

**ІНСТИТУТ РОСЛИННИЦТВА ІМ. В. Я. ЮР'ЄВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

**П. В. Чернишенко, А. О Василенко, О. М. Глибокий, Т. А. Шелякіна
В. О. Шелякін, В. О. Скидан**

**ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ
СЕЛЕКЦІЇ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ, АДАПТОВАНИХ ДО
НЕСПРИЯТЛИВИХ ЧИННИКІВ ДОВКІЛЛЯ СОРТІВ СОЇ З
ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ НАСІННЯ**

(НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ)

Харків 2025

Використання нового вихідного матеріалу для селекції високопродуктивних, адаптованих до несприятливих чинників довкілля сортів сої з високою якістю насіння / [П. В. Чернишенко, А. О Василенко, О. М. Глибокий, Т. А. Шелякіна В. О. Шелякін, В. О. Скидан] / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. – Харків, 2025. – 24 с.

У науково-методичних рекомендаціях узагальнено сучасні підходи до створення та добору вихідного матеріалу для селекції високопродуктивних і адаптованих сортів сої (*Glycine max* (L.) Merr.). Розглянуто теоретичні основи формування адаптивності, екологічної пластичності та стабільності продуктивності. Наведено характеристику джерел вихідного матеріалу, зокрема колекційних і селекційних зразків, диких форм та інтродукованих сортів. Подано практичні методики оцінки продуктивності, посухостійкості, якості насіння, стійкості до хвороб і шкідників.

Науково-методичні рекомендації адресовано науковцям, селекціонерам, аспірантам, студентам аграрних закладів освіти та фахівцям сільськогосподарського виробництва, які працюють над створенням адаптивних сортів сої з високою якістю насіння.

Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН
від 23.10.2025 р., протокол № 9

Рецензент:

О. М. Безугла – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувача лабораторії генетичних ресурсів зернових, зернобобових і круп'яних культур Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	4
1. Поняття про адаптивність, пластичність та стабільність сої.....	4
2. Теоретичні основи створення адаптованих сортів сої.....	4
3. Джерела вихідного матеріалу та їх характеристика.....	9
4. Методи оцінки продуктивності та адаптивності.....	13
5. Молекулярно-генетичні підходи у доборі.....	18
6. Практичні рекомендації з використання вихідного матеріалу.....	20
Список використаних джерел.....	22

ВСТУП

Україна є одним з провідних експортерів насіння сої у світі, проте важливою проблемою на шляху посилення її позицій на світовому ринку є значне коливання виробництва соєвого насіння у різні роки, що у першу чергу зумовлено недостатньою адаптивністю та значною чутливістю сучасних сортів до погодних флуктуацій. Сільськогосподарське виробництво потребує високоадаптивних сортів сої, з високою врожайністю та якістю насіння.

Селекційний процес ускладнюється обмеженістю вихідного матеріалу з комплексом бажаних ознак. Тому одним із ключових напрямів сучасної селекції є залучення нових генетичних джерел – інтродукованих сортів, дикорослих форм, колекційних зразків, а також використання молекулярних маркерів для прискорення добору.

Мета даних методичних рекомендацій – надати практичні поради щодо відбору та використання нового вихідного матеріалу для створення високопродуктивних і адаптованих сортів сої з високою якістю насіння з урахуванням сучасних методів селекції, включаючи маркер-асоційований відбір.

1. Поняття про адаптивність, пластичність та стабільність сої

Адаптивність (від лат. *adapto* – пристосовую) – це властивість живих організмів, що відображає відповідність генотипу реальним умовам середовища протягом тривалого часу та забезпечує максимальну реалізацію потенційних можливостей рослини [1, 8]. У контексті сої адаптивність визначає здатність сортів зберігати життєздатність, відтворюватися та формувати урожай у мінливих агроекологічних умовах.

Тісно пов'язане з адаптивністю поняття екологічної пластичності, яка характеризує гнучкість реакції рослини на зміну умов вирощування. Пластичність забезпечує здатність ефективно використовувати ресурси (вологу, поживні речовини, світло) у конкретному середовищі, поєднуючи економне витрачання з ефективним використанням [8].

Важливою характеристикою є також екологічна стабільність, яка визначає здатність сортів підтримувати відносно сталий рівень урожайності за різних умов середовища. Чим менша різниця між мінімальним і максимальним урожаєм, тим більш стабільним є сорт. На відміну від пластичності, що відображає гнучкість реакцій, стабільність характеризує сталість і опірність до стресових чинників.

Адаптивний потенціал сої охоплює поєднання цих властивостей і передбачає не лише здатність формувати високий рівень урожайності за сприятливих умов, але й підтримання мінімально прийняттого рівня продуктивності у стресових умовах [6, 8]. Це є визначальним для забезпечення стабільного виробництва сої в умовах сучасних кліматичних змін.

2. Теоретичні основи створення адаптованих сортів сої

Сучасна селекція сої ґрунтується на принципах поєднання високої продуктивності, якості насіння та адаптивності до біотичних і абіотичних

стресів. Основні проблеми: підвищення толерантності до посухи, стійкість до хвороб та шкідників, оптимізація фотоперіодичної реакції [26, 29, 34].



Рис. 1. Складові адаптивності сої.

Толерантність сої до посухи. Посуха є одним із найважливіших абіотичних стресових чинників, що обмежує урожайність сої. Втрати врожаю можуть сягати 40 % і більше, особливо якщо дефіцит вологи збігається з фазами цвітіння та наливу бобів [11, 25, 26]. У зв'язку з глобальними кліматичними змінами підвищення посухостійкості сортів стає одним із пріоритетних завдань селекції.

Встановлено, що врожайність сої залежить від кількості використаної води (транспірація) та співвідношення врожаю до біомаси (індекс урожайності) [14, 15]. Оскільки соя є С3-рослиною, вона втрачає більше води шляхом випаровування і менш ефективно використовує воду для фотосинтезу, ніж С4-рослини.

Насіннева продуктивність сої пов'язана з низкою факторів: кількістю вузлів головного стебла, числом гілок із бобами, що розвиваються з кожного вузла, кількістю насінин у бобі та масою насінин у зрілому стані. Вологозабезпечення ґрунту є критичним чинником, який істотно впливає на ці показники. Водний дефіцит у критичні періоди росту значно знижує врожайність. Вода має подвійне значення: вона є розчинником і транспортним середовищем для поживних речовин, а також відіграє вирішальну роль у фотосинтезі як донор електронів, необхідний для перетворення сонячної енергії [14, 15, 26]. Розмір надземної маси на момент цвітіння (висота стебла, довжина гілок, кількість вузлів, площа листової поверхні) істотно впливає на врожайність. Посуха зменшує кількість вузлів і бобів на рослині, проте реакція залежить від генотипу, часу і тривалості стресу [26]. Додатково відзначається

негативний вплив посухи на фізіологічні ознаки (швидкість фотосинтезу, вміст хлорофілу в листках) та структурні компоненти врожаю (кількість бобів і насінин) [26].

Кількість насінин у сої визначається, зокрема, тривалістю та кількістю квіток, часом наливу бобів і формування насіння. Посуха в період цвітіння скорочує його тривалість і призводить до зменшення кількості квіток і насінин. Показано, що водний стрес безпосередньо впливає на водозабезпечення квіток та їхню функціональність [11]. Найчутливішою фазою є початкове формування бобів: стрес у цей період різко знижує кількість бобів і насінин. Посуха під час цвітіння й наливу бобів істотно зменшує кількість сформованого насіння, а при її виникненні в період наливу насіння спостерігається скорочення тривалості наливу і щуплість насіння. Загальні втрати врожаю внаслідок посухи можуть становити 13–64 % за рахунок зменшення розміру та кількості насінин [11].

