

**ОЦІНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ СОЇ ЗА УРОЖАЙНІСТЮ ТА СТАБІЛЬНІСТЮ ПРОЯВУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАСІННЯ****П. В. Чернишенко, В. О. Скидан, О. М. Глибокий***Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, проспект Героїв Харкова, 142, м. Харків 61060, Україна*

**Актуальність.** В умовах глобальних кліматичних змін та зростання нестабільності гідротермічних умов вирощування важливим завданням селекції сої є створення високопродуктивних сортів, здатних стабільно формувати врожай та забезпечувати високі показники якості насіння. Соя є однією з провідних зернобобових культур світу завдяки високому вмісту білка та олії, що визначає її важливе значення для продовольчої, кормової та переробної галузей. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває оцінка селекційного матеріалу за показниками продуктивності, біохімічного складу насіння та адаптивності до мінливих умов середовища. **Мета дослідження** – визначити адаптивний потенціал селекційних номерів сої за показниками урожайності, вмісту білка та олії в насінні, а також за параметрами гомеостатичності (Нот) і індексу толерантності до стресу (STI). **Матеріали і методи.** Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на дослідних полях Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН у розсаднику конкурсного сортовипробування. Матеріалом були селекційні зразки сої різного походження. Урожайність визначали подільночно з подальшим перерахунком на стандартну вологість насіння. Вміст білка та олії визначали методом інфрачервоної спектроскопії за допомогою приладу «Інфралюм ФТ-10». Оцінку адаптивності генотипів проводили за показниками гомеостатичності (Нот) та індексу толерантності до стресу (STI). **Результати.** Встановлено значну диференціацію селекційних зразків за рівнем урожайності, вмісту білка та олії в насінні. Середня урожайність у досліді становила 1,69 т/га, при цьому найвищий показник сформував зразок Л 2-21 (1,77 т/га). Найбільш адаптивними за показниками гомеостатичності та індексу толерантності до стресу виявилися генотипи КСВ 35-19, КСВ 55-18 та КСВ 30-18. Середній вміст білка у насінні становив 40,6 %, а найвищу білковість зафіксовано у зразка Л 18-17 (41,7 %). Середній вміст олії становив 19,8 %, при цьому максимальний рівень (20,6 %) сформували зразки Л 720-21 та КСВ 30-18. **Висновки.** Виділено селекційні зразки сої з високим рівнем продуктивності та якості насіння. Найбільш перспективними для подальшої селекційної роботи визначено генотипи КСВ 35-19, КСВ 55-18, КСВ 30-18 та КСВ 33-19, які характеризуються поєднанням високої урожайності, вмісту білка і олії в насінні, адаптивності до абіотичних факторів середовища.

**Ключові слова:** соя, гомеостатичність, індекс толерантності до стресу, урожайність, білок, олія

**Вступ.** В умовах глобальних трансформацій клімату, росту населення і скорочення ресурсів необхідні різноманітні підходи для підтримання високого рівня продуктивності сільськогосподарських культур і вирішення проблеми продовольчої безпеки. Соя – багате джерело як олії, так і продовольчого білка [1–5].

Соя, як бобова культура, завдяки здатності накопичувати в насінні понад 40 % високоякісного білка стала однією з головних культур світового землеробства, поступаючись лише рису, пшениці та кукурудзі [6–9]. Крім повноцінного білка, соя багата на поліненасичені ліпіди, харчові волокна, ві-

таміни, макро- та мікроелементи, що дозволяє використовувати її як сировину для створення функціональних і лікувальних продуктів харчування [10–12].

У сировинних ресурсах світового виробництва рослинних олій соя посідає перше місце серед усіх культур олійної групи [13, 14]. Вміст олії в насінні сої становить 17–21 %, досягаючи у окремих генотипів 24–26 % [15–17]. Соева олія широко використовується у промисловості та харчуванні людини, для чого створюються високоолійні сорти сої, а також спеціалізовані сорти з модифікованим жирнокислотним складом олії [18, 19].

**Інформація про авторів:**

Надійшла:

10.03.2026

Прийнята :

24.04.2026

Опублікована:

26.05.2026

**Чернишенко Павло Володимирович**, канд. с.-г. наук, с. н. с., пров. наук. співр.,  
e-mail: chernko83@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1502-1790>

**Скидан Вадим Олександрович**, канд. с.-г. наук, с. н. с., пров. наук. співр.,  
<https://orcid.org/0000-0001-5592-2107>

**Глибокий Олександр Миколайович**, стар. наук. співр., доктор філософії,  
<https://orcid.org/0000-0001-7589-5708>



У світовому рейтингу основних виробників сої Україна є лідером в Європі та посідає восьме-десяте місце у світі, потіснивши при цьому країни Європейського Союзу [20, 21]. Галузь виробництва та переробки сої в Україні перебуває в стадії активного розвитку і з початку XXI століття стрімко формується галузевий соєвий комплекс, який має величезні перспективи і наслідки для економіки сільського господарства та держави взагалі.

Соя вважається посухостійкою рослиною завдяки ряду морфологічних пристосувань до умов посухи. Проте в онтогенезі сої виділяють декілька етапів надзвичайно чутливих до впливу нестачі вологи. Тому в умовах зростаючого дефіциту вологи необхідним є ретельне вивчення доступного генетичного матеріалу для його ефективного використання. [22].

Пріоритетним завданням селекції сої є підвищення адаптивного потенціалу у нових сортів за умов зростання досягнутого рівня потенційної врожайності та якості насіння [23]. Урожайність сої значно залежить від умов року вирощування, тому для виробництва найбільш цінними є сорти, які здатні максимально реалізувати потенціал свого генотипу в мінливих умовах вирощування. Стресостійкі сорти здатні забезпечувати високу врожайність та якість насіння за мінливих умов року. Селекційний матеріал при селекції сої до дії абіотичних факторів середовища повинен оцінюватись не лише за рівнем урожайності та біохімічним складом насіння, але й за показниками адаптивності [24, 25].

