

## АГРОНОМІЯ

УДК 633.853.52:631.526.32:631.559

**Аналіз урожайності сортів сої культурної  
[*Glycine max* (L.) Merrill] у зоні Лісостепу України**Михайлик С.М. , Смульська І.В. , Сонець Т.Д. , Орленко Н.С. 

Український інститут експертизи сортів рослин

 Михайлик С.М. E-mail: svetlana.nik2519@gmail.com

Михайлик С.М., Смульська І.В., Сонець Т.Д., Орленко Н.С. Аналіз урожайності сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] у зоні Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 152–161.

Mikhailyk S., Smulska I., Sonets T., Orlenko N. Yield analysis of cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] in the Forest-Steppe zone of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 152–161.

Рукопис отримано: 26.09.2025 р.

Прийнято: 13.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-152-161

У статті наведено результати комплексного вивчення та оцінювання нових сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] ранньої (EXTC 411, Світлиця, ПОО7А12, Волонтерка, SAC224914, DM DINIPRA) та середньої (LID Educator, EXTX 114, EXTC 416, EXTC 402, П11А67, Байрактар) груп стиглості за врожайністю, пластичністю і стабільністю в умовах Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2023 та 2024 рр. на філіях Українського інституту експертизи сортів рослин у чотирьох пунктах дослідження зони Лісостепу. Площа облікової ділянки становила 25 м<sup>2</sup>, розміщення ділянок – рендомізоване, повторність – чотириразова. За результатами досліджень, вищу врожайність отримано у середньостиглих сортів LID Educator (3,65 т/га), П11А67 (3,59 т/га), EXTX 114 (3,51 т/га) та ранньостиглих – Волонтерка (3,45 т/га) і EXTC 411 (3,38 т/га). Найбільш пластичними за показником урожайності є сорти Волонтерка (bi 1,44), EXTC 416 (bi 1,30), EXTX 114 (bi 1,20). Слабку реакцію на зміну умов середовища продемонстрували сорти EXTC 411 (bi 0,55), ПОО7А12 (bi 0,59), SAC224914 (bi 0,85), Світлиця (bi 0,88), Байрактар (bi 0,92) і DM DINIPRA (bi 0,95). Найбільш стабільними за показником врожайності виявились сорти EXTC 402 (Si<sup>2</sup> 0,01), Байрактар (Si<sup>2</sup> 0,05), SAC224914 (Si<sup>2</sup> 0,07) і EXTC 416 (Si<sup>2</sup> 0,07). Здатні забезпечити високий врожай за сприятливих погодних умов сорти Волонтерка (bi 1,44), EXTC 416 (bi 1,30), EXTX 114 (bi 1,20). Кращими адаптивними сортами для умов зони Лісостепу за поєднанням показників врожайності, пластичності та стабільності є сорти Волонтерка (3,45 т/га, bi 1,44, Si<sup>2</sup> 0,44), LID Educator (3,65 т/га, bi 1,14, Si<sup>2</sup> 0,24), EXTX 114 (3,51 т/га, bi 1,20, Si<sup>2</sup> 0,12), EXTC 416 (3,34 т/га, bi 1,30, Si<sup>2</sup> 0,07) та П11А67 (3,34 т/га, bi 1,30, Si<sup>2</sup> 0,07).

**Ключові слова:** УІЕСР, пластичність, стабільність, температура повітря, опади.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Соя культурна [*Glycine max* (L.) Merrill] є цінною білково-олійною сільськогосподарською культурою [1, 2]. Високий вміст білка в насінні сої (30–52 %) робить її основною сировиною у виробництві рослинного білка для забезпечення вирішення проблем продовольчої безпеки у світі

[3–7]. На сою, також, припадає близько 53 % світового обсягу виробництва олії, завдяки її вмісту у насінні сої, який може становити від 16 до 27 % [8, 9]. Крім того, це гарний попередник, який завдяки симбіозу із азотфіксуючими бактеріями сприяє накопиченню азоту в ґрунті, що дозволяє ефективно та екологічно підвищити його родючість [10, 11].

Соя – це найбільш розповсюджена серед зернобобових та олійних рослин в культурі, яку вирощують у більшості країн світу [12]. За даними USDA, світове виробництво сої у 2023 р. сягнуло 37806 тис. т з площі 136,84 млн га. Найбільшими виробниками та експортерами сої у світі є Бразилія (39 %), США (29 %) і Аргентина (13 %). Україна за обсягами вирощування входить у десятку країн-виробників сої [13]. За даними Держстату України, сою в 2024 р. вирощували на 2,66 млн га (144,2 % до минулого року), що становить 29,8 % від площ під олійними культурами. Валовий збір сої становив 6,0 млн т, що на 25 % вище за показник 2023 р. (4,8 млн т сої) та є найвищим показником за останні 15 років.

Урожайність сої значно залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Основними причинами зниження урожайності сої можуть стати несприятливі погодні умови у період вегетації (недостатня кількість вологи або нерівномірний розподіл опадів, екстремальна температура повітря), дефіцит поживних речовин у ґрунті, ураження хворобами та шкідниками [14–16]. В кліматичній пояс сої входять ті території, де сума ефективних температур становить від 1700 °С (для ранніх сортів) до 3300 °С (для середньостиглих), випадає від 400 до 760 мм опадів на рік [17, 18], а вегетаційний період триває від 100 до 140 діб щонайменше. В Україні сою вирощують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах – Степ, Лісостеп і Полісся. Найбільш сприятливими умовами для вирощування сої, наразі, є зона Лісостепу, яка займає близько 34 % території країни та характеризується помірним і теплим кліматом. Проте, негативною ознакою клімату є нестійке зволоження внаслідок чергування вологих і посушливих років [19, 20]. В Україні саме гідрологічні умови вважають лімітуючим кліматичним чинником для формування продуктивності сільськогосподарських культур [21, 22].

