

БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН И ПОТРЕБЛЕНИЕ АЗОТА ПОСЕВАМИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ СОИ

М. А. Магомедов¹, младший научный сотрудник лаборатории овощеводства, Magomed.magomadov_124@mail.ru, ORCID ID: 0009-0006-9434-3865;

М. Ш. Гаплаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, gaplaev63@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6638-6397;

А. Х. Козырев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, ironlag@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2790-7895.

¹ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1;

²Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», 363110, Россия, РСО-Алания, с. Михайловское, ул. Вильямса, д. 1.

Цель исследований заключалась в выявлении влияния регулирования фосфорно-калийного питания растений на динамику химического состава семян сои в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики. Объектами исследований являлись перспективные сорта сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка. В течение 2022...2024 гг. на черноземах выщелоченных создавали различную обеспеченность посевов сои доступными формами фосфора и калия. Установлено, что норма минеральных удобрений $P_{90} K_{60}$ является оптимальной для посевов сои в данных экологических условиях, так как обеспечивала лучшие условия для бобоворизобинального симбиоза. Это, в свою очередь, усиливало накопление азота в различных частях растений. В фазе формирования бобов листья обладали наибольшей концентрацией азота – 2,09...3,11%, в стеблях и корневой системе этот показатель варьировал в пределах 0,97...1,68% и 0,78...1,03% соответственно. В клубеньках содержание азота в период цветения составляло 2,46...4,69%, в фазу образования бобов – 3,03...4,80%, а при наливе семян – 1,94...3,29%. Удобренный фон способствовал повышению содержания белка и жира в семенах, и такая тенденция была характерна для всех изучаемых сортов. Сбор белка на контрольном варианте изменялся в пределах 877,6...1039,6 кг/га, а на удобренном фоне – 989,8,4...1158,7 кг/га. Аналогичные показатели по сбору жира были равны: 479,8...598,8 кг/га и 537,9...658,3 кг/га. Пиковые значения накопления сухого вещества по органам растений приходились на фазу формирования бобов, при этом основная масса сухого вещества была сосредоточена в листьях и стеблях. В фазу налива семян доля сухого вещества, накопленного в семенах, достигает максимальных значений – 1027,1...1651,3 кг/га. Потребление азота посевами нарастало в течение вегетации и достигало своих максимальных значений к фазе налива семян – 66,48...106,48 кг/га в контрольных вариантах и 99,03...137,70 кг/га на удобренном фоне.

Ключевые слова: соя, минеральный фон, содержание азота, потребление азота, биохимический состав семян.

Для цитирования: Магомедов М. А., Гаплаев М. Ш., Козырев А. Х. Биохимический состав семян и потребление азота посевами различных сортов сои // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, № 1. С. 74-80. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-102-1-74-80



BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SEEDS AND NITROGEN CONSUMPTION BY THE CROPS OF DIFFERENT SOYBEAN VARIETIES

M.A. Magomadov¹, junior researcher of the laboratory for vegetable growing, Magomed.magomadov_124@mail.ru, ORCID ID: 0009-0006-9434-3865;

M.Sh. Gaplaev¹, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of breeding and seed production, gaplaev63@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6638-6397;

A.Kh. Kozyrev², Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the department of adaptive landscape agriculture, ironlag@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2790-7895.

¹FSBSI Chechen Research Institute of Agriculture, 366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya Str., 1;

²North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture - the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Science, 363110, Russia, RNO-Alania, v. of Mikhailovskoe, Viliams Str., 1.

The purpose of the current study was to identify the impact of phosphorus-potassium nutrition on the dynamics of soybean seed chemistry in the forest-steppe part of the Chechen Republic. The objects of the study were the promising

