

УДК 635.655:631.461

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШТАММОВ РИЗОБИЙ ДЛЯ ИНОКУЛИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ

А. Г. Васильчиков, канд. биол. наук, вед. науч. сотр.

ФГБНУ «Всероссийский НИИ зернобобовых и крупяных культур»

В статье представлены результаты исследования по изучению влияния инокуляции активными штаммами ризобий и внесения минерального азота на симбиотическую активность и семенную продуктивность различных сортов сои. Исследования проводили во ВНИИЗБК в 2013–2015 гг. Изучена отзывчивость новых сортов сои Зуша и Мезенка на инокуляцию набором новых активных штаммов ризобий в сравнении со стандартом сортом Ланцетная. По результатам трехлетних испытаний наибольшую эффективность на сорте Мезенка показал штамм 634 (+0,13 т/га), на сортах Зуша и Ланцетная – штамм 640 (+0,13 и 0,10 т/га.). Наиболее высокую урожайность – 2,65 т/га (в среднем за 3 года) – сформировал сорт Мезенка. Анализ экономической эффективности возделывания различных сортов сои показал, что по фактору сорта рентабельность возделывания сорта Мезенка, характеризующегося более высоким уровнем продуктивности, значительно выше, чем при возделывании сорта Зуша. По фактору штамма возделывание сои с использованием инокулянтов на основе комплементарных каждому сорту высокоактивных штаммов ризобий более рентабельно, чем при применении минеральных азотных удобрений.

Ключевые слова: соя, сорт, инокуляция, симбиотическая азотфиксация.

Современная стратегия адаптивной системы сельскохозяйственного производства основывается в первую очередь на биологизации и экологизации систем земледелия, основанных на более полном вовлечении в продукционные и средообразующие процессы агроэкосистем неисчерпаемых и воспроизводимых ресурсов природной среды [1].

Одним из основных элементов таких систем сельскохозяйственного производства становятся растительно-микробные системы, наиболее эффективным примером которых, является симбиоз бобовых растений с клубеньковыми бактериями, осуществляющие процесс биологической фиксации атмосферного азота [2].

Наиболее значимой растительно-микробной системой, как в мировом земледелии, так и в России в настоящее время является соя, вступающая в симбиоз с клубеньковыми бактериями видов *Bradyrhizobium japonicum* и *Bradyrhizobium elkanii* [3]. При активном связывании симбиотического азота соя может поглощать из воздуха до 200 кг/га азота, удовлетворяя на 60...70 % свои потребности и восполняя почвенные запасы азота за счёт оставляемых растительных остатков [4, 5, 6]. Пищевое значение сои определяется исключительно высоким содержанием в зерне практически всех элементов питания, необходимых живым организмам [7]. Благодаря этому соя в настоящее время вышла по объему производства в мире на четвертое место после пшеницы, кукурузы и риса и продолжает сохранять положительную динамику роста. В 2017 г. мировое производство сои составило 351 млн. тонн (2016 г. – 338, 2015г. – 313 млн. тонн) [8]. В России в 2017 г. собрано 3,6 млн. тонн при увеличении площади посевов до 2604,3 тыс. га (+16,9 % к 2016 г.). При этом возможности роста в обозримом будущем не лимитированы, так как внутренние потребности России оцениваются в 5 млн. тонн, а если учитывать вероятность экспорта, то один Китай импортирует ежегодно более 80 миллионов тонн сои [9].

Эффективным способом повышения продуктивности сои является поиск новых более активных штаммов ризобий и бактеризация семян препаратами, изготовленными на основе этих штаммов. Наличие такого явления как сорто-штаммовая специфичность позволяет подобрать штаммы, наиболее эффективно взаимодействующие с определенными сортами сои [10].

Орловская область по своим климатическим условиям находится на северной границе ареала возделывания сои, что позволяет возделывать здесь только скороспелые сорта. В 2017 г. по области было убрано 70,7 тысячи гектар сои и намолочено 107,7 тысячи тонн зерна при средней урожайности 15,3 ц/га. Однако выраженная тенденция глобального изменения климата в сторону потепления позволяет вводить в севообороты сорта с более продолжительным вегетационным периодом, которые, как правило, отличаются более высокой продуктивностью [11].

В связи с этим, выявление сортообразцов, наиболее подходящих для почвенно-климатических условий конкретного региона, разработка энергетически и экономически выгодных приёмов повышения продуктивности на основе оптимизации условий симбиотической деятельности посевов за счёт инокуляции семян активным штаммом ризобий, поиск наиболее эффективных растительно-микробных систем является актуальной задачей.

