

ОЦІНКА ФЕНОТИПОВОЇ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ЗРАЗКІВ СОЇ ОВОЧЕВОЇ ЗА ТРИВАЛІСТЮ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ

БОРОВИК В.О. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-0705-2105

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ГУРА В.В. – аспірант

orcid.org/0009-0005-4936-861X

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Останнім часом у світі значної популярності набула соя (*Glycine max* (L.) Merr.) овочевого напрямку використання. Її називають по-різному: едамаме, «їстівна соя», «незріла соя», «боби до пива» тощо [1]. Оптимальним строком збирання врожаю едамаме є фаза R6, коли боби мають інтенсивне зелене забарвлення, характеризуються низькою концентрацією олігоцукрів і антипоживних речовин, а також високим вмістом сахарози та значною масою незрілого насіння [2]. Завдяки високому вмісту білка, ізофлавонів, вітамінів С і U, а також мононенасичених жирних кислот, соя є цінним і поживним харчовим продуктом [3]. При впровадженні культури в виробництво, перевагу слід надавати сортам едамаме, адаптованим до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування [4, 5]. У зв'язку з цим створення сортів, придатних для регіонів вирощування сої овочевої, є актуальним і науково обґрунтованим завданням селекції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці стверджують, що завдяки високому вмісту поліненасичених жирів, клітковини, вітамінів, мінералів і низькому вмісту насичених жирів, соєві продукти мають багато корисних для здоров'я та терапевтичних ефектів [6, 7, 8]. Внаслідок ферментації *Bacillus subtilis* або *Aspergillus oryzae*, харчова цінність ферментованих соєвих продуктів підвищується. На думку Jayachandran et al. (2019) ферментація покращує засвоюваність і збільшує вміст соєвого білка та ізофлавонів, порівняно з неферментованими соєвими продуктами [9].

Для забезпечення високої врожайності сої овочевого напрямку необхідно створювати сорти з високими показниками якості насіння.

У селекційній практиці морфологічні ознаки сої (*Glycine max* (L.) Merr.) широко застосовуються як індикатори реакції в процесі добору, під час вивчення фенотипових і генотипових кореляцій, а також для

оцінювання придатності сортів до різних систем вирощування. Зокрема, науковці Woyann et al. (2020) свідчать, що ширина насіння, кількість вузлів на рослині та маса 1000 насінин істотно впливають на формування фенотипу популяції [10]. У дослідженнях Mehtood et al. (2023) середньоквадратичний аналіз дисперсії показав значну фенотипічну варіацію для більшості досліджуваних [11] ознак.

Отже, ідентифікація та залучення генетично різноманітної зародкової плазми є одним із пріоритетних напрямів удосконалення сільськогосподарських культур. Оцінювання параметрів генетичної мінливості, успадкованості та очікуваного генетичного прогресу засвідчило наявність значної генетичної варіабельності серед досліджених генотипів [12].

Створення конкурентоспроможних сортів сої овочевого напрямку використання є ключовою передумовою розвитку її виробництва. Досягнення цієї мети ґрунтується на залученні різноманітного генофонду для отримання нових форм із високою продуктивністю та покращеними біохімічними показниками. Це, у свою чергу, потребує поглибленого вивчення генетичних основ формування цінних господарських ознак [13].

За свідченням Chakelie et al. (2024) ідентифікація та залучення генетично різноманітної зародкової плазми є одним із пріоритетних напрямів удосконалення сільськогосподарських культур. Оцінювання параметрів генетичної мінливості, успадкованості та очікуваного генетичного прогресу засвідчило наявність значної генетичної варіабельності серед досліджених генотипів [14].

Тривалість вегетаційного періоду та врожайність належать до кількісних ознак, формування яких контролюється комплексом генів і значною мірою залежить від умов середовища, тому їх успадкування та мінливість вивчають методами кількісної генетики [15]. У зв'язку з цим дослідження було спрямоване на з'ясування



особливостей успадкування та мінливості тривалості вегетаційного періоду у генотипів овочевої сої з використанням підходів кількісної генетики.