Вважається, що частка впливу сортового матеріалу на збільшення врожайності сільськогосподарських культур може становити 30–60 % [23, 24]. За сприятливих умов вирощування, перевага надається сортам із високою потенційною продуктивністю. Проте, у несприятливих або екстремальних умовах, важливим стає поєднання високої урожайності сортів із високою адаптивністю до умов середовища – пластичністю. Стабільність сорту визначається їх гомеостатичністю, відносно низькою реакцією на мінливість умов навколишнього середовища [25]. Сорти з високим показником пластичності оптимально реагують на гетерогенність навколишнього

середовища та можуть забезпечити високу урожайність і якість продукції [26, 27]. За результатами вивчення екологічної пластичності та стабільності врожаю сортів сої культурної можливо виявити найбільш адаптивні сорти з стабільно високим врожаєм насіння, придатні для вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [28]. Характеристика сортів сої за показниками пластичності і стабільності дозволяє ефективно оцінити їх за якісними показниками та класифікувати їх особливості з позиції господарської й селекційної цінності [29, 30].

Для підвищення урожайності сої, з урахуванням зміни клімату, особливого значення набуває вивчення та добір урожайних, стабільних і пластичних сортів, придатних для вирощування у певних екологічних умовах.

**Метою досліджень** була оцінка адаптивності нових сортів сої культурної за урожайністю в умовах зони Лісостепу України, методом розрахунку індексу пластичності ( $b_i$ ) та індексу стабільності ( $Si^2$ ).

**Матеріал і методи дослідження.** Польові дослідження сортів сої культурної та оцінку урожайності в зоні Лісостепу проводили на Вінницькій, Сумській, Чернівецькій та Тернопільській філіях Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР) у 2023 та 2024 роках. У дослідженні використовували сорти ранньої (тривалість періоду вегетації – 91–110 діб) – ЕХТС 411, Світлиця, ПОО7А12, Волонтерка, SAC224914, DM DINIPRA та середньої груп стиглості (тривалість періоду вегетації – 111–130 діб) – LID Educator, ЕХТХ 114, ЕХТС 416, ЕХТС 402, П11А67, Байрактар. Закладання дослідів здійснювали в останній декаді квітня – першій декаді травня залежно від погодних умов, які склалися у кожному пункті дослідження. Облікова площа однієї дослідної ділянки становила 25 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване [31]. За проведення польових досліджень дотримувались загальноприйнятої агротехніки виробництва сої, яка передбачала такі технологічні операції: оранку, ранньовесняне боронування, внесення мінеральних добрив, передпосівну культивуацію, сівбу, догляд за посівами (внесення засобів захисту рослин) і збирання урожаю. Агротехнічні заходи були спрямовані на забезпечення оптимальних умов живлення і стійкості рослин до хвороб та шкідників. Висівали сою рядковим способом, із нормою висіву 450–550 тис. насінин ранньостиглих та 300–350 тис. насінин середньостиглих сортів. Збирання зерна

сої культурної здійснювали прямим комбайнуванням у першій декаді вересня. Врожайність зерна визначали із приведенням до стандартної вологості [32]. Для опрацювання даних польових досліджень використовували методи описової статистики [31].

Для оцінки адаптивності сортів до різних умов вирощування важливим є розрахунок індексу пластичності ( $b_i$ ) та індексу стабільності ( $S_i^2$ ). Для оцінки пластичності сорту використали метод Еберхарта-Рассела (Eberhart & Russell, 1966) [33], викладеного у статті О.С. Зінченко, К.В. Ведмедєва, О.В. Якубенко [25].

Коефіцієнт регресії  $i$ -го сорту на зміну чинника середовища розраховують за формулою:

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^m Y_{ij} \times I_j}{\sum_{j=1}^m I_j^2}.$$

Варіансу стабільності (відхилення від регресії)  $S_d^2$  у моделі Еберхарта-Рассела використовують для оцінки стабільності сорту. Чим значення відхилення менше, тим стабільність сорту вища:

$$S_d^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_{ij} - \mu_i - \beta_i I_j)^2}{m - 2},$$

де  $Y_{ij}$  – урожайність  $i$ -го сорту в  $j$ -му середовищі;  $\mu_i$  – середня урожайність сорту  $i$ ;  $\beta_i$  – коефіцієнт регресії, що показує реакцію сорту на зміну умов середовища;  $I_j$  – індекс умов середовища;  $d_{ij}$  – відхилення фактичної урожайності від очікуваного значення;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – кількість досліджуваних сортів;  $j = 1, 2, 3, \dots, m$  – кількість пунктів досліджень.

Сорт вважається стабільним, якщо  $S_i^2$  є незначним (нульовим або близьким до нуля). Якщо  $b_i \approx 1$  – сорт має середню адаптивність;  $b_i > 1$  – сорт чутливий до змін середовища, дає високий урожай у сприятливих умовах, але нестабільний у несприятливих;  $b_i < 1$  – сорт стабільний, дає відносно рівномірний урожай навіть у екстремальних умовах. Як суттєве відхилення від середнього показника приймали 10 % [34, 35].

