

Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations

L. Biliavska✉

Article info

Correspondence Author
L. Biliavska
E-mail:
bjlyavska@ukr.net

Poltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Biliavska, L. (2024). Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 6–11. doi: 10.31210/spi2024.27.02.01

The article presents the level of economically valuable traits and correlations in the offspring of different hybrid soybean populations. The development of varieties using soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) source material with high genetic yield potential and adaptive properties requires the use of modern breeding methods with an appropriate level of economically valuable traits. Modern methods of evaluation and selection of breeding samples make it possible to control economically valuable traits and their manifestation. The created F₁ hybrids, as the initial forms of hybrid populations, differ in productivity and the yield structure elements that determine it. The breeding process is aimed at searching for heterotic forms by means of genetic determination of selectively significant traits and revealing their genotypic structure of variability. The aim of our research was to determine the economically valuable traits and correlations between them in the offspring of hybrid soybean populations. Field experiments were conducted (2006–2019) in the experimental field of Poltava State Agrarian Academy. Soil was podzolic chernozem, predecessor was winter wheat. The research object was F₁ hybrid combinations. The test varieties were Ametyst and Almaz, which are the most adapted to the Poltava region. Five varieties were studied, which, due to their high yields, have a more expressed value of the productivity components (number of beans, number of nodes, number of seeds, weight of 1000 seeds, weight of seeds per plant) – these are Ukrainian varieties: Ahat, Romantyka, Krasa Podillia, Altair and the Chinese variety Miao-yang-dou. In the offspring, plants with high values of economically valuable traits were identified, which were 2–5 times higher than the average population value (height of the lower bean, number of branches on the plant, weight of beans with seeds, weight of 1000 seeds, number of seeds per plant). They made up the selection group in the following generations. The correlations, their strength and direction between the traits that significantly affect plant productivity were revealed. The identified patterns made it possible to carry out targeted breeding to improve soybean plant productivity traits in the offspring of the intervarietal hybrids Ametyst/Krasa Podillia and Bravella/Bilosnezhka/Altair. Breeding groups were created on the basis of the best plants, which served as the source material for further breeding.

Keywords: soybean, hybrid, genotype, trait, selection, structural elements, crossing, combinational ability, hybridisation

Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої

Л. Г. Білявська

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено рівень господарсько-цінних ознак і кореляційні зв'язки у потомствах різних гібридних популяцій сої. Створення сортів із залученням вихідного матеріалу сої (*Glycine max.* (L.) Merr.) з високим генетичним потенціалом урожайності та адаптивними властивостями потребує використання сучасних методів селекції з відповідним рівнем господарсько-цінних ознак. Сучасні методи оцінки і добору селекційних зразків дозволяють контролювати господарсько-цінні ознаки та їх прояв. Створені гібриди F₁, як вихідні форми гібридних популяцій відрізняються продуктивністю і визначальними її елементами структури врожаю. Селекційний процес спрямований на пошук гетерозисних форм з використанням генетичної детермінації селекційно-значущих ознак і визначенням їх генотипової структури мінливості. Метою наших досліджень було визначення господарсько-цінних ознак та кореляційних зв'язків між ними у потомстві гібридних популяцій сої. Польові дослідження проводили (2006–2019 рр.) на дослідному полі Полтавської державної аграрної академії. Ґрунт – чорнозем опідзолений, попередник – пшениця озима. Об'єкт досліджень – гібридні комбінації F₁. Тестерами були сорти Аметист і Алмаз, які найбільш пристосовані до умов Полтавщини. Досліджували п'ять сортів, які за високого рівня урожайності є носіями більш вираженого значення складових елементів продуктивності (кількість бобів, кількість вузлів, кількість насіння, маса 1000 насіння, маса насіння з рослини) – це українські сорти: Агат, Романтика, Краса Поділля, Альтаір та китайський – Мяо-ян-доу. У потомстві відокремлені рослини з високим значенням господарсько-цінних ознак, які у 2–5 разів перевищували середньо популяційне значення (висота нижнього бобу, кількість на рослині гілок, маса бобів з насінням, маса 1000 насіння, кількість насіння з рослини), які становили групу добору у наступних поколіннях. Визначена кореляційна залежність, їх сила і направленість між ознаками, які істотно впливають на продуктивність рослини. Виявлені закономірності дозволяють цілеспрямовано вести селекцію на покращення ознак продуктивності рослин сої у потомстві міжсорткових гібридів Аметист / Краса Поділля, Bravella / Білоснежка / Альтаір. На основі кращих рослин створено групи добору, які слугували вихідним матеріалом для подальших селекційних доборів.

