

Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от обработки семян ризобияльными препаратами в условиях равнинной зоны Дагестана

А. А. Даудова, А. Б. Исмаилов[✉], Е. К. Омарова, Г. А. Алиммирзаева,
М. М. Кудахова, Л. Ю. Караева

Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия

[✉]E-mail: alimbekdgsha77@mail.ru

Аннотация. В статье изложены результаты исследований влияния ризобияльных препаратов на динамику формирования листовой поверхности, фотосинтетическую деятельность и накопление сухого вещества в посевах сои сорта Барс при разных способах посева на лугово-каштановой почве равнинной зоны Дагестана. **Цель** исследования – определение оптимального сочетания ризобияльной обработки семян и способа посева для повышения фотосинтетической активности и увеличения продуктивности сои сорта Барс. **Методы.** В экспериментах использовали бактериальные препараты. Выполнялся подробный анализ результатов – как экспериментальный и статистический, так и экономический. Все наблюдения и учеты проводились строго по принятым в науке методам для полевых исследований. Площадь листьев и продуктивность фотосинтеза определялись по фазам: ветвление, цветение, образование бобов, начало созревания. Площадь листьев определяли методом высечек и сухой массы растений. **Научная новизна.** Впервые для равнинной зоны Дагестана проведена комплексная оценка влияния различных ризобияльных препаратов («Ризоторфин», Organik Rizo, «Ризоформ Соя», «Нитрофикс Ж») на фотосинтетическую деятельность сои сорта Барс в зависимости от способа посева). Экспериментально установлено, что препарат «Ризоформ Соя» (1,6 л/т) в сочетании с ширококормным посевом (45 см) обеспечивает максимальную площадь листьев и фотосинтетический потенциал, что статистически значимо превосходит другие инокулянты. **Результаты** исследований показывают, что использование бактериальных препаратов для предпосевной обработки семян сои способствует более интенсивному формированию листовой поверхности растений в течение всего вегетационного периода, что отмечается как при обычном, так и при ширококормном посеве. Наибольший эффект наблюдается при использовании инокулянта «Ризоформ Соя» (1,6 л/т), особенно при ширококормном посеве, что выражается в значительном увеличении площади листьев во всех фенологических фазах с максимальным значением 5,30 м²/м² на стадии формирования бобов. Вариант с рядовым способом посева уступает ширококормному посеву по фотосинтетической продуктивности. Это объясняется более высокой плотностью растений в посевах. Препарат «Ризоформ Соя» показал наилучшие результаты при ширококормном посеве, обеспечив максимальную площадь листьев (53,1 тыс. м²/га) и фотосинтетического потенциала (1404,2 тыс. м²/га·сут), при значительном превосходстве над контролем и другими исследуемыми препаратами. При этом наблюдалось обратное соотношение: по мере роста фотосинтетического потенциала чистая продуктивность фотосинтеза уменьшалась. Установлено, что ширококормный посев в сочетании с обработкой семян препаратом «Ризоформ Соя» является оптимальным сочетанием в технологии возделывания для повышения продуктивности сои сорта Барс. Данная комбинация обеспечивает максимальную аккумуляцию сухого вещества на всех этапах онтогенеза, что приводит к увеличению урожайности и улучшению качественных характеристик конечной продукции.

Ключевые слова: соя, сорт, обработка семян, ризобияльные препараты, фотосинтетический потенциал, сухая биомасса

Для цитирования: Даудова А. А., Исмаилов А. Б., Омарова Е. К., Алиммирзаева Г. А., Кудахова М. М., Караева Л. Ю. Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от обработки семян ризобияльными препаратами в условиях равнинной зоны Дагестана // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 07. С. 1185–1194. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-07-1185-1194>.

Дата поступления статьи: 06.02.2026, **дата рецензирования:** 15.04.2026, **дата принятия:** 23.05.2026.

Photosynthetic activity of soybean crops depending on seed treatment with rhizobial preparations under the conditions of the plain zone of Dagestan

A. A. Daudova, A. B. Ismailov✉, E. K. Omarova, G. A. Alimirzaeva,
M. M. Kudakhova, L. Yu. Karaeva

Dagestan State Agrarian University named after M. N. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

✉E-mail: alimbekdgsha77@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the effects of rhizobial preparations on the dynamics of leaf surface formation, photosynthetic activity, and dry matter accumulation in soybean crops of the Bars variety under different sowing methods on meadow-chestnut soil in the lowland zone of Dagestan. **The purpose** of the study is to determine the optimal combination of rhizobial seed treatment and sowing method to enhance photosynthetic activity and increase the productivity of the Bars soybean variety. **Methods.** Bacterial inoculants were applied throughout the trials. The results underwent detailed experimental, statistical, and economic analysis. All data collection and observations followed standard protocols for field research. Leaf area and photosynthetic productivity were assessed at the branching, flowering, pod formation, and early ripening stages. Leaf area was determined via the leaf disk method and dry matter accumulation. **Scientific novelty.** For the first time, for the flat zone of Dagestan, a comprehensive assessment of the effect of various rhizobial drugs on (Rhizotorphin, Organik Rizo, Rizofarm Soya, Nitrofix Zh) on the photosynthetic activity of Bars soybeans was carried out, depending on the sowing method). It has been experimentally established that “Rizofarm Soya” (1.6 l/t) in combination with a wide-row culture (45 cm) provides maximum leaf area and photosynthetic potential, which is statistically significantly superior to other inoculants. The research **results** show that the use of bacterial preparations for pre-sowing seed treatment promotes more intensive formation of the leaf surface throughout the entire growing season, observed under both conventional and wide-row sowing methods. The greatest effect was noted with the use of the inoculant “Rizofarm Soya” (1.6 L/t), especially under wide-row sowing, which was expressed in a significant increase in leaf area at all phenological stages, reaching a maximum value of 5.30 m²/m² at the pod formation stage. Data analysis revealed that the row sowing method is inferior to wide-row sowing in terms of photosynthetic productivity. This is explained by the higher plant density in the crops. The preparation “Rizofarm Soya” showed the best results under wide-row sowing, achieving a maximum leaf area (53.1 thousand m²/ha) and photosynthetic potential (1404.2 thousand m²/ha-day), significantly surpassing the control and other tested preparations. At the same time, an inverse relationship was observed: as the photosynthetic potential increased, the net photosynthetic productivity, on the contrary, decreased. It was established that wide-row sowing combined with seed treatment using “Rizofarm Soya” is the optimal combination in cultivation technology for increasing the productivity of the Bars soybean variety. This combination ensures maximum dry matter accumulation at all stages of ontogenesis, leading to increased yield and improved quality characteristics of the final product.

