

Результаты изучения коллекции сои в условиях Среднего Приамурья

Т. А. АСЕЕВА, О. Л. ШЕПЕЛЬ, М. П. ХОРНЯК, А. Ю. ШЕВЧЕНКО

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН обособленное подразделение «Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства», ул. Дзержинского, 54, Хабаровск, 680000, Российская Федерация

Резюме. Изучение образцов сои проводили в 2022–2025 гг. в Хабаровском крае с целью поиска источников хозяйственно ценных признаков. Объектом исследований служил 31 сортообразец разного географического происхождения из коллекции Всероссийского института растениеводства. Стандарты – Марината и Батя. Определены источники хозяйственно ценных признаков и хорошей адаптации к условиям Среднего Приамурья. По скороспелости выделен польский образец Artic, созревающий раньше Маринаты на 21 день. Среднераннеспелые немецкие образцы Senu 8107 и 28/74 по числу бобов превысили стандарт Марината на 31,2...37,4 %. По массе семян выделились Bydgoska 052, 122 и Нунь-цзян-да-доу, превысившие стандарт Батя на 14,0, 16,5 и 23,2 % соответственно. По массе 1000 семян китайский Нунь-цзян-да-доу и шведские образцы 827-4-23 и Fiskeby III превзошли стандарт Батя на 8,0...38,0 %. Стабильно высоким накоплением белка отличались российский раннеспелый сорт Омская 3, китайский среднеспелый Нунь-цзян-да-доу и позднеспелый канадский образец 153, у которых величина этого показателя была выше, чем у стандарта Марината, на 20,0, 14,5 и 17,5 % соответственно. Выявлены значимые SNP: glyma.Wm82.gnm4.Gm10_29783464, glyma.Wm82.gnm4.Gm17_18957792, glyma.Wm82.gnm4.Gm19_48709768, glyma.Wm82.gnm4.Gm20_3018597, glyma.Wm82.gnm4.Gm20_34925252, ассоциированные с продолжительностью вегетационного периода, и glyma.Wm82.gnm4.Gm02_22629465, glyma.Wm82.gnm4.Gm04_7045933, glyma.Wm82.gnm4.Gm17_20219353 – с временем цветения. У раннеспелых и среднераннеспелых сортов участки хромосом, ассоциированные с продолжительным вегетационным периодом, не обнаружены. У среднеспелых сортов маркеры отмечены на разных хромосомах, а у сортов с периодом вегетации более 120 дней выявлены от одного до трех маркеров в генотипе. Образцы Mutante: Stamm 54/145 M4789/74, 122 и ВНИИОЗ-85, имеющие уникальное сочетание аллелей, отвечающих за раннее цветение, будут использоваться в дальнейшем для создания разнообразного гибридного материала.

Ключевые слова: соя, сорт, период вегетации, признак, кластерный анализ, коэффициент вариации, генотипирование.

Сведения об авторах: Т. А. Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор; О. Л. Шепель, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: sestr71@rambler.ru); М. П. Хорняк, младший научный сотрудник; А. Ю. Шевченко, младший научный сотрудник.

Для цитирования: Результаты изучения коллекции сои в условиях Среднего Приамурья / Т. А. Асеева, О. Л. Шепель, М. П. Хорняк и др. // Достижения науки и техники АПК. 2026. Т. 40. № 4. С. 25–33. doi: 10.53859/02352451_2026_40_4_25.

Results of the study of soybean collection under the conditions of the Middle Amur region

T. A. Aseeva, O. L. Shepel, M. P. Khorniyak, A. Yu. Shevchenko

Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk Federal Scientific Center, Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Dzerzhinskogo, 54, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

Abstract. A study of soybean accessions was conducted in 2022–2025 in Khabarovsk Krai to identify sources of economically valuable traits. The object of the study was 31 soybean varieties of different geographical origins from the collection of the All-Russian Institute of Plant Industry. The standards are Marinata and Batya. The sources of economically valuable traits and good adaptation to the conditions of the Middle Amur region were determined. The Polish variety Artic, maturing 21 days earlier than Marinata, stood out for its earliness. The mid-early maturing German varieties Senu 8107 and 28/74 exceeded the Marinata standard in pod number by 31.2–37.4%. Bydgoska 052, 122, and Nun-jiang-da-dou stood out in terms of seed weight, exceeding the Batya standard by 14.0, 16.5, and 23.2%, respectively. In terms of thousand grain weight, the Chinese Nun-jiang-da-dou and the Swedish samples 827-4-23 and Fiskeby III exceeded the Batya standard by 8.0–38.0%. The Russian early-ripening variety Omskaya 3, the Chinese mid-ripening Nun-jiang-da-dou and the late-ripening Canadian sample 153 were distinguished by consistently high protein accumulation, with this indicator being higher than that of the Marinata standard by 20.0, 14.5 and 17.5%, respectively. Significant SNPs were identified: glyma.Wm82.gnm4.Gm10_29783464, glyma.Wm82.gnm4.Gm17_18957792, glyma.Wm82.gnm4.Gm19_48709768, glyma.Wm82.gnm4.Gm20_3018597, glyma.Wm82.gnm4.Gm20_34925252, associated with the duration of the growing season, and glyma.Wm82.gnm4.Gm02_22629465, glyma.Wm82.gnm4.Gm04_7045933, glyma.Wm82.gnm4.Gm17_20219353 – with the flowering time. Chromosomal regions associated with a long growing season were not detected in early- and mid-season varieties. In mid-season varieties, markers were detected on different chromosomes, while in varieties with a growing season of more than 120 days, one to three markers were detected in the genotype. Mutante varieties: Stamm 54/145 M4789/74, 122, and VNIIOZ-85, which have a unique combination of alleles responsible for early flowering, will be used in the future to create the diverse hybrid material.

Keywords: soybean; variety; growing season; trait; cluster analysis; coefficient of variation; genotyping.

Author Details: T. A. Aseeva, D. Sc. (Agr.), corresponding member of the RAS director; O. L. Shepel, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; M. P. Khorniyak, junior research fellow; A. Yu. Shevchenko, junior research fellow.

For citation: Aseeva TA, Shepel OL, Khorniyak MP, et al. [Results of the study of soybean collection under the conditions of the Middle Amur region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2026;40(4):25–33. Russian. doi: 10.53859/02352451_2026_40_4_25.

