

СИМБИОТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙ КОРМОВЫХ БОБОВ ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ

П. П. ВАВИЛОВ, Г. С. ПОСЫПАНОВ, И. К. БАРАНОВ

(Кафедра растениеводства)

Эффективность бобоворизобиального симбиоза в первую очередь зависит от условий выращивания культуры, в частности от обеспеченности минеральными формами азота [2, 3, 4], причем у разных культур в различной степени. Влияние азотных удобрений на симбиотическую деятельность кормовых бобов в полевых условиях практически не изучено. Проведенные исследования касаются преимущественно вопросов агротехники и потребления элементов питания [1, 6].

В связи с этим нами была поставлена задача изучить влияние обеспеченности минеральным азотом кормовых бобов на формирование и активность симбиотического аппарата, фотосинтетическую деятельность посевов и урожай.

Методика исследований

Полевые опыты проводились на Опытной станции полеводства и льноводства Тимирязевской академии в 1976—1977 гг. с кормовыми бобами сорта *Херц Фред*. Почва опытного участка мощнодерновая среднеподзолистая, по механическому составу средний суглинок; содержание гумуса — 2,1%, легкогидролизуемого азота — 6 мг, подвижного P_2O_5 — 45, обменного K_2O — 8 мг на 100 г почвы; рН_{KCl} до известкования — 5,7, после известкования — 6,7. Равновесная плотность почвы — 1,4 г/см³.

Схема опыта и ее обоснование следующие. Вариант 1 — контроль (внесение РК и бора, инокуляция — фон). Здесь были созданы оптимальные условия для формирования

симбиотического аппарата (кроме теплового и водного режимов почвы, зависящих от метеорологических условий года). Вариант рассчитан на питание азотом за счет естественного плодородия почвы и усвоения этого элемента из воздуха. Варианты 2 и 3 — соответственно $N_{1/3}$ и $N_{2/3}$, в которых обеспечивается смешанное питание растений азотом почвы, воздуха и минеральных удобрений, причем разные дозы азота позволяют судить о степени подавления симбиоза азотными удобрениями. Вариант 4 — N_1 рассчитан на автотрофное питание азотом. Известно, что при внесении высоких доз азотных удобрений у большинства зернобобовых культур симбиоз подавляется практически

полностью. В варианте 5 — N₁ др. азотные удобрения вносили дробно в 4 приема с фазы цветения до налива бобов. Предполагалось, что до цветения растения активно используют азот воздуха, а в период формирования и налива бобов дополнительное минеральное азотное питание будет способствовать формированию большего урожая семян лучшего качества.

Дозы удобрений рассчитывали по максимальному потреблению элементов питания урожаем семян 25 ц/га с учетом плодородия почвы и коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений первой культурой. Полная норма азота (N₁) составляла 205—305, K₂O — 60—93 кг д. в. на 1 га. Фосфором почва обеспечена. Под предпосевную культивацию на всей площади опыта вносили бор из расчета 1 кг д. в. на гектар. Все семена перед посевом были обработаны активным штаммом клубеньковых бактерий — 359 А. Калийные удобрения вносили под зябь, азотные в вариантах 2, 3 и 4 — под предпосевную культивацию. В варианте 5 азотные удобрения вносили путем опрыскивания.

Опыты закладывали методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности. Площадь учетной делянки 50 м². Посев широкорядный (на 45 см), норма — 0,4 млн. всхожих семян на 1 га.

Метеорологические условия в годы опытов были следующими. В 1976 г., холодном и влажном, средняя температура воздуха за май — август была на 1,7° ниже, а количество осадков на 176 мм выше средних многолетних; 1977 год был сравнительно теплым и влажным, количество осадков на 51 мм, а температура воздуха на 0,9° превышала средние многолетние. Влажность почвы в слое 0—5 см в 1976 г. колебалась в пределах 61—87% ППВ, в слое 0—25 см — 61—88% ППВ; в 1977 г. в фазу всходов и образования клубеньков влажность верхнего слоя почвы была 90%, в слое 0—25 см в фазу цветения и налива бобов — 80—94% ППВ.

Для биометрического анализа брали по 40 растений в каждом варианте через 10 дней с фазы всходов до конца вегетации. Кроме того, вели систематические наблюдения за ходом формирования и активностью симбиотического аппарата. Корни выкапывали на глубину пахотного горизонта, освобождали от почвы сухой разборкой с последующим отмыванием на ситах диаметром 0,5—1 мм.

