіцієнтом регресії ( $b_i$ ), стабільність прояву ознак – за варіансою стабільності ( $S^2_{di}$ ) та коефіцієнтом варіації ( $V$ ), адаптивні властивості – за показниками гомеостатичності ( $Hot$ ) і селекційної цінності ( $Sc$ ). Польові та лабораторні дослідження здійснювали упродовж 2024-2025 рр. За показником врожайності значення коефіцієнта регресії у досліджуваних гібридів становило 1,0–1,2, що свідчить про їх здатність адаптуватися до змін умов вирощування. Найвищу реакцію на зміну факторів середовища встановлено у гібриду 'Lorca Hrano' ( $b_i=1,2$ ), що характеризує його як генотип інтенсивного типу. Гібриди 'LLUDWIG' та 'ODYN' ( $b_i=1,1$ ) також відзначалися підвищеною чутливістю до умов вирощування, тоді як 'ВОHEM' і 'Legion' ( $b_i=1,0$ ) характеризувалися більшою стабільністю формування врожайності. Варіанса стабільності врожайності коливалася у межах 14,8–19,0. Найнижчі значення показника встановлено у гібридів 'ВОHEM' ( $S^2_{di}=14,8$ ) та 'Legion' ( $S^2_{di}=14,9$ ), що свідчить про відносно стабільний прояв ознаки. Коефіцієнт варіації врожайності становив 43,0–55,1%, при цьому найменшу мінливість виявлено у гібриду 'LLUDWIG' ( $V=43,0\%$ ). За показниками гомеостатичності та селекційної цінності цей гібрид також характеризувався найвищими значеннями ( $Hot=1,5$ ;  $Sc=1,3$ ), що підтверджує його високий адаптивний потенціал. Аналіз параметрів пластичності та стабільності за вмістом олії показав, що коефіцієнт регресії варіював у межах 1,0–1,2. Найбільш стабільне формування вмісту олії відзначено у гібриду 'Lorca Hrano' ( $b_i=1,0$ ;  $S^2_{di}=3594,52$ ). Коефіцієнт варіації цього показника становив 8,8–15,2%,



© Кирильчук А.М., Ничкалюк Г.В., Безпрозвана І.В., Орленко О.Б., 2026  
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

що свідчить про відносно невелику мінливість ознаки. Найнижчий рівень варіабельності встановлено у гібридів 'BOHEM' ( $V=8,8\%$ ) та 'Lorca Hrano' ( $V=8,9\%$ ). Високі значення гомеостатичності формування олійності характерні для гібридів 'Lorca Hrano' ( $Hom=4,8$ ) та 'LLUDWIG' ( $Hom=4,0$ ), тоді як найвищу селекційну цінність мав гібрид 'BOHEM' ( $Sc=41,3$ ). За вмістом білку коефіцієнт регресії у більшості гібридів становив 1,1, тоді як у 'Lorca Hrano' він був децю вищим ( $b_i=1,2$ ), що свідчить про підвищену реакцію генотипу на зміну умов середовища. Найнижчі значення варіанси стабільності ( $S^2di=582,4$ ) та коефіцієнта варіації ( $V=5,1\%$ ) встановлено у гібриду 'ODYN', що свідчить про високу стабільність формування вмісту білку. Високий показник гомеостатичності цього гібриду ( $Hom=48,7$ ) підтверджує його здатність підтримувати стабільний рівень білку за різних умов вирощування. Отримані результати свідчать, що досліджувані гібриди соняшнику відрізняються за рівнем екологічної пластичності та стабільності прояву господарсько цінних ознак. Найбільш пластичними та стабільними за врожайністю виявилися гібриди 'BOHEM' і 'Legion', тоді як за селекційною цінністю ознаки виділилися 'LLUDWIG' та 'Lorca Hrano'. Контрастні погодні умови років дослідження дали змогу ефективно оцінити адаптивний потенціал генотипів та визначити найбільш перспективні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

**Ключові слова:** соняшник однорічний, врожайність, вміст олії, вміст білку, екологічна пластичність, стабільність, адаптивність, гібрид.

**Kyrylchuk A.M., Nychkalyuk H.V., Bezprozyna I.V., Orlenko O.B. Ecological plasticity and stability of annual sunflower in different soil and climatic conditions of Ukraine**

