

УДК 633.31'32'35'367'37:631.461.5

## ВИДОВАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ В УСВОЕНИИ АТМОСФЕРНОГО АЗОТА

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Л. А. БУХАНОВА, У. А. ДЕЛАЕВ, Б. А. ЧЕРНОВ,  
В. И. ЧЕРНОВА

(Кафедра растениеводства)

Многолетние бобовые травы являются более активными азотфиксаторами, чем зерновые бобовые. При благоприятных условиях для симбиоза за вегетацию они могут усвоить 300—400 и даже 600 кг азота воздуха на 1 га, а зерновые бобовые — 150—200, максимум — 300 кг. Потенциальная азотфиксирующая активность у различных культур неодинакова. Например, у клевера гибридного и донника она ниже, чем у клевера лугового и люцерны [3]. В то же время культуры, обладающие меньшей потенциальной азотфиксирующей активностью, нередко усваивают азота воздуха больше, чем культуры с большей активностью. Обусловлено это видовой специфичностью требований к условиям среды [1, 4].

Чтобы прогнозировать степень обеспеченности растений биологически фиксированным азотом в конкретных условиях и управлять ей, необходимо знать, как влияют отдельные факторы среды на активность азотфиксации.

В качестве критерия активности симбиотической азотфиксации той или иной культуры в полевых условиях часто используют количество и массу клубеньков [3, 6]. Однако в некоторых случаях эти показатели не отражают объективно количество азота воздуха, фиксированного растениями [5]. Активность азотфиксирующего ферментного комплекса нитрогеназы определяется в основном массой клубеньков с леггемоглобином (Лб), так как клубеньки без Лб не фиксируют азот. Наибольшая масса активных клубеньков (с Лб) отмечается при полном соответствии параметров всех факторов среды требованиям биологии культуры. В стрессовых условиях в первую очередь снижается масса активных клубеньков, общая масса клубеньков изменяется медленнее и менее значительно [4]. Следовательно, отдельные факторы среды в большей степени влияют на концентрацию Лб в клубеньках, чем на их общую массу. В связи с этим представляет теоретический и практический интерес изучить особенности изменения массы клубеньков у отдельных видов бобовых трав, концентрации в них Лб, активности нитрогеназы в течение вегетации под влиянием метеорологических и почвенно-климатических условий, выявить наличие связи между активностью азотфиксации, массой клубеньков и содержанием в них Лб.

### Условия и методика

Полевые опыты проводили на опытной станции полеводства и льноводства Тимирязевской академии в 1981—1984 гг. с многолетними бобовыми травами — люцерной Северной гибридной 69, лядвенцом рогатым Московским 25, клевером луговым ВИК-7, клевером ползучим Гомельским, люпином многолетним сорта Белорусский 1, донниками белым и желтым, эспарцетом посевным. Все культуры выращивались в одинаковых условиях. Площадь делянки 30 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная, размещение культур в блоке рендомизированное. Исследования проводили на посевах 2-го и 3-го годов жизни. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая,

рН<sub>с<sub>о.л</sub></sub> 5,8, содержание гумуса по Тюрину 2%, легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой — 5,0 мг, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> по Кирсанову — 17, К<sub>2</sub>О по Масловой и Чернышевой — 12 мг на 100 г.

Активность нитрогеназы определяли ацетиленовым методом, предложенным в 1967 г. Р. Харди [8]. Анализ газа проводили на газовом хроматографе ХРОМ-42.

После оценки нитрогеназной активности растения выкапывали на глубину пахотного слоя, корни отмывали от почвы, учитывали количество и массу клубеньков, затем устанавливали содержание леггемоглобина в них на колонках с окисью алюминия.

