

EDN XZRBUF

DOI 10.5281/zenodo.19217306

УДК: 635.655:631.55

Тедеева В. В.¹, Абаев А. А.², Тедеева А. А.¹

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ДИНАМИКУ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПОСЕВАМИ СОИ

¹Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»;

²ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»

Реферат. Соя (*Glycine max*) с её разнообразным применением считается суперсовременной культурой, она входит в тройку значимых культур земледелия. Именно соя стоит в основе агропродовольственного потенциала человечества. Цель проведенных исследований – установить динамику потребления основных элементов минерального питания (азота, фосфора и калия) посевами сои в зависимости от применения различных биопрепаратов. Исследования проведены в 2023–2025 гг. в лесостепной зоне Республики Северная Осетия-Алания. Объектом исследований являлись посевы сои с применением инокулянта «Фиксат Соя», биопрепарата «БиоЭкоГум» и концентрированного микробиологического раствора почвообразующих микроорганизмов, микро- и макроэлементов в гидрогранулах «Бактобион ЭМ-Г». Выявлено, что максимальное накопление азота сравнительно контроля в растениях сои наблюдалось при применении микробиологического раствора «Бактобион ЭМ-Г» в фазе налива семян – 88,2 кг/га (Иристон), 68,7 кг/га (Пума), 68,9 кг/га (Селена). Наибольшее накопление фосфора у сои отмечается также в фазе налива семян, когда разница между опытными вариантами составила по сортам: Иристон – 4,61; 1,23; 4,89; Пума – 2,65; 1,70; 8,83; Селена – 4,70; 1,32; 4,98 кг/га по сравнению с контролем. В зависимости от изучаемых факторов максимальное накопление калия отмечено в фазе образования бобов: у сорта Иристон – 17,6; 17,5; 22,6; Пума – 23,9; 18,0; 30,4; Селена – 18,3; 18,2; 23,3 кг/га по сравнению с контролем. Применение «Бактобион ЭМ-Г» приводило к повышению урожайности посевов всех изучаемых сортов, повышение составило от 22,7 до 36,4 %. Показатели продуктивности с применением «БиоЭкоГум» немного уступали и составили от 10,8 до 13,8 % по сравнению с контролем. В зависимости от действия инокулянтов и биопрепаратов, прибавка урожая семян сои составила: у сорта Иристон – 0,34; 0,21; 0,44 т/га, Пума – 0,35; 0,22; 0,71 т/га, Селена – 0,41; 0,25; 0,66 т/га.

Ключевые слова: соя (*Glycine max*), инокулянт, сорт, биоактивный почвенный концентрат, биопрепараты, урожайность.

Для цитирования: Тедеева В. В., Абаев А. А., Тедеева А. А. Влияние биопрепаратов на динамику потребления элементов минерального питания посевами сои // Таврический вестник аграрной науки. 2026. № 1(45). С. 271–282. EDN: XZRBUF. DOI: 10.5281/zenodo.19217306.

For citation: Tedeewa V. V., Abaev A. A., Tedeewa A. A. Influence of biological products on the dynamics of mineral nutrition elements uptake in soybean crops // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2026. No. 1 (45). P. 271–282. EDN: XZRBUF. DOI: 10.5281/zenodo.19217306.

Введение

В биологизации земледелия соя является перспективной культурой в РСО-Алания, так как отличается от других бобовых культур высококачественным

составом зерна. Соя, как культурное растение, обладает значительным агрономическим потенциалом и представляет собой важный источник питательных веществ. В зависимости от условий произрастания, семена сои содержат 30–35 % белка, 16–28 % масла, а также до 30 % витаминов и углеводов, что делает сою ценным продуктом как для производственных, так и для кормовых целей. Возделывание сои в мировом масштабе является необходимым и эффективным способом решения проблемы кормового и пищевого белка [1, 2].

В Республике Северная Осетия-Алания урожайность сои значительно ниже ее продуктивности, что говорит о неполном использовании биоклиматического потенциала местности. В последние годы производство сои в нашей республике увеличивается. При возделывании сои немаловажное значение имеет подбор районированных сортов, приспособленных к местным климатическим условиям, а также их скороспелость. Поздние сорта в почвенно-климатических условиях предгорной зоны республики не успевают созревать. Поэтому разработка некоторых элементов в агротехнологии возделывания сои, подбор более приспособленных сортов является актуальной задачей науки [3–5].

Культура сои – отличный предшественник для всех сельскохозяйственных культур, ее отличительная особенность – способность фиксировать атмосферный азот (N_2) благодаря клубеньковым бактериям, которые живут в верхнем слое почвы и в фазе прорастания семени прикрепляются к корням растений. В процессе жизнедеятельности они образуют клубеньки, которые усваивают молекулярный азот из атмосферы [6–8].

