

УДК: 519.22/25:633.34

© 2011

**С. В. Іванюк**, кандидат сільськогосподарських наук

**І. В. Темченко**

*Інститут кормів НААН*

## **МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ СОЇ ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ**

*Подані математико-статистичні методи оцінки вихідного матеріалу сої за елементами продуктивності.*

**Ключові слова:** *соя, вихідний матеріал, елементи продуктивності, коефіцієнт варіації, коефіцієнт кореляції, екологічно стабільний індекс, абсолютні і відносні показники.*

Сучасна вітчизняна та зарубіжна агрономічна наука потребує належного застосування статистичних методів для планування експериментальних досліджень та обробки їх результатів. Так, у міжнародній практиці стає усе більш поширеною концепція *GSP (Good Statistical Practice)*, що в перекладі на українську мову – "Належна статистична практика" [1].

Прагнення нашої країни до вступу в СОТ (Світова організація торгівлі) вимагає створення конкурентоздатної на світовому ринку продукції відповідно до стандартів не лише на кінцевому етапі, а й у дотриманні певних стандартів у процесі її розробки. Особливо це стосується аграрного сектора, де панує жорстка конкуренція. Інакше, одержаним результатам досліджень на міжнародному рівні довіряти не будуть.

Для вирішення існуючої проблеми рослинного білка в регіоні Лісостепу України необхідно створювати нові високопродуктивні сорти сої вітчизняної селекції, які були б пристосовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. На жаль, для стабілізації виробництва соєвих бобів у цьому регіоні таких сортів мало. Тому вивчення вихідного матеріалу сої і створення на основі світового генофонду нових ранньостиглих, стійких до хвороб, інтенсивних сортів, які б характеризувались високою продуктивністю, доброю якістю насіння є важливою проблемою, розв'язання якої допоможе вирішити питання значного розширення площ посіву цієї культури у найближчій перспективі.

Одним із найбільш доступних методів оцінки продуктивності рослин у селекційному процесі є ідентифікація генотипів за кількісними (непрямими) ознаками та селекційними індексами.

Головною метою дослідження є поглиблене вивчення вихідного матеріалу для сучасних напрямків селекції сої на основі модельних сортозразків у генетичній різноманітності світової колекції і можливості його доцільного використання при створенні високопродуктивних сортів в умовах Лісостепу України.

**Методика досліджень.** Досліди проводили у дослідному господарстві “Бохоницьке” Інституту кормів НААН методом постановки польових дослідів відповідно до Методики польового дослідження [2] і Методичних вказівок по селекції та насінництву сої [3]. Дослідженнями передбачалось вивчення колекційних сортозразків за основними господарсько-цінними ознаками і створення вихідного матеріалу сої з підвищеною насінневою продуктивністю.

Ґрунти дослідної ділянки – сірі лісові середньосуглинкові на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту складає 2,11—2,14 %, рН (сольове) – 5,7—5,8, гідролітична кислотність 1,57—1,75 мг-екв. на 100 г ґрунту, сума ввібраних основ – 15,6—17,2 мг-екв. на 100 г ґрунту, легкодоступного азоту (за Корнфілдом) – 65—68 мг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) – відповідно 127—174 і 69—155 мг на 1 кг ґрунту.

Гідротермічні умови в роки проведення досліджень (1992—2010 рр.) не завжди були сприятливими для росту і розвитку рослин та формування високого та стабільного врожаю сої, що дало можливість оцінити створений селекційний матеріал за стійкістю до несприятливих умов середовища.

Попередники в польових дослідах – озима пшениця, багаторічні трави; повторність – одноразова. Площа облікової ділянки – 1,8 м<sup>2</sup>. Сою висівали в оптимальні строки при настанні стійкої температури в ґрунті на глибині 10 см – 12 °С. Спосіб посіву широкорядний з міжряддям 45 см. Норма висіву 600—650 тис./га схожих насінин.

