

ОПТИМИЗАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ: ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН

Л. М. Онищенко, А. А. Белозор, Ф. Ш. Фасхутдинов

Реферат. Представлены результаты исследований влияния минеральных удобрений на агроценоз раннеспелого низкорослого детерминантного сорта сои Уника, выращиваемого на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом, сформированном на лессовидных тяжелых суглинках. Исследования проводились в 2023–2024 годах в стационарном опыте кафедры агрохимии на базе учебно-опытного хозяйства «Кубань» Центральной агроклиматической зоны Краснодарского края. Схема полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{60}P_{120}K_{60}$, $N_0P_0K_0$ + АгроМикс Т $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т, $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. Объектом исследований служили: почва – чернозем и растения – соя. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. В 0–20 см слое почвы содержалось гумуса – 3,0%, подвижного фосфора и калия – 15,3 мг/кг и 269,5 мг/кг почвы (ГОСТ 26205-91 – в модификации ЦИНАО), pH солевой вытяжки – 5,8 единиц pH (ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО). Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок рендомизированное, общая площадь каждой делянки 162 м², учетная – 54,2 м². Некорневую подкормку проводили АгроМикс Т в период бутонизации-начала цветения растений сои. Норма расхода (агрохимикат 1 кг/га) рабочего раствора АгроМикс Т 300 л/га. Наименьшая прибавка получена от удобрения в дозе $N_{20}P_{40}K_{20}$ – 0,34 т/га (или 17,89%). Двойные дозы $N_{40}P_{80}K_{40}$ обеспечивали 0,49 т/га (или 25,79%), тройные $N_{60}P_{120}K_{60}$ – 0,67 т/га (или 35,26%). Некорневая подкормка (НП) растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т повышает продуктивность культуры на 0,12 т/га (или на 6,32%). На фоне полного минерального удобрения в одинарной, двойной и тройной дозах – $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т; $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т; $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т прибавка повышается до 0,57 т/га, 0,71 и 0,75 т/га, что на 27,37; 37,36 и 39,41% выше контроля ($N_0P_0K_0$). Полученные прибавки являются достоверными. Исключением являются прибавки между вариантами $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т и $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. На фоне применения удобрений в 2023 и 2024 годах повысилось содержание сырого протеина, растительного жира и клетчатки в зерне сои при применении $N_{20}P_{40}K_{20}$ до 37,11 и 37,31%; 28,11 и 28,53%; 3,30 и 4,22% соответственно по годам исследования. Важно заметить, что при невысокой урожайности, полученной в 2024 году, наблюдаем максимальные показатели качества зерна сои на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$. Здесь содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82% и клетчатки 4,03%. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т и $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т в зерне сои содержание сырого протеина было равно 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61% соответственно.

Ключевые слова: чернозем, соя (*Glycine max*), удобрения, некорневая подкормка, урожайность, протеин, растительный жир, клетчатка.

Для цитирования: Онищенко Л. М., Белозор А. А., Фасхутдинов Ф. Ш. Оптимизация агротехнологических условий выращивания сои на черноземных почвах: влияние на урожайность и качество семян// Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2025. №1 (13). С. 49-56.

Введение. Соя обладает уникальным, разнообразным и богатым химическим составом семян: 38–41% белка, содержащего незаменимые аминокислоты, 20–24% масел, до 29% углеводов, фосфолипидов, а также макро- и микроэлементов, физиологически активных веществ, витаминов (А, В₁, В₂, В₃, В₄, В₆, В₉, D, Е, К) и витаминоподобных соединений. Своеобразие химического состава, функциональность и ценность семян сои позволяют ее использовать в качестве биологического корректора в питании населения. Для этой культуры характерна значительная пластичность, безотходность при переработке, высокая экономичность. Уникальные свойства сои позволяют использовать ее на продовольственные, технические и кормовые цели. Для поддержания плодородия почвы и формирования продуктивности в жизненном цикле важна азотфиксирующая активность ее корней.

Она наилучший предшественник для зерновых культур [1, 2, 3]. Корневая система растений сои обладает активной усваивающей способностью. Растения сои могут поглощать труднорастворимые минеральные вещества [4, 5].

Однако, рассматривая продуктивность сои по годам, необходимо отметить ее нестабильность. Выращивание культуры сопряжено с проблемами, связанными с тенденцией сокращения использования минеральных удобрений из-за их высокой стоимости, снижением плодородия почвы, уменьшением поступления почвенного органического вещества, что сказывается на ее физических, водно-физических свойствах, а также содержании гумуса и минерального азота [6, 7, 8].