Определяли размещение клубеньков по корневой системе, их количество, массу, содержание леггемоглобина. Рассчитывали массу клубеньков на гектаре (активных и всего), общий и активный симбиотический потенциал.

Результаты и обсуждение

У кормовых бобов симбиотический аппарат формируется довольно рано. В 1976 г. клубеньки начали образовываться на 5-й, а в 1977 г. на 8-й день после всходов. При благоприятной влажности они формировались на растениях всех вариантов. Количество клубеньков увеличивалось до фазы цветения, затем началось их отмирание (табл. 1). В более благоприятном по влажности 1977 г. сформировалось больше клубеньков, чем в 1976 г.

Азотные удобрения подавляли образование клубеньков тем больше, чем выше была доза азота. Особенно резко снижалось количество активных клубеньков. С фазы трех листьев и до цветения в вариантах с 2/3 и полной нормой азота активных клубеньков было в 2 раза меньше, чем на делянках без азотных удобрений.

В период образования нижних бобов влажность пахотного горизонта упала до 42% ППВ, что вызвало частичное отмирание клубеньков. В последующий период в результате выпадения дождей влажность почвы повысилась до 83% ППВ и в контроле количество клубеньков увеличилось в 1,6 раза, а в варианте N₁ они продолжали отмирать.

В варианте 5, где растения опрыскивали азотными удобрениями с фазы цветения, количество клубеньков до опрыскивания было таким же, как в контроле. После опрыскивания (особенно в условиях недостатка влаги) клубеньки начали интенсивно отмирать и их количество уменьшилось почти в 4 раза. При дальнейшем повышении влажности почвы образовались новые клубеньки, но их было меньше, чем в контроле.

Количество клубеньков не в полной мере характеризует активность симбиоза, лучшими ее индикаторами являются масса клубеньков и содержание в них леггемоглобина. В наших опытах изменение массы клубеньков в течение вегетации и по вариантам прямо коррелировало с изменением их количества. Однако на массу клубеньков азотные удобрения оказывали более сильное отрицательное влияние, чем на их число. Так,

Количество клубеньков на 1 растение кормовых бобов

Фаза развития	1976 г.		1977 г.				
	контроль	N _{2/3}	контроль	N _{1/3}	N _{2/3}	N ₄	N ₄ цв.
2 листа	12	5	9	8	10	9	12
	2	0	1	0	0	0	1
3 листа	25	22	29	20	17	17	25
	24	16	23	17	13	14	19
Бутонизация	121	149	111	74	58	48	76
	119	141	111	63	48	41	76
Цветение	175	166	232	208	137	119	230
	175	160	232	208	137	119	230
Образование нижних бобов	171	181	129	171	128	115	63
	171	181	129	171	128	115	63
Образование средних бобов	292	245	200	144	141	59	154
	0	0	200	144	141	59	154
Созревание нижних бобов	159	115	58	79	68	16	81
	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Здесь и в табл. 2 в числителе — всего, в знаменателе — активных.

в 1977 г. в фазу цветения в варианте N₁ было вдвое меньше клубеньков, в 4,5 раза меньше их масса, чем в контроле, в фазу образования средних бобов — соответственно в 3,3 и 5,8 раза (табл. 2). Наибольшей масса клубеньков была в фазу начала образования бобов. В 1976 г. она увеличивалась до фазы образования средних бобов, но клубеньки имели серозеленую окраску.

Розовый или красный цвет клубеньков обуславливается наличием и концентрацией красного пигмента — леггемоглобина, являющегося индикатором активности симбиоза. В 1977 г. в период образования нижних бобов, когда влажность почвы снизилась до 42% ППВ, наблюдался интенсивный переход леггемоглобина в холеглобин, происходило позеленение клубеньков. В дальнейшем с повышением влажности почвы образовались новые клубеньки со значительным содержанием леггемоглобина, кроме того, он вновь появился в старых клубеньках. Это еще раз подтверждает наш вывод о том, что леггемоглобин является отличным индикатором условий бобоворизобиального симбиоза, по его наличию и концентрации можно судить о том, благоприятны или не благоприятны для симбиоза параметры факторов среды.

В фазу налива верхних бобов, когда все вновь синтезированные углеводы направляются в репродуктивные органы и поступление их в клубеньки прекращается, происходит превращение леггемоглобина в холеглобин, что свидетельствует об окончании фиксации азота воздуха, хотя общая масса клубеньков еще остается достаточно большой.

