

## СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И РЕЖИМА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Б. Х. ЖЕРУКОВ, Б. М. КНЯЗЕВ

(Кафедра растениеводства Калужского филиала ТСХА)

**Полевые опыты с соей сорта Пламя, проведенные в Кабардино-Балкарском агрометеорологическом институте в 1986—1988 гг. на среднесуглинистом выщелоченном черноземе, показали, что в предгорной зоне Северного Кавказа обработка семян сои препаратом ризобий обязательна. Инокуляция семян, улучшение минерального питания путем внесения фосфорных удобрений, применение бора и молибдена увеличивают массу клубеньков, общий и активный симбиотический потенциал на 35—50 %. При этом соя фиксирует до 124 кг азота воздуха на 1 га.**

Для получения достаточно высоких урожаев семян сои за счет биологического азота необходимо знать динамику формирования и активность симбиотического аппарата, а также особенности фотосинтетической деятельности посевов в конкретных экологических условиях. Эти вопросы изучали на Дальнем Востоке [1], в Нечерноземье [2] и других регионах страны. Однако в условиях Северного Кавказа подобные исследования не проводили. В связи с этим целью нашей работы было изучить азотфиксирующую активность сои сорта Пламя в условиях предгорной зоны Северного Кавказа в зависимости от режима минерального питания и инокуляции.

### Методика

Опыты проводили с соей сорта Пламя в 1986—1988 гг. на учебно-опытном поле Кабардино-Балкарского агрометеорологического института. Почва — среднесуглинистый выщелоченный чернозем с нейтральной реакцией среды ( $pH_{e,0.1}$  6,5), содержание гумуса — 3—4 %, легкогидролизуемого азота по Тюрину — 15, подвижного  $P_2O_5$  и обменного калия по Мачгину — соответственно 10,0 и 35,0 мг на 100 г почвы.

Эффективность инокуляции, фосфорно-борных удобрений и обработки семян молибденом изучали по следующей схеме: 1 — контроль; 2 — инокуляция семян (и. с.); 3 —

и. с. + Р-фон; 4 — фон + Мо; 5 — фон + В. Повторность опыта — 4-кратная, площадь деланки — 25 м<sup>2</sup>. Агротехника — общепринятая. Семена перед посевом инокулировали ризобиями штамма 634. Метеорологические условия вегетационных периодов были сходными и в основном благоприятными для возделывания сои.

### Результаты

Обработка семян нитрагином приводит к появлению большого количества клубеньков на корнях сои. В вариантах без инокуляции клубеньки образуются не всегда. Например, в контроле в 1987 г. клубеньки отсутствовали, а в 1986 и 1988 гг. они формировались за счет спонтанных клубеньковых бактерий почвы. Процент растений с клубеньками, или нодуляция [3], является важным показателем, характеризующим условия симбиоза. В вариантах с инокуляцией все растения были нодулированы, что свидетельствует о специфичности и достаточной вирулентности заводского штамма. У контрольных растений нодуляция была значительно меньше.

Условия симбиотической деятельности посевов сои определяют продолжительность общего и активного симбиоза. Чем лучше условия, тем меньше различия между продолжительностью активного и общего симбиоза (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Продолжительность общего и активного симбиоза (дни)

Вариант	Общий симбиоз	Активный симбиоз
<i>1986 г.</i>		
1— контроль	110	101
2— и. с.	110	101
3— и. с. + Р—фон	110	101
4— фон + Мо	110	101
5— фон + В	109	104
<i>1987 г.</i>		
1— контроль	0	0
2— и. с.	123	115
3— и. с. + Р—фон	123	115
4— фон + Мо	123	115
5— фон + В	125	120
<i>1988 г.</i>		
1— контроль	110	97
2— и. с.	110	97
3— и. с. + Р—фон	110	97
4— фон + Мо	111	100
5— фон + В	112	100

Продолжительность общего симбиоза по годам практически не различалась и составляла 110—125 дней. Наибольшая продолжительность общего и активного симбиоза наблюдалась в 1987 г.; в 1986 и 1988 гг. эти показатели были практически одинаковыми. По вариантам опыта они также отличались незначительно.