У період вегетації сої культурної в кожному пункті досліджень визначали середньодобову температуру, кількість опадів. Одержані показники реєстрували за допомогою програмно-апаратного комплексу «Метеотрек». Для оцінки умов зволоження, крім оцінки кількості опадів, використовували комплексний показник гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Селянінова, який враховує надходження води (опадів) та її сумарну витрату на випаровування.

**Результати дослідження та обговорення.** У Вінницькій філії УІЕСР найбільш спекотним у 2023 р. виявився серпень, коли середні температури повітря коливались від 22,5 до 29,8 °С, а максимальні сягали 38,6 °С. У 2024 р. спекотний період припав на липень – середня температура повітря сягала 23,9–31,5 °С, максимальна – 39,0 °С. Значно більшу кількість опадів (565,4 мм) у філії мали у 2024 р., проте їх розподіл впродовж вегетації був нерівномірним. Найбільш дощовим став червень, коли випало 388,5 мм, а дощі мали зливовий прояв (рис. 1).

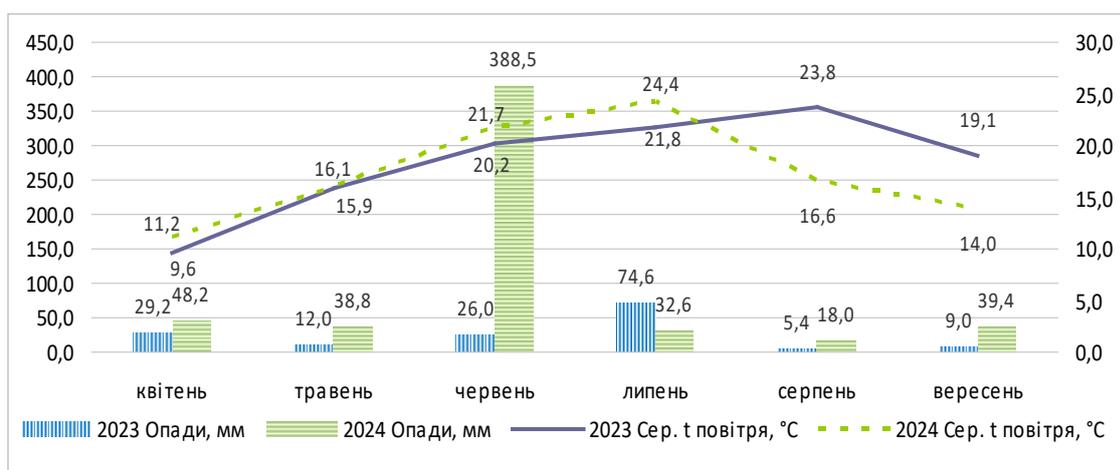


Рис. 1. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Вінницькій філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

У Сумській філії погодні умови 2023 р. характеризувались помірними температурами та надмірною кількістю опадів упродовж всього вегетаційного періоду. 2024 р. виявився більш екстремальним – із затяжною, холодною весною та спекотним літом. Під час посіву та на початку вегетації (кінець квітня – початок травня) середня температура становила 10,1–11,2 °С, фіксували заморозки на поверхні ґрунту. Влітку температура повітря сягала 36,0 °С. Опади були розподілені нерівномірно – значна їх частина (~51 %) випала у червні (рис. 2).

Погодні умови у Чернівецькій філії у 2023 р. виявились прохолоднішими та вологішими порівняно із 2024 р. У 2023 р. липень був найбільш дощовим (163,4 мм опадів), а серпень – найтеплішим (із середньою температурою 22,5 °С). У 2024 р. середня температура влітку становила 21,1–22,8 °С, а максимальна сягала 37,0 °С. В усі роки досліджень менша кількість опадів випадала у травні (рис. 3).

У Тернопільській філії погодні умови 2023 р. характеризувались нижчими середніми температурами впродовж вегетаційного періоду порівняно із 2024 р. – 9,5–20,6 °С проти 9,6–22,3 °С, відповідно. Максимальні температури сягали вищої позначки (36,9 °С) також у 2024 році (рис. 4).

Кількість опадів у 2024 р. (від 37,1 мм у травні до 112,3 мм у липні) перевищувала показники попереднього року (від 1,4 мм у вересні до 48,8 мм у липні) впродовж усього вегетаційного періоду.

Відповідно до шкали Селянінова, умови зволоження за вегетаційний період сої у пунктах дослідження виявились неоднорідними. У Вінницькій та Тернопільській філіях вегетаційний період 2023 р. вирізнявся сильною посухою (ГТК 0,45 і 0,44), а 2024 – надмірним зволоженням (ГТК 1,95 і 1,59). У Сумській та Чернівецькій філіях більш посушливими умовами характеризувався 2024 р. із ГТК 0,83 і 0,76 проти 2023 р. із ГТК 1,82 і 1,18, відповідно (табл. 1).

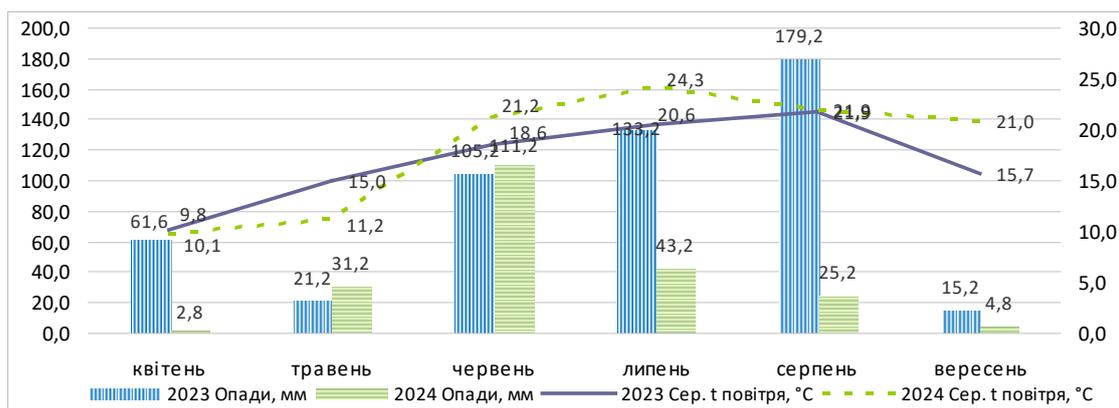


Рис. 2. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Сумській філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.