Ключові слова: соя, гібрид, генотип, ознака, добір, елементи структури, схрещування, комбінаційна здатність, гібридизація

Бібліографічний опис для цитування: Білявська Л. Г. Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 6–11.

Вступ

Одним із важливих завдань в селекційних дослідженнях з сої (*Glycine max. (L.) Merr.*) є пошук генотипів, в яких присутній комплекс господарсько-цінних ознак, які повинні забезпечувати високу продуктивність культури [1–6]. Проте, застосувати його можливо лише за умови знання генетичного контролю господарсько-цінних ознак та застосування сучасних методів оцінки і ефективного добору селекційних зразків [7–9]. Гібриди F₁, як вихідні форми гібридних популяцій для послідуєчих доборів в них трансгресивних форм повинні бути цілеспрямованими та ефективними. При цьому, високий ефект гетерозису у гібридів сої 1-го покоління за продуктивністю і визначальними її елементами структури врожаю корелює з високим ступенем і частотою трансгресій в наступних поколіннях [10–11]. Ефективний напрям селекційного процесу – використання гетерозисних форм, які зумовлюють можливу генетичну детермінацію селекційно-значущих ознак, за умови їх генотипової структури мінливості [12–16].

Мета дослідження

Мета досліджень – визначення господарсько-цінних ознак та кореляційних зв'язків між ними у потомстві гібридних популяцій сої.

Матеріали і методи

Польові дослідження проводили в 2006–2019 рр. у селекційній сівозміні (с. Бричківка, Полтавський район, Полтавський державний аграрний університет МОН України. Ґрунт – чорнозем опідзолений, попередник – пшениця озима.

Об'єкт досліджень – гібридні комбінації (F₁), що створені від схрещувань цінних сортів сої різного еколого-географічного походження. Тестерами слугували сорти Аметист і Алмаз. Вони найбільш пристосовані до умов Полтавщини, так як їх створення проводилося в різних кліматичних умовах (на межі Степу та Лісостепу, різних типах ґрунтів з показниками рН від 5,2 до 6,5 та недостатньою кількістю опадів). Досліджували п'ять сортів із високим рівнем врожайності. Вони визначені як носії важливих складових елементів продуктивності (кількісні показники). Це українські сорти: Романтика, Краса Поділля, Агат, Альтаїр та китайський – Мяо-ян-доу. У парні схрещування, в ролі материнської форми, було залучено сорт Аметист, який за рахунок посухостійкості, високої стійкості проти різкого коливання температур протягом доби та фотоперіодичної нейтральності формує стабільно високу урожайність високої якості протягом усіх років досліджень. У ролі батьківської форми використовувався сорт Краса Поділля, який відрізнявся холодостійкістю, підвищеною кількістю насіння та бобів на рослині. Основні генетичні характеристики потомства Аметист × Краса Поділля вивчали за 16 ознаками.

Посів гібридного розсадника проводили вручну у першій декаді травня. Ширина міжрядь – 45 см. У рядку, відстань між рослинами – 10 см. Площа ділянки – 2,25 м². Здійснювали фенологічні спостереження, аналіз елементів структури врожаю за Широким уніфікованим класифікатором роду *Glycine max.* [17] та Методикою «Проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур» [18–19]. Стандартом слугував сорт Юг-30. Математичну обробку експериментальних даних проводили на основі методів визначення комбінаційної здатності [20] за кількісними показниками (висота рослини, висота прикріплення нижнього бобу, кількість на рослині гілок, кількість вузлів на головному стеблі, кількість вузлів на гілках, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини, маса насінин з рослини, маса 1000 насінин).

Результати та їх обговорення

Міжсортна гібридизація спеціально підібраних батьківських форм є основним методом створення вихідного матеріалу сої. У міжсортних гібридів поєднується генетичний матеріал, що відрізняється за низкою ознак. Тому, у потомствах можна очікувати виділення унікальних ліній із поєднанням корисних господарсько-цінних ознак. Кращі результати дають схрещування у тому випадку, коли батьківські форми відрізняються між собою географічно, філогенетичне, елементами продуктивності та морфологічними ознаками. У таких гібридних популяціях можна з більшою імовірністю виділити трансгресивні форми. Також можна очікувати і виникнення нових ознак і властивостей, які не зустрічаються у батьківських форм. Це відбувається в наслідок того, що гени компонентів схрещування можуть діяти комплементарно [21]. Нами, у парні схрещування було введено сорт Аметист. Сорт відрізняється високою посухо-стійкістю, стійкістю проти коливання температур протягом доби та фотоперіодичної нейтральності. Цей сорт формує стабільно високу урожайність високої якості. Характеризується стійкістю до розтріскування бобів, через що й був залучений до гібридизації як материнська форма. Сорт Краса Поділля відрізняється холодостійкістю, підвищеною кількістю насіння та бобів на рослині. Вивчали основні генетичні характеристики у потомстві Аметист/Краса Поділля за 17 ознаками. Основні господарсько-цінні ознаки наведено в **таблиці 1**.