Метою статті – висвітлення питання фенотипової та екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю з ціллю формування науково обґрунтованого матеріалу, придатного для селекції адаптивних та високопродуктивних сортів.

Матеріали і методика дослідження. Дослідження проводилась в умовах Південного Степу України на полях селекційної сівозміни Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, селище Наддніпрянське, Херсонського району, Херсонської області.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий середньосуглинковий. В орному шарі ґрунту вміст загального гумусу становив 2,0 – 2,2 %, нітратного азоту – 1,8 мг/кг, рухомих форм фосфору – 32,3 мг/кг та обмінного калію – 251,0 мг/кг ґрунту. Агрокліматичні умови регіону характеризуються високими літніми температурами, нерівномірним розподілом опадів та їх недостатньою кількістю впродовж вегетаційного періоду, що зумовлює часті прояви повітряної та ґрунтової посухи, а також суховійні явища. За таких умов дефіцит вологи є основним лімітуючим фактором формування врожайності, у зв'язку з чим вирощування сої овочевої здійснювали із застосуванням зрошення.

Площа однорядкової ділянки сої – 2,25 м², посів рядковий. У якості стандарту використовували сорт сої UD0200651 Кобра. Відмічалася дата появи сходів, проводились фенологічні спостереження: визначались фази розвитку рослин. Обліки висоти рослин, прикріплення нижніх бобів у сої, стійкість до вилягання, посухи та ураження найбільш поширеними в південній зоні України хворобами, проводили в період цвітіння – формування насіння у сої.

Обліки та спостереження проводяться на всіх етапах вивчення колекційних зразків. Фенологічні спостереження проводять через день, відмічаються

сходи рослин, гілкування, цвітіння, стиглості насіння. Збирається насіння ручним способом з послідуємим обмолотом снопового матеріалу та аналізом структури урожаю.

Досліджувались зразки сої овочевої (*Glycine max* L.): UD0200651 Кобра, стандарт, UD0200177 Fiskeby V, UD0200640 Karikachi, UD0200903 Фора, UD0201080 Веста, UD0201152 20/25), UD0202500 Sac, UKR001:02858 Л 361-1-13, UKR001:02859 Л 362-2-13, UKR001:02860 Л 364-2-13, UKR001:02861 Л 368-3-13, UKR001:02864 Л 380-2-13 з метою виділення кращих для подальшої селекційної роботи.

Оцінювали зразки за методикою Державної комісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур [16], Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [17]. Обліки і спостереження за розвитком рослин виконувалися згідно методичних рекомендацій НЦГРПУ – Широкий уніфікований класифікатор [18], Ідентифікація ознак зернобобових культур [19]. Статистичну обробку отриманих даних виконували згідно Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [20].

Для дослідження мінливості ознак, розраховували коефіцієнти варіації, що відображають відносний характер їх розсіювання. Коефіцієнт варіації використовували для оцінки мінливості ознак у математичному вираженні, посилаючись на шкалу відношень [19].

Результати досліджень. Оцінку фенотипової та екологічної мінливості здійснювали за діапазоном варіювання показників маси насіння з 1 м² та амплітудою їх коливань за роками досліджень (табл. 1).

Аналіз показників врожайності зразків сої овочевої за 2023–2025 рр. засвідчив значну мінливість цієї ознаки залежно від умов років досліджень. Середня врожайність варіювала від 181,0 г у стандартного сорту Кобра до 309,7 г у лінії Л 380-2-13. Високі значення також відзначено у зразків Sac (305,3 г), Л 362-2-13 (289,7 г) та у Фора (269,1 г). Перевищення над стандартом Кобра становило, відповідно, 128,7; 124,3; 108,7 та 88,1 г.

