



УДК 631.527.8:633.111.1

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.17>

ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ СОЇ ОВОЧЕВОЇ ГІБРИДАМИ F_3 - F_4 ЗА РІЗНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

В. В. Гура¹, В. О. Боровик², О. С. Дробіт³

У статті представлено результати вивчення характеру успадкування тривалості періоду вегетації в гібридних комбінаціях сої овочевої (*Glycine max* L. Merr.) у поколіннях F_3 - F_4 . Метою дослідження було виділення серед досліджуваних гібридних комбінацій форм сої овочевого напрямку використання з різною тривалістю періоду вегетації – від сходів до повної стиглості – і встановити особливості успадкування цієї ознаки гібридами F_3 - F_4 . Методи досліджень: польовий – для встановлення фенологічних фаз росту й розвитку рослин; вимірально-ваговий – для проведення обліку врожаю; лабораторний – для визначення структури врожаю; математично-статистичний – для дисперсійного аналізу й статистичної обробки даних з метою оцінки достовірності отриманих результатів.

Установлено наявність різних типів домінування, зокрема гетерозису (наддомінування), часткового позитивного домінування й від'ємного гетерозису (депресії). Наддомінування за вегетаційним періодом спостерігалось в комбінаціях *Karikachi* × *Фора*, *Sac* × *IU031301*, *Л 362-2-13* × *Fiskeby V* та *Fiskeby V* × *IU031301*. Порівняння меж варіації ознаки в поколіннях F_3 та F_4 вказує на звуження діапазону мінливості в F_4 , порівняно з F_3 , а саме: для гібридів третього покоління вона знаходиться в діапазоні 15,2–37,1, для четвертого – 12,3–24,1, що свідчить про дію стабілізуючого добору та вплив агроекологічних умов. Більшість гібридних популяцій F_3 - F_4 були скоростиглими

¹ аспірант відділу селекції сільськогосподарських культур
(Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України, смт Хлібодарське)
e-mail: vladgura000@gmail.com
ORCID: 0009-0005-4936-861X

² доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур
(Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України, смт Хлібодарське)
e-mail: veraborovik@meta.ua
ORCID: 0000-0003-0705-2105

³ кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
провідний науковий співробітник відділу первинного та елітного насінництва
(Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України, смт Хлібодарське);
доцент кафедри польових і овочевих культур
(Одеський державний аграрний університет, м. Одеса)
e-mail: Kolpakovalesya80@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3633-5828

(90–105 діб), за винятком окремих комбінацій: Sac × IU031301 (89 діб – ультраскоростигла) і Karikachi × Форa (113–116 діб – середньостигла). Показано, що гібридний матеріал в умовах зрошення характеризувався децю вузьким діапазоном варіації тривалості вегетації (90–112 діб) порівняно з природним зволоженням (87–109 діб). Коефіцієнт генотипової мінливості ($V_g\%$) у зрошуваних умовах становив 21,8–24,1%, що підтверджує значний селекційний потенціал досліджуваних ліній. Результати підтверджують ефективність добору в ранніх поколіннях і доцільність використання комбінацій з проявами гетерозису для подальшої селекційної роботи зі створення скоростиглих, адаптованих до умов зрошення сортів овочевої сої.

Результати досліджень засвідчили, що в більшості гібридних популяцій F_4 коефіцієнт варіації за тривалістю вегетаційного періоду був нижчим порівняно з F_3 , що свідчить про зменшення ефективності добору за цією ознакою в пізніших поколіннях. Зниження варіабельності є наслідком дії стабілізуючого добору в напрямі більш адаптованих фенотипів, а також можливої дії штучного негативного (несвідомого) добору під час збирання врожаю у фазі масового дозрівання. Більшість досліджуваних гібридних популяцій F_3 – F_4 характеризувалися скоростиглістю, з тривалістю періоду вегетації в межах 90–105 діб. Винятком була комбінація Sac × IU031301, яка в умовах природного зволоження проявила ультраскоростиглість (89 діб). Натомість комбінація Karikachi × Форa продемонструвала середньостиглість – 113 діб у неполивних умовах і 116 діб за зрошення.

Ключові слова: соя овочева, гетерозис, тривалість вегетаційного періоду, успадкування, покоління F_3 – F_4 , генотипова мінливість, стабілізуючий добір, зрошення.

FEATURES OF THE DURATION INHERITANCE OF THE VEGETATION PERIOD OF HYBRIDS F_3 – F_4 OF SOYBEAN (VEGETABLE) UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS

V. V. Gura, V. O. Borovyk, O. S. Drobit

The article presents the results of a study on the inheritance pattern of the vegetation period duration in hybrid combinations of vegetable soybean (*Glycine max* L. Merr.) in the F_3 – F_4 generations. The aim of the research was to identify forms with various lengths of the period from emergence to full maturity among the studied hybrid combinations of vegetable soybean and to determine the inheritance characteristics of this trait in the F_3 – F_4 generations. Methods: the field method was used to record phenological growth stages; the weighing and measuring method – for yield accounting; the laboratory method – for determining yield structure; and statistical and mathematical methods – for conducting analysis of variance and statistical processing of the data to assess the reliability of the obtained results.

