

Изучение исходного материала сои на гомеостатичность по качественному составу семян

Е. С. БУТОВЕЦ, Л. М. ЛУКЬЯНЧУК, С. А. ЗВЯГИНЦЕВА

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, 692539, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью оценки коллекционных образцов сои по хозяйственно ценным признакам и анализа показателей гомеостатичности по качественным показателям семян для использования лучших генотипов в селекционном процессе. Работу выполняли в 2021–2025 гг. в Приморском крае на лугово-бурой отбеленной почве тяжелого механического состава при варьировании условий от засухи (2021 г.) до избыточного увлажнения (2022–2024 гг.). Материалом для исследования служили 15 образцов сои различного происхождения. На этапе первичной оценки их сравнивали со стандартом Приморская 4, который использовали для отбора наиболее перспективных генотипов. Урожайность образцов сои с крупными семенами (масса 1000 семян более 190 г) СК Виола, Бриз и Иван Караманов была выше, чем у стандарта (198,6 г/м²), на 50,5...75,0 %. Наибольшее содержание белка в семенах отмечено у образцов сои Намуль (41,8 %, коэффициент вариации за годы исследований V=9,1 %), Gallec (41,2 %, V=5,5 %), Журавушка (40,9 %, V=7,8 %), Таболинская 116 (40,8 %, V=8,7 %), Бриз (40,5 %, V=8,6 %); масла – Скеля (24,7 %, V=6,7 %), НС Атлас (24,4 %, V=5,9 %), Иван Караманов (24,1 %, V=6,5 %). Высокой гомеостатичностью по содержанию белка в семенах отличались образцы D 402-НН 51 (Hom=243,0) и Gallec (Hom=168,0). По показателю «содержание масла в семенах» все изучаемые генотипы характеризовались высоким уровнем стрессоустойчивости ($X_{\min}-X_{\max}$), наибольшая гомеостатичность отмечена у образцов Журавушка (Hom=218,5) и Бриз (Hom=164,4). Выявленные генотипы сои с высоким уровнем урожайности, белка и масла в семенах, высокой гомеостатичностью по качественным показателям семян будут использоваться в дальнейшей селекции.

Ключевые слова: соя, сорт, коллекция, гомеостатичность, период вегетации, содержание белка и масла.

Сведения об авторах: Е. С. Бутовец, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: otelsoy@mail.ru); Л. М. Лукьянчук, научный сотрудник; С. А. Звягинцева, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М., Звягинцева С. А. Изучение исходного материала сои на гомеостатичность по качественному составу семян // Достижения науки и техники АПК. 2026. Т. 40. № 3. С. 31–36. doi: 10.53859/02352451_2026_40_3_31.

Study of soybean source material for homeostaticity based on the qualitative seed composition

E. S. Butovets, L. M. Luk'yanchuk, S. A. Zvyagintseva

Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Far East, ul. Volozhenina, 30, pos. Timiryazevskii, Ussuriisk, Primorskii krai, 692539, Russian Federation

Abstract. The study aimed to evaluate collection soybean accessions for economically valuable traits and analyse homeostatic indicators for seed quality indicators to use the best genotypes in the breeding process. The work was carried out from 2021 to 2025 in Primorsky Krai on meadow-brown bleached soil of heavy mechanical composition under conditions varying from drought (2021) to excess moisture (2022–2024). Fifteen soybean accessions of various origins served as the study material. During the initial evaluation, they were compared with the Primorskaya 4 standard, which was used to select the most promising genotypes. The yield of soybean accessions with large seeds (thousand grain weight over 190 g) SK Viola, Briz, and Ivan Karamanov was 50.5–75.0% higher than that of the standard (198.6 g/m²). The highest protein content in seeds was observed in the following soybean samples: Namul (41.8%, variation coefficient over the years of research V=9.1%), Gallec (41.2%, V=5.5%), Zhuravushka (40.9%, V=7.8%), Tabolinskaya 116 (40.8%, V=8.7%), Briz (40.5%, V=8.6%); oils – Skelya (24.7%, V=6.7%), NS Atlas (24.4%, V=5.9%), Ivan Karamanov (24.1%, V=6.5%). Samples D 402-HH 51 (Hom=243.0) and Gallec (Hom=168.0) were distinguished by high homeostaticity in terms of protein content in seeds. In terms of seed oil content, all studied genotypes demonstrated high levels of stress tolerance ($X_{\min}-X_{\max}$), with the highest homeostasis observed in the Zhuravushka (Hom=218.5) and Briz (Hom=164.4) varieties. The identified soybean genotypes with high yield, protein, and seed oil content, as well as high homeostasis for seed quality parameters, will be used in further breeding.