Таблиця 1

Екологічна стабільність та варіація врожайності зразків сої овочевої

Назва зразка	Роки досліджень			Середнє, г	SD, г	V, %
	2023	2024	2025			
Кобра (стандарт)	188,0	200,0	155,0	181,0	22,0	12,2
Fiskeby V	230,0	204,0	198,0	210,7		7,9
Karikachi	270,0	195,0	182,0	215,7	44,0	20,4
Фора	356,0	231,0	220,2	269,1	72,5	26,9
Веста	216,0	254,0	195,0	221,7	31,6	14,3
20/25	256,0	162,0	154,0	190,7	55,5	29,1
Sac	352,0	332,0	232,0	305,3	61,1	20,0
Л 361-1-13	328,0	218,0	209,0	251,7	61,5	24,4
Л 362-2-13	312,0	282,0	275,0	289,7	19,2	6,6
Л 364-2-13	252,0	232,0	220,0	234,7	16,0	6,8
Л 368-3-13	332,0	249,0	232,0	271,0	50,4	18,6
Л 380-2-13	324,0	306,0	299,0	309,7	12,5	4,0

Примітка: SD – стандартне відхилення (σ), показник варіації врожайності зразків за роками досліджень; V – коефіцієнт варіації, %.

Водночас встановлено, що високий рівень продуктивності не завжди поєднується зі стабільністю. Зокрема, зразок Sac, поряд із високою врожайністю, характеризувався середнім рівнем екологічної варіабельності, що свідчить про його меншу адаптивність до нестійких умов вирощування.

За діапазоном коливань маси насіння з 1 м² виділено групи з різною мінливістю. Низьку мінливість (25,0–32,0 г) виявлено у ліній Л 380-2-13 (299,0–324,0 г), Л 362-2-13 (275–312 г) та Л 364-2-13 (220–252 г), коефіцієнт варіації яких становив відповідно 4,0; 6,6 та 6,8 %. Високу мінливість (≥100 г) демонстрували зразки Фора (220,2–356,0 г) і 20/25 (154,0–256,0 г) із коефіцієнтом варіації 26,9–29,1 %.

Згідно з даними таблиці 2, у лінії Л 380-2-13 стандартне відхилення врожайності (SD) становило 12,5 г, що свідчить про незначну міжрічну варіацію та високу стабільність. Натомість у зразка Фора SD дорівнювало 72,5 г, що вказує на суттєві коливання врожайності залежно від умов року.

Загалом показники стандартного відхилення та коефіцієнта варіації підтверджують різний рівень екологічної стабільності досліджуваних генотипів. Найбільш стабільними виявилися лінії Л 380-2-13 (V = 4,0 %), Л 362-2-13 (V = 6,6 %) та Л 364-2-13 (V = 6,8 %), а також сорт Fiskeby V (7,9 %). Високу варіабельність відмічено

у зразків 20/25 (29,1 %), Фора (26,9 %) та Л 361-1-13 (24,4 %). У решти зразків спостерігався середній рівень мінливості (V = 11–25 %).

Отже, найвищу середню врожайність формували зразки Л 380-2-13, Sac, Л 362-2-13 і Фора, проте не всі вони поєднували високу продуктивність зі стабільністю, що необхідно враховувати при доборі вихідного матеріалу для умов із нестійким середовищем.

Комплексна оцінка колекційних зразків сої овочевої за поєднанням коефіцієнта кореляції (r) та коефіцієнта мінливості (V, %) дозволила диференціювати генотипи за типом адаптивної стратегії та селекційною цінністю, оскільки поєднання напрямку й сили кореляційного зв'язку з рівнем варіабельності продуктивності відображає характер реалізації генетичного потенціалу в умовах змінної тривалості вегетаційного періоду.

Проведений аналіз взаємозв'язку між тривалістю вегетації та масою насіння з 1 м² у зразків сої овочевої за 2023–2025 рр. засвідчив наявність істотної генотипової диференціації за характером кореляційної реакції. Значення коефіцієнта кореляції (r), варіювали від –0,80 до 0,91.

На основі середніх за 2023–2025 рр. даних простежується **позитивна тенденція** між тривалістю періоду вегетації та масою насіння з 1 м², а саме: зі збільшенням тривалості вегетації від 80 діб (Кобра) до 95 діб (Л

Таблиця 2

Кореляційний зв'язок між тривалістю періоду вегетації та масою насіння і коефіцієнт мінливості (V, %) зразків сої овочевої, 2023–2025 рр.

