

Прогнозування фенотипової продуктивності середньоранніх сортів сої

О. І. Присяжнюк^{1*}, В. Г. Димитров¹, О. М. Мартинов²

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Вивчити біологічні особливості росту й розвитку середньоранніх сортів сої та створити модель продуктивності фенотипу. **Методи.** Спеціальні та загальні методики проведення досліджень. **Результати.** Оптимальна продуктивність рослин формується лише за рахунок раціонального співвідношення всіх елементів їхньої структури. Часто буває так, що за умов недостатнього розвитку одного з компонентів структури врожай певною мірою може бути компенсований за рахунок кращого розвитку інших елементів. Виділено вісім показників, які мають найбільший сумарний внесок в ознаку продуктивності сорту, – маса насіння з рослини: загальна кількість гілок, кількість вузлів на рослині, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини, кількість квіток, висота рослини, маса 1000 насінин. На перші чотири з них припадає основна частка сумарного внеску в ознаку маси насіння з рослини. За основу побудови моделі взято ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх розвитку в органогенезі. Модель складається з двох модулів ознак – результуючої та компонентних, які демонструють фенотипову реалізацію генетичної формули. Встановлено, що висота рослин істотно впливає на кількість вузлів на рослині ($r = 0,76$), а від цієї ознаки залежить і кількість бобів на рослині ($r = 0,43$). Крім того, на основі досліджень отримано кореляцію між кількістю квіток на рослині й висотою рослин ($r = 0,35$) та кількістю вузлів ($r = 0,76$). Встановлено, що показник кількості квіток на рослині визначає розвиток на ній бобів, тому є сильно корельованим з цією ознакою ($r = 0,99$). **Висновки.** Визначено, що кількість бобів на рослині та кількість насінин з рослини мають дуже сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$). Крім того, ознака кількості насінин з рослини має сильний зв'язок з масою насіння з рослини ($r = 0,79$).

Ключові слова: соя, кореляційні зв'язки, модель продуктивності фенотипу, результуюча ознака, компонентна ознака.

Вступ

Соя належить до стратегічних культур як в Україні, так і в світі. Так, у 2017 р. площа, зайнята під посівами сої в Україні, становить 1,9 млн га, прогнозовані обсяги виробництва – 4,3 млн т. Площі під цією культурою та відповідно валові врожаї зростають не лише в Україні, а й у світі. За даними Продовольчої сільськогосподарської організації ООН (ФАО), у нинішньому маркетинговому році обсяги виробництва культури на планеті зростуть на 3 млн т, досягнувши рекордних показників.

Варто зауважити, що, незважаючи на збільшення площ, зайнятих культурою та, як наслідок, збільшення валового виробництва, в Україні врожайність сої перебуває практично на одному рівні, що свідчить про неповне використання екологічних та агротехнічних чинників [1, 2].

Підвищити продуктивність сої можливо лише в разі раціонального використання біологічного потенціалу досліджуваних сортів. Використання сучасних технологій та пра-

вильний добір сортів сої дає змогу повністю розкрити біологічний потенціал рослин [3–5].

Мета досліджень – вивчити біологічні особливості росту й розвитку середньоранніх сортів сої та створити модель продуктивності фенотипу.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували в 2014–2016 рр. в умовах господарства ПФ «Богдан і К» (с. Попельники, Снятинський р-н, Івано-Франківська обл.).

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем дерново-опідзолений середньосуглинковий із вмістом лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 67–76 мг/кг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 16–23, обмінного калію (за Чириковим) – 53–58 мг/кг ґрунту, рН_{сол.} – 4,8–6,8, вміст гумусу (за Тюрнімом і Коновою) – 3,0–3,5%.

Загалом умови проведення досліджень відрізнялися з року в рік, однак були сприятливими для вирощування сої та інших сільськогосподарських культур. Зокрема, в 2014 р. за період квітень–вересень сума активних температур становила 3099 °С, у 2015 р. – 3269 °С, у 2016 р. – 3212 °С.

Досліджували 14 сортів вітчизняної й зарубіжної селекції, які занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для

Oleh Prisyazhniuk
<http://orcid.org/0000-0002-4639-424X>
Oleksii Martynov
<http://orcid.org/0000-0001-7680-7490>

поширення в Україні: 'Анжеліка', 'Аратта', 'Аріса', 'Атланта', 'БІСЕР', 'ВІДРА', 'ЕС Мен-тор', 'Кассіди', 'Кубань', 'Луна', 'НС Макси-мус', 'ПОДЯКА', 'Рапсодія', 'Софія'.

