

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 г. **В. И. Зотиков**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
К. Ю. Зубарева, кандидат биологических наук

*Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур,
302502, Орловская обл., Орловский р-н, пос. Стрелецкий, ул. Молодежная, 10, корп. 1
E-mail: zotikovzbk@mail.ru*

Изучали влияние микробиологических препаратов на повышение урожайности сои разных сортов. Работу выполняли в условиях Орловской области в 2019–2023 гг. Объекты исследований сорта сои Лидер 1, Мезенка, Орля, Осмонь, Зуша, препараты Биостим Старт, Ризоформ Соя, Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux, которые применяли путем предпосевной обработки семян и листовых подкормок растений сои в фазы 1...3 тройчатых листьев и бутонизации. Наиболее высокую прибавку урожайности сои (6,0 %) по отношению к контролю обеспечивает инокуляция семян сорта Зуша препаратами Ризоформ Соя в совокупности с Биостим Старт. Предпосевная обработка семян в сочетании с листовыми подкормками препаратами Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux при наличии в почве аборигенных рас ризобактерий способствовали интродукции микроорганизмов, входящих в их состав, в ризосферное сообщество растений с последующим участием в активизации процессов их азотного питания. В среднем по сортам число и масса клубеньков в варианте с предпосевной обработкой и двумя листовыми подкормками увеличились, в сравнении с контролем, соответственно на 57,6 и 65 %, нитрогеназная активность – на 67,3 %. Применение комбинации препаратов Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3 и Biodux путем предпосевной обработки семян и одной листовой подкормки в фазе 1...3 тройчатых листьев обеспечило наибольшую прибавку урожайности сорта Лидер 1 на 0,29 т/га, Зуша – на 0,35 т/га, Мезенка – на 0,40 т/га. Максимальное в опыте повышение содержания белка в зерне отмечено у сорта Мезенка в варианте с предпосевной обработкой семян и 1 или 2 листовыми подкормками – на 1,1 и 1,0 % соответственно.

USE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS IN THE CULTIVATION OF PROMISING SOYBEAN VARIETIES IN THE ORYOL REGION

V. I. Zotikov, K. Iu. Zubareva

*Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops,
302502, Orlovskaya obl., Orlovskii r-n, pos. Streletskii, ul. Molodezhnaya, 10, korp. 1
E-mail: zotikovzbk@mail.ru*

We studied the effect of microbiological preparations on increasing the yield of soybeans of different varieties. The work was carried out in the conditions of the Oryol region in 2019–2023. Objects of research: soybean varieties Leader 1, Mezenka, Orleya, Osmon, Zusha, as well as Biostim Start preparations, Rizoform Soya, Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux, used in pre-sowing seed treatment and foliar feeding of soybean plants in phases 1...3 of trifoliolate leaves and budding. The highest increase in soybean yield (6.0 %) compared to the control is provided by inoculation of seeds of the Zusha variety with Rizoform Soya in combination with Biostim Start. Pre-sowing seed treatment in combination with foliar fertilizing with preparations Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux in the presence of native races of rhizobacteria in the soil contributed to the introduction of microorganisms included in their composition into the rhizosphere community of plants with subsequent participation in the activation of nitrogen nutrition processes of the latter. On average, for varieties, the number and weight of nodules in the variant with pre-sowing treatment and 2 foliar applications increased by 57.6 and 65 %, respectively, compared to the control, nitrogenase activity – by 67.3 %. The use of a combination of the preparations Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3 and Biodux by pre-sowing seed treatment and one foliar feeding in the phase 1...3 of trifoliolate leaves provided the greatest increase in the yield of the Leader 1 variety 0.29 t/ha, Zusha – 0.35, Mezenka – 0.40 t/ha. The maximum increase in protein content in grain was observed in the Mezenka variety in the variant with pre-sowing seed treatment and 1 or 2 foliar fertilizers – by 1.1 and 1.0 %, respectively.

Ключевые слова: соя, ризобактерии, агротехнологии, сорта, биологизация.

Keywords: soybeans, rhizobacteria, agrotechnologies, varieties, biologization.