Рис. 3. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Чернівецькій філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.



Рис. 4. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Тернопільській філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

Таблиця 1– Кліматичні показники у пунктах дослідження за період вегетації сої культурної у 2023 і 2024 роках

Пункт дослідження	Рік дослідження	Сума активних температур, °C	Кількість опадів, мм	Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	Оцінка зволоження
Вінницька філія	2023	2843,45	156,2	0,45	сильна посуха
	2024	2538,15	565,4	1,92	надзвичайно волого
Сумська філія	2023	2608,63	515,6	1,82	надзвичайно волого
	2024	2590,94	218,4	0,83	слабка посуха
Чернівецька філія	2023	2510,47	347,2	1,18	достатньо волого
	2024	2941,91	260,8	0,76	слабка посуха
Тернопільська філія	2023	2231,96	111,6	0,44	сильна посуха
	2024	2790,61	368,6	1,59	надзвичайно волого

За роки дослідження найменша кількість опадів випала у Тернопільській філії у 2023 р. – 111,6 мм, а найбільша – у Вінницькій філії у 2024 р. – 565,4 мм. Найбільш спекотним вегетаційний період виявився у 2024 р. у Чернівецькій філії із сумою активних температур 2941,91 °C та 2023 р. у Вінницькій філії – 2843,45 °C.

За результатами наших досліджень, найбільш урожайними виявились середньостиглі сорти LID Educator, П11А67, ЕХТХ 114 та ранньостиглі – Волонтерка і ЕХТС 411 із середньою врожайністю 3,65; 3,59; 3,51; 3,45 і 3,38 т/га, відповідно (табл. 2).

Найменш врожайними є ранньостиглий сорт DM DINIPRA (2,91 т/га) і середньостиглий – Байрактар (3,09 т/га). Водночас, середньостиглі сорти продемонстрували дещо

вищу середню врожайність, порівняно із ранньостиглими.

У досліді найбільш пластичними за показником урожайності сортами сої, які сильніше реагують на зміну умов вирощування, виявились Волонтерка (bi 1,44), ЕХТС 416 (bi 1,30), ЕХТХ 114 (bi 1,20). Дещо менш пластичними є сорти LID Educator (bi 1,14), П11А67 (bi 1,12) і ЕХТС 402 (bi 1,06). Ці сорти дадуть вищий врожай за сприятливих погодних умов і високого рівня агротехніки.

Сорти ЕХТС 411 (bi 0,55), ПОО7А12 (bi 0,59), SAC224914 (bi 0,85), Світлиця (bi 0,88), Байрактар (bi 0,92) і DM DINIPRA (bi 0,95) мають bi < 1, що свідчить про більш слабку реакцію на зміну умов середовища. Такі сорти мають можливість реалізувати свій потенціал врожайності навіть за нестійких умов.

Таблиця 2 – Урожайність, пластичність та стабільність сортів сої культурної у зоні Лісостепу України

Сорт	Урожайність, т/га									bi (пластичність)	Si <sup>2</sup> (стабільність)
	2023 рік				2024 рік				Середня		
	Вінницька філія	Сумська філія	Чернівецька філія	Тернопільська філія	Вінницька філія	Сумська філія	Чернівецька філія	Тернопільська філія			
Ранньостиглі											
ЕХТС 411	2,62	3,37	4,01	3,31	3,49	2,92	3,37	3,92	3,38	0,55	0,13
Світлиця	2,38	4,85	2,98	2,87	3,36	2,27	3,10	3,53	3,17	0,88	0,45
ПОО7А12	3,01	2,51	3,97	4,09	2,41	2,98	3,81	3,92	3,34	0,59	0,41
Волонтерка	2,64	5,15	2,83	3,45	3,07	2,47	3,03	4,97	3,45	1,44	0,44
SAC224914	3,01	4,06	3,53	3,68	2,40	2,78	3,49	3,68	3,33	0,85	0,07
DM DINIPRA	2,42	3,37	3,42	2,88	2,31	1,87	3,57	3,43	2,91	0,95	0,12
Середньостиглі											
LID Educator	2,92	3,78	4,74	4,56	2,71	2,86	3,39	4,25	3,65	1,14	0,24
ЕХТХ 114	3,43	4,24	3,70	3,65	3,01	2,10	3,37	4,61	3,51	1,20	0,12
ЕХТС 416	2,89	4,24	3,97	3,29	2,76	2,08	3,13	4,36	3,34	1,30	0,07
ЕХТС 402	2,54	3,77	3,48	3,25	2,37	2,49	3,09	4,05	3,13	1,06	0,01
П11А67	3,14	3,38	3,82	4,62	2,21	3,15	3,53	4,85	3,59	1,12	0,35
Байрактар	2,65	3,90	3,20	3,16	2,31	2,67	2,94	3,87	3,09	0,92	0,05
НІР <sub>0,05</sub>	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	-	-

Найбільш стабільними за показником врожайності серед досліджуваних сортів виявились ЕХТС 402 (Si<sup>2</sup> 0,01), Байрактар (Si<sup>2</sup> 0,05), SAC224914 (Si<sup>2</sup> 0,07) і ЕХТС 416 (Si<sup>2</sup> 0,07).