Большая часть (до 90% по массе) клубеньков на корнях кормовых бобов размещается в слое почвы 1—6 см и в радиусе 2—5 см от главного корня.

Наибольшей масса клубеньков на 1 га в 1976 г. была в фазу образования бобов среднего яруса, причем в контроле она превышала 1,5 т. В 1977 г. наибольшая масса клубеньков отмечена в фазу образования нижних бобов, но в этом году она была в 2 раза меньше, чем в 1976 г. (табл. 2).

Более полное представление об активности симбиоза можно составить по величине общего и активного симбиотического потенциала, кото-

Масса клубеньков кормовых бобов по фазам развития

Фаза развития	1976 г.		1977 г.				
	контроль	N _{2/3}	контроль	N _{1/3}	N _{2/3}	N ₁	N _x др.
На 1 растение, мг							
2 листа	20	10	35	32	20	37	47
	5	0	9	1	2	1	7
3 листа	64	52	154	128	86	61	198
	58	42	147	120	76	57	184
Бутонизация	1449	932	868	152	327	250	557
	1389	912	868	152	255	220	557
Цветение	1578	1387	3387	1480	1255	720	2195
	1578	1327	3387	1480	1255	720	2195
Образование	1799	2123	2610	2175	1575	1165	2076
нижних бобов	1799	2123	2610	2175	1575	1165	2076
Образование	5695	4764	3251	1889	1609	570	1628
средних бобов	0	0	3225	1860	1608	570	1628
Побурение	4158	4764	1735	124	1179	524	1955
нижних бобов	0	0	0	0	0	0	0
На 1 га, кг							
2 листа	6	3	10	9	5	5	14
	2	0	3	1	0	0	2
3 листа	17	14	43	34	23	18	61
	16	11	41	32	20	16	57
Бутонизация	390	256	243	41	88	72	173
	382	251	243	41	68	64	173
Цветение	469	381	948	400	339	209	680
	433	365	948	400	339	209	680
Образование	495	584	730	587	425	338	643
нижних бобов	495	584	730	587	425	338	643
Образование	1566	1310	910	510	434	165	505
средних бобов	0	0	910	510	434	165	505
Побурение	1143	563	485	335	318	152	606
нижних бобов	0	0	0	0	0	0	0
ОСП, кг·дн./га	47569	38164	39106	21111	18069	10876	29575
АСП	15910	14513	35471	18723	15639	8555	25467

Примечание. ОСП — общий симбиотический потенциал, АСП — активный.

рый является функцией массы клубеньков и продолжительности их «работы» [5]. Из табл. 2 видно, что наибольшим ОСП был в 1976 г. в контроле — 47,6 тыс. кг·дн./га, в 1977 г. в этом же варианте он оказался на 8 тыс. единиц меньше. Азотные удобрения, внесенные до посева, снижают ОСП тем больше, чем выше доза азота. Активный симбиотический потенциал в оба года во всех вариантах опыта был значительно ниже общего симбиотического. Так, в 1976 г. в контроле АСП был в 3 раза меньше ОСП. В 1977 г. при допосевном внесении полной нормы азота АСП снизился в 4 раза, а при дробном внесении той же дозы в виде некорневой подкормки — только на 28%.

Тип азотного питания оказал существенное влияние на фотосинтетическую деятельность посевов (табл. 3).

В 1976 г. в варианте N_{2/3} площадь листьев увеличилась на 16 тыс. м² и ФСП — на 400 тыс. единиц. В 1977 г. ФСП во всех вариантах был при-

Фотосинтетическая деятельность кормовых бобов

Показатели	1976 г.			1977 г.			
	контроль	N _{2/3}	контроль	N _{1/3}	N _{2/3}	N ₁	N ₁ др.
Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	39	55	44	46	45	66	52
Максимальное накопление сухого вещества, ц/га	67	76	71	70	64	60	71
ФСП, тыс. м ² ·дн. га	1550	1977	1854	1749	1674	1771	1850
ЧПФ, г/м ² ·сут	4,3	3,8	3,8	4,0	3,8	3,4	3,8

Таблица 4

Структура урожая кормовых бобов

Показатели	1976 г.		1977 г.				
	контроль	N _{2/3}	контроль	N _{1/3}	N _{2/3}	N ₁	N ₁ др.
Высота растений, см	128	126	119	110	121	111	121
Количество на 1 растение:							
бобов	13,3	10,9	10,3	9,9	10,1	8,7	8,7
семян	41,7	38,8	26,4	23,5	25,1	22,3	23,7
Масса семян на 1 растение, г	14,2	13,8	9,8	8,3	9,1	8,7	8,3
Масса 1000 семян, г	332	358	346	344	345	345	339
Биологический урожай, ц/га:							
семян	39,8	38,1	22,7	17,3	21,5	21,4	21,7
соломы	57	55	65	51	66	56	62

Примечание. НСР₀₅ для урожая семян в 1977 г. — 5,1 ц/га.

