

УДК 635.655:631.527

Сучасні моделі продуктивності сортів та перспективних ліній сої

 Л. Г. Білявська*,  А. О. Діянова

Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна,
*e-mail: bilyavska@ukr.net

Мета. Розробити загальну модель для сортів сої та перспективних селекційних ліній і встановити цінність господарських ознак й кореляційні зв'язки між ними. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. у селекційній сівозміні ФГ «Грига» (Полтавська обл.). Об'єктом досліджень слугували українські сорти та перспективні селекційні лінії полтавської селекції. **Результати.** Розроблена модель та проведено комплексний аналіз морфогенетичних та генеративних параметрів сортів і селекційних ліній сої дозволило встановити цілісну систему закономірностей, що визначають формування їх продуктивності. Встановлено, що вегетативний блок ознак – висота рослин, кількість гілок та вузлів – формує фундамент продуктивності. Генеративний блок характеризується високим ступенем кореляційної впорядкованості: кількість бобів майже лінійно залежить від кількості вузлів, а кількість насінин – від кількості бобів. Визначено, що для всіх сортів і ліній формування насіння визначається кількістю насінин. Кореляції між кількістю насінин і масою насіння сягають значень $r = 0,85–1,00$, що підкреслює домінування екстенсивного шляху продукції. Урожайність сортів і перспективних ліній відзначається надзвичайно високою залежністю від маси насіння з рослини ($r = 0,87–0,98$). Така закономірність підтверджує, що внутрішня структура продуктивності функціонує ефективно, а індивідуальна продуктивність рослин практично повністю трансформується в урожайність посіву. Лінії виявилися більш варіабельними у морфогенезі, але водночас демонструють вищу кореляційну чіткість і більшу інтенсивність генеративного розвитку, ніж сорти, що робить їх перспективними вихідними формами для селекції. **Висновки.** Отримані результати дають змогу надати характеристику селекційного матеріалу, прогнозувати селекційні результати та оцінювати зв'язок між ознаками у формуванні врожайності культури.

Ключові слова: соя; генотип; селекція; сорт; модель; ознака; кореляція; продуктивність; врожайність.

Вступ

Пріоритетним завданням сучасної селекції є створення сортів із специфічними механізмами саморегуляції, здатних забезпечувати оптимальне функціонування рослин у різних умовах середовища [1–3]. За різноманітних ґрунтово-кліматичних умов України сорт повинен характеризуватися високою адаптивністю та пластичністю [4, 5], а також здатністю ефективно реалізовувати закладений генетичний потенціал [6]. У зв'язку з цим модель сорту сої, яка є основою сучасних селекційних програм, має включати комплексну інформаційну базу: енергетичний потенціал регіону вирощування, детальну характеристику селекційно-цінних і господарських ознак, а також оцінку їх впливу на продуктивність, якість насіння та стійкість до несприятливих чинників середовища [7, 8].

У цьому контексті особливого значення набувають знання про біологічні процеси та можливості управління ними. Моделювання сортів повинно базуватися на інформаційному підході, де управління даними є одним із ключових елементів створення ефективної моделі сорту [9]. Важливо враховувати залежність урожайності та технологічних властивостей від сорто типу, тобто комплексу морфологічних ознак сорту. Зокрема, потенціал урожайності сортів сої з індетермінантним типом

Як цитувати: Білявська Л. Г., Діянова А. О. Сучасні моделі продуктивності сортів та перспективних ліній сої. *Новітні агротехнології*. 2026. Т. 14, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361286>



© The Author(s) 2026. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

росту, як правило, на 6–10 % перевищує показники детермінантних форм, переважно завдяки більшій кількості продуктивних вузлів [10].

Для кожного регіону необхідно добирати сорти з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Водночас найвищий рівень адаптивності та реалізації врожайного потенціалу зазвичай спостерігається в умовах, де проводилася селекція відповідного сорту [11]. Зокрема, у Полтавському селекційному центрі ПДАУ МОН України вже частково розроблено й обґрунтовано моделі окремих скоростиглих сортів сої [12]. На думку дослідників, першочерговим етапом створення сорту є розроблення його математичної моделі. Водночас моделі для різних груп стиглості також мають важливе значення, оскільки вони характеризуються відмінними потенційними можливостями, біологічними особливостями та реакцією на комплекс екологічних факторів.

Більшість кількісних ознак рослин сої можна об'єднати у п'ять основних груп: висота рослини, кількість вузлів, кількість бобів, насіннева продуктивність та маса насіння. Максимальна продуктивність формується за оптимального співвідношення її кількісних і якісних показників. Обмеження одного з факторів, особливо за сприятливих умов вирощування, може частково компенсуватися іншими елементами структури врожаю. Кожен елемент продуктивності формується послідовно на різних етапах органогенезу, а тому кожна фаза розвитку рослин сої характеризується специфічними вимогами до умов середовища. Межі цих вимог можуть істотно відрізнятися, а інколи бути навіть контрастними [13].