При продолжительном периоде вегетации культуры важны благоприятные агрометеорологические условия.

Существенное воздействие на планируемую урожайность семян оказывают негативные абиотические факторы: действие аномально высоких активных температур, а также неустойчивое и недостаточное увлажнение почвы. Дефицит влаги, по-прежнему остается лимитирующим фактором у различных групп спелости растений сои. При этом формирующаяся урожайность семян низкая – 1,12 т/га. Видимо поэтому во многих хозяйствах России в структуре посевных площадей соя занимает небольшую долю – 3,56% и площадь составляет 4327 тыс. га [9, 10, 11].

Однако, в соответствии с документом стратегического планирования – Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, остро требуют решения проблемы дефицита растительного белка [12, 13], а также сохранения плодородия почв в стране. Эти проблемы возможно решить за счет увеличения урожайности и расширения посевной площади, занятой этой уникальной белково-масличной культурой. В литературе имеются сведения о том, что на одну тонну семян сои вынос азота составляет около 70 кг, фосфора и кальция примерно одинаково до 20, магния не более 10, серы извлекается в пределах 4-5 кг [12, 13, 14]. При этом соя способствует поддержанию плодородия за счет накопления в почве 60-80 кг – азота [15].

Поэтому при широкой вариативности новых сортов сои и изменяющихся почвенно-климатических условиях актуально изучение действия минеральных удобрений в агроценозе культуры. Необходимо выявить элементы агротехнологии, позволяющие стабилизировать урожайность и качество семян сои, что в последующем при научно-обоснованном применении агрохимических средств позволит поддерживать плодородия почвы. Современное сельскохозяйственное производство должно основываться на биологизации земледелия: стимулировании биологической активности микрофлоры почвы, оптимизации микробиологического фона, рационального использования минеральных удобрений на основе усовершенствования систем удобрения сои для оптимизации окупаемости затрат. Исследователями ранее установлена положительная реакция растений сои на некорневую подкормку в фазе бутонизации-начала цветения различными поликомпонентными удобрениями, содержащими различные микроэлементы: марганец, медь, цинк [16, 17].

Цель наших исследований: в условиях полевого опыта определить влияние на продуктивность и качество семян сои различных норм минеральных удобрений, содержащих азот, фосфор и калий, применяемых под основную обработку почвы

(низкие – $N_{20}P_{40}K_{20}$, средние – $N_{40}P_{80}K_{40}$ или высокие – $N_{60}P_{120}K_{60}$). Дать эколого-агрохимическое обоснование целесообразности включения в систему удобрения культуры некорневую подкормку поликомпонентным удобрением АгроМикс Т.

Условия, материалы и методы. Географическое положение опытного участка: 45°03'50.4"N 38°51'21.3"E. Согласно данным научно-исследовательских учреждений для сои единичная норма минерального удобрения – $N_{20}P_{40}K_{20}$. В полевым опыте изучались разные нормы азота, фосфора и калия. Схема опыта представляет собой специальную выборку: азот (первая цифра), фосфор (вторая цифра) и калий (третья цифра). В работе приведены контрастные варианты из стационарного опыта кафедры агрохимии. Нормы: $N_{20}P_{40}K_{20}$ – низкая (111); $N_{40}P_{80}K_{40}$ – средняя (222) и $N_{60}P_{120}K_{60}$ – высокая (333) и $N_0P_0K_0$ – контроль (000), а также $N_0P_0K_0$ + АгроМикс Т, $N_{20}P_{40}K_{20}$ + АгроМикс Т, $N_{40}P_{80}K_{40}$ + АгроМикс Т, $N_{60}P_{120}K_{60}$ + АгроМикс Т. Удобрения вносили осенью под основную обработку почвы. Использовали карбамид – $CO(NH_2)_2$; N – 46 %, аммофос – $NH_4H_2PO_4$ (N – 12%, P_2O_5 – 52%), калий хлористый – KCl (K_2O – 60%). Некорневая подкормка растений в фазе бутонизации-начала цветения растений сои проведена поликомпонентным удобрением АгроМикс Т, содержащим бор (0,65%), молибден (0,2%), цинк (0,6), медь (0,27%) железо (7%), марганец (3,3%). Норма расхода рабочего раствора 300 л/га. АгроМикс Т входит в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Номер государственной регистрации – 247-21-922-1. Срок до 22.12.2025.

Площадь делянки (m^2) общая – 162 (30·5,4), учетная – 54,2. Технология возделывания сои – общепринятая для региона. Учет урожая в полевым опыте проводился комбайном Тегрион 2010 в фазу полной спелости (влажность семян 11,3–11,5%, измеряли влагомером зерна Wile-55). Урожай взвешивания с учетной площади делянки и в последующем произведен пересчет на стандартную (14%) влажность и 100% чистоту.