Keywords: soybean, variety, seed treatment, rhizobial preparations, photosynthetic potential, dry biomass

For citation: Daudova A. A., Ismailov A. B., Omarova E. K., Alimirzaeva G. A., Kudakhova M. M., Karaeva L. Yu. Photosynthetic activity of soybean crops depending on seed treatment with rhizobial preparations under the conditions of the plain zone of Dagestan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (07): 1185–1194. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-07-1185-1194>.

Date of paper submission: 06.02.2026, **date of review:** 15.04.2026, **date of acceptance:** 23.05.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

В Дагестане, где растениеводство играет важную роль в экономике региона, актуальность повышения урожайности полевых культур становится особенно значимой. Одной из перспективных культур для выращивания в республике является соя, которая благодаря своим питательным свойствам и способности обогащать почву азотом может значительно повысить эффективность полеводства. Раз-

витие соеводства в Дагестане требует комплексного подхода, включающего не только выбор высокопродуктивных сортов, адаптированных к местным климатическим условиям, но и применение современных агротехнических приемов. Особое внимание следует уделять подготовке почвы, системам орошения, что позволит максимально раскрыть потенциал культуры [2; 4; 9].

Одним из современных методов улучшения роста и развития сои является обработка семян перед посевом бактериальными препаратами [1]. Они содержат полезные микроорганизмы, ризобактерии, которые способствуют лучшему усвоению азота из воздуха, стимулируют рост корневой системы и повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [13; 14]. В результате улучшается фотосинтетическая деятельность посевов. Повышение продуктивности фотосинтеза напрямую влияет на рост, развитие растений и, как следствие, на урожайность [3; 11; 15]. Помимо улучшения физиологического состояния растений, такие препараты способствуют восстановлению и поддержанию микробиологического баланса в почве. В условиях Дагестана, где климатические и почвенные условия достаточно сложные, использование бактериальных препаратов при обработке семян сои помогает адаптировать культуру к местным условиям и получить более высокий и стабильный урожай культуры [6; 16].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2022–2024 годах на опытно-коллекционном участке кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ». Климат района умеренно континентальный. Территория опытного участка, согласно агроклиматическому районированию Республики Дагестан, входит во второй подрайон первого агроклиматического района, который характеризуется жарким засушливым летом и относительно теплой, влажной зимой. Гидротермический коэффициент в летний период опускается до 0,4, что указывает на необходимость регулярного орошения.

Почва опытного участка типичная для равнинной зоны Дагестана – лугово-каштановая. По механическому составу почвы среднесуглинистые с содержанием частиц физической глины 36,1–46,1 %. В пахотном слое содержится 2,81 % гумуса, N – 3–5 мг / 100 г почвы, P₂O₅ – 2–2,9 мг / 100 г почвы, K₂O – 28,2 мг / 100 г почвы. По результатам анализа водной вытяжки почвы не засолены. Величина плотного остатка колеблется в пределах 0,077–0,078 %. Сумма вредных нейтральных солей составляет 0,66–0,85 мг-экв на 100 г почвы.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что почвы опытного участка пригодны для районированных сортов зерновых и бобовых культур. Все агротехнические мероприятия должны быть направлены на накопление и рациональное использование влаги и улучшение питательного режима почв.

Объектом исследований был районированный сорт сои Барс, допущенный к использованию в Северо-Кавказском регионе. Фенологические наблюдения, эксперименты, анализы проводились в соответствии с принятыми методиками полевых исследований.

В опыте изучались два фактора:

1. Фактор А – обработка семян сои: контроль (без обработки); «Ризоторфин» (3 л/т); Organit Rizo (2,5 л/т); «Ризоформ Соя» (1,6 л/т); «Нитрофикс Ж» (2,0 л/т).

2. Фактор В – способы посева (широкорядный и рядовой с шириной междурядья 45 и 15 см).

Предшественник в опыте – озимая рожь. Повторность опыта трехкратная. Размещение делянок систематическое. Общая площадь каждой делянки составила 51 м², учетная площадь – 22,5 м² [5,8].

