

Abstract: *Presents the main directions of selection and seed-growing work in the Belgorod state agricultural Academy, methods of their implementation and results.*

Keywords: breeding, hybridization, precocity, green mass, grape intracultivar selection, generation, seed production, the index selection, efficiency.

УДК 635.655:63:576.8

ОЦЕНКА ОТЗЫВЧИВОСТИ НА ИНОКУЛЯЦИЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ СОИ

А.Г. ВАСИЛЬЧИКОВ, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье представлены результаты исследования по изучению влияния инокуляции и внесения минерального азота на симбиотическую активность и семенную продуктивность различных сортов сои. Исследования проводили во ВНИИЗБК в 2009-2011 гг. Изучали симбиотическую и продуктивную способность сорта сои Красивая Меча и перспективной линии Л-180. Наиболее высокий урожай – 25,3 ц/га (в среднем за 3 года) сформировала линия Л-180. Отмечена различная реакция сортов при формировании урожая на распределение осадков в течение вегетационного периода.

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

Соя занимает в мировом земледелии по масштабам возделывания первое место среди зернобобовых культур благодаря своим уникальными биологическими и хозяйственными свойствами. В семенах сои содержится более 40 % белка и до 18 % масла. По темпам роста посевных площадей соя опережает все другие культуры (1). В России планируется увеличить посевные площади к 2017 году до 2,7 млн. гектар, в том числе в Центральном округе (Белгород, Воронеж, Орел) до 500 тысяч гектар (2). Неоспоримо её агротехническое значение, так как за счет симбиотической азотфиксации соя может покрывать до 77 % своей потребности в азоте (3). Возделывание сои в условиях Орловской области стало возможным в связи с созданием в последние годы ряда таких скороспелых сортов как Магева, Ланцетная, Свапа, обладающих достаточно высоким потенциалом продуктивности и стабильно вызревающих в этом регионе.

Однако отмечающаяся в последние десятилетия тенденция изменения климата в сторону потепления позволяет вводить в севооборот сорта с более продолжительным вегетационным периодом и более высоким уровнем продуктивности.

В связи с этим, выявление сортов, наиболее подходящих для почвенно-климатических условий конкретного региона, разработка энергетически и экономически выгодных приемов повышения продуктивности на основе оптимизации условий симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов за счет инокуляции семян активными штаммами ризобий и улучшения минерального питания, является весьма важным.

Целью наших исследований было изучение эффективности инокуляции перспективных сортообразцов сои новыми штаммами ризобий и выявление наиболее комплементарных сор-

то-штаммовых сочетаний для создания высокоадаптивных растительно-микробных систем, устойчивых к стрессам.

Методика проведения исследований. Раннеспелый сорт Красивая Меча и среднераннюю перспективную линию Л-180 инокулировали тремя производственными штаммами ризобий (634б, 626 и 645). Почва опытного участка темно-серая лесная среднекультуренная. Содержание гумуса – 4,28 %, рН -5,14, P₂O₅ - 19,2, K₂O -10.6 мг на 100 грамм почвы.

Повторность опытов четырехкратная. Площадь опытных делянок – 10м². Посев – широкорядный, ширина междурядий – 45 см. Норма высева – 600 тысяч всхожих семян на 1 га. Посев – сеялкой СКС-6-10. Штаммы для сои 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 и массе клубеньков на корнях растений. Также определяли показатели фотосинтетической деятельности растений. Учёт урожая семян – поделяночно путем сплошного обмолота комбайном "Сампо-130". Математическая обработка полученных результатов – методом дисперсионного анализа (4).

Результаты исследований. Климатические условия вегетационных периодов 2009-2011 годов довольно сильно контрастировали между собой.

Наиболее стрессовыми для возделывания сои были условия 2010 года, которые характеризовались недостаточным количеством осадков (142 мм или 47 % от среднемноголетнего уровня) и высокой температурой (превышение среднемноголетних значений по месяцам на 4-7⁰С) на протяжении всего вегетационного периода. В 2009 году количество осадков составило 70 % от среднемноголетнего уровня, однако, более равномерное распределение их по ходу вегетационного периода, способствовало как формированию хорошего симбиотического аппарата, так и формированию достаточно высокого урожая семян.

