

УДК 633.34:631.527:631.95:504.064

**Кравченко В. С.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
завідувач кафедри рослинництва,  
Уманський національний університет садівництва  
Умань, Україна  
**E-mail:** vitalii\_12@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0003-4873-5367

**Крикун С. П.**

здобувач освітньо-наукового ступеня доктора філософії  
кафедри рослинництва,  
Уманський національний університет садівництва  
Умань, Україна  
**E-mail:** krikun.s.p@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0005-1543-7189

## ЕКОЛОГІЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ СЕРЕДНЬОСТИГЛИХ СОРТІВ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ В КОНТРАСТНИХ УМОВАХ ДОВКІЛЛЯ

### Анотація

Метою дослідження було вивчення динаміки формування врожайності середньостиглих сортів сої культурної в різних кліматичних зонах України залежно від погодних умов та оцінювання їх адаптивної здатності. Упродовж 2023–2024 рр. у польових умовах на території Одеської (Степ), Черкаської (Лісостеп) і Житомирської (Полісся) областей досліджували 14 нових сортів сої середньостиглої групи української (Титан st, Інгуз, Туріас) і зарубіжної (Акардія, Алісія – Австрія; Дара, Терсія, Нептун – Канада; ЕС ВІЗИТОР, ЕС КОЛЕКТОР, ЕС КОМПОЗИТОР – Франція; Віталіна, Зевс Кармеліта – Польща) селекції, що рекомендовані для Степу, Лісостепу й Полісся України, за стандарт узято сорт Титан як найбільш апробований. Статистичну обробку даних проводили за допомогою загальноприйнятих методів польових і генетико-статистичних досліджень за допомогою програми Statistica 12. У результаті досліджень визначено адаптивну здатність сортів за показником «урожайність» і встановлено силу кореляції між рівнем урожайності й кліматичними умовами зон вирощування. Виділено найбільш адаптовані, стабільно й високоврожайні сорти для різних кліматичних зон України. Урожайність сої сильно варіювала залежно від зони вирощування: 1,53 т/га – Степ, 2,31 т/га – Лісостеп, 2,4 т/га – Полісся. Найсприятливішими умовами для формування стабільного й високого врожаю визначено Лісостеп (CVG/CVE = 0,89) і Степ (CVG/CVE = 0,86), а узагальнене співвідношення коефіцієнтів генетичної (CVG) та екологічної (CVE) варіації (0,98) підтвердило, що умови України сприятливі для реалізації біологічного потенціалу середньостиглих сортів сої. Для вирощування в різних кліматичних зонах України рекомендовано найбільш адаптовані сорти сої середньостиглої групи: стабільно високоврожайні ЕС ВІЗИТОР (2,46 т/га) й ЕС КОЛЕКТОР (2,41 т/га) і нестабільно високоврожайний сорт Алісія (2,41 т/га). Також визначено стабільно низьковрожайні сорти сої Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара – 1,77–1,86 т/га. Проведене дослідження сприяло визначенню найбільш продуктивних сортів сої, придатних для вирощування в різних кліматичних зонах України. Розраховані статистичні моделі сприятимуть прогнозуванню врожайності й оптимізації вирощування культури.

**Ключові слова:** пластичність, стабільність, урожайність, адаптивність.

**Вступ.** Соя є важливою продовольчою культурою, що забезпечує продуктами харчування (олія, білок) [12], але вона чутлива до змін тривалості сонячного світла й температурних умов [5; 11; 8]. Високотемпературний стрес, спричинений зміною клімату, становить загрозу для сої на всіх етапах росту й розвитку. Цей стрес став одним із істотних факторів обмеження врожайності та якості сої [9; 13]. Останніми роками посіви сої в Лісостепу і Степу часто зазнавали впливу посух і високих температур у період цвітіння-налив бобів, що є ключовим фактором масштабного зниження врожайності [1]. Нині в Україні спостерігається зростання посівних площ і валового збору зерна сої, що зумовлює необхідність упровадження в сільськогосподарське виробництво нових високотехнологічних сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов і стійких до несприятливих факторів довкілля [3].

Сорт у сучасному рослинництві є ключовим фактором отримання стабільного й/або високого врожаю будь-якої сільськогосподарської культури. Світова практика та результати науково-дослідних установ свідчать про те, що в загальному підвищенні врожайності зернових культур на частку сорту припадає 25–30%. Найбільш повної реалізації потенційних можливостей сорту можна досягти тільки за цілеспрямованого вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і реакції на агротехніку й фактори довкілля [7].