Влияние азотных удобрений на содержание Лб в клубеньках люцерны сорта Северная гибридная 69 изучали в экспериментальном хозяйстве Государственной сельскохозяйственной опытной станции Коми АССР в 1974—1977 гг. Опыт на хорошо окультуренной почве заложен в 1974 г. Почва опытного участка подзолистая среднесуглинистая,  $pH_{\text{сол}}$  6,3—6,8, содержание гумуса 2,5 %, легкогидролизуемого азота — 5 мг, подвижного фосфора — 37, доступного калия — 16—30 мг на 100 г. Опыт на слабоокультуренной подзолистой почве заложен в 1975 г. на вновь освоенном участке из-под леса,  $pH_{\text{сол}}$  4,5—5,2, содержание гумуса 1 %, легкогидролизуемого азота — 3,0—5,0 мг, подвижного фосфора — 13—15, доступного ка-

лия — 8—15 мг на 100 г почвы. Опыты были заложены методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности. Учетная площадь делянок 25—100 м<sup>2</sup>. Нормы азотных удобрений были рассчитаны на полную обеспеченность растений азотом. Полные нормы азота составили 300 (хорошо окультуренная почва) и 330 (слабоокультуренная) кг/га. Азотные удобрения вносили равными частями весной и после каждого укоса (кроме последнего).

1977 год отличался недостаточным количеством осадков и низкой влажностью почвы при повышенных температурах воздуха. В остальные годы влажность почвы была оптимальной, а температуры воздуха — близкими к средней многолетней для зоны.

## Результаты

В условиях 1984 г. различия в массе активных клубеньков (с Лб) у многолетних бобовых трав были очень значительными (табл. 1). У клевера ползучего масса клубеньков с Лб была в 7,6 раза, лядвенца рогатого — в 20, клевера лугового — в 27, люцерны — в 83 раза меньше, чем у люпина многолетнего. Эти различия обусловлены рядом причин.

Во-первых, неодинаковыми требованиями культур к кислотности почвы. По классификации [4] при  $pH_{\text{сол}}$  5,8 у люпина многолетнего, лядвенца рогатого и клевера гибридного потенциальная азотфиксирующая способность реализуется полностью, у клевера лугового — на 70—80 %, а у люцерны — только на 20—30 %. Иными словами, у первых трех культур при такой реакции почвенного раствора симбиоз не лимитируется, у клевера лугового он несколько угнетен, а у люцерны формирование симбиотического аппарата существенно подавляется.

Во-вторых, тем, что эти культуры неодинаково переносят недостаток влаги. Наибольший симбиотический аппарат все бобовые формируют при влажности почвы в диапазоне от 100 % ППВ до влажности разрыва капилляров [4]. В 1984 г. в период цветения влажность пахотного слоя почвы опускалась до 30 % ППВ, после I укоса прошли дожди и она поднялась до оптимума, а к фазе цветения перед II укосом вновь опустилась до 46 % ППВ. Недостаток влаги в пахотном слое легче перенес люпин многолетний, стержневой корень которого уходит на большую глубину и способен обеспечивать растение водой из глубоких горизонтов. Люцерна также обладает мощной стержневой корневой системой, но стержневой корень может проникать глубоко (до 15 м) лишь на карбонатных подпочвах. Так, на подзолистых почвах Коми АССР в наших исследованиях вся корневая система люцерны находилась в пахотном слое почвы. Корни доходили до подзолистого слоя, имеющего плотное сложение и сильноокислую реакцию, и расстились над ним

Т а б л и ц а 1

Масса активных клубеньков (М) и содержание Лб в клубеньках бобовых культур по фазам развития. 1984 г.

Культура	М, кг/га			Лб, мг/г сырых клубеньков		
	цветение	отрастание после I укоса	цветение	цветение	отрастание после I укоса	цветение
Люпин многолетний	2661	2327	1260	0,44	0,31	0,64
Клевер ползучий	350	314	384	2,11	0,68	1,57
Лядвенец рогатый	130	136	44	1,46	0,95	1,94
Клевер луговой	99	139	36	2,45	0,93	1,60
Люцерна гибридная	32	5	11	1,44	0,64	4,70

или, вопреки геотропизму, направлялись вверх в середину пахотного слоя. На дерново-подзолистых почвах центрального Нечерноземья материнская порода также имеет повышенные кислотность и плотность, поэтому корневая система кальциефильной люцерны не проникает глубоко.

В-третьих, у данных культур неодинаковые требования к обеспеченности фосфором. Люпин многолетний и клевер гибридный могут реализовать потенциальную продуктивность при содержании в пахотном слое почвы  $P_2O_5$  7—9 мг на 100 г, клевер луговой — 10—15 мг на 100 г, а для люцерны оно должно быть еще выше. Следовательно, содержание  $P_2O_5$  в наших опытах (17 мг на 100 г) было достаточным для всех изучаемых культур, кроме люцерны.