Взаємозв'язки між морфологічними та продуктивними ознаками рослин сої є складними й різноманітними. Найчастіше аналізують такі показники, як висота рослини, висота прикріплення нижнього бобу, товщина стебла, кількість вузлів, кількість бобів і насінин з рослини, маса насіння з рослини та маса 1000 насінин, які безпосередньо пов'язані з рівнем продуктивності. Крім того, використовують різні індекси – співвідношення між окремими ознаками. Формування кожної ознаки відбувається у тісному взаємозв'язку з іншими: одні ознаки можуть обмежувати розвиток інших, тоді як інші – виступати своєрідними каталізаторами їх прояву [14, 15].

Несприятливі умови вирощування суттєво знижують реалізацію потенціалу сорту, оскільки формування елементів продуктивності значною мірою залежить від фізіологічного стану рослини [16, 17]. Додатковий негативний вплив спричиняють порушення основних вимог технології вирощування. Водночас високоякісне кондиційне насіння забезпечує прояв таких важливих ознак, як стійкість до вилягання та розтріскування бобів, посухостійкість, адаптивність і пристосованість до умов вирощування [18, 19].

Межі варіабельності кожного окремого елемента структури продуктивності визначаються рівнем його пластичності [20]. Під час практичного формування моделі сорту сої та встановлення залежностей між основними елементами структури врожаю обов'язково слід урахувувати групу стиглості відповідно до Міжнародного класифікатора [21]. Сорти різних груп стиглості характеризуються неоднаковою тривалістю вегетаційного періоду, що зумовлює перерозподіл структурних ознак та зміну внеску кожної з них у формування кінцевої продуктивності рослин [22].

Мета досліджень – установити цінність господарсько-цінних ознак і кореляційні зв'язки між елементами продуктивності, розробити загальну модель для груп сортів сої та перспективних селекційних ліній, а також визначити особливості впливу умов вирощування на формування основних показників продуктивності рослин культури.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на території ФГ «Грига» (Полтавський р-н, Полтавська обл.). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений із нейтральною або слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6,3) та вмістом гумусу 3,6 %. Глибина орного шару – 27–30 см.

Кліматичні умови району проведення досліджень характеризуються як помірно континентальні, зони недостатнього зволоження. Річна кількість опадів коливається в межах 280–510 мм залежно від року. Сума активних температур (> 10 °С) становить 2700–2900 °С. Максимум опадів припадає на липень – серпень, при цьому часто спостерігаються зливові опади. Вологозабезпечення є лімітуючим фактором формування врожаю, однак застосування сучасних елементів технології вирощування сої частково знижує негативний вплив дефіциту вологи.

У досліді вивчали українські сорти сої: 'Анніт', 'Моріон', 'Сердолік', 'Цитрин', 'Антрацит', 'Аквамарин', 'Авантюрин', 'Александрит', 'Адамос', а також селекційні лінії: 'Аметист' / 'Краса Поділля', 'Аметист' / 'Мяо-ян-доу', 'Аметист' / 'Альтаір', 'Юг-30' / № 29 / Анаконда, 'Красноградська 86' / 'Альтаір'.

Площа облікової ділянки становила 25 м². Попередник – пшениця озима. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для зони досліджень.

Фенологічні спостереження та аналіз елементів продуктивності проводили відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [23]. Для оцінювання структури фенотипової продуктивності сортів сої застосовували еколого-генетичну модель кількісних ознак [24]. Основою моделі є ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та їх узгодженість у процесі органогенезу.

Як результуючу ознаку розглядали масу зерна з рослини, тоді як інші елементи структури продуктивності оцінювали як чинники формування кінцевого врожаю за умови їх екологічно стабільних зв'язків і максимального сумарного внеску [25].

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали згідно з [26].

Результати досліджень

Перспективні селекційні лінії сої культурної, як і сорти, характеризуються специфічними біологічними особливостями розвитку. На їх формування істотно впливають погодні умови та агроекологічні фактори вирощування. У зв'язку з цим результати побудови математичних моделей селекційних ліній не слід розглядати як статичні, оскільки вони базуються на біометричних показниках різних груп стиглості, а також враховують мінливість кількісних ознак і їх варіабельність.

Комплексна модель продуктивності сортів сої являє собою багаторівневу систему морфогенетичних і генеративних ознак, які послідовно трансформують структурний потенціал рослини у біологічний та господарсько цінний урожай. Незважаючи на сортові відмінності, для всіх генотипів характерною є єдина закономірність організації продукційного процесу: формування продуктивності відбувається через поетапний вплив вегетативних параметрів на розвиток генеративних структур із подальшою трансформацією у масу насіння та кінцеву врожайність (табл. 1).

Таблиця 1

Узагальнена модель сортів сої культурної (2022–2024 рр.)