У виробничих умовах високий потенціал сучасних сортів реалізується на рівні близько 50–60%. Це пов'язано з тим, що стандартна технологія вирощування сої часто застосовується без урахування особливостей сорту

та ґрунтово-кліматичних умов регіону. Високу врожайність якісного можна отримати при розробці сортової агро-техніки з урахуванням зональних умов вирощування й високої культури землеробства [15].

Одним із найбільш економічно ефективних заходів є обґрунтована сортозміна. Такий прийом без додаткових витрат може забезпечити збільшення врожаю не менше ніж 0,2–0,3 т/га. У розвинених країнах заміна сортів на нові, більш продуктивні, відбувається раз у три роки. Але реакція сортів різні агроприйоми неоднозначна. Відзначається їх вибірковість до різних типів ґрунтів, гербіцидів, зрошення й інших факторів. Тому дослідження широкого спектру параметрів адаптивної здатності сортів сої в різних кліматичних зонах України сприятиме науково обґрунтованій сортозміні в конкретному регіоні [2; 10].

**Мета роботи** полягала в аналізі динаміки формування врожайності й параметрів адаптивної здатності нових сортів сої культурної в синергізмі з факторами навколишнього середовища Степу, Лісостепу й Полісся України.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для реалізації біологічного потенціалу сорту необхідна оптимальна взаємодія факторів довкілля, перебіг яких є непередбачуваним, упродовж усього періоду вегетації рослин. Прямого впливу людина на ці фактори не має, можна лише частково нівелювати їх вплив, наприклад, зрошенням, укриттям, мульчуванням тощо, але збільшує затрати матеріальних ресурсів. Тому добір адаптивних, стрес-толерантних сортів сої для різних кліматичних зон України є нагальним питанням.

Дослідження проводили у трьох кліматичних зонах України – Степу (Одеська обл.), Лісостепу (Черкаська обл.) і Поліссі (Житомирська обл.) Погодні умови періоду досліджень відрізнялися істотно як за роками, так і за кліматичними зонами. Розподіл атмосферних опадів був нерівномірним упродовж усього періоду досліджень (табл. 1).

**Таблиця 1. Кліматичні умови періоду вегетації рослин сої**

| Місяць                  | Степ<br>(Одеська обл.) |       | Лісостеп<br>(Черкаська обл.) |       | Полісся<br>(Житомирська обл.) |       |
|-------------------------|------------------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
|                         | 2023                   | 2024  | 2023                         | 2024  | 2023                          | 2024  |
| Опади, мм               |                        |       |                              |       |                               |       |
| Квітень                 | 116                    | 70    | 129,6                        | 56,2  | 84                            | 39    |
| Травень                 | 7                      | 35    | 42,4                         | 4,8   | 0,1                           | 73    |
| Червень                 | 32                     | 77    | 15,8                         | 56,5  | 59,6                          | 81    |
| Липень                  | 48                     | 18    | 92,5                         | 17,9  | 67,8                          | 65    |
| Серпень                 | 15                     | 20    | 12,0                         | 17,7  | 22                            | 28    |
| Σ                       | 218,0                  | 220,0 | 292,3                        | 153,1 | 233,5                         | 286,0 |
| Температура повітря, °C |                        |       |                              |       |                               |       |
| Квітень                 | 10,3                   | 15,1  | 8,8                          | 13,0  | 8,7                           | 7,5   |
| Травень                 | 16,4                   | 16,2  | 15,4                         | 15,3  | 15,1                          | 14,3  |
| Червень                 | 21                     | 24    | 19,6                         | 21,2  | 18,9                          | 20,3  |
| Липень                  | 24                     | 25,6  | 21,3                         | 24,3  | 20,8                          | 20,1  |
| Серпень                 | 25                     | 26,7  | 22,9                         | 23,1  | 22,8                          | 21    |
| $\bar{X}$ , t °C        | 19,3                   | 21,5  | 17,6                         | 19,4  | 17,3                          | 16,6  |

Так, на час посіву сої була достатня кількість опадів, проте після появи сходів та інтенсивного росту у травні їх кількість була недостатньою, а підвищення температурного режиму зумовило зменшення запасів продуктивної вологи, ця тенденція зберігалася в усіх зонах до кінця періоду вегетації рослин (за винятком Полісся у 2024 році, де кількість опадів за період вегетації рослин випадала відносно рівномірно), що, відповідно, вплинуло на формування рівня врожаю

**Ґрунтові умови.** Степ – ґрунт дослідного поля – представлений малогумусним важкосуглинковим чорноземом із середнім умістом гумусу до 2%. Потужність гумусового шару – 65–67 см, власне гумусний горизонт – 35–38 см. Рельєф території рівнинний зі слабким нахилом на південний захід. Лісостеп – чорнозем опідзолений, малогумусний важкосуглинковий на карбонатному лесі з умістом гумусу до 2% із глибоким заляганням карбонатів (115–120 см) і слабкислою реакцією ґрунтового розчину. Полісся – дерново-підзолисті ґрунти з добре вираженим гумусним горизонтом із його вмістом до 8% і нейтральною реакцією середовища.

