

Влияние микроэлементных удобрений на симбиотическую деятельность и продуктивность сои в условиях ЦЧР

Ж. Н. МИНЧЕНКО, В. И. ЛАЗАРЕВ

Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью оценки воздействия микроэлементных удобрений на симбиотическую активность и продуктивность сои в условиях Центрально-Чернозёмного региона. Работу выполняли в 2023–2025 гг. в Курской области на сое сорта Осмонь. Изучали эффективность жидких органоминеральных комплексов торговой марки «Урожайная линия» (Экстра Мо, Экстра В, Экстра Cu, Экстра В/Мо, Микро Комплекс). Схема эксперимента предусматривала предпосевную обработку семян и две некорневые подкормки в фазы 3-го и 6-го тройчатого листа. Полевой опыт проводили на чернозёме типичном мощном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса 5,5 %. Применение микроудобрений оптимизировало бобово-ризобийный симбиоз, стимулируя рост числа и массы азотфиксирующих клубеньков относительно контроля соответственно на 4,5...7,4 шт./растение и 0,54...0,78 г/растение. Наибольшая в опыте урожайность зафиксирована в вариантах Экстра В/Мо – 2,74 т/га (+0,39 т/га к контролю) и Микро Комплекс – 2,71 т/га (+0,36 т/га), наименьшая – Экстра Cu – 2,61 т/га (+0,22 т/га). В засушливом 2024 г. величина этого показателя в вариантах Экстра В/Мо и Микро Комплекс оставалась на уровне 2,47...2,54 т/га (контроль – 2,27 т/га). Сбор белка с 1 га достиг 0,96 т/га (Экстра В/Мо) и 0,95 т/га (Микро Комплекс) против 0,80 т/га в контроле, масла – 0,63 т/га и 0,61 т/га соответственно (контроль – 0,53 т/га). Наибольшую рентабельность обеспечило применение Экстра В/Мо – 146,8 % (+24,7 % к контролю), Микро Комплекс – 143,5 % (+21,4 %), Экстра Мо – 143,3 % (+21,2 %) и Экстра В – 140,8 % (+18,7 %), самую низкую – Экстра Cu – 134,5 % (+12,4%).

Ключевые слова: соя (*Glycine max*), удобрения с микроэлементами, бор, молибден, медь, азотфиксация, урожай, сбор белка, сбор масла, рентабельность.

Сведения об авторах: Ж. Н. Минченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: minchenko.knii@mail.ru); В. И. Лазарев, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: vla190353@yandex.ru).

Для цитирования: Минченко Ж. Н., Лазарев В. И. Влияние микроэлементных удобрений на симбиотическую деятельность и продуктивность сои в условиях ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2026. Т. 40. № 4. С. 19–24. doi: 10.53859/02352451_2026_40_4_19.

The influence of microelement fertilizers on the symbiotic activity and productivity of soybeans in the Central Chernozem Region

Zh. N. Minchenko, V. I. Lazarev

Kursk Federal Agrarian Scientific Center, ul. Karla Marxa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. The study was conducted to evaluate the impact of microelement fertilizers on the symbiotic activity and productivity of soybeans in the Central Black Earth Region. The work was conducted from 2023 to 2025 in the Kursk Region on the Osmon soybean variety. The effectiveness of liquid organomineral complexes of the Urozhainaya Liniya brand (Extra Mo, Extra B, Extra Cu, Extra B/Mo, Micro Complex) was studied. The experimental design included pre-sowing seed treatment and two foliar applications at the 3rd and 6th trifoliate leaf stages. The field test was conducted on typical deep, heavy loamy chernozem with a humus content of 5.5%. The use of microfertilizers optimised the legume-rhizobium symbiosis, stimulating the growth of the number and weight of nitrogen-fixing nodules relative to the control by 4.5–7.4 pcs/plant and 0.54–0.78 g/plant, respectively. The highest yield in the experiment was recorded in the Extra B/Mo variants – 2.74 t/ha (+0.39 t/ha compared to the control) and Micro Complex – 2.71 t/ha (+0.36 t/ha), the lowest – Extra Cu – 2.61 t/ha (+0.22 t/ha). In the dry year of 2024, the value of this indicator in the Extra B/Mo and Micro Complex variants remained at the level of 2.47–2.54 t/ha (control – 2.27 t/ha). Protein yield per hectare reached 0.96 t/ha (Extra B/Mo) and 0.95 t/ha (Micro Complex) versus 0.80 t/ha in the control; oil yield was 0.63 t/ha and 0.61 t/ha, respectively (control – 0.53 t/ha). The highest profitability was achieved with Extra B/Mo – 146.8% (+24.7% compared to the control), Micro Complex – 143.5% (+21.4%), Extra Mo – 143.3% (+21.2%), and Extra B – 140.8% (+18.7%); the lowest was achieved with Extra Cu – 134.5% (+12.4%).