Для вивчення зразків сої за кількісними ознаками із світової колекції щорічно відбиралось 50 сортозразків, більшість яких походили з Росії, України, США, Молдови і Канади. Крім цього, вивчались зразки з республіки Беларусь, Югославії, Франції, Німеччини, Китаю, Румунії, Угорщини, Чехії та інших соєсюзних країн. Матеріал підбирався з урахуванням довжини вегетаційного періоду так, щоб повніше охопити генотипічну різноманітність культури.

Упродовж періоду вегетації рослин сої проводили фенологічні спостереження за Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур [4]. Відмічали основні фази росту і розвитку рослин. За початок фази приймали наявність її не менше як у 10 % рослин, за повну – 75 %.

Облік насінневої продуктивності сої проводили у міру дозрівання за допомогою ручного збору сортів з ділянок. При цьому застосовувався метод пробного снопа, який передбачає відбір 25 рослин і більше для струк-

турного аналізу, з подальшою оцінкою генотипів за елементами продуктивності. Математичну обробку даних проводили методами кореляційно-регресійного аналізу та варіаційної статистики на персональному комп'ютері із використанням спеціальних пакетів програм Statistika 6.0 та ін., які підтвердили високу достовірність одержаних результатів досліджень.

**Результати досліджень.** Основним критерієм оцінки ефективності вирощування зернобобових культур є урожайність зерна. Проте, показники урожайності цих культур можна досить точно визначити лише при вирощуванні сорту на значній площі. Селекціонер має справу з продуктивністю окремої рослини, або невеликої їх кількості (мікроділянки), і через значне модифікаційне варіювання даного показника не можна досить чітко ідентифікувати генотипи. У селекційній популяції генотипічні відмінності за продуктивністю рослин досягають 20 %, тоді як коефіцієнт модифікаційної мінливості за даним показником знаходиться на рівні 50—60 % [5]. Таким чином, селекційно-цінні генотипічні відхилення маскуються модифікаціями. Найбільш точна ідентифікація генотипів можлива за показниками, що мають низьку екологічну дисперсію, оскільки в цьому випадку практично вся фенотипічна мінливість визначається генотипічними відмінностями.

Було поставлене завдання оцінити модифікаційне варіювання різних ознак у сої і визначити показники, що мають невисоку екологічну мінливість шляхом різних математично-статистичних методів.

У сої селекційний індекс, визначений методом дискримінантної функції, об'єднав шість ознак: кількість насінин, бобів і вузлів на рослині, масу бобів з рослини, кількість насінин у бобі, масу 1000 насінин і дав змогу досягнути найбільшої ефективності відбору, яка за елементами структури урожаю на 54 % переважала ефективність відбору за продуктивністю рослин.

У науковій літературі відомий метод розділення особин селекційних популяцій, який, на основі теорії ідентифікації зразків з використанням багатомірного статистичного аналізу, потребує великої кількості спостережень та використання ЕОМ, тому створення експрес-методів оцінки екологічних параметрів є важливим для селекціонера.

Ступінь варіювання одних і тих же показників сортозразків, що вивчались в різні роки досліджень, порівнювали за величиною дисперсії ( $\sigma^2$ ), а для порівняння мінливості різних ознак використовували коефіцієнт варіації ( $V_c$ ). Перевірка дисперсій на однорідність за F-критерієм показала, що ступінь варіювання визначається, в основному, природою ознаки і мало залежить від сорту (генотипу) і умов періоду вегетації.

При оцінці кількісних ознак був диференційований підхід, де вони умовно були поділені на три групи: ознаки цілої рослини (1), ознаки головного стебла (2) і ознаки бокових гілок (3). Для більш детальної характеристики цих ознак використовували коефіцієнти варіації (табл. 1).

Аналіз одержаних результатів досліджень показав, що абсолютні показники в умовно поділених трьох групах мають однакові коефіцієнти варіації, що дає підставу брати до уваги лише абсолютні ознаки по цілій рослині.