Таким образом, различия в массе активных клубеньков у бобовых растений, выращенных на одном и том же поле, обусловлены особенностями их биологии.

Следует отметить, что при благоприятных условиях симбиоза (оптимальной влажности почвы, достаточной обеспеченности макро- и микроэлементами, соответствующем уровне pH) в наших опытах в 1973 г. масса клубеньков на 1 га у люцерны достигала 900 кг, лядвенца рога-того — 500, клевера лугового в 1980 г. — 200 кг [2], у люпина многолетнего в 1973 г. — 3000 кг/га.

Масса активных клубеньков у многолетних трав, как правило, достигает максимума к фазе цветения до I укоса, если влажность почвы в это время оптимальна. После укоса часть клубеньков отмирает из-за ослабления притока углеводов в клубеньки и ко II укосу масса клубеньков вновь увеличивается [4].

При снижении влажности почвы перед I укосом до 30 % ППВ в 1984 г. масса клубеньков у всех культур была невелика. Повышение влажности почвы в период отрастания после I укоса предотвратило резкое снижение массы клубеньков, к фазе цветения перед II укосом у большинства культур она уменьшилась по сравнению с периодом послепослеукосного отрастания из-за низкой влажности почвы (53 % ППВ). При этом видовая специфичность культур была четко выражена во все периоды наблюдения.

Содержание Лб в клубеньках также существенно зависит от вида культуры, условий выращивания и фазы развития растений. В наших опытах наблюдалась обратная зависимость между массой клубеньков и содержанием в них Лб (табл. 1). Если масса клубеньков в фазу цветения у люпина многолетнего была больше, чем у клевера лугового и люцерны соответственно в 27 и 83 раза, то концентрация Лб в его клубеньках была меньше в 6 и 3 раза. После укоса масса активных клубеньков у большинства культур почти не изменилась, а содержание леггемоглобина в них снизилось в 1,5—3 раза, несмотря на повышение влажности почвы. По-видимому, это обусловлено резким сокращением притока углеводов в клубеньки из-за удаления ассимиляционного аппарата, снижением энергетического обмена в корневой системе и обеспеченности кислородом.

С увеличением площади листьев растений к фазе цветения перед II укосом обеспеченность симбиотического аппарата энергетическими материалами повысилась и соответственно увеличилась концентрация Лб в 1,5—7 раз. Таким образом, изменение условий симбиоза оказывает большее влияние на содержание леггемоглобина в клубеньках, чем на массу активных клубеньков у всех изучаемых бобовых трав. Исключение составил люпин многолетний, характеризующийся самым низким содержанием Лб и мощной корневой системой, способной обеспечить функционирование небольшого количества Лб. При снижении массы его клубеньков перед II укосом в 2 раза содержание Лб повысилось в 2 раза.

В 1981 г. многолетние травы выращивали на зеленую массу и на семена с тем, чтобы выяснить влияние скашивания и формирование генеративных органов на содержание Лб. Опыты проводили на почвах

с  $r_{\text{НСол}}$  6,2, остальные показатели химического состава почвы такие же, как и в 1984 г. Влажность пахотного слоя почвы в мае — июне опускалась до 35 % ППВ, а в июле и августе — до 50 % ППВ, что существенно снизило массу активных клубеньков и содержание в них Лб.

В период цветения — образование бобов в 1981 г. и в фазы стеблевания и бутонизации в 1982 г. нарастание концентрации Лб в клубеньках у изучаемых бобовых трав шло так же, как и в 1984 г., причем уровень содержания Лб специфичен для каждого конкретного вида (табл. 2, 3). Например, у люпина многолетнего содержание Лб находилось в пределах 0,3—1,1 мг, у клевера лугового — 0,9—4,6, а у люцерны — 1,4—4,7 мг/г сырых клубеньков, лишь после I укоса содержание Лб существенно снизилось у всех культур.

В течение вегетации изменение концентрации Лб у бобовых культур было неодинаковым. У люпина многолетнего в 1981 и 1984 гг. к концу вегетации она несколько повышалась при снижении массы клубеньков и не зависела от типа использования — на зеленую массу или семена. У лядвенца рогатого и клевера ползучего в 1981 г. при удалении надземной массы содержание Лб снизилось в 2 раза, а у клевера лугового и люцерны — в 3—4 раза.