№	Назва сорту	Тривалість вегетації, діб*	Маса насіння, г/м ² *	Коефіцієнт кореляції (r)	Коефіцієнт мінливості (V, %)	Інтерпретація адаптивної реакції
1	Кобра (стандарт)	78–83	155–200	0,72	12,2	Стабільне зростання маси насіння за подовження вегетації
2	Fiskeby V	87–99	198–230	–0,65	7,9	Зниження продуктивності за подовження вегетації
3	Karikachi	85–90	182–270	–0,40	20,4	Вплив умов року переважає над тривалістю вегетації
4	Фора	84–95	220–356	0,88	26,9	Виражена позитивна реакція, висока варіабельність
5	Веста	84–94	195–254	0,60	14,3	Помірна пластичність, стабільна реакція
6	20/25	83–93	154–256	–0,80	29,1	Подовження періоду не забезпечує приросту врожайності
7	Sac	80–90	232–352	0,91	20,0	Найбільш виражена позитивна реакція
8	Л 361-1-13	80–85	209–328	0,75	24,4	Висока реалізація потенціалу за варіабельних умов
9	Л 362-2-13	88–99	275–312	0,65	6,6	Висока стабільність і позитивна тенденція
10	Л 364-2-13	85–91	220–252	0,50	6,8	Помірна адаптивна реакція, низька мінливість
11	Л 368-3-13	85–111	232–332	0,55	18,6	Підвищена екологічна мінливість
12	Л 380-2-13	90–101	299–324	0,70	4,0	Висока стабільна продуктивність, мінімальна варіабельність

*Примітка** Показники тривалості вегетації та маси насіння подано як інтервал варіювання с що відображає їх зміну за роками досліджень

380-2-13) середня маса насіння зростає – від 181,0 г/м² до 309,7 г/м². Коефіцієнт кореляції між середньою тривалістю вегетації та продуктивністю знаходиться в межах 0,60 – 0,91, що свідчить про суттєвий вплив генотипу та умов року.

Загалом, подовження періоду вегетації сприяє підвищенню продуктивності. Пояснюється це довшим періодом фотосинтетичної активності та накопиченням сухої речовини. Однак зв'язок не є абсолютно лінійним, оскільки врожайність також формується генотипом і реакцією сорту на екологічні умови, що вказує на необхідність комплексної оцінки селекційного матеріалу (табл. 2).

Встановлено, що більшість досліджуваних зразків (9 із 12) характеризуються позитивним кореляційним зв'язком різної сили ($r = 0,50-0,91$), що свідчить про зростання продуктивності за подовження періоду вегетації.

Найвищі значення коефіцієнта кореляції виявлено у зразків Sac ($r = 0,91$) та Фора ($r = 0,88$), що вказує на їхню виражену реакцію на подовження вегетації та здатність формувати підвищену масу насіння за сприятливих умов року. Подібний тип адаптивності характерний також для ліній Л 361-1-13 ($r = 0,75$), Л 380-2-13 ($r = 0,70$) та стандарту Кобра ($r = 0,72$). Зазначені генотипи мають високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності.

Група зразків із помірним позитивним зв'язком – Л 362-2-13 ($r = 0,65$), Веста ($r = 0,60$), Л 368-3-13 ($r = 0,55$) та Л 364-2-13 ($r = 0,50$) – характеризується прогнозованою, але менш вираженою реакцією на зміну тривалості вегетації. Їх продуктивність у значній мірі визначається комплексом абіотичних чинників середовища, що свідчить про середній рівень адаптивності та стабільності.

Натомість зразки з негативним типом кореляційного зв'язку – 20/25 ($r = -0,80$), Fiskeby V ($r = -0,65$) та Karikachi ($r = -0,40$) – не демонструють приросту продуктивності або навіть супроводжується її зниженням за подовження вегетаційного періоду. Отримані дані можуть свідчити про їхню чутливість до стресових умов тривалого періоду або залежність продуктивності від інших екологічних чинників. Такі генотипи з негативним типом зв'язку можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності.