Various types of dominance were observed, including heterosis (overdominance), partial positive dominance, and negative heterosis (depression). Overdominance in the duration of the vegetation period was recorded in the combinations Karikachi × Форa, Sac × IU031301, L 362-2-13 × Fiskeby V, and Fiskeby V × IU031301. Comparison of variability ranges in F_3 and F_4 showed a narrowing of the variation in F_4 (from 15.2–37.1 to 12.3–24.1 days), indicating the influence of stabilizing selection and agroecological factors. Most hybrid populations in the F_3 – F_4 generations were early-maturing (90–105 days), with exceptions such as Sac × IU031301 (ultra-early, 89 days) and Karikachi × Форa (medium-maturing, 113–116 days). The hybrid material under irrigation had a slightly narrower range of vegetation period duration (90–112 days) compared to rainfed conditions (87–109 days). The genotypic variability coefficient ($V_g\%$) under irrigation was 21.8–24.1%, indicating a high breeding potential of the studied lines. The findings confirm the effectiveness of selection in early generations and the feasibility of using heterotic combinations in the development of early-maturing, irrigation-adapted vegetable soybean varieties.

The study confirmed that in most F_4 hybrid populations, the coefficient of variation for vegetation period duration was lower compared to F_3 , indicating reduced selection efficiency for this trait in later generations. The reduction in variability is attributed to the action of stabilizing selection toward better-adapted phenotypes, as well as possible unintended artificial negative selection during harvesting in the phase of mass maturity. Most of the hybrid populations examined in the F_3 – F_4 generations were early-maturing, with a vegetation period of 90–105 days. The Sac × IU031301 combination stood out for its ultra-early maturity (89 days) under rainfed conditions, while the Karikachi × Форa combination showed medium maturity – 113 days in non-irrigated and 116 days under irrigation.

Key words: vegetable soybean, heterosis, duration of vegetation period, inheritance, F_3 – F_4 generation, genotypic variability, stabilizing selection, irrigation.

Вступ

Соя овочева, або едамаме [*Glycine max* (L.) Merr.], є цінною агрокультурою, що поєднує короткий вегетаційний період, високу поживну цінність, здатність до біологічної фіксації атмосферного азоту й відносно низькі витрати на вирощування (Ідентифікація ..., 2009; Zeirina et al., 2022). Завдяки цим характеристикам вона є не лише прибутковою, а й ґрунтозбагачувальною культурою, придатною для включення в різні системи землеробства, зокрема в зонах із жарким кліматом. На відміну від сої зернової (що вирощують для отримання олії та джерела білка в кормах для тварин), боби едамаме збирають зеленими та незрілими, споживають як овоч (Насіннева ..., 2004; Li et al., 2022; Nasir et al., 2023).

Останніми десятиліттями у світі спостерігається все більший інтерес до цієї бобової рослини, що зумовлено підвищенням обізнаності споживачів про її харчову цінність і загальною тенденцією до формування здорового способу життя (Guo et al., 2022; Nair et al., 2023).

При вивченні тривалості міжфазних і вегетаційного періодів сортів сої овчевої залежно від гідротермічних умов, дослідниками М.Б. Грабовським та ін. (2024) встановлено, що тривалість вегетації культури має середній зв'язок із кількістю опадів ($r = 0,73$), температурою повітря ($r = 0,62$) та сильний зворотний зв'язок із гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) ($r = -0,90$) (Грабовський та ін., 2004). Схожої думки дотримуються В. Насір та ін. (2023), які акцентують увагу на тому, що добір едамаме для адаптації необхідно проводити за допомогою аналізу головних компонентів за різних кліматичних факторів на стадії розсади (Nasir et al., 2023).

Результати досліджень Б.Т. Сілер та М.П. Сінгх (2022), а також закордонних науковців А. Малкомсон та ін. (2024) показують, що виробники цієї бобової рослини можуть підвищити врожайність насіння та прибутковість так, щоб використовувати максимально доступний вегетаційний період росту й розвитку (Siler & Singh, 2022; Malcomson et al., 2024). Це спричинило суттєве розширення ринкового попиту, зокрема, і в країнах, де раніше соя овочева розглядалася переважно як кормова або олійна культура.

Дослідниками А.Н. Кобизевою та ін. виявлені значні позитивні кореляції між кількістю насінин і бобів на рослину, між цими

двома ознаками й урожайністю насіння з рослини, а також між цвітінням, дозріванням, висотою рослини та висотою першого бобу (Кобизева та ін., 2004).

О.В. Мазур та ін. (2024) вважають, що тривалість періоду вегетації в сортів рослин сої овчевої значно залежить від сортових особливостей, інокуляції насіння й удобрення (Mazur et al., 2024). Також іншими дослідниками встановлено, що врожайність цієї бобової культури може бути знижена через коротший вегетативний період росту й раніше цвітіння за пізньої сівби (Seo et al., 2024).

Широкі дослідження та селекція едамаме все ще обмежені в багатьох країнах. Необхідна цілеспрямована дослідницька діяльність з урахуванням агроекологічної адаптації, прибутку фермерів і переробників, уподобань споживачів, якості й харчування. Згідно з результатами досліджень С. Ріхель-Бельської та ін. (2025), тривалість вегетаційного періоду є однією з основних ознак, за якою сорти сої істотно відрізняються між собою (Rychel-Bielska et al., 2025). Ця ознака перебуває під чітким генетичним контролем і, за їхніми даними, приблизно на 70% зумовлюється спадковими особливостями сорту.

У контексті глобальних кліматичних змін і розширення зон можливого вирощування сої овчевої особливо актуальним є пошук та оцінка сортів, здатних також реалізувати свій продуктивний потенціал в умовах жаркого посушливого літа. Саме на ці завдання спрямовані наші дослідження.