Результаты (Results)

Исследование влияния ризобияльной инокуляции семян сои продемонстрировало выраженную положительную динамику формирования площади листьев растений в период между цветением и образованием бобов. На следующем этапе, от формирования бобов до зрелости семян, наблюдалось снижение фотосинтетической активности. Это объясняется тем, что в данный период растение перераспределяет ресурсы с листьев, где происходит фотосинтез, к развивающимся генеративным органам. В результате листья постепенно стареют, их способность к фотосинтезу уменьшается, что отражается на общем уровне фотосинтетической активности растения. Такой процесс является естественной частью вегетационного цикла и направлен на обеспечение максимального накопления питательных веществ в семенах.

При этом наивысшие показатели площади листовой поверхности сои были зарегистрированы в 2023 году, который характеризовался благоприятными гидротермическими условиями вегетационного периода [7; 10; 12].

Использование ризобияльных препаратов для предпосевной обработки семян сои сорта Барс, по данным наших исследований, способствовало наиболее интенсивному развитию листовой поверхности. Результаты исследований, проведенных в 2022–2024 годах, показали, что обработка семян сои инокулянт «Ризоформ Соя» статистически значимо улучшает развитие ассимилирующей листовой поверхности в критические фазы онтогенеза: цветение, бобообразование и созревание. При этом широкорядный способ посева в сочетании с обработкой семян инокулянт обеспечивал большую площадь листьев (в среднем 4,57 м²/м²) по сравнению с рядовым способом (3,41 м²/м²) (табл. 1).

По результатам наших исследований, при широкорядном посеве все инокулянты оказали положительное влияние на индекс площади листьев по сравнению с контролем (без обработки). Наиболее выраженный эффект от действия ризобияльных препаратов наблюдался в период образования бобов, где индекс площади листьев варьировался от 4,02 (контроль) до 5,30 («Ризоформ Соя»). В среднем по всем фазам вегетационного периода ши-

рокорядный посев с применением бактериальных препаратов демонстрировал более развитую листовую поверхность, чем рядовой способом посева.

В условиях рядового посева, где конкуренция за питательные вещества выше, влияние инокулянтов также было заметным, хотя и в меньших абсолютных значениях по сравнению с ширококорядным посевом. В фазе образования бобов индекс площади листьев увеличивался от 2,76 (контроль) до 3,67 м² листьев на 1 м² поверхности почвы («Ризоформ Соя»).

По нашим данным, в период цветения и налива семян бактериальные препараты также способствовали увеличению индекса листовой поверхности: максимальные показатели – 3,16 и 3,40 м² листьев на 1 м² поверхности почвы соответственно – достигнуты при обработке семян препаратом «Ризо-

форм Соя». Средние показатели по всем фазам вегетационного периода для рядового посева с обработкой превышали контрольный вариант.

Среди исследованных бактериальных препаратов «Ризоформ Соя» показал наиболее стабильно высокий индекс площади листьев на всех фазах вегетации культуры в обоих способах посева. Инокулянты Organit Rizo и «Нитрофикс Ж» аналогично продемонстрировали благоприятное воздействие на индекс площади листьев, незначительно уступая препарату «Ризоформ Соя». Обработка семян сои препаратом «Ризоторфин» способствовала увеличению индекса площади листьев, но его эффект был менее выражен по сравнению с другими инокулянтами.

Таблица 1

Влияние различных инокулянтов на динамику формирования площади листьев сои в рядовом и ширококорядном посевах (среднее за 2022–2024 гг.)

Способы посева (фактор В)	Инокулянты (фактор А)	Площади листьев по основным фазам, м ² /м ²		
		Цветение	Формирование бобов	Созревание бобов
Ширококорядный посев (45 см)	Контроль (без обработки)	3,48	4,02	3,20
	Ризоторфин (3 л/т)	3,86	4,48	3,54
	Organit Rizo (2,5 л/т)	4,02	4,69	3,79
	Ризоформ Соя (1,6 л/т)	4,21	5,30	4,21
	Нитрофикс Ж (2,0 л/т)	3,47	4,68	3,81
	Среднее	3,80	4,63	3,71
Рядовой посев (15 см)	Контроль (без обработки)	2,48	2,76	2,52
	Ризоторфин (3 л/т)	2,85	3,17	2,85
	Organit Rizo (2,5 л/т)	2,99	3,40	2,99
	Ризоформ Соя (1,6 л/т)	3,16	3,67	3,40
	Нитрофикс Ж (2,0 л/т)	3,05	3,50	3,27
	Среднее	2,90	3,30	3,00
	HCP ₀₅ для фактора А	0,5	0,58	0,4
	HCP ₀₅ для фактора В	0,25	0,35	0,20

Table 1

Influence of different inoculants on the dynamics of soybean leaf area formation in row and wide-row crops (average for 2022–2024)

Methods of sowing (factor B)	Inoculants (factor A)	Leaf area by main phases, m ² /m ²		
		Blossom	Bean formation	Bean maturation
Broad-row planting (45 cm)	Control (without processing)	3.48	4.02	3.20
	Rhizotorphin (3 l/t)	3.86	4.48	3.54
	Organit Rizo (2.5 l/t)	4.02	4.69	3.79
	Rizofarm Soya (1.6 l/t)	4.21	5.30	4.21
	Nitrofix Zh (2.0 l/t)	3.47	4.68	3.81
	Average	3.80	4.63	3.71
Row planting (15 cm)	Control (without processing)	2.48	2.76	2.52
	Rhizotorphin (3 l/t)	2.85	3.17	2.85
	Organit Rizo (2.5 l/t)	2.99	3.40	2.99
	Rizofarm Soya (1.6 l/t)	3.16	3.67	3.40
	Nitrofix Zh (2.0 l/t)	3.05	3.50	3.27
	Average	2.90	3.30	3.00
	LSD ₀₅ for factor A	0.5	0.58	0.4
	LSD ₀₅ for factor B	0.25	0.35	0.20

Анализ полученных данных показал, что в период созревания семян площадь листьев у растений, посеянных ширококядным способом, оказалась на $1,33 \text{ м}^2/\text{м}^2$ больше по сравнению с растениями при рядовом посеве. Выявленное статистически достоверное увеличение свидетельствует о положительной корреляции между применением ширококядного способа посева и интенсивностью развития листового аппарата в критический период вегетационного периода.