soybean varieties Amadeus, SG SR Pikor, and Smuglyanka. Between 2022 and 2024, leached chernozems sown with soybean were supplied with various levels of available phosphorus and potassium. There has been established that the rate of mineral fertilizer P₉₀ K₆₀ was optimal for soybean crops under these environmental conditions, as it provided the best conditions for legume-rhizobial symbiosis. This, in turn, enhanced nitrogen accumulation in various plant parts. During the phase of bean formation, the leaves had the highest nitrogen concentration of 2.09–3.11%, while in the stems and root system, this value ranged from 0.97–1.68% and 0.78–1.03%, respectively. The nitrogen content in nodules was 2.46–4.69% during the flowering period, 3.03–4.80% during the phase of bean formation, and 1.94–3.29% during the period of bean filling. The fertilized background has increased the protein and oil percentage in beans, and this trend was characteristic of all the studied varieties. Protein yield in the control variant ranged from 877.6 to 1039.6 kg/ha, and in the fertilized background it varied from 989.8.4 to 1158.7 kg/ha. Similar indicators for oil yield were from 479.8 to 598.8 kg/ha and from 537.9 to 658.3 kg/ha. Peak dry matter accumulation in plant organs occurred during the phase of bean formation, with the bulk of the dry matter concentrated in the leaves and stems. During the period of bean filling, the proportion of dry matter accumulated in beans reached its maximum values of 1027.1–1651.3 kg/ha. Nitrogen consumption by crops has raised throughout the vegetation period and reached its maximum values by the period of bean filling with 66.48–106.48 kg/ha in the control variants and 99.03–137.70 kg/ha in the fertilized variants.

Keywords: soybean, mineral background, nitrogen content, nitrogen consumption, biochemical composition of beans.

Введение. Увеличение производства растительного белка в России весьма актуально. Сокращение посевных площадей под зерновыми бобовыми культурами и бобовыми травами привело к снижению валовых сборов зерна бобовых культур, содержания в урожае протеина, а в почве гумуса. В связи с этим особую значимость приобретает культура сои, наиболее приспособленная к экологическим условиям юга России.

Соя является высокобелковой и масличной культурой, поэтому она нашла широкое применение в питании человека, животных, рыбы, птицы, а также в промышленности.

Современное развитие отраслей животноводства сопровождается возрастающей потребностью в кормах с высоким содержанием белка. После извлечения масла из соевых бобов остаются побочные продукты – жмых и шрот, которые служат ценными ингредиентами для комбикормов. Помимо этого, зеленая масса сои также может использоваться в качестве питательного корма для крупного рогатого скота и других животных (Ашиев и др. 2024; Хабибуллин и др., 2025).

К преимуществам сои следует отнести: высокое содержание двух важных источников питания – белка (35...45%) и жира (17...26 %); способность фиксировать азот из атмосферного воздуха; экологичность и низкозатратность; высокая технологичность; широкий спектр использования. Нет более технологичной культуры, чем соя. Она используется многосторонне и практически на сто процентов. В будущем, по мере развития науки и техники, значение сои будет возрастать, так как она дает продукты питания и сырье для промышленности. Однако производство зерна сои сдерживается, в значительной степени, из-за ее низкой урожайности.

На территории Чеченской Республики, как и во многих регионах России, отмечается значительный дефицит белка как в рационе животных, так и в питании населения. Основными причинами этой проблемы выступают высокая стоимость мясной, молочной и рыбной продукции и ограниченные финансовые возможности большинства жителей. Оптимальным решением задачи белкового дефицита становится внедрение растительных источников белка, так как они значительно дешевле, чем продукты животного происхождения. В этом контексте особое значение приобретает использование сои и продуктов ее переработки, которые, кроме белка, обеспечивают решение дефицита пищевого масла.

Следует отметить, что соя является сравнительно новой для сельского хозяйства Чеченской Республики культурой. Несмотря на ее безусловные преимущества, широкое распространение выращивания сои началось лишь в последние годы. Хотя традиционно основным регионом возделывания этой культуры был Дальний Восток, современные исследования указывают на наличие значительных возможностей для ее развития и в европейской части России (Кижаяева и др., 2023). В частности, на Северном Кавказе климатические и почвенные условия оказываются более благоприятными, что позволяет получать урожаи в полтора-два раза выше, чем на востоке страны. С точки зрения потребностей в тепле и влаге соя близка к таким культурам, как кукуруза и подсолнечник, что создает предпосылки для успешного ее выращивания во всех областях, где эти культуры уже традиционно возделываются.

В последние годы научными учреждениями России были выведены новые высокоурожайные сорта сои, адаптированные к разнообразным климатическим условиям. Разработаны эффективные агротехнические приемы, позволяющие получать стабильно высокие урожаи (Юшкевич и др., 2022). Большой опыт успешного выращивания сои накоплен в различных регионах страны (Нурлыгаянов и др., 2021; Москвичев и др., 2023). Вместе с тем, для получения максимальных результатов требуется неукоснительное соблюдение научно обоснованных рекомендаций по выбору сортов и приемов выращивания с учетом местных экологических особенностей (Степных и др., 2022).

