

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОТЗЫВЧИВОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ НА ИНОКУЛЯЦИЮ РАЗЛИЧНЫМИ ШТАММАМИ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, кандидат биологических наук, E-mail: vasilchickov.an@yandex.ru

В.И. ПАНАРИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-8038-343X, E-mail: ver1183@yandex.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Статья посвящена исследованию эффективности различных штаммов клубеньковых бактерий при выращивании сои в условиях Орловской области. Актуальность исследования обусловлена растущим мировым спросом на сою как источник растительного белка и высокой рентабельностью культуры. Для оптимизации азотфиксации и урожайности необходим подбор штаммов бактерий под конкретные сорта. Полевые опыты проведены с 4 перспективными сортообразцами сои – Л-19, Трезубец, Алиса, Слава и контролем – сорт Ланцетная. Изучалось влияние инокуляции штаммами клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 634б, 645б, 650б и внесения минерального азота. Основные результаты показали, что реализация потенциала симбиоза сои с клубеньковыми бактериями ограничивается рядом факторов: кислотностью почвы, содержанием микроэлементов, погодно-климатическими условиями и сортоспецифичностью ризобактерий. Показано, что подбор штаммов бактерий должен осуществляться индивидуально для каждого сорта. Линия Трезубец и сорт Алиса показали наибольшую симбиотическую активность в контрольных вариантах: 24,2 клубенька (259 мг/растение) и 21,1 клубенька (195 мг/растение) соответственно. Сорт Ланцетная наиболее отзывчив на применение N_{60} и штаммов 634б и 645б (прирост урожайности до 0,23 т/га). Сорт Слава реагирует как на минеральный азот, так и на исследуемые штаммы (урожайность 3,07-3,10 т/га), но отличается высокой вариативностью признака. Сорт Алиса демонстрирует стабильность урожайности при применении азотных удобрений и штамма 650б (3,17 и 3,10 т/га; $V = 5,25\%$ и $4,21\%$). Линия Л-19 выделяется высокой базовой урожайностью и наименьшими колебаниями от года и агроприёмов; максимальный результат – 3,37 т/га при инокуляции штаммом 650б. Практическая значимость работы заключается в выявлении эффективных сорто-микробных комбинаций, позволяющих повысить урожайность сои без значительного применения минеральных удобрений.

Ключевые слова: соя, сорт, штаммы *Bradyrhizobium japonicum*, симбиоз, урожайность, инокуляция.

Для цитирования: Комплексная оценка отзывчивости перспективных сортообразцов сои на инокуляцию различными штаммами клубеньковых бактерий в условиях Орловской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 2 (58): 50-57. DOI: 10.24412/2309-348X-2026-2-50-57

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE RESPONSIVENESS OF PROMISING SOYBEAN CULTIVARS TO INOCULATION WITH VARIOUS STRAINS OF NODULE BACTERIA IN THE OREL REGION

A.G. Vasil'chikov, V.I. Panarina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract. The article is devoted to the study of the effectiveness of various strains of nodule bacteria in soybean cultivation in the Orel region. The relevance of the study is due to the growing

*global demand for soybeans as a source of vegetable protein and the high profitability of the crop. To optimize nitrogen fixation and yield, it is necessary to select bacterial strains for specific varieties. Field experiments were conducted with 4 promising soybean cultivars (L-19, Trident, Alice, Slava) and a control (Lancet variety). The effect of inoculation with nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* 634b, 645b, 650b and the introduction of mineral nitrogen was studied. The main results showed that the realization of the symbiosis potential of soybeans with nodule bacteria is limited by a number of factors: soil acidity, trace element content, weather and climatic conditions, and the variety specificity of rhizobacteria. It is shown that the selection of bacterial strains should be carried out individually for each variety. The Trident line and the Alice variety showed the greatest symbiotic activity in the control variants: 24.2 nodules (259 mg/plant) and 21.1 nodules (195 mg/plant), respectively. The Lanceolate variety is most responsive to the use of N60 and strains 634b and 645b (yield increase up to 0.23 t/ha). The Slava variety reacts to both mineral nitrogen and the studied strains (yield 3.07-3.10 t/ha), but is characterized by high variability of the trait. The Alice variety demonstrates yield stability when using nitrogen fertilizers and strain 650b (3.17 and 3.10 t/ha; V = 5.25% and 4.21%). The L-19 line stands out for its high base yield and the smallest fluctuations from year to year and agricultural practices; the maximum result is 3.37 t/ha when inoculated with strain 650b. The practical significance of the work lies in the identification of effective variety-microbial combinations that can increase soybean yields without significant use of mineral fertilizers.*

Keywords: soybean, variety, strains of *Bradyrhizobium japonicum*, symbiosis, yield, inoculation.