Результаты трехлетних исследований свидетельствуют о том, что инокуляция семян сои различными препаратами стимулирует фотосинтетическую активность посевов. По сравнению с контрольным вариантом наблюдается значительное повышение интенсивности фотосинтеза в среднем на $320,3 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ в сутки при ширококядном способе посева и на $252,9 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ в сутки – при рядовом.

При посеве растений ширококядным способом, максимальная площадь листовой поверхности достигла $41,2 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, при этом фотосинтетический потенциал составил $910,0 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, а суточная чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – $3,08 \text{ г/м}^2$ в сутки. Обработка семян сои бактериальным препаратом «Ризоторфин» в дозировке 3 л/т способствовала росту листовой поверхности до $45,8 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ и повышению фотосинтетического потенциала до $1134,8 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, при этом ЧПФ незначительно снизилась – до $2,84 \text{ г/м}^2$ в сутки. Препарат Organit Rizo ($2,5 \text{ л/т}$) продемонстрировал более лучшие результаты по площади листьев ($46,9 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$) и фотосинтетическому потенциалу ($1192,6 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$), но с аналогичным снижением ЧПФ до $2,80 \text{ г/м}^2$ в сутки. Наилучшие показатели были достигнуты с препаратом «Ризоформ Соя» ($1,6 \text{ л/т}$). При этом наибольший показатель площади листьев достиг $53,1 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, а фотосинтетический потенциал – $1404,2 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ при среднесуточном ЧПФ $2,65 \text{ г/м}^2$. На варианте с обработкой семян сои инокулянтом «Нитрофикс Ж» ($2,0 \text{ л/т}$) были получены промежуточные значения с площадью листьев $46,7 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ и фотосинтетическим потенциалом $1189,9 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, при этом чистый прирост фотосинтетической продуктивности составлял $2,77 \text{ г/м}^2$ в сутки (таблица 2).

При рядовом способе посева наблюдалось менее эффективное действие инокулянтов, чем при ширококядном: наибольшая площадь листьев составила $30,6 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, фотосинтетический потенциал – $645,8 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, а ЧПФ достиг $3,43 \text{ г/м}^2$ в сутки. Обработка семян инокулянтом «Ризоторфин» способствовала увеличению площади листьев до $35,9 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, фотосинтетического потенциала – до $860,3 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$. При этом было зафиксировано снижение чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) до $3,18 \text{ г/м}^2$ в сутки. Препарат Organit Rizo в дозе $2,5 \text{ л/т}$ также оказал благоприятное влия-

ние, увеличив площадь листьев до $37,7 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ и фотосинтетический потенциал до $887,5 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, при этом значения ЧПФ не изменились: $3,10 \text{ г/м}^2$ в сутки. Наилучшие результаты при рядовом способе посева были отмечены при обработке семян сои инокулянтом «Ризоформ Соя» в дозе $1,6 \text{ л/т}$, что способствовало улучшению всех изучаемых значений: площадь листьев – $40,0 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, а фотосинтетический потенциал – $964,2 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, однако ЧПФ немного снизился до $3,06 \text{ г/м}^2$ в сутки. Это объясняется тем, что в условиях рядового посева растения сои имеют более ограниченные возможности для фотосинтетической активности из-за повышенной конкуренции за энергию света и питательные вещества. Бактериальный препарат «Нитрофикс Ж» ($2,0 \text{ л/т}$) также продемонстрировал положительные результаты: отмечено повышение площади листьев до $38,3 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$, фотосинтетического потенциала – до $882,9 \text{ тыс. м}^2/\text{га}$ при ЧПФ $3,09 \text{ г/м}^2$ в сутки.

Полученные данные указывают на то, что рядовой способ посева в целом обеспечивает меньшую фотосинтетическую продуктивность по сравнению с ширококядным, что связано с более плотной посадкой растений и повышенной конкуренцией за ресурсы.

Вместе с тем следует отметить, что ЧПФ снижался на вариантах опыта, где фотосинтетический потенциал повышался. Наибольшая величина ЧПФ достигнута в фазе формирования семян, при этом прямой зависимости от ФП не выявлено. Снижение ЧПФ связано с тем, что увеличение площади листьев не всегда приводит к пропорциональному увеличению фотосинтетической активности. Возможно, что в условиях, когда растения имеют доступ к большему количеству света и питательных веществ, они начинают конкурировать между собой, что может снижать эффективность фотосинтеза на единицу площади.

Обработка семян инокулянтами, особенно «Ризоформ Соя» ($1,6 \text{ л/т}$), способствуют увеличению площади листьев и фотосинтетической активности посевов сои, что является важным фактором для формирования урожая.

Снижение показателя ЧПФ при применении наиболее эффективных препаратов указывает на более рациональное использование фотосинтетической энергии, направленное на накопление биомассы, а не на поддержание избыточной листовой массы.

Различия между препаратами и контролем являются статистически значимыми, что подтверждается показателями НСР₀₅.