Методика исследований

Исследования проводили в 2013–2015 гг. в полевых условиях на опытном участке лаборатории генетики и биотехнологии с использованием методики полевого опыта [12] и методики оценки активности симбиотической азотфиксации [13]. Оценивали отзывчивость на нитрагинизацию активными штаммами ризобий двух новых сортов сои селекции ВНИИЗБК Зуша и Мезенка. В качестве контроля использовали сорт сои Ланцетная. 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, 626 и 640.

Почва участка темно серая лесная среднесуглинистая. Содержание гумуса 4,2...4,5 %, $pH_{\text{сол.}}$ 4,9–5,3, содержание P_2O_5 – 13,2–17,2 мг/100 грамм почвы, K_2O – 5,9–9,4 мг/100 грамм почвы.

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. Формирование симбиотического аппарата оценивали по активности фермента нитрогеназы методом редукции ацетилена и по количеству клубеньков на корнях растений. Учёт урожая семян – поделяночно, путём сплошного обмолота комбайном «Сампо-130».

Результаты исследований

Посев проводили во вторую декаду мая, соответственно по годам 18, 13 и 19 мая. Климатические условия вегетационных периодов 2013–2015 гг. по температурному режиму характеризовались теплой погодой (табл. 1).

Таблица 1 – Метеоусловия вегетационных периодов 2013–2015 гг.

Показатели		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Ср. многолет. осадки		53	61	80	67	57
Ср. многолет. т-ра, t°		13,0	16,9	18,5	17,1	11,7
Осадки Мм	2013 г	64,3	68,5	49,5	33,2	108,5
	2014 г	94,2	53,3	19,4	14,4	40,5
	2015 г	64,7	38,3	68,5	8,2	68,7
Ср. температура t°	2013 г	18,0	19,8	18,7	18,9	10,6
	2014 г.	16,9	16,3	20,9	20,0	12,8
	2015 г.	15,1	18,4	19,2	18,7	15,6

Средняя температура воздуха по месяцам, за исключением июня 2014 г., превышала среднемноголетние показатели. Количество и динамика выпадения осадков за годы проведения опытов были прямо противоположны оптимальному водопотребле-

нию сои. В первой половине вегетации, когда соя может довольствоваться почвенными запасами влаги, количество выпавших осадков было близко к среднемноголетним значениям или превышало их. В период формирования репродуктивных органов (июль-август), который является основным максимумом водопотребления у сои, и в значительной мере определяет уровень урожайности, выпало: в 2013 г. 83 мм (58 % от среднемноголетнего значения), в 2014 – 34 мм (19 %) и в 2015 г. – 76,7 мм осадков (52 % от среднемноголетнего уровня), что является недостаточным для формирования соей высокого урожая.

Достаточное количество осадков в первой половине вегетации позволило сформировать большое количество клубеньков на корневой системе. Определение нитрагеназной активности, проведенное в фазу цветения показало высокий уровень интенсивности работы симбиотического аппарата (табл. 2). Наличие большого количества клубеньков на контрольном варианте и уровня нитрогеназной активности сравнимого с инокулированными вариантами свидетельствует о наличии в почве опытного участка многочисленной популяции спонтанных ризобий сои. Достаточная влагообеспеченность, позволяющая растениям более активно использовать минеральные формы азота, резко усилила ингибирующее влияние минеральных удобрений на процесс симбиотической азотфиксации. Количество клубеньков, сформированное на варианте с внесением минерального азота, значительно уступало как контролю, так и инокулированным вариантам.

Таблица 2 – Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов сои «конец цветения – начало формирования бобов» (количество клубеньков, активность нитрогеназы, шт./растение, мкг N/раст/час) 2013–2015 гг.

Варианты	Ланцетная		Зуша		Мезенка	
	Шт/	МкгN/	Шт/	МкгN/	Шт/	МкгN/

	раст.	р/час	раст.	р/час	раст.	р/час
Контроль	30	44,9	44	45,3	31	59,3
N ₆₀	19	27,3	33	36,2	23	28,4
Штамм 634	39	59,2	49	44,9	49	69,1
Штамм 626	36	84,3	49	80,9	47	63,5
Штамм 640	36	73,4	40	82,5	36	72,1
Среднее по сорту	32	46,0	43	58,0	37	58,5

Оценивая урожайные данные сортов, (табл. 3), необходимо отметить влияние климатических факторов и в первую очередь количества осадков за вегетационный период. Количество осадков за вегетационный период составило: 200 мл – 2013 г., 152 мл – 2014 г. и 132 мл – 2015 г. при среднемноголетнем значении 238 мл. Такая же тенденция снижения урожая отмечена на всех трех сортах сои. Дефицит влаги в течение вегетационного периода, и особенно в критический для сои период (фаза формирования репродуктивных органов) оказал негативное влияние как на процесс азотфиксации, так и на общий уровень формирования урожая.