Отже, встановлена різноспрямованість кореляційної реакції підтверджує наявність значного внутрішньовидового різноманіття за характером взаємозв'язку «тривалість вегетації – продуктивність». Генотипи з високими позитивними значеннями коефіцієнта кореляції є перспективними для селекції на підвищення врожайності в умовах достатнього агрокліматичного ресурсу, тоді як зразки з негативним типом зв'язку – становлять інтерес для створення адаптованих скоростиглих сортів.

Висновки. Зразок Л 380-2-13 вирізняється найбільш збалансованим поєднанням високої продуктивності та екологічної стабільності, що підтверджується найнижчим значенням коефіцієнта мінливості ($V = 4,0\%$) і сильним кореляційним зв'язком ($r = 0,70$) між досліджуваними показниками.

Зразки з дуже високими абсолютними значеннями коефіцієнта кореляції ($r = 0,88$ – Фора; $r = 0,91$ – Sac) характеризуються підвищеною екологічною залежністю прояву ознак, що забезпечує ефективну реалізацію потенціалу продуктивності за інтенсивних умов вирощування, однак може супроводжуватися підвищеною варіабельністю показників у нестабільних кліматичних умовах Південного Степу України.

Комплексний аналіз фенотипової та екологічної мінливості маси насіння з 1 м² із використанням коефіцієнта варіації (V , %) та коефіцієнта кореляції (r) з тривалістю періоду вегетації дозволив чітко диференціювати досліджувані генотипи за рівнем адаптивності. Найвищою екологічною стабільністю характеризуються лінії Л 380-2-13 ($V 4,0\%$; $r = 0,76$), Л 362-2-13 ($V 6,6\%$; $r = 0,84$) та Л 364-2-13 ($V 6,8\%$; $r = 0,94$), які забезпечували вирівнювану реалізацію продуктивного потенціалу за роками досліджень. Високою продуктивністю, але підвищеною екологічною чутливістю відзначилися Sac, Фора, Karikachi, 20/25 та Л 361-1-13, для яких характерні високі значення V (понад 20 %) та сильна кореляційна залежність ($r \geq 0,93$). Стандарт Кобра і сорт Веста проявили середній рівень мінливості та помірну реакцію на зміну тривалості вегетаційного періоду.

Натомість зразки з негативним типом зв'язку можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності

Генотипи з критерієм оцінки $r \geq 0,65$ при $V \leq 10\%$ (або близько до цього рівня) відзначаються низькою міжрічною варіабельністю продуктивності, що свідчить про високий рівень гомеостатичності. Особливої селекційної цінності набувають лінії Л 380-2-13 та Л 362-2-13, які поєднують позитивний кореляційний зв'язок із мінімальною мінливістю, забезпечуючи стабільну реалізацію потенціалу за різних умов років. Вони є перспективними для створення сортів інтенсивного типу з прогнозованою продуктивністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Carneiro R., Duncan S., O'Keefe S., et al. Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580.
- Carneiro R.C.V., Drape T.A., Neill C.L., et al. Assessing Consumer Preferences and Intentions to Buy Edamame Produced in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. 5:736247. doi: 10.3389/fsufs.2021.736247
- Yu D., Lord N., Polk J., et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.* 2022 Jan 30;368:130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799.
- Zhang B., Lord N., Kuhar T., et al. A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* 2021. P. 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140.
- Jankauskienė J., Brazaitytė A., Vaštakaitė-Kairienė V. Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca.* 2021. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267.