Метою досліджень було визначити адаптивний потенціал селекційних номерів сої за параметрами гомеостатичності (Ном) та індексу толерантності до стресу (STI), урожайності, вмісту білка і олії в насінні, а також джерела високих рівнів їх прояву.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. у лабораторії селекції зернобобових культур на полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Матеріалом для досліджень були селекційні номери розсадника конкурсного сорто випробування лабораторії.

Сою розміщали після стерньового попередника – ячменю ярого. Сівба здійснювалась селекційною сівалкою ССФК–7 при ста-

лому прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння (3–5 см) до 10–12 °С. Норма висіву 600 тис. схожих насінин на 1 га з шириною міжрядь 45 см, облікова площа ділянки – 25 м<sup>2</sup> у 3-разовому повторенні. Збирали врожай у фазі повної спілості насіння подільночно, зернозбиральним комбайном «Неге–125» з подальшим очищенням на насіннеочисній машині СМ–0,16 і перерахунком на стандартну вологість (14 %). Стандартом був ранньостиглий сорт Діона, який висівали через 20 номерів.

На основі даних урожайності, вмісту білка і олії в насінні було проведено розрахунок статистичних параметрів (показники гомеостатичності (Ном) та індекс толерантності до стресу (STI)).

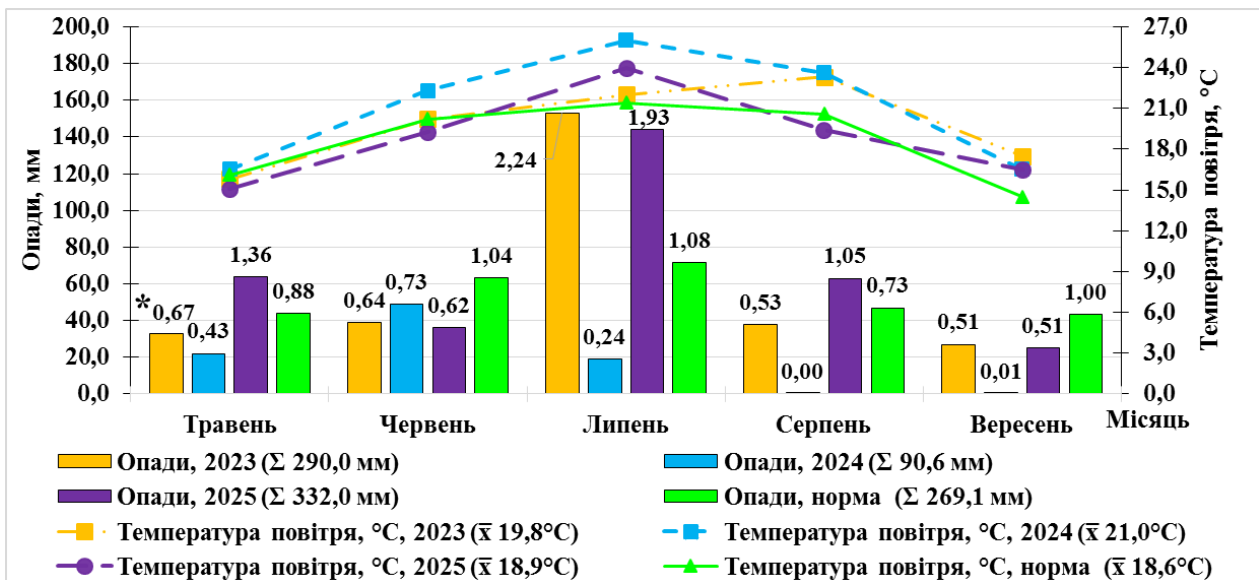
Для визначення рівня гомеостатичності (Ном) селекційних номерів сої використовували методу В. В. Хангільдіна [26].

Індекс толерантності до стресу (STI) визначали за методикою G.C.J. Fernandez [27], який широко використовується в селекції рослин для оцінки продуктивності генотипів як в оптимальних (Y<sub>p</sub>), так і в стресових (Y<sub>s</sub>) умовах. Індекс дозволяє ідентифікувати генотипи, що поєднують високу продуктивність зі стресостійкістю. Вищі значення STI вказують на більшу стійкість та стабільність досліджуваної ознаки, що робить цей індекс особливо цінним для скринінгу селекційного матеріалу до абіотичних факторів довкілля.

Вміст білка і олії в насінні визначали методом інфрачервоної спектроскопії за допомогою приладу «Інфралюм ФТ-10». Обробку результатів досліджень проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel 2007.

**Результати та обговорення.** Гідротермічні умови вегетаційного періоду сої упродовж 2023–2025 рр. істотно відрізнялися від середньобогаторічних даних за температурним режимом, кількістю опадів та гідротермічним коефіцієнтом (ГТК), що створювало різні агроекологічні середовища для росту і розвитку рослин (рис. 1).

Температурний режим у більшості місяців був вищим відносно кліматичної норми. Найбільш аномально жорсткими умовами характеризувався 2024 р., коли температура повітря у червні та липні становила від-



Примітка: \* – Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)

Рис 1. Динаміка щомісячних середньодобових температур повітря, кількості опадів і ГТК за роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною (нормою).

повідно 22,3 та 26,0 °C, що суттєво перевищувало середні багаторічні показники. У 2023 р. температура повітря була близькою до норми, тоді як 2025 р. відзначався дещо нижчими температурами у червні та серпні.

Розподіл опадів протягом вегетації сої характеризувався значною нерівномірністю. У 2023 році відзначено надлишкове зволоження у липні (153 мм при нормі 71,7 мм), тоді як у травні, червні та вересні кількість опадів була нижчою за середню багаторічну норму. Найбільш посушливим виявився 2024 р.: у липні, серпні та вересні випало лише 19,0 мм; 0,3 та 0,3 мм опадів відповідно, що створило дефіцит вологи у ґрунті. У 2025 р. опади розподілялися більш нерівномірно, зокрема у липні та серпні їх кількість становила 144 та 63 мм, що перевищувало кліматичну норму, відповідно на 72,3 і 16,1 мм. При цьому дощі були переважно у вигляді злив і непродуктивними, тобто за декілька діб випадала велика кількість опадів, які на фоні підвищених температур швидко випаровувалися.

