

УДК 633.34:631.82:631.445

UDC 633.34:631.82:631.445

4.1.1. Общее земледелие, растениеводство  
(сельскохозяйственные науки)4.1.1. General farming, crop production (agricultural  
sciences)**РАЗВИТИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА СОИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОЧВЕННЫХ ГЕРБИЦИДОВ****DEVELOPMENT OF THE SOYBEAN SYMBIOTIC APPARATUS UNDER THE APPLICATION OF SOIL HERBICIDES**Хашхожев Ислам Тигранович  
аспирант

e-mail: islamhashozev55@gmail.com

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», Нальчик, Россия*Khashkhozhev Islam Tigranovich  
Postgraduate student

e-mail: islamhashozev55@gmail.com

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», Nalchik, Russia*Кошукоев Мурат Владимирович  
д-р с.-х. наук, профессор  
e-mail: mkashukoev@gmail.com*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», Нальчик, Россия*Koshukoev Murat Vladimirovich  
Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
e-mail: mkashukoev@gmail.com*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», Nalchik, Russia*

В статье представлены результаты полевых исследований по оценке влияния почвенных гербицидов с различными действующими веществами на формирование и функционирование симбиотического аппарата сои (*Glycine max* (L.) Merr.) среднераннего сорта СК Риана. Исследования проводились в 2023–2025 гг. в почвенно-экологических условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики. В качестве объектов изучения использовали однокомпонентные почвенные гербициды: Трейсер, КЭ (кломазон), Питон, КЭ (пропизохлор) и Зонтран, ККР (метрибузин), применяемые до всхода. Установлено, что применение почвенных гербицидов замедляло процессы инициации бобово-ризобияльного симбиоза, что выражалось в более позднем образовании клубеньков и задержке синтеза леггемоглобина по сравнению с контрольным вариантом. Во все фазы онтогенеза количество активных клубеньков на корнях сои в вариантах с применением гербицидов было ниже контроля, при этом степень ингибирующего действия зависела от действующего вещества препарата. Наиболее выраженное угнетение формирования клубеньков отмечено при применении гербицида Питон, КЭ, тогда как метрибузинсодержащий гербицид Зонтран, ККР характеризовался наименьшей фитотоксичностью по отношению к симбиотическому аппарату. В фазе плодообразования, являющейся критическим периодом максимальной активности азотфиксации, выявлено достоверное увеличение массы активных клубеньков в вариантах с применением гербицидов на 7,2–72,3% по сравнению с контролем, что свидетельствует о компенсаторной реакции симбиотической системы сои в условиях гербицидного стресса. Полученные

The article presents the results of field studies aimed at assessing the effect of soil-applied herbicides with different active ingredients on the formation and functioning of the symbiotic apparatus of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) of the medium-early cultivar SK Rianna. The research was carried out in 2023–2025 under the soil and environmental conditions of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. Single-component pre-emergence soil herbicides were studied, including Tracer, EC (clomazone), Python, EC (propisochlor), and Zontran, CS (metribuzin). It was established that the application of soil herbicides slowed down the initiation of the legume–rhizobial symbiosis, which was manifested by a delay in nodule formation and later onset of leghemoglobin synthesis compared to the untreated control. During all stages of soybean development, the number of active nodules in herbicide-treated variants was lower than in the control, while the degree of inhibitory effect depended on the active substance of the herbicide. The strongest suppression of nodule formation was observed with Python, EC, whereas the metribuzin-based herbicide Zontran, CS showed the lowest phytotoxicity towards the symbiotic apparatus. During the pod formation stage, which represents the period of maximum symbiotic nitrogen fixation activity, a significant increase in the mass of active nodules was recorded in herbicide-treated variants, exceeding the control by 7.2–72.3%. This indicates a compensatory response of the soybean symbiotic system under herbicide-induced stress. The obtained results expand current knowledge on the development of the soybean symbiotic apparatus under the influence of soil herbicides and can be used to optimize soybean cultivation technologies

данные позволяют уточнить особенности формирования симбиотического аппарата сои при использовании почвенных гербицидов и могут быть использованы при оптимизации технологий возделывания культуры

Ключевые слова: СОЯ, ПОЧВЕННЫЕ ГЕРБИЦИДЫ, СИМБИОТИЧЕСКИЙ АППАРАТ, КОЛИЧЕСТВО КЛУБЕНЬКОВ, МАССА КЛУБЕНЬКОВ

Keywords: SOYBEAN, SOIL HERBICIDES, SYMBIOTIC APPARATUS, NUMBER OF NODULES, NODULE MASS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-044>

## Введение

Одним из ключевых факторов, влияющих на снижение урожайности сои (*Glycine max* (L.) Merr.), является конкуренция с сорной растительностью, что требует разработки эффективных систем борьбы с сорняками в различных агроклиматических зонах России [3–6, 13]. Соя характеризуется биологическими особенностями -медленным нарастанием надземной массы, неглубоким проникновением корневой системы в почву и слабой способностью к затенению междурядий, что усиливает её чувствительность к сорнякам в первые 40–50 дней после всходов и обуславливает необходимость защиты посевов с первых фаз развития [12].