При одинаковой влажности почвы в течение вегетации у клевера лугового отмечена четкая тенденция к снижению содержания Лб к концу онтогенеза. В 1981 г. в фазу цветения оно составляло 4,60, в фазу налива бобов — 2,08 и в фазу полной спелости — 1,55 мг на 1 г сырых клубеньков. Следует отметить, что в фазу цветения этой культуры перед II укосом содержание Лб было в 1,8 раза ниже, чем в это же время у растений, выращиваемых на семена. У клевера ползучего в фазу полной спелости семян концентрация Лб была в 1,8 раза выше, чем в то же время у растений в фазу отрастания после II укоса.

В опытах, проведенных в Коми АССР, установлено, что азотные удобрения снижают не только массу клубеньков, но и концентрацию в

Таблица 2

Содержание Лб в клубеньках многолетних бобовых трав 2-го года жизни по фазам развития. 1981 г.

Культура	Фаза развития	Лб, мг/г сырых клубеньков
18/VI		
Люпин многолетний	Образование бобов	0,69
Донник белый	Цветение	0,88
Ляденец рогатый	Образование бобов	1,31
Эспарцет	» »	1,44
Донник желтый	Цветение	1,58
Клевер ползучий	»	2,00
Клевер гибридный	»	2,43
Клевер луговой	»	4,60
Люцерна гибридная	»	4,48
16/VII		
Люпин многолетний	4 пары листьев (после I укоса)	0,75
	Налив бобов	0,84
Донник белый	Стеблевание (после I укоса)	2,21
Ляденец рогатый	То же	0,59
	Полный налив семян	0,72
Клевер луговой	Стеблевание (после I укоса)	1,09
	Налив бобов	2,08
Люцерна гибридная	Стеблевание (после I укоса)	1,4
4/VIII		
Люпин многолетний	Отрастание (после II укоса)	1,15
Клевер ползучий	То же	1,15
Клевер луговой	Полная спелость семян	2,08
	Цветение (перед II укосом)	0,85
	Полная спелость семян	1,55

Содержание Лб в клубеньках бобовых трав по фазам развития. 1982 г.

Культура	Фаза развития	Лб, мг/г сырых клубеньков	
		без внесения N	внесение N
15/V			
Люпин многолетний	Весеннее отрастание	0,61	0,30
Ляденец рогатый	» »	2,10	0,64
Клевер ползучий	» »	1,77	1,03
Клевер луговой	» »	1,90	0
Люцерна гибридная	» »	2,80	0,88
4/VI			
Люпин многолетний	Стебление	0,64	1,11
Ляденец рогатый	»	3,95	2,27
Клевер ползучий	»	3,65	3,48
Клевер луговой	»	2,68	4,58
17/VI			
Люпин многолетний	Начало бутонизации	0,29	0,65
Ляденец рогатый	» »	0,79	0,70
Клевер ползучий	» »	1,07	—
Клевер луговой	» »	1,88	3,2
Люцерна гибридная	» »	2,11	6,52
22/VII			
Люпин многолетний	Отрастание (после укоса)	0,61	0,30
Ляденец рогатый	Начало бутонизации	0,85	0,64
Клевер ползучий	Цветение	2,71	2,18
Клевер луговой	Бутонизация	1,94	2,39

них Лб как на окультуренной, так и на слабоокультуренной почве (табл. 4). В 1976 г. в фазы весеннего отрастания, стеблевания и отрастания после укоса в варианте с минеральным азотом в клубеньках не было обнаружено Лб. В 1977 засушливом году в фазу бутонизации и во время отрастания после укоса в клубеньках Лб также отсутствовал.

На окультуренной почве содержание Лб и масса клубеньков были значительно выше, чем на слабоокультуренной. Лишь в 1975 г. на слабоокультуренной почве в варианте без азота масса клубеньков на растении была в 2,7 раза выше, чем на окультуренной. Однако содержание Лб в них было в 3 раза ниже. Аналогичная картина была отмечена и в варианте с азотными удобрениями. Повышенная концентрация Лб в клубеньках люцерны в отдельные периоды на окультуренной почве объясняется, по-видимому, лучшей обеспеченностью растений водой и элементами питания.