The results of the assessment of the ecological plasticity and stability of 5 annual sunflower hybrids according to the main economically valuable indicators in different soil and climatic conditions of Ukraine are presented. The aim of the study was to determine the adaptive potential of modern sunflower hybrids in terms of yield, oil content, and protein content, depending on the variability of weather conditions in the years of the study. The ecological plasticity of genotypes was assessed by the regression coefficient ( $bi$ ), the stability of the manifestation of traits – by the variance of stability ( $S^2di$ ) and the coefficient of variation ( $V$ ), adaptive properties – by the indicators of homeostasis ( $Hom$ ) and selection value ( $Sc$ ). Field and laboratory studies were carried out during 2024-2025. According to the yield indicator, the regression coefficient value of the studied hybrids was 1.0–1.2, which indicates their ability to adapt to changes in growing conditions. The highest response to changes in environmental factors was found in the hybrid 'Lorca Hrano' ( $bi=1.2$ ), which characterizes it as an intensive type genotype. The hybrids 'LLUDWIG' and 'ODYN' ( $bi=1.1$ ) were also characterized by increased sensitivity to growing conditions, while 'BOHEM' and 'Legion' ( $bi=1.0$ ) were characterized by greater stability in yield formation. The variance of yield stability ranged from 14.8 to 19.0. The lowest values of the indicator were found in the hybrids 'BOHEM' ( $S^2di=14.8$ ) and 'Legion' ( $S^2di=14.9$ ), which indicates a relatively stable manifestation of the trait. The coefficient of variation of yield was 43.0–55.1%, with the lowest variability found in the hybrid 'LLUDWIG' ( $V=43.0\%$ ). In terms of homeostatic and breeding value, this hybrid was also characterized by the highest values ( $Hom=1.5$ ;  $Sc=1.3$ ), which confirms its high adaptive potential. Analysis of plasticity and stability parameters by oil content showed that the regression coefficient varied within 1.0–1.2. The most stable formation of oil content was noted in the hybrid 'Lorca Hrano' ( $bi=1.0$ ;  $S^2di=3594.52$ ). The coefficient of variation of this indicator was 8.8–15.2%, which indicates a relatively small variability of the trait. The lowest level of variability was found in the hybrids 'BOHEM' ( $V=8.8\%$ ) and 'Lorca Hrano' ( $V=8.9\%$ ). High values of homeostatic oil formation are characteristic of the hybrids 'Lorca Hrano' ( $Hom=4.8$ ) and 'LLUDWIG' ( $Hom=4.0$ ), while the hybrid 'BOHEM' ( $Sc=41.3$ ) had the highest breeding value. For protein content, the regression coefficient in most hybrids was 1.1, while in 'Lorca Hrano' it was slightly higher ( $bi=1.2$ ), which indicates an increased response of the genotype to changing environmental conditions. The lowest values of the stability variance ( $S^2di=582.4$ ) and the coefficient of variation ( $V=5.1\%$ ) were found in the hybrid 'ODYN', which indicates a high stability of protein content formation. The high homeostatic index of this hybrid ( $Hom=48.7$ ) confirms its ability to maintain a stable protein level under different growing conditions. The results obtained indicate that the studied sunflower hybrids differ in the level of ecological plasticity and stability of the manifestation of economically valuable traits. The most plastic and stable in terms of yield were the hybrids 'BOHEM' and 'Legion', while 'LLUDWIG' and 'Lorca Hrano' stood out in terms of breeding value.

The contrasting weather conditions of the study years made it possible to effectively assess the adaptive potential of genotypes and identify the most promising ones for cultivation in various soil and climatic conditions of Ukraine.

**Key words:** annual sunflower, yield, oil content, protein content, ecological plasticity, stability, adaptability, hybrid.

**Постановка проблеми.** Соняшник однорічний (*Helianthus annuus L.*) є однією з провідних олійних культур у світі та займає значні площі посівів в Україні [1]. Висока економічна ефективність вирощування культури, а також стабільний попит на соняшникову олію зумовлюють необхідність підвищення продуктивності та стабільності її виробництва. Водночас сучасні кліматичні зміни, нерівномірний розподіл опадів, підвищення температурного режиму та значна різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України істотно впливають на формування врожайності соняшнику.

За таких умов важливого значення набуває здатність сортів і гібридів культури адаптуватися до різних факторів середовища та забезпечувати стабільну продуктивність. Одним із показників такої адаптації є екологічна пластичність, яка характеризує реакцію генотипу на зміну умов вирощування, а також стабільність, що відображає здатність формувати відносно сталий рівень урожайності за різних агроекологічних умов. Тому дослідження екологічної пластичності та стабільності соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних умовах України є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності використання генетичного потенціалу культури та оптимізацію її вирощування.

**Аналіз останніх досліджень.** У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набувають дослідження адаптивних властивостей сільськогосподарських культур, зокрема їх екологічної пластичності та стабільності [2]. Ці характеристики визначають здатність генотипів формувати стабільний урожай у різних агроекологічних умовах та забезпечувати ефективне використання ґрунтово-ресурсного потенціалу регіонів вирощування. Для культури соняшнику (*Helianthus annuus L.*) питання адаптивності є особливо важливим, оскільки продуктивність культури значною мірою залежить від взаємодії генотипу з умовами середовища, включаючи температурний режим, забезпеченість вологою, родючість ґрунтів і технологічні особливості вирощування [3].

У наукових дослідженнях значна увага приділяється вивченню взаємодії факторів «генотип – середовище» ( $G \times E$ ), що є ключовим елементом формування врожайності та адаптивного потенціалу рослин [4; 5]. Доведено, що навіть за однакових агротехнічних умов різні гібриди соняшнику можуть суттєво відрізнятися за рівнем продуктивності, що зумовлено їх генетичними особливостями та реакцією на фактори середовища. У багатьох дослідженнях встановлено статистично значущий вплив генотипу, умов вирощування та їх взаємодії на формування врожайності, маси насіння, діаметра кошика та інших господарсько цінних ознак [6].

Одним із ключових напрямів сучасних досліджень є оцінювання екологічної пластичності гібридів соняшнику у різних ґрунтово-кліматичних умовах [7]. У багатьох експериментальних роботах застосовують методи багатофакторного статистичного аналізу, зокрема регресійні моделі та GGE-біплет аналіз, які дозволяють визначити реакцію генотипів на зміну факторів середовища та ідентифікувати найбільш адаптовані форми [8]. Такі дослідження показують, що окремі генотипи характеризуються високою пластичністю і можуть формувати стабільний урожай у широкому діапазоні умов, тоді як інші характеризуються обмеженою адаптивністю до умов середовища.