Применение гербицидов в сочетании с агротехническими мерами позволяет значительно снижать численность сорняков на посевах, улучшать состояние растений и уменьшать число междурядных обработок, которые могут отрицательно сказаться на состоянии почвы и развитии корневой системы [1]. Химическая борьба с сорняками с помощью почвенных гербицидов является важнейшим элементом технологии возделывания сои.

Российские исследования также подтверждают высокую биологическую эффективность современных почвенных гербицидов при контроле сорняков на посевах сои. Азотфиксирующие клубеньки, формирующиеся на корнях сои за счёт симбиоза с ризобиями, являются ключевым фактором обеспечения азотом и определяют потенциальную продуктивность культуры. Эти симбиотические процессы чувствительны к различным внешним воздействиям, включая химические средства защиты растений. Современ-

<http://ej.kubagro.ru/2026/03/pdf/44.pdf>

ные исследования показывают, что некоторые довсходовые гербициды при соблюдении регламентов применения не оказывают значимого отрицательного влияния на развитие растений, корневую систему и азотфиксацию сои [2, 8, 10].

Таким образом, изучение влияния почвенных гербицидов на развитие симбиотического аппарата остаётся актуальным направлением исследований, важным для повышения устойчивости и продуктивности её возделывания в современных агротехнологиях.

Цель исследований – оценить действие почвенных гербицидов с различными действующими веществами на формирование симбиотического аппарата среднераннего сорта сои СК Риана.

### **Методика исследования**

Изучение влияния почвенных гербицидов на формирование симбиотического аппарата сои проводили в почвенно-экологических условиях предгорной зоны КБР в 2023–2025 гг. в полевом опыте в соответствии с требованиями «Методических указаний по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» [9]. Повторность опыта 4-х кратная. Размещение делянок рендомизированное, площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>. Определение формирования симбиотического аппарата проводился в четырех повторениях вариантов опыта методом отбора монолита почвы с корнями и надземной биомассой растений с площади 0,1 м<sup>2</sup> посева сои [11].

Объект исследований: сорт сои компании «Соевый комплекс» СК Риана – среднеранний, вегетационный период 108–113 дней; гербициды Трейсер, КЭ; Питон, КЭ; Зонтран, ККР (табл. 1). Обработку гербицидами проводили после посева сои ранцевым опрыскивателем, расход рабочей жидкости 300 л/га.

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕРБИЦИДОВ

Препарат	Действующие вещества	Химический класс	Норма расхода препарата, л/га	Производитель, год регистрации
Трейсер, КЭ	Кломазон, 480 г/л	Изоксазолидиноны	0,7	АО Фирма «Август», 2020
Питон, КЭ	Пропизохлор, 720 г/л	Хлорацетанилиды	2,0	АО Фирма «Август», 2022
Зонтран, ККР	Метрибузин, 250 г/л	Триазиноны	0,6	АО «Щелково Агрохим», 2020

## Результаты и обсуждение

Формирование корневых клубеньков у растений сои начинается с фазы первого тройчатосложного листа и продолжается до фазы полного налива семян. Таким образом, на протяжении значительной части вегетационного периода клубеньки сохраняют физиологическую активность, обеспечивая процесс биологической фиксации атмосферного азота и формирование полноценной симбиотической системы «соя – ризобии».

Анализ экспериментальных данных по влиянию однокомпонентных почвенных гербицидов на функционирование симбиотического аппарата растений сои сорта СК Риана показал, что их применение оказывает ингибирующее воздействие на инициацию и развитие бобово-ризобияльного симбиоза, преимущественно на ранних этапах онтогенеза культуры. В среднем за три года исследований в контрольном варианте (без применения гербицидов) образование клубеньков отмечалось через 12 суток после появления всходов, при этом синтез леггемоглобина начинался спустя 3 суток после их формирования. В условиях применения почвенных гербицидов процесс клубенькообразования замедлялся: первые клубеньки регистрировались лишь на 15-е сутки после всходов, а появление леггемоглобина происходило только через 7 суток. Независимо от действующего вещества все изученные гербициды угнетали синтез леггемоглобина, что свидетельствует о снижении функциональной активности симбиотической системы. Вме-

сте с тем в вариантах с довсходовым применением гербицидов наблюдались морфологические различия клубеньков – начиная с фазы цветения они характеризовались более крупными размерами по сравнению с контролем.