Рост производства сои обусловлен высоким спросом на данную культуру как на источник сбалансированного растительного белка по аминокислотному составу, относительной простотой выращивания и высокой рентабельностью данной продукции. Соя – это важнейшая белково-масличная культура мирового значения. Ее семена содержат 30-55% белка, до 25% жиров, около 30% углеводов, огромное количество полезных витаминов, макро- и микроэлементов. Роль сои в обеспечении народонаселения земного шара играет всё большую роль. В 2025 году мировое производство сои составило 426 миллионов тонн (+5 миллионов к урожаю прошлого года). В России в 2025 году намолочено 9.4 млн тонн сои (+1,7 млн тонн к урожаю 2024 года) [1]. Ценность сои, помимо пищевых и кормовых достоинств, определяется тем, что ее растения вступают в симбиоз со штаммами бактерий формируя высокоэффективную растительно-микробную систему, осуществляющую процесс биологической азотфиксации. Инокуляция растений высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий повышает продуктивность бобовых в среднем на 10-25% [2].

Благодаря симбиозу соя использует до 200 кг/га азота поглощённого клубеньковыми бактериями из воздуха и превращенного в доступную форму для растений, удовлетворяя на 60-70% потребности растений сои и являясь тем самым хорошим предшественником для последующих культур [3]. Эффективным способом повышения продуктивности сои является поиск новых более активных штаммов ризобий и бактериализация семян препаратами, изготовленными на основе этих штаммов. Наличие такого явления как сорто-штаммовая специфичность позволяет подобрать штаммы, наиболее эффективно взаимодействующие с определенными сортами сои. В Бразилии селекция высокоэффективных штаммов ризобий и инокуляция ими высеваемых сортов сои позволяет экономить ежегодно до 43.5 миллиардов долларов США за счет выращивания сои без применения азотных удобрений [4]. Аналогичная работа проводится и в европейских странах [5, 6]. Российские ученые также ведут поиск комплементарной связи различных штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и сортов сои [7]. Установлено, что при формировании эффективного функционирования биосистемы симбионтов увеличивается количество и масса клубеньков, урожайность, масса 1000 семян, повышается продуктивность надземной массы растений сои [8, 9].

Проведенный комплекс оценки отзывчивости перспективных сортообразцов сои на инокуляцию различными штаммами клубеньковых бактерий в условиях Орловской области позволил выявить наиболее эффективные симбиотические комбинации.

Методика исследований

Научные исследования проводили в 2021-2023 гг. в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур на базе селекционно-семеноводческого центра сои. Почва опытного участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая с пахотным слоем 28-30 см. Уровень плодородия характеризовался следующими показателями: рН солевой вытяжки – 4,9-5,0, содержание гумуса – 4,7-5,4%, содержание подвижных форм питательных веществ на 100г почвы: P₂O₅ по Кирсанову – 10,7-22,6мг, K₂O по Кирсанову – 10,7-12,3мг. Предшественник – пар. Полевые опыты проводили с 4 перспективными сортообразцами сои – Л-19, Трезубец, Алиса и Слава. В качестве стандарта использовали сорт сои Ланцетная (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сортов и линий, используемых в опыте

№ п/п	Название сортообразца	Год районирования	Период вегетации, суток	Тип роста стебля	Максимальная урожайность, т/га	Содержание белка, %
1	Ланцетная	2005	91 - 105	Детерминантный	3,0	37,0
2	Алиса	2022	107 - 111	Детерминантный	4,5	35,0
3	Слава	2026	107 - 111	Индетерминантный	3,1	38,0
4	Линия Трезубец	-	105 - 110	Детерминант	3,1	42,0
5	Линия Л-19	-	105 - 110	Детерминант	3,3	42,0