Загальна площа дослідної ділянки – 34 м², облікова – 25 м², повторність – чотирираза-ва, ширина міжрядь – 45 см.

Використовували спеціальні та загальні методи проведення досліджень, технологія вирощування сої була загальноприйня-тою для регіону [6–10].

Результати досліджень

Кількісні ознаки можна поділити на п'ять основних груп: маса, плодова продуктив-ність, насіннева продуктивність, висота й показники кількості вузлів. Усі кількісні ознаки поділяють на абсолютні та відносні, або індекси, що є високоінформативними по-казниками.

Оптимальна продуктивність рослин фор-мується лише за рахунок раціонального співвідношення всіх елементів його структу-ри. Часто буває так, що в разі недостатнього розвитку одного з компонентів структури врожай певною мірою може бути компен-сований за рахунок кращого розвитку інших елементів. Такий стан справ пов'язаний не стільки із здатністю рослин пластично реа-гувати на зміну умов вирощування, як з тим, що деякі елементи продуктивності форму-ються на різних етапах органогенезу, і тому для їхнього оптимального розвитку необхід-ні різні, іноді контрастні умови. Однак за несприятливих умов вирощування або ж че-рез грубі помилки в технології не варто споді-ватися на адаптивний потенціал рослин, оскільки кожен з елементів структури про-дуктивності може змінюватися лише в пев-них межах його пластичності (табл. 1).

Для того, щоб отримати вихідні дані для побудови моделей реалізації продуктивності сої у фенотипі, було проведено кореляцій-ний аналіз. Внаслідок проведених дослі-

дженнь отримано залежності між досліджу-ваними показниками (табл. 2).

Виділено вісім показників, які мають най-більший сумарний внесок в ознаку продук-тивності сорту – масу насіння з рослини: за-гальна кількість гілок, кількість вузлів на рослині, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини, кількість квіток, висота рослини, маса 1000 насінин. На перші чотири з них припадає основна частка сумарного внеску в ознаку маси насіння з рослини.

На основі отриманих даних була побудована модель прояву у фенотипі ознак продуктивнос-ті досліджуваних сортів сої. За основу побудо-ви моделі взято ієрархічність прояву ознак продуктивності в онтогенезі та відповідність їх розвитку в органогенезі. Адже етапи реаліза-ції у фенотипі кількісної ознаки відображають і етапи ускладнення генетичної системи, тому зв'язки між основними компонентами моделі є показником динамічної впорядкованості вза-ємодії елементів генетичної системи. Модель складається з двох модулів ознак – результую-чої та компонентних, які демонструють фeno-типову реалізацію генетичної формули. На основі зазначених компонентів можна дати кількісну оцінку специфічної організації озна-ки конкретного генотипу або колекції сорто-зразків загалом. Для побудови моделі за ре-зультуючі ознаки взято такі, що мають між собою екологічно стабільні зв'язки й найви-щий сумарний внесок у кінцеву ознаку – масу зерна з рослини. Це – загальна кількість гілок, кількість вузлів, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини (рис. 1).

Модель ускладнюється в міру розвитку рос-лин, так, на подальшому етапі реалізації гене-тичної формули результуюча ознака стає ком-понентною, причому з максимальним внеском у результуючу ознаку наступного блоку.

На рисунку суцільними лініями позначе-но достовірні кореляційні зв'язки між дослі-джуваними ознаками, пунктирними – недо-стовірні.

На основі проведеного аналізу можна вста-новити, що висота рослин значно впливає на кількість вузлів на рослині ($r = 0,76$), водно-час від кількості вузлів залежить і кількість бобів на рослині ($r = 0,43$).

Висота рослин та кількість вузлів на рос-лині є передумовою закладання на рослині квіток, тому на основі досліджень отримано кореляцію між кількістю квіток на рослині й висотою рослин ($r = 0,35$) та кількістю вуз-лів ($r = 0,76$).

Не менш важливим є показник кількості квіток на рослині, адже ця ознака визначає розвиток бобів на рослині ($r = 0,99$).

Таблиця 1

Кількісні ознаки середньоранніх сортів сої, залучені до моделювання, та їхня варіабельність (середнє за 2014–2016 рр.)