Для сільськогосподарського виробництва важливою характеристикою сорту є поєднання високої врожайності з екологічною пластичністю та стабільністю прояву врожайності. За результатами дослідження, сортами які вдало поєднали ці характеристики є ранньостиглий сорт Волонтерка з урожайністю 3,45 т/га, пластичністю 1,44, стабільністю 0,44 та середньостиглі сорти LID Educator – з урожайністю 3,65 т/га, пластичністю 1,14, стабільністю 0,24, ЕХТХ 114 – з урожайністю 3,51 т/га, пластичністю 1,20, стабільністю 0,12, ЕХТС 416 – з урожайністю 3,34 т/га, пластичністю 1,30, стабільністю 0,07 та П11А67 – з урожайністю 3,34 т/га, пластичністю 1,30 і стабільністю 0,07. Менш пластичними, проте врожайними та стабільними є ранньостиглі сорти ЕХТС 411 з урожайністю 3,38 т/га, пластичністю 0,55 і стабільністю 0,13 та SAC224914

з урожайністю 3,33 т/га, пластичністю 0,85 і стабільністю 0,07.

**Висновки.** За результатами дослідження нових сортів сої культурної, більш адаптивними до зміни погодних умов та кращими за поєднанням урожайності, пластичності та стабільності для вирощування у зоні Лісостепу є ранньостиглий сорт Волонтерка (урожайність 3,45 т/га, bi 1,44, Si<sup>2</sup> 0,44) та середньостиглі сорти LID Educator (урожайність 3,65 т/га, bi 1,14, Si<sup>2</sup> 0,24), ЕХТХ 114 (урожайність 3,51 т/га, bi 1,20, Si<sup>2</sup> 0,12), ЕХТС 416 (урожайність 3,34 т/га, bi 1,30, Si<sup>2</sup> 0,07) та П11А67 (урожайність 3,34 т/га, bi 1,30, Si<sup>2</sup> 0,07).

Середня врожайність досліджуваних сортів сої культурної середньої групи стиглості становила від 3,09 до 3,65 т/га та дещо перевищувала урожайність сортів ранньої групи, яка сягала від 2,91 до 3,45 т/га.

Вищу врожайність в умовах лісостепової зони отримано у середньостиглих сортів LID Educator (3,65 т/га), П11А67 (3,59 т/га), ЕХТХ 114 (3,51 т/га) та ранньостиглих – Волонтерка (3,45 т/га) і ЕХТС 411 (3,38 т/га).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Prospective sustainable production of safe food for growing population based on the soybean (*Glycine max* L. Merr.) crops under Cd soil contamination stress / J. Zhan et al. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 212. P. 22–36. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.287
2. Hartman G.L., West E.D., Herman T.K. Crops that feed the World 2. Soybean – worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. Food Security. 2011. Vol. 3. P. 5–17. DOI: 10.1007/s12571-010-0108-x
3. Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis / G. Philis et al. Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 200. P. 1142–1153. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247
4. Rahmadina, Nurwahyuni I., Elimasni, Hanafiah D.S. Genotype by environment analysis on multi-canopy cropping system towards harvest in soybean. Heliyon. 2023. Vol. 9(6). Article e16488. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16488
5. Suntoro S., Mujiyo M., Widijanto H., Herdiansyah G. Cultivation of Rice (*Oryza sativa*), Corn (*Zea mays*) and Soybean (*Glycine max*) Based on Land Suitability. Journal of Settlements & Spatial Planning. 2020. Vol. 11(1). P. 9–16. DOI: 10.24193/JSSP.2020.1.02
6. Chapter 8 – Soybean. Crop Physiology Case Histories for Major Crops / P. Grassini et al. Academic Press. 2021. P. 282–319. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00008-6
7. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement. Legume Crops-Prospects, Production and Uses. London: IntechOpen, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.91778
8. FAOSTAT. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
9. Chapter 12 – Soybean. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production / Aditya Pratap et al. Academic Press. 2016. P. 293–315. DOI: 10.1016/B978-0-12-801309-0.00012-4
10. Ke X., Wang X. Energy sensors: emerging regulators of symbiotic nitrogen fixation. Trends in Plant Science. 2024. Vol. 29(7). P. 730–732. DOI: 10.1016/j.tplants.2024.01.010
11. Physiological impact of flavonoids on nodulation and ureide metabolism in legume plants / M.A. Bosse et al. Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 166. P. 512–521. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.06.007
12. Agegn A., Bitew Y., Ayalew D. Response of yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties to blended NPSZnB fertilizer rates in Northwestern Ethiopia. Heliyon. 2022. Vol. 8(5). Article e09499. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09499
13. World Agricultural Production. Circular Series WAP 9-24 September 2024. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
14. Growing more with less: Breeding and developing drought resilient soybean to improve food security / A. Dubey et al. Ecological Indicators. 2019. Vol. 105. P. 425–437. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.003
15. Application of hyperspectral technology for leaf function monitoring and nitrogen nutrient diagnosis in soybean (*Glycine max* L.) production systems on the Loess Plateau of China / Z. Tang et al. European Journal of Agronomy. 2024. Vol. 154. Article 127098. DOI: 10.1016/j.eja.2024.127098
16. Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (*Glycine max*) as affected by organic mulches / M.A. Kader et al. Agricultural Water Management. 2019. Vol. 223. Article 105707. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105707
17. Dogan E., Kirnak H., Copur O. Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. Field Crops Research. 2007. Vol. 103. Issue 2. P. 154–159. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.05.009
18. Писаренко В., Карашук С. Особливості водного режиму ґрунту в посівах сої – залежно від режимів зрошення, фону мінерального живлення та норми висіву. Зрошуваче землеробство. 2010. № 55. С. 106–111.
19. Денисик Г.І. Лісостеп. Енциклопедія Сучасної України. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. URL: <https://esu.com.ua/article-55726>
20. Бреус Н.М. Лісостепова агроґрунтова зона. Географічна енциклопедія України. Київ: Укр. рад. енциклопедія, 1990. Т. 2. 283 с.
21. Кузьменко Ю.А., Федоренко М.В., Пірич А.В., Близнюк Р.М. Екологічна пластичність та стабільність перспективних ліній ярої пшениці (*Triticum aestivum* L.) за врожайністю. Вивчення та охорона сортів рослин. 2022. Т. 18. № 4. С. 242–250. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273985
22. Year patterns of climate impact on wheat yields / Q. Yu et al. International Journal of Climatology. 2014. Vol. 34(2). P. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
23. Михайлик С.М., Киенко З.Б., Сонець Т.Д., Смульська І.В. Результати оцінки нових сортів *Solanum tuberosum* L. за основними господарсько-цінними ознаками залежно від ґрунтово-кліматичних зон вирощування. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 1. С. 52–57. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277771
24. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на прояв господарсько цінних ознак у різних сортів соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) / І.В. Смульська та ін. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 2. С. 118–125. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282553
25. Зінченко О.С., Ведмедева К.В., Якубенко О.В. Пластичність, стабільність та мінливість сортів сої за господарсько-цінними ознаками у екологічному сортовипробуванні. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2018. № 25. С. 50–60.
26. Alpert P., Simms E.L. The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when