Увеличение площади листьев, обусловленное воздействием предпосевной обработки семян, стимулировало фотосинтетическую активность посевов и способствовало большему накоплению сухого вещества (рис. 1).

Анализ представленных данных показывает, что применение всех исследуемых препаратов в обоих способах посева способствует значительному увеличению накопления сухого вещества по отношению к контрольному варианту.

Обработка семян сои перед посевом инокулянт «Ризоформ Соя» приводит к получению максимального прироста сухого вещества на протяжении основных фаз ее развития. Положительный прирост наблюдается как при ширококормном, так и при

рядовом способе посева. Наибольшая аккумуляция сухой массы отмечается в фазе налива семян.

По сравнению с контролем наблюдалось увеличение накопления сухой массы на 1746 кг/га (широкормный посев) и 1590 (рядовой посев). Наиболее эффективным оказался препарат «Ризоформ Соя» (1,6 л/т): на этом варианте получены наибольшие показатели аккумуляции сухой массы в фазе налива семян: 10 245 кг/га в ширококормном посеве и 7952 кг/га в рядовом.

Таблица 2

Влияние ризобияльных препаратов на фотосинтетическую деятельность сои сорта Барс (среднее за 2022–2024 гг.)

Препарат (фактор А)	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га в сутки	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сутки
Ширококорядный посев (фаза образования бобов) (фактор В)			
Контроль (без обработки)	41,2	910,0	3,08
Ризоторфин (3 л/т)	45,8	1134,8	2,84
Organit Rizo (2,5 л/т)	46,9	1192,6	2,80
Ризоформ Соя (1,6 л/т)	53,1	1404,2	2,65
Нитрофикс Ж (2,0 л/т)	46,7	1189,9	2,77
Среднее	46,7	1166,1	2,82
Рядовой посев (фаза образования бобов) (фактор В)			
Контроль (без обработки)	30,6	645,8	3,43
Ризоторфин (3 л/т)	35,9	860,3	3,18
Organit Rizo (2,5 л/т)	37,7	887,5	3,10
Ризоформ Соя (1,6 л/т)	40,0	964,2	3,06
Нитрофикс Ж (2,0 л/т)	38,3	882,9	3,09
Среднее	36,5	848,1	3,17
НСР ₀₅ для фактора А	2,1	54,6	–
НСР ₀₅ для фактора В	1,6	32,0	–

Table 2

Effect of rhizobial preparations on the photosynthetic activity of Bars soybeans (average for 2022–2024)

The drug (factor A)	Maximum leaf area, thousand m ² /ha	Photosynthetic potential, thousand m ² /ha per day	Net photosynthetic productivity, g/m ² per day
Broad-row sowing (bean formation phase) (factor B)			
Control (without processing)	41.2	910.0	3.08
Rhizotorphin (3 l/t)	45.8	1134.8	2.84
Organit Rizo (2.5 l/t)	46.9	1192.6	2.80
Rizofarm Soya (1.6 l/t)	53.1	1404.2	2.65
Nitrofix Zh (2.0 l/t)	46.7	1189.9	2.77
Average	46.7	1166.1	2.82
Row planting (bean formation phase) (factor B)			
Control (without processing)	30.6	645.8	3.43
Rhizotorphin (3 l/t)	35.9	860.3	3.18
Organit Rizo (2.5 l/t)	37.7	887.5	3.10
Rizofarm Soya (1.6 l/t)	40.0	964.2	3.06
Nitrofix Zh (2.0 l/t)	38.3	882.9	3.09
Average	36.5	848.1	3.17
LSD ₀₅ for factor A	2.1	54.6	–
LSD ₀₅ for factor B	1.6	32.0	–

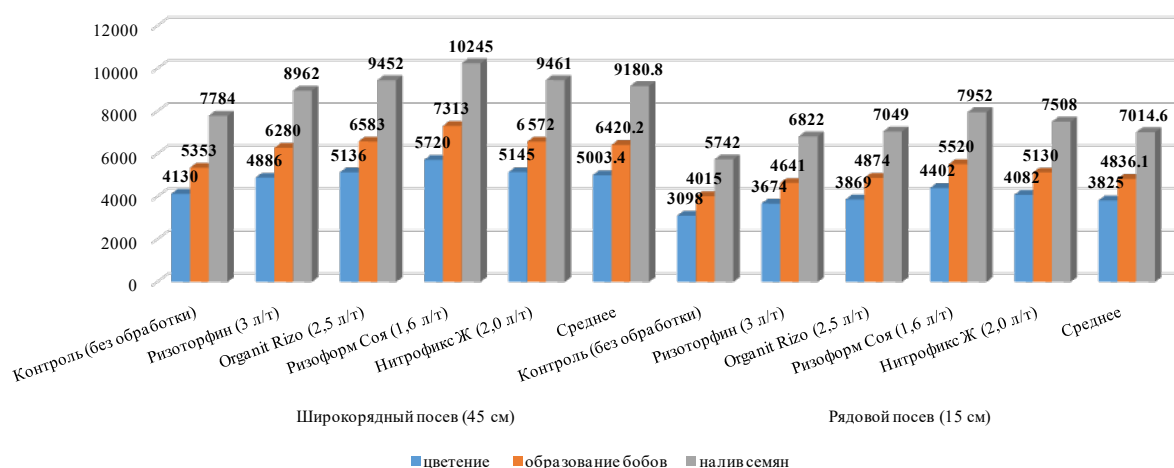


Рис. 1. Динамика накопления сухого вещества посевами сои (кг/га) в зависимости от обработки семян ризобияльными препаратами, среднее за 2022–2024 гг.

