

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 633.34:631.53.01:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-1-121-134

Действие инокуляции и внекорневых подкормок посевов орошаемой сои на симбиотическую деятельность и продуктивность в условиях Волго-Донского междуречья

Светлана Александровна Агапова¹, Александр Юрьевич Москвичев²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация

²Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

¹sveta-sxi@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5159-6578>

²moskvichev56@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>

Аннотация. **Цель:** изучение влияния предпосевной инокуляции и внекорневого внесения препаратов различного происхождения (химического, природного и биологического) на симбиотическую активность орошаемой сои. **Материалы и методы.** Исследования были проведены на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Был заложен двухфакторный опыт: фактор А – предпосевная инокуляция семян сои, фактор В – фолиарная (внекорневая) обработка посевов. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по методике Б. А. Доспехова. **Результаты.** Выявлено, что на участках с применением инокулянта для предобработки семян количество клубеньков на одном растении достигало 18, в то время как на контрольном варианте без инокуляции – лишь 16 в среднем за три года наблюдений. Аналогичная закономерность прослеживалась и в массе клубеньков с одного растения: 0,152 г в первом случае и 0,129 г во втором. При использовании различных препаратов для внекорневой подкормки наблюдалось увеличение показателей симбиотического аппарата на корнях сои, особенно при использовании биокомплекса: 29 клубеньков на растении против 23, а масса клубеньков – 0,216 и 0,157 г соответственно. Кроме того, на вариантах с инокуляцией семян и применением биокомплекса для внекорневой подкормки наблюдались максимальные значения площади листовой поверхности растений – 27,70 тыс. кв. м/га. **Вывод.** Максимальная урожайность сои получена при совместном применении инокуляции семян и внекорневой обработке растений биокомплексом, которые обеспечили получение урожая зерна 3,91 т/га.

Ключевые слова: соя, орошение, урожайность, инокуляция, симбиотический аппарат, фолиарная обработка

Источник финансирования: субсидии на выполнение государственного задания за счет средств федерального бюджета.

Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья: работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России FNFR-2025-0003 «Мониторинг длительно орошаемых агроландшафтов для прогнозирования их состояния, управления экологической устойчивостью и продуктивностью с использованием цифровых технологий в адаптивных системах земледелия».

Для цитирования: Агапова С. А., Москвичев А. Ю. Действие инокуляции и внекорневых подкормок посевов орошаемой сои на симбиотическую деятельность и продуктивность в условиях Волго-Донского междуречья // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 1. С. 121–134. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-1-121-134>.



GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

The impact of inoculation and foliar application of irrigated soybean crops on symbiotic activity and productivity in the Volga-Don interfluve

Svetlana A. Agapova¹, Alexander Yu. Moskvichev²

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

¹sveta-sxi@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5159-6578>

²moskvichev56@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>

Abstract. Purpose: to study the impact of pre-sowing inoculation and foliar application of preparations of various origins (chemical, natural and biological) on the symbiotic activity of irrigated soybeans. **Materials and methods.** The studies were conducted on light chestnut soils of the Volgograd region. A two-factor experiment was designed: factor A – pre-sowing inoculation of soybean seeds, factor B – foliar treatment of crops. Statistical processing of the experimental data was carried out according to the method of B. A. Dospekhov. **Results.** It was found that in plots with the inoculant application for pre-treatment of seeds, the number of nodules per plant reached 18, while in the control variant without inoculation – only 16 on average over three years of observations. A similar pattern was observed in the nodule weight per plant: 0.152 g in the first case and 0.129 g in the second. When using various foliar applications, an increase in the symbiotic apparatus indices on soybean roots was observed, especially when using the biocomplex: 29 nodules per plant versus 23, and the nodule weight was 0.216 and 0.157 g, respectively. Furthermore, in the variants with seed inoculation and the use of the biocomplex for foliar application, the maximum values of the plant leaf surface area were observed – 27.70 thousand sq. m/ha. **Conclusion.** The maximum soybean yield was obtained with the combined use of seed inoculation and foliar treatment of plants with a biocomplex, which ensured a grain yield of 3.91 t/ha.

Keywords: soybean, irrigation, yield, inoculation, symbiotic apparatus, foliar treatment

Funding: federal budget subsidies for the implementation of a state assignment.

Information on the research work on the results of which the article is published: this research was carried out under State Assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. FNFR-2025-0003 “Monitoring long-term irrigated agricultural landscapes to predict their state, manage environmental sustainability and productivity using digital technologies in adaptive farming systems”.