**Строки посіву:** Степ – 15–20 квітня; Лісостеп – 28 квітня – 5 травня; Полісся – 10–15 травня. Густота посіву становила 450 тис. схожих насінин у всіх зонах вирощування. Технологія вирощування була типовою і загальноприйнятою для кожної зони.

У досліді вивчали нові сорти сої культурної середньостиглої групи української (Титан st, Інгуз, Туріас) і зарубіжної (Акардія, Алісія – Австрія; Дара, Терсія, Нептун – Канада; ЕС ВІЗИТОР, ЕС КОЛЕКТОР, ЕС КОМПОЗИТОР – Франція; Віталіна, Зевс Кармеліта – Польща) селекції, що рекомендовані для Степу, Лісостепу й Полісся України. За стандарт узято сорт Рапсодія як найбільш апробований в Україні. Площа облікової ділянки – 250 м<sup>2</sup>, повторення чотириразове. Під час проведення біометричних вимірювань і формування врожаю користувалися загальноприйнятими методиками [4].

*Генетико-статистична обробка результатів.* Для оцінювання адаптивної здатності використано метод регресійного аналізу, математична модель якого для визначення стабільності й пластичності сортів запропонована К.У. Фінлеєм і Г.Н. Уілкінсоном [8] і доповнена С.А. Еберхартом та У.Г. Расселом [6].

Гомеостатичність, селекційну цінність, коефіцієнт мультиплікативності, індекс екологічної пластичності, коефіцієнт абсолютної адаптивності розраховували для сорту за методами, описаним в працях [16].

Стресостійкість і компенсаторну здатність сортів визначали за А.А. Rossielle й S. Hemblin [14]

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного ( $\bar{X}$ ) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2019. Кореляційні залежності визначали за допомогою програми Statistica 12.

Дослідження динаміки врожайності сортів сої культурної в Степу показало, що лише сорт Алісія був рівний стандарту – сорту Титан із рівнем врожайності 1,63 т/га. Виділено два сорти, що були істотно більш врожайні від стандарту, – ЕС ВІЗИТОР (1,89 т/га) та ЕС КОЛЕКТОР (1,83 т/га), на 0,26 і 0,21 т/га відповідно. Усі інші досліджувані сорти в зоні Степу мали рівень урожайності нижчий від стандарту на 0,06–0,33 т/га.

У Лісостепу зберігалася загальна тенденція, що й у Степу, але різниця між сортами була істотною. Так, сорти Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР мали врожайність, яка неістотно перевищувала стандарт або дорівнювала йому, – 2,63–2,68 т/га. Усі інші досліджувані сорти формували істотно нижчу врожайність – на 0,26–0,73 т/га.

У Поліссі зберігалася загальна тенденція: сорт Алісія істотно переважав стандарт – 2,96 т/га (+0,28 т/га), а сорти ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР – неістотно – на 0,12 і 0,09 т/га. Сорт Кармеліта характеризувався неістотно нижчою врожайністю – 2,62 т/га (-0,06 т/га), а всі інші досліджувані сорти – істотно – 0,16–0,63 т/га (табл. 2).