is it good for a plant to adjust. *Evol Ecol.* 2002. Vol. 16. P. 285–297. DOI: 10.1023/A:1019684612767

27. Callahan H.S., Dhanooolal N., Ungerer M.C. Plasticity genes and plasticity costs: a new approach using an Arabidopsis recombinant inbred population. *New Phytol.* 2005. Vol. 166. P. 129–139. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01368.x

28. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на формування господарсько цінних ознак сортів сої (*Glycine max* (L.) Merrill) / Л.В. Король та ін. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 2. С. 126–135. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282551

29. Цицюра Т., Темченко І., Барвінченко С. Оцінка пластичності та стабільності показників якості насіння сортів сої різного еколого-географічного походження. Корми та кормовиробництво. 2021. № 92. С. 104–115. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-10

30. Рибальченко А.М. Пластичність та стабільність господарських ознак колекційних зразків сої. Зрошуване землеробство. 2021. № 76. С. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.13

31. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С.І. Мельника, Л.М. Присяжнюк, С.М. Гринів. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2024. 83 с.

32. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця, 2016. 82 с.

33. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. No 1. P. 36–40.

34. Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sac / T. Sonets et al. *Věda a perspektivy.* 2023. Vol. 12(31). P. 344–353. DOI: 10.52058/2695-1592-2023-12(31)-344-353

35. Сич З.Д. Властивості коефіцієнтів стабільності ознак урожайності у динамічних рядах різної тривалості. Вивчення та охорона сортів рослин. 2005. № 2. С. 5–21. DOI: 10.21498/2518-1017.2.2005.67439

## REFERENCES

1. Zhan, J., Twardowska, I., Wang, S., Wei, S., Chen, Y., Ljupco, M. (2019). Prospective sustainable production of safe food for growing population based on the soybean (*Glycine max* L. Merr.) crops under Cd soil contamination stress. *Journal of Cleaner Production.* Vol. 212, pp. 22–36. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.287

2. Hartman, G.L., West, E.D., Herman, T.K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security.* Vol. 3, pp. 5–17. DOI: 10.1007/s12571-010-0108-x

3. Philis, G., Gracey, E.O., Gansel, L.C., Fet, A.M., Rebours, C. (2018). Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and

seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis. *Journal of Cleaner Production.* Vol. 200, pp. 1142–1153. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247

4. Rahmadina, Nurwahyuni, I., Elimasni, Hanafiah, D.S. (2023). Genotype by environment analysis on multi-canopy cropping system towards harvest in soybean. *Heliyon.* Vol. 9(6), Article e16488. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16488

5. Suntoro, S., Mujiyo, M., Widijanto, H., Herdiansyah, G. (2020). Cultivation of Rice (*Oryza sativa*), Corn (*Zea mays*) and Soybean (*Glycine max*) Based on Land Suitability. *Journal of Settlements & Spatial Planning.* Vol. 11(1), pp. 9–16. DOI: 10.24193/JSSP.2020.1.02

6. Grassini, P., La Menza, N.C., Edreira, J.I.R., Monzón, J.P., Tenorio, F.A., Specht, J.E. (2021). Chapter 8 – Soybean. *Crop Physiology Case Histories for Major Crops.* Academic Press. pp. 282–319. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00008-6

7. Shea, Z., Singer, W.M., Zhang, B. (2019). Soybean Production, Versatility, and Improvement. *Legume Crops-Prospects, Production and Uses.* London: IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.91778

8. FAOSTAT. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

9. Aditya, Pratap, Surinder Kumar, Gupta, Jitendra, Kumar, Suhel, Mehendi, Vankat R., Pandey. (2016). Chapter 12 – Soybean. *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production.* Academic Press. pp. 293–315. DOI: 10.1016/B978-0-12-801309-0.00012-4

