

УДК 633.34:631.461.5

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ФУНГИЦИДАМИ И ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН НА ПОКАЗАТЕЛИ СИМБИОТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВОВ СОИ

**Г. С. ПОСЫПАНОВ, Л. А. БУХАНОВА, В. Ф. ФЕДОРОВ**  
(Кафедра растениеводства)

Изучалось влияние инокуляции и приемов обработки семян сои пестицидами на показатели симбиотической деятельности посевов.

Изучаемые приемы обработки семян фундазолом и ТМТД не оказывали отрицательного влияния на формирование симбиотического аппарата. Установлено, что активность нитрогеназы в значительной степени зависит от массы клубеньков и содержания в них леггемоглобина (множественный коэффициент корреляции 0,71—0,90). Отмечена определенная закономерная связь между этими показателями. С увеличением массы клубеньков и концентрации леггемоглобина увеличивается количество фиксированного азота воздуха.

Получение высоких урожаев бобовых культур без затрат азотных удобрений связано с необходимостью применения инокуляции семян перед посевом [8, 12—14, 17]. В Нечерноземной зоне нередко наблюдается возврат холодов после посева зерновых бобовых культур. Снижение температуры почвы ниже оптимального уровня приводит к значительному удлинению периода прорастания, что на фоне высокой влажности, в свою очередь, приводит к увеличению поражаемости семян и проростков патогенной микрофлорой. Для предотвращения этого применяют обработку семян пестицидами. Вопрос о действии пестицидов на клубеньковые бактерии и их азотфиксирующую способность при совместном применении нитрагина и протравителей еще до конца не выяснен.

При изучении процессов симбиотической фиксации азота необходимо найти такие критерии, которые суммировали бы влияние всех факторов среды в каждом конкретном случае и были бы индикатором активности симбиоза. Об эффективности симбиоза можно судить по морфологическим признакам: массе клубеньков и их окраске, которая зависит от присутствия в них леггемоглобина (Лб) [1, 3, 4, 5], об активности фиксации азота в течение вегетационного периода — по данным о динамике содержания Лб в клубеньках [2, 11, 15, 16, 18]. Ацетиленовый метод количественного определения азотфиксации связан с применением сложного оборудования

В данной работе сделана попытка использовать массу клубеньков, концентрацию в них Лб, окраску клубеньков в качестве критериев активности нитрогеназы и симбиотической азотфиксации в полевых условиях.

### Методика

Опыты проводили с соей Северная 5 в 1983—1985 гг. в Лаборатории растениеводства Тимирязевской академии на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах. Содержание подвижного фосфора 17—40, обменного калия — 10—45 мг на 100 г, гумуса — 1,6—2,0 %, рН<sub>сод</sub> 5,7—6,4.

Схема опыта следующая. Вариант 1 — протравливание с увлажнением (ПУ — контроль); 2 — протравливание с увлажнением + инокуляция семян (ПУ+ин); 3 — протравливание с использованием полимерной пленки+инокуляция семян (ПП+ин).

Инокуляцию семян проводили в день посева в 1983 г. нитрагином (штамм 646а), а в 1984—1985 гг. — ризоторфином (штамм 634). Семена протравливали за 10—14

дней до посева. В качестве протравителя в 1983 г. использовали ТМТД (3 кг/т), а в 1984—1985 гг. — фундазол (2,5 кг/т семян). Для покрытия полимерной пленкой на 1 т семян использовали 11 л (16,5 кг) хлороформа и 0,5 кг полистирола. Опыт закладывали методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности. Учетная площадь делянки 50 м<sup>2</sup>.

Метеорологические условия в годы исследований были неблагоприятными для развития сои: 1983 г. — засушливый, 1984 и 1985 гг. — прохладные и пасмурные, с большим количеством осадков.

Активность нитрогеназы определяли ацетиленовым методом [7, 10]. Анализ газовых проб проводили на хроматографе Хром-4.

Растения выкапывали на глубину пахот- после чего определяли содержание в них ного слоя, корни отмывали от почвы и Лб [9]. Растительные образцы подвергали учитывали количество и массу клубеньков, биометрическому анализу.