Інтегральний показник вологозабезпечення (ГТК) свідчить про контрастність умов років досліджень. У 2024 р. ГТК у липні, серпні та вересні становив відповідно 0,24; 0,00 та 0,01, що відповідає умовам сильної посухи. У 2023 р. спостерігалися контрастні умови: дефіцит вологи на початку та наприкінці вегетації при надлишковому зволоженні у липні (ГТК 2,24). У 2025 р. значення

ГТК у липні (1,93) та серпні (1,93) свідчили про достатній рівень вологозабезпечення рослин сої.

Таким чином, погодні умови років досліджень суттєво відрізнялися за температурним режимом та рівнем зволоження, що створило контрастний агроекологічний фон для оцінки селекційного матеріалу сої. Виявлені відмінності погодних умов дозволяють об'єктивніше оцінити реакцію генотипів на зміну середовища та визначити найбільш адаптивні та стабільні за продуктивністю селекційні зразки.

Одним з основних показників господарської цінності сорту є його урожайність. У конкурсному сортовипробуванні було проведено оцінку селекційних зразків за показниками урожайності протягом 2023–2025 рр. (табл. 1). Отримані результати свідчать про наявність значної диференціації генотипів за рівнем продуктивності, що створює передумови для ефективного добору вихідного матеріалу на високу урожайність. Виділили 12 зразків сої із, середньою за роки досліджень, урожайністю в межах від 1,46 до 1,77 т/га за середнього рівня урожайності по вибірці 1,69 т/га. При цьому, відбувалося значне коливання середньої урожайності виділених зразків залежно від гідротермічних умов періоду вегетації у межах 0,95–2,62 т/га. Найвищу середню урожайність сформував селекційний зразок Л 2-21 – 1,77 т/га, що пере-

Таблиця 1. Найбільш урожайні селекційні зразки сої (конкурсне сортовипробування)

Назва зразка	Урожайність, т/га				Ном	STI (%)
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє		
Діона (St)	2,37	0,72	1,28	<b>1,46</b>	2,53	0,25
КСВ 15-18	2,55	1,02	1,44	<b>1,67</b>	3,53	0,38
КСВ 54-19	2,62	0,95	1,50	<b>1,69</b>	3,36	0,36
КСВ 17-19	2,70	0,87	1,42	<b>1,66</b>	2,95	0,34
КСВ 45-19	2,60	0,90	1,48	<b>1,66</b>	3,19	0,34
КСВ 55-18	2,66	1,05	1,55	<b>1,75</b>	3,73	0,41
Л 149	2,52	0,88	1,45	<b>1,62</b>	3,14	0,32
КСВ 35-19	2,58	1,08	1,58	<b>1,75</b>	3,99	0,41
КСВ 44-19	2,74	0,97	1,49	<b>1,73</b>	3,30	0,39
КСВ 30-18	2,66	1,00	1,57	<b>1,74</b>	3,60	0,39
КСВ 63-18	2,59	0,90	1,61	<b>1,70</b>	3,41	0,34
КСВ 65-18	2,69	0,98	1,52	<b>1,73</b>	3,42	0,38
Л 2-21	2,75	0,97	1,60	<b>1,77</b>	3,48	0,39
min	2,37	0,72	1,28	<b>1,46</b>	2,53	0,25
max	2,75	1,08	1,61	<b>1,77</b>	3,99	0,41
$\bar{x}$ в досліді	2,62	0,95	1,50	<b>1,69</b>	3,36	0,36
Медіана (med)	–	–	–	–	–	<b>0,38</b>
HP <sub>0,05</sub>	0,18	0,14	0,10	–	–	–

вищого сорту стандарту Діона (1,46 т/га) на 0,31 т/га. Високими показниками урожайності також характеризувалися зразки КСВ 55-18 (1,75 т/га), КСВ 35-19 (1,75 т/га), КСВ 30-18 (1,74 т/га), КСВ 44-19 (1,73 т/га) і КСВ 65-18 (1,73 т/га). Отримані дані свідчать про значний селекційний потенціал цих генотипів щодо формування високої продуктивності.

Аналіз урожайності за роками показав суттєвий вплив умов середовища на реалізацію продуктивності рослин. Найвищі рівні урожайності було отримано у 2023 р., коли середній показник по досліді становив 2,62 т/га. У 2024 р. спостерігалось різке зниження продуктивності – до 0,95 т/га, що було зумовлено менш сприятливими погодними умовами. У 2025 р. урожайність становила 1,50 т/га, однак залишалася нижчою порівняно з 2023 роком. Різниця між роками дослідження перевищувала 1,67 т/га, що підтверджує значний вплив агроекологічних факторів на формування врожайності насіння.

Оцінка реакції генотипів на контрастні умови років показала, що окремі зразки мають відносно високу стабільність продуктивності. Зокрема, у несприятливому 2024 р. найвищу урожайність сформували зразки КСВ 35-19 (1,08 т/га), КСВ 55-18 (1,05 т/га), КСВ 15-18 (1,02 т/га) та КСВ 30-18 (1,00 т/га). Водночас сорт-стандарт Діона мав найнижчий урожай – 0,72 т/га, що свідчить про ниж-

чий рівень адаптивності до несприятливих умов вирощування.

Для оцінки стійкості генотипів до стресових умов використовували індекс толерантності до стресу (STI), значення якого у зразків що досліджувалися варіювало в межах 0,25–0,41, при середньому 0,36. Найбільш стресостійкими виявилися генотипи, які перевищували медіанний рівень за STI (0,38) – КСВ 55-18 (STI = 0,41); КСВ 35-19 (STI = 0,41); КСВ 44-19 (STI = 0,39); КСВ 30-18 (STI = 0,39) та Л 2-21 (STI = 0,39), що свідчить про їх здатність забезпечувати високий рівень урожайності як у сприятливих, так і у стресових умовах.