У контексті змін клімату важливим напрямом досліджень є вивчення стійкості соняшнику до абіотичних стресів, зокрема посухи та температурних коливань [9; 10]. Встановлено, що дефіцит вологи у критичні фази розвитку культури може істотно знижувати біомасу рослин, інтенсивність фотосинтезу та формування генеративних органів. Разом із тим різні генотипи характеризуються різною

здатністю адаптуватися до водного дефіциту, що проявляється у зміні морфо-анатомічних і фізіологічних характеристик рослин [11]. Такі адаптивні реакції включають регуляцію продихової провідності, накопичення осмотично активних речовин і зміни структури листової тканини, що сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових умов.

Крім того, у сучасних дослідженнях активно вивчаються фізіологічні механізми адаптації соняшнику до різних факторів середовища [12]. Показано, що гібриди та інбредні лінії можуть використовувати різні стратегії реагування на посуху на молекулярному та фізіологічному рівнях [13]. Наприклад, гібриди часто характеризуються більш інтенсивною реакцією на водний дефіцит, що проявляється у зміні експресії білків та регуляції ростових процесів, тоді як інбредні лінії демонструють більш стабільну, але менш інтенсивну реакцію на стресові фактори.

Суттєвий вплив на прояв адаптивних властивостей соняшнику мають також агротехнологічні фактори, зокрема густина стояння рослин, система удобрення та режим зволоження [14]. Дослідження показують, що різні гібриди по-різному реагують на зміну густоти посіву, що проявляється у варіації морфологічних і фізіологічних показників. Так, підвищення густоти посіву може призводити до збільшення висоти рослин, але водночас зменшувати масу 1000 насінин і діаметр кошика. При цьому окремі гібриди демонструють високу стабільність агрономічних показників у різних умовах густоти, що свідчить про їхню екологічну пластичність [15; 16].

Окрему увагу дослідники приділяють ролі мінерального живлення у формуванні адаптивних властивостей культури. Встановлено, що застосування мікроелементів, зокрема цинку, може підвищувати стійкість рослин до посухи та покращувати показники врожайності і якості насіння [6; 9; 17]. У таких умовах спостерігається збільшення площі листової поверхні, підвищення водоутримувальної здатності тканин і ефективності використання води рослинами [11].

У сучасних дослідженнях також значна увага приділяється генетичним аспектам адаптації соняшнику. Встановлено, що генетичне різноманіття культури є важливим ресурсом для селекції нових гібридів, стійких до комплексу біотичних та абіотичних факторів [18]. Генотипи соняшнику можуть використовуватися як джерело генів стійкості до посухи, температурних коливань та інших стресових факторів, що має важливе значення для забезпечення стійкості агроecosистем в умовах кліматичних змін.

Крім того, останні дослідження показують, що адаптивність соняшнику визначається не лише генетичними та фізіологічними характеристиками рослин, але й особливостями ґрунтового середовища та мікробіому ризосфери [19; 20]. Встановлено, що склад мікробних угруповань у ризосфері значною мірою залежить від кліматичних і ґрунтових умов, а також від генотипу рослин. Це свідчить про складну взаємодію між рослинами, мікроорганізмами та середовищем, яка може впливати на стійкість культури до хвороб і ефективність використання поживних речовин.

Таким чином, аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що екологічна пластичність і стабільність соняшнику формуються в результаті складної взаємодії генетичних, фізіологічних, агротехнологічних і кліматичних факторів. Незважаючи на значну кількість досліджень у цьому напрямі, питання комплексної оцінки адаптивного потенціалу гібридів соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних умовах України залишаються недостатньо вивченими. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на визначення генотипів із високою

екологічною пластичністю та стабільністю врожайності, що дозволить підвищити ефективність виробництва культури та забезпечити її стійкість в умовах змін клімату.

**Матеріали та методика досліджень.** Досліджено 5 гібридів сояшнику одно-річного, а саме: 'ВОHEM', 'Legion', 'LLUDWIG', 'Lorca Hrano' та 'ODYN', внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2025 році, які рекомендовано для вирощування в ґрунтово-кліматичній зоні Лісостепу.

Польові дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на дослідних полях філій Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР) у двох ґрунтово-кліматичних зонах: Степ (Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська філії та Кілійський відділ польових досліджень Одеської філії); Лісостеп (Вінницька, Сумська, Черкаська філії та Карлівський відділ польових досліджень Полтавської філії) відповідно «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [21]. Врожайність із приведенням до стандартної вологості визначали згідно «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина» [22]. Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування (Степ і Лісостеп). Облікова площа ділянки 25 м<sup>2</sup>, розміщення ділянок рендомізоване, повторність чотириразова.

В період вегетації сояшнику однорічного в кожному пункті досліджень визначали середньодобову температуру та кількість опадів і розраховували середнє значення в межах ґрунтово-кліматичної зони.

За оперативними даними середня річна температура повітря у 2024 та 2025 рр. в Степу та Лісостепу України виявилася вищою за середні багаторічні дані відповідно на 3,4–4,5 та 3,6–4,6 °С і в середньому становила плюс 11,9–13,0 та 10,2–11,3 °С відповідно [23].