6. Ky H., Giang V.Q., Hien N.L., Chau T.N. Variation in phenotypic and genotypic characteristics of the soybean collection at Can Tho University. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2022. 44(5):1164-1224. DOI:10.14456/sjst-psu.2022.152.
7. Zuo X., Zhao R., Wu M., et al. Soy consumption and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2023. 15, 1358. doi: 10.3390/nu15061358.
8. Fan Y., Wang M., Li Z., et al. Intake of Soy, Soy Isoflavones and Soy Protein and Risk of Cancer Incidence and Mortality. *Front Nutr*. 2022. 4;9:847421. doi: 10.3389/fnut.2022.847421.
9. Jayachandran M., Xu B. An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chem*. 2019. 271, 362–371. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.158.
10. Woyann L.G., Meira D., Matei G., Zdziarski A.D., Dallacorte L.V., Madella L.A., Benin G. Selection indexes based on linear-bilinear models applied to soybean breeding. *Agronomy Journal*. 2020. DOI:10.2134/agronj2019.05.0345.
11. Mehmood K., Khan D., Saeed M., et al. Phenotypic and genetic characterization of soybean (*Glycine max*) genotypes for yield and drought stress tolerance. *Journal of Pure and Applied Agriculture*. 2023. 8(3): 22-33.
12. Chakelie G., Atnaf M., Abate A. Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 2025. 34(4), 72–99. <https://www.ajol.info/index.php/ejas/article/view/289430>.
13. Shilpashree N., Devi S.N., Manjunathagowda D.C., et al. Morphological Characterization, Variability and Diversity among Vegetable Soybean (*Glycine max* L.). *Genotypes. Plants*. 2021. 10, 671. <https://doi.org/10.3390/plants10040671>.
14. Chakelie G., Atnaf M., Abate A. Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiop. J. Agric. Sci*. 2024. 34(4) 72-99.
15. Mitiku A., Gudina G., Yasin B., Abdu M. Comprehensive Assessment of Genetic Variability, Association Analysis, and Elucidation of Direct and Indirect Effects of Yield and Yield Contributing Traits From Diverse Exogenous Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes in Jimma District, Southwest Ethiopia, *Advances in Agriculture*, 2025, 2865503, 13 pages, 2025. <https://doi.org/10.1155/aia/2865503>.
16. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ: Алефа, 2001. 76 с.
17. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова та ін. Херсон: Вид-во Гринь Д. С., 2014. 286 с.
18. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max* (L.) Merr. / Кобизєва Л. Н., Рябчун В. К., Безугла О. М., Дрепіна Т. О., Дрепін І. М., Потьомкіна Л. М., Сокол Т. В., Божко Т. М., Садовой О. О., Білявська Л. Г. Харків, 2004. 38 с.
19. Ідентифікація ознак зернобобових культур / Кириченко В.В., Кобизєва Л.Н., Петренкова В.П., Рябчун В.К. та ін. Харків, 2009. 174 с.
20. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польових дослідів (зрошуване землеробство). Херсон: Гринь Д.С., 2004. 284 с.

REFERENCES:

1. Carneiro, R., Duncan, S., O'Keefe, S., Yu, D., Huang, H., Yin, Y., Neill, C., Zhang, B., Kuhar, T., Rideout, S., Reiter, M., Ross, J., Chen, P. & Gillen, A. (2021). Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.* Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580.
2. Carneiro, R.C.V., Drape, T.A., Neill, C.L., Zhang, B., O'Keefe, S.F. & Duncan, S.E. (2022). Assessing Consumer Preferences and Intentions to Buy Edamame Produced in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:736247. doi: 10.3389/fsufs.2021.736247.
3. Yu, D., Lord, N., Polk, J., Dhakal, K., Li, S., Yin, Y., Duncan, S.E., Wang, H., Zhang, B., & Huang, H. (2022). Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.* Jan 30;368:130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799.
4. Zhang, B., Lord, N., & Kuhar, T., et al. (2021). A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* P. 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140.
5. Jankauskienė, J., Brazaitytė, A., & Vaštakaitė-Kairienė, V. (2021). Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267.
6. Ky, H., Giang, V.Q., Hien, N.L., & Chau, T.N. (2022). Variation in phenotypic and genotypic characteristics of the soybean collection at Can Tho University. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 44(5):1164-1224. DOI:10.14456/sjst-psu.2022.152.
7. Zuo, X., Zhao, R., Wu, M., Wan, Q., & Li, T. (2023). Soy consumption and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 15, 1358. doi: 10.3390/nu15061358.
8. Fan, Y., Wang, M., & Li, Z., et al. (2022). Intake of Soy, Soy Isoflavones and Soy Protein and Risk of Cancer Incidence and Mortality. *Front Nutr*. 4;9:847421. doi: 10.3389/fnut.2022.847421.
9. Jayachandran, M., & Xu, B. (2019). An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chem*. 271, 362–371. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.158.
10. Woyann, L.G., Meira, D., & Matei, G., et al. (2020). Selection indexes based on linear-bilinear models applied to soybean breeding. *Agronomy Journal*. DOI:10.2134/agronj2019.05.0345.
11. Mehmood, K., Khan, D., & Saeed, M., et al. (2023). Phenotypic and genetic characterization of soybean (*Glycine max*) genotypes for yield and drought stress tolerance. *Journal of Pure and Applied Agriculture*. 8(3): 22-33.
12. Chakelie, G., Atnaf, M. & Abate, A. (2025). Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 34(4), 72–99.
13. Shilpashree, N., Devi, S.N., & Manjunathagowda, D.C., et al. (2021). Morphological Characterization, Variability and Diversity among Vegetable Soybean (*Glycine max*