For citation: Agapova S. A., Moskvichev A. Yu. The impact of inoculation and foliar application of irrigated soybean crops on symbiotic activity and productivity in the Volga-Don interfluve. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(1):121–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-1-121-134>.

Введение. В современном сельском хозяйстве сложно обойтись без зернобобовых, являющихся значимым поставщиком растительного протеина. Соя продолжает оставаться ведущей зернобобовой культурой, исполь-

зубомой в пищевой промышленности, для кормления животных и в технических целях. Ее богатый химический состав (свыше 40 % протеина и 20 % масла) обусловил ее выращивание более чем в 60 странах мира, на разных континентах и в разнообразных почвенно-климатических зонах [1].

Для успешного возделывания сои необходимо строго следовать агротехническим приемам, среди которых выделяется предпосевная обработка семян биопрепаратами [2–4]. Ценной биологической особенностью сои является ее способность усваивать атмосферный азот [5].

Кроме того, данное бобовое растение имеет значительную агротехническую ценность. Разложение корневой системы и клубеньковых образований приводит к существенному увеличению содержания азота в почве. Развитая корневая система сои благотворно влияет на физические характеристики почвы, улучшает водный и воздушный баланс, а также стимулирует общую микробиологическую активность [6, 7]. Улучшение азотного режима положительно сказывается на урожайности последующих культур [8].

В климатических условиях Волгоградской области продуктивность сои колеблется от 1,2 до 2,5 т/га¹ [9]. Помимо минеральных и органических удобрений, важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур играют бактериальные удобрения. Их действие основано на направленном использовании полезных микроорганизмов. Доступность, высокая рентабельность и экологическая безопасность делают их применение широко распространенным [10, 11]. Однако для эффективного применения бактериальных препаратов необходимо учитывать их взаимодействие с почвой, растениями и применяемыми удобрениями [12, 13].

В растительном мире фотосинтез играет ключевую роль в формировании продуктивности. Поскольку он происходит преимущественно в листьях,

¹Усовершенствованные технологии возделывания перспективных сортов зернобобовых культур в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа / А. А. Абаев [и др.]. Владикавказ: Мавр, 2018. 72 с. EDN: ZSIRNA.

эффективность работы листового аппарата напрямую влияет на его продуктивность. Использование стимуляторов роста позволяет положительно влиять на увеличение площади листьев и фотосинтетическую активность.

Известно, что фотосинтез и симбиотическая азотфиксация – это два взаимосвязанных физиологических процесса, которые усиливают взаимную эффективность использования ресурсов в растениях.

Ученые активно исследуют штаммы клубеньковых бактерий, применяемые для инокуляции бобовых культур. На рынке представлен широкий ассортимент биопрепаратов, способствующих активной азотфиксации. Тем не менее эффективность этих препаратов варьируется, поэтому научные исследования, посвященные выявлению перспективных биопрепаратов и изучению реакции на них посевов сои, остаются актуальными [14].

Цель исследований заключалась в изучении влияния предпосевной инокуляции и внекорневого внесения препаратов различного происхождения (химического, природного и биологического) на симбиотическую активность орошаемой сои.

Материалы и методы. Исследования проводили на светло-каштановых почвах Волгоградского региона на опытном поле ВНИИОЗ (п. Водный) в 2021–2023 гг. Объектом исследования был сорт сои Волгоградка 2 селекции ВНИИОЗ и ВолГАУ. Этот сорт включен в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону. Это раннеспелый сорт сои. Вегетационный период – 102 дня. Растение детерминантное, средней высоты. Семена желтые, рубчик темно-коричневый, цветок фиолетовый. Содержание белка в семенах – 38,6 %, жира 19,6 %. Масса 1000 зерен – 147,7 г.

Схема опыта реализована в 2-факторном полевом эксперименте.

Фактор А – предпосевная обработка семян:

А₁. Контроль (без обработки).

А₂. Обработка комплексной смесью биопрепаратов: Импровер, ВР, Геостим ФитГ и Гумэл Супер.

Фактор В – фоллиарная (внекорневая) обработка растений:

В₁. Контроль (без обработки).

В₂. Фунгицидная обработка препаратом Колосаль про, КМЭ.

В₃. Применение природного минерала Билатор.