Висота рослини, яка обумовлена генотиповими та паратиповими чинниками й має полігенний контроль [22] була на рівні 89,5 см, довірчий інтервал – 89,8÷89,2 см. Модальний клас становив 80,0 см. Розподіл емпіричних значень, одержаних у досліді, наближався до нормального.

Показник висота кріплення нижнього бобу характеризується низьким рівнем модифікаційного варіювання і має високі коефіцієнти успадкування [23].

Таблиця 1

Рівень господарсько-цінних ознак в потомстві гібридів сої Аметист / Краса Поділля і їх генетична характеристика

Ознаки рослин	Статистичні показники							
	середнє значення	дисперсія	середньо квадратичне відхилення	довірчий інтервал 95%	медіана	мода	ексцес	асиметрія
Висота рослин, см	89,6	174,1	13,2	0,3	89,0	80,0	0,3	0,1
Висота прикріплення нижнього бобу, см	9,7	17,4	4,2	0,3	10,0	10,0	3,7	1,3
Товщина стебла в нижній частині, мм	8,5	2,4	1,6	0,1	8,0	8,0	-0,1	0,4
Товщина стебла в середній частині, мм	5,2	0,5	0,7	0,0	5,0	5,0	0,6	0,3
Кількість гілок на рослині, шт.	2,7	3,6	1,9	0,1	2,0	1,0	0,8	1,0
Кількість вузлів на головному стеблі, шт.	12,5	3,2	1,8	0,1	12,0	12,0	0,2	0,2
Кількість вузлів на гілках, шт.	13,8	101,7	10,1	0,6	11,0	7,0	1,5	1,1
Кількість бобів на головному стеблі, шт.	34,8	96,1	9,8	0,6	34,0	27,0	0,2	0,6
Кількість бобів на гілках, шт.	26,2	497,8	22,3	1,4	20,0	0,0	2,8	1,4
Кількість бобів на рослині, шт.	61,0	720,2	26,8	1,6	55,0	45,0	1,4	1,1
Кількість пустих бобів, шт.	2,7	5,8	2,4	0,2	2,0	2,0	11,5	2,1
Маса рослини, г	41,2	381,2	19,5	1,2	36,0	28,0	2,5	1,3
Маса бобів з насіння, г	28,5	195,0	14,0	0,9	25,0	23,0	1,7	1,1
Мас насіння, г	19,6	96,0	9,8	0,6	17,0	9,0	2,2	1,2
Маса 1000 шт., г	151,0	631,8	25,1	1,5	146,5	142,9	7,6	1,8
Кількість насінин з рослини, шт.	128,4	3181,5	56,4	3,4	117,0	100,0	1,3	1,0
Збиральний індекс	0,5	0,0	0,1	0,0	0,5	0,5	22,6	2,2

За нашими даними, цей показник був не дуже високим (+ 9,7) з довірчим інтервалом $9,9 \div 9,4$ см. З медіаною і модальним класом 10,0 см. За цією ознакою розподіл значень окремих рослин суттєво відрізнявся від теоретичного, оскільки була явно виражена правостороння асиметрія (+ 1,3). Коефіцієнт ексцесії характеризував пік (+ 3,7) в порівнянні з розміщенням найбільш високої частини кривої нормального статистичного розподілу. Неадитивним ефектам належить найбільший внесок (64,4 %) у мінливість кількісної ознаки «висота кріплення нижнього бобу». Одночасно, внесок адитивних ефектів цих сортів і тестерів був майже однаковим (17,2 і 18,4 %). Визначення ефектів комбінаційної здатності показало, що найбільш генетично цінним за ознакою «висота кріплення нижнього бобу» був сорт Альтаір (ефект ЗКЗ – 1,3) за $HP_{05} = 1,0$. Також, сорт Альтаір вирізнявся й у специфічній комбінації з тестером І (Аметист). Так, СКЗ цієї комбінації була істотно високою (+3,1).

Товщина стебла в нижній частині характеризувалася значенням 8,5 мм. Ознака дуже корисна та цінна тим, рослина досить стійка проти вилягання. З довірчим інтервалом $8,5 \div 8,4$ мм. Розподіл у експериментальній популяції був близьким до нормального, оскільки коефіцієнт асиметрії хоч і зміщував розподіл вліво, все ж він був незначним ($A = +0,4$). Ексцес характеризувався незначним провалом ($E = -0,1$).