Внедрение сои в сельскохозяйственное производство Чеченской Республики способно внести вклад в решение целого комплекса экономических и экологических вопросов. Использование соевого жмыха и шрота в качестве кормовых добавок позволит сократить расход традиционного фуражного зерна. Кроме того, производство сои обеспечит население более доступным и питательным белком, а также растительным маслом. Выращивание этой культуры способствует улучшению структуры почв и снижению зависимости от минеральных азотных удобрений за счет использования биологического азота, что благоприятно сказывается на экологическом балансе (Завалин и Свиридова, 2024). В результате сельскохозяйственные предприятия получают возможность повысить свою экономическую устойчивость.

Цель исследований заключалась в выявлении

влияния регулирования фосфорно-калийного питания растений на динамику химического состава семян сои в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования осуществлялись в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья, характеризующейся умеренно влажным климатом, с коэффициентом увлажнения 0,33...0,60, среднегодовым количеством атмосферных осадков 600...800 мм. Зимы здесь, как правило, проходят без суровых морозов, а летние месяцы сопровождаются умеренно высокой температурой. С апреля по октябрь фиксируется порядка 60...70 суток, когда наблюдаются засушливые периоды и суховеи, что может оказывать влияние на агроценозы. Начало активной вегетации растений приходится, как правило, на вторую половину апреля.

Почвенный покров представлен чернозёмом выщелоченным средней мощности, подстилаемый галечником, с преобладанием тяжелосуглинистого механического состава. Значение кислотности – близкая к нейтральной (рН 6,9). Поглотительная способность почвы составляет 22,1...23,6 мг-экв./100 г. Наличие гумуса в пахотном слое опытного участка составляет 3,9 %. Обеспеченность доступными формами питательных элементов – средняя по азоту (118...122 мг/кг) и фосфору (76...80 мг/кг), выше среднего – по калию (88...91 мг/кг).

Исследования проводили в 2022...2024 годах на базе Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства, что обеспечивало комплексность и системность в оценке признаков и потенциала новых сортов. Для получения объективных данных применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической

обработки получаемой информации. Полевые опыты закладывались по классической схеме: четырехкратная повторность и рендомизированное размещение делянок, с общей площадью делянки 72 м², учетной площадью 49 м².

Объектами исследований являлись агроценозы перспективных сортов сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка.

Предмет исследований – биохимический состав семян сои и закономерности его формирования на фоне применения минеральных удобрений в условиях лесостепи Чеченской Республики.

В полевом опыте в качестве минерального фона изучали норму фосфорных и калийных удобрений Р₉₀К₆₀. 20 кг/га фосфора вносили непосредственно при посеве, остальную часть фосфорных удобрений и всю норму калийный удобрений – под зяблевую вспашку.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2014) и программой статистической обработки данных Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Рациональное обеспечение растений фосфором и калием способствует формированию благоприятных условий для функционирования бобово-ризобияльного симбиоза (Bekuzarova et al., 2020). Это, в свою очередь, положительно влияет на накопление азота в растительных тканях на протяжении всего периода наблюдений. При этом азот распределяется по вегетативным органам неодинаково: листья содержат его наибольшее количество, тогда как в стеблях и корнях концентрация значительно ниже (табл. 1).

Таблица 1. Динамика содержания азота в органах растений различных сортов сои в зависимости от минерального фона, % АСВ (среднее за 2022–2024 гг.)
Table 1. Dynamics of nitrogen content in plant organs of different soybean varieties depending on the mineral background, % DAB (mean in 2022–2024)