**Таблиця 2. Урожайність середньостиглих сортів сої культурної у різних кліматичних зонах України**

| Сорт              | Степ |      |           | Лісостеп |      |           | Полісся |      |           |
|-------------------|------|------|-----------|----------|------|-----------|---------|------|-----------|
|                   | 2023 | 2024 | $\bar{X}$ | 2023     | 2024 | $\bar{X}$ | 2023    | 2024 | $\bar{X}$ |
| Титан st          | 1,83 | 1,42 | 1,63      | 3,07     | 2,20 | 2,64      | 2,70    | 2,66 | 2,68      |
| Інгуз             | 1,52 | 1,30 | 1,41      | 2,30     | 1,55 | 1,93      | 2,00    | 2,10 | 2,05      |
| Туріас            | 1,57 | 1,20 | 1,39      | 2,40     | 1,60 | 2,00      | 2,12    | 2,20 | 2,16      |
| Акардія           | 1,50 | 1,20 | 1,35      | 3,02     | 2,10 | 2,56      | 2,65    | 2,40 | 2,53      |
| Алісія            | 1,85 | 1,40 | 1,63      | 2,89     | 2,40 | 2,65      | 2,76    | 3,16 | 2,96      |
| Дара              | 1,59 | 1,27 | 1,43      | 2,44     | 1,63 | 2,04      | 2,10    | 2,14 | 2,12      |
| Терсія            | 1,72 | 1,33 | 1,53      | 2,86     | 1,89 | 2,38      | 2,54    | 2,40 | 2,47      |
| Нептун            | 1,59 | 1,30 | 1,45      | 2,41     | 1,55 | 1,98      | 2,20    | 2,44 | 2,32      |
| ЕС ВІЗИТОР        | 1,97 | 1,80 | 1,89      | 2,96     | 2,40 | 2,68      | 2,90    | 2,70 | 2,80      |
| ЕС КОЛЕКТОР       | 1,85 | 1,81 | 1,83      | 2,93     | 2,33 | 2,63      | 2,80    | 2,75 | 2,78      |
| ЕС КОМПОЗИТОР     | 1,70 | 1,31 | 1,51      | 2,84     | 1,80 | 2,32      | 2,20    | 2,30 | 2,25      |
| Віталіна          | 1,50 | 1,10 | 1,30      | 2,26     | 1,55 | 1,91      | 2,00    | 2,20 | 2,10      |
| Зевс              | 1,56 | 1,12 | 1,34      | 2,46     | 1,8  | 2,13      | 2,1     | 2,37 | 2,24      |
| Кармеліта         | 1,74 | 1,4  | 1,57      | 2,94     | 2,2  | 2,57      | 2,31    | 2,92 | 2,62      |
| НІР <sub>05</sub> | 0,12 | 0,08 |           | 0,22     | 0,15 |           | 0,16    | 0,22 |           |
| $\bar{X}$         | 1,68 | 1,37 | 1,53      | 2,70     | 1,92 | 2,31      | 2,41    | 2,45 | 2,43      |
| SD                | 0,15 | 0,21 | 0,17      | 0,29     | 0,32 | 0,29      | 0,31    | 0,30 | 0,29      |
| CV, %             | 9    | 15   | 11        | 11       | 17   | 13        | 13      | 12   | 12        |
| CVG, %            |      |      | 14        |          |      | 19        |         |      | 9         |
| CVE, %            |      |      | 16        |          |      | 22        |         |      | 13        |
| CVP, %            |      |      | 21        |          |      | 29        |         |      | 16        |
| CVG/CVE           |      |      | 0,86      |          |      | 0,89      |         |      | 0,71      |

Аналіз усереднених показників урожайності зерна сортів сої культурної показав, що врожайність у Лісостепу (2,31 т/га) і Поліссі (2,43 т/га) різнилася неістотно – у межах 5%, тоді як продуктивність сортів у Лісостепу й Поліссі переважала сорти в Степу (1,53 т/га) на 51% і 59%, або 0,78 і 0,90 т/га відповідно. При цьому аналіз відповідності умов вирощування вимогам культури в зоні Полісся був найнижчим – CVG/CVE = 0,71, а в Степу й Лісостепу – 0,86 і 0,89 відповідно. Тобто умови Лісостепу й Степу найбільше відповідають вимогам культури для формування стабільного й високого врожаю.

Статистичний аналіз параметрів урожайності показав, що сорти Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара були найбільш стабільними ( $\sigma^2d = 0,60–0,65$ ), але низьковрожайними. Стабільно високоврожайними, незалежно від зони вирощування, виявилися сорти ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР. Нестабільно високоврожайним визначено сорт Алісія, котрий характеризувався високою врожайністю в Лісостепу й Поліссі. Дослідженнями виявлено, що сорти Титан, Аркадія, Алісія, Терсія, ЕС КОМПОЗИТОР і Кармеліта характеризувалися співвідношенням пластичності  $bi > 1$  і стабільності  $\sigma^2d > 0$ , тобто будуть урожайні за сприятливих умов вирощування. Інші сорти мали показники

$b_i < 1$  і  $\sigma^2d > 0$ , що свідчить про їхню здатність давати кращі результати за сприятливих умов, проте вони нестабільні за врожайністю (табл. 3).