Показник	Середнє	min	max	CV, %
Висота рослин, см	71,3	63	80	8,5
Висота кріплення нижнього бобу, см	11,1	9	13	11,0
Кількість гілок, шт.	2,9	2	5	31,9
Кількість вузлів, шт.	14,4	12	18	10,8
Кількість бобів, шт.	80,6	59	112	16,7
Кількість насінин, шт.	168,5	128	250	19,2
Маса 1000 насінин, г	180,9	160	200	7,8
Маса насіння з рослини, г	30,2	21	46	20,6
Урожайність, т/га	3,1	2,3	4,5	21,1

Основа моделі становить висота рослин, яка є базовим індикатором як темпу росту, так і архітектонічного типу сорту. У більшості досліджуваних генотипів вона коливалася в межах 65–90 см. Варіабельність ознаки залишалася помірною, що свідчить про відносно стабільну генетичну детермінацію цього показника. Висота рослин визначає загальний фотосинтетичний потенціал, а також кількість вузлів, які є ключовою морфологічною основою моделі продуктивності. Для більшості сортів встановлено тісний кореляційний зв'язок між висотою рослин і вузлоутворенням, при цьому збільшення висоти супроводжується пропорційним зростанням кількості вузлів головного стебла. Висота прикріплення нижнього бобу, як правило, має прямий зв'язок із загальною висотою рослин і відображає морфологічну стабільність формування репродуктивного нижнього ярусу.

Роль гілкування в загальній моделі може варіювати залежно від генотипу, однак завжди залишається пов'язаною з архітектонікою рослини та умовами її росту й розвитку. У скоростиглих сортів гілкування зазвичай обмежене внаслідок скороченого періоду органогенезу. У середньо- та пізньостиглих генотипів воно проявляється інтенсивніше та може суттєво впливати на формування продуктивності. Виявлений у більшості сортів негативний зв'язок між кількістю гілок і висотою рослин відображає компенсаторний баланс між апікальним ростом і розвитком бічних пагонів.

Кількість вузлів є центральною ознакою структури продуктивності. Саме вона визначає потенційне число генеративних вузлів, а відповідно – і кількість бобів, яка в більшості випадків демонструє майже лінійну залежність від вузлової структури. Для різних сортів встановлено дуже високі кореляційні зв'язки ($r = 0,95–1,00$), що свідчить про майже детермінований характер переходу морфологічного потенціалу в генеративну продуктивність.

Наступним ключовим рівнем моделі є кількість насінин, яка характеризує ефективність реалізації суцвіття та процесу зав'язування бобів. У всіх досліджуваних сортів встановлено тісний позитивний зв'язок між кількістю бобів і числом насінин, тоді як відхилення спостерігалися переважно за умов стресових факторів у період цвітіння або дефіциту вологи під час наливу насіння. У більшості випадків кореляційний зв'язок між кількістю бобів і насінин становив 0,94–0,98, що свідчить про високу біологічну надійність цієї ланки продукційного процесу.

Важливим складником моделі є маса 1000 насінин, яка відображає інтенсивність наливу та формування крупності насіння. Загальна закономірність полягає в тому, що у скоростиглих сортів ця ознака є відносно стабільною, тоді як у середньо- та пізньостиглих інтенсивних генотипів маса насіння більш чутливо реагує на зміни погодних умов. У частини сортів маса 1000 насінин демонструє компенсаторні зв'язки з кількістю насінин (негативна кореляція), однак у сучасних інтенсивних генотипів ця залежність часто послаблюється або переходить у слабко позитивну, що свідчить про покращення джерельно-стікального балансу та ефективності функціонування фотосинтетичного апарату.

Маса насіння з рослини є інтегральною ознакою, що акумулює вплив усіх попередніх рівнів продукційного процесу. У моделі продуктивності сортів сої саме кількість насінин виступає головним детермінантом цього показника, про що свідчать високі кореляційні зв'язки ($r = 0,90-1,00$), отримані для різних сортів. Маса 1000 насінин доповнює структуру моделі, однак її внесок у формування загальної продуктивності часто має вторинний характер порівняно з кількісними компонентами.

Фінальним рівнем моделі є врожайність, яка у сортів сої безпосередньо визначається масою насіння з рослини, а опосередковано – кількістю насінин і бобів. Кореляційні зв'язки між масою насіння та урожайністю у сучасних сортів коливаються в межах 0,90–0,98, що свідчить про майже повну трансформацію індивідуальної продуктивності рослин у формування врожайності агроценозу. Високий рівень узгодженості між різними ієрархічними рівнями моделі забезпечує сортам стабільність прояву ознак за різних погодних умов, а також підвищує їх прогнозованість у селекційному процесі. Таким чином, загальна модель продуктивності сортів сої є багатоступеневою системою, в якій кожен структурний параметр є основою для формування наступного (рис. 1).

Етапи органогенезу:

I-III - диференціація стебла, закладання конуса, наростання конуса 2-го порядку.

III, IV - диференціація суцвіття.

IV, V - диференціація квіток.

VI-IX - утворення пилку, зав'язі, цвітіння, запліднення.

X-XII - формування і дозрівання насіння.