Орган растения	Амадеус		СГ СР Пикор		Смуглянка	
	контроль	Р ₉₀ К ₆₀	контроль	Р ₉₀ К ₆₀	контроль	Р ₉₀ К ₆₀
3-й тройчатый лист						
Листья	3,45	3,64	3,60	3,74	3,63	3,77
Стебли	3,42	3,44	3,43	3,48	3,51	3,57
Корни	1,97	2,04	1,91	2,11	2,06	2,21
Цветение						
Листья	2,55	2,67	2,59	2,75	2,63	3,07
Стебли	1,64	1,98	1,71	2,00	1,74	2,11
Корни	1,24	1,52	1,28	1,64	1,33	1,69
Клубеньки	3,14	3,40	3,21	3,47	3,56	4,09
Образование бобов						
Листья	2,48	2,89	2,53	3,05	2,58	3,40
Стебли	1,21	1,57	1,42	2,00	1,48	2,18
Корни	0,88	0,99	0,90	1,03	0,93	1,29
Клубеньки	3,41	3,66	3,46	3,83	3,87	4,55
Бобы	3,43	3,91	3,49	4,12	3,59	4,51
Налив семян						
Листья	1,71	2,30	1,72	2,64	1,86	2,92
Стебли	0,67	0,71	0,69	0,78	0,75	0,89
Корни	0,42	0,54	0,44	0,52	0,48	0,73

Продолжение таблицы 1

Клубеньки	2,35	2,45	2,39	2,67	2,41	2,91
Створки	0,87	0,94	0,84	0,99	0,91	1,06
Семена	5,77	6,09	5,80	6,12	6,18	6,44
Полная спелость						
Стебли	0,44	0,53	0,47	0,56	0,50	0,67
Корни	0,22	0,32	0,25	0,34	0,29	0,38
Створки	0,33	0,49	0,37	0,51	0,40	0,57
Семена	5,64	5,81	5,72	6,09	5,94	6,29

В фазу третьего тройчатого листа содержание азота в листьях различных сортов варьировало в пределах 3,45...3,63 % в контрольных вариантах и увеличилось до 3,64...3,77 % при применении P₉₀ K₆₀. Аналогичные показатели по стеблям составили 3,42...3,51 и 3,44...3,57 %, по корням – 1,91...2,06 и 2,04...2,21 %. Анализируя динамику накопления азота в растениях сои можно отметить, что в период цветения происходит уменьшение концентрации данного элемента в листьях, стеблях и корнях по сравнению с предыдущими фазами развития. Это связано с тем, что на данном этапе значительная часть азота расходуется на формирование структурных частей растения. Начиная с фазы формирования бобов и далее, отмечается снижение содержания азота в вегетативных органах, что обусловлено его перераспределением в пользу генеративных органов.

Концентрация азота в клубеньках также меняется в зависимости от этапа развития. В фазу цветения уровень азота находился в пределах от 3,14 до 4,09 %, тогда как на стадии формирования бобов он увеличивался до 3,41...4,55 %. В период налива семян отмечалось некоторое снижение – от 2,35 до 2,9 %, что

указывает на максимальную потребность растения в азоте между этапами цветения и началом формирования плодов.

Что касается семян, то наибольшее накопление азота фиксировалось во время налива – значения составляли 5,77...6,44 %, а к моменту полной спелости – от 5,64 до 6,29 %.

Сравнительный анализ различных сортов сои по концентрации азота показал одинаковые тенденции. Однако, содержание азота в органах растений сорта СГ СР Пикор по всем фазам развития была выше, нежели у сорта Амадеус, а сорт Смуглянка демонстрировал наилучшие показатели среди исследуемых вариантов.

Установлено, что увеличение содержания азота в семенах сопровождается ростом содержания белка. Например, у разных сортов содержание белка в разные годы на контрольном варианте варьировало в пределах 36,24...40,65 %. Показатели по удобренному варианту были несколько выше – 37,34...41,67 % (табл. 2).

Таблица 2. Биохимический состав семян различных сортов сои в зависимости от минерального фона (среднее за 2022–2024 гг.)

Table 2. Biochemical composition of beans of different soybean varieties depending on the mineral background (mean in 2022–2024)

Показатель	Амадеус		СГ СР Пикор		Смуглянка		НСР ₀₅ (АВ)
	контроль	P ₉₀ K ₆₀	контроль	P ₉₀ K ₆₀	контроль	P ₉₀ K ₆₀	
Содержание белка, %	40,65	41,67	36,24	37,34	37,24	38,53	0,85
Содержание жира, %	20,45	20,54	22,98	23,76	22,57	22,85	0,22
Урожайность, т/га	2,47	2,70	2,52	2,71	2,58	2,75	0,09
Сбор белка, кг/га	1000,2	1120,9	908,7	1021,7	957,0	1056,2	
Сбор жира, кг/га	502,8	552,5	576,7	643,8	579,9	626,1	

На контроле посева испытывали недостаток фосфорно-калийного питания, что в определенной степени снижало как содержание белка, так и жира. Удобренный фон (P₉₀ K₆₀) способствовал не только повышению содержания белка, но и жира. И такая тенденция была характерна для всех изучаемых сортов. Также выявлено, что сбор белка в контрольных вариантах варьировал от 908,7 до 1000,2 кг/га, тогда как за счет активизации симбиотической азотфиксации эти показатели составляли 1021,7...1120,9 кг/га. Аналогичные показатели по сбору жира были равны: 502,8...579,9 кг/га и 552,5...643,8 кг/га. Такая законо-

мерность прослеживалась во все годы исследований.