Соя – уникальная культура, которую можно отнести к группе универсальных сельскохозяйственных растений, используемых как сырье с достаточным высоким выходом белка и жира с единицы площади за период вегетации для последующего производства пищевых продуктов [1], кормов [2] и биоудобрений (в том числе в виде пожнивных остатков) [3]. В то же время благодаря способности усваивать атмосферный азот, переводить его в доступную аммонийную форму и, таким образом, частично или полностью удовлетворять свои потребности в этом элементе, посевы сои в симбиозе с клубеньковыми ризобактериями служат одним из средобразующих компонентов агроэкосистем [4].

Азот – один из основных жизненно необходимых макроэлементов питания растений, от наличия которого зависят процессы роста и развития сельскохозяйственных растений. Так как его соединения очень лабильны и легко вымываются из почвенных горизонтов, доступных форм этого минерального элемента в почве, как правило, недостаточно. Современные сельхозтоваропроизводители для восполнения дисбаланса почвенного плодородия и удовлетворения возрастающих потребностей растений для формирования запланированной урожайности активно используют минеральные удобрения. Однако нельзя игнорировать воздействие отдельных аспектов такого рода антропогенных нагрузок на экологическое состояние агроэкосистем.

Один из методов снижения нагрузки на окружающую среду с точки зрения экологической оптимизации природопользования – введение в севообороты культур азотфиксаторов с высокой симбиотрофностью [5]. Биологический азот не представляет опасности с точки зрения загрязнения производимой продукции и окружающей среды [6]. Процессы азотфиксации и работы фотосинтетического аппарата тесно сопряжены, и весь поглощенный из атмосферы азот расходуется в реакциях биосинтеза в растительном организме [7, 8].

Уровень и качество процессов минерализации-иммобилизации почвенного и симбиотического азота зависят от наличия в почве микробной биомассы с соответствующими функциями ферментативного аппарата, количество почвенных микроорганизмов напрямую связано с антропогенной нагрузкой [9]. Для увеличения урожайности и качества производимой продукции при сохранении биологического потенциала почвы целесообразно использовать микробиологических препаратов. Повышение численности и разнообразия ризосферной микробиоты улучшает питание сельскохозяйственных культур благодаря увеличению подвижности почвенных соединений минеральных элементов, а также усилению усваивающей способности корневых систем растений [10, 11, 12]. Неоспоримую роль в вовлечении в систему питания растений дополнительного количества биологического азота играют микробиологические препараты, основой которых служат клубеньковые и ассоциативные микроорганизмы [13].

Оценка взаимодействия искусственно внесенных штаммов эндофитных ризобактерий с почвенными микроорганизмами и культурными растениями, направленная на изучение реакции новых и перспективных сортов на применение микробиологических препаратов нового поколения, соответствует одному из приоритетных направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Цель исследований – определение эффективности применения микробиологических препаратов для улучшения симбиотической деятельности и повышения урожайности новых и перспективных сортов сои.

Методика. Работу выполняли на базе Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур в полевом севообороте в 2019–2023 гг. Рельеф местности слабо выражен, склон – северный. Почва опытного участка – темно-серая лесная среднесуглинистая, средне-

окультуренная, характеризуется следующими агрохимическими показателями: pH – 4,87 (ГОСТ 26423-85), содержание гумуса (ГОСТ 26213-2021) – 5,1 %, нитратного азота – 11,10 мг/кг почвы (ГОСТ 26951-86), аммонийного азота – 6,19 мг/кг почвы (ГОСТ 26489-85), подвижного калия и фосфора – соответственно 14,3 мг/100 кг почвы и 12,7 мг/100 кг почвы (ГОСТ 54650-2011).

Объектом полевых исследований были новые перспективные районированные отечественные сорта сои, различающиеся по архитектонике [14]: индетерминантного типа роста и развития – ранние сорта Осмонь (в Госреестре РФ с 2018 г.) и Мезенка (в Госреестре РФ с 2016 г.); полудетерминантного – среднеранний одностебельный сорт Зуша (в Госреестре РФ с 2015 г.); детерминантного – ранний, с тенденцией к среднераннему, сорт Лидер 1 (в Госреестре РФ с 2019 г.) и ранний Орлея (в Госреестре РФ с 2024 г.).

Используемые в исследованиях микробиологические препараты внесены в Перечень средств производства для применения в системе органического и биологизированного земледелия на основе ГОСТ 33080-2016 и международных стандартов органического сельского хозяйства и разрешены для применения на широком спектре сельскохозяйственных культур, в том числе и на сое.