Увеличения урожайности сои с хорошими качественными показателями в Северо-Кавказском регионе можно добиться путем использования биопрепаратов, стимуляторов роста нового поколения, вводя их как обязательный агротехнический прием. Повышение общей культуры земледелия, выращивание районированных сортов, применение биопрепаратов с целью более полного использования питательных элементов будет способствовать увеличению производства этой необходимой культуры, повышению плодородия почвы, улучшению качества получаемой продукции, оптимизации экологической обстановки в республике [9–11]. Однако в настоящее время действие биопрепаратов недостаточно изучено в условиях лесостепной зоны РСО-Алания, а имеющиеся данные недостаточно исследованы. Поэтому изучение биопрепаратов в растениеводстве РСО-Алания является актуальной задачей.

Цель исследований – изучить динамику потребления элементов минерального питания (азот, фосфор, калий) посевами сои в зависимости от применения биопрепаратов, выявить наиболее эффективные из них и рекомендовать производству.

Материалы и методы исследований

Опыты закладывали на полях Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства, расположенных на территории сельского поселения Михайловское, РСО-Алания. Период проведения исследований охватывает 2023–2025 гг. Почвы территории представлены черноземом выщелоченным, по механическому составу – тяжелосуглинистые иловато-пылеватые. Валовое содержание гуминовых кислот варьирует в пределах 5,20–6,30 %, а уровень кислотности от 5,1 до 5,7 % (ГОСТ 26483-85). Отличительной особенностью данного подтипа почв является высокий запас питательных веществ: общий азот (от 0,24 до 0,45 %) (ГОСТ 26951-86), фосфор (от 0,20 до 0,30 %), калий (от 1,60 до 2,30 %) (ГОСТ 26201-91) [12].

Метеоусловия, сопутствующие вегетации растений, существенно отличались по тепло- и влагообеспеченности (таблица 1). В 2023 г. наблюдали менее благоприятные условия: за вегетационный период выпало лишь 502 мм осадков, что составляет 91,4 % от нормы, средняя многолетняя температура составляла 14,2 °С (что на 0,5 °С ниже многолетней нормы), а относительная влажность воздуха превышала норму на 1,3 %.

В 2024 г. за вегетационный период выпало 578 мм осадков (105,3 % от многолетней нормы), что делает этот год весьма благоприятным для роста сои. По температурному режиму год также отличался от предыдущего: температура воздуха превышала на 0,2 °С среднюю многолетнюю норму.

В заключительный год закладки опытов весна была более теплой, с частыми возвратами холодов в апреле-мае. В летний период погода была относительно стабильной, периодически наблюдалось существенное выпадение осадков в виде ливней. Осень – выражено теплая. За весь вегетационный период 2025 г. выпало не менее 518 мм осадков, что сопоставимо с 94,3 % от нормы. Температура воздуха за период вегетации – 14,4 °С, что превысило на 0,2 °С норму за много лет, а относительная влажность была на 1,6 % ниже нормы. Следовательно, метеорологические условия за годы проведения исследований в целом складывались благоприятно для возделывания сои.

Все учеты, наблюдения и анализы растительных образцов сои проводили в соответствии с установленными методиками, что обеспечивало высокую точность и надежность полученных данных. Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа (методика Б. А. Доспехова) [13].

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов за годы проведения исследований в условиях лесостепной зоны РСО-Алания

Год	Месяц								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	III-X
Атмосферные осадки, мм									
Многолетние	29	25	107	127	94	67	60	40	549
2023	31	34	111	132	90	72	59	49	578
2024	22	20	96	109	90	69	64	32	502
2025	27	21	102	114	90	65	58	41	518
Температура воздуха, °С									
Многолетняя	6,1	8,6	14,3	18,0	20,6	20,3	15,4	9,6	14,2
2023	5,3	7,9	14,1	17,6	20,1	20,0	14,9	9,7	13,7
2024	6,3	8,9	14,5	18,2	20,9	20,5	15,6	9,9	14,4
2025	6,4	9,1	14,5	18,4	21,1	20,4	15,5	9,8	14,4
Относительная влажность воздуха, %									
Многолетняя	82	84	75	73	72	72	78	80	77,0
2023	84	87	77	76	73	73	77	79	78,3
2024	80	79	72	70	69	71	76	78	74,4
2025	81	81	74	73	70	69	76	79	75,4

Приведем краткую характеристику применяемых биопрепаратов.

«Фиксат Соя» – инокулянт для обработки семян сои. Предназначен для образования клубеньков, обеспечения растений доступным азотом, накопления его в почве. Обеспечивает растение азотом в критические фазы развития, повышает урожайность и увеличивает содержание протеина в бобах, снижает затраты на минеральные удобрения.

«БиоЭкоГум» – жидкий гуминовый биопрепарат для возделывания зерновых и зернобобовых культур, разработанный НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр» – Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова. Натуральное биоудобрение отличается экономичностью производства и использования, а также экологической безопасностью (не токсичностью), играет важную роль в развитии сельскохозяйственных растений, обеспечивая им минеральное питание, предохраняет почвы от истощения, восстанавливает их естественное плодородие, повышает процент всхожести сельскохозяйственных культур, увеличивает урожайность, улучшает потребительские свойства полученной сельскохозяйственной продукции.