**Таблиця 3. Узагальнені параметри адаптивно-продуктивного потенціалу середньостиглих сортів сої культурної в різних кліматичних зонах України (2023–2024)**

| Сорт              | $\bar{X}$ | $\sigma^2d$ | $b_i$ | Hom  | Sc   | KM   | ІЕП  | CC    | KЗ   | КАА  |
|-------------------|-----------|-------------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Титан st          | 2,31      | 0,75        | 1,19  | 4,05 | 1,67 | 2,07 | 1,10 | -1,65 | 2,25 | 1,11 |
| Інгуз             | 1,80      | 0,60        | 0,75  | 2,44 | 1,29 | 1,88 | 0,87 | -1,00 | 1,80 | 0,86 |
| Туріас            | 1,85      | 0,65        | 0,89  | 2,58 | 1,33 | 2,00 | 0,88 | -1,20 | 1,80 | 0,88 |
| Акардія           | 2,15      | 0,80        | 1,32  | 3,48 | 1,55 | 2,28 | 1,01 | -1,82 | 2,11 | 1,03 |
| Алісія            | 2,41      | 0,78        | 1,24  | 4,39 | 1,74 | 2,07 | 1,15 | -1,76 | 2,28 | 1,15 |
| Дара              | 1,86      | 0,63        | 0,84  | 2,62 | 1,34 | 1,94 | 0,89 | -1,17 | 1,86 | 0,89 |
| Терсія            | 2,12      | 0,72        | 1,10  | 3,41 | 1,53 | 2,09 | 1,01 | -1,53 | 2,10 | 1,02 |
| Нептун            | 1,92      | 0,67        | 0,93  | 2,77 | 1,38 | 2,01 | 0,92 | -1,14 | 1,87 | 0,92 |
| ЕС ВІЗИТОР        | 2,46      | 0,67        | 0,92  | 4,56 | 1,77 | 1,78 | 1,19 | -1,16 | 2,38 | 1,18 |
| ЕС КОЛЕКТОР       | 2,41      | 0,67        | 0,94  | 4,40 | 1,74 | 1,81 | 1,17 | -1,12 | 2,37 | 1,15 |
| ЕС КОМПОЗИТОР     | 2,03      | 0,70        | 1,01  | 3,10 | 1,46 | 2,04 | 0,97 | -1,53 | 2,08 | 0,97 |
| Віталіна          | 1,77      | 0,65        | 0,88  | 2,36 | 1,27 | 2,04 | 0,84 | -1,16 | 1,68 | 0,85 |
| Зевс              | 1,90      | 0,68        | 0,98  | 2,73 | 1,37 | 2,08 | 0,91 | -1,34 | 1,79 | 0,91 |
| Кармеліта         | 2,25      | 0,75        | 1,14  | 3,83 | 1,62 | 2,06 | 1,07 | -1,54 | 2,17 | 1,08 |
| НІР <sub>05</sub> | 0,14      |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| $\bar{X}$         | 2,09      |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| SD                | 0,25      |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| CV, %             | 12%       |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| CVG, %            | 26        |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| CVE, %            | 26        |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| CVP, %            | 37        |             |       |      |      |      |      |       |      |      |
| CVG/CVE           | 0,98      |             |       |      |      |      |      |       |      |      |

Сорти істотно різнилися за показником гомеостатичності від 2,36 до 4,56, що підтверджує стабільність або, навпаки, пластичність певного сорту. Високою селекційною цінністю (Sc) відзначилися сорти Титан, Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР і Кармеліта. Вищим коефіцієнтом адаптивності стосовно стандарту характеризувалися високоврожайні сорти Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР, де КАА був більший за 1, хоча в сорту-стандарту Титан і Кармеліта показник КАА був також вищий за 1. З даних таблиці 3 видно, що співвідношення CVG/CVA = 0,98, що підтверджує повну відповідність умов довкілля Степу, Лісостепу й Полісся вимогам культури для формування стабільного й високого врожаю.

У результаті емпіричних досліджень встановлено такі показники кореляції (табл. 4): сильну позитивну кореляцію врожайності з гомеостатичністю, селекційною цінністю, екологічною пластичністю, компенсаторною здатністю й адаптивністю; помітну – зі стабільністю й коефіцієнтом екологічної регресії, зворотну кореляцію – з коефіцієнтом мультиплікативності й стресостійкості.