Объектами исследований являлись: почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоголистый на лессовидных тяжелых суглинках; растения сои раннеспелого низкорослого детерминантного сорта Уника.

Предмет исследования: макро- (допосевное внесение) и поликомпонентное удобрение АгроМикс Т (некорневая подкормка).

Исследования развернуты в пространстве и времени. Соя выращивалась на двух полях (2023 год поле Д₁; в 2024 году Д₂, в 2025 году будет на Д₃) в чередовании культур 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота после кукурузы на зерно (рис. 1).



Рис. 1 – Схема размещения полей в опыте на территории учхоза "Кубань".
Определение глубины влажного слоя почвы

В почве определяли: почвенное органическое вещество ГОСТ 26213-2021 – метод Тюринга в модификации ЦИНАО, нитратный азот – ГОСТ 26951-86, аммонийный азот – ГОСТ 26489-85 – в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор и калия – ГОСТ 26205-91– в модификации ЦИНАО, обменный кальций и обменный (подвижный) магний – ГОСТ 26487-85 в модификации ЦИНАО, pH солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО, pH водной вытяжки – ГОСТ 26423-85, гидролитическую кислотность – ГОСТ 26212-91 метод Каппен в модификации ЦИНАО, сумму поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88 метод Каппена, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом.

Содержание сырого протеина, растительного масла и клетчатки определяли экспресс-методом на ИК анализаторе Спектран – 219 (калибровка на семена сои ГОСТ Р 57543-2017). Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel.

Анализ температуры атмосферного воздуха и количества выпавших осадков за

вегетационные период сои 2023 и 2024 года показал, что условия роста и развития растений сои неравнозначны по месяцам и годам исследований: гидротермический коэффициент (ГТК) начала вегетации (март-май) 2023 год составил – 1,29, что соответствует обеспеченному увлажнению, а налива (июль-август) зерна – 1,94 – избыточное увлажнение. В 2024 году в течении всего периода вегетации ГТК был менее 1,0. Следует отметить, что подобные колебания ГТК по годам часто наблюдающиеся. Налив зерна сои (особенно в 2024 году) проходил в условиях очень жаркой погоды с незначительными осадками июля (83,2 мм), однако, к концу созревания культуры, осадки практически отсутствовали (2,00 мм). В целом агрометеорологические условия в период вегетации растений сои нельзя характеризовать как оптимальные. Постоянно наблюдалась смена продолжительного засушливого периода кратковременным избыточным увлажнением, что отрицательно сказывалось на росте и развитии культуры. Засуха 2024 года негативно сказалась на вегетации сои (однако, растения не сбросили бобы), но она в большей степени повлияла на уровень урожая (рис.2, 3).



Рис. 2 – Общий вид опыта. Формирование клубеньков на корнях сои сорта Уника, 2024 год



Рис. 3 – Растения сои в период налива и полной спелости семян, 2024 год

Чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках распространялся по всей площади полевого опыта. Мощность гумусового слоя – 147 см. Содержание гумуса в

слое почвы 0–40 см варьировало от 2,7 до 3,0%. Актуальная и обменная кислотность почвы – $pH_{\text{водн}} = 6,1\text{--}6,3$, а $pH_{\text{сол}} = 5,8\text{--}5,4$, с глубиной выявлено ее незначительное уменьшение (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики почвы опытного участка, средневзвешенные значения, 2020–2022 года

Глубина отбора образцов, см	Содержание гумуса, %	Поглощенные катионы почвы, мг-экв./100 г почвы				pH_{H_2O}	pH_{KCl}
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Сумма $Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Нг	единиц pH	
0–20	3,0	24,7	8,5	33,2	2,17	6,1	5,8
21–40	2,7	26,2	8,9	34,5	0,93	6,3	5,4
НСР ₀₅	0,298	1,032	0,389	—	1,19	0,2	0,5