Логічно, що товщина стебла у середній частині була меншою ніж у нижньої та склала 5,2 мм, проте розподіл емпіричних значень був зміщений вправо (+ 0,34) з ексцесом в + 0,6 порівняно із нормальним статистичним розподілом.

Кількість на рослині гілок в середньому по потомству становила 2,7, проте у потомстві зустрічалися рослини з великою кількістю гілок (11 шт.).

Ця ознака була мало мінливою, оскільки $V = 3,6$ %. Асиметрія – правостороння ($A = 0,99$), а ексцес мав пік: $E = 0,8$. Встановлено, що у більшості випадків, коефіцієнт успадкування кількості на рослині гілок є середнім, проте зустрічаються гібридні комбінації з високими (більше 0,5). Аналіз структури генотипової мінливості ознаки «кількість на рослині гілок» показав переважаючий вплив неадитивних ефектів (52,2 %). Проте достовірні відхилення від середньо популяційної у бік збільшення мала комбінація Альтаір/Алмаз (+2,5, або 44,3 %), а в бік зниження – комбінація Альтаір/Аметист (-3,5–63,9 %).

Кількість бобів (стебло) – ознака теж значно варіабельна ($V = 96$ %). Середнє значення цього показника у потомстві становило 34,8 шт. з довірчим інтервалом $34,2 \div 35,4$, причому емпіричний розподіл наближався до нормального, оскільки значення коефіцієнту асиметрії ексцесу було незначним – відповідно 0,6 і 0,2.

Кількість бобів (гілки) – середньо популяційне значення становило 26,2 з довірчим інтервалом $24,8 \div 27,5$ шт. У потомстві зустрічалися рослини із високими показниками цієї ознаки – 149 шт., тому ця ознака також належала до високо мінливих. Розподіл експериментально отриманих значень характеризувався правосторонньою асиметрією ($A = 1,44$) зі змищенням по центру в порівнянні з найбільш високої частиною кривої нормального статистичного розподілу ($E = 2,8$).

Кількість бобів з рослини – це елемент структури врожаю, знання генетичного контролю якого дозволить створювати сорти з високим потенціалом продуктивності, оскільки ці ознаки мають високий позитивний коефіцієнт кореляції ($r = 0,82 \dots 0,86$). У нашому випадку, ознака кількість бобів (всього) відносилась до високо мінливих ознак із середнім значенням 61,0 шт. Максимальне значення цього показника становило 206 шт., мінімальне – 15 шт.

Довірчий інтервал був у межах 59÷63 шт. Асиметрія і ексцес – відповідно +1,4 (правостороннє зміщення) й +1,1 (пік). Таким чином, вони відрізнялися від теоретичного розподілу значень.

Кількість пустих бобів у гібридних популяціях була невисокою і у середньому становила 2,69 з довірчим інтервалом 2,6÷ 2,8, проте зустрілися рослини з високим значенням цього показника – 27 шт. Розподіл емпіричних значень рослин значно відрізнявся від теоретичного: спостерігали правосторонню асиметрію (A= 2,11) і виражений пік (E= 11,54).

Маса рослини в середньому по популяції становила 41,2 г. (довірчий інтервал 40,0÷42,4), проте максимальне значення було вчетверо більше і становило 161,9 г. Пік емпіричного розподілу був вищим за нормального статистичного (E= 2,5), а зміщення було правостороннім (J= 1,3).

Маса бобів з насінням становила 28,49 г. з довірчим інтервалом 27,65÷ 29,3. Ознака значно варіювала (від 7 до 110 г). Зміщення було правостороннім (A= 1,11) з піком (E= 1,7). Модальний клас становив 23,0 г. Ця ознака значною мірою залежить від умов вирощування і відбір за нею ускладнюється мінливістю, пов'язаною із середовищем, в гібридних популяціях є можливість виділити високопродуктивні рослини [12].

Маса насіння становила у гібридних популяцій 19,6 г. Серед гібридного потомства можна виділити рослини з високим значенням ознаки, оскільки зустрічалися рослини з рівнем ознаки 80 г. Ознака варіабельна. Зміщення розподілу отриманих значень було правостороннім (A=1,2) з вираженим піком (E=2,15).

Маса 1000 насінин є складовою для визначення продуктивності, ця ознака теж значною мірою

піддається впливу умов вирощування, про що свідчать дані, одержані і іншими авторами [18, 19]. Середньо-популяційне значення маси 1000 насінин становило 151 г. з довірчим інтервалом 149,5÷152,5. Проте зустрічалися крупноплідні рослини з масою 1000 насінин у 338,7 г. Зміщення було правостороннє, незначне (A=1,75). У розподілі емпіричних значень, спостерігали чітко виражений пік (E= 7,55).