Річна кількість опадів у 2024 та 2025 рр. у середньому за рік становила в Степу – 414 та 351 мм, Лісостепу – 577 та 609 мм, що становило, відповідно, 98 та 83% річної норми в зоні Степу та 106 та 112% – Лісостепу.

Лабораторні дослідження проводили відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [24].

Індекс умовного середовища ( $I_j$ ), екологічна пластичність ( $b_i$ ) і стабільність ( $S_{di}^2$ ) розраховували та аналізували за методикою Eberthart S. A. та Russel W. A. [25]. За результатами розрахунків параметрів пластичності ( $b_i$ ) і стабільності ( $S_{di}^2$ ) для сортів сояшнику однорічного виділяли:  $b_i < 1, S_{di}^2 > 0$  – мають кращі результати в несприятливих умовах, нестабільний;  $b_i < 1, S_{di}^2 = 0$  – мають кращі результати в несприятливих умовах, стабільний;  $b_i = 1, S_{di}^2 = 0$  – добре реагують на поліпшення умов, стабільний;  $b_i = 1, S_{di}^2 > 0$  – добре реагують на поліпшення умов, нестабільний;  $b_i > 1, S_{di}^2 = 0$  – мають кращі результати в сприятливих умовах, стабільний;  $b_i > 1, S_{di}^2 > 0$  – мають кращі результати в сприятливих умовах, нестабільний. У період проведення досліджень погодні умови були контрастними, що дало можливість оцінити нові сорти сояшнику однорічного за пластичністю й стабільністю та виділити кращі з них.

Загальну гомеостатичність ( $Hom$ ) і селекційну цінність ( $Sc$ ) сорту визначали за Хангільдіним В. В., Литвиненко Н. А. в інтерпретації Ґурденюк-Тарасевич Л. А. [26].

Статистичні показники: середнє арифметичне ( $\bar{X}$ ), мінімальне ( $min$ ) і максимальне ( $max$ ) значення, розмах варіювання ( $V$ ), коефіцієнт варіації ( $r$ ), середнє

квадратичне відхилення ( $\sigma$ ) та найменшу істотну різницю (*HIP*) розраховували за Василенко О. А. та Бахрушиним В. Є. [27; 28] за допомогою програмного забезпечення Excel 2016.

**Результати досліджень.** В Україні гідрологічні умови є лімітуючим фактором у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур [29]. Для умов зволоження зон використали показник гідротермічного коефіцієнту (ГТК) Селянінова. ГТК є комплексним показником оцінки умов зволоження, який враховує як надходження води у вигляді опадів, так і сумарну витрату їх на випаровування [30].

Для характеристики погодних факторів ми використали ГТК основних періодів вегетації рослин: сімба – кінець вегетації. Згідно з градацією Г. Г. Селянінова, загалом 2024–2025 роки дослідження для зони Степу характеризувалися як дуже посушливі (ГТК = 0,4–0,5), а Лісостепу – з достатнім зволоження (ГТК = 1,0–1,4) (рис. 1).

Встановлено, що ГТК (IV–X місяців) суттєво коливається щорічно, щомісячно і в цілому по зонах, де проводили досліді. У період сімби та проростання насіння (квітень), у зоні Степу спостерігалися дуже посушливі умови (ГТК 0,1–0,3), тоді як у Лісостепу в 2024 р. зволоження було достатнім (1,1, а у 2025 р.) – навпаки (0,5). Під час формування сходів і початкового росту рослин (травень), у зоні Степу умови значно відрізнялися за роками: у 2024 р. – сильна посуха (0,3), тоді як у 2025 р. – зволоження було оптимальним (1,1). У Лісостепу в цей період у 2025 р. спостерігалась вологість, що перевищувала багаторічну норму (2,5). У фазі інтенсивного вегетативного росту та формування листової поверхні (червень), у Степу зберігався дефіцит вологи (0,2–0,6), проте в Лісостепу умови 2024 р. були близькими до оптимальних (1,0), а 2025 р. дещо посушливими (0,6). Під час цвітіння та наливу насіння (серпень), у обох зонах спостерігався дефіцит вологи (Степ – 0,1–0,2, Лісостеп – 0,5–0,7). Під час досягання насіння (вересень), у Степу зволоження залишалося недостатнім, тоді як у Лісостепу воно було близьким до оптимального (0,9–1,2). Під час повної стиглості та збирання врожаю (жовтень), в обох зонах умови зволоження були достатніми (Степ – 1,4–1,8, Лісостеп – 1,2–1,6).

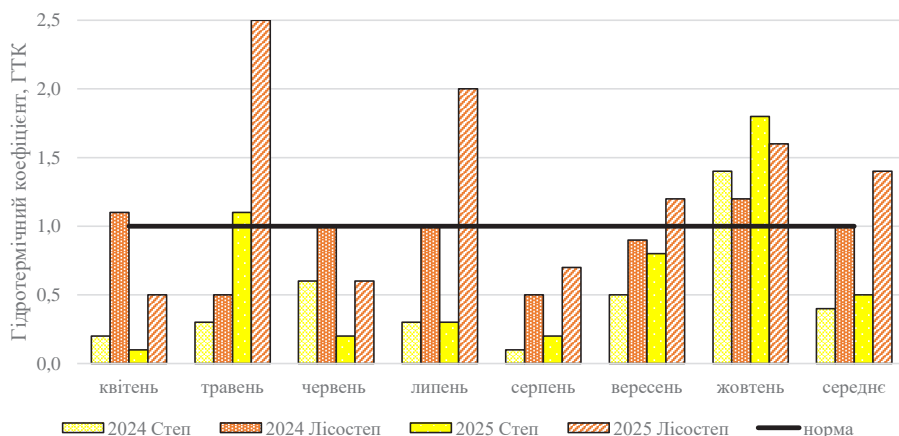


Рис. 1. Гідротермічний показник за середньодобовими даними за 2024–2025 рр. дослідження