- L.). *Genotypes. Plants*. 10, 671. <https://doi.org/10.3390/plants10040671>
14. Chakelie, G., Atnaf, M. & Abate, A. (2024). Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 34(4) 72-99
 15. Mitiku, A., Gudina, G., Yasin, B., & Abdu, M. (2025). Comprehensive Assessment of Genetic Variability, Association Analysis, and Elucidation of Direct and Indirect Effects of Yield and Yield Contributing Traits From Diverse Exogenous Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes in Jimma District, Southwest Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2865503, 13. <https://doi.org/10.1155/aia/2865503>
 16. Volkodav, V.V. (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovuprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk tretii (oliini, tekhnichni, priadylni ta kormovi kultury) [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue three (oil, technical, spinning and fodder crops)]*. Kyiv, 76 [in Ukrainian].
 17. Vozhehova, R.A.(Eds.). (2014). *Metodyka polovoykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Green D.S., 286 [in Ukrainian].
 18. Kobzyeva, L.N., Ryabchun, V.K., Bezugla, O.M., Drepina, T.O., Drepin, I.M, Potemkina, L.M., Sokol, T.V., Bozhko, T.M., Sadovoy, O.O. & Biliavska, L.G. (2004) *Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu [Broad unified classifier of the genus Glycine max. (L.) Merr.]*. Kharkiv, 36 [in Ukrainian].
 19. Kirichenko, V.V., Kobzyeva, L.N., Petrenkova, V.P., & Riabchun, V.K. et al. (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur [Identification of signs of legumes]*. Kharkiv, 174 [in Ukrainian].
 20. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2004). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S., 284 [in Ukrainian].

Боровик В.О., Гура В.В. Оцінка фенотипової й екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю

Мета досліджень – висвітлення питання фенотипової та екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю з ціллю формування науково обґрунтованого матеріалу, придатного для селекції адаптивних та високопродуктивних сортів. **Методи** досліджень польові, лабораторні, статистичні. **Результати досліджень**. Виявлено, що показники стандартного відхилення та коефіцієнта варіації підтверджують різний рівень екологічної стабільності досліджуваних генотипів. Найбільшою стабільністю характеризувалися лінії Л 380-2-13 ($V = 4,0\%$), Л 362-2-13 ($V = 6,6\%$) та Л 364-2-13 ($V = 6,8\%$), а також сорт Fiskeby V ($7,9\%$). Високу варіабельність відмічено у зразків 20/25 ($29,1\%$), Фора ($26,9\%$) та Л 361-1-13 ($24,4\%$). У решти зразків спостерігався середній рівень мінливості ($V = 11–25\%$). Найвищу середню врожайність формували зразки Л 380-2-13, Sac, Л 362-2-13 і Фора, проте не всі вони поєднували високу продуктивність зі стабільністю, що необхідно враховувати при доборі вихідного матеріалу для умов із нестійким середовищем. Аналіз взаємозв'язку між тривалістю вегетації та масою насіння з 1 м^2 у зразків сої овочевої за 2023–2025