В₄. Обработка баковой смесью биопрепаратов (Геостим ФитЖ, БФТИМ КС-2, Ж, Импровер, ВР, Гумэл Люкс и Гумэл Бор Молибден).

Орошение осуществлялось способом дождевания с использованием техники Bauer. В течение анализируемого периода с 2021 по 2023 г. было выполнено 12 и 14 поливов соответственно. При достижении критического уровня влажности почвы 80 % от наименьшей влагоемкости (НВ) на глубине 0,4 м объем воды на один полив составлял 250 м³/га, а на глубине 0,6 м – 300 м³/га. Оросительная норма изменялась от 3500 до 4050 м³/га.

Посев проводили широкорядным способом (70 см) с нормой высева 600 тыс. шт. всхожих семян на 1 га. В день посева семенной материал обрабатывали инокулянтом Геостим ФитГ в дозе 5–10 л/т семян, расход рабочего раствора 10–20 л/т. Инокулянт (производитель ООО «Биотехагро», г. Тимашевск) предназначен для формирования клубеньков, обеспечивает биологическую фиксацию атмосферного азота. Подсчет количества и сырой массы клубеньков осуществляли по методике ВНИИМК.

Результаты исследования. Годы наблюдений отличались по показателю гидротермического коэффициента (ГТК), который отражает соотношение водного и теплового режимов (рисунок 1).

Анализ показателей ГТК за трехлетний период выявил следующую динамику. В начале мая 2023 г. зафиксировано минимальное значение на уровне 0,47, тогда как в 2021 и 2022 гг. этот показатель составлял 0,78 и 1,48 соответственно. К сентябрю указанные значения изменились и составили 0,19; 0,8 и 1,15 соответственно.

Погодные условия и агротехнические приемы играют ключевую роль в формировании бобово-ризобияльного симбиоза у сои, который является

основополагающим фактором продуктивности данной культуры. В периоды дефицита почвенной влаги симбиотические взаимодействия между растениями и ризобияльными бактериями могут существенно замедляться или даже полностью прекращаться, что приводит к нарушению физиологических процессов в растениях. В условиях водного стресса наблюдаются угнетение фотосинтетической активности и снижение эффективности усвоения питательных веществ, что в итоге негативно сказывается на общем состоянии растений и их продуктивности.

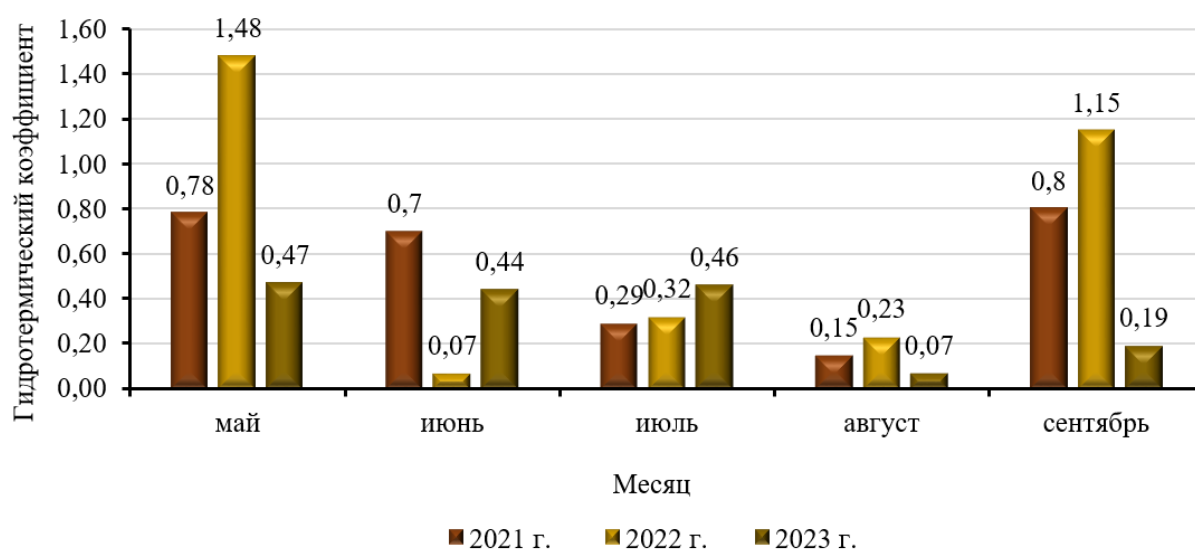


Рисунок 1 – Значения гидротермического коэффициента по месяцам вегетации сои, 2021–2023 гг.