На каждом сорте закладывали следующие варианты: контроль без инокуляции, вариант с внесением минерального азота в дозе 60 кг действующего вещества на гектар и варианты с инокуляцией штаммами 634 б, 645 б и 650 б. Источником получения штаммов 634 б и 645 б являются клубеньки культурной сои (Грузии), для штамм 650 б – клубенек *Glycine max* (согласно каталогу Коллекции культурных сельскохозяйственных микроорганизмов (ВКСМ)). Все они имеют высокую конкурентоспособность, эффективность и обладают ростостимулирующими свойствами. Нитрагин для инокуляции получали из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин, Санкт-Петербург). Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м². Инокуляцию семян проводили в день посева. Посев – широкорядный, ширина междурядий – 45 см. Норма высева – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Сев производили сеялкой СКС-6-10. Учёт урожая семян – поделяночно путем сплошного обмолота комбайном ZURN 150. Закладку, проведение полевых опытов, учет урожая, статистическую обработку урожайных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985), Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Определение биохимических показателей соевых бобов (протеин, жир) производили на анализаторе зерна Infratec 1241 (Foss, Denmark).

Погодно-климатические условия в годы проведения опытов, в первую очередь температурный режим, можно охарактеризовать как благоприятный для роста и развития сои. Среднемесячная температура с мая по август была на уровне среднепогодных значений или превышала их (табл. 2). Количество выпавших осадков и характер их распределения несколько отставали от оптимальных значений необходимых для комфортного развития сои в нашем регионе (300-350 мл за вегетацию).

Таблица 2

Метеорологические условия в период вегетации сои в 2021-2023 гг.

Показатели		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	ГТК= Σосадков Σэффкт. tt x 10
Ср. многолетние осадки		48,0	65,0	87,0	55,	55,0	
Ср. многолетняя температура, t°		14,2	17,9	19,8	18,5	12,9	
Осадки	2021	72,1	40,7	51,1	49,8	129,5	-
	2022	51,1	52,5	63,5	32,2	111,0	-
	2023	16,8	55,9	77,3	43,9	0	-
Ср. температура	2021	13,9	19,8	22,3	20,5	10,6	1,9
	2022	11,5	19,1	19,1	21,8	9,9	2,2
	2023	12,9	17,1	19,2	20,3	15,3	1,2

Определяющим фактором было наличие достаточного количества влаги в период формирования и налива репродуктивных органов (июль-август). Количество осадков в этот период за годы проведения опытов составляло в среднем 100 миллиметров, что и позволило получить достаточно высокие урожаи семян.

Результаты исследований

Растения сои способны формировать эффективный симбиоз с определёнными видами клубеньковых бактерий, что подтверждено многочисленными исследованиями. Однако реализация этого потенциала ограничивается рядом факторов, среди которых ключевыми являются: кислотность почвы, содержание микроэлементов, неблагоприятные погодно-климатические условия и сортоспецифичность ризобактерий. Последняя особенность убедительно продемонстрирована в ряде научных работ, что подчёркивает необходимость целенаправленного подбора штаммов клубеньковых бактерий для конкретных сортов сои с целью оптимизации азотфиксации и повышения урожайности.

Результаты исследований показывают, что сорт Алиса и линия Трезубец на контрольных вариантах взаимодействуя с клубеньковыми бактериями из состава почвенной популяции в среднем за три года формировали наибольшие показатели симбиотической активности (табл. 3). Так, линия Трезубец образовала 24,2 клубенька с общей массой 259 мг/растение, а сорт Алиса – 21,1 шт. с массой 195 мг/растение. Обработка различными штаммами бактерий выявляет сортоспецифичность их взаимодействия. Бактеризация семян сои штаммами *Bradyrhizobium japonicum* 6506 сортов Ланцетная и Слава обеспечила формирование 20,9 и 25,5 штук клубеньков на одно растение, а их массу 183 и 175 мг/растение, соответственно. Тогда как линия Л-19 наибольшую отзывчивость проявила при использовании штамма 6456, и в симбиозе было сформировано 22,3 клубенька на корнях одного растения, а масса составила 198 мг. При этом все исследуемые сортообразцы на фоне внесённого азота формировали наименьшие показатели симбиотической активности, причем снижение массы клубеньков было выражено в большей степени. Это объясняется более быстрым усвоением азота удобрений, и соответственно, снижением его ингибирующего эффекта.