Матеріал і методи

Дослідження проводили на полях селекційної сівозміни відділу селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН упродовж 2023–2024 років. Об'єктом вивчення були колекційні зразки сої овчевої різних груп стиглості й гібридний матеріал.

Агротехнічні умови дослідів відповідали загальноприйнятим для Південного Степу України й реалізовувалися на темно-каштанових середньосуглинкових слабосолонцюватих ґрунтах, сформованих у сухостеповій природно-кліматичній зоні. За результатами агрохімічного аналізу, встановлено такі показники валового вмісту основних макроелементів: загальний азот – 0,11–0,16%, фосфор – 0,07–0,09%, калій – 2,10–2,33%. За рівнем забезпеченості рухомими формами поживних речовин ґрунт характеризується низьким вмістом азоту, середнім – фосфору

й середнім або підвищеним – калію. Орний горизонт ґрунтів містить 2–3% гумусу з тенденцією до зниження його вмісту з глибиною. Катіонно-обмінна ємність становить 30,5 ммоль (екв)/100 г ґрунту, при цьому переважає кальцій – 21,3 ммоль (екв). Частка інших обмінних катіонів: магній – 6,3 ммоль (екв), калій – 1,6 ммоль (екв), натрій – 1,3 ммоль (екв). Такий склад зумовлює слабо нейтральну реакцію ґрунтового середовища в межах рН 6,8–7,2.

За агрофізичними показниками ґрунти характеризуються: найменшою вологоємністю (НВ) – 21,3%, вологістю в'янення (ВВ) – 9,5% щільністю складання – 1,41 т/м³, що відповідає оптимальним умовам для вирощування сільськогосподарських культур. Глибина залягання підґрунтових вод становить 18–20 м, що не чинить впливу на водно-повітряний режим зони активного водообміну. Сукупність фізико-хімічних і водно-фізичних властивостей ґрунтового покриву дослідних ділянок формує агроєкологічно сприятливі умови для вирощування едамаме, що створює передумови для повної реалізації його продукційного потенціалу в умовах Південного Степу України.

Попередником культури виступала пшениця озима. Під передпосівну культивуацію вносили аміачну селітру в дозі 0,1 т/га. Сівбу проводили в першій декаді травня за умови прогрівання ґрунту на глибині 5 см до температури 18–20 °С. Колекційні зразки висівали на однорядкових ділянках довжиною 3 м, гібридні – на ділянках по 5 м без повторень. Упродовж вегетаційного періоду

виконано 7 поливів загальною нормою зрошення 3150 м³/га.

Погодні умови в роки проведення досліджень були типовими для Південного Степу України, що забезпечило об'єктивність оцінки колекційного матеріалу й дало змогу виділити зразки з найкращими показниками господарсько-цінних ознак (рис. 1, 2).

Згідно з даними рисунка 1, середньодобова температура повітря у 2024 році перевищувала показники температури у 2023 році на 3,0 °С у червні, на 4,3 °С у липні, на 0,2 °С у серпні й на 1,0 °С у вересні.

Кількість опадів у середньому за період вегетації культури переважала у 2024 році аналогічні показники 2023 року (рис. 2). Максимальну кількість опадів щорічно спостерігали в липні та серпні.

Загалом температурні показники та кількість опадів за період проведення досліджень сприяли створенню оптимальних умов для росту й розвитку рослин культури.

Схрещування різних генотипів здійснювали з використанням класичних методів генетики та селекції сої овочевої, зокрема шляхом кастрації та ізоляції бутонів напередодні цвітіння й подальшого синтетичного запилення квіток у день їх розкриття. Оцінювання зразків здійснювали на 10 постійно закріплених зразках відповідно до методики Державної комісії з питань сорто-випробування сільськогосподарських культур (Волкодав, 2001), а також методичних підходів Інституту зрошуваного землеробства НААН (Методика ..., 2014) й Інституту кормів НААН України (Бабич, 1994).

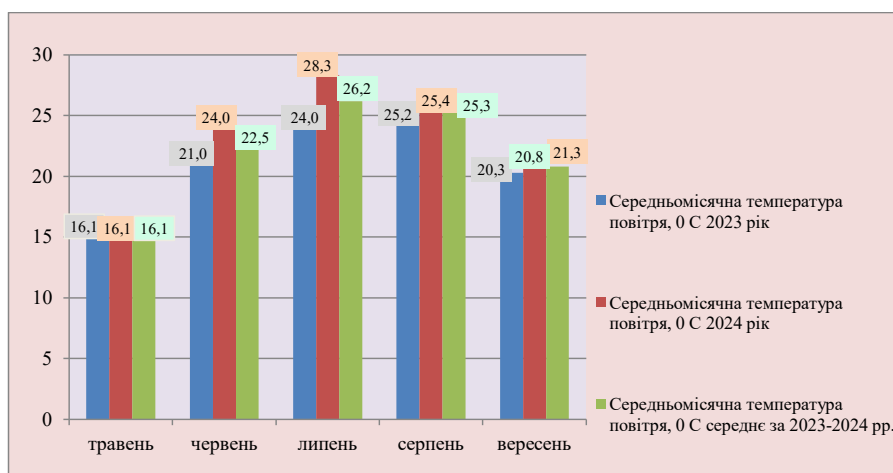


Рис. 1. Характеристика погодних умов за температурою повітря (°С), середнє за 2023–2024 роки

Джерело: складено авторами.