Накопление сухого вещества посевами является важным показателем продукционного процесса. Наименьшее накопление сухого вещества в растениях наблюдалось в фазе третьего тройчатого листа. В естественных условиях (контрольный вариант) за разные годы данный показатель изменялся от 206,4 до 307,5 кг/га, а при внесении удобрений – от 244,4 до 329,5 кг/га. Максимальные показатели по накоплению сухого вещества в различных органах растений наблюдались в фазе образования бобов (рис. 1).

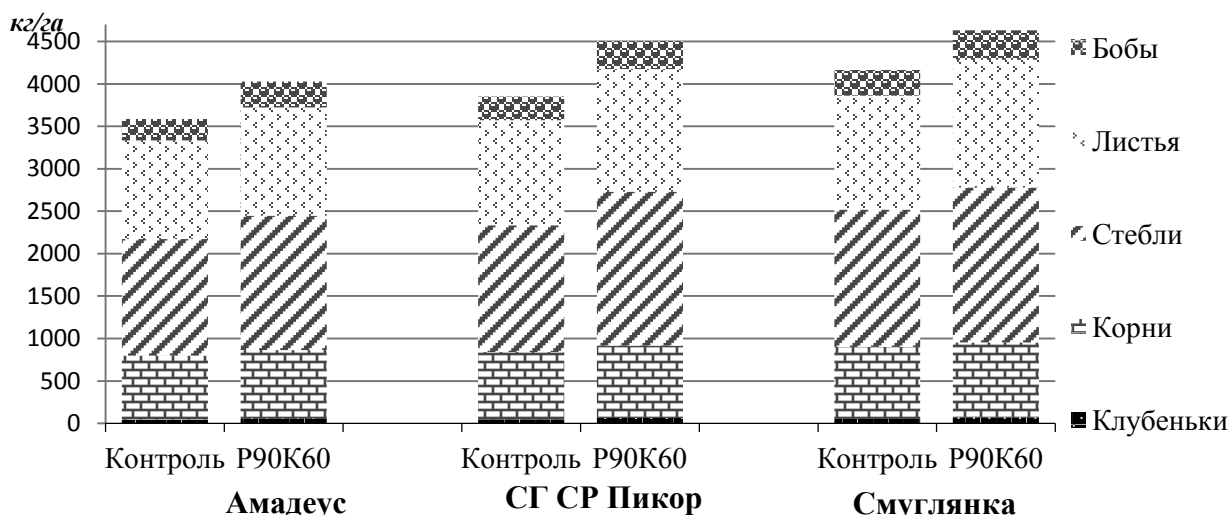


Рис. 1. Накопление сухого вещества различными органами растений сои, фаза образования бобов, кг/га (среднее за 2022–2024 гг.)

Fig. 1. Dry matter accumulation by various soybean plant organs, phase of bean formation, kg/ha (mean in 2022–2024)

В среднем за годы исследований в различных органах растений сорта Амадеус было накоплено в контрольном варианте 3587,2 кг/га сухого вещества, причем, наибольшее его количество – в стеблях и листьях. По варианту P₉₀K₆₀ это значение составило 4029,4 кг/га, в стеблях – 1583,6 кг/га, в листьях – 1275,9 кг/га. Аналогичные показатели сорта СГ СР Пикор составили 3852,8; 4503,5; 1812,5; 1445,7 кг/га, сорта Смуглянка – 4165,1; 4632,7; 1826,4; 1503,0 кг/га.

В фазу налива семян накопление сухого вещества несколько сократилось, причем, доля сухого вещества в семенах достигла максимальных значений: 1106,8...1651,3 кг/га у сорта Амадеус, 1166,6...1656,1 кг/га у сорта СГ СР Пикор, 1211,6...1646,1 кг/га у сорта Смуглянка. Аналогичные показатели в фазу полной спелости вследствие естественного усыхания были меньше в среднем на 3...7%.