### 1. Ступінь модифікаційного варіювання кількісних ознак у сої (дані за 1992—2010 рр.) \*

№ п/п	Ознака	Коефіцієнт варіації, %	Розмах варіації, %	
			min	max
1	Надземна маса рослини	29,4	15,2	32,6
2	Висота рослини	9,7	4,7	11,0
3	Висота прикріплення нижнього бобу	23,0	10,2	39,4
4	Маса насіння з рослини	38,9	31,8	63,8
5	Маса рослини без бобів	43,4	19,2	57,9
6	Кількість бобів на рослині	34,4	21,5	57,4
7	Кількість насінин на рослині	39,7	25,2	51,2
8	Кількість всього вузлів на рослині	18,6	12,8	27,5
9	Кількість продуктивних вузлів на рослині	27,3	19,7	41,5
10	Маса стулок бобів з рослини	33,6	15,0	46,3

*Примітка\** Наведені максимальні і мінімальні значення коефіцієнтів варіації ознак, які одержані по сортозразках і у різні роки, що вивчались.

На основі проведених досліджень виявлено, що найбільш стабільним є показник висоти рослини ( $V_c=9,7\%$ ), тому ця ознака може використовуватись для ідентифікації генотипів, так як генотипічна мінливість значно перевищує модифікаційне варіювання. Крім того, нами відмічено відносно стабільні показники за кількістю вузлів на рослині ( $V_c=18,6\%$ ) та висотою прикріплення нижнього бобу ( $V_c=23,0\%$ ). Модифікаційна мінливість таких показників як надземна маса рослини ( $V_c=29,4\%$ ) і маса насіння з рослини ( $V_c=38,9\%$ ) досить висока, тому проведення відбору за цими показниками є причиною низької ефективності ідентифікації генотипів.

Таким чином, абсолютні кількісні ознаки рослин сої через високу модифікаційну мінливість неможливо ефективно використовувати для ідентифікації генотипів, крім висоти рослин, де коефіцієнт варіації складав  $9,7\%$ , а розмах варіації – від  $4,7$  до  $11,0\%$ .

Відбір рослин за абсолютними кількісними ознаками, в значній мірі, не ефективний, так як не спроможний цілком відтворити продуктивність генотипу. Тому було взято підхід по вивченню варіювання відносних показників, які відтворюють частку однієї ознаки, що приходить на одиницю іншої [6]. Наприклад, на одиницю маси рослини, на один вузол, на один біб тощо. Ми розглядаємо прості індекси, що визначають відношення ве-

личини однієї ознаки до величини другої. Відповідно, при вивченні були включені індекси, які відтворювали доцільний зміст певної направленості.

Наші дослідження показали, що ступінь варіювання простих індексів у повній мірі відповідає ознакам, за якими вони розраховуються. Суттєвих відмінностей за ступенем варіювання індексів у різні роки не було виявлено. Модифікаційна мінливість деяких простих індексів більша, ніж мінливість ознак, які входять до розрахунку простого індексу.

Для селекції найбільш важливими є стабільні індекси, екологічна мінливість яких менша, ніж варіювання вихідних ознак. Середні значення коефіцієнтів варіації найбільш стабільних індексів показано в табл. 2.

Надземна маса рослини визначається сукупністю маси її складових частин: масою насіння, масою стебла та масою стулок бобів. Індекси 1, 2, 3 є відношенням кожного з них до маси рослини. Відмічені показники досить стабільні ( $V_c$  відповідно 11,3; 10,4 і 12,3 %). Відносний показник (маса насіння з рослини/масу рослини) збиральний індекс (1) широко використовується в селекційній практиці [7].

Якщо розглянути відношення між окремими показниками, які складають надземну масу рослини, то спостерігається інша картина. Так, відношення маси насіння з однієї рослини до маси стулок бобів (10) – показник мікророзподілу є стабільним показником ( $V_c=13,0\%$ ), а варіювання індексу 6 (маса насіння з рослини/масу рослини без бобів) – високе. Варіювання індексу 4 (маса рослини/кількість насінин на рослині) нижче на 0,6 %, ніж індексу 5 (маса рослини/кількість вузлів на рослині).