Keywords: soybean; variety; collection; homeostasis; growing season; protein and oil content.

Author Details: E. S. Butovets, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: otelsoy@mail.ru); L. M. Luk'yanchuk, research fellow; S. A. Zvyagintseva, junior research fellow.

For citation: Butovets ES, Luk'yanchuk LM, Zvyagintseva SA. [Study on the homeostatic stability of soybean material based on the qualitative composition of seeds]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2026;40(3):31–36. Russian. doi: 10.53859/02352451_2026_40_3_31.

Возделывание сои охватывает различные континенты с разнообразными природно-климатическими зонами, зачастую с контрастным и нестабильным климатическим режимом в период вегетации [1, 2]. Существенный интерес пищевой промышленности к высококачественному растительному сырью способствует развитию селекционных программ на создание сортов сои, обладающих набором адаптационных характеристик и технологических преимуществ. Ключевое значение в этом процессе играет успешный выбор генетических источников высокой урожайности, качества семян и устойчивости к болезням, способных противостоять неблагоприятным природным факторам.

Классическая селекция использует гибридизацию для передачи генетической информации и успех зависит от правильного подбора родительских форм. Стабильно высокий уровень качества семян служит ключевым показателем, а способность генотипа сохранять стабильность признака в разнообразных экологических условиях носит название гомеостаз или гомеостатичность [3].

В ФГБНУ «Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» создана рабочая коллекция сои, которая служит основным источником родительских форм в селекционном процессе. Исследование генофонда на гомеостатичность показателей качества зерна сои представляет акту-

альную задачу, направленную на повышение эффективности селекционной работы в условиях контрастного климата Приморского края.

Цель исследования – оценка коллекционных образцов сои по хозяйственным признакам и гомеостатичности качества семян для использования в селекционном процессе.

Условия, материалы и методы. Работу проводили в 2021–2025 гг. на полях лаборатории селекции сои ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», расположенных вблизи г. Уссурийск (Приморский край).

Погодные условия в годы исследований (2021–2025 гг.) характеризовались контрастностью. По данным агрометеорологической станции «Тимирязевский» (ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»), погодные условия 2021 г. отличались от среднесезонных показателей, характеризуясь высоким температурным режимом и продолжительными периодами дефицита атмосферных осадков. В июне–сентябре сумма осадков составила на 2,3...54,7 мм ниже нормы, минимальные значения отмечены во второй декаде августа (3,8 мм при норме 43,0 мм) и первой декаде сентября (2,4 мм при норме 41,0 мм). Комбинация повышенных температур и дефицита осадков в период с третьей декады июня до второй декады августа оказала негативное влияние на процесс развития сои, проявившееся в формировании низкорослых растений и снижении процента завязывания бобов, что, в свою очередь, привело к уменьшению урожайности культуры.

Период 2022–2024 гг. характеризовался избыточным увлажнением и повышенными температурами, что обеспечило интенсивный рост и формирование продуктивных завязей. В 2022 г. с июня по сентябрь количество осадков превышало среднесезонные значения на 24,7...101,0 мм в месяц. Наибольшее количество осадков наблюдали в третьей декаде июня – 78,8 мм (при среднесезонном значении 25,0 мм), во второй декаде июля – 163,4 мм (при среднесезонном значении 38,0 мм) и в третьей декаде августа – 81,7 мм (при среднесезонном значении 45,0 мм).

В 2023 г. с июня по август сумма осадков превышала среднесезонные значения на 34,5...336,7 мм за месяц. Особенно интенсивные осадки были зафиксированы в первой и третьей декадах июня (76,3 и 89,6 мм соответственно, при среднесезонном значении 25,0 мм); в первой декаде июля выпало 96,4 мм осадков (при среднесезонном значении 31,0 мм); весь август – 115,6...220,5 мм (при среднесезонных значениях 31,0...48,0 мм). Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации сои превышали климатическую норму на 1,4...2,3 °C.

В 2024 г. наибольшее количество осадков зафиксировано в июне (136,9 мм, при среднесезонном значении 74,0 мм) и третьей декаде июля (111,0 мм, при среднесезонном значении 44,0 мм). Среднемесячная температура воздуха в период активной вегетации сои превышала среднесезонные показатели на 0,2...1,9 °C.

Количество осадков 2025 г. с июля по сентябрь было ниже среднесезонного количества на 18,0...38,2 мм за месяц. Из-за эпизодичного выпадения осадков в определенные декады месяцев растения сои не испытывали резкого дефицита влаги. Среднемесячная температура воздуха за период вегетации сои превышала среднесезонные значения на 0,7...6,2 °C.