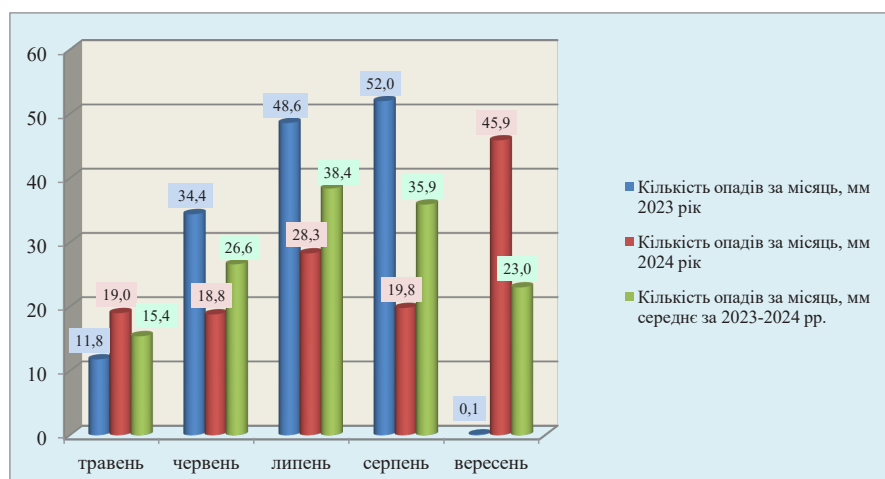


Рис. 2. Характеристика погодних умов за кількістю опадів (мм), середнє за 2023–2024 роки

Джерело: складено авторами.

Обліки та спостереження за ростом і розвитком рослин проводили згідно з методичними рекомендаціями Національного центру генетичних ресурсів рослин України – «Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max* (L.) Merr.» (Кобизева та ін., 2004), а також на основі літературних джерел: «Ідентифікація ознак зернобобових культур» (Ідентифікація ..., 2009) та «Насіннева інфекція» (Насіннева ..., 2004).

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали відповідно до методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях (Методика ..., 2014).

Результати

Матеріалом досліджень слугували батьківські форми сортів сої овочевої, а саме: UD0202500 Sac, UD0200177 Fiskeby V, UD02200640 Karikachi, Фора, UKR001:02859 Λ 362-2-13, UD0201152 IU031301, UKR001:02864 Λ 380-2-13 і гібридні комбінації.

Проводили порівняльний морфологічний аналіз гібридних рослин, фенологічні спостереження, а також гібридологічний і варіаційно-статистичний аналізи. Для вивчення характеру успадкування й оцінювання рівня гетерозису визначали ступінь домінування (h_p), який обчислювали за формулою B. Griffing: $h_p = F_n - MP / HP - MP$, де

h_p – оцінка ступеня домінування;

F_n – середня арифметична ознаки в рослин гібрида n-го покоління;

MP – середня арифметична ознаки в обох батьківських форм;

HP – значення ознаки в батька з максимальним його проявом.

Групування отриманих даних проводилося згідно з наявною класифікацією.

Таблиця 1

Класифікація Г. М. Бейла, Р. Е. Акткінса (G. M. Beil, R. E. Aktkins) (1965)

Клас домінування	Числове значення h_p
Гетерозис (наддомінування)	$h_p > +1$
Часткове позитивне домінування	$+0,5 < h_p \leq +1$
Проміжне успадкування	$-0,5 \leq h_p \leq 0,5$
Часткове від'ємне домінування	$-1 \leq h_p < -0,5$
Від'ємний гетерозис (депресія)	$h_p < -1$

З метою розробки наукових засад селекції щодо створення нових сортів сої овочевої з високим рівнем адаптаційної здатності проведено дослідження з вивчення ефективності добору за ознаками тривалості періоду вегетації в новостворених ліній. Для реалізації поставлених завдань насіння гібридів висівали в різних агроекологічних умовах: за зрошення й за умов природного зволоження ґрунту – разом із відповідними батьківськими формами з метою встановлення характеру успадкування досліджуваних ознак.

За тривалістю періоду вегетації від сходів до повної стиглості, згідно з 9-бальною шкалою широкого уніфікованого класифікатора роду *Glycine max* (L.) Merr. (Кобизева та ін., 2004), розрізняють рослини культури: ультраскоростиглі (1 бал) – < 90 днів, ультраскоростиглі (2 бали) – 90–100, ско-

ростиглі (3 бали) – 101–110, скоростиглі (4 бали) – 111–120, середньостиглі (5 балів) – 121–130, середньостиглі (6 балів) – 131–140, пізньостиглі (7 балів) – 141–150, пізньостиглі (8 балів) – 151–160 і дуже пізньостиглі (9 балів) – > 160.

Метою дослідження було виділення серед досліджуваних гібридних комбінацій форм сої овочевого напрямку використання з різною тривалістю періоду вегетації – від сходів до повної стиглості й установаження особливостей успадкування цієї ознаки гібридами F_3 - F_4 .

Особливу увагу приділяли скоростиглим генотипам, які мають переваги як попередники для озимих культур, а також придатні для більш інтенсивного використання

площі, часу та вологи за рахунок вирощування двох або більше культур протягом одного вегетаційного періоду на одній і тій самій площі.