рр. засвідчив наявність істотної генотипової диференціації за характером кореляційної реакції. Значення коефіцієнта кореляції (r), варіювали від $-0,80$ до $0,91$. Більшість досліджуваних зразків (9 із 12) характеризуються позитивним кореляційним зв'язком різної сили ($r = 0,50–0,91$), що свідчить про зростання продуктивності за подовження періоду вегетації. Найвищі значення коефіцієнта кореляції виявлено у зразків Sac ($r = 0,91$) та Фора ($r = 0,88$), що вказує на їхню виражену реакцію на подовження вегетації та здатність формувати підвищену масу насіння за сприятливих умов року. Подібний тип адаптивності характерний також для ліній Л 361-1-13 ($r = 0,75$), Л 380-2-13 ($r = 0,70$) та стандарту Кобра ($r = 0,72$). Зазначені генотипи мають високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності. **Висновки**. Встановлена різноспрямованість кореляційної реакції підтверджує наявність значного внутрішньовидового різноманіття за характером взаємозв'язку «тривалість вегетації – продуктивність». Генотипи з високими позитивними значеннями коефіцієнта кореляції є перспективними для селекції на підвищення врожайності в умовах достатнього агрокліматичного ресурсу, представляють високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності. Тоді як зразки з негативним типом зв'язку – становлять інтерес для створення адаптованих скоростиглих сортів, можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності.

Ключові слова: вегетаційний період, маса насіння з 1 м^2 , стабільність, мінливість, кореляція.

Borovyk V.O., Gura V.V. Assessment of phenotypic and ecological variability of vegetable soybean samples by the duration of the vegetation period and productivity

The purpose of the research is to highlight the issue of phenotypic and ecological variability of vegetable soybean samples by the duration of the vegetation period and productivity with the aim of forming scientifically substantiated material suitable for breeding adaptive and high-yielding varieties. **Research methods:** field, laboratory, statistical. **Research results.** It was found that the standard deviation and coefficient of variation indicators confirm the different level of ecological stability of the studied genotypes. The lines L 380-2-13 ($V = 4.0\%$), L 362-2-13 ($V = 6.6\%$) and L 364-2-13 ($V = 6.8\%$), as well as the Fiskeby V variety (7.9%) were characterized by the greatest stability. High variability was observed in samples 20/25 (29.1%), Fora (26.9%) and L 361-1-13 (24.4%). The remaining samples had an average level of variability ($V = 11–25\%$).

The highest average yield was formed by samples L 380-2-13, Sac, L 362-2-13 and Fora, but not all of them combined high productivity with stability, which must be taken into account when selecting starting material for conditions with an unstable environment. Analysis of the relationship between the duration of vegetation and the mass of seeds per 1 м^2 in vegetable soybean samples for 2023–2025 showed the presence of significant genotypic differentiation by the nature of the correlation reaction. The values of the correlation coefficient (r) varied from -0.80 to 0.91 . Most of the studied samples (9 out of 12) are characterized by a positive correlation of varying strength ($r = 0.50–0.91$), which indicates an increase in productivity with an extension of the growing season. The highest

values of the correlation coefficient were found in the samples Sac ($r = 0.91$) and Fora ($r = 0.88$), which indicates their pronounced reaction to the extension of the growing season and the ability to form an increased seed mass under favorable conditions of the year. A similar type of adaptability is also characteristic of the lines L 361-1-13 ($r = 0.75$), L 380-2-13 ($r = 0.70$) and the standard Cobra ($r = 0.72$). These genotypes have a high breeding value as a source of combining productivity and ecological plasticity. **Conclusions.** The established multidirectionality of the correlation reaction confirms the presence of significant intraspecific diversity in the nature of the relationship

"vegetation duration – productivity". Genotypes with high positive values of the correlation coefficient are promising for breeding to increase yield in conditions of sufficient agroclimatic resources, represent a high breeding value as a source of combining productivity and ecological plasticity. While samples with a negative type of connection are of interest for creating adapted early-ripening varieties, can be used in breeding for early maturity and adaptation to stressful conditions, which is especially relevant in the context of trends in climatic instability.

Key words: growing season, seed mass per 1 m², stability, variability, correlation.

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026