Почва экспериментального участка – лугово-бурная отбеленная с тяжелым механическим составом. Агрохимическая характеристика пахотного слоя участка следующая: pH солевой вытяжки – 5,4 ед. (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – 3,26 мг-экв/кг почвы, N легкогидролизуемый – 70,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58596-2019), P₂O₅ – 69,0 мг/кг почвы и K₂O – 84,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), органическое вещество – 3,0 % (ГОСТ 2623-91).

Образцы коллекционного питомника сои сравнивали со стандартом Приморская 4. Стандартный сорт использовали на этапе первичной оценки коллекции (370 образцов) для отбора наиболее перспективных генотипов; в дальнейшем детальном анализе гомеостатичности 15 отобранных образцов прямое сравнение со стандартом не проводили. Основными объектами исследований служили 15 образцов сои различного происхождения из рабочей коллекции ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Осуществляли закладку эксперимента согласно методике полевого опыта по Б. А. Доспехову (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.*).

Посев и уборку осуществляли вручную. Площадь деланки 1,8 м², норма высева семян – 500 тыс. шт./га. Повторность – двукратная. Фенологические наблюдения за растениями сои и анализ селекционного материала выполняли по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина М.: Госагропром СССР, 1989. Вып. 2. 194 с.*).

Оценку образцов по хозяйственно ценным признакам осуществляли согласно методическим указаниям по селекции и семеноводству сои (*Соя: методические указания по селекции и семеноводству / сост. Н. И. Корсаков, Ю. П. Мякушко. Л.: ВИР, 1975. 159 с.*).

Содержание белка и масла в семенах сои определяли в трехкратной аналитической повторности с каждого повторения на приборе Infracubic 9200.

Гомеостатичность образцов (Hom) по содержанию белка и масла в семенах сои вычисляли по В. В. Хангильдину (*Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67–76.*). Определение стрессоустойчивости ($X_{\min} - X_{\max}$) выполняли по методике В. А. Зыкина с соавторами (*Зыкин В. А., Мешков В. В. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 24 с.*).

Расчет средних значений признака с установкой ошибки выборочной средней, коэффициента вариации (V) по годам, дисперсионный и корреляционный анализы выполняли по методике полевого опыта (*Доспехов Б. А., 2012*) в программе Excel. Расчет корреляции выполняли по средним годовым значениям признаков образцов сои.

Результаты и обсуждение. В рамках настоящего исследования были проанализированы 370 коллекционных образцов сои ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки» разнообразного эколого-географического происхождения (см. рисунок). Наибольшее количество образцов коллекции (42,7 %) представлено российскими сортами, 12,7 % – китайскими, 10,5 % – французскими, 8,9 % – канадскими.

скими. Меньшую часть коллекции (0,3...3,5 % от общего числа образцов) составляют генотипы, происходящие из следующих стран: по 2,7...3,5 % приходится на образцы из Украины, США, Австралии и Сербии; по 1,1...1,9 % – из Японии, Германии, Беларуси, Молдовы и Польши; наименьшая доля (0,3...0,8 %) представлена генотипами из Швейцарии, Чехии, Югославии, Румынии, Венгрии, Болгарии, Аргентины, Швеции, Италии и Таиланда.

За период изучения коллекции сои к раннеспелой группе спелости (продолжительность периода вегетации до 100 суток) отнесены 52,2 % сортов сои. Самая меньшая продолжительность вегетации (91...94 суток) отмечена у образцов из Польши – Varsovie и России – Бара. Эти генотипы представляют интерес для селекции как источники раннеспелости.

В условиях Приморского края образцы коллекционного питомника превысили стандарт Приморская 4 (198,6 г/м²) до 145,0 %. По итогам пятилетнего изучения коллекционного питомника для дальнейшего детального анализа на гомеостатичность было отобрано 15 образцов сои с относительно высокой урожайностью (более 215,0 г/м²). Эти образцы разделили на группы по крупности семян: крупносемянные образцы (n=5) с массой 1000 семян более 190 г, образцы со средними семенами (n=5) с массой 1000 семян 131...190 г, и мелкосемянные образцы (n=5) с массой 1000 семян < 130 г (Международный классификатор СЭВ рода *Glycine wild* / сост. Л. Щелко, Т. Седова, В. Корнейчук и др. Ленинград: ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1990. 38 с.; Корсаков Н. И. Определение видов и разновидностей сои: методические указания. Ленинград: ВНИИР, 1972. 189 с.). Анализ морфометрических показателей семян в пределах выделенных групп подтвердил дифференциацию материала по крупности семян. В группе мелкосемянных образцов (масса 1000 семян < 130 г) наименьшие значения признака зафиксированы у генотипов Соя пищевая (83,3±9,4 г) и Намуль (97,5±18,6 г), что достоверно ниже показателей остальных образцов из этой группы (101,5...125,8 г).