Ранні посухи (відразу після запилення) призводять до значних втрат незрілих насінин (ембріонів), головним чином через дефіцит вуглеводів, необхідних для їхнього розвитку. Цей дефіцит обумовлений зниженням інтенсивності фотосинтезу. Водночас відзначено, що й низька освітленість, і навіть надмірне зволоження в період запилення можуть спричиняти опадання насінин. На відміну від цього, посуха на етапі наливу бобів не зумовлює значної загибелі насінин, але призводить до їх зменшення за розміром через скорочення періоду росту.

Посуха порушує природний цикл розвитку сої, прискорюючи перехід від вегетативної до генеративної фази. Це скорочує кількість гілок і тривалість кожної стадії росту. У результаті цикл розвитку завершується швидше, виникає передчасне старіння й скорочується період формування врожаю.

Соя, як і інші культури, використовує три основні стратегії адаптації [26]: **уникнення посухи** – завдяки розвитку глибокої або розгалуженої кореневої системи, зниженню транспірації через скручування листків або регуляцію продихів; **толерантність до посухи** – за рахунок фізіолого-біохімічних змін, зокрема осмотичної регуляції, підвищення еластичності клітин та підтримання фотосинтетичної активності; **втеча від посухи** – скорочення тривалості вегетації, що дозволяє уникнути критичних фаз розвитку під час дефіциту вологи.

Нещодавні дослідження показали, що толерантність до посухи має комплексний полігенний характер і формується за участі сотень QTL та генів, пов'язаних із регуляцією продихів, транспортом води, метаболізмом амінокислот та гормональними сигналами (абсцизова кислота, цитокиніни) [25, 26, 31].

Глибока і розгалужена коренева система є важливим чинником уникнення посухи. У сої виявлено значну варіабельність за кутом проникнення, довжиною та кількістю бічних коренів. Залучення донорів на зразок PI 416937 дозволило ідентифікувати QTL, пов'язані з кореневою архітектурою. Нові дослідження із застосуванням високопродуктивного фенотипування (rhizobox, 3D-сканування) уточнили роль алелей, що регулюють баланс між вертикальним і

горизонтальним ростом коренів, підвищуючи ефективність добору на ранніх етапах [26, 31].

Ознака повільне в'янення листкового ярусу забезпечує підтримання тургору й фотосинтетичної активності в умовах стресу. У толерантних генотипів транспірація зберігається на оптимальному рівні завдяки особливостям функціонування продохів і клітинного осмотичного регулювання. Поєднання цієї ознаки з потужною кореневою системою дає найбільший ефект у стабілізації врожайності за тривалої посухи [26].

Посуха негативно впливає на роботу бульбочкових бактерій та активність нітрогенази. У стійких сортів (Jackson, PI 471938) спостерігається підтримання фіксації азоту навіть за зниженого водного потенціалу, що дозволяє уникати дефіциту білка і зберігати урожайність [26]. Сучасні транскриптомні дослідження показали, що у таких генотипів активуються гени, пов'язані з транспортом уреїдів і захистом бульбочок від окисного стресу [31].

Стійкість до хвороб і шкідників. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) зазнає значних втрат урожаю через ураження грибними, вірусними та бактеріальними хворобами, а також пошкодження численними комахами-фітофагами. За оцінками, щорічні втрати сягають 26–29 % світового врожаю, а в окремі роки – до 77 % у вогнищах поширення певних патогенів [30]. Стійкі та толерантні сорти залишаються найекономічнішим та екологічно безпечним способом захисту.

Основні хвороби сої:

1. Вугільна гниль (*Macrophomina phaseolina*)

- ✓ викликає ураження коренів і стебел, спричинює 20–25 % втрат урожаю, а під час посухи – до 50 % і більше;
- ✓ частково стійкі джерела (наприклад, DT-97-4290) використовуються як стандарти перевірки;
- ✓ методи добору: оцінка ступеня колонізації коренів, пошук асоційованих молекулярних маркерів (GWAS, QTL) [27, 30].

2. Азійська іржа сої (*Phakopsora pachyrhizi*)

- ✓ здатна знижувати урожай на 80–100 %;
- ✓ відомі гени стійкості Rpp1, Rpp6, проте жоден сорт не стійкий до всіх рас патогена;
- ✓ перспективним є пірамидування кількох Rpp-генів у високопродуктивних генотипах [19, 27, 30].

3. Вірус жовтої мозаїки (MYMV)

- ✓ передається білокрилкою (*Bemisia tabaci*);
- ✓ основні донори стійкості: UPSM534, PK416; ідентифіковано рецесивні локуси gum1, gum2 [10, 19];
- ✓ використання молекулярних маркерів (SSR, QTL) пришвидшує добір толерантних форм.

4. Вірус мозаїки сої (SMV)

- ✓ передається попелицями (*Aphis glycines*, *Aphis craccivora*);
- ✓ основні донори стійкості: Suweon 97, PI 96983, PI 486355, PI 507389;
- ✓ ідентифіковано кілька локусів стійкості (Rsv1, Rsv3, Rsv4), що контролюють реакцію на різні штами [27];

✓ молекулярні маркери (SSR, SNP, SCAR) широко застосовуються для маркер-асоційованого добору стійких ліній.

5. Цистоутворююча нематода (*Heterodera glycines*, SCN)

✓ один із найшкідливіших патогенів сої у багатьох країнах світу;
✓ основні джерела стійкості: генотипи Peking та PI 88788 [22];
✓ ключові локуси: Rhg1 і Rhg4. У Peking-типі стійкість зумовлена взаємодією Rhg1-а та Rhg4, тоді як у PI 88788 стійкість забезпечує Rhg1-b незалежно [22];

✓ молекулярні механізми: активація синтезу ізофлавоноїдів, бензоксазиноїдів та цианоамінокислот, що чинять токсичний вплив на нематод.

Основні шкідники сої:

1. Стебловий довгоносик (*Oberiopsis brevis*, girdle beetle)

✓ знижує врожайність на 14–42 %;
✓ виділені толерантні генотипи (NRC-12, NRC-7, JS 93-05).

2. Совки (*Spodoptera litura*, *S. exigua* та ін.)

✓ листогризучі шкідники, здатні знижувати врожай на 60–80 %.
✓ резистентність пов'язана з антибіозом та антиксенозом (наприклад, лінії G511H/Anj-1-4, IAC100) [18].

3. Білокрилка (*Bemisia tabaci*) та попелиця (*Aphis glycines*)

✓ прямо висмоктують соки та є переносниками вірусів, зокрема МУМV та інших фітопатогенних вірусів [13].

Оптимізація фотоперіодичної реакції. Цвітіння є одним із найважливіших процесів, що беруть участь в адаптації та продуктивності сільськогосподарських культур. У сої (*Glycine max* (L.) Merr.) ідентифіковано низку головних генів та кількісних локусів ознак (QTL), пов'язаних із регуляцією цвітіння. Ці гени та QTL взаємодіють між собою і з навколишнім середовищем, істотно впливаючи не лише на час цвітіння й досягання, але й на морфологію рослин, кінцеву врожайність і стійкість до стресів.