В 1982 г. мы изучали влияние весенней и поукосных подкормок азотными удобрениями (50N + 50N + 50N) на концентрацию Лб в клубеньках различных бобовых трав. Весеннюю подкормку проводили 28 апреля. Клубеньки на содержание Лб анализировали через 0,5, 1 и 1,5 мес после подкормки (табл. 3). В фазу отрастания, через 17 дней после подкормки, содержание Лб в клубеньках всех культур снизилось в 2—3 раза, а у клевера лугового Лб не был обнаружен. К фазе стеблевания, через 35 дней после подкормки, концентрация красного пигмента у люпина многолетнего и клевера лугового в варианте с азотными подкормками была выше, чем в контроле. К фазе бутонизации (через 50 дней после подкормки) у люпина многолетнего, клевера лугового и люцерны гибридной она была выше в 2—3 раза. По-видимому, это объясняется тем, что минеральный азот задерживает образование клубеньков. Угнетающее действие его тем сильнее, чем выше норма азота [1]. К периоду стебление — начало бутонизации небольшая норма

Содержание Лб (числитель, мг/г сырых клубеньков) и масса клубеньков (знаменатель, мг/растение) у люцерны. 1974—1977 гг.

Дата и фаза развития	Окультуренная почва		Слабоокulturенная почва	
	без внесе- ния N	внесение N	без внесе- ния N	внесение N
1-й год жизни, 1974 г.				
7/X, конец вегетации	$\frac{14,5}{66}$	$\frac{10,4}{72}$	$\frac{8,5}{91}$	$\frac{6,9}{70}$
2-й год жизни, 1975 г.				
13/V, весеннее отрастание	$\frac{11,7}{54}$	$\frac{2,5}{12}$	$\frac{0}{18}$	$\frac{0}{2}$
25/V, стебление	$\frac{23,7}{136}$	$\frac{7,4}{36}$	$\frac{13,7}{82}$	$\frac{9,8}{21}$
23/VI, бутонизация	$\frac{22,1}{108}$	$\frac{13,2}{22}$	$\frac{6,7}{273}$	$\frac{4,5}{152}$
23/VII, отрастание после укоса	$\frac{16,7}{32}$	$\frac{10,1}{12}$	$\frac{0}{64}$	$\frac{0}{33}$
3-й год жизни, 1976 г.				
28/V, отрастание	$\frac{12,4}{35}$	$\frac{0}{9}$	$\frac{1,9}{16}$	$\frac{0}{11}$
16/VI, стебление	$\frac{10,7}{132}$	$\frac{0}{18}$	$\frac{2,0}{81}$	$\frac{0}{14}$
21/VI, бутонизация	$\frac{7,0}{181}$	$\frac{1,3}{51}$	$\frac{2,2}{37}$	$\frac{0}{7}$
19/VII, отрастание после укоса	$\frac{4,9}{34}$	$\frac{0}{6}$		
4-й год жизни, 1977 г.				
26/V, отрастание	$\frac{3,4}{35}$	$\frac{0}{4}$		
10/VI, начало бутонизации	$\frac{0}{27}$	$\frac{0}{5}$		
6/VII, отрастание после укоса	$\frac{0}{17}$	$\frac{0}{2}$		

азота (50 кг/га) бывает исчерпана и начинают активно формироваться клубеньки. Хорошо развитая листовая поверхность в достатке обеспечивает небольшую массу клубеньков углеводами, и концентрация Лб в них резко возрастает. Особенно заметно это у клевера лугового и люцерны гибридной. При поукосной подкормке азотом люпина многолетнего концентрация Лб вновь снизилась в 2 раза.

В опытах с люцерной в 1974—1977 гг., когда норма азота на окультуренной почве составляла 109 кг, а на слабоокulturенной — 165 кг/га в одну подкормку, азотные удобрения угнетали симбиоз в течение всей вегетации, снижали не только массу клубеньков, но и содержание в них Лб, а в 1976 г. Лб в клубеньках при внесении азота практически отсутствовал.

В течение вегетации при благоприятных условиях симбиоза наименьшее содержание Лб бывает весной и в период послеукосного отрастания, наибольшее — в фазу цветения.