Соя – стратегически важная многоцелевая и основная зернобобовая культура, возделываемая в Дальневосточном федеральном округе [1, 2]. В частности, по Хабаровскому краю, по данным Минсельхоза, прирост фактически убранных площадей, занятых соей, за последние 4 года составил 25 % и в 2024 г. соя была убрана на площади 32,9 тыс. га, тем самым обеспечив валовый сбор 50 тыс. т. Неуклонный

спрос на сою, как на высокодоходную сельскохозяйственную культуру, также обусловлен ее уникальным биохимическим составом [3, 4]. На сегодняшний день стоит задача обеспечить товаропроизводителей семенами отечественных сортов сои до уровня 75 % к 2030 г. К основными требованиями, предъявляемыми к сортам сои, возделываемым в Дальневосточном регионе, относят: оптимальную продолжительность ве-

гетационного периода (120...130 дней), позволяющая сформировать высокую урожайность (до 5 т/га), высокое прикреплению нижнего боба, устойчивость растений к полеганию и растрескиванию бобов при перестое, высокая масса 1000 семян (более 200 г), содержание белка не ниже 40 %. Лимитирующим фактором в условиях Среднего Приамурья считают ограниченные тепловые ресурсы, поэтому создание сортов, максимально реализующих свой потенциал в таких условиях актуально. Продолжительность вегетационного периода зависит от генетических особенностей растений, условий их произрастания (температура и влажность), а также от специфических требований отдельных сортов, которые могут либо ускорить, либо замедлить начало фазы цветения [5]. Основой при подборе пар скрещиваний служит более детальное изучение многообразия гермоплазмы с использованием современных молекулярно-генетических методов для маркер-ассоциированной селекции (МАС). Интеграция данных полевой оценки с полногеномным анализом позволит идентифицировать маркеры, ассоциированные с целевыми признаками, что ускорит селекционный процесс.

Цель исследования – выявление скороспелых, высокопродуктивных, высокобелковых образцов сои, адаптивных к гидротермическим условиям Среднего Приамурья для дальнейшего использования их в качестве исходного материала в селекции.

Для ее достижения решали следующие задачи: определить элементы структуры урожая и продуктивности сортов сои, выделить образцы с высоким содержанием белка и высокой массой 1000 семян, устойчивые к биотическим и абиотическим факторам среды.

Условия, материалы и методы. Полевые опыты проводили в 2022–2025 гг. на опытных полях селекционного севооборота ДВ НИИСХ (Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное, 135° восточной долготы, 48° северной широты).

Материалом для исследования служили 31 образец сои, любезно предоставленные ВИР: образцы из России – 8 шт., Германии – 5, Польши – 4, Швеции – 4, КНР – 4, Канады – 3, Латвии – 1, Чехословакии – 1, Молдовы – 1. В качестве стандартов использовали среднеспелые сорта хабаровской селекции – Марина-та и Батя из генофонда УНУ «Генетическая коллекция растительных ресурсов ДВ НИИСХ» (USU_3686028).

В 2025 г. на базе Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» проведен первый этап генотипирования. Для этого выполнен анализ полногеномных ассоциаций (GWAS) независимой выборки из 24 образцов (10 образцов со сроком вегетации до 110 дней, 14 – с вегетацией более 110 дней). Выделение ДНК выполняли в соответствии с протоколом производителя, используя набор реагентов Фитоскрин-Экспресс (Синтол, Россия). Подготовку библиотек для GBS-секвенирования (genotyping-by-sequencing) проводили с использованием рестриктаз HindIII и FaeI (СибЭнзайм, Россия). Секвенирование осуществляли на платформе Illumina в компании Novagen. Биоинформатический анализ SNP включал выравнивание прочтений на референсный геном *Glycine_max_v4.0* (GCF_000004515.6). Перед фильтрацией генотипы с глубиной покрытия $DP < 3$ были установлены как отсутствующие. Далее применяли фильтрацию с помощью bcftools с критериями: доля пропущенных генотипов $F_MISSING < 0,2$, сред-

няя глубина покрытия $AVG(FORMAT/DP) > 7$, минимальная частота аллеля $AF \geq 0,05$.

Структуру популяции рассчитывали с использованием анализа основных компонентов (PCA) на основе данных SNP по всему геному, причем первые три основных компонента были фиксированными ковариантами в модели. Пороговые значения значимости определяли с использованием поправки Бонферрони ($\alpha = 0,05$).

Почва опытного участка лугово-бурья оподзоленная, из-за тяжелого механического состава и низкой водопроницаемости, во время обильного выпадения атмосферных осадков быстро переувлажняется. Содержание гумуса в пахотном слое – 1,23...2,33 % (по Тюрину в модификации ЦИНАО), pH солевой вытяжки – 3,9...4,0 ед., гидролитическая кислотность 3,25...6,57 мг-экв./100 г почвы (по Каппену-Гильковицу). P_2O_5 – 3,45...9,67 мг/100 г; K_2O – 4,60...17,70 мг/100 г абсолютно сухой почвы (по Кирсанову в модификации ЦИНАО). Предшественник – мягкая пшеница яровая (2022, 2023 гг.) и сидеральный пар (2024 г.).

Образцы высевали вручную на гребнях шириной 70 см в одну строчку, расстояние между растениями в рядке 10 см, площадь делянки 2,8 м², повторность – двукратная. Через 10 номеров располагали сорта-стандарты. Уборку проводили вручную в фазе технической спелости по мере созревания сортообразцов. Учет продуктивности и основные селекционно-хозяйственные признаки проводили согласно методике ВИР, оценивали 10 растений. В лабораторных условиях определяли следующие показатели: длину стебля, высоту прикрепления 1-го боба, число бобов на растении, число бобов на продуктивном узле, число семян в бобе, число семян с растения, массу семян с растения, массу 1000 семян. Содержание белка в семенах определяли методом Кьельдаля (2022–2024 гг.), содержание масла в семенах – согласно ГОСТ 13496.15-2016 (2023, 2024 гг.) в лаборатории биохимии отдела селекции зерновых культур и сои.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программы Microsoft Excel и StatSoft. Существенность различий между средними определяли по критерию Фишера при $p \leq 0,05$. Группировку в кластерном анализе осуществляли на основе предварительно стандартизованных показателей, включающих продолжительность периода вегетации, высоту растений, высоту прикрепления первого боба, число ветвей, число бобов на растении, массу и число семян с растения, массу 1000 семян, число бобов на продуктивный узел, а также содержание белка и масла в семенах. Сорта на группы распределяли с использованием методов кластерного анализа (иерархическая классификация, метод Варда, евклидово расстояние).

Посев проводили в оптимальные для культуры сроки – 15...18 мая, полные всходы отмечали 3...6 июня. Продолжительность периода с температурой приземного слоя воздуха выше 10 °C превышала среднемесячные показатели (142 дня) на 10...13 дней (рис.1). По числу дней с температурой выше 15 °C – максимум зафиксирован в 2023 г. (114 дней); минимум – в 2024 г. (98 дней).