Таблица 3

Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов и линий сои, фаза R₁, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты	Сорт Ланцетная	Линия Л-19	Линия Трезубец	Сорт Алиса	Сорт Слава	\bar{x} по варианту
Количество клубеньков, штук/растение						
Контроль	16,4	21,8	24,2	21,1	19,3	20,5
№ ₆₀	13,9	16,6	16,4	17,9	16,0	16,2
Штамм 6346	17,1	18,7	22,2	18,1	21,1	19,4
Штамм 6456	20,4	22,3	22,0	21,1	22,2	21,6
Штамм 6506	20,9	22,4	17,1	15,4	25,5	20,3
\bar{x} по сорту	17,7	20,4	20,4	18,7	20,8	-
Масса клубеньков, мг/растение						
Контроль	151	168	259	195	142	183
№ ₆₀	67	75	78	80	79	76
Штамм 6346	140	147	226	146	163	164
Штамм 6456	160	198	220	180	172	187
Штамм 6506	183	153	155	145	175	162
\bar{x} по сорту	140	148	187	145	146	-

Структурный анализ показал, что количественные признаки в большей степени зависели от сортовых особенностей (табл. 4). Так, при инокуляции и внесении азотных удобрений, сухая масса растений сортообразцов Ланцетная и Трезубец увеличивалась на 10-12% и 15-20% соответственно по сравнению с контролем. Применение штаммов оказало наибольшее влияние на линию Л-19 (6346 – 20% к контролю) и сорт Алиса (6456 и 6506 –

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 2 (58) 2026 г. (32% к контролю). На сорте сои Слава внесение N₆₀ привело к приросту массы растения до 36,6% относительно контрольного варианта.

Таблица 4

Хозяйственно-ценные признаки растений сои, фаза полной спелости, среднее за 2021-2023 гг.

Варианты	Масса, г		Количество, шт/растение		Масса 1000 семян г	К хоз.	Содержание белка, %
	Одного растения	Семян/растения	Бобов	Семян			
Сорт Ланцетная							
Контроль	17,3	7,87	21,7	55,2	142,4	0,46	40,8
N ₆₀	19,3	8,82	27,7	63,4	139,5	0,46	41,1
Штамм 6346	19,4	8,75	28,5	63,2	138,3	0,46	41,0
Штамм 6456	18,9	9,00	28,2	63,5	141,7	0,48	41,1
Штамм 6506	19,5	8,62	27,3	62,4	138,1	0,44	41,0
\bar{x} по сорту	18,9	8,61	27,4	61,5	140,0	0,45	41,0
Линия Л-19							
Контроль	22,1	9,20	28,2	63,3	155	0,44	41,9
N ₆₀	24,3	10,8	29,9	67,2	160	0,44	41,9
Штамм 6346	26,7	11,6	32,3	74,0	156	0,44	42,0
Штамм 6456	22,8	9,96	28,0	61,6	161	0,44	41,8
Штамм 6506	24,6	11,1	30,6	68,9	160	0,45	41,7
\bar{x} по сорту	24,1	10,5	29,8	67,0	158	0,44	41,9
Линия Трезубец							
Контроль	18,9	8,40	23,7	54,5	154	0,44	41,8
N ₆₀	22,3	10,0	27,9	65,3	153	0,45	42,1
Штамм 6346	21,0	9,69	26,7	61,3	158	0,45	41,4
Штамм 6456	22,6	10,4	28,2	66,9	154	0,45	41,6
Штамм 6506	20,8	9,30	25,8	58,7	157	0,45	41,5
\bar{x} по сорту	21,1	9,56	26,4	61,3	155	0,45	41,7
Сорт Алиса							
Контроль	18,8	8,2	23,0	52,8	155	0,44	41,8
N ₆₀	21,3	10,2	27,3	64,7	158	0,44	41,6
Штамм 6346	22,8	10,2	28,2	66,1	154	0,45	41,9
Штамм 6456	24,8	11,2	30,6	71,0	157	0,45	41,7
Штамм 6506	24,9	10,9	30,4	70,6	155	0,44	41,9
\bar{x} по сорту	22,5	10,1	27,9	65,0	156	0,44	41,8
Сорт Слава							
Контроль	19,1	8,5	23,3	53,5	159	0,43	39,8
N ₆₀	26,1	11,4	30,8	71,0	161	0,44	40,0
Штамм 6346	24,9	10,5	29,1	65,9	159	0,43	40,3
Штамм 6456	24,0	9,8	26,8	62,7	158	0,42	39,7
Штамм 6506	25,5	10,6	29,5	66,8	158	0,43	39,7
\bar{x} по сорту	23,9	10,2	27,9	64,0	159	0,43	39,9