Самым важным показателем симбиотической деятельности посевов является активность нитрогеназы. Для сравнения бобовых культур по азотфиксирующей способности мы рассчитали массу клубеньков, леггемоглобина и фиксированного азота воздуха на единицу площади (табл. 5). В фазу цветения наименьшее количество азота воздуха фиксировала люцерна при минимальных массе клубеньков и содержании

Нитрогеназная активность бобовых культур в зависимости от массы клубеньков (М), количество леггемоглобина и фазы развития растений. 1984 г.

Культура	Цветение			Отрастание			Цветение		
	М, г/м <sup>2</sup>	Лб, мг/м <sup>2</sup>	мгN <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> .ч	М, г/м <sup>2</sup>	Лб, мг/м <sup>2</sup>	мгN <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> .ч	М, г/м <sup>2</sup>	Лб, мг/м <sup>2</sup>	мгN <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> .ч
Люцерна гибридная	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{1}$	Не опр.			$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{6}{2}$
Лядвенец рогатый	$\frac{11}{14}$	$\frac{16}{21}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{28}{34}$	$\frac{8}{18}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{2}{2}$
Клевер луговой	$\frac{8}{11}$	$\frac{20}{29}$	$\frac{14}{14}$	$\frac{14}{13}$	$\frac{13}{12}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{5}{10}$
Клевер ползучий	$\frac{29}{42}$	$\frac{61}{89}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{8}{19}$	$\frac{19}{24}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{28}{49}$	$\frac{44}{77}$	$\frac{8}{10}$
Люпин многолетний	$\frac{404}{128}$	$\frac{182}{58}$	$\frac{17}{3}$	$\frac{200}{266}$	$\frac{64}{85}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{97}{156}$	$\frac{62}{99}$	$\frac{13}{9}$

Примечание. В числителе 1-е, в знаменателе — 2-е повторения.

Лб. У лядвенца рогатого и клевера лугового масса клубеньков была близкой, но содержание Лб и активность нитрогеназы у клевера оказались несколько выше. У люпина многолетнего при максимальной массе клубеньков (404 г/м<sup>2</sup>) и наибольшей концентрации Лб активность нитрогеназы тоже была максимальной. У клевера ползучего масса клубеньков и количество Лб на единице площади были в 3—4 раза выше, чем у клевера лугового, а активность нитрогеназы — в 3—7 раз ниже. По-видимому, это объясняется видовой специфичностью симбионтов.

В период послеукосного отрастания активность нитрогеназы у клевера лугового и люпина многолетнего резко снизилась, у лядвенца рогатого она осталась на том же уровне, а у клевера ползучего понизилась при снижении массы клубеньков и концентрации Лб.

К фазе цветения перед II укосом у люцерны содержание Лб в клубеньках уменьшилось, а масса их осталась без изменения, азотфиксация тоже возросла. У клевера лугового и люпина многолетнего масса клубеньков на единицу площади снизилась по сравнению с периодом послеукосного отрастания, а симбиотическая азотфиксация существенно возросла, у лядвенца рогатого она осталась на том же уровне.

Данные табл. 5 свидетельствуют о ярко выраженной видовой специфичности симбиотической азотфиксации у бобовых трав. Наибольшей нитрогеназной активностью на слабокислых почвах (рН<sub>сол</sub> 5,8) при сравнительном дефиците влаги обладает люпин многолетний, имеющий мощную стержневую корневую систему, для которого данная рН — оптимальная. Для люцерны гибридной такая кислотность почвы является повышенной, поэтому величина симбиотического аппарата и его активность оказались минимальными. Клевер луговой и ползучий по этим показателям занимали среднее положение.

Расчет удельной активности азотфиксации показал, что при одинаковой концентрации Лб в клубеньках люпина многолетнего и донника белого активность нитрогеназы в расчете на 100 г клубеньков у последнего была в 4 раза выше, чем у первого (табл. 6). Это, по-видимому, объясняется тем, что у люпина масса клубеньков на растение в 17 раз больше, а удельная обеспеченность клубеньков углеводами — соответственно меньше. У люцерны гибридной в 1983 г. концентрация Лб и азотфиксирующая активность клубеньков были наибольшими. В 1984 г. самая высокая азотфиксирующая активность клубеньков отмечена у клевера лугового в фазу начала цветения. В период отрастания после

Удельная активность азотфиксации у разных видов многолетних бобовых трав по фазам развития. 1983—1984 гг.