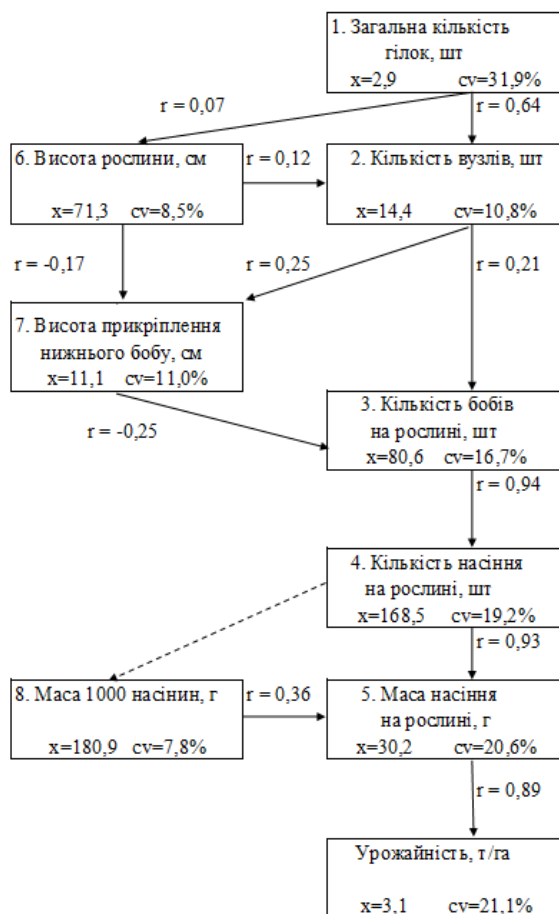


Рис. 1. Підсумкова модель продуктивності фенотипу сортів сої (2022–2024 рр.)

Вегетативні ознаки формують каркас продуктивності; вузлова структура визначає потенціал генеративного розвитку; кількість бобів і насінин відображає інтенсивність реалізації цього потенціалу; маса 1000 насінин характеризує якість наливу; тоді як маса насіння з рослини та врожайність є завершальною інтегральною оцінкою всієї моделі. Така система вирізняється високою кореляційною узгодженістю, що забезпечує передбачуваність продуктивності сортів сої та її чітку структурованість у межах генетично детермінованих можливостей кожного генотипу.

Узагальнена модель продуктивності селекційних ліній сої є багаторівневою системою ознак, які характеризуються вищою пластичністю, морфогенетичною варіативністю та кореляційною структурованістю порівняно із сортами (табл. 2). Селекційні лінії, як правило, перебувають на етапі стабілізації генотипу, що робить їх зручним об'єктом для виявлення ключових закономірностей органогенезу та продукційного процесу. Незважаючи на різні генеалогічні комбінації, всі досліджені лінії демонструють єдину структурно-функціональну організацію продуктивності.

В основі моделі лежить висота рослин, яка у більшості ліній коливається в межах 70–90 см і характеризується низькою або помірною варіабельністю. Стабільність цього показника свідчить про відносно завершену морфогенетичну структуру та достатній рівень генетичної фіксації ознаки. Більшість ліній демонструють сильний позитивний кореляційний зв'язок між висотою рослин і кількістю вузлів ($r = 0,66-0,99$), що підтверджує лінійну логіку формування продуктивності: інтенсивний вертикальний ріст супроводжується збільшенням кількості структурних сегментів стебла (табл. 2).

Таблиця 2

Узагальнена модель перспективних ліній сої (2022–2024 рр.)

Показник	Середнє	min	max	CV, %
Висота рослин, см	74,6	65	98	11,5
Висота кріплення нижнього бобу, см	11,2	10	14	8,9
Кількість гілок, шт.	3,5	2	5	20,2
Кількість вузлів, шт.	13,8	12	18	10,0
Кількість бобів, шт.	92,3	69	134	19,2
Кількість насінин, шт.	193,5	159	248	14,5
Маса 1000 насінин, г	180,6	156	210	7,2
Маса насіння з рослини, г	34,2	28	47	18,0
Урожайність, т/га	3,4	2,8	4,4	15,1

Гілкування, зазвичай, має помірну інтенсивність і характеризується ширшою варіабельністю порівняно із сортами. Рівень мінливості в межах 15–25 % свідчить про високу чутливість цієї ознаки до мікрокліматичних та агротехнічних факторів. Негативні кореляційні зв'язки гілкування з висотою рослин ($r = -0,20...-0,96$), характерні для більшості ліній, відображають функціональний баланс між вертикальним і горизонтальним складниками архітекtonіки рослини (рис. 2). Гілки виконують важливу компенсаторну функцію: за умов обмеження апікального росту вони сприяють збільшенню площі фотосинтетичного апарату та підсилюють генеративний потенціал рослин.

У порівняльному аналізі сортів і селекційних ліній центральною ознакою моделі залишається кількість вузлів, яка визначає структуру наступних рівнів продуктивності (табл. 3).

У різних ліній кількість вузлів варіює в межах 14–16 шт., причому окремі генотипи демонструють абсолютну однорідність цієї ознаки ($CV = 0\%$), що свідчить про високий рівень генетичної стабільності. Саме вузлова система є основою формування наступних рівнів продуктивності та визначає потенціал генеративного розвитку рослин. Кількість бобів майже завжди тісно пов'язана з числом вузлів, демонструючи надзвичайно високі кореляційні зв'язки ($r = 0,98-1,00$). Така закономірність відображає генетично зумовлену синхронність морфогенетичних і репродуктивних процесів у селекційних лініях сої.