Гомеостатичність (Ном) варіювала у межах від 2,53 до 3,99, при середньому рівні – 3,36. Найвищий рівень Ном встановлено у зразка КСВ 35-19 (Ном = 3,99), що свідчить про його високу вирівняність прояву урожайності за різних умов років. Також, високий рівень Ном відзначено у зразках КСВ 55-18 (Ном = 3,73); КСВ 30-18 (Ном = 3,60) та КСВ 15-18 (Ном = 3,53). Узагальнюючи отримані результати, слід зазначити, що поряд із максимальним рівнем урожайності важливим критерієм оцінки селекційного матеріалу є його адаптивність та стабільність формування продуктивності за різних умов середовища. За комплексом показників продуктивності та адаптивності найбільш перс-

пективними виявилися зразки КСВ 35-19, КСВ 55-18 та КСВ 30-18, які поєднували високий середній рівень урожайності з високими значеннями індексу толерантності до стресу (STI) та показника гомеостатичності (Ном).

За результатами конкурсного сортопробування проведено оцінку селекційних

зразків сої за показниками вмісту білка в насінні (табл. 2). Аналіз отриманих даних свідчить про значну диференціацію генотипів за рівнем прояву цієї ознаки, що створює передумови для ефективного добору вихідного матеріалу в селекції на підвищення вмісту білка в насінні.

**Таблиця 2. Найбільш високобілкові селекційні зразки сої (конкурсне сортопробування)**

Назва зразка	Вміст білка, %				CV (%)	Ном
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє		
Діона (St)	37,2	38,4	39,1	<b>38,2</b>	2,5	1521,3
Л 18-17	39,8	42,7	42,5	<b>41,7</b>	3,9	1071,9
Л 778-21	37,9	42,1	42,2	<b>40,7</b>	6,0	676,1
Л 732-23	38,1	41,7	40,8	<b>40,2</b>	4,7	862,6
Л 149	38,5	40,8	42,7	<b>40,7</b>	5,2	786,3
Л 721-23	38,0	40,6	44,8	<b>41,1</b>	8,3	493,1
Л 795-23	37,8	42,7	43,6	<b>41,4</b>	7,5	548,2
КСВ 30-18	39,4	39,9	42,0	<b>40,4</b>	3,4	1185,0
КСВ 33-19	38,8	40,4	44,1	<b>41,1</b>	6,6	621,4
КСВ 35-19	39,4	40,5	40,1	<b>40,0</b>	1,4	2873,7
КСВ 58-19	39,0	41,0	42,8	<b>40,9</b>	4,6	881,5
min	37,2	38,4	39,1	<b>38,2</b>	1,4	493,1
max	39,8	42,7	44,8	<b>41,7</b>	8,3	2873,7
$\bar{x}$ в досліді	38,5	41,0	42,2	<b>40,6</b>	4,9	1047,4
НІР <sub>0,05</sub>	0,85	1,25	1,10	–	–	–

Середній вміст білка у вибірці за роки досліджень становив 40,6 %, при цьому середні значення між генотипами варіювали в межах 38,2–41,7 %. Найвищий середній вміст білка отримано у зразка Л 18-17 – 41,7 %, що свідчить про його значний селекційний потенціал як джерела для підвищення білковості в насінні сої. Високі значення цієї ознаки також відмічено у зразках Л 795-23 (41,4 %); Л 721-23 (41,1 %) та КСВ 33-19 (41,1 %), які перевищували середній показник по досліді.

Аналіз динаміки досліджених зразків сої за роками показав чітку тенденцію до зростання вмісту білка в насінні. Середній показник по досліді у 2023 р. становив 38,5 %, у 2024 р. – 41,0 %, а у 2025 р. – 42,2 %. Різниця між роками досліджень становила 3,7 %, що свідчить про суттєвий вплив погодних умов і агроекологічних факторів на формування білковості насіння. Отримані результати підтверджують необхідність подальших досліджень для об'єктивної оцінки генотипів за цією ознакою.

Стабільність прояву білковості оцінювали за рівнем варіабельності (CV). У генотипів що досліджувались варіабельність змі-

нювалася в межах 1,4–8,3 % із середнім значенням – 4,9 %, це свідчить про різний рівень стабільності формування білковості за різних умов вирощування. Найвищу стабільність прояву ознаки відзначено у зразка КСВ 35-19, для якого рівень варіабельності становив лише 1,4 %, що свідчить про високу генетичну стабільність цієї ознаки. Порівняно стабільними також виявилися зразки КСВ 30-18 (CV = 3,4 %) та Л 18-17 (CV = 3,9 %). Натомість найбільша мінливість була у зразках Л 721-23 (CV = 8,3 %), Л 795-23 (CV = 7,5 %) та КСВ 33-19 (CV = 6,6 %), що свідчить про їх більшу залежність від умов вирощування.

Рівень гомеостатичності (Ном) варіював в межах 493,1–2873,7, за середнього значення 1047,4. Найвищий показник Ном встановлено у зразка КСВ 35-19 (Ном = 2873,7), що підтверджує його високу стабільність прояву ознаки. Високий рівень гомеостатичності також був у стандарті Діона (Ном = 1521,3) та у зразка КСВ 30-18 (Ном = 1185,0). Найнижчий показник Ном зафіксовано у зразка Л 721-23 (Ном = 493,1), що узгоджується з його високим рівнем варіабель-

ності та свідчить про значну мінливість білковості залежно від умов року.

Отже, результати дослідження показали, що поряд із рівнем білковості важливим критерієм оцінки селекційного матеріалу є стабільність прояву цієї ознаки. Поєднання високого середнього вмісту білка з низькою

мінливістю формує найбільшу селекційну цінність генотипів.

За результатами конкурсного сортопробування було проведено оцінку селекційних зразків сої за показниками вмісту олії в насінні (табл. 3).