Таблица 3 – Отзывчивость сортов сои на инокуляцию (ц/га)

Варианты	Ланцетная				Зуша				Мезенка			
	2013	2014	2015	Ср.	2013	2014	2015	Ср.	2013	2014	2015	Ср.
Контроль	26,4	22,1	19,4	22,6	26,0	23,2	20,3	23,2	27,4	26,3	22,6	25,6
N ₆₀	27,2	25,3	20,1	24,2	25,2	25,3	20,7	23,7	29,8	29,4	24,5	27,9
Штамм 634	26,2	24,0	19,5	23,2	26,2	23,6	21,4	23,7	27,4	28,3	25,1	26,9
Штамм 626	26,2	23,1	21,5	23,6	27,1	24,7	20,8	24,2	27,1	26,9	24,5	26,2
Штамм 640	26,4	23,5	20,9	23,6	26,0	25,0	22,1	24,5	26,6	26,9	24,6	26,0
Среднее по сорту	26,5	23,8	20,3	23,5	26,1	24,4	21,1	23,9	27,7	27,6	24,2	26,5

НСР₀₅

для сорта:

для штамма:

2013 г.

$F_{\phi} < F_T$

$F_{\phi} < F_T$

2014 г.

1,03 ц/га

1,33 ц/га

2015 г.

0,56 ц/га

0,47 ц/га

Инокуляция оцениваемыми штаммами ризобий и внесение минерального азота положительно повлияли на уровень урожайности. На сорте Мезенка более эффективным оказался штамм 634 (+1,3 ц/га), на сортах Зуша и Ланцетная – штамм 640 (+1,3 и 1,0 ц/га) соответственно. По результатам трехлетней оценки наибольшую урожайность продемонстрировал сорт Мезенка – 26.5 ц/га.

При современных ценах на соевые бобы (22...27 тыс. рублей/тонна) соя относится к числу наиболее доходных культур, что косвенно подтверждается постоянным ростом посевных площадей. Соответственно, при одинаковых условиях возделывания уровень рентабельности прямо пропорционален урожайности возделываемого сорта, и обратно пропорционален уровню производственных затрат. Поэтому применение ресурсосберегающих технологий в конечном итоге позволяет обеспечить получение более высокой прибыли [14]. Наибольший уровень рентабельности был показан на сорте Мезенка при инокуляции штаммом 634 и составил 181 %. На этом же варианте был получен и наибольший экономический эффект, который составил 7880 рублей.

Литература

1. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. – 1109 с.
2. Мишустин Е. Н. Пути улучшения азотного баланса пахотных почв СССР и выполнение Продовольственной программы // Известия Академии наук СССР, серия биологическая, № 3, 1983. – С. 325–344.
3. The Rhizobiaceae: Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria. 1998. Kluwer Academic Publishers. 567 p.
4. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968. – 531 с.
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: авт-т. дис. на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. М., 2002. – 43 с.

7. Баранов В. Ф., Кочегура А. В., Лукомец В. М. Соя на Кубани Краснодар, 2009. – 320 с.

8. Российский рынок сои, ключевые тенденции и прогнозы [Электронный ресурс]. URL: <http://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-soi---kluchevye-tendencii-i-prognozy> (дата обращения 13.12.2017 г.).

9. Валовой сбор зерна в России в 2017 году [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosbj.ru/2017/11/151254> (дата обращения 13.12.2017 г.).

10. Тильба В. А., Шабалдас О. Г. Использование биологического азота как средства биологизации системы земледелия // Вестник АПК Ставрополя. № 2, 2015. – С. 96–100.

11. Дьяков А. Б., Васильева Т. А. Физиологическое обоснование идеатипа сортов сои, адаптированных к климату юга России // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои // Сборник статей второй Международной конференции по сое // Краснодар, 9–10/9 2008 г. – С. 62–82.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – Москва. – Агропромиздат, 1985. – 351 с.

13. Орлов В. П. Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом / В. П. Орлов, И. Ф. Орлова, Е. А. Щербина, Г. П. Гурьев, А. Г. Васильчиков. – Орёл, 1984. – 16 с.

14. Тильба В. А. Новые технологии в производстве сои / Вестник Дальневосточного государственного аграрного университета. – Благовещенск, 2007. – Вып. 3. – С. 19–22.

УДК 633.11: 631.59: 541.144.7 (571.61)