У селекційних зразках, представлених у таблиці 2, спостерігалися такі типи успадкування, у тому числі гетерозис (наддомінування), часткове позитивне домінування, від'ємний гетерозис. Наддомінуванням за тривалістю періоду вегетації рослин едамаме характеризувалися такі гібридні комбінації: Karikachi / Фора ($h_p = 1,21$), Λ 362-2-13/Fiskeby V ($h_p = 2,10$), Sac/IU031301 ($h_p = 1,02$) та Fiskeby V/IU031301 ($h_p = 2,30$). Кращим за одного з батьків, які проявили часткове позитивне домінування, виявилися Фора /Karikachi ($h_p = 1,45$), Fiskeby

Таблиця 2
Успадкування тривалості періоду вегетації (діб) гібридами F_3 - F_4 сої овочевої в умовах зрошення (2023–2024 роки)

№ з/п	Гібридні комбінації	F_3 $\bar{X} \pm S_x$	h_p	V	F_4 $\bar{X} \pm S_x$	V
1	Sac	94±0,8		10,9	90±0,3	7,0
2	Sac/ Fiskeby V	94±0,4	0,24	13,2	90±0,2	12,0
3	Fiskeby V	94±0,4		10,8	91±0,6	5,7
4	Karikachi	115±0,9		11,4	104±1,2	8,4
5	Karikachi / Фора	116±0,4	1,21	14,2	112±0,6	12,2
6	Фора	93±0,3		10,2	90±0,4	8,7
7	Λ 362-2-13	97±1,2		7,2	95±0,8	6,2
8	Λ 362-2-13/ Fiskeby V	99±0,2	2,10	22,4	96±0,4	19,4
9	Fiskeby V	92±0,8		14,4	90±1,2	11,3
10	Фора	94±1,2		8,6	91±0,5	7,0
11	Фора /Karikachi	105±0,8	0,48	16,5	100±0,4	13,4
12	Karikachi	115±0,5		12,0	112±0,2	8,1
13	Sac	92±0,2		13,2	94±0,4	7,4
14	Sac/ IU031301	90±0,4	-1,22	21,8	92±0,2	16,2
15	IU031301	94±0,2		8,1	93±0,5	7,4
16	Фора	96±0,4		7,4	92±1,0	5,9
17	Фора / Λ 380-2-13	95±0,6	-1,45	20,7	92±0,2	14,5
18	Λ 380-2-13	97±0,2		4,3	93±0,6	4,8
19	Фора	97±0,3		6,4	95±0,4	4,9
20	Фора/ IU031301	95±1,7	-1,18	23,7	92±0,8	20,2
21	IU031301	96±0,5		4,4	94±0,2	4,2
22	Fiskeby V	99±0,2		15,0	95±0,4	9,2
23	Fiskeby V/ Karikachi	100±0,2	1,25	16,4	92±0,3	13,4
24	Karikachi	110±0,5		13,7	99±0,8	11,1
25	Fiskeby V	95±0,2		8,1	91±0,5	9,1
26	Fiskeby V/ IU031301	100±0,4	2,30	22,7	95±1,2	17,0
27	IU031301	97±1,2		7,2	93±0,8	5,2
28	Sac	92±0,6		4,4	90±0,4	4,8
29	Sac/ Karikachi	102±0,4	1,60	26,1	100±0,8	25,2
30	Karikachi	114±1,2		6,4	112±1,0	5,9

V/Karikachi ($h_p = 1,25$), Sac/Karikachi ($h_p = 1,60$). Від'ємний гетерозис або депресію спостерігали в гібридів культури Фора/Λ 380-2-13 ($h_p = -1,45$) та Фора/IU031301 ($h_p = -1,18$), Sac/IU031301 ($h_p = -1,22$).

У результаті досліджень із гібридними комбінаціями, порівняння показників поколінь F_3 та F_4 засвідчило, що в поколінні F_4 межі варіації за цією ознакою поступово звужуються, порівняно з F_3 , а саме: для гібридів третього покоління вона знаходиться в діапазоні 15,2–37,1, для четвертого – 12,3–24,1. Така динаміка свідчить про дію стабілізуючого добору та вплив агроєкологічних чинників на процес формування тривалості періоду вегетації в наступних поколіннях. Стабілізаційний ефект виражається обмеженням варіабельності (звуження діапазону вегетаційного періоду) в F_4 , що свідчить про ефективність відбору в F_3 . У гібридному розсаднику F_4 відбувається поєднання розширеної мінливості з поступовим вирівнюванням покоління – ідеальний етап для відбору збалансованих ліній.

До подібних висновків у дослідженнях дійшли Нігофф та ін., а також Міранда та ін. (Miranda et al., 2020; Niehoff et al., 2024).

Систематичний огляд, який узагальнює емпіричні й модельні результати щодо того, як змінюється генетична варіація в ранніх поколіннях (F_2 – F_4) та як агроєкологічні чинники ($G \times E$) впливають на стабілізацію ознак, корисний для обґрунтування впливу довкілля на динаміку варіації представили науковці Вієйра та ін., Міранда (Miranda et al., 2020; Vieira et al., 2025).

Сілва та ін. також в огляді практичних підходів селекції в F_2 – F_4 : підтверджує, що відбір у F_3 забезпечує поєднання мінливості та її подальшої стабілізації, порівнює методи (pedigree, bulk, SSD) (Silva et al., 2018). Підтверджує, що F_4 – «операційний» етап для виділення збалансованих ліній.

Діапазон тривалості періоду вегетації гібридного матеріалу на зрошенні становить 90–112 діб, що ідеально підходить для регіональних агрокліматичних умов (див. табл. 2).

