

ПОИСК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИНОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ

А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, кандидат биологических наук

А.С. АКУЛОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Исследования проведены в 2018-2019 гг. Изучена отзывчивость новых линий сои (Л-85 и ЛС-10) на инокуляцию набором новых активных штаммов ризобий 634, 645, 650 в сравнении со стандартом Ланцетная на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Схема опыта включала: контроль (без инокуляции и внесения удобрений); варианты с инокуляцией штаммами 634, 645 и 650, а также вариант с внесением минерального азота в дозе 60 кг д. в./га. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м². Посев проводили сеялкой СКС-6-10 широкорядным способом (ширина междурядий 45 см) во вторую декаду мая. Норма высева – 600 тыс. всхожих семян/га. Как инокуляция семян, так и внесение минерального азота в дозе 60 кг/га вызывали повышение урожайности сои. По итогам двухлетних испытаний лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га). Наиболее эффективным из испытанных штаммов был штамм 634.

Ключевые слова: соя, инокуляция, азотфиксация, штамм.

Соя – уникальная по биологическим и хозяйственным свойствам сельскохозяйственная культура многогранного использования. Пищевое значение сои определяется исключительно высоким содержанием в зерне практически всех элементов питания, необходимых живым организмам [1]. Благодаря этому соя в настоящее время вышла по объему производства в мире на четвертое место после пшеницы, кукурузы и риса. Поэтому увеличение производства сои прямо связано со стратегией импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны.

В последние годы мировое производство сои колеблется в районе 340-350 миллионов тонн [2]. Производство сои в России продолжает сохранять положительную динамику: 3,6 млн. тонн в 2017 году, 4 млн. тонн в 2018 и более 4,5 млн. тонн в 2019 году. При этом основной рост производства сои происходит за счет увеличения посевов в Центральном регионе России (Курская, Белгородская, Орловская области) [3]. Ценность сои, помимо пищевых и кормовых достоинств, определяется тем, что она способна покрывать свои потребности в азоте благодаря формированию симбиоза с клубеньковыми бактериями. Симбиоз сои с клубеньковыми бактериями – одна из наиболее эффективных растительно-микробных систем, формирующих процесс биологической азотфиксации, имеющий огромное экологическое и практическое значение. Инокуляция растений высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий повышает продуктивность бобовых в среднем на 10-25% [4].

При активном связывании симбиотического азота соя может поглощать из воздуха до 200 кг/га азота, удовлетворяя на 60-70% потребность в нём и восполняя почвенные запасы азота за счет растительных остатков [5, 6]. 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 [7].

В связи с этим, выявление сортообразцов, наиболее подходящих для почвенно-климатических условий конкретного региона, разработка энергетических и экономически выгодных приемов повышения продуктивности сои, на основе оптимизации условий симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов за счет инокуляции семян активным штаммом ризобий является актуальной задачей.

Методика исследований

Исследования проводили в 2018-2019 гг. в полевых условиях на опытном участке лаборатории генетики и биотехнологии с использованием Методики полевого опыта [8]. Была проведена оценка отзывчивости на нитрагинизацию двух перспективных линий сои селекции ФНЦ ЗБК (Л-85 и ЛС-10). В качестве контроля использовали сорт Ланцетная. На каждом сорте закладывали следующие варианты: 1. – контроль без инокуляции, 2. – с внесением минерального азота в дозе 60 кг действующего вещества на гектар, варианты 3, 4, 5 – с инокуляцией штаммами 634, 645 и 650.

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 5,0-5,4%, содержание подвижных форм питательных веществ на 100 г почвы: P₂O₅ по Кирсанову 11,4-14,5 мг, K₂O по Кирсанову 5,7-12,3 мг. Предшественник – озимая пшеница. Зяблевая вспашка проводилась в сентябре на глубину 23-25 см. Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10 м². Посев – широкорядный, ширина междурядий – 45 см. Норма высева – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Посев – сеялкой СКС-6-10. Нитрагин для инокуляции получали из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин-Санкт-Петербург). Инокуляция семян – в день посева. Предпосевная обработка почвы включала ранневесеннее боронование, основную и предпосевную культивации. Посев проводили в середине второй декады мая. Формирование симбиотического аппарата оценивали по количеству и массе клубеньков на корнях растений. Учёт урожая семян – поделяночно, путем сплошного обмолота комбайном Сампо-130. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову [8], методом дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта. Для расчета экономической эффективности использовали средние оптовые цены: стоимость семян сои – 22000 руб./т, аммиачной селитры – 1500 руб./ц, гектарная доза ризотрифина – 500 руб.