Известно, что в почвенно поглощающем комплексе (ППК) чернозема выщелоченного содержание подвижного кальция преобладает среди обменных катионов. Установлено неравномерное распределение этого элемента в 0–40 см слое почвы. В пахотном слое его содержится 24,7 мг-экв./100 г почвы, в подпахотном несколько больше – 26,2 мг-экв./100 г почвы. Неравномерное распределение подвижного кальция по глубине отбора проб, видимо, обусловлено физико-химической или обменной поглощательной способностью почвы, которая проявляется при внесении азотных и калийных удобрений и последующим его вымыванием из почвенного раствора вследствие обильных осенне-весенних атмосферных осадков. В складывающихся агроэкологических условиях неодинаковый уровень потребления доступного кальция выращиваемыми культурами определяет неравномерность его распределения по слоям почвы. Такова же особенность наблюдается и в показателе по содержанию подвижного магния: в пахотном и подпахотном слоях его содержание было равно 8,5 и 8,9 мг-экв./100 г почвы соответственно. Подвижный магний (магний – ГОСТ 26487-85) мигрирует из пахотного в подпахотный слой почвы. Способствуют

этому не только вертикальные стоки ливневых атмосферных осадков, но и внесенные физиологически кислые минеральные удобрения. Изменчивый вынос магния урожаем культур с учетом их биологических особенностей и критических периодов роста и развития растений также имеет место.

В слоях чернозема выщелоченного в 0–20 и 21–40 см кислотность активная (актуальная) и обменная (6,1 и 6,3 единиц pH) и (5,8 и 5,4 единиц pH) была характерна для данного подтипа – слабокислая реакция почвенной среды соответственно. Прослеживается некая тенденция к убыванию показателя с глубиной отбора проб. Гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212–91) и сумма обменных оснований (ГОСТ 27821–88) были равны 2,17; 0,93 и 42,4; 41,8 мг-экв./100 г почвы соответственно. Емкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями в 0–20 и 21–40 см слоях почвы составила 44,57; 42,73 мг-экв./100 г почвы и 95,1; 97,8% соответственно.

Чернозем выщелоченный по содержанию подвижных форм элементов минерального питания сои соответствует биологическим требованиям культуры. Его характеристика перед закладкой опыта в 2023 году приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав почвы опытного участка, средневзвешенные значения, мг/кг

Слой почвы, см	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₄ ²⁻	Mn	Cu	Zn	Co
	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺							
0-20	3,4 – 4,9	2,8 – 7,2	15,3 – 9,8	269,5	1,9	92,6	0,14	1,13	0,34
21-40	2,8 – 4,1	2,7 – 6,5	9,6 – 8,2	281,1	2,1				

В агроценозе сои, согласно группировке почв по обеспеченности [18], содержание нитратного азота и обменно-поглощенного аммонийного азота в почве низкое и отличается высокой вариабельностью в течении вегетации культуры. Уровень фосфорного питания сои в начальный период ее роста – высокий, с последующим снижением до среднего. Содержание подвижного калия соответствует высокой и повышенной обеспеченности растений.

Результаты и обсуждение. Применяемые возрастающие дозы минеральных удобрений на длительно используемых почвах под сельскохозяйственное производство, увеличивают не только урожайность культуры, но и вынос элементов питания, что ведет к их обеднению усвояемыми формами микроэлементов

(Mo, Mn, Cu и др.). В связи с этим требуется внесение микроудобрений. Чернозем выщелоченный по содержанию подвижных форм молибдена, меди и цинка низко- и среднеобеспечен этими элементами [19]. Это связано с ежегодным отчуждением элементов с урожаем выращиваемых культур. Дефицит любого из микроэлементов – отрицательный фактор в повышении продуктивности культуры. Поэтому очень важно определить их влияние на продуктивность сои.

Внесение минеральных удобрений в полевом опыте существенно сказалось на повышении содержания питательных элементов в почве. Растения сои также содержали большее количество азота, фосфора и калия и в последствии в зерне сои, что и определило уровень ее урожайности (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сои, выращиваемой на черноземе выщелоченном в зависимости от применения минеральных удобрений, 2023–2024 года

Вариант	Урожайность по годам, т/га		Средняя урожайность, т/га	Прибавка	
	2023	2024		т/га	%
N ₀ P ₀ K ₀	2,66	1,14	1,90	–	–
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	3,16	1,31	2,24	0,34	17,89
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	3,41	1,37	2,39	0,49	25,79
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	3,69	1,44	2,57	0,67	35,26
N ₀ P ₀ K ₀ + АгроМикс Т	2,87	1,16	2,02	0,12	6,32
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ + АгроМикс Т	3,44	1,39	2,42	0,52	27,37
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀ + АгроМикс Т	3,75	1,47	2,61	0,71	37,36
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀ + АгроМикс Т	3,79	1,51	2,65	0,75	39,47
НСР ₀₅	0,16–0,20	0,09–0,15	0,09–0,20	–	–