В группе со средним размером семян (131...190 г) варьирование массы 1000 семян было незначительным от 154,5 до 170,8 г у СН Ауроры и Сентябринки соответственно, при этом различия между генотипами не превышали 9,5 % от среднего значения, что свидетельствует о выровненности признака в пределах группы. Среди крупносемянных образцов (> 190 г) наибольшую массу 1000 семян продемонстрировал сорт Журавушка (244,8±28,1 г), превосходящий остальные генотипы своей группы (194,8...206,8 г) на 18,4...25,7 % (табл. 1).

В среднем за годы исследования наиболее урожайными были крупносемянные сорта сои СК Виола – 347,6 г/м², Бриз – 311,9 г/м² и Иван Караманов – 298,9 г/м², превысившие стандарт на 50,5...75,0 %. Следует отметить, что и в группе мелкосемянных выделились образцы с высокой урожайностью – Dong Nong 691 – 277,3 г/м² и Соя пищевая – 256,3 г/м². В группе со средней по крупности семенами можно выделить сорт из Сербии – НС Атлас (281,2 г/м²). Сорт сои СК Виола характеризовался высокой стабильностью проявления признака урожайность в условиях контрастных метеорологических лет исследования: амплитуда межгодовой изменчивости составила ±17,8 г/м², что свидетельствует о низкой реактивной пластичности этого генотипа к факторам внешней среды и подтверждает его ценность как источника стабильной продуктивности для селекционных программ.

Продолжительность периода вегетации определяет агрономическую целесообразность культивирования сорта в конкретных климатических условиях [4, 5]. За период исследований у отобранных образцов сои продолжительность вегетации составила 97...111 суток, что относит эти генотипы к среднеранней (101...109 суток) и среднеспелой (110...119 суток) группам спелости. Генотипы со средним и мелким размером семени отличались менее продолжительной вегетацией.

Большинство образцов сои продемонстрировало среднюю высоту растений (51,0...75,0 см). Исключение составили низкорослые образцы К 0152 и

Таблица 1. Хозяйственно ценные показатели лучших коллекционных образцов сои (среднее за 2021–2025 гг.), $X \pm Sx$

Сорт/образец	Страна/регион происхождения	Урожайность, г/м ²	Продолжительность периода вегетации, сут.	Масса 1000 семян, г	Высота растения, см
Мелкосемянные образцы (масса 1000 семян < 130 г)					
Намуль	Россия, Приморский кр.	184,9±37,3	105,0±3,4	97,5±18,6	65,4±16,2
Соя пищевая	Китай	256,3±108,4	109,0±6,9	83,3±9,4	64,7±19,7
Dong Nong 691	Китай	277,3±66,1	109,0±3,8	101,5±12,4	77,2±10,8
К 0152	Украина	125,7±71,5	97,0±5,3	125,8±6,9	43,2±14,9
Таболинская 116	Россия, Астраханская обл.	218,7±78,1	111,0±5,1	121,8±3,5	48,9±11,7
НСР ₀₅		59,8	5,6	14,2	12,6
Образцы со средними семенами (масса 1000 семян 131...190 г)					
Сентябринка	Россия, Амурская обл.	213,7±81,2	104,0±0,9	170,8±25,3	56,7±7,3
Скеля	Украина	227,7±50,5	101,0±2,4	169,8±14,4	65,4±18,0
СН Аурора	Сербия	254,0±120,6	107,0±1,4	154,5±27,3	61,0±13,3
НС Атлас	Сербия	281,2±62,3	111,0±0,9	168,5±16,5	63,8±14,4
Gallec	Швейцария	215,2±87,6	98,0±5,9	170,3±19,4	51,0±14,4
НСР ₀₅		23,5	5,0	5,5	5,3
Крупносемянные образцы (масса 1000 семян > 190 г)					
Бриз	Россия, Приморский край	311,9±103,2	113,8±4,4	197,5±19,4	66,6±16,2
Иван Караманов	Россия, Хабаровский край	298,9±103,0	113,8±3,1	194,8±11,8	66,9±15,3
Журавушка	Россия, Амурская обл.	231,2±78,8	107,8±4,3	244,8±28,1	54,2±11,2
D 402-НН51	Китай	236,8±22,7	114,5±6,0	198,8±14,7	64,9±12,5
СК Виола	Россия, Краснодарский край	347,6±17,8	111,3±0,5	206,8±7,9	76,5±15,2
НСР ₀₅		43,1	2,5	20,8	8,7

Таболинская 116 (мелкосемянная группа), а также высокорослые Dong Nong 691 (мелкосемянная группа) и СК Виола (крупносемянная группа). Стандартное отклонение признака составило 7,3...19,7 см.