Результаты исследований

Климатические условия вегетационного периода 2018 года по температурному режиму характеризовались теплой погодой. Средняя температура воздуха на протяжении всего периода вегетации была выше среднегодовой на 1,1-4,0⁰С. Количество осадков за вегетационный период сои составило 201,6 мм, или 70% от среднегодового уровня, что является недостаточным для оптимального развития сои, однако характер их выпадения был достаточно благоприятным. Обильные осадки июля (109 мм или 136% от среднегодового уровня) в период формирования репродуктивных органов способствовали закладке достаточно высокого урожая. Засушливые условия августа оказали негативное влияние на размер полученного урожая, но в то же время, высокая температура воздуха способствовала более быстрому созреванию сои.

В 2019 году климатические условия характеризовались высокой контрастностью. Если в первой половине вегетации средняя температура воздуха по месяцам была выше среднегодовой на 2,4-3,9⁰С, то во второй половине этот показатель составлял – 0,7-(+0,2⁰С). Количество и характер распределения осадков носило скорее неблагоприятный характер для формирования высокого урожая сои (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия в период вегетации сои в 2018-2019 гг.

Показатели		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Ср. многолетние осадки, мм		53	61	80	67	57
Ср. многолетняя температура, t°		13.0	16.9	18.5	17.1	11.7
Осадки, мм	2018	31,9	16,1	109,0	16,5	41,5
	2019	105,9	37,6	85,9	37,8	43,9
Ср. температура	2018	17,0	18,0	20,5	19,7	16,0
	2019	16,2	20,7	17,3	17,2	12,8

Сумма осадков составила 218,5 мм, или 76% от среднемноголетнего уровня, а характер их выпадения был недостаточно оптимальным. Обилие осадков в первой половине мая несколько затянули сроки посева, однако пополнили запасы почвенной влаги. Условия июня по гидротермическому коэффициенту характеризовались как сильно засушливые, что препятствовало оптимальному формированию вегетативной массы. Обильные осадки июля (86 мм или 107% от среднемноголетнего уровня) в период формирования репродуктивных органов способствовали закладке достаточно высокого урожая, однако понижение температуры в две первые декады июля до 16,3⁰С, а в первую декаду августа – до 14,9⁰С оказало явно негативное воздействие. К этому стоит приплюсовать засушливые условия августа, которые лимитировали формирование урожая, хотя и ускорили созревание сои.

Эффективность симбиотических растительно-микробных систем, изучаемых в ходе полевых опытов, в значительной мере определяется теми же факторами, которые влияют на развитие сои.

В 2019 году учет формирования симбиотической системы был проведен, как и в 2018 в фазу цветения (линия ЛС-10) – формирования бобов нижнего яруса (сорт Ланцетная).

В результате длительного возделывания сои в почве опытного участка к моменту проведения опытов сформировалась многочисленная местная популяция клубеньковых бактерий, что подтверждается формированием на корнях растений контрольного варианта клубеньков в том же количестве, что и на инокулированных (табл. 2).

Применение более активных штаммов по сравнению с местными клубеньковыми бактериями, может проявляться как в повышении урожайности, так и по влиянию на содержание белка в семенах сои. Необходимо отметить, что в 2019 году редуцирующее влияние внесения минерального азота на формирование азотфиксирующих клубеньков было менее выраженным, чем в 2018 году (табл. 2).

Уборка сои проводилась при наступлении полной спелости прямым способом комбайном Сампо 130. Сорт Ланцетная и линия Л-85 были убраны 7 сентября в 2018 году и 9 сентября в 2019 году, линия ЛС-10 соответственно 19 и 24 сентября.

Таблица 2

Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов сои

Варианты	Ланцетная				Л-85				ЛС-10			
	Кол-во клубеньков		Масса клубеньков		Кол-во клубеньков		Масса клубеньков		Кол-во клубеньков		Масса клубеньков	
	шт/р.		мг/р.		шт/р.		мг/р.		шт/р.		мг/р.	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Контроль	26	16	315	197	64	28	768	680	28	22	384	487
N ₆₀	24	21	214	321	55	25	619	421	20	22	182	422
Штамм 634	38	26	343	471	72	28	947	431	25	24	368	500
Штамм 645	30	18	394	300	73	25	970	460	29	19	320	478
Штамм 650	25	18	352	342	50	25	689	560	30	21	297	549

По фактору сорта наиболее урожайной по итогам двух лет была линия ЛС-10 – 26,5 ц/га (табл. 3). По фактору инокуляции как обработка инокулянтами, так и внесение минерального азота оказало достоверно положительное влияние на урожай семян, по сравнению с контролем.

По итогам двухлетних испытаний лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га).