Індекси 7, 8, 9 характеризують масу насіння, що приходить на один біб, на одну насініну (величина насіння) і на один вузол рослини. Якщо два перших показники є досить стабільними ( $V_c$  відповідно 11,7 % і 9,7 %), то останній із них варіює значно сильніше ( $V_c=23,5\%$ ). Різну модифікаційну мінливість мають індекси 11 і 12, які характеризують масу рослини без бобів, що приходить на одну насініну ( $V_c=22,3\%$ ) і на один вузол ( $V_c=16,2\%$ ).

Індекси 13 і 15 (кількість насінин і маса стулок, що приходить на один біб однієї рослини) є екологічно стабільними показниками ( $V_c$  відповідно 9,7 % і 13,4 %), а індекси 14 і 16 (кількість бобів і маса стулок бобів, що приходяться на один вузол рослини) варіюють у досить широких межах ( $V_c$  відповідно 23,6 % і 19,7 %). Індекси з 17 по 22 аналогічні до тих, які розглянуті вище, проте розраховані вони за показниками головного стебла, найбільш стабільними із них є показники кількості насінин в одному бобі на головному стеблі (19) ( $V_c=11,7\%$ ) і маса однієї насініни на ньому (21) ( $V_c=8,7\%$ ). Всі інші показники варіюють значно сильніше або однаково з відповідними їм індексами рослини.

## 2. Ступінь варіювання екологічно стабільних простих індексів у сої, 1992—2010 рр.

№	Показник	Коефіцієнт варіації, %	Розмах варіації, %	
			min	max
1	Маса насіння з рослини / масу рослини	11,3	4,7	15,9
2	Маса рослини без бобів / масу рослини	10,4	5,8	14,2
3	Маса ступок бобів / масу рослини	12,3	7,8	13,52
4	Маса рослини/кількість насінин на рослині	12,7	8,6	16,2
5	Маса рослини / кількість вузлів на рослині	13,3	6,4	16,3
6	Маса насіння з рослини / масу рослини без бобів	24,5	13,4	38,4
7	Маса насіння з рослини/кількість бобів на рослині	11,7	8,1	17,5
8	Маса насіння з рослини/кількість насінин з рослини	9,7	5,1	15,3
9	Маса насіння з рослини/кількість вузлів на рослині	23,5	13,4	28,5
10	Маса насіння з рослини/масу ступок бобів з рослини	13,0	10,1	25,3
11	Маса рослини без бобів/кількість	22,3	13,5	29,6
12	Маса рослини без бобів/кількість вузлів на рослині	16,2	11,3	25,16
13	Кількість насінин на рослині/кількість бобів на рослині	9,7	5,9	10,3
14	Кількість бобів на рослині / кількість вузлів на рослині	23,6	12,6	27,0
15	Маса ступок бобів на рослині/кількість бобів на рослині	13,4	8,3	18,9
16	Маса ступок бобів з рослини / кількість вузлів на рослині	19,7	13,0	26,4
17	Маса головного стебла з бобами / кількість насінин на головному стеблі	18,8	12,4	19,6
18	Маса насіння з головного стебла / масу головного стебла з бобами	16,7	13,3	27,5
19	Кількість насінин головного стебла/кількість бобів головного стебла	11,7	7,3	17,3
20	Маса насіння головного стебла/кількість бобів головного стебла	12,1	8,4	22,3
21	Маса насіння головного стебла / кількість насінин головного стебла	8,7	4,2	32,6
22	Кількість бобів головного стебла/кількість продуктивних вузлів головного стебла	24,5	13,7	32,6

Аналіз отриманих даних показує, що для сої найбільш екологічно стабільними є наступні прості індекси: збиральний індекс ( $V_c=11,3\%$ ), маса 1000 насінин, або однієї насінини ( $V_c=9,7\%$ ), кількість насінин у бобі ( $V_c=9,7\%$ ), а також показник мікророзподілу ( $V_c=13,0\%$ ). Більш

високою модифікаційною мінливістю відмічаються індекси, в яких розрахунок зроблено на один вузол рослини. Серед них: маса рослини ( $V_c=13,3\%$ ), маса насінин ( $V_c=23,5\%$ ), кількість бобів ( $V_c=23,5\%$ ) і маса стулок бобів ( $V_c=19,7\%$ ).