Исследуемые приемы также повлияли на формирование продуктивных органов. Наибольшее количество бобов и семян на сорте Ланцетная наблюдалось при бактериализации штаммами 6346 и 6456, а также при внесении минерального азота. Эти показатели составили 27,7-28,5 шт/растение для бобов и 63,2-63,5 шт/растение для семян. Штамм 6346 увеличил количество бобов на 14,5% и семян на 16,9% по сравнению с контролем у линии Л-19. Взаимодействие растений сорта Алиса со штаммами 6456 и 6506 привело к увеличению количества бобов на 33,0% и 32,2% соответственно, а количества семян с растения – на 34,5% и 33,7%. Линия Трезубец показала положительную реакцию на применение азотных удобрений и штамма 6456, сформировав 27,9 и 28,2 бобов, а также 66,9 и 65,3 семян с растения.

На донорно-акцепторные отношения между генеративными органами и ассимиляционным аппаратом не оказало влияние применение штаммов бактерий и минерального азота, так же как и между исследуемыми сортами и линиями. Коэффициент хозяйственной эффективности (К хоз.) варьировал в узком диапазоне (0,42-0,48). Содержание белка в семенах оставалось стабильным в рамках каждого сорта, незначительные колебания не превышали 0,5-1,0%. Масса 1000 семян не имела существенных различий в зависимости от применяемого штамма или азотных удобрений. Однако были выявлены существенные сортовые отличия: для сорта Ланцетная этот показатель составил 140 грамм, в то время как у других сортообразцов он варьировался в пределах 155-159 грамм.

Оценка урожайности показала, что в 2022 году сложились наиболее благоприятные погодно-климатические условия для реализации продуктивных возможностей растениями сои (табл. 5). На всех изучаемых сортах данный показатель варьировал от 3,20 до 3,54 т/га. По фактору сорта в условиях 2022 года наиболее высокий урожай сформировали сорта Слава – 3,54 т/га и Ланцетная – 3,47 т/га, что связано с индетерминантным типом роста стебля у первого сорта и раннеспелостью у второго. Также по фактору сорта вариативность признака была наименьшей, кроме сорта Слава, и составила 2,02-3,13%. Менее благоприятными годами для формирования высокой продуктивности растениями сои были 2023 и 2021 гг. – урожайность варьировала от 2,43 до 3,28 т/га и от 2,46 до 3,25 т/га, соответственно.

Таблица 5

Урожайность сортов и линий сои (т/га), 2021-2023 гг.

Варианты	2021	2022	2023	\bar{x}	V, %
Сорт Ланцетная					
Контроль	2,24	3,37	3,08	2,90	20,26
№ ₆₀	2,61	3,56	3,43	3,20	16,10
Штамм 634б	2,48	3,53	3,36	3,12	18,04
Штамм 645б	2,66	3,40	3,33	3,13	13,05
Штамм 650б	2,30	3,50	3,20	3,00	20,82
\bar{x} по сорту	2,46	3,47	3,28	-	-
V, %	7,53	2,39	4,25	-	-
Линия Л-19					
Контроль	3,16	3,24	2,96	3,12	4,62
№ ₆₀	3,33	3,33	3,05	3,24	4,99
Штамм 634б	3,15	3,42	3,15	3,24	4,81
Штамм 645б	3,41	3,37	3,04	3,27	6,20
Штамм 650б	3,22	3,31	3,01	3,18	4,84
\bar{x} по сорту	3,25	3,33	3,04	-	-
V, %	3,47	2,02	2,29	-	-
Линия Трезубец					
Контроль	2,71	3,14	2,97	2,94	7,37
№ ₆₀	2,99	3,38	3,18	3,18	6,13
Штамм 634б	2,87	3,22	2,91	3,00	6,39
Штамм 645б	2,89	3,34	3,09	3,11	7,26
Штамм 650б	2,81	3,19	3,15	3,05	6,85
\bar{x} по сорту	2,85	3,25	3,06	-	-
V, %	3,62	3,13	3,80	-	-
Сорт Алиса					
Контроль	2,79	3,08	2,95	2,94	4,94
№ ₆₀	2,99	3,32	3,19	3,17	5,25
Штамм 634б	2,88	3,14	3,06	3,03	4,40
Штамм 645б	2,88	3,23	3,04	3,05	5,74
Штамм 650б	3,06	3,25	3,00	3,10	4,21
\bar{x} по сорту	2,92	3,20	3,05	-	-
V, %	3,62	2,95	2,95	-	-