Ризоформ Соя – жидкий на основе штамма специализированной соевой бактерии *Bradyrhizobium japonicum* ($2-3 \times 10^9$ КОЕ/мл), активизирующий почвенную микробиоту, положительно влияющий на размер и качество урожая, а также на последующие культуры в севообороте.

Статик – прилипатель-стабилизатор, обеспечивающий сохранность жизнеспособных бактерий на поверхности семян до 21 дня.

Биостим Старт – аминокислотный биостимулятор прорастания и развития корневой системы на начальном этапе онтогенеза.

Organit N – микробиологический препарат, содержащий клетки и биологически активные метаболиты штамма *Azospirillum zeaе* OPN-14, 1×10^9 КОЕ/мл. Основные функции препарата – улучшение азотного питания сельскохозяйственных культур благодаря способности свободноживущих бактерий *Azospirillum zeaе* самостоятельно фиксировать атмосферный азот и переводить его в аммонийные формы, более доступные для потребления растениями; стимулирование корнеобразования

Табл. 1. Схемы опытов

Вариант	Наименование биопрепарата, доза внесения	Срок применения
Опыт 1 (2019–2021 гг.)		
Контроль (без обработки)	–	–
Предпосевная обработка семян	аминокислотный биостимулятор Биостим Старт, 1,0 л/т Ризоформ Соя (<i>Bradyrhizobium japonicum</i> , $2...3 \times 10^9$ КОЕ/мл), 3,0 л/т + стабилизатор-прилипатель Статик, 0,85 л/т	за 14 дней до посева в день посева
Опыт 2 (2022–2023 гг.)		
Контроль (без обработки)	–	–
Предпосевная обработка семян	Organit P (<i>Bacillus megaterium</i> OPP-31, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + Organit N (<i>Azospirillum zeaе</i> OPN-14, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + Pseudobacterin 3 (<i>Pseudomonas aureofaciens</i> 2391Д, 2×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + Biodux (<i>Montierella alpine</i> F-1134), 3 мл/т	за день до посева
Предпосевная обработка семян + листовая подкормка вегетирующих растений	Organit P (<i>Bacillus megaterium</i> OPP-31, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + Organit N (<i>Azospirillum zeaе</i> OPN-14, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + Pseudobacterin 3 (<i>Pseudomonas aureofaciens</i> 2391Д, 2×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + Biodux (<i>Montierella alpine</i> F-1134), 3 мл/т + 4 мл/га	за день до посева + в фазе 1...3 тройчатого листа
Предпосевная обработка семян + две листовые подкормки вегетирующих растений	Organit P (<i>Bacillus megaterium</i> OPP-31, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + 2 л/га + Organit N (<i>Azospirillum zeaе</i> OPN-14, 1×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + 2 л/га + Pseudobacterin 3 (<i>Pseudomonas aureofaciens</i> 2391Д, 2×10^9 КОЕ/мл), 3 л/т + 2 л/га + 2 л/га + Biodux (<i>Montierella alpine</i> F-1134), 3 мл/т + 4 мл/га + 4 мл/га	за день до посева + в фазе 1...3 тройчатого листа + в фазе бутонизации

и других ростовых процессов культурных растений путем синтеза ряда веществ фитогормональной природы (биологически активных веществ) [15].

Organit P – микробиологический препарат, содержащий споры штамма *Bacillus megaterium* OPP-31, 1×10^9 КОЕ/мл, улучшающий минеральное питание растений путем повышения биодоступности фосфора и калия, стимулирующий корнеобразование и рост растений благодаря продуцированию поли-бета-гидромасляной кислоты и других ростстимулирующих веществ.

Pseudobacterin 3 – микробиологический препарат (биофунгицид), содержащий живые клетки штамма *Pseudomonas aureofaciens* 2391Д, 2×10^9 КОЕ/мл. Основные функции препарата – защита растений от широкого спектра грибных и бактериальных фитопатогенов благодаря синтезу антибиотиков феназинового ряда, которые не вызывают резистентность у фитопатогенов; интенсификация роста корневой системы растений благодаря наличию бактериальных клеток, участвующих в синтезе индолил-3-уксусной кислоты [15].

Biodux – биологический регулятор роста, содержащий биологически активный комплекс полиненасыщенных жирных кислот низшего почвенного гриба штамма *Montierella alpine* F-1134, стимулирующий развитие корневой системы и генеративных органов; повышающий устойчивость к абиотическим (пестицидным и погодным) стрессам; усиливающий усвоение элементов минерального питания [15].