Анализ данных по урожайности сои сорта Уника показал, что на контроле без некорневой подкормки получено 1,90 т/га зерна. Наименьшая прибавка от удобрения в дозе N₂₀P₄₀K₂₀ – 0,34 т/га (или 17,89%). Двойные дозы N₄₀P₈₀K₄₀ – 0,49 т/га и это выше контроля на 25,79%, полное удобрение в тройной норме N₆₀P₁₂₀K₆₀ – 0,67 т/га или 35,26%. Оптимизация сельскохозяйственного производства зерна сои, за счет создания агротехнологий нового поколения [20], включающих агрохимикаты положительно влияющие на показатели фотосинтетической деятельности растений [21], обеспечивает высокую экологическую адаптивность и стабильность урожайности и качества зерна сои, выращиваемой на черноземе [22]. Так, некорневая подкормка поликомпонентным удобрением на фоне полного минерального удобрения в одинарной, двойной и тройной дозах –

N₂₀P₄₀K₂₀ + НП; N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т; N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т обеспечивает прибавку до 0,57 т/га; 0,71 и до 0,75 т/га, что на 27,37; 37,36 и 39,41% выше контроля (N₀P₀K₀). Без внесения основного минерального удобрения некорневая подкормка растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т повышает продуктивность на 0,12 т/га или на 6,32%. Полученные прибавки находятся в пределах наименьшей существенной разницы и являются достоверными. Исключением являются прибавки между вариантами N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т. Необходимо отметить, что за счет рационального соотношения макро- и микроэлементов в системе удобрения культуры повысилась содержание сырого протеина, растительного жира и клетчатки в зерне сои при применении N₂₀P₄₀K₂₀ до 37,11 и 37,31%; 28,11 и 28,53%; 3,30 и 4,22% соответственно по годам исследования (табл. 4).

Таблица 4 – Качество семян сои по годам исследования в зависимости от применения удобрений, 2023-2024 года

Вариант	2023 год			2024 год		
	сырой протеин	растительный жир	клетчатка	сырой протеин	растительный жир	клетчатка
	%					
N ₀ P ₀ K ₀	36,39	27,39	3,15	36,31	28,12	4,19
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	37,11	28,11	3,30	37,31	28,53	4,22
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	37,37	28,62	3,40	38,25	28,68	4,35
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	37,54	28,62	3,53	37,68	28,82	4,03
N ₀ P ₀ K ₀ + АгроМикс Т	36,83	27,55	3,37	37,04	28,15	5,97
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ + АгроМикс Т	37,32	28,61	3,33	38,02	29,48	6,19
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀ + АгроМикс Т	37,67	28,69	3,84	39,40	30,39	6,84
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀ + АгроМикс Т	37,73	28,72	4,11	39,51	30,47	6,61
НСР ₀₅	1,321	0,05	0,118	1,423	0,061	0,21

В зависимости от норм удобрений максимально повысились показатели качества в зерне сои на варианте N₆₀P₁₂₀K₆₀ в 2024 году. Содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82% и клетчатки 4,03%. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах N₄₀P₈₀K₄₀ + НП и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + НП в зерне сои содержание сырого протеина – 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61%.

Выводы. В условиях четвертой ротации зернотравяно-пропашного севооборота минеральные удобрения в агроценозе сои улучшали питательный режим чернозема выщелоченного, повышали потребление элементов питания для формирования урожая зерна сои и увеличивали продуктивность культуры при внесении N₄₀P₈₀K₄₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀ на 25,79 и 35,26% по сравнению с неудобренным

контролем. Некорневая подкормка растений сои поликомпонентным удобрением АгроМикс Т при внесении удобрений N₄₀P₈₀K₄₀ и N₆₀P₁₂₀K₆₀. В среднем за 2023 и 2024 года способствовала увеличению урожайности на 37,36 и 39,47% относительно значений полученных без внесения удобрений. Показатели качества зерна также улучшались. В 2024 году при низкой урожайности (1,44 т/га), наблюдаем максимальное повышение показателей качества зерна сои на варианте N₆₀P₁₂₀K₆₀. Здесь содержание сырого протеина до 37,68%, растительного жира до 28,82 % и клетчатки 4,03 %. Некорневая подкормка в 2024 году способствовала дальнейшему улучшению качества зерна сои. На вариантах N₄₀P₈₀K₄₀ + АгроМикс Т и N₆₀P₁₂₀K₆₀ + АгроМикс Т в зерне сои содержание сырого протеина было равно 39,40 и 39,51%, растительного жира – 30,39 и 30,47% и клетчатки – 6,84 и 6,61% соответственно.