Оптимальные температурные условия сложились по фазам развития культуры неравномерно: начальный период роста и развития растений наиболее благоприятно протекал в 2022 г.; генеративный период – в 2024 г. Максимальное число дней с температурами выше 30 °C во время массового цветения и форми-

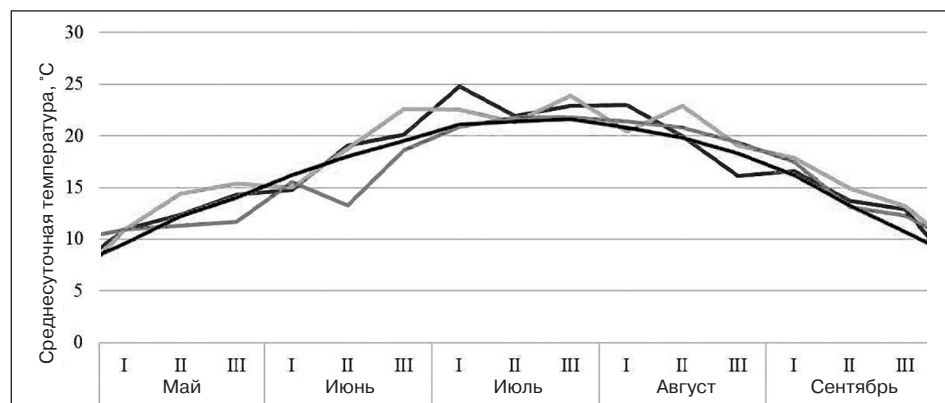


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха за годы исследований: — 2022 г., — 2023 г., — 2024 г., — среднее многолетнее.

рования бобов отмечено в 2023 г., что могло оказать влияние на формирование урожая. Характер увлажнения существенно различался по годам (рис. 2). Условия 2023 г. были самыми сухими, за вегетационный период выпало 450 мм осадков, что ниже нормы на 11,2 %. В 2022 г. в августе выпало 366 мм осадков, что превысило среднее многолетнее значение в 2,4 раза. Условия вегетационных периодов 2023 (ГТК=1,7) и в 2024 (ГТК=1,8) гг. были благоприятными для развития и формирования урожая сои, а 2022 г. характеризовался излишним переувлажнением почвы (ГТК=2,5). Такое разнообразие агрометеорологических условий позволило полноценно оценить устойчивость образцов сои к различным стрессовым факторам и определить наиболее перспективные для дальнейшего использования в селекционном процессе.

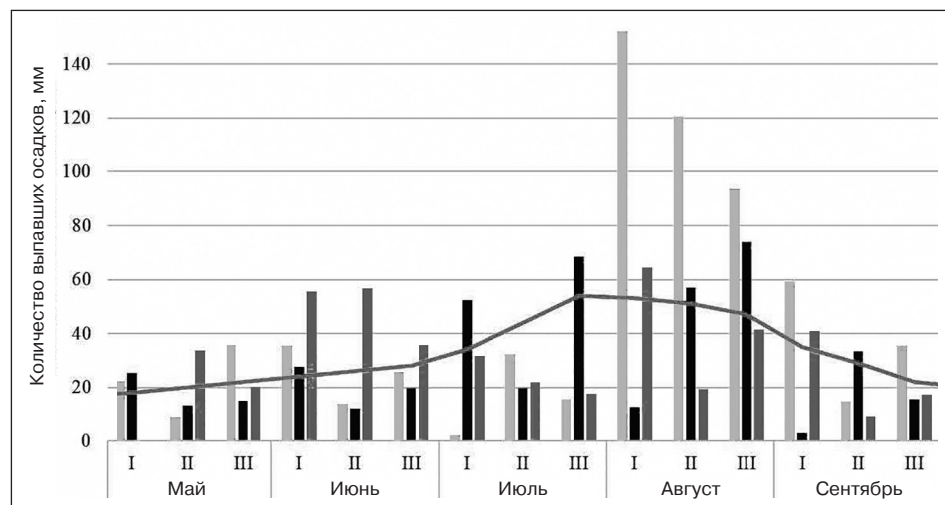


Рис. 2. Количество выпавших осадков в годы исследований: — 2022 г., — 2023 г., — 2024 г., — среднее многолетнее.

Результаты и обсуждение. Основываясь на продолжительности вегетационного периода и набранных сумм активных температур, мы распределили изученные сорта на следующие группы: раннеспелая с вегетационным периодом до 100 дней, сумма активных температур составила 1963...2004 °С – 6 образцов; среднераннеспелая – 101...110 дней; 2012...2114 °С – 13 образцов; среднеспелая – 111...120 дней; 2142...2226 °С – стандартный сорт Марината (118 дней, 2226 °С) и 6 образцов; среднепозднеспелая – 121...130 дней; 2245...2268 °С – стандартный сорт Батя (128 дней, 2268 °С) и 2 образца; позднеспелая – 131 и более дней – 4 образца.

В селекции наиболее ценными считают сорта, которые устойчиво сохраняют характерную продолжительность вегетационного периода в условиях конкретного агроклиматического региона [6, 7]. Длительность вегетационного периода у образцов составила от 97 до 137 дней (табл. 1). В среднем, за годы исследований, продолжительность вегетационного периода менялась не значительно ($C_v=4,9\%$), максимальной реакцией на

изменяющиеся условия произрастания (8,6...14,9 %) выделялись сорта Fiskeby III, УСХИ-6, 28/74, Нунцзян-да-доу, Дун-нун 47-1В и Ласточка.

Наблюдали значительную разницу в изменчивости продолжительности отдельных периодов вегетации. Отмечали сортовую реакцию на меняющиеся условия. Период от всходов и до массового цветения в годы исследований длился от 33 (образец 856-3-3) до 59 дней (образец 153). Внутрисортная вариабельность продолжительности периода изменялась от 2,0 % (ВНИИОЗ-91) до 21,0 % (у образцов Mutante: Stamm 54/145 M4112/74 и ВНИИОЗ-106). Низкая изменчивость признака ($C_v=3,0\ldots9,0\%$) отмечена у образцов ВНИИОЗ-85, Дун-нун 47-1В, КСХИ 1089, Bydgoska 052, 122, Ласточка, 2348.

Цветение длилось в среднем от 8 (у образцов Омская 3 и Arctic) до 19 дней (Батя), низкую вариабельность ($C_v=12,0\ldots15,0\%$) наблюдали у образцов 856-3-3, Rana, Батя, Mutante: Stamm 54/145 M4112/74 и 28/74. Период цветения – созревания длился в среднем от 46 (Вецеауцес, $C_v=4,0\%$) до 73 дней (Батя, $C_v=3,0\%$).

Высота растений и высота прикрепления нижнего боба обуславливают технологичность возделывания культуры [8]. В условиях опыта длина стебля у образцов была в диапазоне 25,8...120,1 см, внутрисортная вариация при этом составила 3...23 %, при среднем значении изменчивости 12,1 % (табл.2). Незначительной реакцией на изменяющиеся условия ($C_v=3\ldots9\%$) отличились образцы КСХИ 1089, 28/74, Нордик 138, Омская 3, ВНИИОЗ-91, ВНИИОЗ-85, 843-20-1, 122, Батя, ОТ 80-124, 827-4-23, Вецеауцес и Rana. У образцов ВНИИОЗ-91, ВНИИОЗ-85, 2348, 153 длина стебля была больше, чем у стандартного сорта Батя, что негативно влияет на устойчивость к полеганию. Высота прикрепления первого боба варьировала от 5,7 до 15,9 см при внутрисортной изменчивости 3,0...35,0 %. Среди раннеспелой группы следует отметить образцы Rana (8,7 см) и Вецеауцес (11,2 см), которые наряду со стандартным сортом Маринатой (10,8 см)

Таблица 1. Характеристика вегетационного периода коллекционных образцов сои за 2022–2024 гг.