Figure 1 – Hydrothermal coefficient values by months of soybean growing season, 2021–2023

Наши исследования продемонстрировали, что масса клубеньков сои значительно зависит от применения инокуляции семян (рисунки 2 и 3). Данный метод, основанный на предварительном введении ризобияльных бактерий в семенной материал, позволяет оптимизировать симбиотические взаимодействия и повысить урожайность сои в условиях недостаточного увлажнения. Инокуляция способствует более эффективному формированию клубеньков, что, в свою очередь, улучшает азотфиксацию и обеспечивает растения необходимым количеством доступного азота.

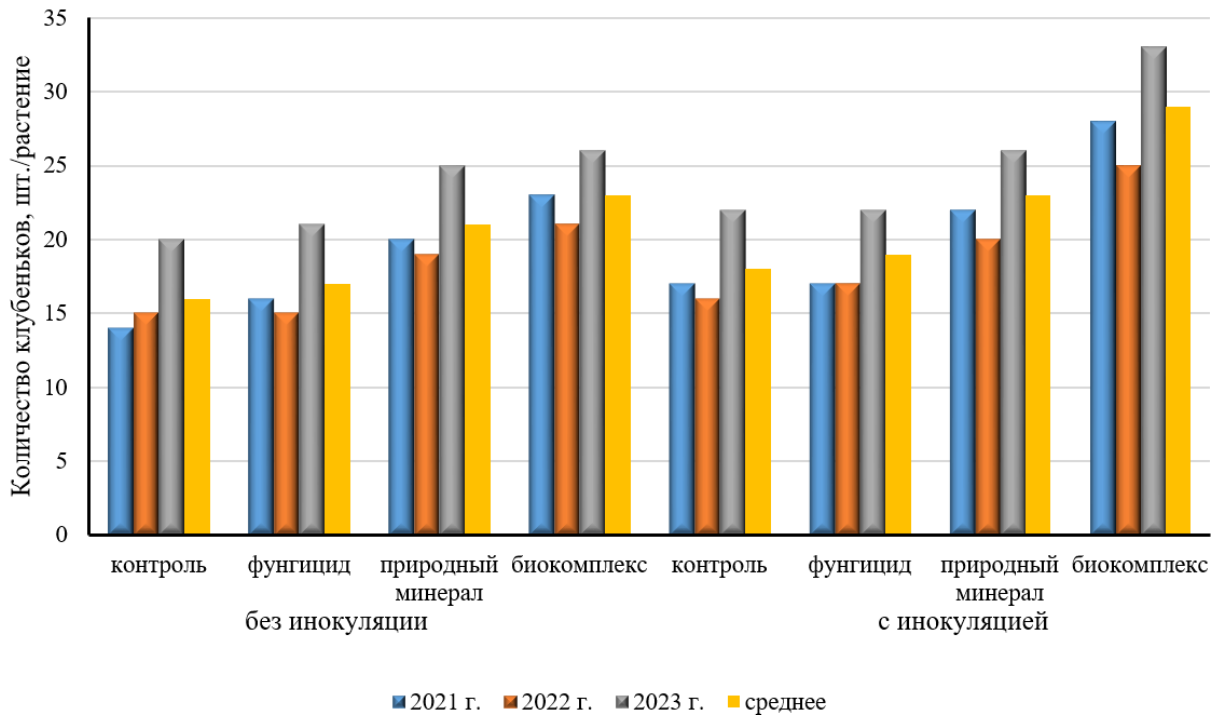


Рисунок 2 – Действие инокуляции и внекорневого внесения препаратов на формирование симбиотического аппарата на корнях сои в период бутонизации – начала цветения за 2021–2023 гг.