Количественная оценка формирования симбиотического аппарата показала, что в контрольном варианте количество активных клубеньков во все фазы развития растений сои превышало аналогичные показатели в вариантах с довсходовым применением гербицидов на 28,4–3,1% в зависимости от препарата. Наиболее выраженное ингибирующее действие на образование активных клубеньков оказывал гербицид Питон, КЭ (2,0 л/га): снижение их количества составило 7,6 шт./раст. в фазе цветения; 10,8 шт./раст. в фазе плодообразования и 5,8 шт./раст. в фазе налива семян. Применение метрибузинсодержащего гербицида Зонтран, ККР (0,6 л/га), представленного в инновационной коллоидной формуляции со сниженной концентрацией действующего вещества, сопровождалось менее выраженным токсическим эффектом: уменьшение числа активных клубеньков по сравнению с контролем составило 11,6% в фазе цветения, 6,8% – в фазе плодообразования и 3,1% – в фазе налива семян. В варианте с применением гербицида Трейсер, КЭ (0,7 л/га) снижение количества активных клубеньков достигало 20,1; 10,9 и 10,2% соответственно по фазам развития.

Масса активных азотфиксирующих клубеньков в контрольном варианте была ниже, чем в вариантах с применением гербицидов, что, вероятно, обусловлено высокой засорённостью посевов сои и усиленной конкурентной нагрузкой со стороны сорной растительности, ограничивающей поступление ассимилятов к корневой системе.

Фаза плодообразования характеризовалась максимальной активностью симбиотической азотфиксации у растений сои. В этот период количество клубеньков на корнях в вариантах с применением гербицидов не превышало показатели контрольного варианта, однако отмечалось достоверное увеличение их массы, что указывает на компенсаторный характер реакции

симбиотического аппарата. Так, при использовании гербицида Трейсер, КЭ (0,7 л/га) масса активных клубеньков увеличивалась на 0,388 г/раст., что соответствует увеличению на 50,7% относительно контроля. В варианте с применением гербицида Питон, КЭ (2,0 л/га) прибавка массы была менее выраженной и составляла 0,055 г/раст. (+7,2%). Наибольшее увеличение данного показателя отмечено при использовании гербицида Зонтран, ККР (0,6 л/га), где масса активных клубеньков превышала контроль на 0,554 г/раст., или 72,3%.

Таблица 2. ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ГЕРБИЦИДОВ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА  
СОИ СК РИАНА, СРЕДНЕЕ ЗА 2023–2025 гг.

Вариант	Количество активных клубеньков, шт/растение			Масса активных клубеньков, г/растение		
	фаза цветения	фаза плодообразования	фаза налив семян	фаза цветения	Фаза плодообразования	фаза налив семян
1. Контроль (без обработки гербицидом)	26,8	38,3	22,5	0,482	0,766	0,405
2. Трейсер, КЭ (0,7 л/га)	21,4	34,1	20,2	0,583	1,154	0,513
3. Питон, КЭ (2,0 л/га)	19,2	27,5	16,7	0,520	0,821	0,472
4. Зонтран, ККР (0,6 л/га)	23,7	35,7	21,8	0,674	1,320	0,658
НСР <sub>05</sub>	1,26	1,73	1,15	0,043	0,081	0,062

Таким образом, выявленное увеличение массы клубеньков на фоне снижения их численности свидетельствует о компенсаторной реакции симбиотического аппарата сои, направленной на поддержание уровня биологической азотфиксации в условиях гербицидного стресса в критический период формирования генеративных органов.