№ кат ВИР	Образец	Происхождение	Продолжительность периода, дни			
			всходы- цветение	цветение	цветение- созревание	всходы- созревание
Раннеспелые						
6456	Artic	Польша	34	8	55	97
5124	Вецеауцес	Латвия	41	11	46	98
5581	827-4-23	Швеция	34	10	54	98
6080	Rana	Чехословакия	38	12	49	98
5584	843-20-1	Швеция	34	10	55	99
6436	Омская 3	Россия	35	8	56	99
Среднее по группе			36	10	53	98
Среднераннеспелые						
5586	856-3-3	Швеция	33	13	56	101
7136	Нордик 138	Польша	36	12	54	101
9999	ВНИИОЗ-106	Россия	37	11	52	101
10549	Semu 8001	Германия	35	13	53	101
10551	Semu 8107	Германия	36	12	54	102
5588	Fiskeby III	Швеция	33	10	60	103
6785	Mutante: Stamm 54/145 M4789/74	Германия	37	12	54	103
10625	РАН-288	Польша	33	13	58	104
9953	Соер-4	Россия	37	13	55	105
10611	ОТ 80-124	Канада	38	13	56	107
6790	28/74	Германия	39	12	58	109
9951	УСХИ-6	Россия	34	14	62	109
9952	Соер-3	Россия	38	13	58	109
Среднее по группе			36	12	56	104
Среднеспелые						
6777	Mutante: Stamm 54/145 M4112/74	Германия	36	13	63	111
4842	КСХИ 1089	Молдова	40	11	64	115
5376	Дун-нун 47-1В	КНР	41	12	61	115
5564	Нунь-цзян-да-доу	КНР	45	10	62	117
6795	Vydgoska 052	Польша	40	14	63	117
8896	Ласточка	Россия	39	14	65	118
	Марината, st	ДВ НИИСХ	41	15	62	118
Среднее по группе			40	13	63	116
Среднепозднеспелые						
7372	122	Канада	35	17	71	124
	Батя, st	ДВ НИИСХ	36	19	73	128
2341	2341	КНР	53	11	65	129
Среднее по группе			41	16	70	127
Позднеспелые						
2348	2348	КНР	58	11	65	133
9997	ВНИИОЗ-85	Россия	46	18	70	134
9998	ВНИИОЗ-91	Россия	53	11	72	135
7951	153	Канада	59	13	66	137
Среднее по группе			54	13	68	135
Cv, %			10,9	23,2	7,0	4,9

характеризуются стабильно высоким прикреплением первого боба ($C_v=5,0\%$, $C_v=6,0\%$ и $C_v=7,0\%$ соответственно).

Особую роль в селекционной работе играет исследование вариаций количественных и качественных признаков, которые зависят как от генетических факторов, так и от внешних условий, значительно различающихся по степени своего влияния. Такие признаки, как количество бобов на растении и масса семян с одного растения, испытывают выраженную экологическую изменчивость [9]. За годы исследований в среднем на растении формировалось от 32 до 95 бобов при внутрисортной вариативности признака 2,0...48,0 %. Среди раннеспелых сортов выделили образец Вецеауцес, который наряду со стандартными сортами формировал 57 бобов, $C_v=14,0\%$. Образцы Semu 8107 и 28/74 из среднераннеспелой группы сформировали более 70 бобов, что боль-

ше, чем у стандартной Маринаты на 31,2 % и 37,4 % соответственно, при этом вариативность признака составила 6,0 % и 5,0 %.

Количество семян в бобе служит одним из показателей продуктивности, напрямую влияющим на урожайность растений. Признак довольно стабильный, $C_v=4,6\%$. За годы исследований в среднем растения формировали от 1,7 (Fiskeby III) до 2,6 (Батя) семян в бобе. Число семян в бобе у среднеспелого образца Дун-нун 47-1В было на уровне стандартного сорта Марината (2,5 шт.). В раннеспелой группе максимальное число семян в бобе отмечено у образцов 827-4-23, 843-20-1, Омская 3 и Arctic (2,3 шт.). У образцов 122 и ВНИИОЗ-91 при более продолжительном периоде вегетации (124 и 135 дней), число семян в бобе составило 2,5 шт.

Число семян с растения наряду с таким показателем, как масса семян с растения – основной

Таблица 2. Характеристика сортов в среднем за 2022–2024 гг.