## Результаты

Образование клубеньков у сои отмечалось к фазе появления первого тройчатого листа. Продолжительность периода от посева до начала появления клубеньков составляла по годам опытов от 25 до 29 дней и в определенной степени зависела от температуры и влажности почвы в начале вегетации (табл. 1).

В благоприятные по влагообеспеченности годы клубеньки образовывались и в контрольном варианте (без инокуляции). Однако появлялись они на 7—30 дней позже, чем в вариантах с инокуляцией. В засушливом 1983 г. в контрольном варианте клубеньки отсутствовали на протяжении всей вегетации. Обработка семян пестицидами не оказывала влияния на время появления клубеньков.

Началом фиксации азота клубеньками считается появление в них Лб. В опытных вариантах он обнаруживался через 3 дня после формирования клубеньков, а в контроле — почти одновременно с их образованием.

На продолжительность симбиоза существенное влияние оказывали метеорологические условия. Так, в засушливом 1983 г. активные клубеньки на корнях сои сохранялись до уборки. Во влажные 1984—1985 гг. сильно затянулся период вегетации сои, в результате на 38—40 дней увеличилась общая продолжительность симбиоза. В такие годы переход леггемоглобина в холеглобин наступает за 2—3 недели до уборки.

Более полную характеристику симбиотического аппарата дает масса клубеньков. Причем для верной оценки азотфиксирующей возможности симбиотического аппарата очень важно подразделять общую массу клубеньков на активную и неактивную.

Величина симбиотического аппарата в значительной мере зависела от метеорологических условий и варианта обработки (табл. 2). Наибольшая масса клубеньков формировалась при достаточной влагообеспеченности в 1984—1985 гг. В засушливом 1983 г. этот показатель был в 2—2,2 раза ниже. В варианте без инокуляции клубеньков образовывалось очень мало в связи с тем, что соя на этих полях возделывалась впервые. Инокуляция семян способствовала значительному увеличению массы и количества клубеньков. Пестициды не оказывали действия на эти показатели.

Известно, что масса клубеньков зависит от фазы развития растений, а также условий выращивания и может оставаться постоянной не более 7—10 дней. Кривая изменения массы клубеньков в течение вегетации имеет синусоидальный характер. В наших исследованиях масса активных клубеньков достигала максимума в период образования бобов — налив семян. Поскольку величину активного симбиотического аппарата отражает лишь масса клубеньков с Лб, представляло интерес проследить, как изменяется содержание Лб в клубеньках сои в зависимости от приема обработки и фазы развития растений.

Т а б л и ц а 1  
Формирование симбиотического аппарата сои (дней), 1983—1985 гг.

Вариант	1983 г.	1984 г.	1985 г.
Образование клубеньков (от посева)			
ПУ (контроль)	—	56	35
ПУ+ин	25	29	27
ПП+ин	25	29	27
Появление Лб (после образования клубеньков)			
ПУ (контроль)	—	1	1
ПУ+ин	3	3	3
ПП+ин	3	3	3
Общая продолжительность симбиоза			
ПУ (контроль)	—	84	117
ПУ+ин	99	139	137
ПП+ин	99	139	137
Продолжительность активного симбиоза			
ПУ (контроль)	—	74	110
ПУ+ин	96	116	122
ПП+ин	96	116	122

Таблица 2

Динамика накопления сырой массы клубеньков в онтогенезе, (кг/га) в 1983—1985 гг. (числитель — всего, знаменатель — активных)

Фаза развития	ПУ (конт- роль)	ПУ + ин	ПП + ин
1983 г.			
Первый тройчатый лист	0	2/1	2/2
Бутонизация	0	24/23	26/25
Цветение	0	63/63	34/34
Образование бобов	0	144/144	173/173
Налив семян	0	360/343	288/280
Полная спелость	0	194/7	157/6
1984 г.			
Первый тройчатый лист	0	9/6	8/4
Бутонизация	0	152/152	131/131
Цветение	0	240/240	222/222
Образование бобов	4/4	348/346	574/574
Налив семян	16/16	708/579	737/519
Полная спелость	0	1/0	0
1985 г.			
Первый тройчатый лист	1/0	9/8	13/11
Бутонизация	27/27	248/245	255/255
Цветение	32/32	502/502	538/538
Образование бобов	44/44	630/626	672/659
Налив семян	45/19	302/23	340/20
Полная спелость	1/0	5/0	1/0

Таблица 3

Динамика содержания леггемоглобина в клубеньках сои в онтогенезе (мг/г сырых клубеньков), 1983—1985 гг.