Keywords: soybean (*Glycine max*); micronutrient fertilizers; boron; molybdenum; copper; nitrogen fixation; yield; protein yield; oil yield; profitability.

Author Details: Zh. N. Minchenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: minchenko.knii@mail.ru); V. I. Lazarev, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: vla190353@yandex.ru).

For citation: Minchenko ZhN, Lazarev VI [The influence of microelement fertilizers on the symbiotic activity and productivity of soybeans in the Central Chernozem Region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2026;40(4):19–24. Russian. doi: 10.53859/02352451_2026_40_4_19.

В последние годы соя вошла в число приоритетных сельскохозяйственных культур, вызывая устойчивый интерес у товаропроизводителей благодаря сочетанию коммерческой привлекательности и пользы для агроэкосистем. Её востребованность обусловлена уникальной многофункциональностью. Соя одновременно служит источником высококачественного растительного белка (до 40...50 % в семенах), сырья для производства растительных масел (18...25 %), ключевого компонента комбикормов и белково-витаминных добавок в животноводстве [1, 2]. Благодаря азотфиксирующей способности соя

способна усваивать от 40 до 180 кг/га азота за вегетационный период, в результате снижается ее потребность в азотных удобрениях, а плодородие почв при этом повышается [3, 4]. Большую роль эта культура играет в качестве эффективного предшественника озимой пшеницы [5].

При этом соя высоко требовательна к минеральному питанию. На формирование 1 т семян растения выносят из почвы 75...100 кг азота, 20...30 кг фосфора и 30...40 кг калия [6]. Критические фазы потребления элементов питания у растений культуры чётко дифференцированы. Например, наиболее эффективное

усвоение азота отмечено в первый месяц вегетации и в фазы цветение-начало образования бобов. Пик потребления фосфора приходится на фазы бутонизации и налива семян, максимальное усвоение калия – в фазы образования и налива бобов [7].

Особую роль в системе минерального питания сои играют удобрения с микроэлементами. Они оказывают существенное влияние на физиологические процессы, протекающие в растениях, при этом дозы их внесения минимальны [8, 9, 10]. Соя особенно отзывчива на молибден, бор, цинк, медь и марганец. Эти микроэлементы участвуют в процессе фотосинтеза, синтезе белков, азотфиксирующей деятельности, формировании плодов и др.

Наиболее необходим для роста и развития сои молибден. Он активирует ферменты азотфиксации, в результате повышает активность клубеньков. Бор участвует в процессах цветения и оплодотворения, предотвращает опадение завязей. Цинк регулирует рост и развитие надземной массы и корневой системы, благодаря синтезу ауксинов. Медь повышает устойчивость к различным заболеваниям, способствует повышению содержания белка. Марганец активизирует процесс фотосинтеза. При наличии дефицита этих элементов происходит ухудшение фотосинтетической деятельности, снижение количества и массы бобов, качества семян, при этом восприимчивость растений к болезням и стрессовым факторам возрастает [11, 12].

Несмотря на то, что естественное плодородие почв в условиях Курской области высокое, проблема дефицита микроэлементов актуальна и оказывает влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, включая сою.

Доступность микроэлементов может быть ограничена из-за уровня кислотности. На более кислых почвах снижается доступность Р и Мо, а на щелочных ухудшается усвоение Fe, Zn, В, Мп и др. Водно-физические свойства почв, погодные условия, агротехнические ошибки также могут отрицательно влиять на доступность микроэлементов. В Курской области преимущественно преобладают чернозёмы выщелоченные и оподзоленные, характеризующиеся кислой реакцией среды (рН 5,3...6,0) и низкой обеспеченностью подвижными формами микроэлементов. По данным агрохимического обследования, в ряде районов фиксируется недостаток бора (до 0,3 мг/кг, при норме 0,5...1,0 мг/кг), цинка (менее 1,0 мг/кг при норме 2,0...3,0 мг/кг) и молибдена (ниже 0,1 мг/кг при оптимальном уровне 0,2...0,4 мг/кг). Это обусловлено не только природными особенностями почвенного покрова, но и интенсивным выносом элементов урожаями при недостаточном внесении микроудобрений, а также эрозийными процессами, снижающими содержание гумуса и биогенных веществ [13].

В регионе практикуют разные способы внесения микроэлементных удобрений под сою. Предпосевная обработка семян препаратами на основе хелатов (EDTA, ДТРА) стимулирует начальный рост и формирование симбиоза. В вегетационный период эффективны некорневые подкормки, проводимые в критические фазы развития сои [14, 15, 16].