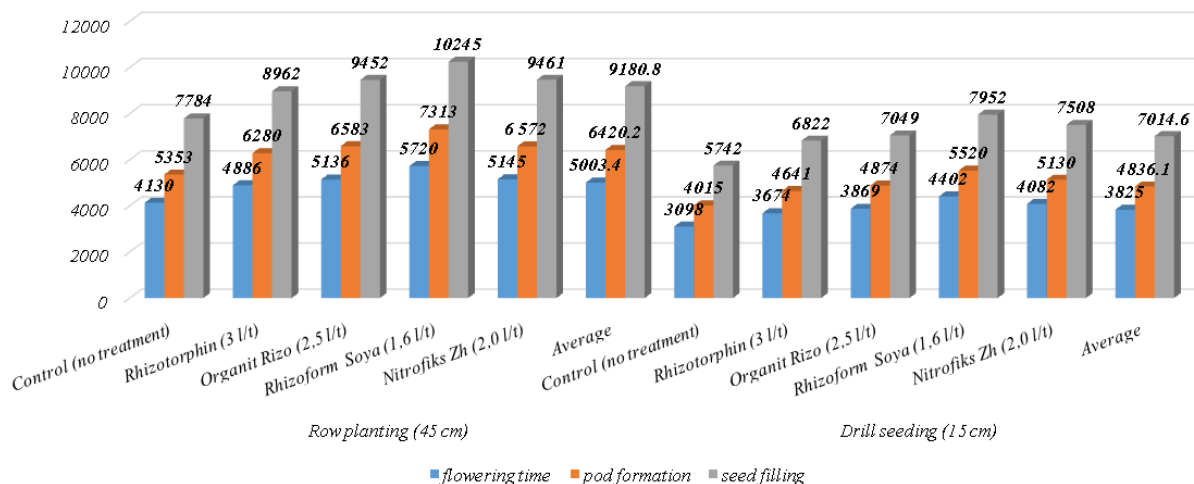


Fig. 1. Dynamics of dry matter accumulation by soybean crops (kg/ha) depending on seed treatment with rhizobial preparations, average for 2022–2024

Результатами исследований установлено, что инокулянты «Нитрофикс Ж» и Organit Rizo обеспечили схожие показатели накопления сухого вещества. Так, при использовании препарата «Нитрофикс Ж» было накоплено 9461 кг/га сухого вещества при ширококрядном посеве и 7008 кг/га при рядовом. Инокуляция семян сои Organit Rizo (2,5 л/т) способствовала накоплению сухого вещества в размере 9452 кг/га при ширококрядном посеве и 7049 кг/га при рядовом. Наименьшая масса сухого вещества была зафиксирована в контрольном варианте, составив 8031 кг/га.

По данным наших исследований, ширококрядный способ посева обеспечивает более высокие показатели накопления сухого вещества, чем рядовой. Это подтверждают средние значения, которые превышают НСР₀₅ для фактора А, что свидетельствует о статистически значимом влиянии метода посева на рост и развитие растений. Предпосевная обработка семян инокулянтами оказывала положительное влияние на процессы клеточного деления

и дифференцировки тканей, что способствовало формированию более крепкой и функционально развитой листовой поверхности сои. Увеличение площади листьев не только расширяло фотосинтетическую активность, но и улучшало газообмен, обеспечивая оптимальный баланс между поглощением углекислого газа и испарением влаги.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение ризобияльных препаратов при предпосевной обработке семян сои сорта Барс, согласно результатам наших исследований, способствовало наибольшему росту листовой поверхности. При этом по фазам вегетационного периода на варианте с ширококрядным посевом с использованием ризобияльных препаратов формировалась более развитая листовая поверхность по сравнению с рядовым способом посева. Обработка семян инокулянтами, в частности препаратом «Ризоформ Соя» (1,6 л/т), способствует увеличению листовой поверхности и повышению фотосинтетической активности посевов сои.

Наибольшее накопление сухой массы в растениях происходит в фазе налива семян. Наиболее эффективным препаратом оказался «Ризоформ Соя». При обработке семян перед посевом этим инокулянтом получены максимальные показатели накопления сухой массы в фазе налива семян: 10 245 кг/га в широкорядных посевах и 7952 кг/га в рядовых.

Анализ данных показал, что широкорядный способ посева способствует более эффективному накоплению сухого вещества растениями сои по сравнению с рядовым способом. Средние значения, полученные при широкорядном посеве, превысили критическое значение ($НСР_{05}$) для фактора (способ посева). Это свидетельствует о статистически значимом положительном влиянии данного элемента агротехнологии на рост и развитие посевов сои.

Таким образом, оптимальным вариантом для повышения продуктивности сои является широко-рядный посев (45 см) при предпосевной обработке семян препаратом «Ризоформ Соя». Соблюдение элементов данной технологии обеспечивает интенсивное накопление сухого вещества на всех фазах онтогенеза, что коррелирует с повышением урожайности и улучшением качественных показателей зерна.

Повышение показателей фотосинтетической деятельности и содержания сухого вещества при предпосевной обработки семян инокулянтами связано с улучшением азотфиксации, активностью микробиоты. Препараты, включающие ризобактерии и микоризные грибки, способствуют более эффективному усвоению минеральных веществ и воды, что особенно актуально в периоды интенсивного роста и формирования генеративных органов.