Кількість насінин з рослини – теж складова продуктивності, середньо-популяційне значення становило 128,4 шт. з довірчим інтервалом 125,0÷131,8. Добір рослин за цією ознакою може бути перспективним. У популяції спостерігали рослини з дуже великою кількістю насінин (451 шт.). Порівняно з теоретичним розподілом, емпіричні значення були невеликими (A= 1,01 і E=1,28). Для успішного ведення селекції на покращення певних господарсько-цінних ознак необхідно знати їх зв'язки з іншими ознаками. А це, в першу чергу, кореляційні зв'язки. Слід зазначити, що у процесі філогенетичного становлення сої, особливо на тлі природного добору і адаптації, встановлені певні взаємозв'язки між ознаками. Вони – відносно стабільні та мають скореговані блоки генів [21]. Вони крім інших причин генетичної детермінації, характеризують рослинний організм як цілісну збалансовану систему. Проте штучний добір спричинив у сортах, популяціях, лініях певні зміни, які є наслідком дії тиску добору і його напрямку у конкретних генотипів селекційного матеріалу, з яким працює селекціонер.

Коефіцієнт кореляції між основними господарсько-цінними ознаками в потомстві гібридної популяції Аметист/ Краса Поділля наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Матриця кореляційних зв'язків між господарсько-цінними ознаками у потомстві гібридної популяції сої Аметист / Краса Поділля

Статистичні показники	Кореляційні зв'язки між ознаками																
	Вар 2	Вар 3	Вар 4	Вар 5	Вар 6	Вар 7	Вар 8	Вар 9	Вар 10	Вар 11	Вар 12	Вар 13	Вар 14	Вар 15	Вар 16	Вар 17	
Висота прикріплення нижнього бобу, см	0,37																
Товщина стебла в нижній частині, мм	0,02	-0,25															
Товщина стебла в середній частині, мм	0,08	-0,13	0,48														
Кількість гілок на рослині, шт.	-0,15	-0,23	0,21	0,21													
Кількість вузлів на головному стеблі, шт.	0,31	-0,26	0,34	0,31	0,04												
Кількість вузлів на гілках, шт.	-0,12	-0,24	0,63	0,18	0,87	0,05											
Кількість бобів на головному стеблі, шт.	0,18	-0,24	0,54	0,50	0,20	0,67	0,08										
Кількість бобів на гілках, шт.	-0,10	-0,24	0,66	0,21	0,80	0,08	0,31	0,08									
Кількість бобів на рослині, шт.	-0,01	-0,28	0,74	0,36	0,74	0,36	0,31	0,31	0,07								
Кількість пустих бобів, шт.	-0,12	-0,09	0,26	0,07	0,36	0,07	0,33	0,32	0,32	0,07							
Маса рослини, г	0,06	-0,26	0,80	0,46	0,70	0,70	0,71	0,72	0,32	0,32	0,32						
Маса бобів з насіння, г	-0,02	-0,31	0,78	0,43	0,71	0,72	0,71	0,72	0,32	0,32	0,32	0,32					
Мас насіння, г	0,00	-0,29	0,78	0,44	0,72	0,72	0,72	0,72	0,32	0,32	0,32	0,32	0,11				
Маса 1000 шт., г	-0,02	-0,12	0,36	0,39	0,24	0,24	0,24	0,24	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11			
Кількість насінин з рослини, шт.	-0,01	-0,29	0,74	0,35	0,71	0,71	0,71	0,71	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32		
Збиральний індекс	-0,34	-0,28	0,14	0,06	0,26	0,26	0,26	0,26	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Вар 1																	
Вар 2																	
Вар 3																	
Вар 4																	
Вар 5																	
Вар 6																	
Вар 7																	
Вар 8																	
Вар 9																	
Вар 10																	
Вар 11																	
Вар 12																	
Вар 13																	
Вар 14																	
Вар 15																	
Вар 16																	
Вар 17																	

Примітки: – * Вар 1 – висота рослин, см;

– ** коефіцієнти кореляції достовірні на 5 % рівні значущості.

Як показав аналіз даних **табл. 2**, ознака «висота рослин» корелює з «висотою кріплення нижнього бобу» ($r=0,37$), тобто чим вищі рослини, тим у них вище кріпиться нижній біб. Зв'язок середньої сили, оскільки, вважається, що при $r<0,3$ – слабка кореляційна залежність між ознаками, $r=0,3-0,7$ – середня, а при $r>0,7$ – сильна [20]. Висота рослини пов'язана середньою кореляційною залежністю із кількістю на рослині вузлів ($r=0,31$), зі всіма іншими ознаками спостерігали не значимі коефіцієнти кореляції різного напрямку дії. Ознака «висота кріплення нижнього бобу» має значення в технології вирощування, але селекційному покращенню вона піддається важко. Тому що, вона пов'язана з невисокими, але з від'ємними коефіцієнтами кореляції з усіма іншими ознаками (мали достовірні показники).