Литература

1. Петибская В. С. Соя: химический состав и использование: монография. Майкоп: Полиграф-Юг, 2012. 432 с. ISBN 978-5-7992-0733-5.
2. Беседин Н. В., Соколова И. А. Значение зернобобовых культур на примере сои в современных системах земледелия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 8 (70), 2010. 16–19.
3. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш., Михайлова М. Ю. Управление факторами почвенного плодородия в условиях Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 34-39.
4. Онищенко Л. М. Соя: биолого-экологические особенности, почва и удобрение: монография; под общ. ред. А. Х. Шеуджена. – Краснодар: КубГАУ, 2019. 154 с. ISBN 978-5-907247-71-0.
5. Chunyank Vank, Lourens Dzhonson A. Funktsionalnyye svoystva soi, prigotovlennoy gidrotemno belkovyye produkty. (Department pishchevykh nauk i pitaniya cheloveka i Tsentri issledovaniy v oblasti ispolzovaniya selskokhozyaystvennykh kultur, Gosudarstvennyy universitet Loua, Eymys, Lova 50011). JAOCS // J. Amer. Neft Khim. Sots. 2001. 78, № 2. S. 189–195.
6. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л. Ю. Новикова, И. В. Сеферова, А. Ю. Некрасов и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. №22(6). С. 708–715. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>.
7. The 2004 Year Database of Food and Agriculture Organization (FAO) [электронный ресурс]. 2004. – Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture/prime crops/soybean> (дата обращения 25.12.2024).
8. Эффективность применения микроудобрений под сою / С. В. Спицына, А. А. Томаровский, Г. В. Остальд и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. №8. С. 43-47.
9. Посевные площади сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 05.01.2025).
10. Фадеева А. Н., Курчаткин Н. Г., Гиматдинов Х. В. Особенности возделывания сои в Татарстане / Нива Татарстана. 2016. №2-3. С. 18-20. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02.
11. Онищенко, Л. М. Удобрения и продуктивность сои // Удобрения и урожай: Материалы Региональной научно-практической конференции, Краснодар, 8-10 декабря 2004. – Майкоп, 2005. С. 317-324.
12. Указ Президента РФ от 21.01.2020 N 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/ (дата обращения 28.12. 2024).

13. Синеговский М. О. Соя как инструмент компенсации дефицита белка (исторический аспект) // Агро-наука. 2024. №1(2). С. 16-22. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>.
14. Тишков Н. М., Махонин В. Л., Носов В. В. Содержание и вынос элементов питания растениями сои в зависимости от применения удобрений // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). С. 70–79. doi: 10.25230/2412–608X–2019–4–180–70–79.
15. Синеговский М. О. Соя – культура мирового земледелия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. №5. С. 22-25. doi: 10.31857/2500-2082/2023/5/22-25.
16. Тишков Н. М., Михайлюченко Н.Г., Дряхлов А.А. Продуктивность сои при некорневой подкормке растений микроудобрениями и обработке регуляторами роста на черноземе выщелоченном // Масличные культуры. 2007. №2(137). С. 91-97. ISSN0202-5493.
17. Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш. Применение минеральных удобрений и урожайность зерновых культур в условиях Предволжья Республики Татарстан // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции, Ставрополь, 19–22 сентября 2022 года. Ставрополь, 2022. С. 135-137. ISBN 978-5-6048606-5-6.
18. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В. Г. Сычёв, М. И. Лунёв, А. В. Кузнецов [и др.] // Плодородие пахотных почв Российской Федерации. Вып. 8. М.: ВНИИА, 2010. 52 с.
19. Тонконоженко Е. В., Куркаев В. Т., Минани Фостен. Микроудобрения и урожай сои на выщелоченных черноземах Краснодарского края // Тр. / Куб.СХИ. 1982. Вып. 211(239). С. 50-56.
20. Алферов А.А. Достижения научных организаций в области земледелия в 2023 году. Российская сельскохозяйственная наука. 2024; № 3. 3-7. <https://journals.rcsi.science/2500-2627/issue/view/16718>. (дата обращения 05.01.2025).
21. Тедеева В.В., Тедеева А. А. Урожайность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. № 110. С. 23-26. doi: 10.21515/1999-1703-110-183-189.
22. Экологическая пластичность, урожайность и качество зерна различных сортов сои в условиях Кур-ской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 6. С. 20-24. doi: 10.31857/S2500262723060042.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Онищенко Людмила Михайловна - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии e-mail: dekanatxp@mail.ru

Белозор Александр Александрович – аспирант кафедры агрохимии, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия.