Середній вміст олії у експерименталь-

**Таблиця 3. Найбільш високоолійні селекційні зразки сої (конкурсне сортопробування)**

Назва зразка	Вміст олії, %				CV (%)	Ном
	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє		
Діона (St)	19,1	18,7	17,6	<b>18,5</b>	4,2	439,0
Л 18-17	20,1	19,4	18,5	<b>19,3</b>	4,1	466,0
Л 705-19	20,9	20,1	19,2	<b>20,1</b>	4,2	473,5
Л 732-23	20,5	20,4	19,0	<b>20,0</b>	4,2	475,4
Л 743-21	21,3	19,8	18,7	<b>19,9</b>	6,5	304,4
Л 720-21	21,7	20,6	19,5	<b>20,6</b>	5,3	385,8
Л 790-23	20,1	20,5	18,2	<b>19,6</b>	6,3	312,6
Л 735-21	21,4	19,9	19,4	<b>20,2</b>	5,1	393,3
Л 741-23	19,5	19,8	18,5	<b>19,3</b>	3,5	545,3
КСВ 16-17	20,3	20,4	19,0	<b>19,9</b>	3,9	507,0
КСВ 35-19	20,7	20,0	18,9	<b>19,9</b>	4,6	435,0
КСВ 30-18	21,0	20,8	19,9	<b>20,6</b>	2,8	721,9
min	19,1	18,7	17,6	<b>18,5</b>	2,8	304,4
max	21,7	20,8	19,9	<b>20,6</b>	6,5	721,9
$\bar{x}$ в досліді	20,6	20,0	18,9	<b>19,8</b>	4,6	454,9
HP <sub>0,05</sub>	0,75	0,55	0,60	–	–	–

ній виборці за роки досліджень становив 19,8 %, при цьому варіація середніх значень між генотипами перебувала в межах від 18,5 до 20,6 %. Найвищий середній рівень олійності зафіксовано у селекційних зразках Л 720-21 та КСВ 30-18, які забезпечили 20,6 % олії в насінні. Дещо нижчі значення за цією ознакою спостерігалися у зразках Л 735-21 (20,2 %) та Л 705-19 (20,1 %). Сорт-стандарт Діона мав найнижчий середній показник олійності (18,5 %), що свідчить про перевагу більшості досліджених селекційних зразків над стандартом за цією ознакою.

Аналіз динних за роками досліджень показав, що рівень олійності значною мірою залежав від умов року вирощування. Так, середній показник по досліді у 2023 р. становив 20,6 %, у 2024 р. – 20,0 %, тоді як у 2025 р. він знизився до 18,9 %. Таким чином, між роками спостерігалось зменшення середнього вмісту олії на 1,7 %, що підтверджує значний вплив погодних умов на формування цієї ознаки.

Оцінка стабільності прояву ознаки показала, що рівень варіабельності (CV) у генотипів що досліджувалися коливався в ме-

жах 2,8–6,5 % за середнього значення 4,6 %. Найвищу стабільність вмісту олії в насінні відзначено у зразка КСВ 30-18, для якого рівень варіабельності становив лише 2,8 %, що свідчить про високу генетичну стабільність формування олійності за різних умов вирощування. Відносно стабільними також виявилися зразки Л 741-23 (CV = 3,5 %) та КСВ 16-17 (CV = 3,9 %).

Найбільшу мінливість ознаки була у зразках Л 743-21 (CV = 6,5%), Л 790-23 (CV = 6,3 %) та Л 720-21 (CV = 5,3 %), що свідчить про їхню більшу залежність від умов середовища.

Гомеостатичність (Ном) варіювала в межах 304,4–721,9, за середнього значення 454,9. Найвищий рівень гомеостатичності був у зразка КСВ 30-18 (Ном = 721,9), що підтверджує його високу стабільність прояву ознаки. Натомість, найнижче значення цього показника відзначено у зразка Л 743-21 (Ном = 304,4), що корелює з підвищеним рівнем варіабельності.

Узагальнюючи отримані результати, слід відзначити, що серед досліджених генотипів найбільш перспективним за комплек-

сом показників виявився зразок КСВ 30-18, який поєднував найбільший середній вміст олії (20,6 %) з найменшою мінливістю ознаки (CV = 2,8 %) та найвищим рівнем гомеостатичності (Ном 721,9). Це свідчить про високу адаптивність і стабільність реалізації

генетичного потенціалу цього зразка.

Упродовж 2023–2025 рр. було досліджено селекційні зразки за урожайністю, вмістом білка і олії в насінні, а також валового збору з одиниці площі (табл. 4).

Аналіз отриманих даних свідчить, що

**Таблиця 4. Селекційні зразки сої із високим сумарним вмістом в насінні білка і олії (конкурсне сортовипробування, 2023–2025 рр.)**

Селекційний зразок	Урожайність, т/га	Вміст в насінні, %			Валовий збір, т/га		
		білок	олія	разом	білок	олія	разом
Л 721-23	1,75	41,1	19,5	<b>60,6</b>	0,719	0,341	<b>1,061</b>
Л 778-21	1,69	40,7	19,6	<b>60,3</b>	0,688	0,331	<b>1,019</b>
Л 18-17	1,65	41,7	19,3	<b>61,0</b>	0,688	0,318	<b>1,007</b>
Л 732-23	1,71	40,2	20,0	<b>60,2</b>	0,687	0,342	<b>1,029</b>
Л 795-23	1,68	41,4	20,5	<b>61,9</b>	0,696	0,344	<b>1,040</b>
КСВ 23-17	1,80	40,5	19,1	<b>59,6</b>	0,729	0,344	<b>1,073</b>
Л 2-21	1,77	40,7	18,9	<b>59,6</b>	0,720	0,335	<b>1,055</b>
КСВ 35-19	1,75	40,0	19,9	<b>59,9</b>	0,700	0,348	<b>1,048</b>
КСВ 17-19	1,66	41,5	19,4	<b>60,9</b>	0,689	0,322	<b>1,011</b>
КСВ 30-18	1,74	40,4	20,6	<b>61,0</b>	0,703	0,358	<b>1,061</b>
КСВ 33-19	1,81	41,1	20,8	<b>61,9</b>	0,744	0,376	<b>1,120</b>
min	1,65	40,0	18,9	<b>59,6</b>	0,687	0,318	<b>1,007</b>
max	1,81	41,7	20,8	<b>61,9</b>	0,744	0,376	<b>1,120</b>
$\bar{x}$ в досліді	1,73	40,8	19,8	<b>60,6</b>	0,706	0,342	<b>1,048</b>

урожайність досліджених генотипів варіювала у межах 1,65–1,81 т/га, за середнього значення 1,73 т/га. Найвищу урожайність сформував селекційний зразок КСВ 33-19 (1,81 т/га), тоді як мінімальну відмічено у зразка Л 18-17 (1,65 т/га).