Наиболее эффективным из испытанных штаммов по итогам двух лет оказался штамм 634. Средний урожай на трех сортах при инокуляции этим штаммом составил 25,8 ц/га при урожае на контроле 24,2 ц/га (+1,6 ц/га) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние инокуляции на урожайность сортов сои (ц/га)

Варианты	Ланцетная		Л-85		ЛС-10		Ср. за 2018-2019 гг.			Ср. по варианту
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	Ланцетная	Л-85	ЛС-10	
Контроль	23,6	20,6	25,1	24,2	28,1	23,4	22,1	24,6	25,8	24,2
№ ₆₀	24,5	23,4	27,0	26,3	28,9	24,2	24,0	26,6	26,6	25,7
Штамм 634	26,7	23,0	25,3	25,5	29,9	24,4	24,8	25,4	27,2	25,8
Штамм 645	24,4	21,3	26,0	25,3	29,8	23,7	22,8	25,6	26,8	25,1
Штамм 650	24,9	22,2	27,7	26,0	29,1	23,4	23,6	26,8	26,2	25,5
Среднее по сорту	24,8	22,1	26,2	25,5	29,2	23,8				
Среднее за 2 года	23,4		25,8		26,5					
НСР ₀₅ 2018	Для сорта 0,97, для штамма – 1,25 ц/га									
НСР ₀₅ 2019	Для сорта 0,86, для штамма – 1,10 ц/га									

Превышение спроса над предложением, которое обеспечивает на сегодняшнем этапе сельскохозяйственное производство, создает довольно комфортный уровень цен на соевые бобы.

Рентабельность производства составляет около 100% при урожайности 15 ц/га и увеличивается при её росте, который может обеспечиваться либо интенсификацией технологий возделывания, либо введением в культуру более урожайных сортов, либо сочетанием обоих этих факторов.

В наших опытах наибольший уровень рентабельности отмечен на варианте с инокуляцией линии ЛС-10 ризоторфином на основе штамма 634 – 190% (табл. 4).

Применение минерального азота понижало рентабельность до 158%. При этом фактический экономический эффект уходил в минус, что подтверждается многими исследованиями о неэффективности применения азотных удобрений на сое при высоком уровне симбиотической азотфиксации.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения инокулянтов на сое (ср. за 2018-2019 гг.)

Показатели	Контроль	№ ₆₀	Штамм 634	Штамм 645	Штамм 650
Сорт Ланцетная					
Урожайность, ц/га	22,1	24,0	24,8	22,8	23,6
Стоимость валовой продукции, руб./га	48620	52800	54560	50160	51920
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	909,5	943,8	830,6	903,5	872,9
Условно чистый доход, руб./га	28520	30150	33960	29560	31320
Уровень рентабельности, %	142	133	165	143	152
Фактический экономический эффект, руб./га		1630	5440	1040	2800

Продолжение табл. 4					
Л-85					
Урожайность, ц/га	24,6	26,6	25,4	25,6	26,8
Стоимость валовой продукции, руб./га	54120	58520	55880	56320	58960
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	817,1	851,5	820,7	804,7	768,7
Условно чистый доход, руб./га	34020	35870	35280	35720	38360
Уровень рентабельности, %	169	158	171	173	186
Фактический экономический эффект, руб./га		1850	1260	1700	4340
ЛС-10					
Урожайность, ц/га	25,8	26,6	27,2	26,8	26,2
Стоимость валовой продукции, руб./га	56760	58520	59840	58960	57640
Производственные затраты, руб./га	20100	22650	20600	20600	20600
Себестоимость, руб./ц	779,1	815,5	757,4	768,7	786,3
Условно чистый доход, руб./га	36660	35870	39240	38360	37040
Уровень рентабельности, %	182	158	190	186	180
Фактический экономический эффект, руб./га		-890	2580	1700	380

Заключение

По результатам двухлетних исследований, получены экспериментальные данные об эффективности использования оригинальных штаммов ризобий и на их основе созданы высокопродуктивные растительно-микробные системы для применения в ресурсосберегающих технологиях производства сои. Лучшие результаты были отмечены при сочетании сорта Ланцетная и линии ЛС-10 со штаммом 634 (+2,7 и +1,4 ц/га) и линии Л-85 со штаммом 650 (+2,2 ц/га). Наиболее эффективным из испытанных штаммов оказался штамм 634.