Figure 2 – The impact of inoculation and foliar application of preparations on the formation of the symbiotic apparatus on soybean roots during the budding – early flowering period for 2021–2023

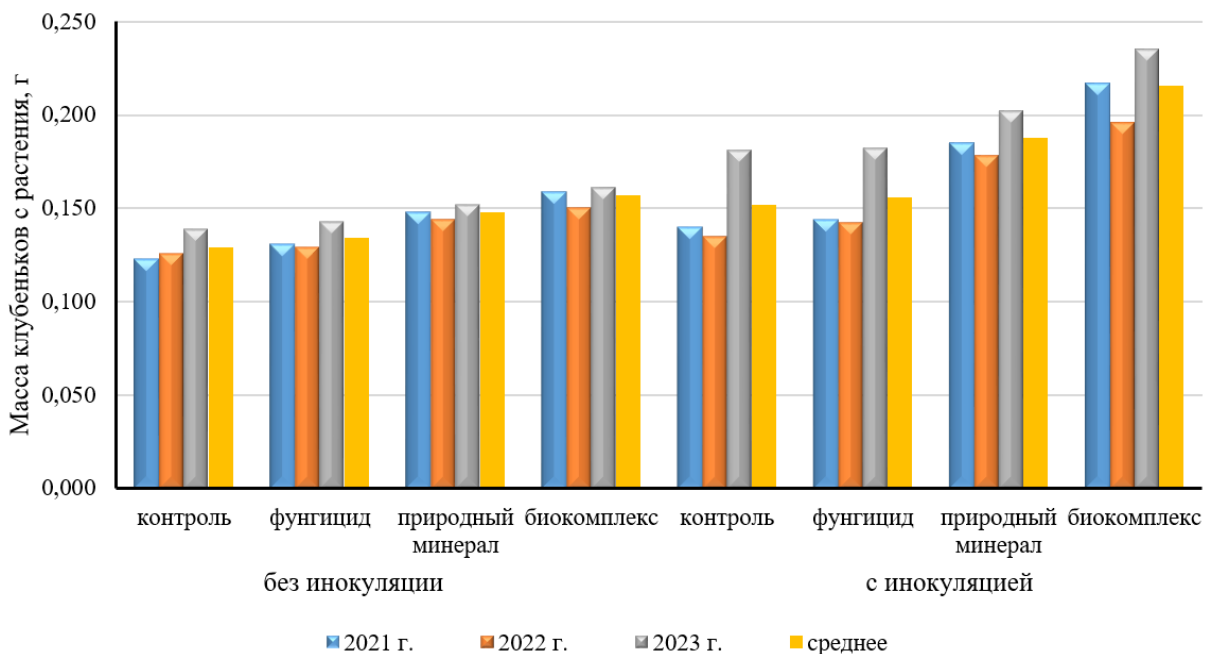


Рисунок 3 – Зависимость массы клубеньков с одного растения от изучаемых факторов, 2021–2023 гг.

Figure 3 – Dependence of nodule mass per plant on the factors studied, 2021–2023

Таким образом, комплексное управление агротехническими приемами и условиями влажности, включая оптимизацию водного режима, применение инокуляции семян являются важным аспектом повышения продуктивности сои и устойчивости данной культуры к стрессовым факторам окружающей среды.

На основании данных, представленных на рисунке 2, можно констатировать, что максимальное количество клубеньков на корневой системе сои наблюдалось в 2023 г., несколько уступали ему показатели 2021 г., а наименьшее значение зафиксировано в 2022 г. В течение трех лет инокуляция стабильно способствовала увеличению числа клубеньков на корнях сои по сравнению с контрольным вариантом, на котором инокуляция не проводилась. Различные препараты, использованные в исследовании, демонстрировали разную эффективность, которая выстроилась следующим образом: в среднем за три года наименьшее количество клубеньков наблюдалось в контрольной группе (16 и 18 шт./растение соответственно без инокуляции и с инокуляцией), немного выше показатель у химического препарата (17 и 19 шт./растение), природный минерал показал результат 21 и 23 шт./растение, а максимальное количество клубеньков (23 и 29 шт./растение) у биокомплекса.

В контексте исследования массы клубеньков на одном растении (см. рисунок 3) анализ воздействия различных факторов позволяет сделать ряд значимых выводов. Было установлено, что масса клубеньков в значительной степени зависела от предпосевной инокуляции, варьируясь от 0,152 до 0,216 г. В то же время в контрольных вариантах без инокуляции данный показатель находился в диапазоне 0,129–0,157 г. Применение различных препаратов способствовало увеличению массы клубеньков, наибольшее их количество в среднем за три года наблюдалось на делянке, где проводилась инокуляция семян и применялся биокомплекс препаратов в качестве внекорневой подкормки (0,216 г).

В проведенных исследованиях были получены высокие показатели

площади листовой поверхности посевов сои в период максимального развития, а именно в фазе цветения, в различные по метеорологическим условиям годы (таблица 1).

Таблица 1 – Площадь листовой поверхности в зависимости от инокуляции семян и фолиарного внесения препаратов на начало фазы цветения за 2021–2023 гг.