Вміст білка в насінні досліджених генотипів коливався у межах 40,0–41,7 %, середнє значення становило 40,8%. Найвищий показник білковості був у зразка Л 18-17 (41,7 %).

Вміст олії в насінні варіював у межах – 18,9–20,8 %, за середнього значення 19,8%. Максимальна олійність була у зразка КСВ 33-19 (20,8 %), який також мав найвищу урожайність серед генотипів що досліджувалися.

Сумарний вміст білка та олії в насінні змінювався від 59,6 до 61,9 %, середнє значення становило 60,6 %. Найвищий рівень цієї ознаки був у зразках Л 795-23 (61,9 %) та КСВ 33-19 (61,9 %), що свідчить про їх високий біохімічний потенціал.

Валовий збір білка з одиниці площі коливався від 0,688 до 0,744 т/га, за середнього

значення 0,706 т/га. Максимальний показник сформував зразок КСВ 33-19, що зумовлено поєднанням високої урожайності та значного вмісту білка в насінні.

Валовий збір олії становив 0,312–0,376 т/га, середнє значення дорівнювало 0,342 т/га. Найвищий вихід олії також забезпечив зразок КСВ 33-19, який перевищував середній показник досліді на 10 %.

Сумарний валовий збір білка та олії з гектара змінювався у межах 1,007–1,120 т/га, за середнього значення 1,048 т/га. Найвищий показник отримано у зразка КСВ 33-19 (1,120 т/га), який перевищував середнє значення по досліді на 6,9 %.

Отримані результати свідчать, що кінцевий вихід білка і олії з одиниці площі значною мірою визначається рівнем урожайності. Взагалі найбільш перспективним серед генотипів що досліджувалися виявився зразок КСВ 33-19, який поєднував високу урожайність, підвищений вміст олії та максимальний сумарний вихід білка і олії з одиниці площі.

**Висновки.** Встановлено значну дифе-

ренціацію селекційних зразків сої за рівнем урожайності. Найвищу урожайність сформував зразок Л 2-21 (1,77 т/га). За показниками адаптивності та стабільності урожайності виділилися зразки КСВ 35-19, КСВ 55-18 та КСВ 30-18, які мали високі значення індексу толерантності до стресу ( $STI = 0,39-0,41$ ) і гомеостатичності ( $Hom = 3,60-3,99$ ).

Найвищий рівень білковості встановлено у зразка Л 18-17 (41,7 %), тоді як найвищою стабільністю прояву ознаки характе-

ризувався КСВ 35-19 ( $CV = 1,4$  %). При цьому, найвищу олійність отримали у зразків Л 720-21 (20,6 %) та КСВ 30-18 (20,6 %), а зразок КСВ 30-18 відзначився найвищою стабільністю прояву цієї ознаки ( $CV = 2,8$  %).

Найбільш перспективним за комплексом цінних господарських ознак (урожайність, вміст білка і олії та їх валовий збір) виявився зразок КСВ 33-19, який забезпечив найвищу урожайність (1,81 т/га) і максимальний сумарний вихід білка та олії (1,120 т/га).

### Використана література

1. Potapova N.A., Zorkoltseva I.V., Zlobin A.S., Shcherban A.B., Fedyayeva A.V., Salina E.A., Svishcheva G.R., Aksenovich T.I., Tsepilov Y.A. Genome-wide association study on imputed genotypes of 180 Eurasian soybean (*Glycine max*) varieties for oil and protein contents in seeds. *Plants*. 2025. Vol. 14, No. 2. 255. <https://doi.org/10.3390/plants14020255>.
2. Qingchi S., Weiliang M., Xunan Z., Xuelai Z., Xiaoyu C., Li Z., Jianchun Q., Zhenming Y., Zecheng Z. Balancing act: progress and prospects in breeding soybean varieties with high oil and seed protein content. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. 1560845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1560845>.
3. Vuong T.D., Florez-Palacios L., Mozzoni L., Clubb M., Quigley C., Song Q., Kadam S., Yuan Y., Chan T.F., Mian M.A.R., Guyen H.N. Genomic analysis and characterization of new loci associated with seed protein and oil content in soybeans. *Plant Genome*. 2025. Vol. 16, No. 4. e20400. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20400>.
4. Li S., Xu H., Yang J., Zhao T. Dissecting the genetic architecture of seed protein and oil content in soybean from the Yangtze and Huaihe river valleys using multi-locus genome-wide association studies. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20, No. 12. 3041. <https://doi.org/10.3390/ijms20123041>.
5. Song H., Taylor D.C., Zhang M. Bioengineering of soybean oil and its impact on agronomic traits. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, No. 3. 2256. <https://doi.org/10.3390/ijms24032256>.
6. Li X., Wang P., Zhang K., Liu S., Qi Z., Fang Y., Wang Y., Tian X., Song J., Wang J., Yang C., Sun X., Tian Z., Li W.-X., Ning H. Fine mapping QTL and mining genes for protein content in soybean by the combination of linkage and association analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. Vol. 134, No. 4. P. 1095–1122. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03756-0>.
7. Shi D., Hang J., Neufeld J., Zhao S., House J.D. Effects of genotype, environment and their interaction on protein and amino acid contents in soybeans. *Plant Science*. 2023. Vol. 337. 111891. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111891>.
8. Singh R.J., Hymowitz T. Soybean genetic resources and crop improvement. *Genome*. 1999. Vol. 42. P. 605–616. <https://doi.org/10.1139/g99-039>.
9. Cahoon E.B. Genetic enhancement of soybean oil for industrial uses: prospects and challenges. *AgBioForum*. 2003. Vol. 6. P. 11–13.
10. Fehr W.R., Welke G.A., Hammond E.G., Duvick D.N., Cianzio S.R. Inheritance of reduced palmitic acid content in seed oil of soybean. *Crop Science*. 1991. Vol. 31. P. 88–89. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100010022x>.
11. Duan Z., Xu L., Zhou G., Zhu Z., Wang X., Shen Y., Ma X., Tian Z., Fang C. Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding. *Journal of Genetics and Genomics*. 2025. Vol. 52, No. 11. P. 1337–1346. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2025.02.004>.
12. Gao Y., Tang P., Tang X., Wang D., Luo J., Wu J. Analysis on research situation of soybean quality evaluation based on bibliometrics. *Big Data*. 2025. Vol. 13, No. 6. P. 487–496. <https://doi.org/10.1177/2167647X251399053>.
13. Clevinger E.M., Biyashev R., Haak D., Song Q., Pilot G., Saghai-Marooof M.A. Identification of quantitative trait loci controlling soybean seed protein and oil content. *PLOS One*. 2023. Vol. 18, No. 6. e0286329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286329>.
14. Gao W., Ma R., Li X., Liu J., Jiang A., Tan P., Xiong G., Du C., Zhang J., Zhang X., Fang X., Yi Z., Zhang J. Construction of genetic map and QTL mapping for seed size and quality traits in soybean (*Glycine max* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, No. 5. 2857. <https://doi.org/10.3390/ijms25052857>.
15. Wijewardana C., Reddy K.R., Bellaloui N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 278. P. 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>.
16. Zhang F., Gao X., Zhang J., Liu B., Zhang H., Xue J., Li R. Seed-specific expression of heterologous gene DGAT1 increases soybean seed oil content and nutritional quality. *Chinese Journal of Biotechnology*. 2018. Vol. 34, No. 9. P. 1478–1490. <https://doi.org/10.13345/j.cjb.180236>.
17. Attia Z., Pogoda C.S., Reinert S., Kane N.C., Hulke B.S. Breeding for sustainable oilseed crop yield and quality in a changing climate. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. Vol. 134, No. 6. P. 1817–1827. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03770-w>.
18. Singer W.M., Lee Y.-C., Shea Z., Vieira C.C., Lee D., Li X., Cunicelli M., Kadam S.S., Khan M.W., Shannon G., Mian R., Nguyen H.T., Zhang B. Soybean genetics, genomics, and breeding for improving nutritional value and reducing antinutritional traits in