Показник	Середнє значення	Варіабельність ознаки (CV)
Загальна висота рослини, см	89	13,2
Кількість вузлів, шт.	16,1	10,5
Кількість гілок, шт.	1,6	6,4
Кількість квіток, шт.	65	48
Кількість бобів з рослини, шт.	38,2	20,1
Кількість насінин з рослини, шт.	68,2	16,9
Маса насіння з рослини, г	11,9	13,4
Маса 1000 насінин, г	176,4	15,8

Коефіцієнти кореляції основних фенотипових показників середньоранніх сортів сої (середнє за 2014–2016 рр.)

Показники	Висота рослини	Кількість вузлів	Кількість гілок	Кількість бобів з рослини	Кількість насінин з рослини	Маса насіння з рослини	Маса 1000 насінин	Кількість квіток
Висота рослини	–	–	–	–	–	–	–	–
Кількість вузлів	0,76*	–	–	–	–	–	–	–
Кількість гілок	0,09	0,35*	–	–	–	–	–	–
Кількість бобів з рослини	0,32	0,43*	0,57*	–	–	–	–	–
Кількість насіння з рослини	0,33	0,32	0,35	0,96*	–	–	–	–
Маса насіння з рослини	0,37	0,37	0,29	0,75*	0,79*	–	–	–
Маса 1000 насінин	-0,07	-0,08	0,08	-0,33	-0,34*	0,32*	–	–
Кількість квіток	0,35*	0,42*	0,55*	0,99*	0,96*	0,72*	-0,32	–

*Достовірні коефіцієнти кореляції ($p < 0,05$).

Етапи органогенезу

I, II, III – Диференціація стебла, закладання конуса, наростання 2-го порядку

III, IV – Диференціація суцвіть
IV, V – Диференціація квіток

VI–IX – Утворення пилку, зав'язі, цвітіння, запліднення

X–XII – Формування і досягання зерна

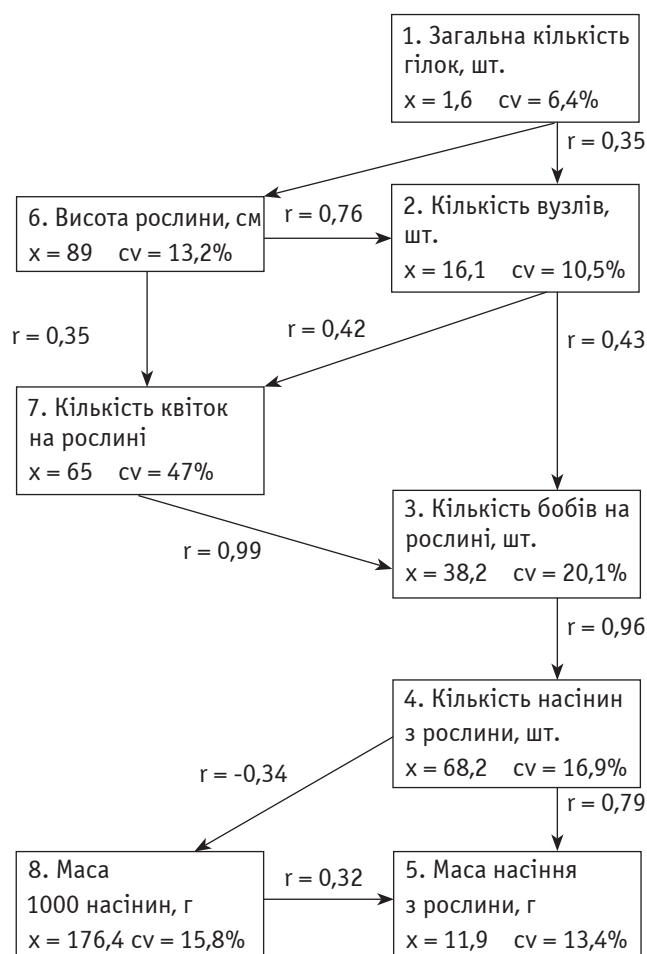


Рис. 1. Структура продуктивності фенотипу середньоранніх сортів сої (2014–2016 рр.)

Наступний блок ознак сформований кількістю бобів на рослині та ознаками насінневої продуктивності. Так, кількість бобів на рослині визначає показник кількості насінин з рослини, тому ці ознаки мають високий коефіцієнт кореляції ($r = 0,96$). Варто зазначити ще один досить цікавий момент – від'ємну корельованість показника кількості насінин з рослини і маси 1000 насінин ($r = -0,34$). Це пояснюється біологічними обмеженнями, які накладає теоретично можлива продуктив-

ність. Збільшення кількості насінин призводить до того, що рослини сої не в змозі максимально повно забезпечити накопичення запасних поживних речовин в насінні.