Обработка сои микроэлементами в фазе 3-го тройчатого листа критически важна, в этот период активно формируются корневые клубеньки, и запускается процесс азотфиксации. Поэтому внесение молибдена на этой стадии особенно необходимо, он

участвует в работе ферментов азотфиксации и повышает эффективность симбиоза. В результате чего, соя будет обеспечена азотом в последующие фазы развития, иметь устойчивость к стрессам и заболеваниям

В фазе 6-го тройчатого листа обработка сои микроэлементами играет ключевую роль. Молибден усиливает азотфиксацию. Благодаря меди и цинку поддерживается активный фотосинтез. Через обеспечение бором подготавливаются растения к цветению и закладке репродуктивных органов. В итоге подкормка способствует повышению количества бобов, массы семян и содержания белка в семенах, а также помогает культуре противостоять стрессовым факторам.

Оптимизация минерального питания, особенно обеспечение микроэлементами, позволяет раскрыть генетический потенциал сортов, повысить урожайность и качество зерна, а также экономическую эффективность производства.

Цель исследования – оценить воздействие микроэлементных удобрений на симбиотическую активность и продуктивность сои в почвенно-климатических условиях Центрально-Чернозёмного региона.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в 2023–2025 гг. в лаборатории технологий возделывания полевых культур ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Изучали эффективность органоминеральных удобрений с микроэлементами на сое сорта Осмонь.

Препараты торговой марки «Урожайная линия» производства ООО НПЦ «Питания Растений» (номер государственной регистрации – 643-13-2849-1) Экстра Мо, Экстра В, Экстра Си, Экстра В/Мо и Микро Комплекс представляют собой жидкие органоминеральные комплексы, предназначенные для коррекции дефицита микроэлементов, стимуляции роста и повышения урожайности растений. В состав удобрений входят макро- и микроэлементы, аминокислоты, пептиды и альдоновые кислоты, обеспечивающие комплексное воздействие на растительный организм (<https://tprtechnology.com>).

Технология применения препаратов предусматривала обработку семян перед посевом, а также две некорневые подкормки в фазы 3-го и 6-го тройчатого листа. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: без внесения удобрений (контроль); обработка семян 1,5 л/т и двукратное опрыскивание посевов по 0,5 л/га препаратом Экстра Мо; обработка семян 1,5 л/т и двукратное опрыскивание посевов по 1,0 л/га – Экстра В, Экстра Си, Экстра В/Мо, Микро Комплекс.

Почва экспериментального участка представлена чернозёмом типичным мощным тяжелосуглинистого гранулометрического состава со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса (по Тюрину) – 5,5 %, щелочногидролизующего азота – 154 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) – 175 мг/кг, подвижного калия (по Чирикову) – 113 мг/кг. Кислотность почвы, измеренная в солевой вытяжке, составляла 5,3 ед. рН. Содержание доступных для растений форм микроэлементов составляло: бор – 0,31 мг/кг, медь – 0,29 мг/кг, цинк – 0,34 мг/кг, марганец – 43 мг/кг.

Обработку семян выполняли за 24 ч до посева с использованием ранцевого опрыскивателя при расходе рабочей жидкости 15 л на 1 т семян. Некорневые подкормки проводили с расходом рабочего раство-

ра 250 л/га. Варианты размещали систематически с трёхкратным повторением. Площадь каждой делянки составляла 200 м² (общая) и 100 м² (учётная). Посев осуществляли рядовым способом с нормой высева 5,0 млн всхожих семян на 1 га. Уборку проводили комбайном «Сампо-1200» методом прямого комбайнирования, с пересчетом полученного урожая на 100 %-ную чистоту и влажность семян 14 %. Для статистической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа с применением программ Microsoft Excel и Statistica.

При расчете экономической эффективности использовали актуальные цены на удобрения (Экстра Мо – 1176 руб./л, Экстра В – 690 руб./л, Экстра Си – 844 руб./л, Экстра В/Мо – 790 руб./л и Микро Комплекс – 844 руб./л), фактическую урожайность в контрольном и опытных вариантах, а также закупочную цену семян сои в размере 40 тыс. руб. за 1 т.

Агрометеорологические условия вегетационного периода сои изменялись в зависимости от года и были типичными для Курской области. Превышение суммы активных температур отмечали во все годы исследований (от 127 до 380 °С). По количеству выпавших осадков за период вегетации сои (май-сентябрь) наиболее засушливым оказался 2024 г. (147,3 мм) при норме 215,0 мм. Величина ГТК в 2023 и 2025 гг. составляла 1,17...1,56 ед., в 2024 г. – 0,75.