Климатические условия вегетационного периода 2011 года были благоприятными для развития сои и характеризовались большим количеством осадков (373 мм или 130 % от среднемноголетнего уровня) и достаточно высокой температурой (превышение среднемноголетних значений по месяцам на 1,3-4⁰С) на протяжении всего вегетационного периода. Температурный режим и характер выпадения осадков можно признать оптимальным, так как основное количество осадков выпало в период формирования репродуктивных органов (с третьей декады июня по вторую декаду августа), который является основным максимумом водопотребления у сои. Данные условия позволили получить наиболее высокий урожай за годы проведения опытов с изучаемыми сортами.

Таблица 1

Метеоусловия вегетационных периодов 2009-2011 годов

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Ср. многолет. осадки	53	61	80	67	57	
Ср.многолет. т-ра, ⁰ С	13,0	16,9	18,5	17,1	11,7	
Осадки, мм	2009 г.	36,9	81,7	56,9	19,4	39,9
	2010 г.	43,8	31,9	19,8	25,3	62,7
	2011 г.	27,2	64,5	143,7	126,8	40,1
Ср. температура, ⁰ С	2009 г.	13,7	18,8	19,8	16,3	15,2
	2010 г.	17,2	21,0	25,4	24,0	13,7
	2011 г.	15,6	19,4	22,1	18,3	12,6

Анализ показателей симбиотической активности по годам (таблица 2) показывает наличие большого количества клубеньков и высокого уровня нитрогеназной активности на контрольном варианте. Количество клубеньков на контроле возрастает с каждым последующим годом испытаний, что свидетельствует о наличии в почве опытного участка многочисленной спонтанной популяции ризобий сои и о возрастании плотности популяции ризобий в почве опытного участка. На протяжении всех лет испытаний большее количество клубеньков и более высокая активность нитрогеназы по фактору сорта была отмечена у линии 180 (32 клубенька/растение и 130 мкг N/растение/час против 24,7 и 93 мкг N/растение/час у сорта Красивая Меча), что в первую очередь можно объяснить морфологическими особенностями растения-хозяина, контролирующего процесс клубенькообразования. Инокуляция активными штаммами ризобий повышала величину и активность симбиотического аппарата даже на фоне многочисленной спонтанной популяции ризобий. По фактору штамма отмечена тенденция повышения клубенькообразования и активности нитрогеназы при инокуляции штаммом 634: 26,2 клубенька/растение у сорта Красивая Меча и 47 клубеньков/растение у Линии 180. По фактору сорта более высокий уровень клубенькообразования и активности нитрогеназы был отмечен у Линии 180. Наибольшее количество клубеньков формировалось в 2009 и 2011 годах, характеризующихся повышенным влагообеспечением.

Таблица 2

Влияние инокуляции на показатели симбиотической активности сортов сои (количество клубеньков, активность нитрогеназы) по годам (налив бобов)

Варианты	Красивая Меча				Л-180			
	шт./растение / мкгN/раст/час							
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее
Контроль	21,0	23,4	25	23	18	22,2	37,5	25,9
	73,4	146	32,3	83,9	97,8	137	57,4	97,4
N ₆₀	17,0	11,6	22	16,9	12	13,1	35,0	20
	73,4	67,9	35,7	59	76	81,2	86,2	81
Штамм 634	33,0	13,5	32	26,2	66	27,5	47,0	47
	187	95,4	76,0	119	383	170	58,1	204
Штамм 626	24,0	20,6	27	23,9	31	27,7	42,0	33
	97,8	158,3	56,2	104	162	171	50,6	128
Штамм 645	29,0	19,8	21	23,3	50	31,6	39,0	40
	154,2	133	48,0	112	213	196	40,0	150
Штамм 634+N ₆₀	19,0	12,4	21	17,5	20	25,8	25,0	23,6
	82,5	82,5	41,0	68,7	95	160	22,3	92,4
Среднее по сорту	23,8	16,9	24,7	21,8	32,8	24,6	37,6	31,7
	111,0	113,8	48,2	91,0	171,0	152,0	52,4	125,0

Существенное значение в повышении продуктивности сои имеет накопление зеленой и сухой массы растений. Площадь листовой поверхности при этом напрямую связана с продуктивностью посевов. Максимальной величины площадь листьев достигает, как правило, к фазе налива семян [5,6]. С уменьшением или увеличением числа листьев в прямой пропорции уменьшается или увеличивается число бобов, а, следовательно, урожай семян [7]. При этом формирование листовой поверхности зависит от широты местности: чем южнее выращивается соя, тем она выше и наоборот, а чистая продуктивность фотосинтеза у одних и тех же сортов больше в более северных районах, где формирование площади листьев идет слабее [8]. Изучение фотосинтетической деятельности растений сои показало, что нарастание ассимиляцион-

ной поверхности листьев в отдельные годы несколько различалось в зависимости от метеорологических условий, в первую очередь от влагообеспеченности.