Фаза развития	ПУ (конт- роль)	ПУ + ин	ПП + ин
1983 г.			
Бутонизация	—	3,40	2,69
Цветение	—	1,07	0,71
Образование бобов	—	1,87	2,37
Налив семян	—	2,78	2,50
1984 г.			
Бутонизация	—	1,37	1,73
Цветение	—	2,52	2,71
Образование бобов	—	2,50	2,32
Налив семян	—	2,52	2,45
1985 г.			
Бутонизация	2,27	3,30	3,32
Цветение	2,56	3,40	4,03
Образование бобов	3,10	3,41	3,33
Налив семян	—	1,86	1,83

В наших опытах содержание Лб в клубеньках в разные годы было неодинаковым (табл. 3). Наибольшая концентрация Лб отмечалась в 1985 г. В благоприятные по влажности годы максимального значения этот показатель достигал к фазе цветения (2,5—4,0 мг/г сырых клубеньков), в течение некоторого времени (в отдельные годы до фазы полного налива семян) удерживался на этом высоком уровне, а затем резко снижался. В засушливом 1983 г. концентрация Лб в клубеньках сои была максимальной в фазу бутонизации, а при переходе к цветению снизилась до 0,7—1,1 мг/г сырых клубеньков. В фазу налива семян данный показатель вновь достигал максимального значения и был выше, чем в фазу цветения, в 2,5—3,5 раза. Таким образом, в засушливом году отмечено два максимума содержания Лб. Аналогичные результаты были получены другими исследователями [9]. Колебания в содержании Лб в течение вегетации вызывались как неблагоприятными условиями среды (понижение влажности почвы и резкие перепады температуры), так и онтогенетическими особенностями растений и самих клубеньковых бактерий.

Приемы обработки семян пестицидами оказывали неодинаковое влияние на концентрацию красного пигмента в клубеньках сои. В 1983 г. в первую половину вегетации содержание Лб оказалось выше в варианте с обычным способом протравливания. Впоследствии концентрация пигмента по вариантам выравнивалась. В благоприятные по влажности 1984—1985 гг. преимущество по этому показателю было у варианта с полимерной пленкой. По нашим наблюдениям, использование фундазола в полимерной пленке сырой и прохладной весной в 1984 и 1985 гг. обеспечивало более надежную защиту семян и проростков от патогенной микрофлоры и вместе с тем не угнетало клубеньковые бактерии. Все это в конечном счете способствовало активизации фотосинтетической и симбиотической деятельности посевов, в частности увеличи-

Активность нитрогеназы сои (г К<sub>2</sub> на 1 га в час)  
в течение вегетации, 1983—1985 гг.

Фаза развития	1983 г.			1984 г.			1985 г.		
	ПУ (конт-роль)	ПУ+ин	ПП+ин	ПУ (конт-роль)	ПУ+ин	ПП+ин	ПУ (конт-роль)	ПУ+ин	ПП+ин
Первый тройчатый лист	—	—	—	1	2	1	1	8	15
Бутонизация	6	7	4	7	50	25	4	52	80
Цветение	2	31	14	9	80	61	14	123	114
Образование бобов	—	—	—	9	131	94	8	103	90
Налив семян	1	41	37	3	89	81	0	2	8

чению концентрации Лб в клубеньках. В засушливом 1983 г. при использовании ТМТД в полимерной пленке потери и степень разложения пестицида были меньше, чем при обычном способе протравливания. Высокая концентрация ТМТД приводила к угнетению симбиоза.