Результаты и обсуждение. Применение удобрений с микроэлементами оказывало стимулирующий эффект на образование и развитие бактерий рода Rhizobiales на корневой системе. Это способствовало активизации бобово-ризобияльного симбиоза и приводило к достоверному росту числа и массы азотфиксирующих клубеньков. В частности, предпосевная обработка семян с последующей двукратной некорневой подкормкой в фазы 3-го и 6-го тройчатого листа обеспечивала прирост количества клубеньков на 4,5...7,4 шт./растение и их массы на 0,54...0,78 г/растение, относительно значений в контрольном варианте (табл. 1). Максимальный эффект достигнут при применении Экстра В/Мо – 24,2 шт. клубеньков и 1,52 г массы (превышение контроля на 7,4 шт. и 0,78 г) и Микро Комплекс – 23,8 шт. и 1,37 г (превышение на 7,0 шт. и 0,63 г).

Внесение микроэлементных удобрений активизирует симбиотическую деятельность клубеньковых бактерий, вследствие чего возрастает количество фиксируемого соей азота. Согласно результатам расчётов по коэффициенту Хопкинса-Питерса, симбиотическая фиксация азота клубеньковыми бактериями на корнях сои в течение вегетационного периода составляет от 65,5 до 96,7 кг/га, что обеспечивает 50...60 % потребности культуры в азоте (рис. 1).

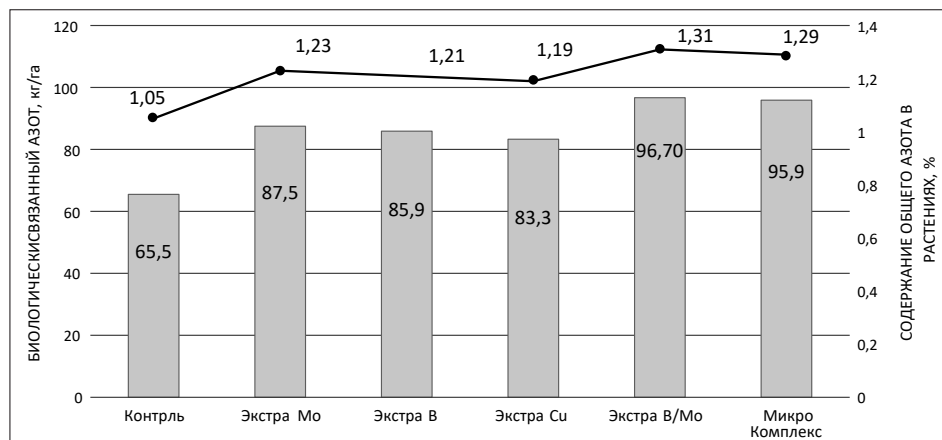


Рис. 1. Влияние микроудобрений на симбиотическую фиксацию азота растениями сои, 2023–2025 гг.: ■ – количество биологически связанного азота, кг/га, — – содержание общего азота в растениях, %.

Минимальные значения азотфиксации (65,5 кг/га) зафиксированы в контрольном варианте. Комплексное применение микроудобрений повысило фиксацию атмосферного азота до 83,3...96,7 кг/га. Максимальный в опыте результат (96,7 кг/га) отмечен с микроудобрением Экстра В/Мо. Мы предполагаем, что его эффективность объясняется синергией микроэлементов, молибден служит структурной основой нитрогеназы – фермента, преобразующего N₂ в NH₃, а бор оптимизирует транспорт ассимилятов и развитие корневой системы, усиливая симбиоз сои с бактериями Rhizobiales и функциональную активность клубеньков.

Ключевые структурные компоненты, определяющие урожайность семян сои, включают число бобов на одном растении, количество зёрен в бобе и массу 1000 семян. В результате обработки семян и двукратного внесения удобрений по вегетации отмечены следующие улучшения показателей относительно контроля. Число бобов на растении увеличилось на 1,2...2,2 шт., при контрольном значении 18,93 шт., количество семян в бобе возросло на 0,17...0,20 шт. относительно контрольного значения 1,99 шт., масса семян с одного растения повысилась на 0,84...1,24 г по

Таблица 1. Влияние удобрений с микроэлементами на количество и массу клубеньков на корнях сои (фаза – образование бобов)

Вариант	Количество клубеньков, шт./растение				Масса клубеньков, г/растение			
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее
Без удобрений (контроль)	21,6	15,2	13,6	16,8	0,95	0,68	0,60	0,74
Экстра Мо	36,5	17,6	15,4	23,2	1,82	1,30	1,16	1,43
Экстра В	35,2	15,9	14,8	22,0	1,74	1,19	1,08	1,34
Экстра Си	34,3	15,1	14,5	21,3	1,69	1,11	1,05	1,28
Экстра В/Мо	38,1	18,0	16,5	24,2	1,84	1,47	1,25	1,52
Микро Комплекс	36,9	18,4	16,2	23,8	1,78	1,21	1,13	1,37
НСР ₀₅				1,27				0,34

Таблица 2. Анализ воздействия микроудобрений на структурные компоненты урожайности сои (2023–2025 гг.)