Кількість бобів у ліній загалом є високою і часто перевищує аналогічні показники сортів. У середньому вона становить 80–115 шт. на рослину, при цьому варіабельність залишається помірною (14–25 %). Кількість бобів практично повністю визначає чисельність насінин, що підтверджується дуже високими кореляційними зв'язками між цими параметрами ($r = 0,95-0,99$). Це свідчить про незначні втрати на етапі формування генеративних структур навіть у генотипів, які ще не досягли повної генетичної стабілізації (табл. 3).

Етапи органогенезу:

I-III - диференціація стебла, закладання конуса, наростання конуса 2-го порядку.

III, IV - диференціація суцвіть.

IV, V - диференціація квіток.

VI-IX - утворення пилку, зав'язі, цвітіння, запліднення.

X-XII - формування і дозрівання насіння.

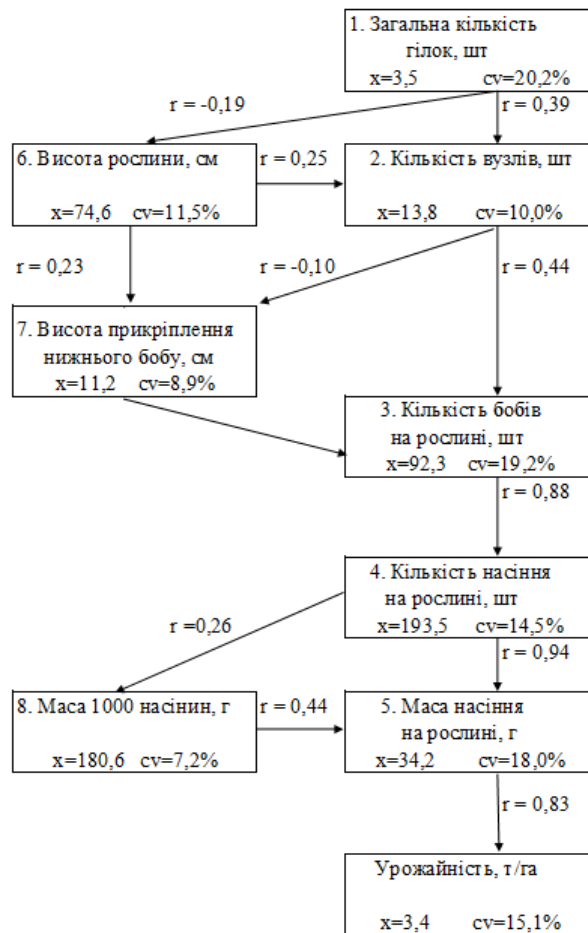


Рис. 2. Узагальнена модель продуктивності перспективних ліній сої (2022–2024 рр.)

Таблиця 3

Порівняльний аналіз сортів та ліній сої культурної			
Показник	Сорти	Лінії	Різниця, %
Висота рослин, см	71,3	74,6	+4,6
Висота кріплення нижнього бобу, см	11,1	11,2	+1,4
Кількість гілок, шт.	2,9	3,5	+22,1
Кількість вузлів, шт.	14,4	13,8	-3,9
Кількість бобів, шт.	80,6	92,3	+14,5
Кількість насінин, шт.	168,5	193,5	+14,8
Маса 1000 насінин, г	180,9	180,6	-0,2
Маса насіння з рослини, г	30,2	34,2	+13,3
Урожайність, т/га	3,1	3,4	+8,8

Важливою ознакою, що відрізняє селекційні лінії від сортів, є характер співвідношення між кількістю насінин і масою 1000 насінин. Якщо у сортів частіше проявляється компенсаторний ефект, то в лініях ця залежність є значно більш варіативною та гнучкою. У частини генотипів спостерігається слабка негативна кореляція ($r = -0,20 \dots -0,55$), тоді як в окремих випадках – навпаки, позитивна ($r = 0,90-0,97$). Це свідчить про здатність рослин одночасно нарощувати як кількість, так і масу насіння без суттєвих структурних компромісів. Така властивість є особливо цінною для селекційної роботи, оскільки дає можливість створювати вихідний матеріал із високими показниками як кількісної, так і якісної продуктивності.

Маса насіння з рослини є інтегральною характеристикою, яка узагальнює попередні рівні моделі. Для всіх ліній цей показник переважно визначається кількістю насінин, про що свідчать високі кореляційні зв'язки між цими параметрами ($r = 0,85-1,00$). Це вказує на те, що модель продуктивності ліній має переважно екстенсивний характер, за якого збільшення загальної кількості насінин є основним механізмом підвищення маси насіння та врожайності. Водночас маса 1000 насінин також

робить внесок у формування кінцевого результату, однак здебільшого не є домінуючим фактором завершальної продуктивності.