Максимальная масса клубеньков формировалась к фазе полного налива семян и лишь в 1986 г. несколько раньше (табл. 2). Минимальной она была в контроле в 1986 и 1988 гг.; в 1987 г. в этом варианте клубеньки совсем не образовались.

Инокуляция существенно повышала массу клубеньков. В свою очередь, улучшение фосфорного питания обеспечило увеличение массы активных клубеньков на 11—18 % по сравнению со 2-м вариантом, а обработка семян молибденом — на 12—40 % по сравнению с 3-м вариантом в разные периоды онтогенеза и в разные годы. Внесение бора повысило массу клубеньков только в 1987 г.

До начала налива семян все клубеньки на корнях сои были активными. С фазы полного налива семян, а в 1988 г. — с начала созревания часть клубеньков утрачивала леггемоглобин и переходила в разряд неактивных.

Симбиотический потенциал, который наиболее полно отражает величину симбиотического аппарата за вегетацию, определяется как произведение массы клубеньков на продолжительность их жизни. Общий симбиотический потенциал (ОСП) характеризует массу всех клубеньков, а активный (АСП) — массу клубеньков с леггемоглобином, фиксирующих азот. В среднем за 3 года наибольший АСП (7700 ед.) сформировался в 4-м варианте, а наименьший (3002 ед.) — в контроле (табл. 3). Инокуляция семян, улучшение фосфорного питания и применение бора и молибдена существенно увеличили симбиотический потенциал сои.

Количество фиксированного азота воздуха за отдельные периоды онтогенеза и в целом за вегетацию мы определяли разработанным нами методом по величине АСП и удельной активности симбиоза (УАС). Последняя представляет собой количество азота воздуха в граммах, фиксированного 1 кг клубеньков в сутки.

В 1988 г. в 3-м варианте за период цветения — образование бобов на 1 га растения усвоили на 9 кг азота больше, чем в контроле (табл. 4). По-видимому, это обусловлено увеличением АСП в этом варианте на 370 единиц. Следовательно, 1 кг сырых клубеньков в сутки фиксировал 24,3 г азота — 9000 г: 370 ед. Аналогично рассчитывали УАС за каждый межфазный период и вегетацию в целом по вариантам опыта и по годам.

Как видно из таблицы, за один и тот же межфазный период в разных вариантах опыта УАС существенно различается. Вероятно, это объясняется условиями минерального питания, которые связаны с содержанием леггемоглобина в клубеньках, а следовательно, и с активностью симбиоза. Разница в величине УАС может быть также обусловлена в какой-то степени и погрешностями анализов: точностью определения сухой массы на 1 га, химического анализа растительных образцов, другими учетами.

Во избежание завышения или занижения количества фиксированного азота воздуха расчет этого показателя вели в каждом варианте по собственной величине УАС.

Количество фиксированного из воз-

Таблица 2

Динамика сырой массы клубеньков (кг/га) при различных условиях выращивания

Вариант опыта	Фаза развития сои					
	1-й тройчатый лист	Бутонизация	Цветение	Образование бобов	Полный налив семян	Начало созревания
<i>1986 г.</i>						
1	26	28	35	73	$\frac{67}{68}$	$\frac{0}{46}$
2	34	36	47	81	$\frac{79}{82}$	$\frac{17}{49}$
3	51	51	62	96	$\frac{89}{95}$	$\frac{22}{51}$
4	66	67	76	117	$\frac{113}{120}$	$\frac{18}{55}$
5	49	50	56	95	$\frac{86}{89}$	$\frac{19}{50}$
<i>1987 г.</i>						
1	0	0	0	0	0	0
2	27	26	33	38	$\frac{94}{94}$	$\frac{26}{35}$
3	35	28	36	55	$\frac{104}{104}$	$\frac{21}{34}$
4	33	47	41	63	$\frac{121}{121}$	$\frac{39}{46}$
5	35	51	48	68	$\frac{123}{133}$	$\frac{35}{53}$
<i>1988 г.</i>						
1	22	26	28	30	52	$\frac{41}{45}$
2	23	32	35	37	51	$\frac{36}{49}$
3	21	47	49	54	68	$\frac{34}{50}$
4	32	50	50	52	75	$\frac{40}{50}$
5	36	49	47	47	79	$\frac{35}{49}$

Примечание. В числителе — активные клубеньки, в знаменателе — общая масса клубеньков.