Загалом найсприятливіші гідротермічні умови для росту і розвитку соняшнику однорічного сформувалися у зоні Лісостепу, особливо в 2025 році, тоді як у Степовій зоні впродовж більшої частини вегетації переважали посушливі умови, нерівномірний розподіл кліматичних факторів створює іноді несприятливі умови для росту і розвитку рослин, що в кінцевому рахунку позначається на врожаї та якості продукції.

Дослідженнями встановлено, що врожайність і показники якості насіння гібридів соняшнику однорічного істотно залежали від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та погодних особливостей років. Контрастні гідротермічні умови 2024-2025 рр., зокрема дефіцит вологи у зоні Степу та більш сприятливий водний режим у зоні Лісостепу, впливали на формування продуктивності та біохімічного складу насіння.

Урожайність гібридів варіювала в межах 0,3-5,9 т/га. Найвищу середню врожайність сформував гібрид 'Lorca Hrano' – 3,1 т/га, тоді як у гібридів 'LLUDWIG' та 'ODYN' цей показник становив відповідно 2,9 та 2,7 т/га. Нижчий рівень урожайності відзначено у гібридів 'BOHEM' та 'Legion' – по 2,5 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

**Параметри врожайності та показників гібридів соняшнику однорічного (2024–2025 рр.)**

	Степ		Лісостеп		min	max	$\overline{Sx}$	HIP <sub>05</sub>
	2024	2025	2024	2025				
Урожайність, т/га								
'BOHEM'	2,3	1,1	3,6	3,7	0,4	4,6	2,5	1,1
'LLUDWIG'	2,9	1,8	4,2	3,6	0,9	5,1	2,9	1,0
'ODYN'	2,5	1,3	3,9	4,1	0,4	5,2	2,7	1,1
'Legion'	2,3	1,3	4,1	3,2	0,3	4,4	2,5	1,0
'Lorca Hrano'	2,9	1,6	3,6	4,4	0,6	5,9	3,1	1,1
HIP05	0,1	0,1	0,1	0,2				
Вміст олії, %								
'BOHEM'	49,3	44,3	49,2	52,3	39,1	54,3	48,7	3,3
'LLUDWIG'	47,4	42,3	47,6	46,4	30,9	51,4	45,7	3,6
'ODYN'	49,2	42,4	53,1	51,9	31,1	55,1	48,9	4,7
'Legion'	46,0	38,9	47,9	47,9	23,0	52,3	44,9	5,3
'Lorca Hrano'	43,9	39,4	42,4	44,1	31,7	46,6	42,3	2,9
HIP05	1,0	1,0	1,6	1,5				
Вміст білку, %								
'BOHEM'	18,2	16,6	18,3	16,9	15,0	20,4	17,4	1,2
'LLUDWIG'	18,3	18,5	18,7	16,7	15,0	21,5	18,0	1,5
'ODYN'	17,3	17,2	16,7	16,7	15,8	18,7	17,0	0,7
'Legion'	18,3	17,9	17,5	15,8	13,1	20,7	17,3	1,6
'Lorca Hrano'	18,4	18,9	18,8	17,0	15,4	23,2	18,2	1,7
HIP05	0,2	0,4	0,4	0,2				

Аналіз урожайності за зонами вирощування показав, що у Степу в 2024 р. гібриди формували врожайність 2,3-2,9 т/га, тоді як у 2025 р. через посушливі умови цей показник зменшився до 1,1-1,8 т/га. Натомість у Лісостепу врожайність була істотно вищою і становила 3,2-4,4 т/га, що пояснюється більш сприятливими

умовами зволоження в період формування генеративних органів та наливу насіння.

Найвищу врожайність у Лісостепу сформував гібрид 'Lorca Hrano' – 4,4 т/га, тоді як гібриди 'ODYN' та 'LLUDWIG' забезпечили відповідно 4,1 та 4,2 т/га. Отримані результати підтверджують значний вплив погодних умов, зокрема вологозабезпечення, на реалізацію потенціалу продуктивності соняшнику.

Вміст олії у насінні гібридів змінювався в межах 23,0-55,1%. Найвищим середнім показником характеризувався гібрид 'ODYN' – 48,9%, тоді як у гібрида 'BOHEM' він становив 48,7%. Дещо нижчий вміст олії відзначено у гібридів 'LLUDWIG' (45,7%), 'Legion' (44,9%) та 'Lorca Hrano' (42,3%).

Вміст білку у насінні гібридів варіював у межах 13,1-23,2%. Найвищий середній показник встановлено у гібрида 'Lorca Hrano' – 18,2%, тоді як у гібридів 'LLUDWIG' та 'BOHEM' він становив відповідно 18,0 та 17,4%. Найнижчим середнім значенням характеризувався гібрид 'ODYN' – 17,0%.

За умовами вирощування встановлено, що у Степу вміст білку був дещо вищим, що пов'язано з посушливими умовами, які сприяють накопиченню білкових речовин у насінні. Натомість у Лісостепу за більш сприятливого водного режиму спостерігалася тенденція до підвищення врожайності та вмісту олії, але дещо нижчого рівня білку.