Фасхутдинов Фаннур Шаукатович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

OPTIMIZATION OF AGROTECHNOLOGICAL CONDITIONS FOR GROWING SOYBEANS ON CHERNOZEM SOILS: IMPACT ON YIELD AND SEED QUALITY

L. M. Onishchenko, A. A. Belozor, F. Sh. Faskhutdinov

Abstract. The article presents the results of studies of the impact of mineral fertilizers on agrocenosis of the early-ripening low-growing determinate soybean of Unika variety, grown on leached low-humus super-powerful light clayey chernozem, formed on loess-like heavy loams. The studies were conducted in 2023-2024 in a stationary experiment of Agrochemistry Department at Kuban educational and experimental farm of the Central agroclimatic zone of Krasnodar Kray. The field experiment design included the following variants: $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{60}P_{120}K_{60}$, $N_0P_0K_0 + \text{AgroMix T}$, $N_{20}P_{40}K_{20} + \text{AgroMix T}$, $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$, $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$. The objects of the study were: soil - chernozem and plants - soybeans. The soil of the experimental plot was leached chernozem, low-humus, super-powerful, light clayey on forest-like heavy loams. The 0-20 cm soil layer contained 3.0% humus, 15.3 mg/kg of available phosphorus and potassium, and 269.5 mg/kg of soil (State standard 26205-91 as modified by TsINA0), and the pH of the salt extract was 5.8 pH units (State standard 26483-85 as modified by TsINA0). The experiment was repeated three times, the plots were randomly placed, the total area of each plot was 162 m², and the accounting area was 54.2 m². Foliar feeding was carried out with Agro-Mix T during the budding-beginning of flowering of soybean plants. The consumption rate (agrochemical 1 kg/ha) of the working solution of AgroMix T was 300 l/ha. The smallest increase was obtained from fertilizing at a dose of $N_{20}P_{40}K_{20}$ - 0.34 t/ha (or 17.89%). Double doses of $N_{40}P_{80}K_{40}$ provided 0.49 t/ha (or 25.79%), triple $N_{60}P_{120}K_{60}$ - 0.67 t/ha (or 35.26%). Foliar feeding of soybean plants with the multicomponent fertilizer AgroMix T increases the productivity of the crop by 0.12 t/ha (or 6.32%). Against the background of complete mineral fertilization in single, double and triple doses - $N_{20}P_{40}K_{20} + \text{AgroMix T}$; $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$; $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ increase to 0.57 t/ha, 0.71 and 0.75 t/ha, which is 27.37; 37.36 and 39.41% higher than the control ($N_0P_0K_0$). The obtained increases are reliable. The exceptions are increases between the $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$ and $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ variants. Against the background of fertilizer application in 2023 and 2024, the content of crude protein, vegetable fat and fiber in soybean grain increased when using $N_{20}P_{40}K_{20}$ to 37.11 and 37.31%; 28.11 and 28.53%; 3.30 and 4.22%, respectively, for the years of the study. It is important to note that with the low yield obtained in 2024, we observe the maximum indicators of soybean grain quality in the $N_{60}P_{120}K_{60}$ variant. Here, the content of crude protein is up to 37.68%, vegetable fat up to 28.82% and fiber 4.03%. Foliar feeding in 2024 contributed to a further improvement in the quality of soybean grain. In the $N_{40}P_{80}K_{40} + \text{AgroMix T}$ and $N_{60}P_{120}K_{60} + \text{AgroMix T}$ variants, the content of crude protein in soybean grain was 39.40 and 39.51%, vegetable fat - 30.39 and 30.47% and fiber - 6.84 and 6.61%, respectively.

Key words: chernozem, soybeans (*Glycine max*), fertilizers, foliar feeding, yield, protein, vegetable fat, fiber.

For citation: Onishchenko L.M., Belozor A.A., Faskhutdinov F.Sh. Optimization of agrotechnological conditions for growing soybeans on chernozem soils: impact on yield and seed quality // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025; 1(13): 49-56 p.