Формирование максимальных значений площади листьев происходило в годы с высоким количеством осадков и хорошо развитым симбиотическим аппаратом. Так в 2011 году площадь листовой поверхности сои в фазу налива семян была в 1,4 раза больше, чем в менее благоприятном по влагообеспеченности 2010 году и достигала 56,8-57,1 тысяч м² /га в зависимости от сорта (таблица 3).

Таблица 3

Формирование площади листьев в зависимости от инокуляции
(тыс. м²/га)

Варианты	Красивая Меча				Линия-180			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее
Контроль	39,3	37,2	52,1	42,9	31,1	43,9	53,9	43,0
N ₆₀	50,8	43,6	58,8	51,1	53,7	42,4	59,0	51,7
Штамм 634	48,7	36,5	55,2	46,8	48,3	46,5	56,7	50,5
Штамм 626	45,9	41,1	56,0	47,7	51,3	34,8	56,2	47,4
Штамм 645	51,0	39,7	61,4	50,7	53,4	36,1	59,0	49,5
Штамм 634+N ₆₀	47,1	39,7	57,2	48,0	50,1	32,3	58,5	47,0
Среднее по году	47,1	39,6	56,8	47,8	50,1	39,3	57,1	48,8

Чистая продуктивность фотосинтеза напрямую связана с накоплением сухого вещества и величиной фотосинтетического потенциала, который в свою очередь определяется величиной ассимиляционной листовой поверхности. Средние значения ЧПФ по годам были наибольшими для обоих сортов в условиях оптимального увлажнения 2011 года и имели минимальные значения в засушливом 2010 году (таблица 4). При этом более резкое падение продуктивности фотосинтеза наблюдалось у более позднеспелой Линии 180, а более раннеспелый сорт Красивая Меча успевал накопить вегетативную массу за счет осадков первой половины вегетационного периода.

Таблица 4

Изменение ЧПФ в зависимости от инокуляции штаммами ризобий
(грамм / м² в сутки)

Варианты	Красивая Меча				Линия-180			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее
Контроль	2,41	1,66	2,88	2,32	2,99	1,52	2,68	2,4
N ₆₀	2,44	2,09	3,07	2,53	2,39	1,76	2,91	2,35
Штамм 634	2,51	3,08	2,77	2,79	2,16	1,61	2,80	2,19
Штамм 626	2,65	2,15	2,69	2,50	2,05	1,80	2,66	2,17
Штамм 645	2,24	2,57	2,78	2,53	2,29	2,29	2,40	2,33
Штамм 634+N ₆₀	2,45	2,14	2,49	2,50	2,38	1,92	2,72	2,29
Среднее	2,45	2,28	2,78	2,50	2,38	1,81	2,69	2,29

При оценке урожая за годы проведения опытов необходимо отметить сильную вариативность в зависимости от метеорологических условий, и в первую очередь от количества и характера распределения осадков в течении вегетационного периода, а также от уровня обеспеченности азотом. Необходимым условием для получения высоких урожаев сои является вы-

падение за вегетационный период не менее 300 мм осадков [9]. Среднемноголетнее количество осадков за наиболее вероятный вегетационный период сои составляет для Орловской области около 290 мм. В 2009 году количество осадков за вегетационный период составило около 70 %, а в 2010 году – 47 % от среднемноголетнего уровня. И только условия 2011 года по количеству осадков соответствовали оптимальному уровню, что и позволило сформировать наибольший урожай. Урожайность сои варьировала за годы оценки от 12,6 до 29,7 центнера семян с гектара у Красивой Мечи и от 16,1 до 35,9 центнеров у линии – 180.

Таблица 5

Влияние инокуляции на урожай сои, (ц/га)

Варианты	Красивая Меча				Линия 180			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее
Контроль	16,2	11,9	27,5	18,5	23,2	14,1	34,4	23,9
N ₆₀	17,2	12,3	30,5	20,0	25,0	16,4	37,4	26,3
Штамм 634	17,0	13,3	30,6	20,3	23,8	17,1	36,9	25,9
Штамм 626	16,9	12,6	28,9	19,5	24,0	15,2	34,0	24,4
Штамм 645	16,8	12,6	31,4	20,3	24,1	17,4	36,1	25,9
Штамм 634+N ₆₀	16,8	13,2	29,2	19,7	24,0	16,6	36,6	25,7
Среднее по сорту	16,8	12,6	29,7	19,7	24,0	16,1	35,9	25,3

В среднем за три года как инокуляция активными штаммами, так и внесение минерального азота повысили урожай семян по сравнению с контролем без инокуляции. Существенные различия между вариантами с инокуляцией штаммами и внесением азота отсутствовали. Отмечена тенденция повышения урожая на сорте Красивая Меча при инокуляции штаммами 634 и 645 и на Линии 180 при внесении минерального азота в дозе 60 кг д.в. и при инокуляции штаммами 634 и 645.