Ознака «товщина стебла» пов'язана позитивними кореляційними зв'язками з усіма іншими ознаками різної сили - від середньої (з кількістю на рослині вузлів і масою 1000 насінин) до сильної (з масою рослин, кількістю бобів).

Ознака «кількість на рослині гілок» має сильну корелятивну залежність: із кількістю на рослині вузлів ($r=0,87$), кількістю бобів ($r=0,80$), кількістю насіння з рослини ($r=0,71$), масою рослини ($r=0,70$) та масою бобів з насінням ($r=0,71$). Це означає, що коли ведеться добір за кількістю на рослині гілок, то одночасного покращення зазнають і корелятивно пов'язані позитивним коефіцієнтом кореляції й інші вищезгадані ознаки.

Вузлів на головному стеблі і на гілках (їх кількість на рослині) – неоднозначно були пов'язані з іншими ознаками. На головному стеблі – залежала від кількості бобів на стеблі ($r=0,67$), з кількістю бобів на гілках залежності не спостерігали ($r=0,08$). Ознака «кількість на рослині вузлів» з першою ознакою була слабо пов'язана ($r=0,22$). З іншою – сильно, майже лінійна залежність ($r=0,96$). З ознаками, що особливо впливають на продуктивність, коефіцієнти кореляції були середньої і сильної сили (від 0,31 до 0,88). Кількість бобів на головному стеблі та на гілках – мали середньої сили коефіцієнт кореляції із масою 1000 насінин ($r=0,20$, $r=0,24$). Але, спостерігали майже лінійну позитивну залежність із масою рослин ($r=0,88$, $r=0,95$), з масою насіння ($r=0,88$, $r=0,95$), та з кількістю насіння з рослини ($r=0,91$, $r=0,97$) відповідно. Кількість пустих бобів незначно впливала на масу рослин, масу насіння і на їх кількість ($r=0,31\dots0,36$).

Маса рослини мала лінійну позитивну залежність з масою насіння ($r=0,99$) і кількістю насіння з рослини ($r=0,95$). Але, з масою 1000 шт. насінин – коефіцієнт кореляції був середнім ($r=0,40$).

Ознака «маса бобів з насінням» залежала від кількості насіння з рослини ($r=0,95$) і мала середньої сили кореляційний зв'язок із масою 1000 шт. насінин. Маса насіння прямо залежить від їх кількості ($r=0,95$), проте з масою 1000 насінин коефіцієнт був позитивний ($r=0,44$).

Отже, селекційно-генетичне покращення сої необхідно здійснювати з урахуванням структури генотипової мінливості кількісних ознак [24–39].

Висновки

Встановлена значна індивідуальна мінливість у потомстві міжсортового гібриду Аметист / Краса Поділля, яка залежала як від генотипових відмінностей конкретної рослини, так і модифікуючих впливів довкілля. У потомстві зустрічалися рослини з високим значенням господарсько-цінних ознак, які у 2–5 разів перевищували середню популяційне значення (висота нижнього бобу, кількість на рослині гілок, маса бобів з насінням, маса 1000 насінин, кількість насіння з рослини), які становили групу добору у наступних поколіннях. Визначена кореляційна залежність, сила та направленість між ознаками, що істотно впливають на продуктивність рослини. Це дозволяє передбачати рівень корелятивно пов'язаних ознак. У потомстві гібридної популяції Bravella / Білоснежка / Альтаїр рівень ознак був дещо вищим, проте основні закономірності – мінливості, відповідності емпіричного розподілу теоретичному, а також тіснота кореляційних зв'язків, були в основному аналогічними. Встановлені закономірності дозволяють ефективно вести селекцію на поліпшення ознак продуктивності рослин сої у потомстві міжсортових гібридів Аметист / Краса Поділля, Bravella / Білоснежка / Альтаїр для послідовних селекційних доборів. У подальшій роботі (селекційні добори) слід використовувати створений вихідний матеріал, кращі рослини з отриманих гібридних популяцій та залучати новий селекційний матеріал.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Borovyk, V. O., Mykhalenko, I. V., Ivaniv, M. O., Klubuk, V. V. (2018). Proïav minlyvist oznaky "masa nasinnia z roslynny" u hibrýdiv ta sortiv soi riznykh hrup styhlosti. *Zernovi Kultury*, 2 (2), 201–211. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0026> [in Ukrainian]
2. Riabchun, V. K. (2014). Henetychne riznomanittia roslyn dlia prohresu. *Zbahachennia henetychnoho riznomanittia roslyn: tezy mizhnarodnoi naukovoï narady* (8–9 zhovtnia 2014 r.). (pp. 3–4). Kharkiv [in Ukrainian]
3. Baenziger, P. S., Russell, W. K., Graef, G. L., & Campbell, B. T. (2006). Improving lives: 50 years of crop breeding, genetics, and cytology (C-1). *Crop Science*, 46 (5), 2230–2244. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.11.0404gas>
4. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2004). Teoriia i praktyka selektsii na makrooznaky. *Metodolohichni problemy*. Kharkiv: Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva [in Ukrainian]
5. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2009). *Systemnyi analiz v selektsii polovykh kultur*. Kharkiv: Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva [in Ukrainian]
6. Riabukha, S. S. (2021). Naukovi osnovy selektsii soi na adaptyvnyist, vysoku vrozhaïnist ta yakist nasinnia. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian]
7. Kuznych, V. I. (2015). Uspadkuvannia i minlyvist oznak ta efektyvnist doboriv na pidvyshchennia vrozhaïnosti soi v umovakh zroshennia. Kherson [in Ukrainian]
8. Kokhaniuk, N. V. (2014). Henetychnyi analiz kilkisnykh oznak soi. *Zbahachennia henetychnoho riznomanittia roslyn: tezy mizhnarodnoi naukovoï narady* (8–9 zhovtnia 2014 r.). (pp. 136–137). Kharkiv [in Ukrainian]