Результати досліджень свідчать про значний вплив погодних умов та ґрунтово-кліматичних зон на формування врожайності і показників якості насіння соняшнику однорічного. Найвищу середню врожайність сформував гібрид 'Lorca Hrano', тоді як за вмістом олії виділились гібриди 'ODYN' та 'BOHEM'. Підвищеним умістом білку характеризувались гібриди 'Lorca Hrano' та 'LLUDWIG'.

Загалом більш сприятливі умови для формування продуктивності та олійності насіння спостерігалися у Лісостеповій зоні, тоді як у Степу через дефіцит вологи відзначено зниження врожайності, але тенденцію до підвищення вмісту білку в насінні.

Отримані результати свідчать про перспективність використання гібридів 'Lorca Hrano', 'ODYN' та 'BOHEM' для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Оцінка гібридів у різні роки дає змогу одержати інформацію щодо особливостей реакції генотипів на зміну екологічних умов. Коефіцієнт регресії ( $b_i$ ) відображає середню реакцію генотипу на зміну факторів середовища, демонструє його пластичність і допомагає прогнозувати мінливість ознаки, досліджуваної в межах визначених умов. Чим вище значення  $b_i$ , тим чутливіший гібрид до зміни умов вирощування. Водночас  $b_i$  може набувати як позитивних (для більшості ознак), так і від'ємних значень. Якщо  $b_i=0$  або є близьким до нуля, це означає, що гібрид не реагує на зміну умов вирощування.

Варіанса стабільності ( $S^2_{di}$ ) показує, на скільки гібрид відповідає пластичності, оціненій коефіцієнтом регресії. Чим ближче ( $S^2_{di}$ ) до нуля, тим менше відрізняються емпіричні значення ознаки від теоретичних, розміщених на лінії регресії. Зростання пластичності сорту спричиняє зниження його стабільності [31].

Важливим показником стійкості є гомеостатичність, тобто здатність генотипів зменшувати наслідки впливу шкідливих біотичних та абіотичних факторів. Тісний зв'язок гомеостатичності ( $Hom$ ) з коефіцієнтом варіації ( $V$ ) чітко відображає стабільність врожайності та показників якості в мінливих умовах навколишнього середовища.

За показником врожайності значення коефіцієнта регресії ( $b_i$ ) у досліджуваних гібридів становило 1,0–1,2, що свідчить про їх достатню екологічну пластичність

і здатність адаптуватися до змін факторів середовища. Найвищу реакцію на зміну умов вирощування відзначено у гібриду ‘Lorca Hrano’ ( $b_i=1,2$ ), що характеризує його як інтенсивний тип, здатний формувати вищу врожайність за сприятливих умов. Гібриди ‘LLUDWIG’ та ‘ODYN’ ( $b_i=1,1$ ) також характеризувалися підвищеною чутливістю до змін умов середовища. Водночас гібриди ‘BOHEM’ і ‘Legion’ ( $b_i=1,0$ ) відзначалися більшою пластичністю в мінливих екологічних умовах (табл. 2).

Таблиця 2

**Параметри екологічної пластичності, стабільності та адаптивності гібридів соняшнику однорічного за врожайністю та показниками якості (2024–2025 рр.)**

	Параметри екологічної пластичності / стабільності		Параметри адаптивності		
	$b_i$	$S^2_{di}$	$V, \%$	<i>Hom</i>	<i>Sc</i>
Урожайність, т/га					
‘BOHEM’	1,0	14,8	55,1	1,1	0,9
‘LLUDWIG’	1,1	18,5	43,0	1,5	1,3
‘ODYN’	1,1	17,5	50,8	0,9	0,9
‘Legion’	1,0	14,9	50,5	0,9	0,9
‘Lorca Hrano’	1,2	19,0	44,7	1,1	1,1
Вміст олії, %					
‘BOHEM’	1,2	4752,57	8,8	2,1	41,3
‘LLUDWIG’	1,1	4208,01	10,2	4,0	40,8
‘ODYN’	1,2	4843,51	12,3	1,1	39,2
‘Legion’	1,1	4090,18	15,2	1,4	36,7
‘Lorca Hrano’	1,0	3594,52	8,9	4,8	37,9
Вміст білку, %					
‘BOHEM’	1,1	621,0	9,2	20,0	16,3
‘LLUDWIG’	1,1	661,1	10,6	8,9	16,0
‘ODYN’	1,1	582,4	5,1	48,7	16,2
‘Legion’	1,1	608,1	12,0	7,1	15,0
‘Lorca Hrano’	1,2	685,3	11,7	6,6	15,9

Показник варіанси стабільності ( $S^2_{di}$ ) для врожайності варіював у межах 14,8–19,0, що свідчить про певну нестабільність прояву ознаки залежно від погодних умов років дослідження. Найнижче значення  $S^2_{di}$  відзначено у гібридів ‘BOHEM’ (14,8) та ‘Legion’ (14,9), що характеризує відносно стабільний прояв формування врожайності в різних умовах вирощування. Натомість гібриди ‘LLUDWIG’, ‘ODYN’ і ‘Lorca Hrano’ характеризувалися дещо більшою мінливістю цього показника.