На сьогодні ідентифіковано дев'ять головних генів, що контролюють час цвітіння та досягання у сої: E1 та E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 та J [29, 34].

Для всіх цих локусів, за винятком E6 та J, домінантні алелі зумовлюють різною мірою затримку цвітіння, при цьому їхня дія залежить від взаємодії з навколишнім середовищем і з іншими локусами. Натомість рецесивні алелі E6 та J були ідентифіковані у результаті схрещувань із пізньоквітучими сортами, які несуть ознаку подовженого ювенільного періоду, що сприяє пізнішому цвітінню [29].

У селекційній практиці особливе значення мають сорти, що несуть ознаку подовженого ювенільного періоду, яка зумовлює більш пізнє цвітіння.

Окрім відомих головних генів, описано також велику кількість QTL, що контролюють тривалість періоду до цвітіння. Деякі з цих QTL, найімовірніше, відповідають відомих генам E1, E2, E3, E4 або E8 [29]. Частина інформації щодо таких QTL представлена у базі даних *SoyBase* (<http://soybase.org/>).

Важливо підкреслити, що головні гени та QTL, які регулюють цвітіння, часто впливають і на інші агрономічні ознаки: висоту рослин та врожайність,

ступінь клейстогамії, а також на пігментацію насінневої оболонки і її розтріскування під дією низьких температур [34].

Отже, розуміння молекулярних основ та екологічних взаємодій цих генів є необхідним для визначення комбінацій генотипів, які забезпечать підвищену або більш стабільну врожайність у конкретних кліматичних умовах вирощування.

Адаптивність та якість насіння сої. Більшість селекційних програм, спрямованих на створення сортів сої, передусім фокусуються на двох характеристиках – урожайності та хімічному складі насіння [1, 4]. Вміст білка та олії переважно це генетично детерміновані ознаки, проте певною мірою вони змінюються під впливом погодних умов у період формування, наливу та досягання насіння [4, 24].

Температурний режим – головний лімітуючий чинник: за підвищених температур у період «цвітіння-досягання» вміст олії зростає, а білка – зменшується; підвищення зволоженості і зниження температури в цей період сприяють зростанню олії та зменшенню білка [6]. У зоні недостатнього й нестійкого зволоження формується низький вміст олії та підвищений вміст білка. Це свідчить про необхідність цілеспрямованої селекції спеціалізованих високобілкових і високоолійних генотипів.

Встановлено, що ранньостиглі зразки мають істотно вищу здатність формувати білок і олію в насінні, ніж середньоранні та середньостиглі [24].

Сорти з вищим рівнем адаптивності менше втрачають урожайність і якість насіння та швидше відновлюють фізіологічні процеси після повітряної й ґрунтової посухи. Недостатня пластичність може негативно впливати на продуктивність і якість [7]. Разом з тим, максимальне накопичення білка та олії можливе за сприятливих умов росту й розвитку рослин.

3. Джерела вихідного матеріалу та їх характеристика

Сорт є головною біологічною основою технології вирощування сої. Від його продуктивності, екологічної пластичності та адаптивності значною мірою залежить реалізація генетичного потенціалу культури. Дослідження підтверджують, що в Україні врожайність сої реалізується лише на 38–56 %, тоді як у провідних країнах (США, Канада, Бразилія) – на 70–73 %. Це вказує на наявність значного резерву підвищення ефективності виробництва за рахунок створення та впровадження нових сортів.

Основні джерела вихідного матеріалу для створення нових сортів: сортові колекції (вітчизняні та зарубіжні), дикорослі форми *Glycine soja*, селекційні лінії, зразки з генофондів (NAPGR, USDA, ICARDA та ін.).

В таблицях 1-7 зведено перелік джерел зразків сої з ознаками адаптивності, а також адаптивні сорти і лінії сої, створені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН.

**Джерела зразків сої з ознаками адаптивності зі світових колекцій
генетичних ресурсів**

Ознака	Донори
Ознаки, пов'язані з толерантністю до посухи	
Довжина кореня	PI 408105A, PI 081041, PI 090479
Розгалуження кореня	PI 408105A, PI 483463, PI 248515, PI 424088
Опушення коріння	PI 408105A, PI 416937, PI 603713, PI 248515
Кількість метаксилем	PI 427136, 4J105-3-4, CLOJ1760-6-8
В'янення листкового ярусу	PI 416937, Jackson, PI 567690, PI 567731 , R02-1325, N05-7432, N04-9646, N06-7194, R09-1069, N06-7543, R07-5235, R09-1121, R07-7044, PI 471938, R05-5559
Збереження азотфіксації за посухи	Jackson, PI 471938 , PI 222547, PI 374163 , PI 423886, PI 429328, PI 507039, PI 227557 , PI 507414, PI 578315B, R02-1325, N05-7432, N04-9646, N06-7194, R09-1069, N06-7543, R07-5235, R09-1121, R07-7044, R05-5559
Ознаки, пов'язані зі стійкістю до хвороб і шкідників	
Вірус жовтої мозаїки (MYMV)	UPSM534, PK416; ідентифіковано рецесивні локуси <i>rym1</i> , <i>rym2</i> .
Вірус мозаїки сої SMV	Suweon 97, PI 96983, PI 486355, PI 507389
Цистоутворююча нематода (<i>Heterodera glycines</i> , SCN)	PI437654 (cqSCN-001 (Rhg1)), PI209332 (cqSCN-001 (Rhg1)), PI90763 (cqSCN-001 (Rhg1)), PI88788 (cqSCN-001 (Rhg1)), PI89772 (cqSCN-001 (Rhg1)), PI404198A (cqSCN-001 (Rhg1)), PI88788 (rhg1-b), Peking (cqSCN-002 (Rhg4)), PI437654 (cqSCN-002 (Rhg4)), PI88788 (cqSCN-003), Hartwig (PI437654 and Peking) (cqSCN-005), G. soja PI468916 (cqSCN-006), G. soja PI468916 (cqSCN-007), PI567516C (cqSCN 10), PI437654 (cqSCN11)
Совки (<i>Spodoptera litura</i> , <i>S. exigua</i> та ін.)	G511H/Anj-1-4, IAC100
Попелиця (<i>Aphis glycines</i>)	KS-4202, Dowling, PI548663 (Rag1), PI71506 (Rag1), PI548657 (Rag1), PI587663 (Rag1), PI587677 (Rag1), PI587685 (Rag1), PI594592 (Rag1), PI567541B (rag1c), PI567598B (rag1b), PI243540 (Rag2), PI200538 (Rag2), PI587663 (Rag2), PI587685 (Rag2), PI587677 (Rag2), PI587972 (Rag2), PI594592 (Rag2), PI567543C (Rag3), PI587663 (Rag3), PI594592 (Rag3), PI567598B (rag3), PI567537 (rag3b), E12901 (Rag3c), PI567541B (rag4), PI587677 (rag4), PI567543C (Rag4), PI567301B (Rag5 Proposed), E12901 (Rag6), PI603712 (qChrom.07.1), PI603712 (qChrom.16.1), PI603712 (qChrom.13.1), PI603712 (qChrom.17.1).
Білокрилка (<i>Bemisia tabaci</i>)	BRS 9280, AS 3810, M 8808, BRS 8383

Таблиця 2.