**Таблиця 4. Матриця кореляційних зв'язків між урожайністю й параметрами адаптивної здатності середньостиглих сортів сої культурної**

| Параметр    | Урожайність | $\sigma^2d$ | $b_i$  | Hom    | Sc     | KM     | ІЕП    | CC     | KЗ    |
|-------------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| $\sigma^2d$ | 0,602       |             |        |        |        |        |        |        |       |
| $b_i$       | 0,576       | 0,996       |        |        |        |        |        |        |       |
| Hom         | 0,999       | 0,580       | 0,553  |        |        |        |        |        |       |
| Sc          | 1,000       | 0,607       | 0,582  | 0,999  |        |        |        |        |       |
| KM          | -0,144      | 0,697       | 0,723  | -0,171 | -0,137 |        |        |        |       |
| ІЕП         | 0,997       | 0,546       | 0,518  | 0,998  | 0,997  | -0,211 |        |        |       |
| CC          | -0,451      | -0,953      | -0,961 | -0,427 | -0,457 | -0,775 | -0,391 |        |       |
| KЗ          | 0,981       | 0,564       | 0,540  | 0,977  | 0,981  | -0,174 | 0,981  | -0,436 |       |
| КАА         | 1,000       | 0,607       | 0,581  | 0,999  | 1,000  | -0,137 | 0,996  | -0,456 | 0,981 |

У результаті статистичних обрахунків виявлено сильний зворотний кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока між урожайністю середньостиглих сортів сої й температурою повітря впродовж вегетації рослин –  $r = 0,8031$ , помітний зв'язок між урожайністю й сумою опадів –  $r = 0,5597$ . З урахуванням показників статистичної надійності рівнянь цю залежність представлено графічно на рисунку 1.

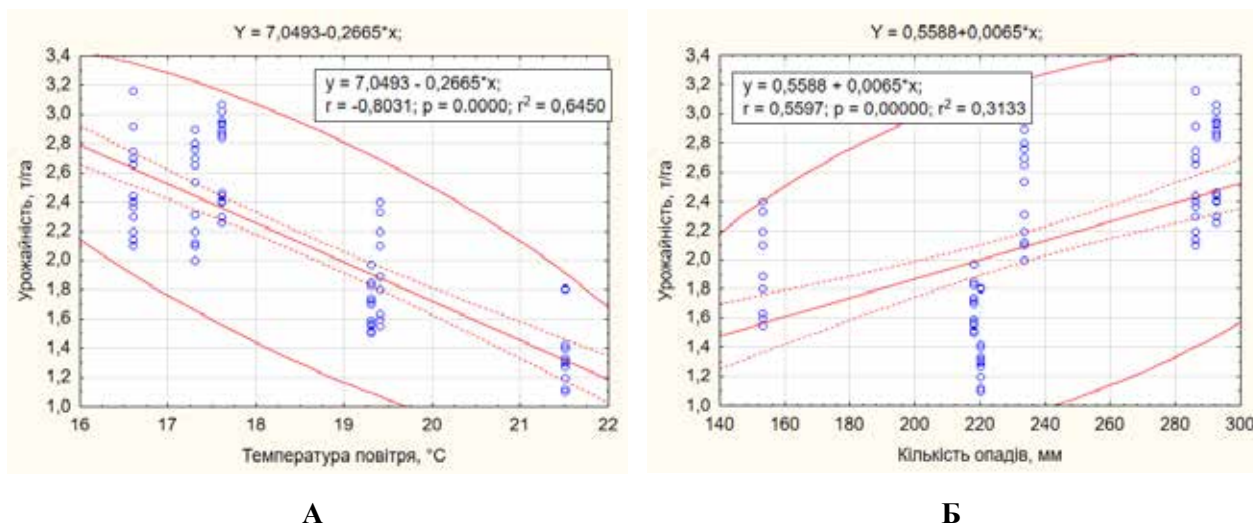


Рис. 1. Статистичні залежності врожайності сортів сої від температури повітря, °C (А) та суми опадів, мм (Б)

**Висновки.** У результаті проведених досліджень виявлено найбільш адаптовані сорти сої культурної середньостиглої групи: Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара стабільно низьковрожайні; стабільно високоврожайні ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР і нестабільно високоврожайний сорт Алісія.

Установлено рівень відповідності кліматичних умов вимогам сортів сої, де співвідношення коефіцієнтів генетичної та екологічної варіації (CVG/CVE) = 0,71 – Полісся, 0,86 – Степ і 0,89 – Лісостеп. Загальне співвідношення CVG/CVE становило 0,98 – повна відповідність кліматичних умов України вимогам сої для формування стабільного й високого врожаю зерна.

Перспективи подальших досліджень полягають у детальному аналізі впливу факторів середовища на формування квалікативних показників зерна за параметрами посівної придатності й біохімічного комплексу, широке впровадження виділених сортів за технологічним напрямом.