В тыс. м²/га

Table 1 – Leaf area depending on seed inoculation and foliar application of preparations at the beginning of the flowering phase for 2021–2023

In thousands of m²/ha

Вариант опыта	Площадь листовой поверхности			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без инокуляции				
Контроль	15,20	12,70	18,80	15,57
Фунгицид	14,80	15,90	18,60	16,43
Природный минерал	16,70	16,30	19,32	17,44
Биокомплекс	17,10	16,20	22,61	18,64
С инокуляцией				
Контроль	16,80	14,30	21,30	17,47
Фунгицид	18,10	18,20	19,00	18,43
Природный минерал	19,80	30,50	30,30	26,87
Биокомплекс	22,40	30,90	29,80	27,70

Анализ данных, представленных в таблице, свидетельствует о значительном влиянии предпосевной обработки семян на формирование листовой поверхности растений. На фоне обработки площадь листовой поверхности варьировалась от 17,47 до 27,70 тыс. м²/га, в то время как на контрольных вариантах без инокуляции этот показатель находился в интервале 15,57–18,64 тыс. м²/га. Минимальные значения площади листовой поверхности были зафиксированы на контрольных вариантах (15,57–17,47 тыс. м²/га). Наиболее выраженный положительный эффект в виде формирования листовой поверхности был достигнут при использовании инокуляции семян и применении биокомплекса с фолиарным внесением, что позволило достичь максимального значения площади 27,70 тыс. м²/га.

Многолетние научные исследования, проведенные с сортом сои Волгоградка 2 при орошении дождеванием, позволили сформировать обоснованное представление о генетическом потенциале продуктивности данного сорта в почвенно-климатических условиях Волгоградской области (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зерна на посевах сои в зависимости от изучаемых факторов (2021–2023 гг.)

В т/га

Table 2 – Grain yield in soybean crops depending on the factors studied (2021–2023)

In t/ha

Вариант опыта	Урожайность			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без инокуляции				
Контроль	2,15	2,14	2,48	2,26
Фунгицид	2,29	2,31	2,72	2,44
Природный минерал	2,61	2,53	2,94	2,69
Биокомплекс	2,93	2,78	3,43	3,05
С инокуляцией				
Контроль	2,77	2,67	3,02	2,82
Фунгицид	2,91	2,81	3,20	2,97
Природный минерал	3,42	3,34	3,48	3,41
Биокомплекс	3,90	3,84	3,98	3,91
2021 г.: НСР ₀₅ : А – 0,01; В – 0,01; АВ – 0,01. 2022 г.: НСР ₀₅ : А – 0,01; В – 0,01; АВ – 0,02. 2023 г.: НСР ₀₅ : А – 0,02; В – 0,02; АВ – 0,02.				

На основании полученных данных можно сказать, что в 2023 г. была зафиксирована максимальная урожайность зерна. В 2021 и 2022 гг. показатели урожайности оставались относительно стабильными. Анализ влияния инокуляции на урожайность сои демонстрирует существенное повышение среднего значения урожайности за трехлетний период. В условиях применения инокуляции этот показатель варьировал в диапазоне 2,82–3,91 т/га, в то время как без применения данного агротехнического приема урожайность находилась в интервале 2,26–3,05 т/га.

Максимальные результаты в форме урожайности (3,91 т/га) были достигнуты при применении биокомплекса на делянках, где была проведена инокуляция семян.

Выводы. Проведенные трехлетние исследования показали эффективное действие предпосевной обработки семян и фолиарного внесения различных препаратов на симбиотическую активность растений сои. Максимальные количество и масса клубеньков были достигнуты при использовании биоконплекса со следующими препаратами в составе: Геостим ФитЖ, БФТИМ КС-2, Ж, Импровер, ВР, Гумэл Люкс и Гумэл Бор Молибден – на фоне применения инокуляции семян – 29 шт./растение и 0,216 г соответственно.

Применение биоконплекса для внекорневой обработки растений обеспечило максимальное нарастание площади листовой поверхности сои как на фоне инокуляции, так и без нее. В среднем за три года максимальные значения площади листовой поверхности составили 18,64 и 27,70 тыс. м²/га соответственно.

Максимальная урожайность сои получена при совместном применении инокуляции семян и внекорневой обработке растений биоконплексом, которые обеспечили получение урожая зерна 3,91 т/га.