**Високобілкові сорти та селекційні номери сої, створені в Інституті
рослиництва ім. В. Я. Юр'єва**

Сорт, зразок	Урожайність, т/га	Уміст в насінні, %				сума білка і олії
		олія	білок			
			мінімум	середнє	максимум	
Аннушка (стандарт)	1,20	18,6	32,3	36,1	39,9	54,7
Діона (стандарт)	1,24	18,4	32,6	36,1	39,6	54,5
Подяка	1,20	18,9	34,7	39,6	44,4	58,5
Мальвіна	1,42	19,3	33,8	38,4	43,0	57,7
КСВ 18-17 (Харківська 35 / Fiskeby)	1,37	19,0	35,0	38,9	42,8	57,9
КСВ 19-17 (Харківська 35 / Fiskeby)	1,35	19,9	34,3	39,4	44,4	59,3
Спритна	1,41	18,5	34,3	39,5	44,6	58,0
Криниця	1,39	19,9	35,8	40,5	45,2	60,4
НІР _{0,05}	—	—	—	1,27	—	—

Таблиця 3

**Високоолійні сорти та селекційні номери сої, створені в Інституті
рослиництва ім. В. Я. Юр'єва**

Сорт, зразок	Урожайність, т/га	Уміст в насінні, %				сума білка і олії
		білок	олія			
			мінімум	середнє	максимум	
Аннушка (стандарт)	1,20	35,2	16,0	16,9	17,8	52,1
Діона (стандарт)	1,24	35,5	16,4	17,2	18,0	52,7
КСВ 26-17 (Витязь 50 / Харківська скоростигла)	1,40	38,7	17,7	18,8	19,8	57,5
КСВ 23-17 (3836 / 76-130 добір)	1,34	39,0	17,2	18,7	20,2	57,7
КСВ 31-17 (Харківська 54 / Вікторія)	1,39	37,3	16,8	18,3	19,8	55,6
Спритна	1,41	38,0	16,8	18,3	19,7	56,3
КСВ 59-17 (добір з лінії № 31)	1,44	38,1	17,2	18,4	19,6	56,5
КСВ 57-17 (добір із Харківської 70)	1,42	39,9	17,3	18,5	19,7	58,4
КСВ 37-17 (Успіх / Мрія)	1,41	37,8	17,3	18,7	20,0	56,5
КСВ 56-17 (добір із Харківської 70)	1,49	39,9	17,3	18,2	19,0	58,1
КСВ 50-17 (добір із <i>Pasteter</i> <i>Schwarus</i>)	1,32	39,8	17,0	18,4	19,8	58,2
КСВ 46-17 (Вузьколиста / мутант 82-205)	1,34	39,0	16,4	18,1	19,8	57,1
НІР _{0,05}	—	—	—	1,87	—	—

Таблиця 4.

Високопластичні за вмістом білка в насінні зразки сої

Сорт, селекційний номер	Уміст білка в насінні, %	Пластичність (коефіцієнт регресії) b_i	Стабільність (варіанса стабільності) S_i^2
КСВ 26-17 (Витязь 50 / Харківська скоростигла)	38,71	1,49	4,29
КСВ 33-17 (Вузьколиста / мутант 82-205)	37,28	1,44	4,36
КСВ 17-17 (Харківська 35 / 856-344)	40,57	1,42	3,95
КСВ 35-17 (Харківська 54 / Ходсон)	37,27	1,41	4,31
КСВ 53-17 (Терезинська 24 / <i>Diermona</i>)	38,86	1,38	3,85
КСВ 36-17 (Харківська зернокармова / Юг 30)	38,55	1,37	3,90
КСВ 20-17 (Харківська 35 / Київська 27)	38,68	1,32	3,66
КСВ 23-17 (3836 / 76-130 добір)	37,98	1,32	3,73
Кобза	39,34	1,31	3,96
КСВ 48-17 (добір з Романтики)	40,50	1,28	3,68

Таблиця 5.

Високопластичні за вмістом олії в насінні зразки сої

Сорт, селекційний номер	Уміст олії в насінні, %	Пластичність (коефіцієнт регресії) b_i	Стабільність (варіанса стабільності) S_i^2
КСВ 35-17 (Харківська 54 / Ходсон)	19,18	3,29	1,55
КСВ 26-17 (Витязь 50 / Харківська скоростигла)	19,63	2,70	1,27
КСВ 53-17 (Терезинська 24 / <i>Diermona</i>)	19,24	2,66	1,33
КСВ 17-17 (Харківська 35 / 856-344)	18,92	2,59	1,23
Кобза	18,85	2,57	1,32
КСВ 48-17 (добір з Романтики)	19,10	2,55	1,27
КСВ 23-17 (3836 / 76-130 добір)	19,59	2,52	1,19
КСВ 36-17 (Харківська зернокармова / Юг 30)	19,05	2,48	1,16
КСВ 20-17 (Харківська 35 / Київська 27)	19,20	2,46	1,19
КСВ 16-17 (Волгоградка / Мрія)	19,06	2,41	1,16
КСВ 37-17 (Успіх / Мрія)	19,38	2,41	1,15

Таблиця 6.

Високопластичні за сумарним умістом білка і олії в насінні зразки сої

Сорт, селекційний номер	Уміст білка і олії в насінні, %	Пластичність (коефіцієнт регресії) b_i	Стабільність (варіанса стабільності) S_i^2
КСВ 53-17 (Терезинська 24 / <i>Diermona</i>)	53,11	1,55	4,23
КСВ 26-17 (Витязь 50 / Харківська скоростигла)	53,34	1,43	4,02
КСВ 33-17 (Вузьколиста / мутант 82-205)	53,24	1,41	4,03
КСВ 36-17 (Харківська зернокармова / Юг 30)	52,68	1,36	3,92
КСВ 41-17 (<i>Pasteter Schwarus</i>)	53,09	1,35	3,9
КСВ 23-17 (3836 / 76-130 добір)	52,57	1,24	3,42
Естафета	52,60	1,23	3,41
КСВ 54-17 (добір з Харківської 100)	52,93	1,23	3,32
КСВ 35-17 (Харківська 54 / Ходсон)	53,04	1,19	3,35
КСВ 59-17 (добір з лінії № 31)	52,50	1,17	3,33
КСВ 17-17 (Харківська 35 / 856-344)	52,49	1,16	3,19

Таблиця 7.

Джерела високого вмісту окремих форм токоферолів.

№	Показник	Сорти (зразки) з високим умістом	Вміст, % (або мг/г насіння)
1	α -токоферол	Мальвіна – 27,1; УИР-021752 – 18,4; Bravalla – 18,3; Navico – 18,0; 140-08 – 17,7; Рось – 17,4; 123-08 – 17,4; Романтика – 17,1; Мрія – 16,4; Fiskebi-840-5-3 – 16,1	16,1–27,1
2	β -токоферол	Мальвіна – 4,5; Романтика – 4,1; Fiskebi-III – 2,6; Navico – 2,6; УИР-021752 – 2,4	2,4–4,5
3	γ -токоферол	IR-2259 – 73,2; Aldana – 71,2; Скеля – 69,7; EBS-709 – 68,3; Горизонт – 68,2; IR-2258 – 68,0; 123-08 – 67,8; СН-54-11 – 67,8; Фея – 67,6; 140-08 – 67,5	67,5–73,2
4	δ -токоферол	Fiskebi-840-5-3 – 26,4; F-35R-W – 24,6; IR-2258 – 24,1; Східна – 23,5; INRA-654-12-12 – 23,3; Ракиця – 22,8; Halton – 22,2; Верас – 20,8	20,8–26,4
5	антиоксидантна активність насіння	Вікторина – 61,5 % (1,94 мг хлорогенової кислоти/г); Слобода – 59,7 % (1,89 мг/г)	59,7–61,5 %

4.Методи оцінки продуктивності, якості та адаптивності**Оцінка продуктивності сої**

Генетичний потенціал врожайності. Соя має високий генетичний потенціал продуктивності. У світовій практиці зафіксовані випадки перевищення врожайності понад 10,0 т/га, що свідчить про можливість культури при оптимальному поєднанні генотипу й умов вирощування [7]. У сучасній

селекції орієнтуються на створення сортів інтенсивного типу: зернових та зерноукісних (універсальних) форм; з рівнем урожайності 3,5–4,0 т/га у богарних умовах; 4,5–5,0 т/га – за зрошення.