«Бактобион ЭМ-Г» – биоактивный почвенный концентрат. Концентрированный микробиологический раствор почвообразующих микроорганизмов, микро- и макроэлементов в гидрогранулах. Гранула «Бактобион ЭМ-Г» постепенно, по мере надобности растениям, отдаёт из себя полезные удобрения, микроорганизмы и воду, уменьшаясь в объёме. При избытке воды в почве, например, после дождя или обильного полива, гидрогранула «Бактобион ЭМ-Г» впитывает её в себя, удерживая в оболочке, тем самым не даёт полезным веществам и воде вымываться и способствовать загниванию корневой системы, производит рыхление почвы.

Предшественником сои на исследуемом участке являлась озимая пшеница, что также могло оказать влияние на результаты исследований.

Обработка почвы была проведена осенью и включала: дискование стерни с использованием БД-10, агрегатируемой с трактором МТЗ-1221», после внесения минеральных удобрений ($N_{20}P_{60}K_{60}$) на опытном участке провели вспашку на глубину 20–25 см. Весной перед посевом провели культивацию зяби КПС-4,0 на глубину 12–14 см, в два следа. Сою высевали вручную, широкорядным способом посева с междурядьями 45 см, нормой посева – 500 тыс. всхожих семян на 1 га.

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки семян и растений);
2. «Фиксат Соя» 1,5 л/т (обработка посевного материала);
3. «БиоЭкоГум» 2,5 л/т (обработка посевного материала);
4. «Бактобион ЭМ-Г» (внесение гранул при посеве семян в почву, из расчета 20 шт. в лунку) – 9 кг/га.

Повторность опыта – трехкратная, рендомизированным методом. Общая площадь опыта – 1800 м², учетная площадь одной делянки – 54 м².

Из многочисленных сортов сои изучали сорта: Иристон (местной селекции НИИР «ИрАгро», включен в реестр допущенных в 2020 г.), Пума (очень ранний) и Селена (ранний), оригинатор – ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар). Данные сорта районированы в Северо-Кавказском регионе.

Результаты и их обсуждение

Азот играет одну из важнейших ролей, являясь обязательным компонентом всех белковых веществ, составляющих химическую основу протоплазмы; при этом именно в этом элементе растения испытывают наиболее острый дефицит. Бобовые культуры, в частности соя, способны некоторую часть потребности в азоте удовлетворить за счёт симбиотической азотфиксации, активность которой и определяет во многом его содержание и потребление [14–17].

Одним из важных и эффективных приемов защиты посевов сои от вредных факторов является обработка посевного материала (перед посевом). Целью инокуляции семян является повышение продуктивности сельскохозяйственных культур [18–20].

По данным авторов Б. У. Сулейманова и А. Т. Сейтменбетова, применение гуминового препарата «БиоЭкоГум» при возделывании зерновых и зернобобовых культур в условиях юго-востока Казахстана и предпосевная обработка семян раствором повышает всхожесть растений на 10–30 %. Внекорневая подкормка растений усиливает рост и развитие растений, повышает урожайность зерна от 14 до 80 % [21].

Динамика потребления азота растениями сои и его распределение по органам в зависимости от условий выращивания соответствовали динамике накопления сухой массы отдельными органами и содержанию в них азота. Так как улучшение фосфорного питания и обработка семян повышали накопление сухого вещества растениями и содержание азота в отдельных органах, то различия в показателях по вариантам опыта были существенными (таблица 2). К фазе третьего тройчатого листа накопление азота в отдельных органах практически не различалось как по вариантам опыта, так и по годам исследований, поскольку к этому времени проростками использовался, в основном, азот семян, при этом около половины объема азота семени проростки концентрировали в листьях.

Таблица 2 – Накопление азота растениями сои (кг/га) в зависимости от применения биопрепаратов (в среднем за три года)

Фаза развития растений	Вариант				НСР ₀₅
	Контроль	«Фиксат Соя»	«БиоЭкоГум»	«Бактобион ЭМ-Г»	
Иристон					
Третий тройчатый лист	9,7	10,5	8,7	12,2	0,25
Цветение	54,7	88,8	83,0	103,3	0,26
Образование бобов	63,2	110,7	95,0	142,4	0,25
Налив семян	90,4	134,3	118,7	178,6	0,32
Полная спелость	76,1	117,5	100,3	138,4	0,27
Пума					
Третий тройчатый лист	8,6	10,5	8,8	11,7	0,24
Цветение	53,2	86,1	82,0	98,2	0,19
Образование бобов	61,7	108,2	98,1	120,3	0,24
Налив семян	83,3	133,1	113,6	152,0	0,30
Полная спелость	71,7	111,3	106,7	142,4	0,27
Селена					
Третий тройчатый лист	8,5	10,4	8,7	11,6	0,24
Цветение	53,1	85,1	81,0	97,1	0,19
Образование бобов	61,6	107,1	97,0	119,2	0,24
Налив семян	82,1	124,0	112,5	151,0	0,29
Полная спелость	70,7	110,2	105,6	141,3	0,47

В период цветения растений сои более половины запасов азота концентрировалось в листьях как в главном ассимилирующем органе растения. Инокулянт «Фиксат Соя» способствовал увеличению накопления азота в фазе налива семян у сорта Иристон в отношении к контролю в пределах 43,9 кг/га, сорта Пума и Селена – 49,8 и 41,9 кг/га соответственно. Максимальный уровень накопления азота в фазе налива семян был зафиксирован при применении раствора «Бактобион ЭМ-Г», для всех сортов он составил 88,2; 68,7 и 68,9 кг/га соответственно. Показатели накопления азота в растениях с применением гуминового биопрепарата «БиоЭкоГум» уступали другим опытным вариантам и

составили по сортам: Иристон – 28,3 кг/га, Пума – 30,3 кг/га и Селена – 30,4 кг/га соответственно.