Список источников

1. Эффективность возделывания сои на орошении в условиях Волгоградской области / О. Г. Чамурлиев, Г. О. Чамурлиев, Л. А. Феофилова, В. К. Согомонян, С. Н. Латышев // Аграрный научный журнал. 2024. № 7. С. 61–64. DOI: 10.28983/asj.y2024i7pp61-64. EDN: NKBVRO.
2. Агапова С. А. Инокуляция семян сои – фактор получения стабильных урожаев с надлежащим качеством зерна при орошении // Орошаемое земледелие. 2025. № 3(50). С. 46–52. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-3-7. EDN: QMJXJA.
3. Агапова С. А., Москвичев А. Ю. Влияние предпосевной инокуляции семян и внекорневого внесения препаратов на продуктивность и качество зерна сои в условиях орошения дождеванием в Нижнем Поволжье // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 181–191. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-181-191. EDN: JCVJFY.
4. Низкодубова А. А., Каменев Р. А. Применение инокулянтов и фунгицидов при выращивании сои на черноземе типичном Воронежской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2021. № 3(41). С. 33–37. EDN: UNTHTE.
5. Головина Е. В., Беляева Р. В. Симбиотическая деятельность и формирование урожая люпина узколистного и сои в контрастных погодных условиях // Земледелие. 2022. № 6. С. 31–36. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-31-36. EDN: IMJLCL.
6. Сортовые особенности водопотребления сои / С. С. Мухаметханова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 19–22. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-2. EDN: MSYUKH.

7. Митрохина О. А. Содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // Агрехимический вестник. 2021. № 5. С. 40–45. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-008. EDN: DWNVRZ.

8. Котлярова Е. Г., Грицина В. Г. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от уровня удобренности // Аграрный научный журнал. 2021. № 2. С. 25–32. DOI: 10.28983/asj.y2021i2pp25-32. EDN: JRQCCN.

9. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Грядунова Н. В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2(26). С. 4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008. EDN: UQRBKK.

10. Завалин А. А. Биологический и минеральный азот в земледелии России. М.: ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2022. 256 с. EDN: FGTCDT.

11. Jumrani K., Bhatia V. S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // Physiology and Molecular Biology of Plants. 2019. Vol. 25, № 3. P. 667–681. DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5. EDN: PSISCG.

12. 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. EDN: PXXPFA.

13. Основные аспекты агротехнологии для эффективного производства сои в условиях орошения / Т. С. Кошкарова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2017. № 2. С. 17–18. EDN: ZIGIWF.

14. Влияние условий вегетации сортов сои и инокуляции на развитие фотосинтетического и симбиотического аппаратов / Т. П. Некрасова, Г. Г. Голева, В. И. Пушкарева, А. Д. Макаров // Агроген Воронежского государственного аграрного университета. 2024. № 3(7). С. 17–27. EDN: IHGWAC.

References

1. Chamurliev O.G., Chamurliev G.O., Feofilova L.A., Sogomonian V.K., Latyshev S.N., 2024. *Effektivnost' vozdeleyvaniya soi na oroshenii v usloviyakh Volgogradskoy oblasti* [Efficiency of irrigated soybean cultivation in the Volgograd region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 7, pp. 61-64, DOI: 10.28983/asj.y2024i7pp61-64, EDN: NKBVRO. (In Russian).

2. Agapova S.A., 2025. *Inokulyatsiya semyan soi – faktor polucheniya stabil'nykh urozhaev s nadlezhashchim kachestvom zerna pri oroshenii* [Inoculation of soybean seeds as a factor in obtaining stable yields with proper grain quality under irrigation]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3(50), pp. 46-52, DOI: 10.35809/2618-8279-2025-3-7, EDN: QMJXJA. (In Russian).

3. Agapova S.A., Moskvichev A.Yu., 2024. *Vliyanie predposevnoy inokulyatsii semyan i vnekorneвого vneseniya preparatov na produktivnost' i kachestvo zerna soi v usloviyakh orosheniya dozhdevaniem v Nizhnem Povolzh'e* [The effect of pre-sowing inoculation of seeds and foliar application of drugs on the productivity and quality of the soybean grain under sprinkling irrigation in the Lower Volga region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 3, pp. 181-191, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-181-191, EDN: JCVJFY. (In Russian).