#### Список використаних джерел

- Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Діанова А. О., Мирний М. В. Сорти сої для Степу та Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16>
- Забарна Т.А., Череншук В.В. Агроєкологічні аспекти вирощування сої (*Glycine max* L.) в Україні. *Агроєкологічний журнал*. 2024. № 1. С. 108–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>.
- Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 5–17.
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Київ, 2016. 81 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (дата звернення: 05.02.2025).
- Abdala L., & Santiago T., Alejo R., Schwalbert R., Correndo A., Martin N. Yield environment changes the ranking of soybean genotypes. *Field Crops Research*. 2025. 321. 109661. [10.1016/j.fcr.2024.109661](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109661).
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
- Fehr W.R., Walter R. Principles of culti var development: Theory and technique. 1939. 536 p. URL: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/b12f8493-0f67-4dfb-b9bb-45e082b2268f>.
- Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.* 1963. № 14. P. 742–754.
- Gilbert C., Martin N. Using agro-ecological zones to improve the representation of a multi-environment trial of soybean varieties. *Front. Plant Sci.* 2024. № 15. DOI: [10.3389/fpls.2024.1310461](https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1310461).
- Khodanitska O., Pohorila L., Shevchuk O., Tkachuk O., Matviichuk, O. Yield and seed quality of soybeans in the Ukrainian Right-bank Foreststeppe. *Feeds and Feed Production*, 2024. (98), 120–128. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202498-11>
- Li J., Nadeem M., Chen L., Wang M., Wan M., Qiu L. Differential proteomic analysis of soybean anthers by iTRAQ under high-temperature stress. *J Proteom.* 2020. 229. 103968.
- Li Y., Zhou G., Ma J., Jiang W., Jin L. De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits. *Nat Biotechnol.* 2014. 32. P. 1045–1052.
- Liu Y, Li J, Zhu L, Jones A, Rose R, Song Y. Heat stress in legume reproduction: effects, causes and future prospects. *Front Plant Sci.* 2019. 10. 938.
- Rossiella A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environvents. *Crop. Sci.* 1981. № 21 (6). P. 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>.
- Smith A.B., Cullis B.R., Thompson R. The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *The Journal of Agricultural Science*. 2005. № 143 (6). P. 449–462. DOI: [10.1017/S0021859605005587](https://doi.org/10.1017/S0021859605005587).
- Yatsenko V., Poltoretskiy S., Yatsenko N., Poltoretska N., Mazur O. Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 2023. 26(7), 79–94. doi: [10.48077/scihor7.2023.79](https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.79).

**Kravchenko V. S.**

Candidate of Agricultural Sciences,  
Head of the Department of Plant Production,  
Uman National University of Horticulture  
Uman, Ukraine

**E-mail:** vitalii\_12@ukr.net

**ORCID:** 0000-0003-4873-5367

**Krykun S. P.**

Postgraduate Student at the the Department of Plant Production,  
Uman National University of Horticulture  
Uman, Ukraine

**E-mail:** krikun.s.p@gmail.com

**ORCID:** 0009-0005-1543-7189

## ECOLOGICAL TESTING OF MID-SEASON VARIETIES OF SOYBEAN IN CONTRASTING CONDITIONS OF ENVIRONMENT

### Abstract

The purpose of the study was to study the dynamics of the formation of the yield of mid-season cultivars of soybeans in different climatic zones of Ukraine depending on weather conditions and assess their adaptive capacity. During 2023–2024, 14 new soybean varieties of the mid-season group of Ukrainian selection – Titan st, Inguz, Turizas – Austria; Dara, Tersia, Neptune – Canada; ES VISITOR, ES KOLEKTOR, ES KOMPOZITOR – France; Vitalina, Zeus Carmelita – Poland) were studied in field conditions in the Odessa (Steppe), Cherkasy (Forest-Steppe) and Zhytomyr (Polissya) regions, recommended for the Steppe, Forest-Steppe and Polissya of Ukraine, the Titan cultivar was taken as the standard as the most tested. Statistical data processing was carried out using generally accepted methods of field and genetic-statistical research using the Statistica 12 program. As a result of the research, the adaptive capacity of varieties was determined by the “yield” indicator and the strength of the correlation between the yield level and the climatic conditions of the growing zones was established. As a result, the most adapted, stable and high-yielding varieties were identified for different climatic zones of Ukraine. The yield of soybeans varied greatly depending on the growing zone – 1.53 t ha<sup>-1</sup> – Steppe, 2.31 t ha<sup>-1</sup> – Forest-steppe, 2.4 t ha<sup>-1</sup> – Polissya. The most favorable conditions for the formation of a stable and high yield were determined as Forest-Steppe (CVG/CVE = 0.89) and Steppe (CVG/CVE = 0.86), and the generalized ratio of the coefficients of genetic (CVG) and ecological (CVE) variation (0.98) confirmed that the conditions of Ukraine are favorable for the realization of the biological potential of mid-season soybean varieties. The most adapted soybean varieties of the mid-season group are recommended for cultivation in different climatic zones of Ukraine: stably high-yielding ES VIZITOR (2.46 t ha<sup>-1</sup>) and ES KOLEKTOR (2.41 t ha<sup>-1</sup>) and the unstable high-yielding variety Alicia (2.41 t ha<sup>-1</sup>). Also, stably low-yielding soybean varieties Vitalina, Inguz, Turizas and Dara were determined – 1.77–1.86 t ha<sup>-1</sup>. The conducted research contributed to the identification of the most productive soybean varieties suitable for cultivation in different climatic zones of Ukraine. The calculated statistical models will contribute to the prediction of yield and optimization of crop cultivation.