Коефіцієнт варіації врожайності ( $V$ ) становив 43,0–55,1%. Найнижчу мінливість урожайності за роками досліджень виявлено у гібриду ‘LLUDWIG’ (43,0%), що свідчить про відносно стабільне формування врожаю. За показником гомеостатичності (*Hom*) найвищі значення встановлено також у гібриду ‘LLUDWIG’ (1,5), що підтверджує його кращу здатність компенсувати вплив несприятливих умов середовища. Відповідно, за показником селекційної цінності (*Sc*) цей гібрид

також характеризувався найвищим значенням (1,3), що свідчить про високий адаптивний потенціал.

Аналіз параметрів пластичності та стабільності за вмістом олії показав, що коефіцієнт регресії коливався у межах 1,0–1,2. Найбільш пластичним та стабільним виявився гібрид ‘Lorca Hrano’ ( $b_i=1,0$ ,  $S^2di=3594,52$ ), що свідчить про більш стабільне формування вмісту олії. Коефіцієнт варіації цього показника становив 8,8–15,2%, що загалом вказує на відносно невелику мінливість ознаки. Найнижчий рівень варіабельності встановлено у гібридів ‘ВОHEM’ ( $V=8,8\%$ ) та ‘Lorca Hrano’ ( $V=8,9\%$ ). Показники гомеостатичності свідчать про високий рівень стабільності формування олійності у гібридів ‘Lorca Hrano’ (4,8) та ‘LLUDWIG’ (4,0). Найвищу селекційну цінність за цією ознакою мав гібрид ‘ВОHEM’ ( $Sc=41,3$ ).

За вмістом білку коефіцієнт регресії у більшості гібридів становив 1,1, тоді як у ‘Lorca Hrano’ він був дещо вищим ( $b_i=1,2$ ), що свідчить про підвищену реакцію цього генотипу на зміни середовища. Найнижчу варіансу стабільності ( $S^2di=582,4$ ) і коефіцієнт варіації ( $V=5,1\%$ ) встановлено у гібриду ‘ODYN’, що вказує на високу стабільність формування вмісту білку. Високий показник гомеостатичності цього гібриду ( $Hom=48,7$ ) підтверджує його здатність підтримувати стабільний рівень білку за різних умов вирощування. Високі значення селекційної цінності відзначено у гібридів ‘ВОHEM’ ( $Sc=16,3$ ) та ‘ODYN’ ( $Sc=16,2$ ).

Результати оцінки екологічної пластичності, стабільності та адаптивності свідчать, що досліджувані гібриди соняшнику характеризуються різною реакцією на зміну погодних умов. Найвищою пластичністю та стабільністю прояву ознаки виділялися ‘ВОHEM’ і ‘Legion’, тоді як за селекційною цінністю ознаки відзначилися гібриди ‘LLUDWIG’ та ‘Lorca Hrano’.

За вмістом олії пластичністю, стабільністю та гомеостатичністю ознаки характеризувався гібрид ‘Lorca Hrano’, тоді як ‘ВОHEM’ продемонстрував найвищу селекційну цінність.

Контрастні погодні умови років дослідження дали змогу ефективно розділити гібриди за рівнем адаптивності та виділити найбільш перспективні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

**Висновки.** Оцінювання параметрів пластичності, стабільності та адаптивності доцільно здійснювати з метою виділення гібридів соняшнику, придатних для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

За показником урожайності виділено гібриди ‘ВОHEM’ і ‘Legion’ ( $b_i=1,0$ ;  $S^2di=14,8-14,9$ ), які характеризуються високою пластичністю та стабільністю формування врожаю в мінливих екологічних умовах. За показниками гомеостатичності та селекційної цінності ознаки відзначився гібрид ‘LLUDWIG’ ( $Hom=1,5$ ;  $Sc=1,3$ ).

За вмістом олії виділено пластичний та стабільний гібрид ‘Lorca Hrano’ ( $b_i=1,0$ ;  $S^2di=3594,52$ ;  $Hom=4,8$ ), за селекційною цінністю ‘ВОHEM’ ( $Sc=41,3$ ).

За вмістом білку виділено гібрид ‘ODYN’ ( $b_i=1,1$ ;  $S^2di=582,4$ ;  $V=5,1\%$ ;  $Hom=48,7$ ;  $Sc=16,2$ ), який характеризується стабільністю прояву ознаки та високою адаптивністю за різних умов вирощування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAO. FAOSTAT statistical database: Sunflower production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення 01.02.2026)
2. Abu M. Genotype by environment interaction and stability analysis in sunflower genotypes. Cell Biology. 2023. Vol. 11, Issue 1. P. 8–11. DOI: 10.11648/j.cb.20231101.12