Кількість насінин з рослини позитивно та тісно корелює з показником маси насіння з рослини ($r = 0,79$).

Висновки

Встановлено, що висота рослин має значний вплив на формування кількості вузлів

на рослині ($r = 0,76$), від цієї ознаки вже залежить і кількість бобів на рослині ($r = 0,43$). Водночас, висота рослин та кількість вузлів на рослині є передумовою закладання на рослині квіток, тому отримано кореляційні залежності між кількістю квіток на рослині й висотою рослин ($r = 0,35$) та кількістю вузлів ($r = 0,76$).

Встановлено, що кількість квіток на рослині надалі визначає розвиток бобів, тому вони мають сильну тісноту зв'язку між собою ($r = 0,99$).

Виявлено, що кількість бобів на рослині визначає показник кількості насінин з рослини, отже, ці показники мають дуже сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$). Крім того, ознака кількості насінин з рослини має сильний зв'язок з масою насіння з рослини ($r = 0,79$).

Використана література

1. Дробітько А. В. Вибір сортотипів і агротехнічних прийомів вирощування сої в зоні Південно-Західного Степу. *Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН*. Київ : Нора-прінт, 2000. Вип. 1. С. 73–79.
2. Димкович Д. А. та ін. Вплив елементів біологізації на продуктивність сої. *Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН*. Київ : ЕКМО, 2005. Вип. 3. С. 18–21.
3. Камінський В. Ф. Виробництво сої в Україні залежно від погодних умов. *Землеробство* : міжвід. темат. наук. зб. Київ : ЕКМО, 2005. Вип. 77. С. 144–145.
4. Камінський В. Ф., Вишнівський П. С., Дворецька С. П., Голодна А. В. Значення зернових бобових культур та напрями інтенсифікації їх виробництва. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2005. Вип. 90. С. 14–22.
5. Щербина О. З. Методичні рекомендації по вирощуванню сої на зерно. Київ, 2003. 25 с.
6. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : метод. вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
7. Литун П. П., Зозуля А. Л. Генетическая организация количественного признака и прогнозирование гетерозиса. *Селекція и семеноводство* : межвед. темат. науч. сб. Киев, 1986. Вип. 63. С. 16–23.
8. Кириченко В. В., Кобизєва Л. Н., Петренко В. П. та ін. Ідентифікація ознак зернобобових культур (горох, соя) : навч. посіб. / за ред. В. В. Кириченка. Харків, 2009. 175 с.

УДК 633.63:631

Присяжнюк О. И.^{1*}, Димитров В. Г.¹, Мартынов А. М.² Прогнозирование фенотипической продуктивности среднеранних сортов сои // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2017. Т. 13, № 2. С. 167–171. <http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.13.2.2017.105404>

¹Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, e-mail: ollpris@gmail.com

²Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

Цель. Изучить биологические особенности роста и развития среднеранних сортов сои и создать модель продуктивности фенотипа. **Методы.** Специальные и общие методики проведения исследований. **Результаты.** Оптимальная продуктивность растений формируется только за счет рационального соотношения всех элементов их структуры. Часто бывает так, что при слабом развитии одного из ком-

9. Кобизєва Л. Н., Безугла О. М., Богуславський Р. Л. Збагачення національного генбанку рослин України зразками генфонду зернобобових культур вітчизняного та зарубіжного походження. *Генетичні ресурси рослин*. 2010. № 8. С. 9–20.
10. Коханюк Н. В. Оцінка зразків сої на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2014. Вип. 106. С. 74–76.