Селекційні критерії. На початкових етапах добору найважливішими показниками вважають: число продуктивних вузлів; кількість бобів на вузол і на рослину; число насінин у бобі; масу 1000 насінин. Доведено, що кількість бобів на рослині є ключовим індикатором потенційної врожайності ($r = 0,69-0,78$) [7]. Цей показник тісно пов'язаний із тривалістю вегетаційного періоду та формуванням бокових гілочок. У більшості сортів середня кількість бобів на вузол становить 2–5, проте серед колекційних зразків відомі форми із підвищеними значеннями (12–15 бобів на вузол). Маса 1000 насінин на 80–90 % контролюється генотипом і стабільно успадковується, при цьому позитивно корелює з врожайністю. Найвища продуктивність відмічається у сортів із середньою кількістю бобів та насінням середньої величини.

Методика оцінки. Вивчення врожайності проводять у конкурсному сортовипробуванні (КСВ):

- чотири повторення;
- площа облікової ділянки – 25 м²;
- методика закладання дослідів – за стандартами державного сортовипробування.

Для порівняння використовують дані врожайності даних сортів у мережі державного сортовипробування (ДСВ), Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР).

Оцінка якості насіння сої

Вміст білка і олії в сої. Соя є унікальною культурою за своїм біохімічним складом. Вона багата на повноцінний білок, поліненасичені ліпіди, харчові волокна (целюлоза), вітаміни (Е, каротини, група В: В1, В2, В3, В5, Вс, Н, холін), а також на макроелементи (Са, Р, Mg, К, Na, Cl) і мікроелементи (Fe, Mn, Zn, Cu, Se) [4, 20]. Високий вміст специфічних компонентів (фітоестрогенів, олігосахаридів, фосфоліпідів тощо) та низький уміст глюкози, сахарози і крохмалю визначають її як цінну сировину для виробництва функціональних і лікувально-профілактичних продуктів харчування. Висока здатність сої накопичувати у насінні до 36–45 % білка та понад 20 % олії зумовлює її стратегічне значення у світовому землеробстві.

Методи визначення вмісту білка і олії. Уміст білка в насінні визначають методом К'ельдаля, що регламентується стандартом ДСТУ ISO 20483:2016 (ISO 20483:2013, IDT). Також застосовують прилади інфрачервоної спектроскопії (наприклад, Інфралюм ФТ-10), що дозволяють швидко і точно оцінювати цей показник. Вміст олії визначають референсним екстракційним методом відповідно до ДСТУ ISO 659:2007. У сучасній практиці для одночасного визначення білка та олії також використовують інфрачервону спектроскопію (експрес-метод), яка регламентується стандартом ДСТУ EN ISO 12099:2022. Завдяки поєднанню класичних і сучасних методів досягають високої точності й відтворюваності результатів, що дозволяє як оцінювати колекційні зразки у селекційних програмах, так і проводити контроль якості насіння у виробництві.

Інтенсивність утворення білка та олії. Здатність сорту до синтезу основних компонентів біохімічного складу насіння (білка, олії та їх суми) оцінюють за показником інтенсивності утворення. Цей показник дозволяє оцінити потенційні можливості сорту та виявити суттєві відмінності між сортами і групами сортів за здатністю до синтезу білка та олії. Інтенсивність утворення білка (ІУБ) розраховують за формулою [4]:

$$\text{ІУБ} = (Y \times B) / T, \text{ де}$$

ІУБ – інтенсивність утворення білка за добу вегетації, (кг/га)/добу;

Y – урожайність сорту (зразка), кг/га;

B – уміст білка в насінні сорту (зразка), %;

T – тривалість періоду вегетації сорту (зразка), діб.

Аналогічно визначають інтенсивність утворення олії та суми білка й олії.

Оцінка різноманіття жирнокислотного складу олії

Вміст різних форм токоферолів. Токоферолі належать до міnorних ліпофільних компонентів насіння, що чинять потужну антиоксидантну та багатофункціональну вітамінну дію: знижують ризик серцево-судинних і інших хронічних хвороб, гальмують перекисне окиснення ліпідів, перехресну зшивку білків і потенційні ДНК-мутації, підтримуючи гомеостаз. Вітамін Е представлений вісьмома ізоформами (α , β , γ і δ -токоферолі та відповідні токотрієноли); серед них α -токоферол має найвищу біологічну (вітамінну) активність, тоді як γ - і δ -токоферолі є ефективнішими радикальними «гасниками», підвищуючи оксидативну стабільність олії. У сої наявна суттєва генетична варіабельність як за сумарним умістом, так і за профілем ізомерів. У середньому домінує γ -токоферол (62 % від суми), що створює селекційні можливості для одночасного підвищення вітамінної цінності й стійкості до автоокиснення. Поліпшення ознаки лише полігенним добором технічно складне, перспективними є також моногенні зміни, які вже підтверджені в інших культурах (соняшник). **Інтерпретація:** вищі «сума токоферолів» і цільовий баланс ізомерів (більше α – для вітамінної активності; більше $\gamma + \delta$ – для антиоксидантної стійкості) є позитивними селекційними критеріями.

Методика. Уміст та ізомерний склад токоферолів визначають відповідно до ДСТУ EN 12822:2005 методом ізократичної високоефективної рідинної хроматографії. Ідентифікацію ізомерів токоферолів здійснюють за часом утримання, встановленим для достовірних стандартів. Кількісне визначення вмісту ізомерів токоферола здійснюють за допомогою спектрофотометричного детектора при довжині хвилі 295 нм. Уміст ізомерів токоферола і їх суму виражають у мг % на 100 г насіння без урахування вологості.

Визначення антиоксидантною активності. Загальна антиоксидантна активність (АОА) – це інтегральна характеристика здатності біохімічних компонентів насіння нейтралізувати вільні радикали, переривати ланцюгові реакції окислення та запобігати пошкодженню білків, ліпідів і нуклеїнових кислот. На відміну від оцінки окремих сполук, концепція АОА враховує сумарні та синергетичні ефекти усіх антиоксидантів, що робить її більш інформативною у біологічних і селекційних дослідженнях. Для сої це має подвійне значення:

1). *Адаптивність рослини.* Рівень стійкості генотипу до окисного стресу визначається вмістом і складом антиоксидантів, а також швидкістю їх синтезу, накопичення й витрачання. Вищі значення АОА свідчать про кращу толерантність до абіотичних стресів і стабільність функціонування клітинних систем.

2). *Селекційна цінність.* Скринінг сортів за АОА дозволяє відібрати генотипи з підвищеним вмістом антиоксидантів, що є перспективними джерелами для створення продуктивних і високоякісних сортів. Такі сорти можуть стати сировиною для виробництва функціональних продуктів харчування, збагачених природними антиоксидантами.