Вариант	Количество растений на 1 м ² , шт.	Число бобов на растении, шт.	Число семян в бобе, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Без удобрений (контроль)	55,6	18,93	1,99	4,58	121,9
Экстра Мо	56,4	20,72	2,17	5,62	125,2
Экстра В	56,4	20,34	2,16	5,47	124,6
Экстра Си	56,2	20,31	2,16	5,42	123,7
Экстра В /Мо	57,1	21,12	2,19	5,82	125,9
Микро Комплекс	57,3	21,06	2,19	5,80	125,7
НСР ₀₅		0,4	0,07	0,3	1,2

сравнению с контролем (4,58 г), а масса 1000 семян увеличилась на 1,8...4,0 г относительно контрольного значения 121,9 г (табл. 2).

Применение микроэлементных удобрений оказало положительное влияние на урожайность сои. Наибольшая в опыте урожайность сои за три года отмечена в варианте Экстра В/Мо – 2,74 т/га (табл. 3), что на 0,35 т/га выше контроля (2,35 т/га). Близкие результаты продемонстрировал вариант Экстра Микро Комплекс – 2,71 т/га (+0,32 т/га к контролю). Несколько ниже, но также существенно превышали контроль другие варианты: Экстра Мо – 2,68 т/га (+0,29 т/га), Экстра В – 2,66 т/га (+0,27 т/га), Экстра Си – 2,61 т/га (+0,22 т/га).

Таблица 3. Урожайность семян сои при применении микроэлементных удобрений

Вариант	Урожайность, т/га			
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее
Без удобрений (контроль)	2,45	2,27	2,34	2,35
Экстра Мо	2,89	2,43	2,73	2,68
Экстра В	2,76	2,50	2,72	2,66
Экстра Си	2,75	2,42	2,67	2,61
Экстра В /Мо	2,89	2,47	2,87	2,74
Микро Комплекс	2,85	2,54	2,75	2,71
НСР ₀₅	0,11	0,07	0,08	

По годам наибольшая стабильность урожайности отмечена в вариантах Экстра В/Мо и Экстра Микро Комплекс. В засушливом 2024 г. эти варианты обеспечили сохранение урожайности на уровне 2,47...2,54 т/га, тогда как в контроле она снизилась до 2,27 т/га. В наиболее благоприятном 2025 г. максимальная урожайность зафиксирована в варианте Экстра В/Мо (2,87 т/га), что на 0,53 т/га превышало контроль (2,34 т/га). Статистическая достоверность результатов подтверждается значениями наименьшей существенной разности (НСР₀₅ = 0,07...0,11). Все прибавки урожайности превышают соответствующие значения НСР₀₅, что свидетельствует о значимом влиянии применяемых микроудобрений.

Применение микроэлементных удобрений способствовало повышению как качественных показателей семян сои, так и общего сбора белка и масла с

1 га. Содержание белка и масличность изменялись от 34,2 до 35,1 % и от 22,0 до 23,1 % соответственно (рис. 2).

Наибольшее в опыте содержание белка в семенах сои отмечено в вариантах Экстра В/Мо (35,1 %) и Микро Комплекс (35,0 %), что на 0,9...1,0 % выше контроля (34,2 %). Масличность также несколько возросла, максимальные значения составили 22,8...22,9 % (варианты Экстра В и Микро Комплекс) против 22,6 % в контроле.

По сбору белка с 1 га лидировали варианты Экстра В/Мо (0,96 т/га) и Микро Комплекс (0,95 т/га), что на 0,16...0,15 т/га выше контрольного варианта (0,80 т/га). Аналогичная тенденция отмечена и по сбору масла, наибольшие значения 0,63 т/га (Экстра В/Мо) и 0,61 т/га (Микро Комплекс, Экстра Мо, Экстра В) превышали контроль (0,53 т/га) на 0,08...0,10 т/га (рис. 3).

В контрольном варианте получена относительно низкая урожайность (2,35 т/га), однако вследствие отсутствия затрат на удобрения себестоимость оставалась высокой, а рентабельность на уровне 122,1 %. Микроэлементные удобрения повышали экономическую эффективность возделывания сои по сравнению с контролем.

Применение молибденового удобрения (Экстра Мо) повышало урожайность на 14 %, что приводило к росту стоимости продукции на 13200 руб. и условно чистого дохода на 11466 руб., уровень рентабельности увеличился на 21,2 %, по отношению к контрольному варианту (табл. 4).