References

1. Drobotko, A. V. (2000) Selection of sort types and agricultural practices for soybean growing in the South-Western Steppe zone. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN* [Proceedings of the Institute of Agriculture UAAS], 1, 73–79. [in Ukrainian]
2. Dymkovych, D. A. et al. (2005). Effect of biologization elements on the soybean productivity. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN* [Proceedings of the Institute of Agriculture of UAAS], 3, 18–21. [in Ukrainian]
3. Kaminskyi, V. F. (2005). Soybean production in Ukraine depending on weather conditions. *Zemlerobstvo* [Agriculture], 77, 144–145. [in Ukrainian]
4. Kaminskyi, V. F., Vyshnivskyi, P. S., Dvoretzka, S. P., & Holodna, A. V. (2005). Value of grain legumes and directions to intensify their production. *Seleksia I Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 90, 14–22. [in Ukrainian]
5. Shcherbina, O. Z. (2003). *Metodychni rekomendatsii po vyroshchuvanniu soi na zerno* [Guidelines for grain soybean growing]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
6. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data using the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [in Ukrainian]
7. Litun, P. P., & Zozulya, A. L. (1986). Genetic organization of a quantitative trait and heterosis prediction. *Seleksiya i semenovodstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 63, 16–23. [in Russian].
8. Kyrychenko, V. V., Kobyzieva, L. N., Petrenkova V. P., Riabchun, V. K., Bezuhla, O. M., Markova, T. Yu., ... Riabukha, S. S. (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur (horokh, soia)* [Identification of grain legumes characters (peas, soybean)]. V. V. Kyrychenko (Ed.). Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
9. Kobyzieva, L. N., Bezuhla, O. M., & Bohuslavskyi, R. L. (2010). Enrichment of the national plant genebank of Ukraine with the legumes genepool samples of the domestic and foreign origin. *Henetychni resursy roslyn* [Plant Genetic Resources], 8, 9–20. [in Ukrainian]
10. Kokhaniuk, N. V. (2014). Evaluation of soybean varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Seleksia I Nasinnitstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 74–76. [in Ukrainian]

сота растения, масса 1000 семян. На первые четыре из них приходится основная доля суммарного вклада в признак массы семян с растения. За основу построения модели взята иерархичность проявления признаков продуктивности в онтогенезе и соответствие их развития в органогенезе. Модель состоит из двух модулей признаков – результирующей и компонентных, которые демонстрируют фенотипическую реализацию генетической формулы. Установлено, что высота растений существенно влияет на количество узлов на растении ($r = 0,76$), а от этого признака зависит и количество бобов на растении ($r = 0,43$). Кроме того, на основе исследований получена корреляция между количеством

цветков на растении и высотой растений ($r = 0,35$) и количеством узлов ($r = 0,76$). Установлено, что показатель количества цветков на растении определяет развитие на нем бобов, поэтому является сильно коррелированным с этим признаком ($r = 0,99$). **Выводы.** Определено что количество бобов на растении и количество семян с растения имеют очень сильную корреляционную связь ($r = 0,96$). Кроме того, признак количества семян с растения имеет сильную связь с массой семян с растения ($r = 0,79$).

Ключевые слова: соя, корреляционные связи, модель продуктивности фенотипа, результирующий признак, компонентный признак.

UDC 633.63:631

Prsyazhniuk, O. I.^{1*}, Dimitrov, V. H.¹, & Martynov, O. M.² (2017). Forecasting of phenotypic productivity of middle-early soybean varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(2), 167–171. <http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.13.2.2017.105404>

¹*Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com*

²*Ukrainian Institute of the examination of plant varieties 15 Henerala Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine*

Purpose. To study biological characteristics of growth and development of middle-early soybean varieties and create a model of phenotype productivity. **Methods.** Special and general techniques for studies. **Results.** Optimal productivity of plants is forming merely at the expense of efficient ratio of all the elements of their structure. It often happens that in case of underdevelopment of one of the structure components yield to some extent can be offset by better development of other elements. Eight indicators were defined which make the largest contribution to the productivity trait of a variety: seed weight per plant, total number of branches, number of nodes per plant, number of pods per plant, number of seeds per plant, number of flowers, plant height, 1000 kernel weight. The first four indicators provided most of the total contribution to a trait of seed weight per plant. Model building was based on hierarchy of productivity traits display in ontogenesis and compliance of their development in organogenesis.

The model consists of two modules of traits – resulting and some componental showing phenotypic realization of the genetic formula. It was found that the plant height significantly influence the number of nodes per plant ($r = 0,76$), and the number of pods per plant ($r = 0,43$) depends on this trait. In addition, correlation based on the research was obtained between the number of flowers per plant and plant height ($r = 0,35$), and number of nodes ($r = 0,76$). It was established that the number of flowers per plant determines the development of pods on the plant so it is quite strongly correlated with this trait ($r = 0,99$). **Conclusions.** It was determined that the number of pods per plant and the number of seeds per plant have a very strong correlation ($r = 0,96$). Besides, such trait as the number of seeds per plant has a strong relationship with the seed weight per plant ($r = 0,79$).

Keywords: soybean, correlation, phenotype productivity model, resulting trait, componental trait.

Надійшла / Received 16.03.2017

Погоджено до друку / Accepted 18.05.2017