Фінальним рівнем моделі є врожайність, яка демонструє високу узгодженість із масою насіння з рослини, що підтверджується кореляційними зв'язками на рівні 0,87–0,96. Це свідчить про ефективну трансформацію індивідуальної продуктивності рослин у врожайність агроценозу та підтверджує, що селекційні лінії сої, попри значну морфогенетичну варіабельність, формують цілісну та структурно завершену систему продуктивності.

Таким чином, узагальнена модель селекційних ліній сої характеризується:

- стабільною морфоструктурою з чіткою ієрархією «висота → вузли → боби → насінини»;
- високою генеративною реакційністю та майже повною реалізацією вузлового потенціалу;
- гнучкими механізмами формування маси насіння, що допускають одночасне зростання кількості та маси насіння;
- мінімальними втратами на всіх етапах формування врожаю;
- високою ефективністю трансформації індивідуальної продуктивності в урожайність;
- вираженою кореляційною впорядкованістю, що визначає перспективність використання ліній у селекційних програмах.

Висновки

Комплексний аналіз морфогенетичних і генеративних параметрів сортів та селекційних ліній сої дав змогу встановити цілісну систему закономірностей, що визначають формування їх продуктивності. Доведено, що вегетативний блок ознак (висота рослин, кількість гілок і вузлів) формує фундамент продукційного процесу.

Висота рослин у більшості сортів і селекційних ліній є відносно стабільною ознакою та визначає потенціал вузлуотворення. Гілкування має компенсаторний характер і забезпечує підтримання продуктивності за різної густоти стояння та рівня освітлення. Генеративний блок характеризується високим ступенем кореляційної впорядкованості: кількість бобів майже лінійно залежить від кількості вузлів, а кількість насінин – від кількості бобів.

Для всіх досліджених генотипів формування маси насіння переважно визначається кількістю насінин, тоді як маса 1000 насінин виконує коригувальну функцію залежно від генетичних особливостей. Кореляційні зв'язки між кількістю насінин і масою насіння досягають значень $r = 0,85–1,00$, що свідчить про домінування екстенсивного шляху формування продуктивності.

Урожайність сортів і перспективних селекційних ліній має дуже високий рівень залежності від маси насіння з рослини ($r = 0,87–0,98$). Це підтверджує ефективність внутрішньої структури продуктивності та майже повну трансформацію індивідуальної продуктивності рослин у формування врожайності агроценозу. Селекційні лінії характеризуються більшою морфогенетичною варіабельністю, але водночас демонструють вищу кореляційну структурованість і інтенсивніший генеративний розвиток порівняно із сортами, що визначає їх високу перспективність як вихідного матеріалу для селекції.

Використана література

1. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Діянова А. О., Мирний М. В. Сорти сої для Степу та Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16>
2. Sichkar V., Orekhivskiy V., Bilyavskaya L. et al. Use of soybean genetic resources to create highly adaptive varieties. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. Vol. 12, № 1. P. 3–14. <https://doi.org/10.31407/ijees12.106>
3. Mazur O., Kupchuk I., Biliavska L. et al. Ecological plasticity and stability of soybean varieties under climate change in Ukraine. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2022. Vol. 25, Iss. 3. P. 226–241. <https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.03.226-241>
4. Biliavska L., Biliavskiy Y., Mazur O., Mazur O. Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. 27, Iss. 2. P. 312–322. <https://agrojournal.org/27/02-10.pdf>
5. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Мазур О. В. Адаптивність та селекційна цінність сортів сої за вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 96–107. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-8>
6. Літун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Теорія і практика селекції на макроознаки: методологічні проблеми. Харків : ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2004. 157 с.