Расход рабочей жидкости для предпосевной обработки семян (Биостим Старт – за 14 дней до посева, Ризоформ Соя + Статик – в день посева, смесью Organit P + Organit N + Pseudobacterin 3 + Biodux – за день до посева) – 10 л/т, для листовых подкормок – 100 л/га (утром или вечером в безветренную погоду). Листовые подкормки проводили путем обработки вегетирующих растений с использованием ручного аккумуляторного опрыскивателя Union OP-12АТ баковой смесью препаратов согласно схемам опытов (табл. 1), в фазы 1...3-го тройчатого листа и бутонизации сои.

Закладку полевых опытов, учеты, анализы и статистическую обработку данных осуществляли в соответствии с действующей методикой [16]. Полевые опыты закладывали в четырехкратной повторности. Посевная площадь делянки – 11,25 м², учетная – 10 м². Расположение вариантов – рендомизированное. Норма высева всхожих семян – общепринятая для зоны районирования и в количественном выражении составляет 600 тыс. всхожих семян на 1 га. Посев проводили широкорядным способом с шириной междурядий 0,45 м сеялкой СКС-6–10. Химические препараты не применяли, так как плотность популяции вредителей и степень развития болезней не достигала порога экономической вредности. Борьбу с сорной растительностью осуществляли путем междурядных обработок культиватором в первой половине вегетации растений по мере необходимости. Перед уборкой с делянок отбирали сноповые образцы растений для определения структуры урожая. Показатели урожайности приводили к стандартной влажности и 100 %-ной чистоте. Уборку выполняли прямым комбайнированием в макрофазу развития сои – отмирание (код ВВСН 909) комбайном Zürn 150. Полевые исследования сопровождали фенологическими наблюдениями.

Нитрогеназную активность симбиотических азотфиксирующих бактерий определяли «ацетиленовым» методом, основанным на восстановлении ацетилена до этилена, на портативном хроматографе ФГХ-1 с пламенным ионизационным детектором по времени выхода каждого газа. В период цветения – образования

бобов (на нижних трех ярусах уже были сформированы бобы, а верхние ярусы – цветы) для оценки нитрогеназной (азотфиксирующей) активности у 5 растений с каждой делянки корни промывали водопроводной водой, подсчитывали число клубеньков, помещали корни в герметичные флаконы (250 мл). Количество образованного этилена измеряли после экспликации в течение 1 ч в атмосфере с 10 % ацетилена при 25 °С, с последующей остановкой химической реакции 6 мл раствором Несслера. После этого клубеньки отделяли от корней и взвешивали.

Количественное содержание фотосинтетических пигментов в листьях сои определяли спектрофотометрическим методом. Для проведения исследования в фазе цветения (критической для развития растений сои) в дневные часы в солнечную погоду отбирали развитые, функционально зрелые листья со второго верхнего яруса. Сверлом диаметром 10 мм делали высечки, которые использовали для приготовления спиртового экстракта, содержащего сумму зеленых и желтых пигментов. Оптическую плотность рабочего раствора этаноловых вытяжек определяли на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ при длинах

Табл. 2. Влияние микробиологических препаратов на содержание пигментов в листьях сои в фазе цветения (в среднем за 2 года), мг/г сухого вещества

Вариант	Количество			Сумма Chl a+b	Отношение Chl a/b
	Chl a	Chl b	каротиноиды (2023 г.)		
Лидер 1					
Контроль	5,12	1,53	1,11	6,65	3,35
Предпосевная обработка + листовая подкормка	5,98	1,68	1,25	7,66	3,56
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	5,68	1,83	1,17	7,51	3,1
НСР ₀₅	0,02	0,01	0,01		
Мезенка					
Контроль	5,34	1,44	1,20	6,78	3,01
Предпосевная обработка + листовая подкормка	6,02	1,87	1,46	7,89	3,22
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	5,88	1,47	1,18	7,35	4,0
НСР ₀₅	0,04	0,01	0,02		
Орля					
Контроль	5,33	1,56	1,28	6,89	3,42
Предпосевная обработка + листовая подкормка	6,29	2,07	1,08	8,36	3,04
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	5,82	1,65	1,26	7,47	3,53
НСР ₀₅	0,01	0,06	0,01		
Зуша					
Контроль	5,93	1,65	0,62	7,58	3,59
Предпосевная обработка + листовая подкормка	6,13	2,29	1,11	8,42	2,68
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	6,33	2,47	1,01	8,8	2,56
НСР ₀₅	0,12	0,08	0,02		
Осмоль					
Контроль	5,29	1,53	1,22	6,82	3,46
Предпосевная обработка + листовая подкормка	6,27	1,59	0,85	7,86	3,94
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	6,0	1,68	1,35	7,68	3,57
НСР ₀₅	0,03	0,09	0,1		