10. Ke, X., Wang, X. (2024). Energy sensors: emerging regulators of symbiotic nitrogen fixation. *Trends in Plant Science.* Vol. 29(7), pp. 730–732. DOI: 10.1016/j.tplants.2024.01.010

11. Bosse, M.A., Bocchi da Silva, M., Rós Marques de Oliveira, N.G., Anderson de Araujo, M., Rodrigues, C., Poliszuk de Azevedo, J., Rodrigues dos Reis, A. (2021). Physiological impact of flavonoids on nodulation and ureide metabolism in legume plants. *Plant Physiology and Biochemistry.* Vol. 166, pp. 512–521. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.06.007

12. Agegn, A., Bitew, Y., Ayalew, D. (2022). Response of yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties to blended NPSZnB fertilizer rates in Northwestern Ethiopia. *Heliyon.* Vol. 8(5), Article e09499. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09499

13. World Agricultural Production. Circular Series WAP 9-24 September 2024. Available at: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

14. Dubey, A., Kumar, A., Fathi Abd Allah, E., Hashem, A., Khan, M.L. (2019). Growing more with less: Breeding and developing drought resilient soybean to improve food security. *Ecological Indicators.* Vol. 105, pp. 425–437. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.003

15. Tang, Z., Wang, X., Xiang, Y., Liang, J., Guo, J., Li, W., Zhang, F. (2024). Application of hyperspectral technology for leaf function monitoring and nitrogen

- nutrient diagnosis in soybean (*Glycine max* L.) production systems on the Loess Plateau of China. *European Journal of Agronomy*. Vol. 154, Article 127098. DOI: 10.1016/j.eja.2024.127098
16. Kader, M.A., Nakamura, K., Senge, M., Mojid, M.A., Kawashima, S. (2019). Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (*Glycine max*) as affected by organic mulches. *Agricultural Water Management*. Vol. 223, Article 105707. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105707
17. Dogan, E., Kirnak, H., Copur, O. (2007). Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research*. Vol. 2(103), pp. 154–159. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.05.009
18. Pisarenko, V., Karaschuk, S. (2010). Osoblyvosti vodnoho rezhymu igruntu v posivakh soyi – zalezno vid rezhymiv zroshennya, fonu mineral'noho zhyvlennya ta normy vysivu [Peculiarities of the water regime of the soil in soybean crops – depending on the irrigation regimes, the background of mineral nutrition and the rate of sowing]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated Agriculture]. no. 55, pp. 106–111.
19. Denysyk, G.I. (2016). Lisostep. *Entsyklopediya Suchasnoyi Ukrayiny* [Forest steppe. Encyclopedia of Modern Ukraine]. Kyiv, Institute of Encyclopedic Research of NAS of Ukraine. Available at: <https://esu.com.ua/article-55726>
20. Breus, N.M. (1990). Lisostepova ahrohruntova zona [Forest-steppe agro-soil zone. Geographical encyclopedia of Ukraine]. Kyiv, Ukrainian Soviet Encyclopedia, Vol. 2, 283 p.
21. Kuzmenko, Ye.A., Fedorenko, M.V., Piryach, A.V., Blyzniuk, R.M. (2022). Ekolohichna plastychnist' ta stabil'nist' perspektyvnykh liniy yaroyi pshenytsi (*Triticum aestivum* L.) za vrozhaynistyu [Ecological plasticity and stability of promising lines of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in terms of yield]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 18(4), pp. 242–250. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273985
22. Yu, Q., Li, L., Luo, Q., Eamus, D., Xu, S., Chen, C., Wang, E., Nielsen, D.C. (2014). Year patterns of climate impact on wheat yields. *International Journal of Climatology*. Vol. 34(2), pp. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
23. Mykhailyk, S.M., Kyienko, Z. B., Sonets, T.D., Smul'ska, I.V. (2023). The results of the assessment of new varieties of *Solanum tuberosum* L. according to the main economic and valuable characteristics depending on the soil and climatic zones of cultivation. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 19(1), pp. 52–57. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277771
24. Smul'ska, I.V., Topchii, O.V., Mykhailyk, S.M., Khomenko, T.M., Shcherbynina, N.P., Skubii, O.A. (2023). Rezul'taty otsinky novykh sortiv *Solanum tuberosum* L. za osnovnymy hospodars'ko-tsinnymy oznakamy zalezno vid gruntovo-klimatychnykh zon vyroshchuvannya [The influence of soil and climatic conditions on the manifestation of economically valuable traits in different varieties of *Helianthus annuus* L.]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 19(2), pp. 118–125. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282553
25. Zinchenko, A.S., Vedmedeva, E.V., Yakubenko, E.V. (2018). Plastychnist', stabil'nist' ta minlyvist' sortiv soyi za hospodars'ko-tsinnymy oznakamy u ekolohichnomu sortovyprobuvanni [Plasticity, stability and variability of soybean varieties for agronomically-important traits in ecological variety trial]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnyh kul'tur NAAN* [Scientific and technical bulletin Institute of Oilseed Crops NAAS]. no. 25, pp. 50–60.
26. Alpert, P., Simms, E.L. (2002). The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust. *Evol Ecol*. Vol. 16, pp. 285–297. DOI: 10.1023/A:1019684612767
27. Callahan, H.S., Dhanoolal, N., Ungerer, M.C. (2005). Plasticity genes and plasticity costs: a new approach using an Arabidopsis recombinant inbred population. *New Phytol*. Vol. 166, pp. 129–139. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01368.x
28. Korol, L.V., Topchii, O.V., Dikhtiar, I.O., Piskova, O.V., Ivanytska, A.P., Shcherbynina, N.P. (2023). Vplyv gruntovo-klimatychnykh umov na formuvannya hospodars'ko tsinnnykh oznak sortiv soyi (*Glycine max* (L.) Merrill) [The influence of soil and climatic conditions on the formation of economically valuable characteristics of soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill)]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 19(2), pp. 126–134. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282551
29. Tsytsyura, T., Temchenko, I., Barvinchenko, S. (2021). Otsinka plastychnosti ta stabil'nosti pokaznykiv yakosti nasinnya sortiv soyi riznoho ekoloho-heohrafichnoho pokhodzhennya [Assessment of plasticity and stability of seed quality indicators of soybean varieties of different ecological and geographical origin]. *Kormy ta kormovyrobnyctvo* [Feeds and Feed Production]. no. 92, pp. 104–115. DOI: 10.31073/kormovyrobnyctvo202192-10
30. Rybalchenko, A.M. (2021). Plastychnist' ta stabil'nist' hospodars'kykh oznak kolektsiynykh zrazkiv soyi [Plasticity and stability of economic characteristics of collection samples of soybean]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated agriculture]. no. 76, pp. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.13
31. Melnyk, S.I., Prysyzhnyuk, L.M., Hryniv, S.M. (2024). Metodyka provedennya kvalifikatsiynoyi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini. Zahal'na chastyna [Methods of conducting qualification tests of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part]. Vinnytsia, LLC «Tvory», 83 p.
32. Tkachyk, S.O. (2016). Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krup'yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini [Methods of examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia, FOP Korzun D.Yu., 82 p.
33. Eberhart, S.A., Russel, W.A. (1966). Sta-