Библиографический список

1. Асанов А. М., Омелянюк Л. В., Халипский А. Н. Урожайность сортов сои различного происхождения в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8 (197). С. 54–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-54-63.
2. Батырова М. Р., Мусаев М. Р., Магомедова А. А., Мусаева З. М. Влияние режимов орошения и регуляторов роста на продуктивность сортов чины посевной в условиях Западного Прикаспия Дагестана // Известия Кабардино-Балкарского Научного центра РАН. 2022. С. 116–123. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-116-123.
3. Головина Е. В. Фотосинтетическая деятельность сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С. 41–49. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49.
4. Даудова А. А., Исмаилов А. Б. Формирование активного симбиотического потенциала сои в зависимости от обработки семян ризобияльными препаратами в условиях равнинной зоны Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 39–42.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. 416 с.
6. Исмаилов А. Б., Омарова Е. К., Алимирзаева Г. А., Даудова А. А., Магомедов М. Г. Влияние обработки семян ризобияльными препаратами на формирование активного симбиотического потенциала сои в равнинной зоне Дагестана // Флора и растительность: изучение, сохранение и рациональное использование: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию ученого-ботаника Димитровой Веры Николаевны. Махачкала, 2025. С. 116–124.
7. Минченко Ж. Н. Эффективность различных микроудобрений при возделывании сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09 (224). С. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32.
8. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза: сборник статей. Москва, 1982. С. 7–33.
9. Салихов Р. И., Мусаев М. Р., Омариев Ш. Ш. Перспективы возделывания сортов сои в Приморско-Каспийской подпровинции Дагестана // Научная жизнь. 2025. Т. 20, № 2. С. 332–341. DOI: 10.35679/1991-9476-2025-20-2-332-341.
10. Федосеева В. В., Сорокина М. В., Зеленов А. А., Бобкова Ю. А. Сравнение эффективности агротехнологий на современных сортах сои // Вестник аграрной науки. 2023. № 2 (101). С. 68–75. DOI: 10.17238/2587-666-2023-2-68.
11. Шабалдас О. Г., Есаулко А. Н., Власова О. И., Вольтерс И. А. Фотосинтетическая активность посевов сои в зависимости от сорта в условиях центрального Предкавказья // Земледелие. 2022. № 8. С. 31–34. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34.
12. Шабалдас О. Г., Зеленская Т. Г. Биологические особенности и продуктивность сортов сои в условиях зоны неустойчивого увлажнения на орошении // Проблемы развития АПК региона. 2024. № 4 (60). С. 108–112. DOI: 10.52671/20790996-2024-4-108.

13. Шабалдас О. Г., Безгина Ю. А., Фаизова В. И., Зеленская Т. Г. Симбиотическая деятельность и продуктивность сои при обработке семян фунгицидами и ризоторфином // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 6, № 67. DOI: 10.55186/25880209-2024-8-6-30/

14. Guseynov A. A., Gasanov G. N., Arslanov M. A., Gadzhiev K. M., Asvarova T. A. The influence of the degree of saturation of crop rotations with alfalfa (*Medicago satival.*) and winter wheat (*Triticum aestivuml.*) with NCP on the accumulation of plant mass and nutrients in the energy storage system of soil content in the Western Precaspian // *BIO Web of Conferences "Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy"* (SDGE 2021). 2022. Vol. 42. Article number 02016. DOI: 10.1051/bioconf/20224202016.

15. Asvarova T. A., Gasanov G. N., Gadzhiev K. M., Bashirov R. R., Gimbatova K. B., Abdulaeva A. S. The nitrogen balance in the soil-plant cover of arid ecosystems in the northwestern Caspian region // *Arid Ecosystems*. 2023. Vol. 13. No. 3. Pp. 267–275. DOI: 10.1134/s2079096123030022.

16. Pleskachiov Yu., Voronov S., Kurbanov S., Saquee F. S., Zargar M. Application of new-generation growth regulators and topdressing nitrogen fertilizers increases improver winter wheat yield and grain quality in south Russia // *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 9. Article number 1310. DOI: 10.3390/agriculture12091310.

Об авторах:

Аминат Асхабалиевна Даудова, аспирант кафедры растениеводства и кормопроизводства, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0009-0005-2695-2733, AuthorID 1352222. E-mail: amina-mika@mail.ru

Алимбек Бегларович Исмаилов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства и кормопроизводства, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0001-7651-4735, AuthorID 332924. E-mail: alimbekdgsha77@mail.ru

Елена Курбановна Омарова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и кормопроизводства, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0002-9885-3890, AuthorID 839871. E-mail: alena_omarova5544994@mail.ru

Гюльфирз Абдуллаховна Алимйрзаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства и кормопроизводства, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0009 0006-9953-365X, AuthorID 726035. E-mail: gulizar300564@gmail.com

Мадина Магомедрасуловна Кудачова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры растениеводства и кормопроизводства, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0009 0007-2228-4533, AuthorID 1248719; E-mail: madina.kudakhova@mail.ru

Лаура Юрьевна Карасева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации, Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова, Махачкала, Россия; ORCID 0000-0001-9898-5263, AuthorID 885621; E-mail: Karaeva1979@mail.ru

References

1. Asanov A. M., Omelyanyuk L. V., Khalipkiy A. N. Yield of different origin soybean variety under the Western Siberia conditions. *Bulletin of KSAU*. 2023. No. 8 (197). Pp. 54–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-54-63. (In Russ.)

2. Batyrova M. R., Musaev M. R., Magomedova A. A., Musaeva Z. M. The influence of irrigation regimes and growth regulators on the productivity of varieties of grass peavine (*Lathyrus sativus*) in the conditions of the Western Caspian region of Dagestan. *Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2022. Pp. 116–123. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-116-123. (In Russ.)