Зная содержание азота в органах растений сои и динамику накопления сухого вещества, рассчитали динамику потребления азота посевами.

Исследования показали, что в начальные фазы роста и развития растений (3-й тройчатый лист) различия между вариантами по потреблению азота были минимальными. Это связано тем, что в этот период растения (проростки) использовали в основном азот семян. Кроме того, свыше 90 % азота было сконцентрировано в листьях и стеблях. В фазу цветения потребление азота (всего) по вариантам и сортам варьировало от 46,45 кг/га до 89,53 кг/га. По органам растения оно распределилось следующим образом: листья – 24,90...44,13 кг/га, стебли – 15,21...33,60 кг/га, корни – 5,54...9,06 кг/га, клубеньки – 0,80...2,86 кг/га (табл. 3).

Таблица 3. Динамика потребления азота различными органами растений сои в зависимости от минерального фона, кг/га (среднее за 2022–2024 гг.)

Table 3. Dynamics of nitrogen consumption by various soybean plant organs depending on the mineral background, kg/ha (mean in 2022–2024)

Фаза развития	Орган растения	Амадеус		СГСР Пикор		Смуглянка	
		контроль	P ₉₀ K ₆₀	контроль	P ₉₀ K ₆₀	контроль	P ₉₀ K ₆₀
3-й тройчатый лист	Листья	3,93	4,52	4,33	4,70	4,57	4,97
	Стебли	3,91	4,53	4,16	4,80	4,40	5,01
	Корни	0,52	0,60	0,62	0,72	0,68	0,84
	Всего	8,36	9,65	9,11	10,22	9,65	10,78
Цветение	Листья	24,90	31,37	26,99	35,09	29,60	44,13
	Стебли	15,21	25,77	17,46	28,18	18,83	33,60
	Корни	5,54	7,47	6,18	9,06	7,53	8,97
	Клубеньки	0,80	1,80	1,01	2,09	1,28	2,86
	Всего	46,45	66,41	51,65	74,72	57,25	89,53

Продолжение таблицы 3

Образование бобов	Листья	29,34	37,13	31,99	44,32	35,23	51,31
	Стебли	15,90	27,11	21,47	36,02	24,23	41,64
	Бобы	8,83	11,89	9,83	13,50	10,90	15,67
	Корни	6,59	7,95	7,12	8,77	8,17	9,27
	Клубеньки	1,46	2,16	1,67	2,40	1,99	3,06
	Всего	62,12	86,23	72,08	105,02	80,53	120,74
Налив семян	Листья	7,90	13,66	8,67	16,93	10,48	21,68
	Стебли	4,56	5,94	5,04	7,35	5,96	9,12
	Корни	1,29	2,83	1,61	3,35	1,88	5,50
	Клубеньки	0,31	0,92	0,32	1,19	0,37	1,55
	Створки	1,98	2,69	2,19	2,95	2,59	3,50
	Семена	68,22	86,47	74,35	90,46	82,21	102,45
	Всего	84,26	112,66	91,51	122,24	103,49	143,79
Полная спелость	Стебли	4,08	6,01	4,46	6,89	5,18	9,42
	Корни	0,85	1,41	1,08	1,82	4,67	2,71
	Створки	0,98	1,67	1,24	1,92	1,63	2,15
	Семена	60,30	75,05	67,71	86,76	77,41	92,98
	Всего	66,21	84,14	74,49	97,38	88,89	107,27

Аналогичные показатели фазы образования бобов составили: 29,34...51,31; 15,90...41,64; 6,59...9,27 и 1,46...3,06 кг/га. Потребление азота в бобах в эту фазу колебалось в пределах: 8,83...15,67 кг/га.

В период формирования семян основной поток азота, поступающего как из почвенного слоя, так и за счёт атмосферной фиксации, направляется к репродуктивным частям растений. На завершающей стадии этого процесса наблюдается выраженное перемещение питательных компонентов из вегетативных частей – таких как листья, стебли и корни – в развивающиеся семена, что сопровождается заметным снижением содержания азота в указанных органах по сравнению с фазой формирования бобов. В это же время семена становятся основным аккумулятором азота – в них сосредотачивается свыше 80 % общего объёма данного элемента.