9. Mykhailov, V. H., Starychenko, V. M., Shcherbyna, O. Z., & Romaniuk, L. S. (2005). Kharakterystyka hibrydiv soi F₂ za tryvalistiu periodu vehetatsii, masoiu nasinnia ta vysotoiu roslin. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 90, 175–187. [in Ukrainian]
10. Molotskyi, M. Ya. (Red.). (2010). *Seleksiia soi. Spetsialna seleksiia polovykh kultur: Navchalnyi posibnyk*. (pp. 160–179). Bila Tserkva [in Ukrainian]
11. Kokhaniuk, N. V. (2014). (2014). Evaluation of soybean varieties based on correlation quantitative traits and indexes. *Plant Breeding and Seed Production*, 106, 71–76. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42130>
12. Shcherbyna, O. Z., Mykhailov, V. H., & Tymoshenko, O. O. (2012). Kharakterystyka hibrydiv soi za oznakoiu masa nasinnia z rosliny. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 15, 278–282. [in Ukrainian]
13. Marchenko, T. Iu. (2012). Koreliatsiini vziaemoviazky kilkisnykh oznak sortozrazkiv soi na zroshenni. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 57, 238–242. [in Ukrainian]
14. Marchenko, T. Yu. (2012). Minlyvist hospodarsko-tsinnnykh oznak soi v umovakh zroshennia pivdna Ukrainy. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN*, 3, 75–78. [in Ukrainian]
15. Starychenko, V. M. (2008). Uspadkuvannia tryvalosti periodu vehetatsii soi ta yoho zv'iazok z elementamy produktyvnosti. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
16. Romaniuk, L. S. (2004). Osoblyvosti minlyvosti kilkisnykh oznak u hibrydiv soi ta yikh vykorystannia v seleksii skorostylykh sortiv. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
17. Kobzyieva, L. N., Riabchun, V. K., Bezuhla, O. M., Drepina, T. O., Drepin, I. M., Potomkina, L. M., Sokol, T. V., Bozhko, T. M., Sadovoi, O. O., & Biliavska, L. H. (2004). *Syrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu Glycine max. (L.) Merr.* Kharkiv [in Ukrainian]
18. Volkodav, V. V. (Red.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Oliini, tekhnichni, priadyvni ta kormovi kultury*. (pp. 218–239). Kyiv [in Ukrainian]
19. Tkachyk, S. O. (Red.). (2017). *Metodyky provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktisii roslynyntstva: 3 vydannja*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
20. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica – 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [in Ukrainian]
21. Rashid, M. H., & Islam, M. A. (1982). Coefficient of genetic variability and correlation of agronomic characters in soybean. *Madras Agricultural Journal*, 69 (7), 479–481.
22. Bazylenko, Ye. O., Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2022). Proiav i minlyvist oznaky «killist bobiv na produktyvnykh vuzlakh rosliny» u hibrydiv ta sortiv soi riznykh hrup styhlosti. *Ahrarni Innovatsii*, 15, 128–133. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2022.15.19> [in Ukrainian]
23. Johnson, H. W., Robinson, H. F., & Comstock, R. E. (1955). Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agronomy Journal*, 47 (10), 477–483. <https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700100008x>
24. Mazur, O. V. (2012). Vyvchennia viazku tryvalosti vehetatsiinoho periodu z urozhainistiu sortiv roslin soi. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Silskohospodarski Nauky*, 10 (50), 100–105.
25. Zinchenko, O. S., Vedmedieva, K. V., & Yakubenko, O. V. (2018). Plastychnist, stabilnist ta minlyvist sortiv soi za hospodarsko-tsinnnyimi oznakamy u ekolohichnomu sortovyprobuvanni. *Naukovo-Tekhnichni Biuletyn Instytutu Oliinykh Kultur NAAN*, 25, 50–60. [in Ukrainian]
26. Biliavska, L. H., & Kornieieva, M. O. (2012). Minlyvist kilkisnykh oznak soi v potomstva mizhsortovykh skhreshchuvan F₂ ta F₃. *Visnyk Ukrainського Товариства Генетиків і Селекціонерів*, 10, 1, 3–12. [in Ukrainian]