Методика. Визначення АОА здійснюють спектрофотометричним тестом із використанням стабільного радикала DPPH, що відображає переважно антиоксидантний потенціал гідрофільних компонентів (фенольних сполук, аскорбінової кислоти тощо). Однак цей підхід не враховує ліпофільні антиоксиданти (токофероли, каротиноїди), тому для комплексної оцінки доцільно комбінувати DPPH із хроматографічним аналізом токоферолів та інших жиророзчинних сполук.

Оцінка реакції на стреси (посуха, підвищена температура)

Негативні тенденції змін погодних умов (підвищена температура повітря, тривалі періоди між дощами, часті суховії та зливи), які посилились в останні роки, вимагають створення принципово нових сортів, головною характеристикою яких є підвищена адаптивність. Для оцінки адаптивності сої використовують різноманітні підходи та методики. В даних методичних рекомендаціях наводяться методики польової та лабораторної оцінки посухо- та жаростійкості сої, що застосовуються в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва [5].

Оцінка стійкості до посухи та спеки в польових умовах (метод посушника). В якості посушника (дослід) використовують вегетаційний будиночок з полікарбоната без доступу вологи та з підвищеною температурою повітря. Перед закладанням дослідів у посушнику проводять розпушування ґрунту на глибину 25 см, боронування та одноразовий вологозарядковий полив. Різні умови вирощування моделюють шляхом висіву дослідних зразків у природних польових умовах (контроль) та штучно створеному посушнику (дослід) без доступу вологи та з підвищеною температурою повітря. Розміри ділянки у контролі – 1 м², у досліді – 1 рядок (10 рослин). Насіння висівають ручною сівалкою рядковим способом у триразовій повторності. Збирання врожаю проводять при повній стиглості насіння, вручну. Стійкість до спеки та посухи визначають за співвідношенням середньої продуктивності сорту за роки досліджень до стандарту (St), отриманої в умовах посушника: < 75 % – дуже низька; 76–95 % – низька; 96–115 % – середня; 116–135 % – висока; > 135 % – дуже висока.

Оцінка термостійкості в лабораторних умовах. Для визначення термостійкості зразків сої використовують водний термостат 1 ТЖ-0-03, ємністю 25 літрів із точністю регулювання температури $\pm 0,1$ °С. Зразки насіння (по 25 насінин у триразовій повторності) занурюють у воду у марлевих торбинках з відповідними варіантами температури (+45 °С, +55 °С та +60 °С) та експозиції

(від 10 до 40 хвилин із кроком 5 хвилин). Контроль – насіння занурене у воду кімнатної температури. Далі насіння пророщують у термостаті згідно чинних стандартів ДСТУ 2240–93 [2] та ДСТУ 4138–2002 [3] протягом п'яти діб. Визначають схожість насіння, довжину та масу проростка у досліді та контролі. За різницею показників визначають ступінь депресії під дією температури. Показником термостійкості є ступінь зниження відсотка схожості у досліді відносно до контролю.

Оцінка стійкості зразків до хвороб

Стійкість зразків сої до хвороб вивчають на інфекційному фоні рослин до хвороб та шкідників. Зразки висівали в ранні строки на ділянках площею 1 м², по 60 насінин в одному повторенні.

Співвідношення видів встановлюють щорічно залежно від частоти їх прояву на посівах сої. Інтенсивність інфекційного фона встановлюють по ураженості сприйнятливих сортів-еталонів. За результатами трирічних досліджень зразки порівнюють з виділеними за загальноприйнятою шкалою сортами-еталонами. Інтенсивність розвитку хвороби (R) обчислюють за загальноприйнятою у фітопатологічних дослідженнях формулою:

$$R = \Sigma(A \times B) / (A \times K) \times 100, \text{ де}$$

R – розвиток хвороби, %;

A – кількість рослин із певним балом ураження;

B – бал ураження;

A – кількість рослин у пробі;

K – вищий бал шкали обліку.

Розвиток хвороб у польових умовах визначають в період сходів, цвітіння, наливу і досягання бобів. За результатами трирічних досліджень зразки порівнюють з виділеними в лабораторії сортами-еталонами. Імунологічну характеристику у балах стійкості визначають за найвищим за роки вивчення показником ураження, при рівнях фона, достатніх для диференціації матеріалу. Зразки, які мали слабкий ступінь ураження фузаріозом протягом трьох років, характеризують як стійкі.

Фітопатологічну експертизу насіння сої проводять згідно ДСТУ 4138–2002, розділу 11 “Методи аналізування зараженості насіння хворобами”, пункту 11.4.2.5 “Біологічний метод”. Суть методу полягає у виявленні зовнішньої і внутрішньої зараженості насіння хворобами і заснована на стимулюванні росту і розвитку патогенних мікроорганізмів у зараженому насінні [3]. Ураженість насіння хворобами визначають під час пророщування протягом 9 діб у рулонах з фільтрувального паперу при температурі 23–28 °С.

Статистичні показники для визначення продуктивності, якості, адаптивності сої

Інтенсивність посухи (D) визначають за формулами запропонованими Fischer R.A. та Maurer R. [15].

$$D = 1 - X / X_p, \text{ де}$$

X – рівень урожайності всіх сортів під впливом стресу;

X_p – рівень урожайності всіх сортів без стресу.

Інтенсивність посухи (D) знаходиться у межах від 0 до 1.

Індекс сприйнятливості до посухи (DSI)

Для визначення індексу сприйнятливості до посухи (DSI) користуються формулою:

$$DSI = (1 - Y/Y_p) / D, \text{ де}$$

Y – урожайність за умов посухи;

Y_p – урожайність за оптимальних умов;

D – інтенсивність посухи.

Індекс толерантності до посухи (TOL) обчислюють за формулою, яку запропонували Rosielle A.A. та Hamblin J. [28].

$$TOL = Y_p - Y_s, \text{ де}$$

Y_p – урожайність за оптимальних умов;

Y_s – урожайність за умов посухи.

Індекс стабільності врожаю (YSI) розраховують за формулою запропонованою Bousslama M. та Schapaugh W.T. [11]:

$$YSI = Y_s / Y_p, \text{ де}$$

Y_s – урожайність за умов посухи;

Y_p – урожайність за оптимальних умов.

Індекс урожайності (YI) обчислювали за формулою наведеною у роботі Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M., Campanile R.G., Rissardi G.L., Borgh B. [16]:

$$YI = Y_s / Y_s \times 1000 \%, \text{ де}$$

Y_s – урожайність за умов посухи;

Y_s – середня врожайність усіх вивчених зразків за умов посухи.

Індекс толерантності до стресу (STI) та середнє геометричне (або середнє пропорційне) врожайності (GMP) розраховують за формулами запропонованими Yucel D., Mart D. [33]:

Для обчислення індексу толерантності до стресу (STI) використовують формулу:

$$STI = (Y_s \times Y_s) / (Y_p^2) \times 100 \%, \text{ де}$$

Y_s – урожайність за умов посухи;

Y_p – середня врожайність за оптимальних умов.

Середнє геометричне (або середнє пропорційне) врожайності (GMP) визначають за формулою:

$$GMP = \sqrt{Y_p - Y_s}, \text{ де}$$

Y_p – урожайність за оптимальних умов;

Y_s – урожайність за умов посухи.