bility parameters for comparing varieties Crop. Sci. Vol. 6(1), pp. 36–40.

34. Sonets, T., Kienko, Z., Mykhailyk, S., Sy-plyva, N., Gaidai, A., Borodai, V. (2023). Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sac. Věda a perspektivy. Vol. 12(31), pp. 344–353. DOI: 10.52058/2695-1592-2023-12(31)-344-353

35. Sych, Z. (2005). Vlastyivosti koefitsiyentiv stabil'nosti oznak urozhaynosti u dynamichnykh ry-adakh riznoyi tryvalosti [Characteristics of the coefficients stability signs in the dynamical series with different duration]. Vyvchennja ta ohorona sortiv ro-slyn [Plant Varieties Studying and Protection]. no. 2, pp. 5–21.

#### Yield analysis of cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] in the Forest-Steppe zone of Ukraine

Mykhailyk S., Smulska I., Sonets T., Orlenko N.

The article presents the results of a comprehensive study and evaluation of new cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] of early (EXTC 411, Svitlytsia, ПОО7А12, Volonterka, SAC224914, DM DINIPRA) and medium (LID Educator, EXTX 114, EXTC 416, EXTC 402, П11А67, Bairaktar) maturity groups of ripeness in terms of yield, plasticity, and stability in the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. The research was conducted in 2023–2024 at branches of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination at four research sites of the

Forest-Steppe zone. The area of the study plot was 25m<sup>2</sup>, plots placement was randomized, and the repeatability was fourfold. According to the research results higher yields were obtained for the mid-season varieties LID Educator (3.65 t/ha), P11A67 (3.59 t/ha), EKHT 114 (3.51 t/ha), and early-maturing varieties Volunteerka (3.45 t/ha) and EKHT 411 (3.38 t/ha). The most plastic in terms of yield are the varieties Volunterka (bi 1.44), EKTS 416 (bi 1.30), and EKTH 114 (bi 1.20). The area of the accounting plot was 25 m<sup>2</sup>, the placement of the plots was randomized, the repetition was fourfold. The varieties EHTX 411 (bi 0.55), POO7A12 (bi 0.59), SAC224914 (bi 0.85), Svitlytsia (bi 0.88), Bayraktar (bi 0.92) and DM DINIPRA (bi 0.95) showed a weak response to changes in environmental conditions. The most stable in terms of yield were EHTS 402 (Si<sup>2</sup> 0.01), Bayraktar (Si<sup>2</sup> 0.05), SAC224914 (Si<sup>2</sup> 0.07) and EHTS 416 (Si<sup>2</sup> 0.07). Varieties that, under favorable weather conditions, are able to provide high yields are Volonterka (bi 1.44), EHTS 416 (bi 1.30), EHTX 114 (bi 1.20). The best adaptive varieties for the conditions of the Forest-Steppe zone in terms of yield, plasticity and stability are the varieties Volonterka (3.45 t/ha, bi 1.44, Si<sup>2</sup> 0.44), LID Educator (3.65 t/ha, bi 1.14, Si<sup>2</sup> 0.24), EHTX 114 (3.51 t/ha, bi 1.20, Si<sup>2</sup> 0.12), EHTS 416 (3.34 t/ha, bi 1.30, Si<sup>2</sup> 0.07) and P11A67 (3.34 t/ha, bi 1.30, Si<sup>2</sup> 0.07).

**Key words:** UIPVE, plasticity, stability, air temperature, precipitation.



Copyright: Михайлик С.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Михайлик С.М.

<https://orcid.org/0000-0001-9981-0545>

Смутьська І.В.

<https://orcid.org/0000-0003-0494-2065>

Сонечь Т.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-9603-0452>

Орленко Н.С.

<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>