27. Lavrynenko, Yu. O., Vozhehova, R. A., Klubuk, V. V., & Marchenko, T. (2013). Iu. Proiav i minlyvist oznak «vysota roslin» i «vysota kriplennia nyzhnoho bobu» u sortiv ta hibrydiv soi riznykh hrup styhlosti pry zroshenni. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk. Zemlerobstvo, Roslynyntstvo, Ovochivnyntstvo ta Bashtannyntstvo*, 83, 65–72. [in Ukrainian]
28. Mazur, O. V., & Sherepitko, V. V. (2011). Henotypni vidminnosti sortiv roslin soi za minlyvisti kilkisnykh oznak v umovakh doslidnoho posivu VNAU. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 9 (49), 159–166. [in Ukrainian]
29. Mazur, O. V., & Mazur, O. V. (2019). Vidminnosti zernobobovykh kultur za plastychnistiu i stabilnistiu hospodarsko-tsinnnykh oznak. *Silske Hospodarstvo ta Lisivnyntstvo*, 12, 69–86. [in Ukrainian]
30. Biliavska, L. H., & Kornieieva, M. O. (2012). Fenotypovy proiav kilkisnykh oznak u hibrydnykh kombinatsiakh F₁ soi. *Sortovyvchennia ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 1 (15), 18–20. [in Ukrainian]
31. Shcherbyna, O. Z., Tkachyk, S. O., Tymoshenko, O. O., & Shostak, N. O. (2020). Assessment of various soybean varieties [*Glycine max (L.) Merrill.*] on the stability of manifestation of economically valuable traits. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (1), 90–96. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.20133>
32. Lavrova, H. D., Sichkar, V. I., & Molodchenkova, O. O. (2022). Minlyvist vmistu bilka u sortakh ta perspektyvnykh liniiah soi (*Glycine max (L.) Merr.*) Odeskoi seleksii. *Seleksiia, henetyka ta biotekhnolohiia silskohospodarskykh roslin: dosiahnennia, innovatsii ta perspektyvy: tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovi internet-konferentsii* (26 zhovtnia 2022 r.). (pp. 40–41). Odesa: SHI – NTsNS [in Ukrainian]
33. Dymytrov, V. H. (2018). Formuvannia produktyvnosti soi zalezno vid biolohichnykh osoblyvosti ta optymizatsii elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Candidate's thesis*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
34. Dereese, H. D., & Hirpa, L. G. (2018). Correlation and Path analysis studies among yield and yield related traits in Soybean (*Glycine max (L.) Merrill*) varieties grown at Bako Tibe Western Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 5 (1), 308–316.
35. Biliavska, L., & Rybalchenko, A. (2019). The variability of the economically-valuable characteristics of soybean in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 65–72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.08>
36. das Chagas, P. H. M., Teodoro, L. P. R., Santana, D. C., Filho, M. C. M. T., Coradi, P. C., Torres, F. E., Bhering, L. L., & Teodoro, P. E. (2023). Understanding the combining ability of nutritional, agronomic and industrial traits in soybean F₂ progenies. *Scientific Reports*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45271-4>
37. Mesfin, H., & Abush, T. (2018). Progress of soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] breeding and genetics research in Ethiopia: A review. *Journal of Natural Sciences Research*, 8 (13), 67–77.
38. Sareo, H., Devi, H. N., Devi, T. S., Karam, N., & Devi, L. S. (2018). Genetic diversity analysis among soybean (*Glycine max*) genotypes based on agro morphological characters. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88 (12), 1839–1842. <https://doi.org/10.56093/ijas.v88i12.85429>
39. Singh, P. K., & Shrestha, J. (2019). Evaluation of soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] genotypes for agro-morphological traits using multivariate analysis. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, 18, 100–107. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11803629.v1>

ORCID

L. Biliavska  <https://orcid.org/0000-0003-3856-7718>



© 2024 Biliavska L. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.