Боросодержащее удобрение (Экстра В) также улучшало показатели, но его эффект немного уступал Экстра Мо. Прирост урожайности составил 13 % к контролю, стоимость продукции увеличи-

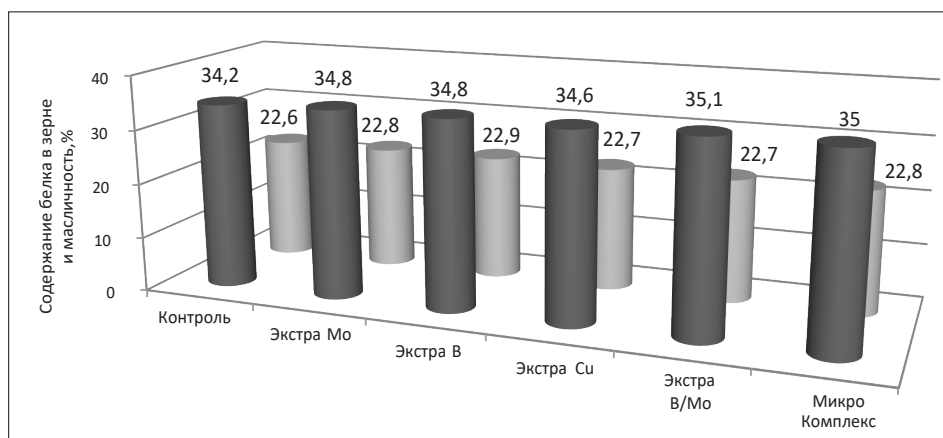


Рис. 2. Содержание белка и масла в семенах сои в зависимости от применяемых микроэлементных удобрений (2023–2025 гг.): ■ – белок, %, ■ – масличность, %.

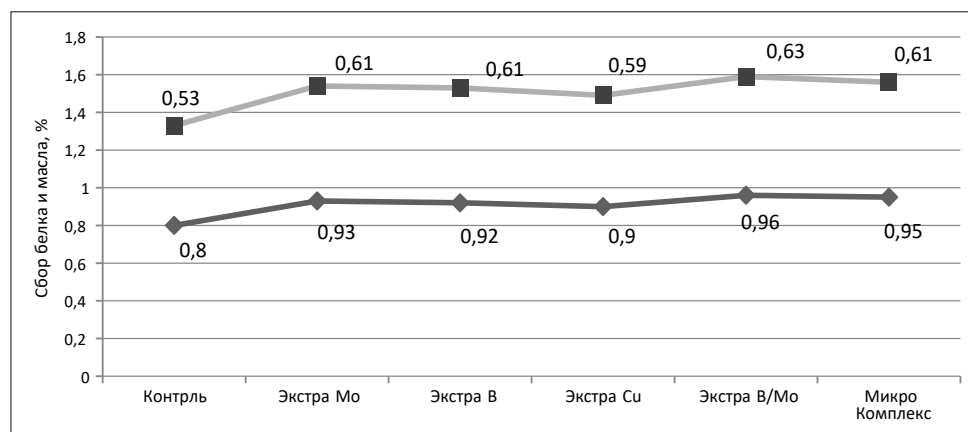


Рис. 3. Сбор белка и масла с 1 га в зависимости от применения микроэлементных удобрений (2023–2025 гг.): ■ – масло, ◆ – белок.

лась на 12400 руб., чистый доход – на 10527 руб./га, уровень рентабельности составил 140,8 % (+ 21,2 %). Медное удобрение (Экстра Си) обеспечило наименьший в опыте прирост урожайности – 11,1 %, относительно контроля. Рост стоимости продукции составил 10400 руб., величина условно чистого дохода – 59883 руб./га (+ 8199 руб./га) при уровне рентабельности – 134,5 % (+ 12,4 % к контролю).

от 0,63 т/га (Экстра В/Мо) до 0,61 т/га (Микро Комплекс, Экстра Мо, Экстра В) против 0,53 т/га в контроле. Самая высокая рентабельность отмечена при применении Экстра В/Мо (146,8 %, + 24,7 % к контролю), Микро Комплекс (143,5 %, + 21,4 %), Экстра Мо (143,3 %, + 21,2 %) и Экстра В (140,8 %, + 18,7 %). Наименьшую в опыте рентабельность обеспечил Экстра Си (134,5 %, + 12,4 %).