Образец	Продолжи- тельность вегетации, дни	Высота, см		Количество, шт.			Масса , г		Содержание в семенах, %	
		рас- тения	прик- репления 1-го боба	бобов на рас- тении	семян в бобе	семян с расте- ния	семян с расте- ния	1000 семян	белка	масла
Раннеспелые										
Arctic	97	25,8	5,7	31,7	2,3	74	12,2	187	36,98	20,95
Вецеауцес	98	47,7	11,2	57,5	2,0	112,5	22,4	219	36,38	19,26
827-4-23	98	32	6,6	39,8	2,3	91,7	21,1	240	36,13	22,22
Rana	98	58,3	8,7	65,5	1,9	118,5	14,4	141	36,36	21,59
843-20-1	99	33,1	7,3	47,7	2,3	108,6	21,7	212	35,37	21,82
Омская 3	99	29,3	8,1	32,8	2,3	74,5	11,8	178	42,15	18,89
Среднее	98	37,7	7,9	45,8	2,2	96,6	17,3	196	37,23	20,79
НСР ₀₅		4,9	2	12,6	0,2	24,4	4,1	20,4	1,8	2,2
Среднераннеспелые										
856-3-3	101	61,4	6,7	54,9	2,3	127,1	22,7	185	33,51	22,24
Нордик 138	101	62	7,8	64,8	2,3	151,8	20,4	150	36,64	19,03
ВНИИОЗ-106	101	56,3	7,9	85	2,1	178,7	28,4	176	35,2	21,99
Semu 8001	101	75,3	10,2	69,3	2,2	147,5	22,5	177	34,83	21,28
Semu 8107	102	77	10,1	75,7	2,1	162,2	26,2	177	35,2	22,75
Fiskeby III	103	36	6,4	40	1,7	67,8	18,7	289	37,35	21,04
Mutante: Stamm 54/145 M4789/74	103	56,2	8,5	68,8	2,2	149,3	28,3	200	36,26	21,77
РАН-288	104	64,1	6,8	67,4	2,1	141,9	24,1	188	36,34	21,01
Соер-4	105	69,4	9,8	88,3	2,2	202,3	34,1	189	34,96	22,46
ОТ 80-124	107	59,2	8,6	64,1	2	127,8	19,9	167	36,99	21,03
28/74	109	62,7	8,7	79,3	1,9	148,6	23,4	170	37,69	19,56
УСХИ-6	109	58,2	8,9	63,9	2,2	142,6	24,4	185	35,57	22,95
Соер-3	109	54,6	7,1	94,4	2	194	29,3	168	36,02	22,59
Среднее	104	61	8,3	70,5	2,1	149,3	24,8	186	35,89	21,51
НСР ₀₅		9,1	2,2	27,5	0,1	62,3	10,5	15,8	3,6	3,6
Среднеспелые										
Mutante: Stamm 54/145 M4112/74	111	50,3	7,1	59,6	2,1	127,1	25,3	209	38,61	19,52
КСХИ 1089	115	59,6	8,6	63,6	1,9	116,7	23,4	186	38,89	19,05
Дун-нун 47-1В	115	87,5	9,1	92,8	2,5	226,5	34	163	37,27	20,59
Нунь-цзян-да-доу	117	78	10,6	80,8	2,1	166,5	35	226	40,15	15,55
Bydgoska 052	117	59,8	8,3	95,2	2,1	201,5	32,4	186	38,2	19,02
Ласточка	118	79,1	9,4	52,6	2,1	111,4	17,5	173	35,71	20,89
Марината, st	118	73,2	10,8	57,7	2,5	145,5	25,4	185	35,06	21,24
Среднее	116	69,6	9,1	71,8	2,2	156,5	27,6	190	37,7	19,41
НСР ₀₅		18,1	4,1	28,5	0,2	66,3	11,2	26,4	3,3	4,3
Среднепозднеспелые										
122	124	85,7	10,2	70,9	2,5	179,2	33,1	193	37,74	19,75
Батя, st	128	92,7	9,4	55,1	2,6	142,3	28,4	210	33,64	21,6
2341	129	83,5	12,2	92,9	2,2	204	27,3	136	38,89	19,06
Среднее	127	87,3	10,6	73	2,5	175,1	29,6	180	36,76	20,13
НСР ₀₅		15,5	1,5	29,6	0,1	66,5	5,1	22,5	4,8	1
Позднеспелые										
2348	133	104,9	12	82,8	2,1	173,5	28,2	164	38,48	18,9
ВНИИОЗ-85	134	96,4	10,7	61,4	1,9	116,5	20,1	181	39,12	16,93
ВНИИОЗ-91	135	95,6	15,9	66,8	2,5	163,1	22	145	37,11	19,61
153	137	120,1	13,7	67,9	2,2	148,4	31,7	222	41,2	17,33
Среднее	135	104,3	13,1	69,7	2,2	150,4	25,5	178	38,98	18,19
НСР ₀₅		24,2	3,1	12,7	0,1	26,1	9,2	32,7	3,1	1,8

критерий продуктивности. У изучаемых образцов внутрисортная вариабельность отмечена от 3,0 % (Марината) до 56,0 % (Соер-4) при средней изменчивости признака 23,6 %. Низкой вариабельностью признака отличаются стандартные сорта (Марината $C_v=3,0$ %, Батя $C_v=7,0$ %), формирующие более 140 шт. семян, а также раннеспелые 843-20-1 (109 шт., $C_v=6,0$ %), 827-4-23 (92 шт., $C_v=10,0$ %). Образцы Semu 8107 (162 шт., $C_v=8,0$ %) и 122 (179 шт., $C_v=9,0$ %) превзошли стандартный сорт Марината на 11,5 и

23,2 % соответственно.

Вариабельность массы семян с растения в среднем за годы исследований составила 19,6 % при внутрисортной от 6,0 % (Semu 8107) до 39,0 % (Соер-4). Среди раннеспелых сортов максимальная масса отмечена у образца Вецеауцес (22,4 г, $C_v=13,0$ %), среднеспелых – Mutante: Stamm 54/145 M4789/74 (28,3 г, $C_v=11,0$ %). Образцы Bydgoska 052, 122 и Нунь-цзян-да-доу сформировали высокую массу семян при относительно низкой внутрисортной вариабельности (12,0...19,0 %),

превышение стандартного сорта Батя при этом составила 14,0, 16,5 и 23,2 % соответственно.

Вариабельность массы 1000 семян за годы испытания составляла от 2,0 % (2341) до 21,0 % (Ласточка). Образцы Нунь-цзян-да-доу ($C_v=7,0$ %), 827-4-23 ($C_v=6,0$ %) и Fiskeby III ($C_v=7,0$ %) превысили значение признака у стандартного сорта Бати на 8,0...38,0 %.

Известно, что содержание белка в зерне сои варьируется в зависимости от географического расположения и в большей степени определяется воздействием метеорологических факторов в течение вегетационного периода. В различных почвенно-климатических зонах влияние метеорологических условий на биохимический состав семян сои неодинаково, что способствует формированию различий в их качестве и урожайности [10, 11].

В среднем по опыту содержание белка изменялось от 29,6 % (Semu 8001, 2022 г.) до 43,8 % (Омская 3, 2024 г.), при этом внутрисортная изменчивость варьировала от 2,0 % (образец 2341) до 12,0 % (Ласточка). Самое высокое накопление белка отмечено в 2024 г. (в среднем по опыту 39,2 %), низкое – в 2023 г. (36,9 %). В отдельные годы высокое содержание белка отмечали у разных образцов, однако стабильно высокое накопление отмечено только у раннеспелой Омской 3, у среднеспелого Нунь-цзян-да-доу и позднеспелого образца 153. Превышение по сравнению со стандартным сортом Марината составляет 20, 14,5 и 17,5 % соответственно.

Масличность семян определяли в 2023 и 2024 гг. и зафиксировали более высокие значения в более сухой и теплый 2023 г. Так, содержание жира в семенах в 2023 г. варьировало от 17,6 % (153) до 23,7 % (856-3-3); в 2024 – от 18,0 % (Омская 3) до 22,1 % (РАН-288), среднее значение показателя по опыту составило 22,9 и 20,8 % соответственно. У образцов Нунь-цзян-да-доу, РАН-288 и Semu 8001, в отличие от остальных, масличность была выше в 2024 г. Реакция сортов на изменяю-

щиеся условия была разной, сортовая изменчивость составила от 0,5 % (ВНИИОЗ-85) до 23,5 % (Mutante: Stamm 54/145 M4789/74). Максимальное содержание жира за два года исследований с низкой изменчивостью отмечено у образцов Semu 8107 (22,8 %), ВНИИОЗ-106 (22,0 %), что превышает стандартный сорт Батя на 5,6 и 1,8 % соответственно.