К фазе полной спелости потребление азота в стеблях, корнях, створках и семенах немного уменьшается по сравнению с предыдущей фазой. Это связано с потерей некоторого количества азота посевами при отмирании мелких корней, при опадении недоразвитых бобов и усыхающих листьев, в то время как в семенах концентрируется 85...90 % общего накопленного азота.

Изучив биохимический состав, содержание и потребление азота посевами различных сортов сои можно заключить, что регулирование обеспеченности растений фосфором и калием положительно влияет на развитие симбиотических отношений между бобовыми культурами и ризобияльными микроорганизмами. Это способствует увеличению запасов азота во всех исследуемых органах растений, а также повышению содержания белка и жира в семенах всех изучаемых сортов.

Выводы. Оптимизация фосфорно-калийного питания растений усиливает накопление азота в различных частях растений. Наибольшие значения его кон-

центрации отмечались в период от цветения до начала формирования бобов, когда все органы растения, включая клубеньки, испытывают острую потребность в азоте: листья – 2,09...3,11%, стебли – 0,97...1,68 %, корневая система – 0,78...1,03 %, клубеньки – 3,41...4,55 %.

На контрольных посевах растения испытывали недостаток фосфорно-калийного питания, что в определенной степени снижало как содержание белка, так и жира. Удобрённый фон, наоборот, способствовал их повышению, и такая тенденция была характерна для всех изучаемых сортов. Сбор белка в контрольных вариантах варьировал от 908,7 до 1000,2 кг/га, тогда как при улучшении минерального питания эти показатели составляли 1021,7...1120,9 кг/га. Аналогичные показатели по сбору жира были равны: 502,8...579,9 кг/га и 552,5...643,8 кг/га.

Пиковые значения накопления сухого вещества по органам растений приходятся на фазу формирования бобов, при этом основная масса сухого вещества сосредоточена в листьях и стеблях. В фазу налива семян доля сухого вещества, накопленного в семенах, достигает максимальных значений – 1106,8...1656,1 кг/га.

По мере роста и развития растений сои нарастало и потребление азота посевами, достигая своих пиковых значений к фазам образования бобов и налива семян. Максимальное потребление азота в фазу образования бобов приходилось на листья – 29,34...51,31 кг/га и стебли – 15,90...41,64 кг/га, а в фазу налива семян – на семена – 68,22...102,45 кг/га.

Финансирование. Финансирование за счет средств бюджета ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Библиографический список

1. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В., Кравченко Н.С. Урожайность, качество зерна и сбор белка образцов гороха посевной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2024. № 16(3).

С. 12-17. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-12-17

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

3. Завалин А.А., Свиридова Л.А. Роль биологического азота в земледелии России // *Агрохимия*. 2024. № 8. С. 1-6. DOI 10.31857/S0002188124080019

4. Кизжаева В.Е., Пешкова В.О., Бреднев Д.Ю. Продуктивность и адаптивность зернобобовой культуры сои в агроклиматических условиях аридной зоны Поволжья на мелкоконтурных участках капельного орошения // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023. № 2(46). С. 35-45. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-35-45

5. Москвичев А.Ю., Агапова С.А., Корженко И.А. Отзывчивость зернобобовых культур на различные элементы технологий их возделывания в условиях Волгоградской области // *Природообустройство*. 2023. № 3. С. 52-58. DOI 10.26897/1997-6011-2023-3-52-58

6. Нурлыгаянов Р.Б., Исламгулов Д.Р., Гиниятова Ф.Ф., Зайнагабдинов А.Ф. Зернобобовые культуры в Республике Башкортостан // *Аграрная наука*. 2021. № 10. С. 64-69. DOI 10.32634/0869-8155-2021-353-10-64-69

7. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М., Копылова С.А. Стратегическое значение диверсификации растениеводства // *Земледелие*. 2022. № 2. С. 7-13. DOI 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13

8. Хабибуллин К.Н., Газе В.С., Кувшинова Е.К., Ашиев А.Р. Изучение коллекционного материала сои в условиях Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2025. № 17(2). С. 46-51. DOI 10.31367/2079-8725-2025-97-2-46-51

9. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Ющенко Д.Н., Кашинская С.П. Агротехническая оценка зернобобового предшественника в плодосменном севообороте южной лесостепи Западной Сибири // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 9(186). С. 87-94. DOI 10.36718/1819-4036-2022-9-87-94

10. Bekuzarova S.A., Kozyrev A.Kh., Shabanova I.A., Lushchenko G.V., Vaisfeld L.I. Enhancing of nitrogen fixation by legumes // II International Scientific Conference "Plants and Microbes: The Future of Biotechnology" (PLAMIC2020). Vol. 23. Saratov: EDP Sciences, 2020. P. 02006. DOI 10.1051/bioconf/20202302006.