3. Arslan H., Diler V. Determination of yield and quality performance of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties / genotypes under drought conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Science*. 2026. Vol. 10, Issue 1. P. 37–50. DOI: 10.5281/zenodo.18109428
4. Gela T. S., Khazaei H., Podder R., Vandenberg A. Dissection of genotype-by-environment interaction and simultaneous selection for grain yield and stability in faba bean (*Vicia faba* L.). *Agronomy Journal*. 2023. Vol. 115, Issue 2. P. 474–488. DOI: 10.1002/agj2.21268
5. Yaşar M., Çil A. N., Çil A. Investigation of genotype × environment interaction in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in different environmental conditions. *MAS Journal of Applied Sciences*. 2023. Vol. 8, № 1. P. 42–55. DOI: 10.5281/zenodo.7642289
6. Hussain M., Rauf S., Ortiz R., Al-Khayri J. M., Tauqir N. A., Elbol S. Genotype by environment interaction influence on functional molecules (tocopherols and sterols) accumulation in sunflower oil. *Euphytica*. 2024. Vol. 220. Article 114. DOI: 10.1007/s10681-024-03373-8
7. Chuiko D., Kryvoruchenko R. Environmental plasticity and stability of confectionery sunflower varieties in the conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26, № 3. P. 26–30. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.05
8. Kaya Y., Akcura M., Taner S. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2006. Vol. 30, Issue 5. P. 325–337. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol30/iss5/3/> (дата звернення 01.02.2026)
9. Ali A. A., Lamlo S. F., El-Sorady G. A., Elmahdy A. M., Elghany S. H. A., Usman M., Alamri A., Shaghaleh H., Hamoud Y. A., Abdelghany A. M. Boosting resilience and yields in water-stressed sunflower through coordinated irrigation scheduling and silica gel applications. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 20. Article e38129. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e38129
10. Škorić D. Sunflower breeding for resistance to abiotic and biotic stresses. *Abiotic and Biotic Stress in Plants – Recent Advances and Future Perspectives* / Ed. Shanker Arun K., Shanker Chitra. 2016. DOI: 10.5772/62159
11. Silva da O. B., Casto de E. M., Pereira M. P., Borges I. A., Cândido E. L., Carvalho de C. G. P., Carvalho de L. M. Leaf morphoanatomical and physiological characteristics of sunflower genotypes under water deficit. *South African Journal of Botany*. 2025. Vol. 178. P. 244–256. DOI: 10.1016/j.sajb.2025.01.018
12. Yeremenko O. A., Kalytko V. V., Kalenska S. M., Malkina V. M. Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology* 2018. Vol. 8, Issue 1. P. 289–296. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/assessment-of-ecological-plasticity-and-stability-of-sunflower-hybrids-helianthus-annuus-l-in-ukrainian-steppe-114.html> (дата звернення 01.02.2026)
13. Abdelsatar M. A., Hassan T. H. A., Attia M. A. Stability some sunflower genotypes across divergent environments. *Helvia*. 2020. Vol. 43, Issue 72. P. 39–50. DOI: 10.1515/helvia-2020-0002
14. Kulundžić A. M., Liović I., Sudarić A., Duvnjak T., Matoša Kočar M., Varga I., Mijić A. Morpho-physiological adaptation of sunflower hybrids to varying plant densities. *Plants*. 2025. Vol. 14, Issue 22, Article 3446. <https://doi.org/10.3390/plants14223446>
15. Debaeke P., Casadebaig P., Flenet F., Langlade N. Sunflower crop and change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*. 2017. Vol. 24, Issue 1. Article D102. DOI: 10.1051/ocl/2016052
16. Delen Y., Palali-Delen S., Xu G., Neji M., Yang J., Dweikat I. Dissecting the genetic architecture of morphological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genes*. 2024. Vol. 15, Issue 7. Article 950. DOI: 10.3390/genes15070950

17. Jafari M. A. A., Naderidarbaghshahi M. R., Soleymani A., Nasiri B. M. Sunflower grain yield and oil content affected by zinc fertilization and genotype under drought stress conditions. *Journal of Trace Elements and Minerals*. 2024. Vol. 9. Article 100169. DOI: 10.1016/j.jtemin.2024.100169
18. Mmbando G. S., Massawe D. P. Sunflower (*Helianthus annuus* L.): a potential genetic resource for breeding crops with combined stress-resistance in semi-arid environments. *Discover Biotechnology*. 2025. Vol. 2. Article 26. DOI: 10.1007/s44340-025-00036-9
19. Baraki F., Gebregergis Z., Belay Y., Teame G., Gebremedhin Z., Berhe M., Fisseha D., Araya G. Identification of adaptable sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes using yield performance and multiple-traits index. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 9. Article e29405. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29405
20. Ilchenko A. S., Varenik B. F., Karapira S. I. Selection evaluation of new self-pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines with resistance to sulfonylurea herbicides and downy mildew. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Vol. 20, № 1. P. 19–25. DOI: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300134
21. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (дата звернення: 01.03.2026)
22. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 120 с.
23. Інформаційний портал погоди. Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://www.meteo.gov.ua/> (дата звернення 01.01.2026)
24. Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид. пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.
25. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability Parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*. 1966. Vol. 6, No. 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x
26. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Дубова О. А., Хахула В. С. Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 3–12. 59677. DOI: 10.30835/2413-7510.2012.59677
27. Василенко О. А., Сенча І. А. Математично-статичні методи аналізу у прикладних дослідженнях : навч. посіб. Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. 166 с.
28. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
29. Yu Q., Li L., Luo Q. et al. Year patterns of climate impact on wheat yields. *International Journal of Climatology*. 2014. Vol. 34, Iss. 2. P. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
30. Chmist-Sikorska J., Kępińska-Kasprzak M., Struzik P. Agricultural drought assessment based on the Hydro-thermal coefficient of Selyaninov in Poland. *Italian Journal of Agrometeorology*. 2022. Vol. 1. P. 3–12. DOI: 10.36253/ijam-1530
31. Чуйко Д. В., Криворученко Р. В. Екологічна пластичність та стабільність сортів кондитерського соняшнику в умовах Східного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 3. С. 26–30. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.05

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026