Литература

1. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани Краснодар: ВНИИМК, – 2009. – 320 с.
2. Урожай сои в 2019-20МГ ожидается на прошлогоднем уровне [Электронный ресурс]. URL: newsland.com/user/3759557959/content/urozhai-soi-v-2019-20-mg-ozhidaetsia-na-proshlogodnem-urovne/6916326 (дата обращения 6.11.2019 г.)
3. Урожай сои в России в 2019 году [Электронный ресурс]. URL <https://www.oilworld.ru/> (дата обращения 6.11.2019г)
4. Тихонович И.А., Борисов А.Ю., Васильчиков А.Г. и др. Специфичность микробиологических препаратов для бобовых культур и особенности их производства //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 3. – С.11-17.
5. Доросинский Л.М., Тильба В.А., Бегун С.А. Влияние бактеризации на урожай сои и фиксацию молекулярного азота в почвах Дальнего Востока. Соя и нитрагин: НТБ. – 1976. Вып.1. – С. 18-22.
6. Синеговская В.Т. Оптимизация симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои в условиях Приамурья: автореферат. дисс. на соискание ученой степени доктора с. х. наук. М., 2002. – 43 с.
7. Тильба В.А., Шабалдас О.Г. Использование биологического азота как средства биологизации системы земледелия // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2. – С. 96-100.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва. Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

SEARCH FOR HIGHLY EFFECTIVE INOCULANTS FOR PROMISING SOYBEAN VARIETIES

A.G. Vasilchikov, A.S. Akulov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The studies were conducted in 2018-2019. We studied the responsiveness of new soybean lines (L-85 and LS-10) to inoculation with a set of new active rhizobia strains 634, 645, 650 in comparison to the Lancetnaya standard on dark gray forest loamy soil. The experimental design included: control (without inoculation and fertilizing); variants with inoculation with strains 634, 645 and 650, as well as a variant with the introduction of mineral nitrogen at a dose of 60 kg as/ha. The repetition of the experiments is fourfold. Area of experimental plots was 10 m². Sowing was carried out with the SKS-6-10 seeder in a wide-row method (row spacing 45 cm) in the second decade of May. The seeding rate is 600 thousand germinating seeds/ha. Both inoculation of seeds and the application of mineral nitrogen at a dose of 60 kg/ha caused an increase in soybean yield. According to the results of two-year tests, the best results were noted when combining the Lancetnaya variety and the LS-10 line with strain 634 (+2,7 and +1.4 c/ha) and the L-85 line with strain 650 (+2,2 c/ha). According to the results of two years, the most effective of the tested strains was strain 634.*

Keywords: Soy, inoculation, nitrogen fixation, strains.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11135

УДК 633.352.1:581.48:577.112

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ НЕИЗВЕСТНОГО ОБРАЗЦА ВИКИ ПОСЕВНОЙ СОРТУ ЮБИЛЕЙНАЯ 110 ПО ДАННЫМ МОРФОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОФОРЕЗА БЕЛКОВ СЕМЯН

Э.Э. ЕГГИ, кандидат биологических наук, Т.Г. АЛЕКСАНДРОВА

ФГБНУ ФИЦ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

*Представлены результаты исследования семян неизвестного образца вики посевной, этикетированного производителем как Юбилейная 110, и одиннадцати российских сортов *Vicia sativa* L., сохраняемых *ex situ* в коллекции ВИР. Образцы оценены по окраске семенной кожуры, ее орнаментации, окраске семядолей и сравнительному анализу полипептидных спектров. Неизвестный образец по морфологическим признакам семян разделили на четыре фракции. Контрастные по внешнему виду фракции 1 (без орнаментации) и 4 (ярко выраженная орнаментация), четко дифференцируемые при компьютерной обработке фотографий семян, различались и по полипептидному составу, сохраняя единообразие спектров внутри фракций. Анализируемые сорта имели специфические особенности полипептидного состава. Окраска семядолей (оранжевая или серовато-коричневая) соответствовала определенному типу спектра в зоне 7S глобулина как у сортов, так и у фракций. Семена неизвестного образца не соответствовали сорту Юбилейная 110 ни по морфологии, ни по белковым спектрам. Они не были идентичны ни одному из взятых в сравнительный анализ сортов. Установлено, что исследованный образец вики – сложная популяция по признакам семян и спектров, а метод SDS электрофореза может служить дополнением к морфологическому контролю семенных партий в семеноводстве и при репродуцировании образцов семенных коллекций этой культуры.*

Ключевые слова: *Vicia sativa* L., семенная кожура, семядоли, полипептидные спектры.

Vicia sativa L. – однолетняя трава семейства Бобовых (Fabaceae Lindl.), выращиваемая практически во всех районах РФ (до 67-69° северной широты), ценится за высокое содержание хорошо усвояемого в кормах белка [1]. Коллекция *ex situ* вики посевной ВИР, насчитывает более 2500 образцов и включает 47 районированных сортов (по состоянию на 1.11.2018). При