При анализе экономической эффективности мы использовали вариант с наиболее часто применяемым штаммом 634. Анализ экономической эффективности возделывания различных сортов сои (таблица 6) показывает, что рентабельность возделывания среднеранней линии Л-180, характеризующейся более высоким уровнем продуктивности, значительно выше, чем скороспелого сорта Красивая Меча (соответственно 288 и 200 % в среднем по сорту).

Таблица 6

Экономическая эффективность использования инокуляции и внесения минерального азота при возделывании сои (в среднем за 2009-2011 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Себестоимость зерна, руб/ц	Прибыль руб/га	Уровень рентабельности, %
Красивая меча						
Контроль	18,5	29600	9547	516	20053	210
N ₆₀	20,0	32000	11230	561	20770	185
Штамм 634	20,3	32480	9847	485	22630	230
Штамм 634+N ₆₀	19,7	31520	11530	585	19990	173
Л-180						
Контроль	23,9	38240	9547	399	28693	300
N ₆₀	26,3	42080	11230	427	30850	275
Штамм 634	25,9	41440	9847	380	31593	321
Штамм 634+N ₆₀	25,7	41120	11530	449	29590	257

Максимальная прибыль – 31593 руб/га при уровне рентабельности 321 % получена в варианте с инокуляцией штаммом 634. Применение минеральных удобрений повышает себестоимость зерна. При этом рентабельность снижается на Красивой Мече с 230 % при инокуляции до 185 % при внесении минерального азота, а на Линии – 180, соответственно, с 321 % до 275 %.

Таким образом, возделывание более позднеспелых и более продуктивных сортов, успевающих созреть к первой или второй декаде сентября, позволяет значительно повысить эффективность возделывания сои в нашем регионе.

Литература

1. Синеговская В.Т. Итоги и перспективы научных исследований по сое// Итоги исследования по сое за годы реформирования и направления НИР 2005-2012 гг. – Краснодар: ГНУ ВНИИМК – 2004. – С.16-23.
2. Медведев А.М. Доклад председателя совета селекционеров в области растениеводства // Информационный бюллетень №9-10. 2006. – С.24-36.
3. Ващенко А.П. Соя на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 435 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // Москва. 1985. – 351с.
5. Синеговская В.Т. Посевы сои в Приамурье, как фотосинтезирующие системы.- Благовещенск, 2005. – 100с.
6. Степанова В.М. Агроклиматическая оценка условий возделывания сои на территории СССР // Научные труды. – Орел, 1972. – Т.4. – С.5-13.
7. Беликов И.Ф. Биологические особенности сои // Соя в Приморском крае. – Владивосток, 4, 1965. – С.50-78.
8. Ефимова Г.П., Щелевой Г.К., Ющенко Б.И. Влияние условий экологических зон на фотосинтетическую активность сортов сои // Проблемы возделывания сои на Дальнем Востоке России. – Благовещенск, 1999. – 85-90.
9. Кашеваров Н.И., Солошенко В.А., Васякин Н.И., Лях А.А. Соя в Западной Сибири // РАСХН. Сиб. отд-ние. СИБНИИ кормов.- Новосибирск: Юпитер, 2004. – 256 с.

RESPONSIVENESS EVALUATION TO INOCULATION OF PERSPECTIVE LINES OF SOYA

A.G. Vasilchikov

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In the article results of investigation on studying of influence of inoculation and mineral nitrogen application on symbiotic activity and seed production of various varieties of soya are presented. Researches were made in VNIIZBK in 2009-2011. Symbiotic and productive ability of soya variety Krasivaja Mecha and perspective line L-180 were studied. Most high yield - 25,3 c/hectare (average for 3 years) was generated by line L-180. Various reactions of varieties at yield formation on allocation of rainfalls during growing season is noted.*

Keywords: soya, varieties, inoculation, symbiotic nitrogen fixation.