волн 665, 649 и 440 нм с максимумами поглощения соответственно хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов. Измерения проводили при комнатной температуре на рассеянном свете, так как при сильном освещении может произойти фотоокисление хлорофилла. Концентрацию хлорофиллов *a* и *b* рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс для этанола, каротиноидов – в суммарной вышке пигментов по уравнению Веттштейна.

Площадь ассимиляционной поверхности определяли планиметрическим методом, основанным на сканировании листовой поверхности с автоматическим подсчетом заданных параметров в режиме *Real time* (реального времени) на лабораторном измерителе площади листьев LI-3100C. Содержания белка и жира в семенах сои определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области (ГОСТ 32749-2014) на анализаторе Infracalc 1241 (FOSS, Denmark, программа SO 090711).

Метеоусловия вегетационных периодов 2019–2023 гг. характеризовались контрастностью по фенологическим фазам роста и развития растений сои. Нестабильные природно-климатических факторов и их значительные изменения по годам исследований позволили получить более точные результаты. В 2019 г. (ГТК = 0,4...2,1) с третьей декады мая по июнь имели место воздушная и почвенная засухи, с конца июня и весь июль наблюдался пониженный температурный режим с достаточно значительным перепадом дневных и ночных температур в 21,15 °С. В 2020 г. (ГТК = 0,31...2,08) отмечали неблагоприятную погоду в мае, что негативно повлияло на период посев-всходы; июнь характеризовался жаркой и сухой погодой, в июле отмечено максимальное количество осадков, а август был сухим. В 2021 г. (ГТК = 0,49...1,6) выдался холодный и дождливый май, в июне–августе наблюдали сухие периоды. В 2022 г. (ГТК = 0,48...1,67) из-за холодного с обильными осадками мая посев культуры был проведен в достаточно поздние сроки (24 мая). Однако последующий благоприятный температурный режим способствовал формированию дружных всходов. При этом сентябрь также оказался неблагоприятным для уборки. Во второй половине месяца отмечали переувлажнение почвы, что сдвинуло сроки ее проведение на конец первой декады октября. Условия 2023 г. (ГТК = 0...1,3) в целом оказались более засушливыми, чем в предыдущем году.

Результаты и обсуждение. Применяемые агроприемы оказывают влияние на состояние пигментного комплекса, более высокая физиологическая активность фотосинтетического аппарата наблюдается в вариантах с применением микробиологических препаратов (табл. 2). Так, сумма хлорофиллов *a* и *b* в листьях сорта Лидер 1 в фазе цветения в опыте с предпосевной обработкой и листовыми подкормками препаратами Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3 и Biodux в среднем была больше, чем в контроле, на 14,1 % (0,94 мг/г), Мезенка – на 12,4 % (0,85 мг/г), Орля – на 14,9 % (1,03 мг/г), Зуша – на 13,6 % (1,03 мг/г), Осмонь – на 13,9 % (0,95 мг/г).

В результате постоянного присутствия в севообороте опытного участка зернобобовых культур в почве сформировалась достаточно многочисленная устойчивая популяция азотфиксирующих бактерий, наличие которых подтверждает наличие клубеньков на корнях растений сои в контрольных вариантах опыта без предпосевной обработки семян. Тем не менее инокуляция Ризоформ Соя (опыт 1) повысила уровень образования азотфиксирующих клубеньков на корневой системе сои в среднем по сортам на 29,4...29,9 %. Отмечали значительное варьирование величины этого показателя по годам, что

было связано, в том числе с метеоусловиями, которые в 2019 и 2020 гг. оказались неблагоприятными для образования симбиотического аппарата. Клубеньки на главном (тип А) или боковых (тип Б) корнях сои образуются на самых ранних стадиях развития (фаза семядольных листьев – 1-го тройчатого листа) [17]. Дефицит влаги в этот период в годы исследований обусловил нехватку элементов питания, а именно углеводов, для ризобактерий [18], что привело к ухудшению их жизнедеятельности и даже к отмиранию сформировавшихся клубеньков, что было отмечено при визуальном осмотре верхней части пахотного слоя, когда отмершие клубеньки фиксировали непосредственно в почве.