**Key words:** plasticity, stability, yield, adaptability.

### References

1. Bilyavska, L.G., Bilyavsky, Y.V., Diyanova, A.O., & Myrnyi, M.V. (2021). Sorty soyi dlya Stepu Ta Lisostepu Ukrayiny [Soybean varieties for the steppe and forest-steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16> [in Ukrainian].
2. Zabarna, T.A., & Cherenshyuk, V.V. (2024). Ahroekolohichni aspekty vyroshchuvannya soyi (*Glycine max* L.) v Ukrayini [Agroecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 108–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945> [in Ukrainian].
3. Mazur, V.A., Didur, I.M., & Pansyryeva, G.V. (2020). Obruntuvannya adaptivnoy sortovoyi tekhnolohiyi vyroshchuvannya zernobobovykh kul'tur v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrayiny [Substantiation of adaptive varietal technology for growing legume crops in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, 18, 5–17 [in Ukrainian].
4. Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslin hrupy zernovykh, krup'yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini (2016). [Methodology for conducting an examination of plant varieties of the cereal, grain and legume groups for suitability for distribution in Ukraine]. Kyiv. 81 p. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> [in Ukrainian].
5. Abdala, L., Santiago, T., Alejo, R., Schwalbert, R., Correndo, A., & Martin, N. (2025). Yield environment changes the ranking of soybean genotypes. *Field Crops Research*. 321, 109661. DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109661 [in English].
6. Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6(1), 36–40 [in English].
7. Fehr, W.R., & Walter R. (1939). *Principles of culti var development: Theory and technique*. 536 p. Retrieved from: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/b12f8493-0f67-4dfb-b9bb-45e082b2268f> [in English].
8. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 14, 742–754 [in English].
9. Gilbert, C., & Martin, N. (2024) Using agro-ecological zones to improve the representation of a multi-environment trial of soybean varieties. *Front. Plant Sci.*, 15, 1310461. doi: 10.3389/fpls.2024.1310461 [in English].

- 
10. Khodanitska, O., Pohorila, L., Shevchuk, O., Tkachuk, O., & Matviichuk, O. (2024). Yield and seed quality of soybeans in the Ukrainian Right-bank Foreststeppe. *Feeds and Feed Production*, (98), 120–128. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202498-11> [in English].
  11. Li, J., Nadeem, M., Chen, L., Wang, M., Wan, M., & Qiu, L. (2020). Differential proteomic analysis of soybean anthers by ITRAQ under high-temperature stress. *J Proteom.* 229, 103968 [in English].
  12. Li, Y., Zhou, G., Ma, J., Jiang, W., & Jin, L. (2014). De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits. *Nat Biotechnol.*, 32, 1045–1052 [in English].
  13. Liu, Y., Li, J., Zhu, L., Jones, A., Rose, R., & Song, Y. (2019). Heat stress in legume reproduction: effects, causes and future prospects. *Front Plant Sci.*, 10, 938 [in English].
  14. Rossielle A.A., & Hemblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop. Sci.*, 21(6), 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x> [in English].
  15. Smith, A.B., Cullis, B.R., & Thompson, R. (2005). The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *The Journal of Agricultural Science*, 143(6), 449–462. DOI: 10.1017/S0021859605005587 [in English].
  16. Yatsenko, V., Poltoretskiy, S., Yatsenko, N., Poltoretska, N., & Mazur, O. (2023). Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 26(7), 79–94. DOI: 10.48077/scihor7.2023.79 [in English].