References

1. Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V., Kravchenko N.S. Urozhajnost', kachestvo zerna i sbor belka obrazcov gorokha posevnogo selekcii FGBNU «ANC «DonskoJ» [Productivity, grain quality, and protein yield of pea samples developed by the FSBSI "ARC "Donskoy"] // *Zernovoe khozyajstvo Rossii*. 2024. № 16(3). С. 12-17. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-12-17

2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with basics of statistical analysis of the study results)]. М.: Al'yans, 2014. 351 s.

3. Zavalin A.A., Sviridova L.A. Rol' biologicheskogo azota v zemledelii Rossii [The role of biological nitrogen in Russian agriculture] // *Agrokhimiya*. 2024. № 8. С. 1-6. DOI 10.31857/S0002188124080019

4. Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., Brednev D.YU. Produktivnost' i adaptivnost' zernobobovoy kul'tury soi v agroklimaticheskikh usloviyakh aridnoy zony Povolzh'ya na melkokonturnykh uchastkakh kapel'nogo orosheniya [Productivity and adaptability of the leguminous soybean crop in the arid part of the Volga region on shallow-contour drip irrigation plots] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023. № 2(46). С. 35-45. DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-35-45

5. Moskvichev A.YU., Agapova S.A., Korzhenko I.A. Otzyvchivost' zernobobovykh kul'tur na razlichnye ehlementy tekhnologiy ikh vozdel'yvaniya v usloviyakh Volgogradskoy oblasti [Response of leguminous crops to various cultivation technologies in the Volgograd Region] // *Природообустройство*. 2023. № 3. С. 52-58. DOI 10.26897/1997-6011-2023-3-52-58

6. Nurlygayanov R.B., Islamgulov D.R., Giniyatova F.F., Zainagabdinov A.F. Zernobobovye kul'tury v Respublike Bashkortostan [Leguminous crops in the Republic of Bashkortostan] // *Agramaya nauka*. 2021. № 10. С. 64-69. DOI 10.32634/0869-8155-2021-353-10-64-69

7. Stepanykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M., Kopylova S.A. Strategicheskoe znachenie diversifikatsii rastenievodstva [The strategic importance of crop diversification] // *Zemledelie*. 2022. № 2. С. 7-13. DOI 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13

8. Khabibullin K.N., Gaze V.S., Kuvshinova E.K., Ashiev A.R. Izuchenie kolekcionnogo materiala soi v usloviyakh Rostovskoy oblasti [The study of soybean collection material in the Rostov Region] // *Zernovoe khozyajstvo Rossii*. 2025. № 17(2). С. 46-51. DOI 10.31367/2079-8725-2025-97-2-46-51.

9. Yushkevich L.V., Shchitov A.G., Yushchenko D.N., Kashinskaya S.P. Agrotekhnicheskaya ocenka zernobobovogo predshestvennika v plodosmennom sevooborote yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Agrotechnical estimation of the leguminous forecrop in the crop rotation of the southern forest-steppe of Western Siberia] // *Vestnik KraSGAU*. 2022. № 9(186). С. 87-94. DOI 10.36718/1819-4036-2022-9-87-94

10. Bekuzarova S.A., Kozyrev A.Kh., Shabanova I.A., Lushchenko G.V., Vaisfeld L.I. Enhancing of nitrogen fixation by legumes // II International Scientific Conference "Plants and Microbes: The Future of Biotechnology" (PLAMIC2020). Vol. 23, Saratov: EDP Sciences, 2020. P. 02006. DOI 10.1051/bioconf/20202302006.

Поступила: 10.06.25; доработана после рецензирования: 12.09.25; принята к публикации: 12.09.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Магомадов М.А. – подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных; Гаплаев М.Ш. – обоснование актуальности исследований, анализ данных и их интерпретация; Козырев А.Х. – концептуализация исследования, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.