духа азота в каждом варианте, равное произведению УАС на АСП, представлено в табл. 5.

Улучшение минерального питания способствовало активизации симбиоза. В 1987 г. наибольшее количество азота воздуха (80 кг/га) было усвоено в 5-м варианте, наименьшее — (35 кг/га) во 2-м, а в 1988 г. соответственно в 4-м (124 кг/га) и 2-м (87 кг/га) вариантах.

При близких показателях АСП количество фиксированного азота воздуха в 1988 г. в опытных вариантах

было в среднем на 50 % выше, чем в 1987 г. В 1988 г. у контрольных растений образовались клубеньки за счет спонтанных клубеньковых бактерий почвы, в результате чего соя усвоила из воздуха 81 кг азота на 1 га.

Урожайность семян сои определяется обеспеченностью растений азотом. Поэтому представляют теоретический и практический интерес сведения о том, из каких источников снабжаются семена азотом, какое его количество поступает непосредственно

Симбиотический потенциал сои (кг·дн/га)

Вариант опыта	1986 г.	1987 г.	1988 г.	В среднем за 1986—1988 гг.
1	5279	0	3728	3002
	6510	0	3945	3485
	6690	5504	4019	5404
2	7703	6415	4203	6107
	8219	6378	5063	6553
3	9252	6874	5297	7141
	10094	7468	5539	7700
4	11414	7932	5698	8848
	7832	7861	5432	7042
5	8884	8781	5633	7766

Примечание. В числителе—АСП, в знаменателе—ОСП.

из почвы, воздуха и какая часть реутилизируется из вегетативных органов, а также какое влияние на этот процесс оказывают инокуляция, использование фосфорно-борных удобрений и молибдена.

Анализ поступления азота в растения, его распределения по органам и перераспределения мы проводили в 1987 г.

К фазе цветения контрольные растения сои накопили 46 кг азота на 1 га, из них 30 кг, или 65 %, было сосредоточено в листьях (табл. 6). За следующие 22 дн. растения поглотили еще 97 кг азота, из которых 58 кг поступило в листья, 18— в стебли, 2— в корни и 19— в генеративные органы. В течение после-

дующих 33 дн. шло интенсивное накопление азота в семенах. За этот период в них поступило 79 кг азота, в то время как листья потеряли 50 кг.

При улучшении условий минерального питания и влагообеспеченности (фон+В) потребление азота посевами сои шло более интенсивно в течение всей вегетации. От начала цветения до образования бобов (за 22 дн.) в растения поступило 112 кг азота, в том числе 15 кг из воздуха. При этом в бобах аккумуляровано лишь 22 кг/га. За последующие 33 дн. до фазы полного налива семян в растения поступило еще 78 кг азота, в том числе 48 кг из воздуха. Весь поступивший извне азот направлялся

Таблица 4

Расчет УАС по АСП и потреблению азота растениями в разные периоды онтогенеза (1988 г.)

Варианты опыта	Цветение—образование бобов			Образование бобов полный налив бобов			В целом за вегетацию		
	АСП, кг·дн/га	Потреблено за период, кг	УАС, г/кг·сут	АСП, кг·дн/га	Потреблено за период, кг	УАС, г/кг·сут	АСП, кг·дн/га	Потреблено за период, кг	УАС, г/кг·сут
1	497	75	—	1196	137	—	1693	212	—
2	616	76	—	1286	144	—	1902	220	—
3	867	84	24,3	1754	148	19,7	2621	232	21,6
4	872	80	13,3	1843	156	29,4	2715	236	23,4
5	800	82	23,1	1818	151	22,5	2618	233	22,7
В среднем			20,2			24,2			22,5