С начала образования бобов весь поступающий в растение из почвы и фиксированный из воздуха азот направляется в репродуктивные органы. Кроме того, в конце налива семян начинается реутилизация азота из листьев, стеблей и корней генеративными органами. К периоду фазы полной спелости в контрольном варианте растения сои сорта Иристон теряют 14,3 кг/га азота, с применением «Фиксат Соя» – 16,8 кг/га, «БиоЭкоГум» – 18,4 кг/га, «Бактобион ЭМ-Г» – 43,2 кг/га, по сорту Пума эти показатели составили: 11,6; 21,8; 6,9; 9,6 кг/га, по сорту Селена – 11,4; 13,8; 6,9; 9,7 кг/га соответственно. Отмечено также снижение количества азота, аккумулированного растениями сои в фазе полной спелости при благоприятных погодных условиях, до 1,26 раз. Следует отметить, что достаточно высокая норма азота существенно повышает его содержание в органах растений сои до налива семян, тогда как в другие фазы вегетации концентрация азота существенно не отличалась [22]. За весь период исследований высокая норма азота увеличивала вынос элементов питания растениями на 19 %.

Данные по динамике потребления фосфора растениями сои и распределению по органам в зависимости от применяемых биопрепаратов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Накопление фосфора растениями сои (кг/га) в зависимости от применения биопрепаратов (в среднем за три года)

Фаза развития растений	Вариант				НСР ₀₅
	Контроль	«Фиксат Соя»	«БиоЭкоГум »	«Бактобион ЭМ-Г»	
Иристон					
Третий тройчатый лист	1,13	1,32	1,29	1,56	0,07
Цветение	11,24	11,69	12,36	14,41	0,12
Образование бобов	15,07	16,38	16,15	16,12	0,16
Налив семян	14,27	18,88	15,50	19,16	0,17
Полная спелость	11,17	14,63	14,94	16,96	0,15
Пума					
Третий тройчатый лист	1,28	1,35	1,19	1,53	0,03
Цветение	10,65	11,69	12,77	11,03	0,08
Образование бобов	13,03	14,42	14,46	13,83	0,13
Налив семян	14,89	17,54	16,59	23,72	0,18
Полная спелость	12,35	16,45	13,86	17,09	0,15
Селена					
Третий тройчатый лист	1,11	1,31	1,27	1,54	0,13
Цветение	11,13	11,67	12,34	14,39	0,12
Образование бобов	14,09	16,36	16,13	16,10	0,16
Налив семян	14,16	18,86	15,48	19,14	0,11
Полная спелость	11,06	14,61	14,91	16,94	0,14

Установлено, что наибольшее накопление фосфора у сои, как и других элементов минерального питания, отмечается в фазе налива семян у всех изучаемых сортов. К фазе образования бобов большая часть фосфора сосредотачивается в листьях и стеблях. Далее идет его реутилизация в семена, и к фазе налива семян в них находится более половины запасов фосфора, а к полной спелости – 70,5–81,1%. Большая часть фосфора в фазе образования бобов концентрировалась в листьях растения, стеблях. При реутилизации фосфора в семена, к фазе налива семян,

больше половины запасов азота аккумулируется. Экспериментами установлено максимальное накопление фосфора именно в период фазы налива семян, когда разница между опытными вариантами составила по сорту Иристон – 0,61; 1,23; 5,63, по сорту Пума – 2,65; 1,7; 8,83, по сорту Селена – 4,26; 1,32; 4,98 кг/га относительно контрольного варианта. Необходимо отметить, что от периода фазы налива семян до периода полной спелости с опаданием листьев растения сои теряют фосфор: у сорта Иристон – контроль – 3,1, «Фиксат Соя» – 4,25; «БиоЭкоГум» – 0,56; «Бактобион ЭМ-Г» – 2,2, сорта Пума и Селена – 2,54; 1,09; 2,73; 6,13 и 3,1; 0,25; 0,57; 2,53 кг/га соответственно»

Динамика накопления калия отличалась от динамики накопления азота и фосфора. Если максимальное количество азота и фосфора накапливалось в растениях к фазе налива семян, то накопление калия протекало раньше – к периоду фазы образования бобов (таблица 4).