Таблица 4. Результаты оценки экономической эффективности применения микроэлементных удобрений на посевах сои (2023–2025 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость продукции, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Без удобрений (контроль)	2,35	94000	42316	18006,8	51684	122,1
Экстра Мо	2,68	107200	44050	16436,57	63150	143,3
Экстра В	2,66	106400	44189	16612,41	62211	140,8
Экстра Си	2,61	104400	44517	17056,32	59883	134,5
Экстра В/Мо	2,74	109600	44402	16205,11	65198	146,8
Микро Комплекс	2,71	108400	44517	16426,94	63883	143,5

Комбинированное применение бора и молибдена (Экстра В/Мо) обеспечило максимальный прирост урожайности (+16,6 %) и рентабельности (24,7 %), рост стоимости продукции составил 5600 руб., чистый доход при этом превысил контрольный вариант на 13514 руб./га. Универсальный комплекс микроэлементов (Микро Комплекс) показал результаты, близкие к Экстра В/Мо, но с меньшим приростом урожайности (15,3 %), что на 0,03 т/га ниже, чем в варианте с Экстра В/Мо (2,74 т/га). Стоимость продукции при этом возросла на 14400 руб., чистый доход – на 12199 руб./га, а рентабельность составила 143,5 % (+ 21,4 %).

Выводы. Применение микроудобрений обеспечило статистически значимый прирост урожайности. Максимальный в опыте результат отмечен в вариантах Экстра В/Мо – 2,74 т/га (+0,39 т/га к контролю) и Микро Комплекс – 2,71 т/га (+0,36 т/га), наимень-

ший прирост зафиксирован при использовании Экстра Си – 2,61 т/га (+0,22 т/га).

Самое высокое в опыте содержание белка (35,1 %) и масла (22,8...22,9 %) в семенах выявлено в вариантах Экстра В/Мо и Микро Комплекс, что также отразилось на их сборе с 1 га. Сбор белка в варианте Экстра В/Мо достиг 0,96 т/га, Микро Комплекс – 0,95 т/га, против 0,80 т/га в контроле.

Сбор масла варьировал от 0,63 т/га (Экстра В/Мо) до 0,61 т/га (Микро Комплекс, Экстра Мо, Экстра В) против 0,53 т/га в контроле. Самая высокая рентабельность отмечена при применении Экстра В/Мо (146,8 %, + 24,7 % к контролю), Микро Комплекс (143,5 %, + 21,4 %), Экстра Мо (143,3 %, + 21,2 %) и Экстра В (140,8 %, + 18,7 %). Наименьшую в опыте рентабельность обеспечил Экстра Си (134,5 %, + 12,4 %).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» в рамках выполнения государственного задания по теме FGZU-2024-0001. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Потенциал зернобобовых культур как высокобелкового компонента в кормопроизводстве / И. А. Сазонова, В. В. Бычкова, А. В. Ерохина и др. // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 103–107. doi: 10.28983/asj.y2024i8pp103-107.
2. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production / B. Guo, L. Sun, S. Jiang, et al. // Theoretical and Applied Genetics. 2022. Vol. 135. No. 11. P. 4095–4121. doi: 10.1007/s00122-022-04222-9.
3. Васильчиков А. Г., Акулов А. С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. 2018. № 4. С. 19–21. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10405.

4. Симбиотическая активность в посевах и продуктивность сои в зависимости от обработки семян биопрепаратами на черноземе обыкновенном / О. Г. Шабалдас, Г. Р. Дорошко, О. И. Власова и др. // Земледелие. 2023. № 8. С. 32–36. doi: 10.24412/0044-3913-2023-8-32-36.
5. Хатков К. Х., Мамсиоров Н. И., Макаров А. А. Оценка эффективности звена севооборота «соя - озимая пшеница» и её влияние на свойства почвы // Новые технологии. 2021. № 5. С. 134–144.
6. Свирина В. А., Черногаев В. Г. Интенсивная технология возделывания сои на основе использования бактериальных и минеральных удобрений // Аграрная наука. 2025. № 5. С. 112–118. doi: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-112-118.
7. Оразеева И. В., Муравьев А. А. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 4. С. 34–37. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10407.
8. Шарипова Г. Ф., Колесар В. А., Сафин Р. И. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои // Плодородие. 2020. № 3. С. 9–12. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02.
9. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds / M. L. Pawlowski, J. Helfenstein, E. Frossard, et al. // Journal of Plant Nutrition. 2019. Vol. 42. No. 6. P. 634–649. doi: 10.1080/01904167.2019.1567782.
10. Dameto L. S., Moraes L. A. C., Moreira A. Effects of boron sources and rates on grain yield, yield components, nutritional status, and changes in the soil chemical attributes of soybean // Journal of Plant Nutrition. 2022. Vol. 46. No. 4. P. 2077–2088. doi: 10.1080/01904167.2022.2118611.
11. Impact of Foliar Spray of NPK and Zn on Soybean for Growth, Yield, Quality, Energetics and Carbon Footprint under Dryland Condition at Indore / L. Bhayal, Aakash, M. P. Jain, et al. // Legume Research. 2022. Vol. 45. No. 2. P. 174–181. doi: 10.18805/LR-4748.
12. Boron in plants: uptake, deficiency and biological potential / S. K. Kohli, H. Kaur, K. Khanna, et al. // Plant Growth Regulator. 2023. Vol. 100. P. 267–282. doi: 10.1007/s10725-022-00844-7.
13. Лукин С. Мониторинг агроэкологического состояния пахотных почв Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. 2023. № 4. С. 67–77. doi: 10.31857/S0002188123040075.
14. Башкатов А. Я., Минченко Ж. Н., Стифеев А. И. Современные технологии возделывания сои. СПб.: Издательство «Лань», 2022. 188 с.
15. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Башкатов А. Я. Агроэкологическое обоснование применения микроэлементных удобрений при возделывании яровой пшеницы // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 154–160. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-154-160.
16. Шабалкин А. В., Беляев Н. Н., Дубинкина Е. А. Микроудобрения и их применение на сое в условиях Центрального Черноземья // Сахарная свекла. 2020. № 7. С. 34–37. doi: 10.25802/SB.2020.24.96.006.