4. Nizkodubova A.A., Kamenev R.A., 2021. *Primenenie inokulyantov i fungitsidov pri vyrashchivanii soi na chernozeme tipichnom Voronezhskoy oblasti* [Application of inoculants and fungicides in soybean cultivation on typical chernozem of the Voronezh region]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Don State Agrarian University], no. 3(41), pp. 33-37, EDN: UNTHTE. (In Russian).

5. Golovina E.V., Belyaeva R.V., 2022. *Simbioticheskaya deyatel'nost' i formirovanie*

urozhaya lyupina uzkolistnogo i soi v kontrastnykh pogodnykh usloviyakh [Symbiotic activity and crop formation in blue lupine and soybeans under contrasting weather conditions]. *Zemledelie* [Farming], no. 6, pp. 31-36, DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-31-36, EDN: IMJLCL. (In Russian).

6. Mukhametkhanova S.S., Tolokonnikov V.V., Kantzer G.P., Plyushcheva N.M., 2021. *Sortovye osobennosti vodopotrebleniya soi* [Variety features of water consumption of soybean]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 19-22, DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-2, EDN: MSYYKH. (In Russian).

7. Mitrokhina O.A., 2021. *Soderzhanie mikroelementov v pochvakh TsChR i ikh vliyanie na urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Microelements concentration in soils of the CCHR and its influence on agricultural crops yield]. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Bulletin], no. 5, pp. 40-45, DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-008, EDN: DWNVRZ. (In Russian).

8. Kotlyarova E.G., Gritsina V.G., 2021. *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' sortov soi v zavisimosti ot urovnya udobrennosti* [Photosynthetic activity of soybean varieties depending on the level of fertilization]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 2, pp. 25-32, DOI: 10.28983/asj.y2021i2pp25-32, EDN: JRQCCN. (In Russian).

9. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V., 2018. *Razvitie proizvodstva zernobobovykh kul'tur v Rossiyskoy Federatsii* [Development of production of leguminous crops in the Russian Federation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 2(26), pp. 4-10, DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008, EDN: UQRBKK. (In Russian).

10. Zavalin A.A., 2022. *Biologicheskii i mineral'nyy azot v zemledelii Rossii* [Biological and Mineral Nitrogen in Russian Agriculture]. Moscow, D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, 256 p., EDN: FGTCDT. (In Russian).

11. Jumrani K., Bhatia V.S., 2019. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, vol. 25, no. 3, pp. 667-681, DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5, EDN: PSISCG.

12. Knyazev B.M., Nazranov Kh.M., Knyazeva D.B., 2022. *Simbioticheskaya i fotosinteticheskaya deyatel'nost rasteniy soi v zavisimosti ot vlazhnosti pochvy v stepnoy zone* [Symbiotic and photosynthetic activity of soybean plants depending on soil moisture in the steppe zone]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V. M. Kokova* [Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov], no. 4(38), pp. 15-20, DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20, EDN: PXXPFA. (In Russian).

13. Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Kantzer G.P., Plyushcheva N.M., 2017. *Osnovnye aspekty agrotekhnologii dlya effektivnogo proizvodstva soi v usloviyakh orosheniya* [Key aspects of agricultural technology for efficient soybean production under irrigated conditions]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 17-18, EDN: ZIGIWF. (In Russian).

14. Nekrasova T.P., Goleva G.G., Pushkareva V.I., Makarov A.D., 2024. *Vliyanie usloviy vegetatsii sortov soi i inokulyatsii na razvitie fotosinteticheskogo i simbioticheskogo apparatov* [Influence of soybean cultivar growing conditions and inoculation on the development of photosynthetic and symbiotic apparatus]. *Agrogen Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Agrogen of Voronezh State Agrarian University], no. 3(7), pp. 17-27, EDN: IHGWAC. (In Russian).

Информация об авторах

С. А. Агапова – младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), sveta-sxi@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-5159-6578;

А. Ю. Москвичев – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), moskvichev56@bk.ru, ORCID: 0000-0002-9309-2885.

Information about the authors

S. A. Agapova – Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (400002, Volgograd, Timiryazev st., 9), sveta-sxi@rambler.ru, ORCID: 0000-0001-5159-6578;

A. Yu. Moskvichev – Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), moskvichev56@bk.ru, ORCID: 0000-0002-9309-2885.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 26.11.2025; одобрена после рецензирования 09.02.2026;
принята к публикации 17.03.2026.
The article was submitted 26.11.2025; approved after reviewing 09.02.2026; accepted for publication 17.03.2026.*