Использование баковой смеси микробиологических препаратов Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux (опыт 2) на разных этапах роста и развития растений активизировало почвенную микрофлору, в том числе аборигенную расу соецицифичных симбиотических азотфиксирующих бактерий. Комплекс «полезных» микроорганизмов (микробиологические препараты Organit P + Organit N + Pseudobacterin 3 + Biodux), применяемый путем предпосевной обработки семян и листовых подкормок положительно повлиял на азотфикси-

Табл. 3. Характеристика симбиотического аппарата растений сои при обработке микробиологическими препаратами в период взятия проб (среднее 2022–2023 гг.)

Вариант	Сорт				
	Лидер 1	Мезенка	Орля	Зуша	Осмонь
Количество клубеньков, шт./растение					
Контроль	40,4	31,8	40,7	45,7	46,2
Предпосевная обработка + листовая подкормка	65,3	56,4	65,6	65,6	60,0
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	66,5	46,3	69,7	67,8	72,5
НСР ₀₅	0,12	0,06	0,18	0,14	0,21
Масса клубеньков, г/растение					
Контроль	0,73	0,42	0,40	0,51	0,42
Предпосевная обработка + листовая подкормка	1,09	0,71	0,59	0,62	0,77
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	1,19	0,64	0,69	0,75	0,87
НСР ₀₅	0,06	0,11	0,02	0,01	0,07
Нитрогеназная активность, мкмоль C₂H₄/(раст. × ч)					
Контроль	3,84	3,58	3,19	3,21	4,23
Предпосевная обработка + листовая подкормка	5,47	4,60	4,8	4,84	5,59
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	5,63	5,18	6,33	6,58	6,48
НСР ₀₅	0,1	0,13	0,25	0,17	0,31

рующую способность корневой системы растений сои. Симбиотические показатели растений сои в опытных вариантах в среднем по годам исследований и сортам возросли, в сравнении с контролем. Количество клубеньков на корнях растений увеличилось на 17,82 шт., или 30,3 %, их масса – на 0,29 г, или 36,7 %, нитрогеназная активность – на 1,95 мкмоль C₂H₄/(раст. × ч), или на 54 % (табл. 3).

Реакция растений сорта Зуша на предпосевную обработку Ризоформ Соя и Биостим Старт была выше, чем у сорта Осмонь, в 4,6 раза. Достоверная прибавка урожая семян сои сортов Зуша и Осмонь по отношению к контролю составила соответственно 6,0 и 1,3 %, или 0,19 т/га и 0,04 т/га (табл. 4).

Табл. 4. Влияние микробиологических препаратов на урожайность зерна сои различных сортов (2022–2023 гг.), т/га

Вариант опыта	2022 г.	2023 г.	Средняя	Прибавка, %
Лидер 1				
Контроль	2,11	2,52	2,30	–
Предпосевная обработка	2,20	2,73	2,47	7,4
Предпосевная обработка + листовая подкормка	2,36	2,82	2,59	12,6
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	2,16	2,72	2,44	6,1
НСР ₀₅	0,21	0,22	–	–
Среднее по сорту	2,21	2,68	2,45	–
Мезенка				
Контроль	2,27	2,14	2,21	–
Предпосевная обработка	2,44	2,38	2,41	9,1
Предпосевная обработка + листовая подкормка	2,51	2,71	2,61	18,1
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	2,48	2,61	2,55	15,4
НСР ₀₅	0,21	0,14	–	–
Среднее по сорту	2,43	2,46	2,45	–
Орля				
Контроль	2,86	2,59	2,73	–
Предпосевная обработка	2,71	2,62	2,67	–2,2
Предпосевная обработка + листовая подкормка	2,24	2,59	2,37	–13,2
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	1,78	2,62	2,20	–19,4
НСР ₀₅	0,25	0,10	–	–
Среднее по сорту	2,40	2,61	2,49	–
Зуша				
Контроль	1,73	2,19	1,96	–
Предпосевная обработка	1,94	2,57	2,26	15,3
Предпосевная обработка + листовая подкормка	2,00	2,61	2,31	17,9
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	1,78	2,47	2,13	8,7
НСР ₀₅	0,18	0,18	–	–
Среднее по сорту	1,86	2,46	2,17	–
Осмось				
Контроль	2,40	2,33	2,37	–
Предпосевная обработка	2,56	2,56	2,56	8,0
Предпосевная обработка + листовая подкормка	2,47	2,54	2,51	5,9
Предпосевная обработка + две листовые подкормки	2,23	2,45	2,34	–1,3
НСР ₀₅	0,20	0,21	–	–
Среднее по сорту	2,42	2,47	2,45	–