Таблица 4 – Накопление калия растениями сои (кг/га) в зависимости от применения биопрепаратов (в среднем за три года)

Фаза развития растений	Вариант				НСР ₀₅
	Контроль	«Фиксат Соя»	«БиоЭкоГум»	«Бактобион ЭМ-Г»	
Иристон					
Третий тройчатый лист	5,92	7,08	6,15	7,81	0,17
Цветение	55,0	67,2	71,9	71,5	0,19
Образование бобов	61,0	78,6	78,5	83,6	0,12
Налив семян	46,7	73,4	53,7	73,0	0,11
Полная спелость	30,0	43,1	44,2	52,7	0,13
Пума					
Третий тройчатый лист	6,31	6,60	5,81	7,84	0,08
Цветение	50,9	71,7	74,1	77,4	0,10
Образование бобов	58,7	82,6	76,7	89,1	0,12
Налив семян	47,5	64,4	59,7	93,1	0,14
Полная спелость	32,2	47,3	38,0	50,8	0,11
Селена					
Третий тройчатый лист	5,90	6,58	6,13	7,79	0,03
Цветение	54,8	67,0	71,7	71,3	0,14
Образование бобов	60,1	78,4	78,3	83,4	0,13
Налив семян	46,5	73,2	63,5	72,8	0,26
Полная спелость	29,7	42,0	44,0	52,5	0,29

Физиологическая роль калия в растениях – способствовать передвижению пластических веществ. Повышенная концентрация калия в растениях сои необходима в период образования бобов, то есть передвижения пластических веществ. После этого калий эксудировался из растения в среду [17]. В зависимости от изучаемых факторов максимальное накопление калия отмечено в фазе образования бобов: у сорта Иристон – 17,6; 17,5; 22,6, Пума – 23,9; 18,0; 30,4, Селена – 18,3; 18,2; 23,3 кг/га относительно контрольного варианта. Наши исследования показали, что количество калия в растениях снизилось с фазы образования бобов до полной спелости почти в 1,5–2,0 раза.

На рисунке представлены авторские фото посевов сои во время вегетационного периода. Изучаемые факторы влияли на урожайность сортов сои. У сорта сои Иристон, с применением «Фиксат Соя», урожайность увеличивалась на

0,34 т/га по сравнению с контролем, при применении «БиоЭкоГум» – на 0,21 т/га, и с применением «Бактобион ЭМ-Г» – на 0,54 т/га. Использование «Бактобион ЭМ-Г» приводило к повышению урожайности посевов всех изучаемых сортов, где прибавка составила 22,7–36,4 %. Показатели продуктивности с применением «БиоЭкоГум» немного уступали и составили от 10,8 до 13,8 % по сравнению с контролем (таблица 5). Если сравнивать между собой изучаемые сорта сои, стоит отметить, что наибольшей урожайностью в контрольном варианте (без применения биопрепаратов) отличался сорт сои Пума – 20,1 т/га, что по сравнению с другими сортами выше на 0,8 т/га (Иристон) и 2,0 т/га (Селена).



Рисунок – сорт сои Иристон (авторское фото)

Прибавка урожая от действия инокулянтов и биопрепарата составила у сорта Иристон 0,34; 0,21; 0,44 т/га, Пума – 0,35; 0,22; 0,71 т/га и Селена – 0,41; 0,25; 0,66 т/га.

Таблица 5 – Урожайность и экономическая эффективность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов (в среднем за три года)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Стоимость затрат на 1 га, тыс./руб.	Себестоимость 1 т., руб.	Стоимость в ценах реал., тыс./руб.	Себестоимость реал. прод., тыс./руб.	Чистый доход с 1 га, тыс./руб.	Уровень рентабельности, %
Сорт Иристон								
Контроль	1,93	-	40,0	20,7	75,3	40,0	35,3	88,3
«Фиксат Соя»	2,27	0,34	42,0	18,5	88,5	42,0	46,5	110,7
«БиоЭкоГум»	2,14	0,21	42,5	19,9	83,5	42,5	41,0	96,5
«Бактобион ЭМ-Г»	2,47	0,44	41,5	16,8	96,3	41,5	54,8	132,0
НСР ₀₅	0,35							
Сорт Пума								
Контроль	2,01	-	40,0	19,9	78,4	40,0	38,4	96,0
«Фиксат Соя»	2,36	0,35	42,0	17,8	92,0	42,0	50,5	119,0
«БиоЭкоГум»	2,23	0,22	42,5	19,1	86,9	42,5	44,4	104,5
«Бактобион ЭМ-Г»	2,72	0,71	41,5	15,3	106,1	41,5	64,6	155,7
НСР ₀₅	0,33							
Сорт Селена								
Контроль	1,81	-	40,0	22,1	70,6	40,0	30,6	76,5
«Фиксат Соя»	2,22	0,41	42,0	18,9	86,6	42,0	44,6	106,2
«БиоЭкоГум»	2,06	0,25	42,5	20,6	80,3	42,5	37,8	88,9
«Бактобион ЭМ-Г»	2,46	0,66	41,5	16,9	95,9	41,5	54,4	131,1
НСР ₀₅	0,34							

Стоимость затрат в контрольном варианте составила 40 тыс. руб./га, в вариантах с применением «Фиксат Соя» – 42 тыс. руб./га, «БиоЭкоГум» – 42,5 тыс. руб./га, а при применении «Бактобион ЭМ-Г» затраты увеличились и составили 41,5 тыс. руб./га. Уровень рентабельности при внесении биопрепаратов в посадках сорта Иристон повышался от 8,2 до 43,7 %, Пума – от 8,5 до 59,7 %, Селена – от 12,4 до 54,6 % соответственно.