мерно одинаковым, а накопление сухого вещества в вариантах N_{2/3}, N₁ и N₁ др. — на 7—1 ц меньше, чем в контроле. Чистая продуктивность фотосинтеза была практически одинаковой во всех вариантах опыта.

Показатели структуры урожая (табл. 4) почти не зависели от уровня минерального азотного питания и типа преимущественного питания азотом. Высота растений во всех вариантах в один и тот же год опытов была практически одинаковой. Несущественно различались по вариантам и другие показатели структуры. Лишь в 1976 г. в варианте N_{2/3} бобов и семян на 1 растение было несколько меньше, чем в контроле. Различия в биологическом урожае семян по вариантам находились в пределах наименьшей существенной разности.

Поделяночный урожай сухих семян по вариантам опытов также был одинаковым (табл. 5). В 1976 г. в контроле он составил 31 ц/га, а в варианте N_{2/3} был на 4 ц меньше (разница в пределах НСР₀₅). В 1977 г. наибольший урожай также получен в контрольном варианте. На делянках с азотом в период уборки было больше зеленых бобов, которые трудно вымолачивались, и урожай сухих семян оказался несколько меньше, хотя различия также находились в пределах НСР₀₅.

Таблица 5
Урожай семян кормовых бобов (ц/га)

Год	Контроль	N _{1/3}	N _{2/3}	N ₁	N ₁ др.	НСР ₀₅
1976	31	—	27	—	—	6
1977	19,1	16,4	17,9	18,3	16,2	3,6

Заключение

При благоприятных условиях симбиоза — рН 6,7, достаточной обеспеченности макро- и микроэлементами, инокуляции и оптимальной влажности почвы урожайность кормовых бобов в условиях Московской области может достигать 31 ц зерна на 1 га без внесения азотных удобрений в основном за счет симбиотрофного азотного питания. При этом общий симбиотический потенциал составляет 39—48 тыс. кг·дн/га, а активный симбиотический потенциал — 35 тыс. единиц.

Азотные удобрения в любых дозах ингибируют симбиоз, снижают симбиотическую деятельность посевов, причем тем сильнее, чем выше доза азота. Однако в наших опытах полного подавления симбиоза не отмечалось даже при внесении азота в дозе 305 кг/га.

При внесении азотных удобрений кормовые бобы переходят на автотрофное питание азотом, но урожай семян не повышается.

Таким образом, при благоприятных условиях симбиоза внесение азотных удобрений в любых дозах (до 305 кг/га) под кормовые бобы нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маругина М. П. Урожай и азотфиксирующая способность кормовых бобов в зависимости от условий питания. — Автореф. канд. дис. М., 1966. — 2. Посыпанов Г. С. Роль азота в использовании доступных питательных веществ из почвы и удобрений бобовыми культурами. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 6, с. 31—38. — 3. Посыпанов Г. С. О применении стартовых доз азотных удобрений под бобовые культуры. — Агрохимия, 1974, № 1, с. 17—23. — 4. Посыпанов Г. С., Князева Л. Д. Влияние минерального азота на потребление питательных веществ горохом. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 2, с. 16—28. — 5. Посыпанов Г. С., Князева Л. Д. К методике определения количества симбиотически фиксированного азота воздуха. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 6, с. 41—46. — 6. Шатилов И. С. Динамика потребления элементов минерального питания кормовыми бобами и продуктивность фотосинтеза различных сроков сева. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 6, с. 55—70.

Статья поступила 19 марта 1979 г.

SUMMARY

It has been shown that under favorable conditions of symbiosis (pH 6,7, sufficient amount of macro- and micronutrient fertilizers, inoculation and optimal soil moisture) the yield of fodder beans in Moscow region may be 31 twt of seed per 1 ha mainly at symbiotropheous type of nitrogen nutrition. When nitrogenous fertilizers are applied at different rates (up to 305 kg/ha), plants pass to some extent to autotrophic type of nitrogen nutrition, the yield of seed not becoming higher.