В опыте с комплексом препаратов (Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux) средняя урожайность детерминантных сортов Лидер 1 и Орля была выше, чем у индетерминантных, в среднем за 2022–2023 гг. на 0,8 %, причем в 2023 г. эта разница составила 6,8 %. В то же время у индетерминантных сортов Мезенка и Осмось урожайность была стабильной по годам исследований, тогда как у детерминантных сортов Лидер 1 и Орля, а также полудетерминантного сорта Зуша в более благоприятном 2023 г. она была выше, чем в 2022 г., – соответственно на 17,5; 8,0 и 24,4 %.

У сортов Лидер 1, Мезенка и Зуша наибольшие достоверные прибавки урожая, в сравнении с контролем, отмечены в варианте с предпосевной обработкой и 1 листовой подкормкой, в 2022 г. они составили соответственно 0,25; 0,24 и 0,28 т/га (11,8; 10,6 и 15,6 %), в 2023 г. – 0,3; 0,57 и 0,42 т/га (11,9; 26,6 и 19,2 %). У сорта Осмось самую высокую прибавку урожая семян наблюдали в варианте с применением только предпосевной обработки, в 2022 г. она составила 0,16 т/га (6,7 %), в 2023 г. – 0,23 т/га (9,9 %).

Использование баковой смеси микробиологических препаратов Organit P, Organit N, Pseudobacterin 3, Biodux по-разному влияло на формирование качественных показателей семян. В среднем за 2 года наибольшая достоверная прибавка содержания белка, по сравнению

с контролем, зафиксирована у сорта Лидер 1 в варианте с двумя листовыми подкормками (на 0,6 %, при НСР₀₅ = 0,02); Осмось – с 1 листовой подкормкой (0,9 %, НСР₀₅ = 0,01); Мезенка – с 1 и 2 листовыми подкормками (соответственно 1,1 и 1,0 %, НСР₀₅ = 0,04). У сортов Орля и Зуша различия были незначительными.

Достоверное повышение содержания жира в зерне при использовании изучаемых агроприемов отмечали только у сорта Мезенка. Прибавка в варианте с одной листовой подкормкой составляла 0,4 %, с двумя – 0,5 % при НСР₀₅ = 0,02 %.

Выводы. Инокуляция семян сои Ризоформ Соя, содержащим азотфиксирующую ризобактерию *Bradyrhizobium japonicum*, в сочетании с предпосевной обработкой Биостим Старт положительно влияет на формирование симбиотического аппарата и урожайности. При этом прибавка урожая полудетерминантного сорта Зуша составила 6,0 % (0,19 т/га), индетерминантного сорта Осмось – 1,3 % (0,04 т/га).

При наличии в почве аборигенных рас симбиотических азотфиксирующих бактерий при возделывании сои целесообразно использовать препараты, содержащие полезную почвенную микрофлору. Микроорганизмы (и/или их метаболиты) видов *Bacillus megaterium*, *Azospirillum zeaе*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Montierella alpine* способны активизировать бобово-ризобиальный симбиоз (увеличивать количество и массу клубеньков на корневой системе растений сои в среднем на 57,6 и 65,0 % соответственно и повышать их нитрогеназную активность в среднем на 67,3 %). Это приводит к повышению продуктивности и улучшению качества семян сои. Наибольшую прибавку урожая зерна сои детерминантного сорта Лидер 1, индетерминантного сорта Мезенка и полудетерминантного сорта Зуша (соответственно 0,29; 0,35 и 0,4 т/га) в условиях Орловской области обеспечила предпосевная обработка семян в сочетании с листовой подкормкой в фазе I...3 тройчатых листьев баковой смесью препаратов Organit P (3 л/т и 2 л/га), Organit N (3 л/т и 2 л/га) Pseudobacterin 3 (3 л/т и 2 л/га), Biodux (3 мл/т и 4 мл/га). При выращивании индетерминантного сорта Осмось наилучшие результаты обеспечила предпосевная обработка указанной баковой смесью (прибавка 0,19 т/га).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа финансировалась за счет средств Министерства науки и высшего образования Российской Федерации при выполнении госзадания. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Васильчиков А. В., Гурьев Г. П. Изучение эффективности различных форм микробных препаратов для инокуляции сои // *Земледелие*. 2017. № 3. С. 3–4.
2. Рациональное использование соевой окары в рационах молодняка свиней / С. В. Дежаткина, Н. А. Любин, А. В. Дозоров и др. // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2017. № 5. С. 40–44.
3. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Использование послеуборочных растительных остатков сои для компенсации расхода гумуса и выноса азота, фосфора и калия с урожаем семян // *Масличные культуры*.

- Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 1(173). С. 47–54. doi: 10.25230/2412-608X-2018-1-173-47-54.
4. Завалин А. А., Соколов О. А., Шмырева Н. Я. Экология азотфиксации. М.: РАН, 2019. 252 с.
 5. Отзывчивость сои на использование биопрепарата АЦК-утилизирующих ризобактерий / Ю. В. Береговая, И. Л. Тычинская, Н. И. Ботуз и др. // Вестник аграрной науки. 2018. № 4(73). С. 3–12.
 6. Урожайность и качество сельскохозяйственной продукции при использовании биопрепаратов / Ю. В. Лактионов, А. П. Кожемяков, В. В. Яхно и др. // Агромир Черноземья. 2013. № 1–2(103). С. 24–25.
 7. Тихонович И. А., Завалин А. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. 2016. № 5. С. 28–32.
 8. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азот-фиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019. № 8. С. 83–96. doi: 10.1134/S0002188119080143.
 9. Сортовая специфичность эффектов ризобактерий в отношении азотфиксирующего симбиоза и минерального питания сои в условиях агроценоза / Ю. В. Береговая, И. Л. Тычинская, С. Н. Петрова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. С. 977–993. doi: 10.15389/agrobiology.2018.5.977rus.
 10. Лебедев В. Н., Воробейков Г. А., Ураев Г. А. Влияние инокуляции эндوفитными ризобактериями на морфофизиологические особенности луковичных культур // Успехи современного естествознания. 2023. № 3. С. 5–10. doi: 10.17513/use.38009.
 11. *Species interactions improve aboveground biomass and land use efficiency in intercropped wheat and chickpea under low soil inputs* / M. Latati, P. Dokukin, A. Aouiche, et al. // *Agronomy*. 2019. Vol. 9(11). P. 765. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/11/765> (дата обращения: 16.05.2024).
 12. Изменение структуры прокариотного сообщества в ризосфере рапса ярового (*brassica napus l.*) в зависимости от внесения бактерий, утилизирующих 1-аминоциклопропан-1-карбоксилат / С. Н. Петрова, Е. Е. Андронов, А. А. Белимов и др. // *Микробиология*. 2020. Т. 89. № 1. С. 121–128. doi: 10.31857/S0026365620010115.
 13. Влияние микробиологических препаратов и предшественника на формирование симбиотического аппарата, урожайность и агрохимические показатели почвы при возделывании чечевицы, нута и чины / Г. П. Гурьев, М. В. Донская, М. М. Донской и др. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024. № 1(49). С. 10–18. doi: 10.24412/2309-348X-2024-1-10-18.
 14. Зотиков В. И., Вилюнов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. № 25(4). С. 381–387. doi: 10.18699/VJ21/041.
 15. Каталог продуктов *Bionovatic*. URL: <https://bionovatic.ru/catalog> (дата обращения: 03.05.2024).
 16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / 5-е изд., доп. и перераб.. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 17. Лучинский А. С., Зеленцов С. В. Явление сверхглубокого образования клубеньков у сои // *Масличные культуры*. 2008. № 2(139). С. 59–61.
 18. Головина Е. В., Зотиков В. И. Влияние погодных условий на продукционный процесс у сортов сои северного экотипа // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 6. С. 112–118.

Поступила в редакцию 31.05.2024
 После доработки 22.06.2024
 Принята к публикации 13.08.2024