Діапазон тривалості періоду вегетації гібридного матеріалу в умовах природного зволоження ґрунту був нижчим, ніж на зрошенні, і знаходився в межах 87–109 діб (табл. 3). Гетерозисом за тривалістю періоду вегетації рослин сої овочевої характе-

Таблиця 3
Успадкування тривалості періоду вегетації (діб) гібридами F_3 – F_4 сої овчевої в умовах природного зволоження ґрунту (2023–2024 роки)

№ з/п	Гібридні комбінації	F_3 $\bar{X} \pm S_x$	h_p	V	F_4 $\bar{X} \pm S_x$	V
1	Sac	92±0,6		11,9	88±0,3	7,9
2	Sac/ Fiskeby V	96±0,3	1,30	15,2	87±0,2	12,3
3	Fiskeby V	92±0,4		12,8	89±0,6	6,7
4	Karikachi	112±0,7		14,4	108±1,2	9,0
5	Karikachi / Фора	113±0,4	1,11	19,2	109±0,6	12,5
6	Фора	91±0,2		10,2	90±0,4	8,2
7	Λ 362-2-13	94±1,21		7,2	92±0,8	9,2
8	Λ 362-2-13/ Fiskeby V	97±0,23	2,10	34,4	94±0,4	19,9
9	Fiskeby V	90±0,6		16,4	87±1,2	9,3
10	Фора	92±1,1		8,0	91±0,5	7,5
11	Фора /Karikachi	102±0,8	1,48	20,5	100±0,4	19,4
12	Karikachi	113±0,5		15,0	110±0,2	4,1
13	Sac	90±0,4		19,2	88±0,4	7,4
14	Sac/ IU031301	89±0,4	-1,12	31,8	87±0,2	16,5
15	IU031301	91±0,2		9,1	89±0,5	7,6
16	Фора	92±0,5		10,4	90±1,0	4,9
17	Фора /Λ 380-2-13	90±0,6	-1,25	22,7	91±0,2	19,5
18	Λ 380-2-13	95±0,4		4,2	93±0,6	7,8
19	Фора	93±0,2		7,4	90±0,4	4,7
20	Фора/ IU031301	90±1,5	-1,18	34,7	88±0,8	23,2

Продовження таблиці 3

21	IU031301	93±0,5		6,4	91±0,2	4,9
22	Fiskeby V	97±0,2		17,0	94±0,4	7,2
23	Fiskeby V/ Karikachi	100±0,2	1,10	18,4	92±0,3	12,4
24	Karikachi	105±0,7		15,7	99±0,8	9,1
25	Fiskeby V	92±0,2		9,0	91±0,5	8,1
26	Fiskeby V/ IU031301	105±0,4	2,41	25,7	95±1,2	15,0
27	IU031301	94±1,3		8,2	93±0,8	4,2
28	Sac	92±0,6		2,4	90 ±0,2	3,8
29	Sac/ Karikachi	102±0,4	1,90	37,1	102±1,1	24,1
30	Karikachi	112±1,2		5,4	109±0,4	3,9

ризувалися гібридні комбінації, а саме: Sac/Fiskeby V (hp = 1,30), Karikachi/Фора (hp = 1,11), Λ 362-2-13/Fiskeby V (hp = 2,10) та Fiskeby V/IU031301 (hp = 2,341).

Кращим за одного з батьків, які проявили часткове позитивне домінування, виявилися Фора/Karikachi (hp = 1,48), Fiskeby V/Karikachi (hp = 1,210), Sac/Karikachi (hp = 1,90). Від'ємний гетерозис або депресію спостерігали в гібридів Sac/ IU031301 (hp = -1,12), Фора / Λ 380-2-13 (hp = -1,25) і Фора/IU031301 (hp = -1,18),

Порівняння меж варіації за досліджуваною ознакою поколінь F_3 та F_4 при вирощуванні культури в умовах природного зволоження ґрунту показало, що в поколінні F_4 показники також поступово звужуються, порівняно з F_3 , а саме: для гібридів третього покоління вони знаходилися в діапазоні 15,2–37,1, для четвертого – 12,3–24,1 (Cornish, 1990).

Дані таблиць 2 і 3 свідчать, що генотипова мінливість тривалості періоду вегетації ($V_g\%$) в умовах зрошення дещо нижча порівняно з неполивними умовами, але також досить значна: $V_g\%$ дорівнює 21,8–24,1%.

Майже всі досліджувані гібридні популяції F_3 - F_4 були скоростиглими, з тривалістю періоду вегетації 90–105 діб. Винятком залишалася лише комбінація Sac/IU031301,

що виділилася за ультра скоростиглістю (89 діб) за вирощування в умовах природного зволоження ґрунту й Karikachi/Фора, яка демонструвала середньостиглість як у неполивних умовах (113 діб), так і на зрошенні (116 діб).

Висновки

Результатами досліджень встановлено, що в більшості гібридних популяцій F_4 сої овочевої коефіцієнт варіації за тривалістю вегетаційного періоду був нижчим, ніж у F_3 , що вказує на зниження ефективності добору за цією ознакою в пізніших поколіннях. Зменшення варіабельності вважається наслідком стабілізуючого добору в напрямі найбільш адаптованих особин, а також можливої дії штучного негативного (несвідомого) добору під час збирання у фазі масового дозрівання.

Майже всі представлені в дослідженні гібридні популяції F_3 - F_4 характеризувалися скоростиглістю, з тривалістю вегетаційного періоду в межах 90–105 діб. Винятком була комбінація Sac $\times$ IU031301, яка в умовах природного зволоження проявила ультраскоростиглість – 89 діб. Натомість комбінація Karikachi $\times$ Фора продемонструвала середньостиглість як у неполивних умовах (113 діб), так і за зрошення (116 діб).