После статистической обработки данных методом кластерного анализа установлено, что в рассматриваемой генеральной совокупности выделяются пять хорошо различимых кластера (табл.3, рис. 3). Высокие значения коэффициентов вариации в некоторых кластерах для показателей продолжительность вегетационного периода, высота растений, количество семян с растения и масса 1000 семян свидетельствуют о большом размахе включенных в кластер сортов именно по этим характеристикам. Таким образом, для сортов, выделенных в кластер, характерен схожий набор признаков внутри каждого кластера и достоверные различия с другими группами для показателей: содержание белка и масла в семенах, число ветвей на растении, число бобов на продуктивный узел, масса семян с растения, количество семян в бобе.

Кластерный анализ позволил одновременно учитывать всю совокупность изучаемых признаков и сгруппировать сорта, обладающие различной селекционной ценностью.

Полученная дендрограмма позволит выбирать отдаленные сорта для дальнейшего скрещивания, что поспособствует расширению генетического разнообразия нового гибридного материала.

Ускорение селекционного процесса – главная задача селекционера и в этом широкую возможность дает использование молекулярных маркеров. Полногеномное ассоциативное исследование (GWAS) – один из передовых методов, используемых для выявления участков генома, связанных со многими экономически ценными характеристиками сельскохозяйственных культур. В последние несколько лет этот

Таблица 3. Статистические характеристики кластеров, объединяющих разные сорта сои (2022–2024 гг.)

I кластер			II кластер			III кластер			IV кластер			V кластер		
среднее	σ	C_v , %	среднее	σ	C_v , %	среднее	σ	C_v , %	среднее	σ	C_v , %	среднее	σ	C_v , %
Продолжительность вегетационного периода, дни														
105,4	5,7	32,9	112,1	11,8	139,5	126,5	8,5	72,6	99,2	2,1	4,5	120,7	12,3	152,4
Высота растений, см														
65	8,2	66,5	66,3	15,9	252	94,1	18,3	336,3	34	7,6	57,5	79,3	18,7	349,2
Высота прикрепления первого боба, см														
8,9	1,3	1,7	8,6	1,3	1,8	11	1,9	3,5	7,6	2	3,8	10,6	3	8,9
Число ветвей на растении, шт.														
4	1,1	1,3	3,8	1,1	1,2	4,6	1,4	1,9	3,9	0,8	0,6	6,5	1,8	3,2
Число бобов на растении, шт.														
70,2	8,4	70,8	60,2	4,9	23,9	68,7	10,6	112,3	41,6	9,7	93,9	87,6	10,1	102,6
Число бобов на продуктивный узел, шт.														
2,6	0,2	0,1	2,5	0,2	0,1	2,2	0,1	0,1	2,4	0,2	0,1	2,4	0,3	0,1
Масса семян с растения, г														
24,8	2,6	6,8	20,5	3,7	13,7	32,1	2,8	7,7	18	4,8	23	29,6	4,4	19
Количество семян с растения, шт.														
152	11,7	136,4	120,7	6,5	42,8	159,1	16,9	285	88,2	19,1	364,2	195	21	441,4
Количество семян в бобе, шт.														
2,2	0,2	0,1	2	0,2	0,1	2,3	0,3	0,1	2,2	0,3	0,1	2,2	0,2	0,1
Масса 1000 семян, г														
178,7	13,9	194	177,3	20,7	429,2	212,7	14,8	219,4	220,9	40,3	625,8	164,5	19,6	383,1
Содержание белка в семенах, %														
35,9	0,9	0,9	37	2	4,2	38,2	3,4	11,3	37,4	2,4	5,9	37,3	1,4	2
Содержание масла в семенах, %														
21,3	1,3	1,7	20,2	1,8	3,3	18,5	2,7	7,1	20,7	1,3	1,8	20,3	1,6	2,6

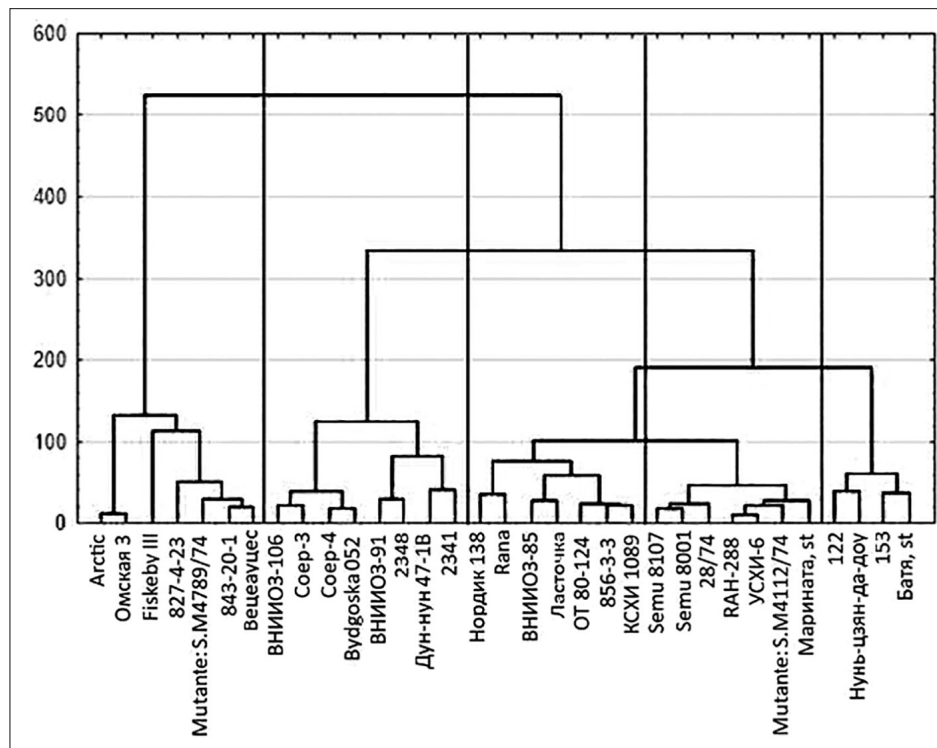


Рис. 3. Дендрограмма кластеризации сортов сои по селекционным признакам (среднее за 2022–2024 гг.).

метод активно развивается [12, 13]. Идентификация генов-кандидатов и разработка связанных с ними молекулярных маркеров – важнейшие этапы маркер-ассоциированной селекции [14].

Анализ полногеномных ассоциаций (GWAS) у 24 образцов проведенный в 2025 г. с помощью статистических моделей FarmCPU и BLINK выявил несколько значимых SNP:

glyma.Wm82.gnm4.Gm10_29783464,
glyma.Wm82.gnm4.Gm17_18957792,
glyma.Wm82.gnm4.Gm19_48709768,
glyma.Wm82.gnm4.Gm20_3018597,
glyma.Wm82.gnm4.Gm20_34925252, ассоциированные с продолжительностью вегетационного периода и
glyma.Wm82.gnm4.Gm02_22629465,
glyma.Wm82.gnm4.Gm04_7045933,
glyma.Wm82.gnm4.Gm17_20219353 – с временем цветения.