Инокуляция не только значительно увеличивала массу клубеньков, но и повышала в них концентрацию Лб.

Наиболее важным показателем симбиотической деятельности посевов является активность нитрогеназы. В годы исследований максимумы нитрогеназной активности приходились на разные фазы развития растений. Этот показатель изменялся в зависимости от условий выращивания (табл. 4). Наибольшим он был во влажные 1984—1985 гг., когда симбиотический аппарат был хорошо развит. В засушливом 1983 г. активность нитрогеназы была невысокой.

Большое положительное влияние на активность симбиоза во все годы исследований оказывала инокуляция. Так, в 1984 г. наибольшие ее значения наблюдались в вариантах с инокуляцией — 94—131 г N<sub>2</sub> на 1 га в час; в вариантах без инокуляции этот показатель составлял лишь 9—22 г.

Различные приемы обработки семян пестицидами оказывали неодинаковое влияние на активность нитрогеназы. В 1983—1984 гг. на протяжении всей вегетации она была значительно выше в контроле (причем в отдельные фазы развития растений — более чем в 2 раза), а в 1985 г. в начале вегетации — выше в варианте с полимерной пленкой.

Таблица 5

Активность нитрогеназы (мг M<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>•ч), масса клубеньков (г/м<sup>2</sup>) и содержание в них леггемоглобина (мг/м<sup>2</sup>), 1983—1985 гг.

Показатель	1983 г.			1984 г.			1985 г.			
	ПУ (конт-роль)	ПУч-ин	ПП+ин	ПУ (конт-роль)	ПУ+ин	ПП+ин	ПУ (конт-роль)	ПУ+ин	ПП+ин	
Бутонизация										
Фиксировано азота	—	1,2	0,6	0,7	—	2,3	0,9	—	4,5	5,7
Масса клубеньков	—	4	4	—	7	5	—	19	18	
Содержание Лб	—	14	11	—	9	7	—	63	60	
Цветение										
Фиксировано азота	0,2	1,7	1,1	0,9	7,5	7,6	1,4	9,7	6,9	
Масса клубеньков	0	4	3	0	22	28	3	40	33	
Содержание Лб	—	4	2	—	56	74	8	135	131	
Образование бобов										
Фиксировано азота	—	—	—	0,9	16,5	4,1	0,8	15,2	7,5	
Масса клубеньков	—	—	—	0,4	44	24	3	92	55	
Содержание Лб	—	—	—	—	110	58	11	317	196	
Налив семян										
Фиксировано азота	0,1	2,6	2,1	0,3	9,4	9,3	0	0,2	1,1	
Масса клубеньков	0	21	15	2	60	60	2	2	2	
Содержание Лб	—	64	41	—	154	145	—	56	86	

Изучение динамики содержания Лб и активности фиксации азота в течение вегетационных периодов 1983—1985 гг. показало, что время достижения максимальных значений азотфиксирующей активности и содержания Лб у клубеньков сои не всегда точно совпадает (табл. 5). Аналогичные результаты получены другими исследователями [9]. Вместе с тем следует отметить, что данные о динамике содержания Лб в клубеньках сои в течение вегетации в известной мере отражают ход кривой азотфиксирующей активности и могут использоваться в качестве косвенного показателя активности нитрогеназы.

Результаты опытов показывают большую зависимость активности нитрогеназы от массы клубеньков и содержания в них Лб. Так, в засушливом 1983 г. в фазу налива семян максимумы азотфиксации, значений массы клубеньков и содержания Лб совпадали во времени.

В 1984—1985 гг., более благоприятные для развития сои, в фазу бутонизации в вариантах с инокуляцией минимальным значениям массы клубеньков и содержания Лб соответствовало минимальное количество фиксированного азота. В период цветения — образование бобов все три показателя увеличивались: масса клубеньков — от 5—19 до 24—92 г/м<sup>2</sup>, концентрация Лб — от 7—60 до 58—317 мг/м<sup>2</sup> и количество фиксированного азота — от 0,9—5,7 до 4—16,5 мг N<sub>2</sub> на 1 м<sup>2</sup> в час.