5. Молекулярно-генетичні підходи у доборі

Традиційні селекційні підходи, що базуються на фенотипічній оцінці, мають обмежену ефективність у доборі генотипів через складний полігенний контроль більшості ознак та значний вплив середовища. Молекулярні маркери, зокрема мікросателіти (SSR) та однонуклеотидні поліморфізми (SNP), стали надійним інструментом для підвищення точності й швидкості селекційного процесу [22, 32]. Їх використання дозволяє:

- ✓ ідентифікувати сорти та підтримувати генетичну чистоту насіння;
- ✓ проводити контроль за штучною гібридизацією;

✓ добирати батьківські компоненти для створення віддалених еколого-географічних комбінацій;

✓ виявляти зв'язки з господарсько-цінними ознаками, включно зі стійкістю до хвороб та стресових чинників.

Молекулярні маркери, які застосовуються в маркер-асоційованій селекції (MAS) сої наведено в таблиці 8.

Таблиця 8.

Молекулярні маркери цінних господарських ознак сої

Ознака / властивість	Ген / локус	Тип маркера	Джерело літератури
Стійкість до вірусу мозаїки сої (SMV)	Rsv1, Rsv3, Rsv41, Sat_084, Satt197	SSR	[14, 9]
Стійкість до SMV (інші гени)	RSC4, RSC8, RSC14Q	SSR	[14]
Стійкість до соєвої цистової нематоди	rhg1, Rhg4	SSR	[14]
Солестійкість	GmSALT3	SSR	[14]
Фотоперіодична чутливість	E-гени	SSR	[9]
Вміст білка у насінні	QTL Prot-08-1	SSR	[14]
Вміст олеїнової кислоти	FAD2-1A, FAD2-1B	Ген-специфічні	[14]
Усунення трипсин-інгібітора	Ti3	SSR	[14]
Усунення ліпоксигенази	lox2	Специфічні	[14]
Низький вміст олігосахаридів (рафіноза)	RS3	Ген-специфічні	[14]

В 2014 р. в Китаї затверджено стандарт NY/T 2595-2014 щодо визначення генетичної чистоти сортів сої за поліморфізмом 36 SSR-локусів [23]. Науковцями Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва проаналізовано колекцію з 29 зразків сої, що походять із різних країн, за поліморфізмом дев'яти SSR-локусів, запропонованих в стандарті. Виявлено 18 алелів, у середньому 2,0 алелі на локус, тоді як індекс генетичного різноманіття Ne_i варіював від 0,07 до 0,51 (середнє значення – 0,26). Один із локусів (Sat_084) виявився мономорфним.

Отримані значення є нижчими порівняно з результатами ряду попередніх досліджень. Зокрема, за даними Присяжнюк та ін. (2017) середній індекс поліморфності локусу (PIC) у колекції з 25 сортів сої за чотирма SSR-локусами становив 0,89. Подібні рівні поліморфізму ($>0,5$) описані у роботах інших авторів [9, 10].

Попри це, навіть за умов невисокого рівня поліморфізму використані маркери дозволили ефективно диференціювати досліджувані генотипи.

Генетичні дистанції між усіма парами зразків були більшими за нуль (варіювали від 0,0002 до 0,0499), що свідчить про відсутність ідентичних генотипів.

Отримані результати мають важливе значення для подальших селекційних програм та збереження генетичних ресурсів сої.

Крім того, останнім часом активно розвиваються методи геномної селекції (GS), де для прогнозу цінності генотипу використовується повний профіль маркерів по всьому геному. Це дозволяє враховувати навіть гени з малим ефектом і підвищує точність добору складних кількісних ознак.

Ще один перспективний напрям – геномне редагування за допомогою CRISPR/Cas-систем, яке дає змогу здійснювати цілеспрямовані модифікації ключових генів, пов'язаних із фотоперіодичною реакцією, стійкістю до стресів чи якістю насіння.

Отже, молекулярні маркери стали невід'ємним інструментом сучасної селекції сої. Поєднання класичних методів селекції з новітніми підходами маркер-асоційованої та геномної селекції, редагування геному відкривають можливості для створення сучасних високопродуктивних сортів з підвищеною адаптивністю та поліпшеними характеристиками якості насіння.

6. Практичні рекомендації

Відбір вихідного матеріалу.

1. Рекомендується відбирати вихідний матеріал із різних еколого-географічних зон для забезпечення широкої генетичної бази та підвищення адаптивного потенціалу нових сортів. Доцільно використовувати колекційні зразки з високою якістю насіння, що виступають донорами цінних господарських ознак. Важливим є залучення інтродукованих сортів, які розширюють генетичне різноманіття. При створенні нових сортів важливо враховувати комбіновану стійкість до кількох хвороб і шкідників.

2. для зон із ризиком ураження *Macrophomina phaseolina* рекомендовано добирати лінії з підвищеною посухостійкістю.

3. для контролю нематоди SCN ефективним є поєднання генів Rhg1 та Rhg4 із залученням нових джерел резистентності.

4. у боротьбі з комахами слід орієнтуватися на використання генотипів з антиксенозними та антибіотичними властивостями.

5. використання молекулярних маркерів дозволяє суттєво пришвидшити процес добору та зменшити потребу у багаторічних польових випробуваннях.

6. для створення стійких до збудників фузаріозу сортів доцільно використовувати робочу колекцію зразків за індивідуальною стійкістю.

7. для селекції на посухостійкість — застосовувати порівняння зразків за стійкістю до посухи та спеки (середній, високий та дуже високий рівні).

8. для розподілу зразків за стійкістю до високих температур можливе використання температурного режиму +60 °C з експозицією 40 хв.

Використання зразків-донорів.

Науково-дослідним установам у процесі створення нових сортів сої рекомендовано застосовувати джерела цінних господарських ознак:

- висока врожайність та вміст білка: лінії КСВ 68-13 (добір з Романтики), КСВ 95-13 (Романтика, опромінення 80 Гр.);
- підвищений вміст білка: Подяка (41,4 %), Мальвіна (40,0 %), КСВ 19-17 (40,4 %), Спритна (39,6 %), КСВ 18-17 (38,8 %), Криниця (38,2 %);
- підвищений вміст олії: КСВ 26-17, КСВ 23-17, КСВ 31-17, Спритна, КСВ 59-17, КСВ 57-17, КСВ 37-17, КСВ 56-17, КСВ 50-17, КСВ 46-17;
- жирнокислотний склад: Ювілейна, Спринт, Витязь 50, Скеля, Фея, Горизонт;
- токофероли: Мальвіна, Bravalla, Navico, Aldana, IR-2259, Скеля, F-35R-W;
- антиоксидантна активність: Вікторина (61,5 %), Слобода (59,7 %);
- у селекції на високу продуктивність та посухостійкість рекомендовано залучати сорти й лінії з комплексом цінних ознак (Галі, Соер 345, Припять, Сонячна, F 50 R/W, Янкан, Байка, Л 101, Ларіса, Gaillard, Спритна, УИР 021752, Десна).

7. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявська Л. Г., Білявський Є. М., Мазур О. М., Мазур О. А. Адаптивність та селекційна цінність сортів сої полтавської селекції. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. 27(2): 312–322.
2. ДСТУ 2240–93. Насіння сільськогосподарських культур: Сортові та посівні якості. Київ: Держстандарт України, 1994. 74 с.
3. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методика визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
4. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безугла О. М., Голохоринська М. Г. Ефективність сучасних сортів сої за показниками урожайності та якості насіння. *Селекція і насінництво*. 2022. Вип. 122. С. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.271751>.
5. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безуглий І. М., Голохоринська М. Г. Визначення посухостійкості селекційного матеріалу сої. *Селекція і насінництво*. 2023. Вип. 123. С. 120–127. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2023.283655>.
6. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безуглий І. М., Коломацька В. П., Голохоринська М. Г. Варіабельність урожайності та якості насіння сої залежно від гідротермічних факторів середовища. *Селекція і насінництво*. 2022. Вип. 121. С. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.260997>.
7. Рябуха С. С., Чернишенко П. В., Безуглий І. М., Коломацька В. П., Голохоринська М. Г. Потенціал урожайності сортів сої та його реалізація. *Селекція і насінництво*. 2021. Вип. 120. С. 89–92. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.251042>.
8. Телекало Н. В., Коробко А. А. Відбір адаптивних сортів сої у технології вирощування в умовах зміни клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. №26. С. 125–128. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-3-10>.
9. Чернишенко П. В., Чернишенко Г. Є., Скобля Є. В. Поліморфізм SSR-локусів у сортах сої, які походять з різних країн. *Зернові культури*. 2024. Т. 8, № 1. С. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0309>.
10. Присяжнюк Л. М., Мельник С. І., Шитікова Ю. В., Сігалова І. О., Іваницька А. П. Використання SSR-маркерів для диференціації нових сортів сої (*Glycine max* (L.) Merr.). *Plant Varieties Studying and Protection*. Том 13. № 3. 2017. С. 269-276. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.3.2017.110709>.
11. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 1984. Vol. 29 (5). P. 897–912.
12. Chu S., Ma H., Li K., Li J., Liu H., Quan L., Zhu X., Chen M., Lu W., Chen X., Qu X., Xu J., Lian Y., Lu W., Xiong E., Jiao Y. Comparisons of constitutive resistances to soybean cyst nematode between PI 88788- and Peking-type sources of resistance in soybean by transcriptomic and metabolomic profilings. *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13: 1055867. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1055867>.
13. Farias e Silva M. C., Rodrigues A. S., Rodrigues R. H. F., Pavan B. E., Barboza Silva L. Performance of Bemisia tabaci MEAM1 on soybean and resistance

- traits of cultivars. *Research Square* (preprint). 2022-12-15. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2350554/v1>.
14. Feng X., Khan M. H. U. Soybean Molecular Design Breeding. In: *Soybean - Molecular Design Breeding*. IntechOpen, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.105422>.
 15. Fischer R. A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1978. Vol. 29 (5). P. 897–912.
 16. Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M., Campanile R. G., Rissiardi G. L., Borghi B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*. 1997. Vol. 77 (4). P. 523–531.
 17. Hou Z., Zhang J., Xu J., et al. Origin, variation, and selection of natural alleles controlling flowering and adaptation in wild and cultivated soybean. *Molecular Breeding*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-023-01382-4>.
 18. Krisnawati A., Bayu M. S. Y. I., Adie M. M. Identification of soybean genotypes based on antixenosis and antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*). *Nusantara Bioscience*. 2017. Vol. 9(2): 164–169. DOI: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090210>.
 19. Li Y., Liu X., Deng W., Liu J., Fang Y., Liu Y., Ma T., Zhang Y., Xue Y., Tang X., et al. Fine mapping the soybean mosaic virus resistance gene in soybean cultivar Heinong 84 and development of CAPS markers for rapid identification. *Viruses*. 2022. Vol. 14(11): 2533. DOI: <https://doi.org/10.3390/v14112533>.
 20. Mazur O., Kupchuk I., Voloshyna O., Mazur O., Biliavska L., Poltoretskiy S. Adaptive value of soybean varieties by the seed quality parameters. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 2024. 27(2): 157–171. DOI: <https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.02.157-171>.
 21. Moon J.-K., Jeong S.-C., Van K., Saghai Maroof M. A., Lee S.-H. Marker-assisted identification of resistance genes to soybean mosaic virus in soybean lines. *Euphytica*. 2009. Vol. 169. P. 375–385. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9970-z>.
 22. Neupane S., Purintun J. M., Mathew F. M., Varenhorst A. J., Nepal M. P. Molecular basis of soybean resistance to soybean aphids and soybean cyst nematodes. *Plants*. 2021. Vol. 10(3): 523. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030523>.
 23. NY/T 2595–2014. Identification of soybean varieties. SSR marker method. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2014. 15 p.
 24. Petereit J., Marsh J. I., Bayer P. E., Danilevicz M. F., Thomas W. J. W., Batley J., Edwards D. Genetic and genomic resources for soybean breeding research. *Plants*. 2022. Vol. 11: 1181. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11091181>.
 25. Rani R., Raza G., Tung M. H., Rizwan M., Ashfaq H., Shimelis H., et al. Field screening of diverse soybean germplasm to characterize their adaptability under long-day condition. *Agronomy*. 2023. 13(11): 2317. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13112317>.
 26. Rauf S., Shehzad M., Fatima S., Warburton M. L., Malinowski D. P. Genetic enhancement of soybean (*Glycine max* L.) germplasm for adaptability and

productivity. SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 2023. 55(5): 1451–1462. DOI: <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.5.1>.

27. Redekar N. R., Clevinger E. M., Laskar M. A., Biyashev R. M., Ashfield T., Jensen R. V., Jeong S. C., Tolin S. A., Saghai Maroof M. A. Candidate gene sequence analyses toward identifying Rsv3-type resistance to soybean mosaic virus. *The Plant Genome*. 2016. Vol. 9(2): eplantgenome2015.09.0088. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.09.0088>.

28. Rosielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21 (6). P. 943–946.

29. Sichkar V., Orekhivskiy V., Bilyavskaya L., Kryvenko A., Solomonov R., Diyanova A. Use of soybean genetic resources to create highly adaptive varieties. *International Journal of Ecosystem and Ecology Science*. 2022. 12(1): 41–58. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.106>.

30. Upadhyay P., Thakur S., Nagre S. P., Anand K. J., Saraswat S., Mohare S. Review of soybean breeding for disease and insect resistance. *Frontiers in Crop Improvement*. 2022. Vol. 10: 541–548.

31. Valliyodan B., Nguyen H. Genetic diversity and genomic strategies for improving drought and waterlogging tolerance in soybeans. *Journal of Experimental Botany*. 2016. 67(11): 3013–3029. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw283>.

32. Vidal R. O., Miranda F. D., Ferreira J. R., et al. Progresses, challenges, and prospects of genome editing in soybean (*Glycine max*). *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11: 592582. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.592582>.

33. Yucel D., Mart D. Drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2014. Special Issue 1. P. 1299–1303.

34. Zhao C., Takeshima R., Zhu J., Xu M., Sato M., Watanabe S., Harada K. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean. *Breeding Science*. 2012. 61(5): 531–543. DOI: <https://doi.org/10.1270/jsbbs.61.531>.

Методичні рекомендації з використання нового вихідного матеріалу для селекції високопродуктивних, адаптованих до несприятливих чинників довкілля сортів сої з високою якістю насіння (методичні рекомендації); підгот.: П. В. Чернишенко, А. О. Василенко, О. М. Глибокий, Т. А. Шелякіна В. О. Шелякін, В. О. Скидан / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Х., 2025. 24 с.

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (протокол № 9 від 23.10.2025 р.)

Відповідальний за випуск – Глибокий О.М.

Комп'ютерний набір – Скидан В.О.

Комп'ютерна верстка – Чернишенко П.В.