Образцы сои с высоким и стабильным по годам содержанием питательных элементов (белок и масло) в семенах считают ценным исходным материалом для использования в гибридизации [6]. Предел изменения содержания белка в семенах генотипов сои по годам составил от 32,1 % (Соя пищевая, Dong nong 691) в 2023 г. до 46,0 % (Намуль) в 2024 г. (табл. 2). Наибольший процент белка в семенах большинства образцов сои сформировался в 2022 и 2024 гг. (диапазон варьирования признака составил 38,4...46,0 %), более низкий в 2021 и 2023 гг. (диапазон – 32,1...40,6 %), которые характеризовались как «недостаточное и ин-

Содержание масла в семенах изученных сортов сои (табл. 3) варьировало от 20,8 % (Намуль) до 24,7 % (Скеля). Повышенное накопление масла зарегистрировали в годы с дефицитом увлажнения в период формирования семян (2021, 2025 гг.) и при продолжительном переувлажнении (2023 г.) (диапазон варьирования признака в эти сезоны составил 19,3...26,7 %). Наибольшее содержания масла сформировали генотипы Скеля (24,7 %, $V=6,7$ %), НС Атлас (24,4 %, $V=5,9$ %) и Иван Караманов (24,1 %, $V=6,5$ %). Коэффициент вариации признака у образцов по годам колебался от 4,2 % (Сентябринка) до 10,8 % (Намуль). Все образцы продемонстрировали высокую стрессоустойчивость по показателю содержания масла (параметр $X_{\min}-X_{\max} \leq -5$), наименьшую изменчивость признака показали Журавушка (-2,2) и Бриз (-2,7).

Таблица 2. Параметры адаптивности коллекционных образцов сои по содержанию белка в семенах

Сорт/образец	Содержание белка в семенах, %						Параметр адаптивности		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее	стрессоустойчивость, $X_{\min}-X_{\max}$	коэффициент вариации, V , %	гомеостатичность, Нот
Мелкосемянные образцы (масса 1000 семян < 130 г)									
Намуль	38,1	45,5	39,6	46,0	39,9	41,8	-7,9	9,1	56,7
Соя пищевая	35,8	41,4	32,1	41,3	38,2	37,7	-9,3	10,4	39,1
Dong Nong 691	36,5	40,7	32,1	41,9	41,8	38,6	-9,8	11,0	36,2
K 0152	35,2	42,9	37,9	42,0	37,7	39,1	-7,7	8,2	62,0
Таболинская 116	38,0	45,2	36,4	42,3	42,0	40,8	-8,8	8,7	54,0
HCP ₀₅	1,0	1,8	2,7	1,9	1,8	1,5	-	-	-
Образцы со средними семенами (масса 1000 семян 131...190 г)									
Сентябринка	35,9	42,0	37,9	42,7	39,4	39,6	-6,8	7,1	82,4
Скеля	35,5	39,5	34,2	42,1	34,5	37,1	-7,9	9,3	49,8
CH Аурора	36,2	40,8	35,7	42,7	38,5	38,8	-7,0	7,7	71,7
НС Атлас	34,8	38,4	35,4	40,7	36,7	37,2	-5,9	6,4	97,4
Gallec	40,5	43,0	39,6	44,2	38,9	41,2	-4,6	5,5	168,0
HCP ₀₅	1,8	1,6	2,0	1,3	1,5	1,2	-	-	-
Крупносемянные образцы (масса 1000 семян > 190 г)									
Бриз	39,3	41,9	37,7	45,9	37,7	40,5	-8,2	8,6	57,1
Иван Караманов	34,8	40,8	35,8	41,4	38,6	38,3	-6,6	7,7	76,8
Журавушка	38,8	44,7	40,6	43,6	37,0	40,9	-5,9	7,8	88,5
D 402-НН51	37,4	40,0	36,2	39,9	39,2	38,5	-3,8	4,3	243,0
СК Виола	34,6	42,6	38,2	43,8	43,0	40,4	-9,2	9,7	45,5
HCP ₀₅	1,3	1,6	1,8	2,3	2,2	1,0	-	-	-

тенсивное продолжительное увлажнение». Вероятно, что для накопления высокого уровня белка, сое необходимы обильные осадки с короткими периодами переувлажнения в августе и первой половине сентября [7], к таковым относятся 2022 и 2024 гг.