Корреляционный анализ показал высокую зависимость активности нитрогеназы от массы клубеньков и содержания Лб. Множественный коэффициент корреляции  $R$  в годы исследований изменялся в пределах 0,71—0,90, т. е. 50—80% колебаний активности нитрогеназы вызывалось колебаниями массы клубеньков и содержания в них леггемоглобина. Наибольшей эта зависимость была в засушливом 1983 г., когда отмечалось слабое развитие симбиотического аппарата.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о возможности контролировать процесс фиксации азота в течение вегетации. Крупные розовые или красные клубеньки указывают на активную азотфиксацию и хорошую обеспеченность растений азотом. Если масса клубеньков мала или они бурого или зеленого цвета (без Лб), то в наиболее ответственный период — налив семян растения будут испытывать азотное голодание.

## Выводы

1. Протравливание семян сои пестицидами с использованием полимерной пленки не приводит к изменению массы клубеньков, однако в некоторые периоды вегетации снижает азотфиксирующую активность по сравнению с ее уровнем при обычном протравливании.

2. Активность нитрогеназы в значительной степени зависит от массы клубеньков и содержания в них леггемоглобина ( $R=0,71—0,90$ ). С увеличением массы клубеньков и содержания Лб увеличивается количество фиксированного азота воздуха. Следовательно, критерием активности симбиоза для полевых визуальных наблюдений может служить окраска клубеньков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жизневская Г. Я. Леггемоглобин в клубеньках бобовых растений. — Изв. АН СССР, 1976, № 3, с. 386. — 2. Матус В. К., Мелик-Саркисян С. С., Кремович В. Л. Характеристика цитохромного состава бактериоидов люпина в процессе развития растений. — Механизм биолог. фиксации молекулярного азота. Черногоровка, 1973, с. 64—68. — 3. Мелик-Саркисян С. С., Райхинштейн М. В., Владзиевская Л. П. и др. — Физиология растений, 1976, т. 23, вып. 2, с. 274—278. — 4. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. — М.: Наука, 1968. — 5. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. — М.: Наука, 1973. — 6. Посыпанов Г. С. Белковая продуктивность бобовых культур при симбиотрофном и автотрофном типах питания азотом. — Автореф. докт. дис. Л.; 1983. — 7. Посыпанов Г. С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 5, с. 17—26. — 8. Симеонов Г., Лазаров А. Эффективность на нитрагина при соята. — Зе-

- мед., 1972, № 4, с. 21—23. — **9.** Троицкая Г. Н., Кудрявцева Н. Н., Ильясова В. Б. и др. Особенности азотфиксирующих систем клубеньков различных видов бобовых растений. — Физиология растений, 1979, т. 26, вып. 2, с. 294—301. — **10.** Умаров М. М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях. — Почвоведение, 1976, № 11, с. 119—123. — **11.** Чернядьева И. Ф., Мелик-Саркисян С. С., Кретович В. Л. Взаимосвязь Викоэзима с биосинтезом леггемоглобина. — Механизм биологической фиксации молекулярного азота. Черноголовка, 1973, с. 69—72. — **12.** Abu-Shakra S. — Intern. Agric. Publ. Ontsoy Ser, 1975, N 6, p. 48—54. — **13.** Buquet R. — Cultivar, 1979, N 123, p. 18—19. — **14.** Dubetz S., Rennie R. — Alberta Res. Stat. Lethbridge, 1981, p. 34—35. — **15.** Hardy R. W., Burns R. C. et al. Plant a. soil spec. — 1971, p. 561—590. — **16.** Johnson H. S., Hume D. J. — Can. J. Microbiol. — 1973, vol. 19, p. 1165. — **17.** Lujngqren H., Martensson A. Swedish J. Agr. Research 1984, vol. 14, N 4, p. 177—181. — **18.** Schiffman I., Lob el R. Plant a. soil, 1970, vol. 39, p. 329. — **19.** Virtanen A. J. — Nature, 1945, vol. 155, p. 747.

*Статья поступила 22 августа 1986 г.*