Выводы

Экспериментальные исследования доказали положительное влияние биопрепаратов на динамику потребления элементов минерального питания посевами сои. Обработка семян инокулянт «Фиксат Соя» способствовала увеличению накопления азота в фазе налива семян: у сорта Иристон в сравнении с контрольным вариантом – 43,9 кг/га, Пума – 49,8 кг/га и Селена – 41,9 кг/га. Максимальный уровень был зафиксирован при применении «Бактобион ЭМ-Г» и составил по сортам Иристон, Пума и Селена – 88,2; 68,7 и 68,9 кг/га в фазе налива семян.

Наибольшее накопление фосфора отмечено также в фазе налива семян, разница между вариантами составила: для сорта Иристон – 0,61; 1,23; 5,63 кг/га, Пума – 2,65; 1,7; 8,83 кг/га, Селена – 4,26; 1,32; 4,98 кг/га относительно контроля.

Максимальное накопление калия у растений сои зафиксировано в фазе образования бобов. В зависимости от изучаемых факторов значения составили: для сорта Иристон – 17,6; 17,5; 22,6 кг/га, Пума – 23,9; 18,0; 30,4, Селена – 18,3; 18,2; 23,3 кг/га в сравнении с контролем.

Биопрепараты оказывали существенное влияние на формирование урожайности сои. Так, для сорта сои Иристон урожайность в среднем во всех вариантах опыта составила 2,29 т/га, что на 18,7 % превышало контроль, для сортов Пума и Селена – 2,29 т/га или 13,9 % и 2,25 т/га или 24,3 % соответственно. Уровень рентабельности от применения биопрепаратов составил по сорту Иристон в среднем – 113,1 %, Пума – 126,4 %, Селена – 108,7 %, что превышало контрольные варианты на 24,8; 30,4; 32,2 % соответственно.

Литература

1. Аллабердиев Д., Эйков А., Довлетмаммедов М. Характеристика сои и выращивания сои в сельском хозяйстве // A Posteriori. 2024. № 1. С. 35–38.
2. Васин В. Г., Васина Н. В., Шишина А. С., Васин А. В., Кулясов С. Н. Влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетический аппарат и продуктивность сои в условиях Самарской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4 (48). С. 20–26. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-26.
3. Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.
4. Князев Б. М., Назранов Х. М., Князева Д. Б. Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от влажности почвы в степной зоне // Известия Кабардино-Балкарского Государственного Аграрного Университета им. В.М. Кокова. 2022. № 4 (38). С. 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20.
5. Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В., Канцер Г. П., Плющева Н. М. Основные аспекты агротехнологии для эффективного производства сои в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2017. № 2. С. 17–18.
6. Казаченко И. Г. Продуктивность различных сортов сои разной скороспелости в лесостепной зоне РСО-Алания. Дисс. ... канд. с-х наук. Владикавказ, 2003. 173 с.
7. Резвякова С. В., Еремин Л.П. Повышение урожайности сои на основе защиты от грибных болезней // Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 77–83. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.77.
8. Степанов А. С., Асеева Т. А., Дубровин К. Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1 (192). С. 10 –19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.

9. Абаев А. А., Тедеева А. А., Хохоева Н. Т., Тедеева В. В., Келехсашвили Л. М. Усовершенствованные технологии возделывания перспективных сортов зернобобовых культур в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. Владикавказ: Мавр, 2018. 72 с.
10. Тедеева А. А., Хохоева Н. Т., Тедеева В. В. Усовершенствованные элементы технологии возделывания зернобобовых культур // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 59–64.
11. Мухаметханова С.С., Толоконников В. В., Канцер Г. П., Плющева Н. М. Сортовые особенности водопотребления сои // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 19–22. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-2.
12. Бясов К. Х. Почвы центрального экспериментального участка Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства // Труды СКНИИГПСХ. 1974. Вып. 1. С. 44–54.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по требованию, 2013. 349 с.
14. Михайлова Н. Н., Елисеева Л. В., Елисеев И. П. Применение подкормки микробиологическими препаратами «Азовит» и «Фосфавит» на посевах гороха // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22.
15. Дозоров А. В., Воронин А. В. Динамика азота в растениях и качество семян сортов сои // Вестник Ульяновской ГСХА. 2012. № 2 (18). С. 8–13.
16. Заргарян Н. Ю., Кекало В. В., Немченко В. П., Ефремов В. П. Влияние агротехнологий на микробиологический состав почвы // Агрохимический вестник. 2022. № 4. С. 34–39. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-4-006.
17. Хамоков Х. А., Хамоков Э. Х. Оптимальные варианты основной и предпосевной обработок почвы под посевы сои в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2014. № 2 (4). С. 23–25.
18. Aliyeva A. Effect on soybean growth of sowing time and fertilizers // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7. No. 5. P. 121–126. DOI: 10.33619/2414-2948/66/15.
19. Ansabayeva A. S., Ashirbekova I. A. Influence of soybean seeding standards on its qualitative characteristics // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. No. 3(118). P. 227–234. DOI: 10.51452/kazatu.2023.3(118).1448.
20. Zolotukhina A. A., Machikhin A. S., Guryleva A. V., Nesterov G. V., Tedeewa V. V. Algorithm for the spatial-spectral correction of data captured by a multispectral camera // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2025. Vol. 89. No. 4. P. 590–594. DOI: 10.1134/S1062873825710852.
21. Сулейменов Б. У., Сейтменбетова А. Т. Применение жидкого гуминового биопрепарата «БиоЭкоГум» при возделывании зерновых и зернобобовых культур // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 4. С. 64–84. DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.
22. Katsenios N., Andreou V., Sparangis P., Djordjevic N., Giannoglou M., Chanioti S., Kasimatis C. N., Kakabouki I., Leonidakis D., Danalatos N., Katsaros G., Efthimiadou A. Assessment of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of sweet corn // Scientific Reports. 2022. No. 12. (1). Art. No. 11598. DOI: 10.1038/s41598-022-16044-2.