В среднем за 5 лет наибольшее содержание белка в семенах формировалось у образцов Намуль – 41,8 % ($V=9,1$ %), Gallec – 41,2 % ($V=5,5$ %), Журавушка – 40,9 % ($V=7,8$ %), Таболинская 116 – 40,8 % ($V=8,7$ %), Бриз – 40,5 % ($V=8,6$ %), СК Виола – 40,4 % ($V=9,7$ %). Высокую стрессоустойчивость по содержанию белка в семенах (параметр $X_{\min}-X_{\max}$) продемонстрировали Gallec (-4,6) и D 402-НН51 (-3,8), что подтверждается низкими величинами коэффициента вариации.

Благодаря гомеостатичности организм способен адаптироваться к неблагоприятным условиям возделывания, при этом сохраняя стабильность определенного признака [8, 9, 10]. Диапазон показателя гомеостатичности по содержанию белка в семенах сои у изученных образцов составил 36,2...243,0. Наибольшим гомеостазом (по содержанию белка в семенах) характеризовались образцы D402-НН51 и Gallec.

Высокие показатели гомеостатичности ($\text{Нот} > 120$) отмечали у 66,6 % образцов, наилучшие были у сортов Журавушка (218,5) и Бриз (164,4). Самая низкая гомеостатичность была у двух образцов из группы мелкосемянных – Намуль (39,3) и Таболинская 116 (54,0).

С целью оптимизации оценки исходного материала проведен корреляционный анализ, позволяющий выявить закономерности накопления белка и масла в семенах в зависимости от продолжительности периода вегетации. Результаты свидетельствуют о генотип-специфичной реакции изучаемых образцов на варьирование продолжительности вегетационного периода. В пределах одного и того же признака наблюдали как прямые, так и обратные корреляционные зависимости различной силы. Увеличение продолжительности вегетации сопровождалось достоверным ростом массы 1000 семян у сортов Сентябринка ($r=0,68$) и Бриз ($r=0,83$), что указывает на сильную прямую связь этих показателей. В то же время у образца CH Аурора выявлена выраженная обратная корреляция ($r=-0,97$), свидетельствующая о формировании более крупных семян при уменьшении вегетационного периода. У ряда генотипов (Намуль, Dong

Таблица 3. Параметры адаптивности коллекционных образцов сои по содержанию масла в семенах

Сорт/образец	Содержание масла в семенах, %						Параметр адаптивности		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее	стрессоустойчивость, $X_{\min} - X_{\max}$	коэффициент вариации, V, %	гомеостатичность, $H_{\text{от}}$
Мелкосемянные образцы (масса 1000 семян < 130 г)									
Намуль	22,5	19,4	23,9	18,9	19,3	20,8	-5,0	10,8	39,3
Соя пищевая	23,1	21,8	25,2	22,2	23,8	23,2	-3,4	5,8	121,7
Dong Nong 691	24,9	21,6	25,3	21,5	21,2	22,9	-3,8	8,8	69,0
K 0152	22,1	21,9	23,8	20,6	22,9	22,3	-3,2	5,3	131,0
Таболинская 116	22,1	20,7	24,7	19,8	21,8	21,8	-4,9	8,5	54,0
HCP ₀₅	1,0	1,1	0,5	1,2	1,8	0,9	-	-	-
Образцы со средними семенами (масса 1000 семян 131...190 г)									
Сентябринка	21,9	22,5	24,0	22,5	24,0	23,0	-4,8	4,2	123,0
Скеля	24,7	22,7	26,7	23,6	26,0	24,7	-3,1	6,7	123,0
СН Аурора	22,5	22,6	25,5	23,2	23,7	23,5	-3,0	5,2	153,4
НС Атлас	26,1	22,6	25,7	23,6	24,3	24,4	-3,5	5,9	121,5
Gallec	20,8	22,7	24,0	22,9	23,0	22,7	-3,2	5,1	147,2
HCP ₀₅	2,0	0,1	1,1	0,3	1,1	0,7	-	-	-
Крупnoseмянные образцы (масса 1000 семян > 190 г)									
Бриз	21,6	21,2	23,9	21,4	22,4	22,1	-2,7	5,0	164,4
Иван Караманов	26,2	22,1	25,0	23,4	23,9	24,1	-4,1	6,5	95,2
Журавушка	21,6	22,1	23,8	22,8	24,4	22,9	-2,2	5,1	218,5
D 402-НН51	24,0	22,1	24,8	21,8	23,9	23,3	-3,0	5,5	139,2
СК Виола	25,8	21,3	24,5	22,9	22,4	23,4	-4,5	7,6	67,6
HCP ₀₅	1,7	0,2	0,3	0,6	0,8	0,7	-	-	-

Nong 691, Таболинская 116, НС Атлас, D402-НН51, СК Виола) статистически значимая связь между продолжительностью вегетации и массой 1000 семян отсутствовала, что подтверждает стабильность этого признака независимо от сроков созревания (табл. 4).