References

1. Petibskaya VS. Soya: khimicheskiy sostav i ispolzovanie: monografiya. [Soybean: chemical composition and use: monograph]. Maykop: Poligraf-Yug. 2012; 432 p. ISBN 978-5-7992-0733-5.
2. Besedin NV, Sokolova IA. [The importance of leguminous crops on the example of soybeans in modern farming systems]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 8 (70). 2010; 16-19 p.
3. Minikaev RV, Faskhutdinov FSh, Mikhaylova MYu. [Management of soil fertility factors in the conditions of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2022; 4(4). 34-39 p.
4. Onishchenko LM. Soya: biologo-ekologicheskie osobennosti, pochva i udobrenie: monografiya. [Soya: biological and environmental features, soil and fertilizer: monograph]. Edited by A.H. Sheudzhen. Krasnodar: KubGAU. 2019; 154 p. ISBN 978-5-907247-71-0.
5. Chunyank Vank, Lourens Dzhonson A. Functional properties of soybean prepared hydrodark protein products. Department of food science and human nutrition and crop utilization research center. State University of Loua, Eymys, Lova 50011. JAOCS. J. Amer. Neft Khim. Sots. 2001; 78. 2. 189-195 p.
6. Novikova LYu, Seferova IV, Nekrasov AYU. [The influence of weather and climatic conditions on the protein and oil content in soybean seeds in the North Caucasus]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2018; 22(6). 708-715 p. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>.
7. The 2004 year database of food and agriculture organization. [Internet]. FAO. 2004; [cited 2024, December 25]. Available from: <http://www.fao.org/agriculture/prime crops/soybean>.
8. Spitsyna SV, Tomarovskiy AA, Ostvald GV. [Efficiency of using microfertilizers for soybeans]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; 8. 43-47 p.
9. Sown areas of agricultural crops by farm categories. [Internet]. Federal State Statistics Service. [cited 2025, January 05]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
10. Fadeeva AN, Kurchatkin NG, Gimatdinov KhV. [Features of soybean cultivation in Tatarstan]. Niva Tatarstana. 2016; 2-3. 18-20 p. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02.
11. Onishchenko LM. Udobreniya i produktivnost soi. Udobreniya i urozhay. [Fertilizers and soybean productivity. Fertilizers and harvest]. Materialy Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Krasnodar, 8-10 dekabrya 2004. Maykop. 2005; 317-324 p.
12. Decree of the President of the Russian Federation of 01.12.2020 No 20 "On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation". [Internet]. Consultant. [cited 2024, December 28]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/.
13. Sinegovskiy MO. [Soybean as a tool for compensating for protein deficiency (historical aspect)]. Agronauka. 2024; 1(2). 16-22 p. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>.
14. Tishkov NM, Makhonin VL, Nosov VV. [Content and removal of nutrients by soybean plants depending on the use of fertilizers]. Maslichnye kultury. 2019; 4 (180). 70-79 p. doi: 10.25230/2412-608Kh-2019-4-180-70-79.
15. Sinegovskiy MO. [Soybean is a crop of world agriculture]. Vestnik Rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. 2023; 5. 22-25 p. doi: 10.31857/2500-2082/2023/5/22-25.
16. Tishkov NM, Mikhaylyuchenko NG, Dryakhlov AA. [Soybean productivity with foliar feeding of plants with microfertilizers and treatment with growth regulators on leached chernozem]. Maslichnye kultury. 2007; 2(137). 91-97 p. ISSN0202-5493.
17. Minikaev RV, Faskhutdinov FSh. [Application of mineral fertilizers and yield of grain crops in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan. Evolution and degradation of soil cover]. Sbornik nauchnykh statey po materialam VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Stavropol, 19-22 sentyabrya 2022 goda. Stavropol. 2022; 135-137 p. ISBN 978-5-6048606-5-6.
18. Sychev VG, Lunev MI, Kuznetsov AV. Byulleten geograficheskoy seti opytov s udobreniyami. Plodorodie pakhotnykh pochv Rossiyskoy Federatsii. [Bulletin of geographical network of fertilizer experiments. Fertility of arable soils of the Russian Federation]. Issue 8. Moscow: VNIIA. 2010; 52 p.
19. Tonkonozhenko EV, Kurkaev VT, Minani Fosten. [Microfertilizers and soybean yield on leached chernozems of Krasnodar Kray]. Trudy Kub.SKhL. 1982; 211(239). 50-56 p.
20. Alferov AA. Achievements of scientific organizations in the field of agriculture in 2023. [Internet]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2024; 3. 3-7 p. [cited 2025, January 05]. Available from: <https://journals.rcsi.science/2500-2627/issue/view/16718>.
21. Tedeeva VV, Tedeeva AA. [Soybean crop yield depending on the use of biopreparations]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; 110. 23-26 p. doi: 10.21515/1999-1703-110-183-189.
22. Dubovik DV, Dubovik EV, Shumakov AV. [Ecological plasticity, productivity and grain quality of various soybean varieties in Kursk region]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2023; 6. 20-24 p. doi: 10.31857/S2500262723060042.

Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Onishchenko Lyudmila Mikhaylovna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Belozor Aleksandr Aleksandrovich – post-graduate student of the Department of Agrochemistry, e-mail: dekanatxp@mail.ru

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. Krasnodar, Russia.

Faskhutdinov Fannur Shaukatovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.