Показник кількість вузлів на рослині (знаменник) підданий меншій модифікаційній мінливості, ніж показник, що знаходиться в чисельнику при розрахунку даних індексів. Крім того, до уваги було взято загальну кількість вузлів на рослині, а не продуктивних, в результаті чого навантаження на один вузол (за масою насінин, кількістю бобів та інших) змінюється в широких межах. При відборі селекціонером продуктивних форм на практиці (у польових умовах) найефективнішими індексами можуть бути: величина насінин, кількість насінин у бобі та кількість бобів у вузлі.

Вивчення внутрісорткових кореляцій між кількісними ознаками рослин дає змогу визначити вклад окремих елементів структури врожаю в загальній біологічній і насіннєвій продуктивності рослин, і виявити закономірність мінливості ознак рослин під впливом гідротермічних умов.

Внутрісорткові кореляційні зв'язки вивчалися на тих самих об'єктах, що і модифікаційна мінливість ознак. Нами виявлено, що недоцільно брати окремо показники головного стебла і бокових гілок. І тому, для встановлення кореляційних зв'язків між елементами продуктивності рослини, обмежились показниками цілої рослини. Також виявлено, що внутрісорткові коефіцієнти кореляції показують узгоджену мінливість окремих ознак рослини під впливом гідротермічних умов. Дослідження виявили значну подібність систем кореляції ознак різних генотипів у роки досліджень.

Перевірку відсутності суттєвих відмінностей між коефіцієнтами кореляцій і середніми даними за роками виконували за допомогою перетворень Фішера. Зв'язок достовірний на 5 % рівні значимості. Узагальнені коефіцієнти кореляції між 10 кількісними ознаками сої подано в таблиці 3.

Надземна маса однієї рослини найбільше корелює з масою рослини без бобів ( $r=0,676 \pm 0,059$ ), більш слабкий взаємозв'язок відмічений з кількістю бобів ( $r = 0,515 \pm 0,056$ ), кількістю вузлів ( $r=0,508 + 0,021$ ), масою стулок бобів ( $r=0,482 \pm 0,071$ ), масою насіння ( $r=0,473 + 0,030$ ), кількістю насінин ( $r=0,415 + 0,034$ ), кількістю продуктивних вузлів ( $r=0,410 + 0,041$ ), тоді як найменший зв'язок відмічений з висотою прикріплення нижнього бобу ( $r=0,3511 + 0,028$ ) та висотою рослини ( $r=0,319 + 0,027$ ). Показник висоти рослини у сої слабо корелює з елементами продуктивності, що обумовлено його високою екологічною стабільністю. Цей показник найбільш тісно пов'язаний з кількістю насінин ( $r=0,474 \pm 0,025$ ) і їхньою масою ( $r=0,453 \pm 0,034$ ).

### 3. Внутрішньосортові парні коефіцієнти кореляції кількісних ознак сої

Ознаки	Надземна маса рослини	Висота рослини	Висота прикріплення нижнього бобу	Кількість вузлів	Кількість продуктивних вузлів	Кількість бобів	Кількість насінин	Маса насіння	Маса рослин без бобів	Маса ступок бобів
Надземна маса рослини	-	0,319	0,351	0,508	0,410	0,515	0,415	0,473	0,676	0,482
Висота рослини			0,279	0,383	0,420	0,426	0,474	0,453	0,346	0,282
Висота прикріплення нижнього бобу				0,320	0,374	0,356	0,291	0,277	0,270	0,315
Кількість вузлів					0,924	0,720	0,642	0,789	0,399	0,653
Кількість продуктивних вузлів						0,867	0,737	0,831	0,417	0,804
Кількість бобів							0,940	0,906	0,485	0,985
Кількість насінин								0,914	0,320	0,740
Маса насіння									0,458	0,724
Маса рослин без бобів										0,288
Маса ступок бобів										-

Виявлено, що показник висоти прикріплення нижнього бобу слабо корелює з елементами продуктивності, хоч він екологічно не стабільний. Цей показник характеризує технологічність сорту, тому сильно впливає на комплексний показник урожайності з одиниці площі. Кількість вузлів сильно корелює з кількістю продуктивних вузлів ( $r=0,924 \pm 0,018$ ), масою насіння ( $r=0,789 \pm 0,031$ ), кількістю бобів ( $r=0,720 \pm 0,062$ ), слабкіший зв'язок з масою ступок бобів ( $r=0,653 \pm 0,043$ ), кількістю насінин ( $r=0,642 \pm 0,041$ ), а найменший зв'язок – з масою рослини без бобів ( $r=0,399 \pm 0,019$ ).