У раннеспелых и среднераннеспелых сортов участки хромосом, ассоциированные с продолжительным вегетационным периодом, не были обнаружены. У среднеспелых сортов маркеры обнаружены на разных хромосомах, а у сортов с периодом вегетации более 120 дней выявлены от одного до трех маркеров в генотипе. Раньше зацветают образцы, сочетающие в своем генотипе ассоциированные участки на 4 и 17 хромосомах, позже – только на 17 (табл. 4).

Образец 122 благодаря присутствию в генотипе уникальных аллелей на всех трех хромосомах, зацветает на уровне раннеспелых образцов. В позднеспелых образцах участки хромосом, ассоциированные с ранним цветением не обнаружены, исключение составляет сорт ВНИИОЗ-85. Интерес представляет сопоставление реакции генотипов на условия произрастания. Сокращение вегетационного периода у некоторых образцов в среднеспелой группе, которое наблюдалось на фоне более высоких температур в 2023 г., видимо связано с наличием двух маркеров

раннего цветения. Фенотипические проявления реакции образцов Батя и 2341 на меняющиеся условия практически одинаковы, однако генетический анализ подтверждает различие по генотипу, и это отражено на дендрограмме. Генотипирование позволяет выявить те различия между сортами, которые не проявляются фенотипически. Образцы Mutante: Stamm 54/145 M4789/74, 122 и ВНИИОЗ-85 имеющие уникальное сочетание аллелей, отвечающих за раннее цветение, будут использоваться в дальнейшем для создания максимально разнообразного гибридного материала. Полученные данные особенно ценны для маркер-вспомогательной селекции и дальнейшего повышения урожайности сои, поскольку они расширяют понимание системы,

лежащей в основе реализации этих сложных признаков. Однако малая выборка дает возможность сделать только предварительные выводы по характеру ассоциаций, поэтому исследования будут продолжены с расширенным набором маркеров.

Выводы. Проведенная сравнительная оценка позволила сгруппировать коллекционные сорта сои различного происхождения по комплексу взаимосвязанных признаков и отобрать генотипы с наилучшими технологическими и потребительскими свойствами с целью дальнейшего использования в селекционной работе. В результате анализа полученных данных определены источники хозяйственно ценных признаков и хорошей адаптацией к экстремальным условиям Среднего Приамурья. По скороспелости выделен польский образец Artic (97 дней), созревающий раньше Маринаты на 21 день. Раннеспелые образцы Rana (8,7 см) и Вецеауцес (11,2 см), наряду со стандартным сортом Марината (10,8 см), характеризуются стабильно высоким прикреплением первого боба ($C_v=5,0\%$, $C_v=6,0\%$ и $C_v=7,0\%$ соответственно). По числу бобов на растении выделен раннеспелый образец Вецеауцес, формирующий 57 бобов, что находится на уровне стандартов, и среднеспелые образцы Semu 8107, 28/74, формирующие более 70 бобов, что превысило стандарт Марината на 31,2 % и 37,4 % соответственно. Максимальное число семян в бобе отмечено у сортообразцов 827-4-23, 843-20-1, Омская 3 и Arctic (2,3 шт.), у образцов 122 и ВНИИОЗ-91 с более продолжительным периодом вегетации (124 и 135 дней) – 2,5 шт. По числу семян с растения образцы Semu 8107 и 122 (162 и 179 шт.) превзошли стандарт Марината на 11,5 и 23,2 % соответственно. Образцы Bydgoska 052, 122 и Нунь-цзян-да-доу формировали высокую массу семян с растения, превышение над стандартом Батя составило 14,0...23,2 %. Масса 1000 семян у образцов Нунь-цзян-да-доу, 827-4-23 и Fiskeby III была больше, чем у стандартного сорта Батя на 8,0...38,0 %. По ста-

Таблица 4. Результаты генотипирования

№ кат ВИР	Образец	Вегетацион- ный период, сутки	Расположение маркеров, увеличивающих вегетаци- онный период, хромосома				Расположение марке- ров раннего цветени- я, хромосома		
			10	17	19	20	2	4	17
Раннеспелые									
6456	Arctic	97							+
5581	827-4-23	98							+
6080	Rana	98							+
6436	Омская 3	99							+
Среднераннеспелые									
9999	ВНИИОЗ-106	101						+	+
5588	Fiskeby III	103							+
6785	Mutante: Stamm 54/145 M4789/74	103							+
10625	РАН-288	104						+	+
10611	ОТ 80-124	107							+
6790	28/74	109							+
Среднеспелые									
6777	Mutante: Stamm 54/145 M4112/74	111							+
4842	КСХИ 1089	115							+
5376	Дун-нун 47-1В	115				+		+	+
5564	Нунь-цзян-да-доу	117	+						+
6795	Bydgoska 052	117		+					
8896	Ласточка	118			+			+	+
	Марината, st	118	+			+		+	+
Среднепозднеспелые									
7372	122	124				+	+	+	+
	Батя, st	128			+	+		+	+
2341	2341	129	+		+	+			
Позднеспелые									
2348	2348	133				+			
9997	ВНИИОЗ-85	134			+	+			+
9998	ВНИИОЗ-91	135		+	+				
7951	153	137			+	+			

бильно высокому содержанию белка выделены Омская 3, Нунь-цзян-да-доу и 153, у которых оно превышало стандарт Марината на 14,5...20,0 %. По содержанию жира отличались образцы Сему 8107 (22,8 %), ВНИИОЗ-106 (22,0 %), превзошедшие стандарт Батя на 5,6 и 1,8 % соответственно.

По результатам анализа полногеномных ассоциаций (GWAS) выявлены значимые SNP, ассоциированные с продолжительностью вегетационного периода и временем цветения, которые распределены по хромосомам: 2, 4, 10, 17, 19 и 20. Вклад в генетический контроль вегетационного периода вносят множественные локусы с разными эффектами. У раннеспелых и среднераннеспелых сортов участки хромосом, ассоциированные с наиболее продолжительным вегетационным периодом, не обнаружены. У среднеспелых сортообразцов маркеры отмечены на разных хромосомах, а у образцов с периодом вегетации бо-

лее 120 дней выявлены от одного до трех маркеров в генотипе. Образцы Mutante: Stamm 54/145 M4789/74, 122 и ВНИИОЗ-85 имеющие уникальное сочетание аллелей, отвечающих за раннее цветение, будут использоваться в дальнейшем для создания максимально разнообразного гибридного материала.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены в рамках реализации Соглашения Минобрнауки РФ о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от 17 апреля 2025 г. № 75-15-2025-188

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. 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. № 4. С. 19–29. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29.
2. Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М. Адаптационные показатели перспективных сортов сои в условиях юга Дальнего Востока // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185. № 4. С. 47–58. doi: 10.30901/2227-8834-2024-4-47-58.
3. Изучение регенерантных линий сои по хозяйственно ценным и биохимическим характеристикам / Е. С. Бутовец, Л. М. Лукьянчук, Г. А. Кодирова и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185. № 2. С. 38–49. doi: 10.30901/2227-8834-2024-2-38-49.
4. Влияние сроков посева на урожайность различающихся по скороспелости образцов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в климатических условиях Иркутской области / Н. Б. Катышева, А. В. Поморцев, Н. В. Дорофеев и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185. № 3. С. 38–49. doi: 10.30901/2227-8834-2024-3-38-49.