Корреляционный анализ выявил генотип-специфичную реакцию изучаемого материала на варьирование продолжительности вегетационного периода. У 40,0 % образцов (преимущественно мелко- и крупnoseмянных) установлена выраженная положительная взаимосвязь между длительностью вегетации и

накоплением белка в семенах ($r > 0,77$). Наибольшая сила и статистическая достоверность этой зависимости зафиксирована у образца китайской селекции D 402-НН51 ($r = 0,94$). Для большинства генотипов характерна обратная корреляция между продолжительностью вегетации и содержанием масла в семенах, свидетельствующая о снижении его накопления при пролонгированном онтогенезе. Исключение составил образец СН Аурора, демонстрирующий способность к усилению накопления масла при увеличении продолжительности вегетационного периода.

При сравнении размерных групп установлено, что у среднесемянных образцов пролонгация вегетации сопровождается тенденцией к снижению массы 1000 семян и концентрации белка, в отличие от мелко- и крупnoseмянных групп. В то же время мелкосемянные генотипы в условиях длительного развития демонстрируют преимущественное накопление белка над маслом, что отражает специфическое распределение ассимилятов и может быть учтено при целевой селекции на качество семян.

Выводы. В условиях контрастного климата Приморского края наиболее высокую урожайность формируют крупnoseмянные сорта сои СК Виола (347,6 г/м²), Бриз (311,9 г/м²) и Иван Караманов (298,9 г/м²). Среди среднесемянных и мелкосемянных групп лидерами по продуктивности были образцы НС Атлас (281,2 г/м²), Dong Nong 691 (277,3 г/м²) и Соя пищевая (256,3 г/м²).

Подавляющее большинство изученных генотипов характеризовалось среднерослостью (51,0...75,0 см), что свидетельствует об их адаптивном морфотипе, устойчивом к полеганию и пригодном для механизированной уборки.

Наибольшее накопление белка в семенах (38,4...46,0 %) зафиксировано в годы с оптимальным гидро-термическим режимом (2022 и 2024 гг.). По средним многолетним данным самой высокой величиной этого

Таблица 4. Коэффициенты корреляции (r) между периодом вегетации, массой 1000 семян и биохимическими показателями сортов сои

Сорт/образец	Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %	
		белка	масла
Мелкосемянные образцы (масса 1000 семян < 130 г)			
Намуль	0,09	0,77	-0,66
Соя пищевая	0,63	0,87	-0,69
Dong Nong 691	-0,13	0,48	-0,68
K 0152	0,56	0,12	-0,88*
Таболинская 116	0,16	0,86	-0,50
Образцы со средними семенами (масса 1000 семян 131...190 г)			
Сентябринка	0,68	0,25	-0,31
Скеля	-0,29	0,04	-0,08
СН Аурора	-0,97**	-0,83	0,87
НС Атлас	-0,03	-0,06	-0,46
Gallec	-0,36	0,32	-0,90*
Крупnoseмянные образцы (масса 1000 семян > 190 г)			
Бриз	0,83	0,79	-0,79
Иван Караманов	-0,55	0,87	-0,63
Журавушка	0,53	0,50	-0,42
D 402-НН51	0,04	0,94*	-0,97**
СК Виола	0,04	0,48	-0,15

*коэффициент корреляции достоверен на уровне значимости $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

показателя отличались генотипы Намуль (41,8 %, V=9,1 %), Gallec (41,2 %, V=5,5 %), Журавушка (40,9 %, V=7,8 %), Таболинская 116 (40,8 %, V=8,7 %), Бриз (40,5 %, V=8,6 %) и СК Виола (40,4 %, V=9,7 %). Лидерами по содержанию масла стали образцы Ске-ля (24,7 %, V=6,7 %), НС Атлас (24,4 %, V=5,9 %) и Иван Караманов (24,1 %, V=6,5 %).

Оценка параметров адаптивности выявила высокую стрессоустойчивость ($X_{\min} - X_{\max}$) по содержанию белка у генотипов Gallec (-4,6) и D 402-НН51 (-3,8), по содержанию масла – у сортов Журавушка (-2,2) и Бриз (-2,7). Наибольшая гомеостатичность (Ном) качественного состава семян по белку отмечена у образцов D 402-НН51 (243,0) и Gallec (168,0), по маслу – Журавушка (218,5) и Бриз (164,4).