Т а б л и ц а 5

Количество фиксированного азота воздуха (кг/га), рассчитанное по величинам УАС и АСП за вегетацию

Вариант опыта	АСП, кг. дн/га	УАС, г/кг.сут	Фиксированный азот, кг/га
1987 г.			
1	0	0	0
2	4189	8,4	35
3	5067	12,1	61
4	5678	10,6	60
5	6120	13,1	80
1988 г.			
1	3723	21,6	81
2	4018	21,6	87
3	4859	21,6	105
4	5302	23,4	124
5	5221	22,7	118

в семена, что, однако, не удовлетворило потребность генеративных органов сои в азоте, в связи с чем в этот период наблюдалась активная реутилизация азота вегетативных органов генеративными. Из листьев в семена поступило 45 кг азота, из стеблей — 15 кг/га. В дальнейшем до конца вегетации пополнение семян азотом происходило в основном за счет реутилизации из вегетативных органов.

Наиболее активно азот поступает в семена в период до начала образования бобов до полного налива семян. Причем интенсивность этого процесса зависела от условий активной

симбиотической азотфиксации. В контрольном варианте, где клубеньки не образовались и питание растением азотом происходило только за счет естественного плодородия почвы, интенсивность поступления азота составила 2,4 кг/га.сут. При улучшений условий симбиоза этот показатель возрастал и в 5-м варианте при оптимальных условиях минерального питания достигал 4,2 кг/га.сут, что почти в 2 раза больше, чем в контроле.

### Выводы

1. В условиях предгорной зоны Северного Кавказа обработка семян сои препаратом ризобий, несмотря на то что в почве встречаются спонтанные бактерии ризобиум, обязательна.
2. Инокуляция семян, улучшение минерального питания путем внесения фосфорных удобрений, применение бора и молибдена увеличивают массу клубеньков, общий и активный симбиотический потенциал на 35—50%.
3. Количество фиксированного азота следует рассчитывать по собственной УАС каждого варианта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева В. Т. Урожайность и белковая продуктивность сои в зависимости от активности симбиоза при известковании и применении минеральных удобрений в условиях Приамурья. — Канд. дис. М.,

Т а б л и ц а 6

Поступление и распределение азота в зависимости от условий симбиоза

Вариант опыта	Период онтогенеза	Количество поступившего азота, кг/га								Интенсивность поступления азота в 1 семя, кг/га. дн.
		всего	в листья	в стебли	в корни	в репродуктивный орган				
						всего	из вегетативных органов	из почвы	из воздуха	
1	1*	97	58	18	2	19	0	19	0	0,9
	2	30	—50	1	0	79	49	30	0	2,4
5	1	112	57	30	3	22	0	7	15	1,0
	2	78	—45	—15	1	137	59	30	48	4,2

\* 1 — цветение — образование бобов — 22 дня, 2 — образование бобов — полный налив семян — 33 дня.

1985, с. 83—88. — 2. Посыпанов Г. С., Князева Л. Д. Бобово-ризобиальный симбиоз в контролируемых и полевых условиях при разной обеспеченности растений минеральным азотом. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 1, с. 33—42. — 3. Посыпанов Г. С. Кормовые зернобобовые культуры. — М.: Знание, 1979, с. 44—52. — 4. Посыпанов Г. С. Методические аспекты изучения сим-

биотического аппарата бобовых культур в полевых условиях. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 5, с. 17—26. — 5. Посыпанов Г. С., Князев Б. М., Жеруков Б. Х. Симбиотическая активность сои в зависимости от уровня влагообеспеченности и штамма. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 5, с. 45—50.

*Статья поступила 29 июня 1989 г.*

### SUMMARY

Field experiments with "Plamya" variety of soya conducted in Kabardino-Balkarsk Aggroreclamation Institute in 1986—1988 on medium loam leached chernozem have shown that in foothills on North Caucasus soya seed should be treated with rhizobium preparation. Inoculation of seed, improvement of mineral nutrition by using phosphoric fertilizers, boron and molybdenum increase nodule weight, total and active symbiotic potential by 35—50 %, soya fixing up to 124 kg of air nitrogen per 1 ha.