Список використаної літератури

- Бабич А.О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця : Інститут кормів УААН, 1994. 87 с.
- Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ : Алефа, 2001. 76 с.
- Грабовський М.Б., Мостипан О.В., Панченко Т.В., Лозінський М.В., Павліченко К.В. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів сортів сої залежно від гідротермічних умов та застосування ґрунтових і післясходових гербіцидів. *Агробіологія*. 2024. № 1. С. 109–119. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-109-119>.
- Ідентифікація ознак зернобобових культур / В.В. Кириченко, Л.Н. Кобизєва, В.П. Петренкова та ін. Харків : БАТ «Видавництво «Харків», 2009. 174 с.

- Кобизєва Л.Н., Рябчун В.К., Безугла О.М., Дрепінa Т.О. та ін. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max*. (L.) Merr. Харків : Магда LTD, 2004. 38 с.
- Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова та ін. Херсон : Вид-во Грінь Д. С., 2014. 286 с.
- Насіннева інфекція польових культур / В.П. Петренкова й інші. Харків : Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН, 2004. 56 с.
- Cornish M. Selection during a selfing programme. I. The effects of a single round of selection. *Heredity*. 1990. Vol. 65. P. 201–211. <https://doi.org/10.1038/hdy.1990.88>.
- Guo L., Huang L., Cheng X., Gao Y., Zhang X., Yuan X., Xue C., Chen X. Volatile Flavor Profile and Sensory Properties of Vegetable Soybean. *Molecules*. 2022. Vol. 7. № 3. P. 931–939. <https://doi.org/10.3390/molecules27030939>.
- Li X., E. Welbaum G., L. Rideout S., Singer W. & Zhang B. Vegetable Soybean and Its Seedling Emergence in the United States. *IntechOpen Journals*. In book: Legumes [Working Title]. 2022. Vol. 1. P. 1–25. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102622>.
- Malcomson A., Mourtzinis S., Gaska J., Roth A., Silva T.S., Conley S. Planting date and maturity groups effects on soybean yield in Wisconsin. *Crop Forage & Turfgrass management*. 2024. Vol. 10. Issue 2. P. 7–12. <https://doi.org/10.1002/cft2.70015>.
- Miranda C., Scaboo A., Cober E., Denwar N., Bilyeu K. The effects and interaction of soybean maturity gene alleles controlling flowering time, maturity, and adaptation in tropical environments. *BMC Plant Biol*. 2020. Feb 7. № 20(1). P. 65. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2276-y>.
- Mazur O.V., Zayka K.R., Yakovets V.I., Dovgopoliy V.S. Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. *Agriculture and forestry*. 2024. Issue 4. P. 35–41. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4>.
- Nair R.M., Boddepalli V.N., Yan M-R, Kumar V., Gill B., Pan R.S., Wang C., Hartman G.L., Silva e Souza R, Somta P. Global Status of Vegetable Soybean. *Plants*. 2023. Vol. 12. № 3. P. 609–612. <https://doi.org/10.3390/plants12030609>.
- Nasir B., Razzaq H., Sadaqat H.A. Wahid M.A. Selection of soybeans for adaptation through principal component analysis under different climatic factors at seedling stage. *Pakistan Journal of Botany*. 2023. Vol. 55. Issue 2. P. 68–76. [https://doi.org/10.30848/PJB2023-2\(19\)](https://doi.org/10.30848/PJB2023-2(19)).
- Niehoff T.A.M., Ten Napel J., Calus M.P.L. Prediction of additive genetic variances of descendants for complex families based on Mendelian sampling variances. *G3 (Bethesda)*. 2024. Nov. 6. № 14(11). P. jkae205. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkae205>.
- Rychel-Bielska S., Książkiewicz M., Kurasiak-Popowska D., Tomkowiak A., Bielski W., Weigt D., Niemann J., Surma A., Kozak B., Nawracala J. Molecular selection of soybean towards adaptation to Central European agroclimatic conditions. *J Appl Genetics*. 2025. Vol. 66. Issue 1. P. 29–45. <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00889-6>.
- Seo J., Park J., Choi M., Jung K., Chun H., Lee S., Gong D., Chae S.E., Jeon S.H., Yoon D.-K. Growth and Yield Response of Soybean (*Glycine max* L.) in Relation to Sowing Date in the Southern Region of South Korea. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. Issue 2. P. 89–94. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112624>.
- Siler B.T., Singh M.P. Optimal soybean maturity group selection is influenced by planting date in northern production systems. *Crop Science*. 2022. Vol. 62. Issue 6. P. 114–118. <https://doi.org/10.1002/csc2.20829>.
- Silva F.M., Pereira E.M., Pedrosa Val B.H., Perecin D., Mauro A.O., Unêda-Trevisoli S.H. Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2018. Vol. 40. P. e39324. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.39324>.
- Vieira R.A., Nogueira A.P.O., Fritsche-Neto R. Optimizing the selection of quantitative traits in plant breeding using simulation. *Front Plant Sci*. 2025. Feb. 10. № 16. P. 1495662. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1495662>.
- Zeipina, S., Vågen, I. M., & Lepse, L. Possibility of Vegetable Soybean Cultivation in North Europe. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. Issue 7. P. 42–49. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070593>.

References

- Babych, A.O. (1994). Metodyka provedennia doslidiv po kormovyrobnytstvu [Methodology for conducting experiments on feed production]. Vinnytsia : Instytut kormiv UAAH [in Ukrainian].
- Volkodav, V.V. (2001). Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk tretii (oliini, tekhnichni, priadylni ta kormovi kultury) [Methodology of state variety testing

of agricultural crops. Third edition (oil, technical, spinning and fodder crops)]. Kyiv : Alefa [in Ukrainian].