Выделенные генотипы, сочетающие высокую продуктивность с гомеостатичным накоплением белка и масла, рекомендованы в качестве ценного исходно-

го материала для целенаправленной селекции сои, адаптированной к нестабильным погодным условиям Дальнего Востока.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2025-249 от 17.04.2025 г.).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // *Environmental Processes*. 2020. № 7. P. 73–87.
2. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA / C. A. C. Dos Santos, C. M. U. Neale, M. M. Mekonnen, et al. // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. № 147. P. 1379–1399. doi: 10.1007/s00704-021-03903-7.
3. Соколенко Н. И., Комаров Н. М. Оценка гомеостатичности и экологической пластичности сортов озимого ячменя, возделываемых на Ставрополье // *Известия Оренбургского аграрного университета*. 2019. № 3 (77). С. 76–79.
4. Результаты изучения коллекции сои для селекционных целей / Ф. А. Давлетов, А. М. Дмитриев, К. П. Гайнуллина и др. // *Известия Оренбургского аграрного университета*. 2020. № 1. С. 49–53.
5. Власова Е. В., Горбунова Ю. В., Сеферова И. В. Фенологическая оценка скороспелых образцов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в условиях Московской области // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023. Т. 184. № 3. С. 90–104. doi: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104.
6. Васина Е. А., Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. Т. 183. Вып. 4. С. 19–29. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29.
7. Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М., Васина Е. А. Оценка потенциала урожайности и стрессоустойчивости сортов сои в условиях Приморского края // *Вестн. ДВО РАН*. 2021. №3. С. 20–28. doi: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_03.
8. Бабайцева Т. А., Полторыдько Е. Н., Кузнецова Е. В. Экологическая пластичность коллекционных образцов озимой тритикале по зимостойкости // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 6 (54). С. 7–11.
9. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. №4 (32). С. 221–231.
10. Оценка исходного материала сои по качеству зерна на гомеостатичность / Р. А. Ашиев, К. Н. Хабибуллин, М. В. Скулова и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2019. №5 (65). С. 45–49. doi: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-45-49.

References.

1. Yuzbashkandi SS, Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach. *Environ Process*. 2020;(7):73-87.
2. Dos Santos CAC, Neale CMU, Mekonnen MM, et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA. *Theor Appl Climatol*. 2022;(147):1379-99. doi: 10.1007/s00704-021-03903-7.
3. Sokolenko NI, Komarov NM. [Assessment of homeostaticity and ecological plasticity of winter barley varieties cultivated in Stavropol region]. *Izv Orenb Gos Agrar Univ*. 2019;(3(77)):76-9. Russian.
4. Davletov FA, Dmitriev AM, Gainullina KP, et al. [Results of studying the soybean collection for breeding purposes]. *Izv Orenb Gos Agrar Univ*. 2020;(1):49-53. Russian.
5. Vlasova EV, Gorbunova IuV, Seferova IV. [Phenological assessment of early-maturing soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) accessions in the conditions of the Moscow region]. *Tr Prikl Bot Genet Sel*. 2023;184(3):90-104. doi: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104. Russian.
6. Vasina EA, Butovets ES, Luk'ianchuk LM. [Results of studying soybean initial material in the Primorsky Krai for breeding purposes]. *Tr Prikl Bot Genet Sel*. 2022;183(4):19-29. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29. Russian.
7. Butovets ES, Luk'ianchuk LM, Vasina EA. [Assessment of yield potential and stress resistance of soybean varieties in the Primorsky Krai]. *Vestn DVO RAN*. 2021;(3):20-8. doi: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_03. Russian.
8. Babaitseva TA, Poltorydyadko EN, Kuznetsova EV. [Ecological plasticity of winter triticale collection samples for winter hardiness]. *Zernovoe Khoziaistvo Ross*. 2017;(6(54)):7-11. Russian.
9. Filippov EG, Bragin RN, Dontsov DP. [Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in ecological variety testing]. *Tavr Vestn Agrar Nauki*. 2022;(4(32)):221-31. Russian.
10. Ashiev RA, Khabibullin KN, Skulova MV, et al. [Assessment of soybean initial material for grain quality for homeostaticity]. *Zernovoe Khoziaistvo Ross*. 2019;(5(65)):45-9. doi: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-45-49. Russian.

Поступила в редакцию 12.02.2026 После доработки 12.03.2026 Принята к публикации 25.03.2026