3. Golovina E. V. Photosynthetic activity of northern ecotype soybean varieties cultivated under the conditions of the Central Black Earth region. *Legumes and Cereals*. 2021; 3 (39): 41–49. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49. (In Russ.)

4. Daudova A. A., Ismailov A. B. Formation of an active symbiotic potential of soybeans depending on seed treatment with rhizobial preparations in the conditions of the lowland zone of Dagestan. *Problems of the Region's Agricultural Development*. 2024; 2 (58): 39–42. (In Russ.)

5. Dospekhov B. A. *Methods of field experiment*. Moscow: Kolos, 1985. 416 p. (In Russ.)

6. Ismailov A. B., Omarova E. K., Alimirzaeva G. A., Daudova A. A., Magomedov M. G. The influence of seed treatment with rhizobial preparations on the formation of active symbiotic potential of soybeans in the lowland zone of Dagestan. *Flora and vegetation: study, conservation and rational use: Proceedings of the All-Russian sci-*

entific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the botanist Vera Nikolaevna Dimitrova. Makhachkala, 2025. Pp. 116–124. (In Russ.)

7. Minchenko Zh. N. The effectiveness of various microfertilizers in the cultivation of soybeans. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 09 (224): 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-22-32. (In Russ.)

8. Nichiporovich A. A. Physiology of photosynthesis and plant productivity. *Physiology of photosynthesis: proceedings*. Moscow, 1982. Pp. 7–33. (In Russ.)

9. Salikhov R. I., Musaev M. R., Omariev Sh. Sh. Prospects of soybean cultivating in the Primorsko-Caspian subprovince of Dagestan. *Scientific Life*. 2025; 20 (2): 332–341. DOI: 10.35679/1991-9476-2025-20-2-332-341. (In Russ.)

10. Fedoseeva V. V., Sorokina M. V., Zelenov A. A., Bobkova Yu. A. Comparison of the effectiveness of agricultural technologies on modern soybean varieties. *Bulletin of Agrarian Science*. 2023; 2 (101): 68–75. DOI: 10.17238/2587-666-2023-2-68. (In Russ.)

11. Shabaldas O. G., Esaulko A. N., Vlasova O. I., Volters I. A. Photosynthetic activity of soybean crops depending on the variety in the conditions of the Central Fore-Caucasus. *Zemledelie*. 2022; 8: 31–34. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34. (In Russ.)

12. Shabaldas O. G., Zelenskaya T. G. Biological features and productivity of soybean varieties in conditions of unstable irrigation moisture zone. *Problems of development of the agro-industrial complex of the region*. 2024; 4 (60): 108–112. DOI: 10.52671/20790996-2024-4-108. (In Russ.)

13. Shabaldas O. G., Bezgina Yu. A., Faizova V. I., Zelenskaya T. G. Symbiotic activity and productivity of soybeans when treating seeds with fungicides and rhizotorphin. *International Agricultural Journal*. 2024; 6 (67). DOI: 10.55186/25880209-2024-8-6-30. (In Russ.)

14. Guseynov A. A., Gasanov G. N., Arslanov M. A., Gadzhiev K. M., Asvarova T. A. The influence of the degree of saturation of crop rotations with alfalfa (*Medicago satival.*) and winter wheat (*Triticum aestivuml.*) with NCP on the accumulation of plant mass and nutrients in the energy storage system of soil content in the Western Precaspian. *Bio web of conferences Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy (SDGE 2021)*. 2022; 42: 02016. DOI: 10.1051/bioconf/20224202016.

15. Asvarova T. A., Gasanov G. N., Gadzhiev K. M., Bashirov R. R., Gimbatova K. B., Abdulaeva A. S. The nitrogen balance in the soil-plant cover of arid ecosystems in the northwestern Caspian region. *Arid Ecosystems*. 2023; 13 (3): 267–275. DOI: 10.1134/s2079096123030022.

16. Pleskachiov Yu., Voronov S., Kurbanov S., Saquee F.S., Zargar M. Application of new-generation growth regulators and topdressing nitrogen fertilizers increases winter wheat yield and grain quality in the south of Russia. *Agriculture*. 2022; 12 (9): 1310. DOI: 10.3390/agriculture12091310.

Authors' information:

Aminat A. Daudova, postgraduate of the department of crop and feed production, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0009-0005-2695-2733, AuthorID 1352222. *E-mail: amina-mika@mail.ru*

Alimbek B. Ismailov, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of crop production and fodder production, M. M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia; ORCID 0000-0001-7651-4735, AuthorID 332924. *E-mail: alimbekdgsha77@mail.ru*

Elena K. Omarova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of crop and feed production, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0000-0002-9885-3890, AuthorID 839871. *E-mail: alena_omarova5544994@mail.ru*

Gulfizar A. Alimirzaeva, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of crop and feed production, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0009 0006-9953-365X, AuthorID 726035. *E-mail: gulfizar300564@gmail.com*

Madina M. Kudakhova, candidate of agricultural sciences, senior lecturer at the department of plant growing and fodder production, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0009-0007-2228-4533, AuthorID 1248719. *E-mail: madina.kudakhova@mail.ru*

Laura Yu. Karaeva, candidate of agricultural sciences, associate professor at the department of agriculture, soil science and land reclamation, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia; ORCID 0000-0001-9898-5263, AuthorID 885621. *E-mail: Karaeva1979@mail.ru*