Grabovskiy, M., Mostypan, O., Panchenko, T., Lozinskyi, M., & Pavlichenko K. (2024). Tryvalist mizhfaznykh ta vehetatsiinoho periodiv sortiv soi zalezno vid hidrotermichnykh umov ta zastosuvannya gruntovykh i pisliashkodovykh herbitsydiv [Duration of interphase and growing periods of soybean varieties depending on hydrothermal conditions and application of soil and post-emergence herbicides]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, 1, 109–119. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-109-119> [in English].

Kyrychenko, V.V. (ed.) (2009). Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur [Identification of traits of leguminous crops]. Kharkiv [in Ukrainian].

Kobyzieva, L.N. (ed.) (2004). Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator [Broad Unified Classifier]. Kharkiv [in Ukrainian].

Vozhehova, R.A. (ed.) (2014). Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [The method of Polish and laboratory doslidzhen on zoshuvannyh lands]. Kherson: Vyd. Hrin D.S. [in Ukrainian].

Petrenkova, V.P. (ed.) (2004). Nasinnieva infektsiia [Seed infection]. Kharkiv, 56 [in Ukrainian].

Cornish, M. (1990). Selection during a selfing programme. I. The effects of a single round of selection. *Heredity*, 65, 201–211. <https://doi.org/10.1038/hdy.1990.88> [in English].

Guo, L., Huang, L., Cheng, X., Gao, Y., Zhang, X., Yuan, X., Xue, C., & Chen, X. (2022). Volatile Flavor Profile and Sensory Properties of Vegetable Soybean. *Molecules*, 27(3), 939. <https://doi.org/10.3390/molecules27030939> [in English].

Li, X., Welbaum, G.E., Rideout, S.L., Singer, W. & Zhang, B. (2022). Vegetable Soybean and Its Seedling Emergence in the United States. *IntechOpen Journals*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102622> [in English].

Malcomson, A., Mourtzinis, S., Gaska, J., Roth, A., Silva, T.S., & Conley, S. (2024). Planting date and maturity groups effects on soybean yield in Wisconsin, 10, e70015. <https://doi.org/10.1002/cft2.70015> [in English].

Miranda, C., Scaboo, A., Cober, E., Denwar, N., & Bilyeu, K. (2020). The effects and interaction of soybean maturity gene alleles controlling flowering time, maturity, and adaptation in tropical environments. *BMC Plant Biol.*, 20(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2276-y> [in English].

Mazur, O.V., Zayka, K.R., Yakovets, V.I., & Dovgopolyi, V.S. (2024). Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. *Agriculture and forestry*, 4(35). <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4> [in English].

Nair, R.M., Boddepalli, V.N., Yan, M-R, Kumar, V., Gill, B., Pan, R.S., Wang, C., Hartman, G.L., Silva e Souza, R., & Somta, P. (2023). Global Status of Vegetable Soybean. *Plants*, 12(3), 609. <https://doi.org/10.3390/plants12030609> [in English].

Nasir, B., Razzaq, H., Sadaqat, H.A. & Wahid, M.A. (2023). Selection of soybeans for adaptation through principal component analysis under different climatic factors at seedling stage. *Pakistan Journal of Botany*, 55(2). [https://doi.org/10.30848/PJB2023-2\(19\)](https://doi.org/10.30848/PJB2023-2(19)) [in English].

Niehoff, T.A.M., Ten Napel, J., & Calus, M.P.L. (2024). Prediction of additive genetic variances of descendants for complex families based on Mendelian sampling variances. *G3 (Bethesda)*, 14(11), jkae205. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkae205> [in English].

Rychel-Bielska, S., Książkiewicz, M., Kurasiak-Popowska, D., Tomkowiak, A., Bielski, W., Weigt, D., Niemann, J., Surma, A., Kozak, B., & Nawracała, J. (2025). Molecular selection of soybean towards adaptation to Central European agroclimatic conditions. *J Appl Genetics*, 66, 29–45. <https://doi.org/10.1007/s13353-024-00889-6> [in English].

Seo, J., Park, J., Choi, M., Jung, K., Chun, H., Lee, S., Gong, D., Chae, S.E., Jeon, S.H., & Yoon, D.K. (2024). Growth and Yield Response of Soybean (*Glycine max* L.) in Relation to Sowing Date in the Southern Region of South Korea. *Agronomy*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy14112624> [in English].

Siler, B.T., & Singh, M.P. (2022). Optimal soybean maturity group selection is influenced by planting date in northern production systems. *Crop Science*, 62(6). <https://doi.org/10.1002/csc2.20829> [in English].

Silva, F.M., Pereira, E.M., Pedroso, Val B.H., Perecin, D., Mauro, A.O., Unêda-Trevisoli, S.H. (2018). Strategies for selecting soybean genotypes using mixed models and multivariate approach. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40, e39324. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.39324> [in English].

Vieira, R.A., Nogueira, A.P.O., & Fritsche-Neto, R. (2025). Optimizing the selection of quantitative traits in plant breeding using simulation. *Front Plant Sci.* 16, 1495662. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1495662> [in English].

Zeipin, S., Vågen, I.M., & Lepse, L. (2022). Possibility of Vegetable Soybean Cultivation in North Europe. *Horticulturae*, 8(7), 593. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070593> [in English].

Отримано: 10.10.2025

Прийнято: 18.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025