5. Перфильев Р. Н., Щербань А. Б., Салина Е. А. Разработка панели маркеров для генотипирования отечественных сортов сои по генам, контролирующим срок вегетации и реакцию на фотопериод // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 7. С. 761–769. doi: 10.18699/VJ21.087.
6. Храмой В. К., Сихарулидзе Т. Д., Рахимова О. В. Обоснование оптимального срока посева сои в условиях центрального района Нечерноземной зоны // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. Т. 3. № 43. С. 98–102. doi: 10.18286/1816-4501-2018-3-98-102.
7. Цехмейструк Н. Г., Шелякин В. А., Магомедов Р. Д. Урожайность сортов сои в зависимости от климатических условий и зоны выращивания // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 49–52.
8. Фадеева М. Ф., Воробьева Л. В., Матвеева О. Л. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 66. №5. С. 59–63. doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63.
9. Синеговская В. Т., Очкурова В. В., Синеговский М. О. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 15–19. doi: 10.31857/S250026272005004X.
10. Хорняк М. П., Асеева Т. А. Влияние продолжительности вегетационного периода на урожайность и содержание белка в семенах коллекционных образцов сои в условиях Среднего Приамурья // Агронаука. 2024. Т. 2. № 2. С. 5–15. doi: 10.24412/2949-2211-2024-2-2-5-15.
11. Синеговский М. О. Перспективы производства сои в Дальневосточном Федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 13–16. doi: 10.30850/vrsn/2020/1/13-16.
12. He J., Gai J. Genome-Wide Association Studies (GWAS) // Plant Genotyping. Methods in Molecular Biology / eds Y. Shavrukov. 2023. Vol 2638. Humana, New York. P. 123–146. URL: https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-0716-3024-2_9 (дата обращения: 13.11.2025). doi: 10.1007/978-1-0716-3024-2_9.
13. Global status of genetic, genomic, and bioinformatics resources for pulse crop improvement // Breeding climate resilient and future ready pulse crops / eds D. S. R. Supriha, K. O. Swaroop, R. J. Shreeraksha, et al. 2025. P. 71–129. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-96-0483-8_4 (дата обращения: 13.11.2025). doi: 10.1007/978-981-96-0483-8_4.
14. Yield and yield component trait analysis with DArT genotyping for GWAS in soybean grown in drought conditions of Kazakhstan / A. Amangeldiyeva, R. Yezhebayeva, S. Mazkirat, et al. // Front. Plant Sci. 2025. No 16. Article 1674201. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1674201/full> (дата обращения: 13.11.2025). doi: 10.3389/fpls.2025.1674201.

References.

1. 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.
2. Butovets ES, Luk'ianchuk LM. [Adaptation indicators of promising soybean varieties in the south of the Far East]. Tr Prikl Bot Genet Sel. 2024;185(4):47-58. doi: 10.30901/2227-8834-2024-4-47-58. Russian.
3. Butovets ES, Luk'ianchuk LM, Kodirova GA, et al. [Study of regenerant soybean lines for economically valuable and biochemical characteristics]. Tr Prikl Bot Genet Sel. 2024;185(2):38-49. doi: 10.30901/2227-8834-2024-2-38-49. Russian.
4. Katysheva NB, Pomortsev AV, Dorofeev NV, et al. [Influence of sowing dates on the yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) accessions differing in early maturity under the climatic conditions of the Irkutsk region]. Tr Prikl Bot Genet Sel. 2024;185(3):38-49. doi: 10.30901/2227-8834-2024-3-38-49. Russian.
5. Perfil'ev RN, Shcherban' AB, Salina EA. [Development of a panel of markers for genotyping of domestic soybean varieties for genes controlling vegetation period and photoperiod response]. Vavilovskii Zhurn Genet Sel. 2021;25(7):761-9. doi: 10.18699/VJ21.087. Russian.
6. Khramoi VK, Sikharulidze TD, Rakhimova OV. [Justification of the optimal sowing date of soybean in the conditions of the central region of the Non-Chernozem zone]. Vestn Ul'ianovsk Gos S-kh Akad. 2018;3(43):98-102. doi: 10.18286/1816-4501-2018-3-98-102. Russian.
7. Tsekhmestruk NG, Sheliakin VA, Magomedov RD. [Yield of soybean varieties depending on climatic conditions and growing zone]. Vestn Belarus Gos S-kh Akad. 2016;(3):49-52. Russian.
8. Fadeeva MF, Vorob'eva LV, Matveeva OL. [Influence of weather conditions on technological traits and soybean yield in the northeastern part of the Russian Federation]. Agrar Nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018;66(5):59-63. doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63. Russian.
9. Sinegovskaja VT, Ochukurova VV, Sinegovskii MO. [Protein and fat content in seeds of soybean varieties of different genetic origin]. Ross S-kh Nauka. 2020;(5):15-9. doi: 10.31857/S250026272005004X. Russian.
10. Khorniak MP, Aseeva TA. [Influence of growing season duration on yield and protein content in seeds of soybean collection samples in the conditions of the Middle Amur region]. Agronauka. 2024;2(2):5-15. doi: 10.24412/2949-2211-2024-2-2-5-15. Russian.
11. Sinegovskii MO. [Prospects for soybean production in the Far Eastern Federal District]. Vestn Ross S-kh Nauki. 2020;(1):13-6. doi: 10.30850/vrsn/2020/1/13-16. Russian.
12. He J, Gai J. Genome-Wide Association Studies (GWAS). In: Shavrukov Y, editor. Plant Genotyping [Internet]. Methods in Molecular Biology. Vol. 2638. New York: Humana; 2023[cited 2025 Nov 13]. p. 123-46. Available from: https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-0716-3024-2_9. doi: 10.1007/978-1-0716-3024-2_9.
13. Supriha DSR, Swaroop KO, Shreeraksha RJ, et al. Global status of genetic, genomic, and bioinformatics resources for pulse crop improvement. In: Supriha DSR, Swaroop KO, Shreeraksha RJ, et al., editors. Breeding climate resilient and future ready pulse crops [Internet]. 2025 [cited 2025 Nov 13]. p. 71-129. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-96-0483-8_4. doi: 10.1007/978-981-96-0483-8_4.
14. Amangeldiyeva A, Yezhebayeva R, Mazkirat S, et al. Yield and yield component trait analysis with DArT genotyping for GWAS in soybean grown in drought conditions of Kazakhstan. Front Plant Sci [Internet]. 2025[cited 2025 Nov 13];(16):1674201. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1674201/full>. doi: 10.3389/fpls.2025.1674201.

Поступила в редакцию 27.11.2025 После доработки 16.12.2025 Принята к публикации 20.01.2026