- food and feed. *The Plant Genome*. 2023. Vol. 16, No. 4. e20415. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20415>.
19. Zhang C., Shao Z., Kong Y., Du H., Li W., Yang Z., Li X., Ke H., Sun Z., Shao J., Chen S., Zhang H., Chu J., Xing X., Tian R., Qin N., Li J., Huang M., Sun Y., Huo X., Meng C., Wang G., Liu Y., Ma Z., Tian S., Li X. High-quality genome of a modern soybean cultivar and resequencing of 547 accessions provide insights into the role of structural variation. *Nature Genetics*. 2024. Vol. 56, No. 10. P. 2247–2258. <https://doi.org/10.1038/s41588-024-01901-9>.
  20. Han Q., Zhu G., Qiu H., Li M., Zhang J., Wu X., Xiao R., Zhang Y., Yang W., Tian B., Xu L., Zhou J., Li Y., Wang Y., Bai Y., Li X. Quality traits drive the enrichment of *Massilia* in the rhizosphere to improve soybean oil content. *Microbiome*. 2024. Vol. 12, No. 1. 224. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01933-7>.
  21. Luthria D.L., John K.M. Maria., Marupaka R., Natarajan S. Recent update on methodologies for extraction and analysis of soybean seed proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98, No. 15. P. 5572–5580. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9235>.
  22. Miao L., Yang S., Zhang K., He J., Wu C., Ren Y., Gai J., Li Y. Natural variation and selection in *GmSWEET39* affect soybean seed oil content. *New Phytologist*. 2020. Vol. 225, No. 4. P. 1651–1666. <https://doi.org/10.1111/nph.16250>.
  23. Hartwig E.E., Kilen T.C. Yield and composition of soybean seed from parents with different protein, similar yield. *Crop Science*. 1991. Vol. 31. P. 290–292. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100020011x>.
  24. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Святченко С.І., Садовой О.О., Тесля Т.О. Вплив гідротермічних чинників довкілля на урожайність і біохімічний склад насіння сої. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 93–102. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172785>.
  25. Іванюк С. В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 34–40.
  26. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. Одесса, 1981. № 1 (39). С. 8–14.
  27. Fernandez G.C.J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Shanhua, Taiwan, 1992. P. 257–270.