References

1. Allaberdiev D., Eyekov A., Dovletmyammedov M. Characteristics of soybean and soybean cultivation in agriculture // A Posteriori. 2024. No. 1. P. 35–38.
2. Vasin V. G., Vasina N. V., Shishina A. S., Vasin A. V., Kulyasov S. N. Influence of agrotechnological elements of cultivation on photosynthetic apparatus and productivity of soybeans under conditions of Samara region // Legumes and Groat Crops. 2023. No. 4 (48). P. 20–26. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-26.
3. Galichenko A. P., Fokina E. M. Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 7 (222). P. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.
4. Knyazev B. M., Nazranov Kh. M., Knyazeva D. B. Symbiotic and photosynthetic activities of soybean plants depending on soil moisture in the steppe zone // Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 2022. No. 4 (38). P. 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20.
5. Koshkarova T. S., Tolokonnikov V. V., Kantser G. P., Plyushcheva N. M. Key aspects of agricultural technology for efficient soybean production under irrigation // Irrigated agriculture. 2017. No. 2. P. 17–18.
6. Kazachenko I. G. Productivity of different soybean varieties of different maturity periods in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania. Diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Vladikavkaz, 2003. 173 p.
7. Rezvyakova S. V., Eremin L. P. Increasing soybean yield based on protection against fungal diseases // Bulletin of Agrarian Science. 2021. No. 3 (90). P. 77–83. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.77.

8. Stepanov A. S., Aseyeva T. A., Dubrovin K. N. The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the Primorsky region) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 1 (192). P. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
9. Abaev A. A., Tedeeva A. A., Khokhoeva N. T., Tedeeva V. V., Kelekhsashvili L. M. Improved technologies for cultivating promising varieties of grain legumes in the foothills of the Central Caucasus. Vladikavkaz: Mavr, 2018. 72 p.
10. Tedeeva A. A., Khokhoeva N. T., Tedeeva V. V. Advanced elements of technology for leguminous crops cultivation // Advances in Current Natural Sciences. 2018. No. 7. P. 59–64.
11. Mukhametkhanova S.S., Tolokonnikov V. V., Kantser G. P., Plyushcheva N. M. Variety features of water consumption of soy // Irrigated agriculture. 2021. No. 3. P. 19–22. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-2.
12. Byasov K. Kh. Soils of the central experimental site of the North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture // Trudy Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gornogo i predgornogo sel'skogo khozyajstva. 1974. Vol. 1. P. 44–54.
13. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2013. 349 p.
14. Mikhailova N. N., Eliseeva L. V., Eliseev I. P. Application of fertilizing with microbiological preparations “Azotovit” and “Fosfatovit” on pea crops // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 2 (217). P. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22.
15. Dozorov A. V., Voronin A. V. Dynamics of nitrogen in plants and quality seeds of soybean // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2012. No. 2 (18). P. 8–13.
16. Zargaryan N. Yu., Kekalo A. Yu., Nemchenko V. V., Efremov V. P. Influence of agricultural technologies on microbiological composition of soil // Agrochemical Herald. 2022. No. 4. P. 34–39. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-4-006.
17. Khamokov H. A., Khamokov E. H. The best options for primary and pre-treatment of soil for sowing soybean in the foothill zone of Kabardino-Balkaria // Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2014. No. 2 (4). P. 23–25.
18. Aliyeva A. Effect on soybean growth of sowing time and fertilizers // Bulletin of Science and Practice. 2021. Vol. 7. No. 5. P. 121–126. DOI: 10.33619/2414-2948/66/15.
19. Ansabayeva A. S., Ashirbekova I. A. Influence of soybean seeding standards on its qualitative characteristics // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. No. 3(118). P. 227–234. DOI: 10.51452/kazatu.2023.3(118).1448.
20. Zolotukhina A. A., Machikhin A. S., Guryleva A. V., Nesterov G. V., Tedeeva V. V. Algorithm for the spatial-spectral correction of data captured by a multispectral camera // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2025. Vol. 89. No. 4. P. 590–594. DOI: 10.1134/S1062873825710852.
21. Suleimenov B. U., Seitmenbetova A. T. The use of liquid humic biological preparation “BioEcoGum” in the cultivation of grain and leguminous crops // Soil Science and Agrochemistry. 2022. No. 4. P. 64–84. DOI: 10.51886/1999-740X_2022_4_64.
22. Katsenios N., Andreou V., Sparangis P., Djordjevic N., Giannoglou M., Chanioti S., Kasimatis C. N., Kakabouki I., Leonidakis D., Danalatos N., Katsaros G., Efthimiadou A. Assessment of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of sweet corn // Scientific Reports. 2022. No. 12. (1). Art. No. 11598. DOI: 10.1038/s41598-022-16044-2.