References.

1. Sazonova IA, Bychkova VV, Erokhina AV, et al. [Potential of leguminous crops as a high-protein component in feed production]. Agrar Nauch Zhurn. 2024;(8):103-7. doi: 10.28983/asj.y2024i8pp103-107. Russian.
2. Guo B, Sun L, Jiang S, et al. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. Theor Appl Genet. 2022;135(11):4095-121. doi: 10.1007/s00122-022-04222-9.
3. Vasil'chikov AG, Akulov AS. [Management of vegetation of promising soybean varieties by using highly effective inoculants]. Zemledelie. 2018;(4):19-21. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10405. Russian.
4. Shabaldas OG, Dorozhko GR, Vlasova OI, et al. [Symbiotic activity in crops and soybean productivity depending on seed treatment with biological products on ordinary chernozem]. Zemledelie. 2023;(8):32-6. doi: 10.24412/0044-3913-2023-8-32-36. Russian.
5. Khatkov KKh, Mamsirov NI, Makarov AA. [Evaluation of the effectiveness of the crop rotation link "soybean - winter wheat" and its impact on soil properties]. Novye Tekhnologii. 2021;(5):134-44. Russian.
6. Svirina VA, Chernogaev VG. [Intensive technology of soybean cultivation based on the use of bacterial and mineral fertilizers]. Agrar Nauka. 2025;(5):112-8. doi: 10.32634/0869-8155-2025-394-05-112-118. Russian.
7. Oraeva IV, Murav'ev AA. [Productivity indicators of soybean varieties depending on seed inoculation and nitrogen fertilizer]. Dostizh Nauki Tekh APK. 2018;32(4):34-7. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10407. Russian.
8. Sharipova GF, Kolesar VA, Safin RI. [Efficiency of using fertilizers with microelements on various soybean varieties]. Plodородie. 2020;(3):9-12. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.02. Russian.
9. Pawlowski ML, Helfenstein J, Frossard E, et al. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds. J Plant Nutr. 2019;42(6):634-49. doi: 10.1080/01904167.2019.1567782.
10. Dameto LS, Moraes LAC, Moreira A. Effects of boron sources and rates on grain yield, yield components, nutritional status, and changes in the soil chemical attributes of soybean. J Plant Nutr. 2022;46(4):2077-88. doi: 10.1080/01904167.2022.2118611.
11. Bhayal L, Aakash, Jain MP, et al. Impact of Foliar Spray of NPK and Zn on Soybean for Growth, Yield, Quality, Energetics and Carbon Footprint under Dryland Condition at Indore. Legume Res. 2022;45(2):174-81. doi: 10.18805/LR-4748.
12. Kohli SK, Kaur H, Khanna K, et al. Boron in plants: uptake, deficiency and biological potential. Plant Growth Regul. 2023;100:267-82. doi: 10.1007/s10725-022-00844-7.
13. Lukin S. [Monitoring of the agroecological state of arable soils in the Central Chernozem region of Russia]. Agrokhimia. 2023;(4):67-77. doi: 10.31857/S0002188123040075. Russian.
14. Bashkatov AY, Minchenko ZhN, Stifeev AI. [Modern technologies of soybean cultivation]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo "Lan"; 2022. 188 p. Russian.
15. Lazarev VI, Minchenko ZhN, Bashkatov AI. [Agroecological substantiation of the use of microelement fertilizers in spring wheat cultivation]. Teor Prikl Ecol. 2020;(3):154-60. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-154-160. Russian.
16. Shabal'kin AV, Belyaev NN, Dubinkina EA. [Microfertilizers and their application on soybeans in the conditions of the Central Chernozem region]. Sakharnaia Svekl. 2020;(7):34-7. doi: 10.25802/SB.2020.24.96.006. Russian.

Поступила в редакцию 04.03.2026 После доработки 26.03.2026 Принята к публикации 22.04.2026