7. Корчинський А. А. Становлення еволюційної теорії адаптації рослин. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : У 4 т. / голов. ред. В. В. Моргун. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 11–22.
8. Білявська Л. Г., Діянова А. О. Модель дуже скоростиглих сортів сої в умовах зміни клімату для зон Степу і Лісостепу України. *Грааль науки*. 2021. № 4. С. 160–165. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.05.2021.029>
9. DeJong T. M., Da Silva D., Vos J., Escobar-Gutierrez A. J. Using functional-structural plant models to study, understand and integrate plant development and ecophysiology. *Annals of Botany*. 2011. Vol. 108, Iss. 6. P. 987–989. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr257>
10. Nafziger E. Soybean. *Illinois Agronomy Handbook*. Urbana-Champaign, 2013. P. 27–36. URL: <http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter03.pdf>
11. Messina C. D., Jones J. W., Boote K. J., Vallejos C. E. A gene-based model to simulate soybean development and yield responses to environment. *Crop Science*. 2006. Vol. 46, Iss. 1. P. 456–466. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0372>
12. Білявська Л. Г. Селекційно-генетичне поліпшення сої в умовах Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2020. 403 с.
13. Білявська Л. Г. Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т. 27, № 2. С. 6–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.01>
14. Присяжнюк О. І. Математична модель продуктивності рослин гороху. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 12. С. 173–174.
15. Fournier C., Andrieu B., Buck-Sorlin G. H. et al. Functional-structural modelling of Gramineae. *Functional Structural Plant Modelling in Crop Production*. Dordrecht : Springer, 2007. P. 175–186. https://doi.org/10.1007/1-4020-6034-3_15
16. Діянова А. О., Кулик М. І. Формування насінневої продуктивності сої залежно від біометричних показників рослин та умов року вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2024. Вип. 32. С. 93–103. <https://doi.org/10.47414/nr.32.2024.326050>
17. Діянова А. О., Кулик М. І. Формування урожайності сої залежно від сортового складу та умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 197–203. <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2025.30.28>
18. Mazur O., Kupchuk I., Voloshyna O. et al. Adaptive value of soybean varieties by the seed quality parameters. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2024. Vol. 27, Iss. 2. P. 157–171. <https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.02.157-171>
19. Mazur O., Mazur O., Zayka K. et al. Variability of soybean varieties in terms of yield components and yield in the conditions of the Forest-Steppe of Right-Bank Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, № 7. P. 186–195. <https://doi.org/10.12912/27197050/205208>
20. Karpuk L., Prysiazniuk O. Construction of multiple regressive models of sugar beet growth and development. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2014. Вип. 2. С. 74–82.
21. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max* (L.) Merr. / уклад. : Л. Н. Кобизєва, В. К. Рябчун, О. М. Безугла та ін. Харків, 2004. 37 с.
22. Mohanty M., Probert M. E., Reddy K. S. et al. Simulating soybean-wheat cropping system: APSIM model parameterization and validation. *Agricultural Ecosystems & Environment*. 2012. Vol. 152. P. 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.02.013>
23. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / уклад. : С. О. Ткачик, О. І. Присяжнюк, Н. В. Лещук. 4-те вид., випр. і доп. Київ : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2016. 119 с. <https://doi.org/10.21498/978-966-924-579-3>
24. Базиленко Є. О., Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О. Прояв і мінливість ознаки «кількість бобів на продуктивних вузлах рослини» у гібридів та сортів сої різних груп стиглості. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 128–133. <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2022.15.19>
25. Щербина О. З., Михайлов В. Г., Тимошенко О. О. Характеристика гібридів сої за ознакою «маса насіння з рослини». *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 15. С. 278–281.
26. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних досліджень даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

References

1. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., Diianova, A. O., & Myrnyi, M. V. (2021). Drought-resistant soybean varieties for Steppe and Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16> [In Ukrainian]
2. Sichkar, V., Orekhivskiy, V., Bilyavskaya, L., Kryvenko, A., Solomonov, R., & Diyanova, A. (2022). Use of soybean genetic resources to create highly adaptive varieties. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 12(1), 3–14. <https://doi.org/10.31407/ijees12.106>
3. Mazur, O., Kupchuk, I., Biliavska, L., Biliavskiy, Y., Voloshyna, O., Mazur, O., & Razanov, S. (2022). Ecological plasticity and stability of soybean varieties under climate change in Ukraine. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 25(3), 226–241. <https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.03.226-241>