## References

1. Potapova, N.A. et al. (2025). Genome-wide association study on imputed genotypes of 180 Eurasian soybean *Glycine max* varieties for oil and protein contents in seeds. *Plants*, 14 (2), 255. <https://doi.org/10.3390/plants14020255>
2. Qingchi, S. et al. (2025). Balancing act: progress and prospects in breeding soybean varieties with high oil and seed protein content. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1560845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1560845>
3. Vuong, T.D. et al. (2025). Genomic analysis and characterization of new loci associated with seed protein and oil content in soybeans. *Plant Genome*, 16 (4), e20400. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20400>
4. Li, S. et al. (2019). Dissecting the genetic architecture of seed protein and oil content in soybean from the Yangtze and Huaihe river valleys using multi-locus genome-wide association studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (12), 3041. <https://doi.org/10.3390/ijms20123041>
5. Song, H. et al. (2023). Bioengineering of soybean oil and its impact on agronomic traits. *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (3), 2256. <https://doi.org/10.3390/ijms24032256>
6. Li, X. et al. (2021). Fine mapping QTL and mining genes for protein content in soybean by the combination of linkage and association analysis. *Theoretical and Applied Genetics*, 134 (4), 1095–1122. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03756-0>
7. Shi, D. et al. (2023). Effects of genotype, environment and their interaction on protein and amino acid contents in soybeans. *Plant Science*, 337, 111891. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111891>
8. Singh, R.J., & Hymowitz, T. (1999). Soybean genetic resources and crop improvement. *Genome*, 42, 605–616. <https://doi.org/10.1139/g99-039>
9. Cahoon, E.B. (2003). Genetic enhancement of soybean oil for industrial uses: prospects and challenges. *AgBioForum*, 6, 11–13.
10. Fehr, W.R. et al. (1991). Inheritance of reduced palmitic acid content in seed oil of soybean. *Crop Science*, 31, 88–89. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100010022x>
11. Duan, Z. et al. (2025). Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding. *Journal of Genetics and Genomics*, 52 (11), 1337–1346. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2025.02.004>
12. Gao, Y. et al. (2025). Analysis on research situation of soybean quality evaluation based on bibliometrics. *Big Data*, 13 (6), 487–496. <https://doi.org/10.1177/2167647X251399053>
13. Clevinger, E.M. et al. (2023). Identification of quantitative trait loci controlling soybean seed protein and oil content. *PLOS One*, 18 (6), e0286329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286329>
14. Gao, W. et al. (2024). Construction of genetic map and QTL mapping for seed size and quality traits in soybean (*Glycine max* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 25 (5), 2857. <https://doi.org/10.3390/ijms25052857>
15. Wijewardana, C. et al. (2019). Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. *Food Chemistry*, 278, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>
16. Zhang, F. et al. (2018). Seed-specific expression of heterologous gene *DGAT1* increases soybean seed oil content and nutritional quality. *Chinese Journal of Biotechnology*, 34 (9), 1478–1490. <https://doi.org/10.13345/j.cjb.180236>

17. Attia, Z. et al. (2021). Breeding for sustainable oilseed crop yield and quality in a changing climate. *Theoretical and Applied Genetics*, 134 (6), 1817–1827. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03770-w>
18. Singer, W.M. et al. (2023). Soybean genetics, genomics, and breeding for improving nutritional value and reducing antinutritional traits in food and feed. *The Plant Genome*, 16 (4), e20415. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20415>
19. Zhang, C. et al. (2024). High-quality genome of a modern soybean cultivar and resequencing of 547 accessions provide insights into the role of structural variation. *Nature Genetics*, 56 (10), 2247–2258. <https://doi.org/10.1038/s41588-024-01901-9>
20. Han, Q. et al. (2024). Quality traits drive the enrichment of Massilia in the rhizosphere to improve soybean oil content. *Microbiome*, 12 (1), 224. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01933-7>
21. Luthria, D.L. et al. (2018). Recent update on methodologies for extraction and analysis of soybean seed proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (15), 5572–5580. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9235>
22. Miao, L. et al. (2020). Natural variation and selection in GmSWEET39 affect soybean seed oil content. *New Phytologist*, 225 (4), 1651–1666. <https://doi.org/10.1111/nph.16250>
23. Hartwig, E.E., & Kilen, T.C. (1991). Yield and composition of soybean seed from parents with different protein, similar yield. *Crop Science*, 31, 290–292. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X00310020011x>
24. Riabukha, S.S. et al. (2019). The influence of hydrothermal environmental factors on the yield and chemical composition of soybean seeds. *Plant Breeding and Seed Production*, 115, 93–102. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172785>
25. Ivaniuk S.V. (2012). Formation of soybean varietal resources in accordance with the bioclimatic potential of the growing region. *Feed and Feed Production*, 71, 34–40.
26. Khangildin, V.V. (1981). Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties. *Scientific and Technical Bulletin*, Odessa, 39, 8–14.
27. Fernandez, G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress* (Aug. 13–16, Shanhuai, Taiwan, 257–270.

UDC 633.34:631.527:631.559:581.19

**Chernyshenko, P. V., Skydan, V. O., Hlubokyi, O. M. Assessment of the adaptive potential of soybean breeding material in terms of yield and stability of seed quality characteristics.**

*Grain Crops*. 2026. 10 (1). 52–61.

*Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, 142 Heroiv Kharkova Ave., Kharkiv 61060, Ukraine*

**Topicality.** Given global climate changes and growing instability in hydrothermal conditions for crop cultivation, a key objective of soybean breeding is to develop high-yielding varieties with stable yields and high seed quality characteristics. Soybeans are one of the world's leading grain legumes. This is a result of their high protein and oil content, which contributes to their importance for the food, feed and processing industries. Consequently, the assessment of breeding material based on productivity indicators, seed biochemical composition and adaptability to changing environmental conditions is of significant relevance.

**Purpose.** To determine the adaptive potential of soybean breeding lines based on yield, seed protein and oil content, as well as homeostaticity (Hom) and stress tolerance index (STI) parameters. **Materials and Methods.**

The studies were carried out at the experimental fields of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS in the competitive variety testing nursery in 2023–2025. Soybean breeding samples of various origins were used as the test material. Yield was determined in separate plots with subsequent recalculation to standard seed moisture content. Protein and oil content were determined by infrared spectroscopy using the InfraLUM FT-10 spectrometer. The adaptability of genotypes was assessed based on indicators of homeostaticity (Hom) and the stress tolerance index (STI). **Results.** Significant differentiation of breeding samples was revealed in terms of yield and seed protein and oil content. In the experiment, the average yield was 1.69 t/ha, with the highest yield (1.77 t/ha) recorded for sample L 2-21. The genotypes KSV 35-19, KSV 55-18 and KSV 30-18 showed the highest adaptability in terms of homeostaticity and stress tolerance index. The average protein content in the seeds was 40.6 %, with the highest protein content (41.7 %) recorded in sample L 18-17. The average oil content was 19.8 %, with the highest level (20.6 %) recorded in samples L 720-21 and KSV 30-18. **Conclusions.** Soybean breeding samples with high productivity and seed quality were identified. The most promising genotypes for further breeding were KSV 35-19, KSV 55-18, KSV 30-18 and KSV 33-19, which are characterised by a combination of high yield, protein and oil content in the seeds, and adaptability to abiotic environmental factors.

**Keywords:** soybean, homeostaticity, stress tolerance index, yield, protein content, oil content, yield, protein content, oil content.