Що ж стосується показника кількості продуктивних вузлів, то ця картина залежностей аналогічна кількості вузлів. При цьому парні коефіцієнти кореляції вищі. Показник кількості бобів на рослині тісно корелює з масою ступок бобів ( $r=0,985 \pm 0,029$ ), кількістю насінин ( $r=0,940 \pm 0,032$ ) і масою насіння ( $r=0,906 \pm 0,017$ ). Нами виявлено слабкий зв'язок між кількістю бобів та масою рослини без бобів ( $r=0,485 \pm 0,019$ ).

Високий кореляційний зв'язок відмічено між кількістю насінин і їх масою ( $r=0,914 \pm 0,021$ ) та масою ступок бобів ( $r=0,740 \pm 0,050$ ), слабкіше корелює маса насіння і маса ступок бобів ( $r=0,740 \pm 0,011$ ). Для тісних зв'язків, де коефіцієнти кореляції більше 0,5 спостерігається закономірність:



якщо ознака тісно корелює з двома іншими, то між цими ознаками існує така ж сила зв'язку.

Матриця кореляцій між кількісними ознаками може успішно використовуватись для пошуку стабільних індексів під час відбору продуктивних генотипів. В основу методики визначення стабільних індексів покладена закономірність: чим сильніша кореляція між двома ознаками, тим менше варіювання індексу, який одержали за допомогою відношення цих ознак.

Математична суть цієї закономірності полягає в тому, що чим більше значення коефіцієнта кореляції, тим більший зв'язок між двома ознаками. Цей зв'язок наближається до функціонального і виражається лінійною регресією.

### Висновки

1. У результаті досліджень колекційних сортозразків сої виявлено високу варіабельність абсолютних кількісних ознак, де модифікаційна мінливість складала 20—45 %. Тому відбір на продуктивність за цими ознаками не ефективний.

2. Знайдено 15 екологічно стабільних індексів, варіювання яких в 2—3 рази менше, ніж у відповідних ознак.

3. Насіннева продуктивність рослин сої обумовлена не однією ознакою, а оптимальним поєднанням декількох елементів продуктивності, головними з яких є маса рослини, кількість продуктивних вузлів, бобів і насінин. При цьому коефіцієнти кореляції між ними високі ( $r > 0,7$ ).

4. Виявлено тісні та стабільні генетичні кореляції між урожайністю генотипів і показниками маси насіння і кількістю бобів, що приходиться на один вузол рослини. Ці індекси доцільно використовувати, як маркери при непрямій оцінці селекційних зразків і відборі елітних рослин за урожайністю з одиниці площі.

### Бібліографічний список

1. Obides to Good Statistcal Practice — [http:// www.rdg.ac.uk/ssc/publications/ guides.html](http://www.rdg.ac.uk/ssc/publications/guides.html).

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Методические указания по селекции и семеноводству сои. – М., ВАСХНИЛ, 1981. – 18 с.

4. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. – Київ, 2001. – Вип. 2. – 65 с.

5. Литун П. П. Идентификация генотипов в селекционных популяциях // Селекция и семеноводство. – К., 1980. – Вып. 46. – С. 27—34.

6. *Аристархова М. Л.* Кореляционная изменчивость признаков сои // Тр. Ленинград. общество естествоиспытат. – Л., 1976. – Т. 73. – № 5. – С. 22—32.

7. *Алпатьев В. Н.* Использование косвенной оценки исходного материала для селекции сои на продуктивность // Автореф. дис. .... канд. с. – х. наук. – Л., 1988. – 18 с.