Сорт Слава					
Контроль	2,98	3,11	2,31	2,80	15,33
N ₆₀	3,15	3,78	2,38	3,10	22,59
Штамм 634б	3,31	3,48	2,48	3,09	17,35
Штамм 645б	3,13	3,68	2,41	3,07	20,72
Штамм 650б	3,07	3,67	2,55	3,10	18,10
\bar{x} по сорту	3,13	3,54	2,43	-	-
V, %	3,88	7,50	3,81	-	-
НСР ₀₅	Для сорта 0,14, для штамма - 0,09т/га - 2021 год				
	Для сорта 0,1, для штамма - 0,1т/га - 2022 год				
	Для сорта 0,12, для штамма -0,15т/га - 2023 год				

Рассматривая сортовую специфику формирования урожайности при применении штаммов клубеньковых бактерий и азотных удобрений было установлено, что сорт Ланцетная наиболее отзывчив на применение N₆₀, а штаммы 634б и 645б дают прирост до 0,23 т/га относительно контроля. Высокий коэффициент вариации на данном сорте, не зависимо от агроприема, свидетельствует о формировании нестабильной продуктивности у данного сорта. Сорт сои Слава отзывчив на применение не только минерального азота, но и исследуемых штаммов, что позволило сформировать растениям урожайность от 3,07 до 3,10 т/га. Однако высокая вариативность (15,33-22,59%) данного показателя указывает на нестабильность признака и зависимость от условий года. Продуктивность растений сорта Алиса в исследуемых вариантах была наибольшей при применении азотных удобрений и штамма 650б и составила 3,17 и 3,10 т/га, соответственно. Данные варианты отмечались и стабильностью урожайности (V составил 5,25 и 4,21%). Линия Трезубец наиболее отзывчива была на применение N₆₀ и инокуляцию штаммом 645б – прирост урожайности составил 0,24 и 0,17 т/га, по сравнению с контрольным вариантом. Перспективная линия Л-19 отличилась в годы исследований высокой базовой урожайностью с наименьшими ее колебаниями от года и агроприемов. Наибольшая урожайность была сформирована растениями данного сорта при инокуляции штаммом 650б – 3,37 т/га, а также штаммом 634б и применением минерального азота – 3,24 т/га.

Таким образом, для достижения максимальной и стабильной урожайности сои необходимо индивидуально подбирать штаммы клубеньковых бактерий и дозы азотных удобрений в зависимости от сортовых особенностей. Сорта, такие как Алиса и перспективная линия Л-19, демонстрируют потенциал для стабильного получения высоких урожаев при правильном применении агротехнических приемов.

Заключение

По результатам исследований, проведенных в 2021-2023 годах, получены экспериментальные данные по эффективности симбиоза сорто-микробных систем сои. Установлено, что разные сорта по-разному реагируют на применение штаммов бактерий и минерального азота. Так, наиболее эффективным в среднем за три года было сочетание штамма 634б с линией Л-19 – прибавка урожайности составила 0,12 т/га, сортом Ланцетная – 0,22 т/га, сортом Слава – 0,29 т/га; штамма 645б с линией Трезубец – 0,17 т/га линией Л 19 – 0,15 т/га, сортом Ланцетная – 0,23 т/га; штаммом 650б с сортом Алиса – 0,16 т/га и сортом Слава – 0,30 т/га.