UDC 635.655:631.55

Tedeeva V. V., Abaev A.A., Tedeeva A. A.

INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE DYNAMICS OF MINERAL NUTRITION ELEMENTS UPTAKE IN SOYBEAN CROPS

Summary. Soybean (*Glycine max*) is a crop of significant commercial importance due to its diverse uses, ranking among the top three most important agricultural crops globally. It constitutes the cornerstone of humanity’s agricultural and food potential. The aim of the study was to determine the dynamics of key mineral nutrient uptake, namely nitrogen, phosphorus, and potassium, in soybean crops, depending on the use of various biological preparations. The research was conducted from 2023 to 2025 in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania. The present study focused on the effect of three biological products: “Fixat Soya” (inoculant), “BioEcoGum” (biopreparation) and “Baktobion EM-G” (concentrated microbiological solution containing soil-forming microorganisms, as well as micro- and macronutrients, formulated in hydrogranules) on soybean crops. It was revealed that the maximum nitrogen accumulation in soybean plants, compared to the control, was observed during

the seed filling phase when applying “Baktobion EM-G” – 88.2 kg/ha (‘Iriston’), 68.7 kg/ha (‘Puma’), 68.9 kg/ha (‘Selena’). The highest accumulation of phosphorus also occurred during the seed filling phase, when the difference between the experimental variants was as follows: for the ‘Iriston’ variety – 4.61, 1.23, 4.89; for the ‘Puma’ variety – 2.65, 1.70, 8.83; for the ‘Selena’ variety – 4.70, 1.32, 4.98 kg/ha compared to the control. Maximum potassium accumulation was recorded during the pod formation phase: ‘Iriston’ – 17.6, 17.5, 22.6; ‘Puma’ – 23.9, 18.0, 30.4; ‘Selena’ – 18.3, 18.2, 23.3 kg/ha compared to the control. The use of “Baktobion EM-G” resulted in a yield increase of 22.7 to 36.4 % across all studied varieties. With “BioEcoGum”, productivity gains were slightly lower, ranging from 10.8 to 13.8 % compared to the control. Depending on the effect of inoculants and biological products, the increase in the soybean seed yield amounted to 0.34, 0.21, 0.44 t/ha for the ‘Iriston’ variety; 0.35, 0.22, 0.71 t/ha for the ‘Puma’ variety; 0.41, 0.25, 0.66 t/ha for the ‘Selena’ variety.

Keywords: *Glycine max, inoculant, variety, bioactive soil concentrate, biological preparations, yield.*

Тедеева Виктория Витальевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1; e-mail: vikkimarik@bk.ru.

Абаев Алан Анзорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37; e-mail: alan.abaev.68@mail.ru.

Тедеева Альбина Ахурбековна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1; e-mail: tedeeva64@bk.ru.

Tedeeva Viktoria Vitalievna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Department of adaptive landscape agriculture, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”; 1, Williams Street, vill. Mikhailovskoe, Republic of North Ossetia-Alania, 363110, Russia; e-mail: vikkimarik@bk.ru.

Abaev Alan Anzorovich, Dr. Sc. (Agr.), professor, Department of agriculture, crop production, breeding and seed production, vice-rector for research at the Gorsky State Agrarian University; 37, Kirov str., Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, 362040, Russia; e-mail: alan.abaev.68@mail.ru.

Tedeeva Albina Akhurbekovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, Department of adaptive landscape agriculture, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”; 1, Williams Street, vill. Mikhailovskoe, Republic of North Ossetia-Alania, 363110, Russia; e-mail: tedeeva64@bk.ru.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-00561-25-00-04 «Научные основы разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия, ресурсосберегающих, ландшафтно-дифференцированных агротехнологий нового поколения на основе цифровизации и применения биологических средств интенсификации в условиях Центрального Кавказа и Предкавказья».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов исследований.

Дата поступления в редакцию – 09.12.2025.

Дата принятия к печати – 06.02.2026.