4. Biliavska, L., Biliavskiy, Y., Mazur, O., & Mazur, O. (2021). Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(2), 312–322. <https://agrojournal.org/27/02-10.pdf>
5. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., & Mazur, O. V. (2021). Adaptability and selection value of soybean varieties for growing in different soil and climate conditions of Ukraine. *Agriculture and Forestry*, 22, 96–107. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-8> [In Ukrainian]
6. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2004). *Theory and practice of breeding for macrotraits: methodological problems*. Yuriev Plant Production Institute of UAAS. [In Ukrainian]
7. Korchynskiy, A. A. (2001). Formation of the evolutionary theory of plant adaptation. In V. V. Morhun (Ed.), *Genetics and breeding in Ukraine at the turn of the millennium* (Vol. 2, pp. 11–22). Lohos. [In Ukrainian]
8. Biliavska, L. H., & Diianova, A. O. (2021). Model of ultra-early soybean varieties under climate change conditions for the Steppe and Forest-Steppe zones of Ukraine. *Grail of Science*, 4, 160–165. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.05.2021.029> [In Ukrainian]
9. DeJong, T. M., Da Silva, D., Vos, J., & Escobar-Gutierrez, A. J. (2011). Using functional-structural plant models to study, understand and integrate plant development and ecophysiology. *Annals of Botany*, 108(6), 987–989. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr257>
10. Nafziger, E. (2013). Soybean. In *Illinois Agronomy Handbook* (pp. 27–36). University of Illinois Extension.
11. Messina, C. D., Jones, J. W., Boote, K. J., & Vallejos, C. E. (2006). A gene-based model to simulate soybean development and yield responses to environment. *Crop Science*, 46(1), 456–466. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0372>
12. Biliavska, L. H. (2020). *Breeding and genetic improvement of soybean under conditions of the Forest-Steppe of Ukraine* (Doctoral dissertation). [In Ukrainian]
13. Biliavska, L. H. (2024). Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations. *Scientific Progress & Innovations*, 27(2), 6–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.01> [In Ukrainian]
14. Prysiazhniuk, O. I. (2012). Mathematical model of pea plant productivity. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 12, 173–174. [In Ukrainian]
15. Fournier, C., Andrieu, B., & Buck-Sorlin, G. H. (2007). Functional-structural modelling of Gramineae. In *Functional Structural Plant Modelling in Crop Production* (pp. 175–186). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-6034-3_15
16. Diianova, A. O., & Kulyk, M. I. (2024). Formation of soybean seed productivity depending on biometric indicators of plants and growing year conditions. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 32, 93–103. <https://doi.org/10.47414/np.32.2024.326050> [In Ukrainian]
17. Diyanova, A. O., & Kulyk, M. I. (2025). Formation of soybean yield depending on varietal composition and growing conditions. *Agrarian Innovations*, 30, 197–203. <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2025.30.28> [In Ukrainian]
18. Mazur, O., Kupchuk, I., Voloshyna, O., Biliavska, L., & Poltoretskiy, S. (2024). Adaptive value of soybean varieties by the seed quality parameters. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 27(2), 157–171. <https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.02.157-171>
19. Mazur, O., Mazur, O., Zayka, K., Didur, I., Biliavska, L., Tsyhanskyi, V., & Verheles, P. (2025). Variability of soybean varieties in terms of yield components and yield in the conditions of the Forest-Steppe of Right-Bank Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(7), 186–195. <https://doi.org/10.12912/27197050/205208>
20. Karpuk, L., & Prysiazhniuk, O. (2014). Construction of multiple regressive models of sugar beet growth and development. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 2, 74–82 [In Ukrainian]
21. Kobyzieva, L. N., Riabchun, V. K., & Bezuhla, O. M. (2004). *Wide unified classifier of the species Glycine max (L.) Merr.* Yuriev Plant Production Institute of UAAS. [In Ukrainian]
22. Mohanty, M., Probert, M. E., Reddy, K. S., Dalal, R. C., Mishra, A. K., Subba Rao, A., Singh, M., & Menzies, N. W. (2012). Simulating soybean-wheat cropping system: APSIM model parameterization and validation. *Agricultural Ecosystems & Environment*, 152, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.02.013>
23. Tkachyk, S. O., Prysiazhniuk, O. I., & Leschuk, N. V. (2016). *Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4th ed., rev. and exp.). FOP Korzun D. Yu. <https://doi.org/10.21498/978-966-924-579-3> [In Ukrainian]
24. Basilenko, Ye. O., Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2022). Manifestation and variability of the trait “number of beans on the productive nodes of the plant” in hybrids and soybean varieties of different maturity groups. *Agrarian Innovations*, 15, 128–133. <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2022.15.19> [In Ukrainian]
25. Shcherbyna, O. Z., Mykhailov, V. H., & Tymoshenko, O. O. (2012). Characteristics of soybean hybrids by the trait “seed weight per plant”. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 15, 278–281 [In Ukrainian]
26. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in Statistica 6.0*. PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 635.655:631.527

Biliavska, L. H.*, & **Diianova, A. O.** (2026). Modern models of productivity for soybean and promising breeding genotypes. *Advanced Agritechnologies*, 14(1). <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361286> [In Ukrainian]

*Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovoroda St., Poltava, 36003, Ukraine, *e-mail: bilyavska@ukr.net*

Aim. To develop a general model for soybean and promising breeding genotypes, and to determine the value of agronomic traits and the correlations between them. **Methods.** Field trials were conducted in 2022–2024 in the breeding crop rotation of the farm “Hryha” (Poltava region). The objects of study were Ukrainian soybean varieties and promising breeding genotypes. **Results.** The developed model and comprehensive analysis of morphogenetic and generative parameters of soybean varieties and breeding genotypes made it possible to establish an integrated system of regularities that determine productivity formation. It was found that the vegetative trait block–plant height, number of branches, and nodes–forms the foundation of productivity. The generative trait block is characterised by a high degree of correlation: the number of pods is almost linearly dependent on the number of nodes, while the number of seeds depends on the number of pods. For all varieties and lines, seed formation is determined by the number of seeds. Correlations between seed number and seed weight reached values of $r = 0.85–1.00$, highlighting the dominance of the extensive pathway of production. Yield of varieties and breeding genotypes showed an exceptionally strong dependence on seed weight per plant ($r = 0.87–0.98$). This pattern confirms that the internal structure of productivity functions efficiently, and individual plant productivity is almost fully transformed into crop yield. Breeding genotypes proved more variable in morphogenesis but simultaneously demonstrated higher correlation precision and greater intensity of generative development than varieties, making them promising initial forms for breeding. **Conclusions.** The obtained results allow for the characterisation of breeding material, prediction of breeding outcomes, and evaluation of trait interrelationships in yield formation.

Keywords: *soybean; genotype; breeding; variety; model; trait; correlation; productivity; yield.*

Надійшла / Received 13.02.2026

Погоджено до друку / Accepted 10.03.2026

Опубліковано онлайн / Published online 28.05.2026