### Список литературы

1. Баздырев Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г. И. Баздырев. – М.: КолосС, 2004. – 328 с.
2. Гербициды и бобово-ризобийный аппарат сои на темно-серых лесных почвах центрального Черноземья / Н. В. Беседин, И. А. Соколова, А. А. Белкин, А. Ю. Кругликов // Вестник аграрной науки. – 2009. – № 3. – С. 45–48.
3. Бондаренко А. Н. Биологическая эффективность гербицидов в борьбе с сорной растительностью в посевах сои / А. Н. Бондаренко // Агротехника. – 2025. – № 6. – С. 42–49. DOI: 10.7868/S3034496425060061
4. Веневцев В. З. Борьба с сорняками в посевах сои в Рязанской области / В. З. Веневцев, М. Н. Захарова, Л. В. Рожкова // Защита и карантин растений. – 2017. – № 12. – С. 28–29.
5. Голубев А. С. Изучение эффективности применения нового гербицида Бенито на посевах сои / А. С. Голубев // Вестник защиты растений. – 2019. – № 4(102). – С. 54–59. – DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-54-59.
6. Эффективность различных схем борьбы с сорной растительностью в посевах сои при орошении / К. Е. Денисов, И. С. Полетаев, Д. А. Греков и др. // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 6. – С. 9–13. DOI: 10.28983/asj.y2025i6pp9-13
7. Долженко В. И. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / В. И. Долженко. – СПб: ВИЗР, 2013. – 280 с.
8. Дряхлов А. И. Влияние почвенного гербицида Трифлюрекса и Ризоторфина на азотфиксирующую активность и урожай семян сои / А. И. Дряхлов // Масличные культуры. – 2012. – № 1(150). – С. 148–152.
9. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. ФГБНУ ВИЗР / под ред. Академика РАН В. И. Долженко. – Санкт-Петербург, 2020. – 80 с.
10. Оценка эффективности почвенных гербицидов в посеве сои / В. Н. Мороховец, Т. В. Мороховец, З. В. Басай и др. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2018. – № 3(199). – С. 102–107.
11. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.
12. Соя биология и технология возделывания / под ред. В. Ф. Баранова, В. М. Лукомец. – Краснодар, 2005. – 433 с.
13. Особенности возделывания сои в зависимости от видовой разнообразия сорной растительности на орошении в условиях степной зоны центрального предкавказья / О. Г. Шабалдас, К. И. Пимонов, А. Н. Есаулко и др. // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 45–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10310

### References

1. Bazdyrev G. I. Zashchita sel'skokhozyajstvennykh kul'tur ot sornykh rastenij / G. I. Bazdyrev. – M.: KolosS, 2004. – 328 s.
2. Gerbitsidy i bobovo-rizobial'nyj apparat soi na temno-serykh lesnykh pochvakh tsentral'nogo Chernozem'ya / N. V. Besedin, I. A. Sokolova, A. A. Belkin, A. Yu. Kruglikov // Vestnik agrarnoj nauki. – 2009. – № 3. – S. 45–48.
3. Bondarenko A. N. Biologicheskaya jeffektivnost' gerbitsidov v bor'be s sornoj rastitel'nost'yu v posevakh soi / A. N. Bondarenko // Agrokimiya. – 2025. – № 6. – С. 42–49. DOI: 10.7868/S3034496425060061
4. Venevtsev V. Z. Bor'ba s sornyakami v posevakh soi v Ryazanskoj oblasti / V. Z. Venevtsev, M. N. Zakharova, L. V. Rozhkova // Zashchita i karantin rastenij. – 2017. – № 12. – S. 28–29.

5. Golubev A. S. Izuchenie jeffektivnosti primeneniya novogo gerbitsida Benito na posevakh soi / A. S. Golubev // Vestnik zashchity rastenij. – 2019. – № 4(102). – S. 54–59. – DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-54-59.

6. Jeffektivnost' razlichnykh skhem bor'by s sornoj rastitel'nost'yu v posevakh soi pri oroshenii / K. E. Denisov, I. S. Poletaev, D. A. Grekov i dr. // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2025. – № 6. – S. 9–13. DOI: 10.28983/asj.y2025i6pp9-13

7. Dolzhenko V. I. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam gerbitsidov v sel'skom khozyajstve / V. I. Dolzhenko. – SPb: VIZR, 2013. – 280 s.

8. Dryakhlov A. I. Vliyanie pochvennogo gerbitsida Triflyureksa i Rizotorfina na azotfiksiruyushchuyu aktivnost' i urozhaj semyan soi / A. I. Dryakhlov // Maslichnye kul'tury. – 2012. – № 1(150). – S. 148–152.

9. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu registratsionnykh ispytanij gerbitsidov. FGBNU VIZR / pod red. Akademika RAN V. I. Dolzhenko. – Sankt-Peterburg, 2020. – 80 s.

10. Otsenka jeffektivnosti pochvennykh gerbitsidov v poseve soi / V. N. Morokhovets, T. V. Morokhovets, Z. V. Basaj i dr. // Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk. – 2018. – № 3(199). – S. 102–107.

11. Posypanov G. S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozdukha / G. S. Posypanov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 300 s.

12. Soya biologiya i tekhnologiya vzdelyvaniya / pod red. V. F. Baranova, V. M. Lukomets. – Krasnodar, 2005. – 433 s.

13. Osobennosti vzdelyvaniya soi v zavisimosti ot vidovogo raznoobraziya sornoj rastitel'nosti na oroshenii v usloviyakh stepnoj zony tsentral'nogo predkavkaz'ya / O. G. Shabaldas, K. I. Pimonov, A. N. Esaulko i dr. // Zemledelie. – 2021. – № 3. – S. 45–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10310