Внесение минерального азота, снижает показатели симбиотической активности (количество и массу клубеньков), так как растения предпочитают усваивать готовый азот из удобрений. В связи, с чем все исследуемые сортообразцы формировали высокую урожайность на варианте с внесением N₆₀, но при этом имели низкие показатели симбиотической активности. Сорт Алиса и линии Трезубец и Л-19 демонстрируют более стабильную урожайность в различных условиях и агроприемах, что делает их более надежными для производства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Литература

1. Сбор основных масличных культур в РФ в 2025 г. составит 32,6 млн тонн [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finmarket.ru/news/6510767> (дата обращения 18.12 2025 г.)
2. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокин А.И. Биологическая оценка ризобийных препаратов, используемых при возделывании сои в Амурской области. // *Естественные и технические науки*. – 2019. – №10 (136). – С. 45-51.
3. Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А., Беляев Н.Н. Влияние обработки семян и вегетирующих растений сои микробиологическими удобрениями на урожайность и качество продукции в условиях Центрально-Черноземного региона. // *Аграрная Россия*. – 2020. – №9. – С. 12-16.
4. Как оздоровление почвы с инокулянтами для сои обеспечило миллиарды бразильской экономике [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/kak-ozdorovlenie-pochvy-s-inokuljantami-dlja-soi-obespechilo-milliardy-brazilskoi-yekonomike.html> (дата обращения 18.12 2025 г.)
5. Бельгия намерена приступить к национальному соеводству [Электронный ресурс]. URL: <https://oilworld.ru/analytics/worldmarket/347924> (дата обращения 19.12 2025 г.)
6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/severnoe-soevodstvo-v-belgii-vyvodit-na-novyi-yetap-razvitija-s-mestnymi-rizobijami.html> (дата обращения 19.12 2025 г.)
7. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Поиск высокоэффективных инокулянтов для перспективных сортообразцов сои. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2019. – №4 (32) – С. 66-71.
8. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты испытания штаммов ризобий видов *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii* на сортах сои Сфера и Муссон в условиях Приморья. // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – Т.34. – № 8. – С. 66-69. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10811.
9. Якименко М.В., Сорокина А.И. Результаты отбора чистых культур с хозяйственно полезными свойствами из дальневосточных природных популяций ризобий сои. // *Вестник ДВО РАН*. – 2022. – № 3. – С. 118-127. <http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698-2022-223-03-12>.

References

1. The harvest of the main oilseeds in the Russian Federation in 2025 will amount to 32.6 million tons. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.finmarket.ru/news/6510767> (accessed 18.12. 2025)
2. Yakimenko M.V., Begun S.A., Sorokin A.I. Biological assessment of rhizobial preparations used in soybean cultivation in the Amur region. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2019, no.10 (136), pp.45-51.
3. Shabalkin A.V., Dubinkina E.A., Belyaev N.N. The effect of soybean seed and vegetative plant treatment with microbiological fertilizers on yield and product quality in the Central Chernozem region. *Agrarnaya Rossiya*. 2020, no.9, pp.12-16.
4. How soil improvement with soy inoculants provided billions to the Brazilian economy [Electronic resource]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/kak-ozdorovlenie-pochvy-s-inokuljantami-dlja-soi-obespechilo-milliardy-brazilskoi-yekonomike.html> (accessed 18.12. 2025)
5. Belgium intends to start national soybean production [Electronic resource].URL: <https://oilworld.ru/analytics/worldmarket/347924> (accessed 19.12 2025)
- 6.[Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/severnoe-soevodstvo-v-belgii-vyvodit-na-novyi-yetap-razvitija-s-mestnymi-rizobijami.html> (accessed 19.12. 2025).
7. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Search for highly effective inoculants for promising soybean cultivars. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no.4(32), pp.66-71.
8. Butovets E. S., Luk'yanchuk L. M. The results of testing rhizobium strains of *Bradyrhizobium japonicum* and *Sinorhizobium fredii* species on soy varieties Sphere and Monsoon in Primorye. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020, Vol. 34, no. 8, pp. 66-69, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10811.
9. Yakimenko M.V., Sorokina A.I. The results of the selection of pure crops with economically useful properties from the Far Eastern natural populations of soybean rhizobia. *Vestn. DVO RAN*. 2022, no. 3, pp. 118-127. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_12.