Культура	Фаза	N, мг/ч		Лб, мг/100 г клубеньков	Клубеньки, г/100 растений
		на 100 мг клубеньков	на 100 мг Лб		
1983 г.					
Люпин многолетний	Цветение	1,0	1,2	43	376
Донник белый	Стеблевание	4,0	4,4	45	23
Клевер луговой	»	4,0	3,3	122	10
Люцерна гибридная	»	17,0	8,0	216	3
1984 г.					
Люпин многолетний	Цветение	4,0	9,0	44	600
	Отрастание	0,3	1,0	31	420
Лядвенец рогатый	Цветение	21,0	14,4	146	10
	Отрастание	8,0	8,4	95	15
Эспарцет песчаный	Отрастание	6,0	6,5	110	8
Клевер луговой	Начало цветения	147,0	60,0	245	6
	Отрастание	9,0	9,6	93	6
Клевер ползучий	Отрастание	6,0	9,0	68	4
Люцерна гибридная	Бутонизация	22	15,3	144	1

укоса содержание Лб снизилось в 2,5 раза (масса активных клубеньков осталась той же), а азотфиксирующая активность упала в 16 раз.

После удаления надземной массы у люпина многолетнего, клевера лугового, лядвенца рогатого резко снижается удельная азотфиксирующая активность Лб. При одинаковой концентрации Лб в клубеньках донника и люпина в 1983 г. удельная активность Лб выше у той культуры, у которой меньше масса клубеньков.

### Заключение

Масса активных клубеньков определяется видовой специфичностью культуры и условиями выращивания. Среди изучаемых бобовых трав наибольшей массой клубеньков отличается люпин многолетний. Кислотность почвы ниже оптимальной и недостаток влаги приводят к снижению этого показателя.

Содержание Лб также обуславливается биологией вида. Условия среды оказывают большее влияние на этот показатель, чем на массу клубеньков. При удалении надземной массы концентрация красного пигмента, как правило, резко падает, а масса клубеньков изменяется меньше.

Внесение азотных удобрений снижает массу клубеньков и концентрацию в них Лб и тем сильнее, чем выше их норма. При весенних подкормках азотом в небольших дозах к фазе бутонизации концентрация Лб восстанавливается и может быть даже значительно выше, чем в варианте без подкормок.

Удельная активность симбиоза в расчете на единицу массы клубеньков тем выше, чем больше концентрация Лб, а в расчете на единицу массы Лб тем выше, чем меньше масса клубеньков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Посыпанов Г. С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. —
2. Воронкова Т. В. Влияние азотных удобрений и влагообеспеченности на бобоворизобиальный симбиоз. — Автореф. канд. дис. М., 1983. —
3. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. —
4. Посыпанов Г. С. Белковая продуктивность бобовых культур при симбиотрофном и автотрофном типах питания азотом. — Автореф. докт. дис. Л., 1983. —
5. Посыпанов Г. С. и др. Формирование симбиотического аппарата люцерны в условиях Коми АССР. — Изв.



ТСХА, вып. 1, 1980, с. 32—36. — 6. Трещинях. — Почвоведение, 1976, № 11, с. 119—123. — 8. Харди Р., Боттомли Ф., Бернс Ф. Проблемы фиксации азота. М.: Мир, 1982.

Трещинях. — Почвоведение, 1976, № 11, с. 119—123. — 8. Харди Р., Боттомли Ф., Бернс Ф. Проблемы фиксации азота. М.: Мир, 1982.

*Статья поступила 12 мая 1985 г.*

#### SUMMARY

The experiment has been carried out on 9 species of perennial legume grasses. Mass of active nodules has been found to be determined by species and growing conditions. The highest nodules mass is formed in sun-dial lupine. Soil acidity lower than optimal and moisture deficiency result in the decrease in this index.

Leghemoglobin content in nodules is also determined by the biology of the species. Environmental conditions excersize more inflience on this index than on nodule mass. Upon removing the above-ground mass the concentration of the red pigment sharply decreases as a rule, and nodule mass changes to a less extent.

Nitrogen fertilizers reduce nodules mass and leghemoglobin concentration in them depending directly the rate of fertilization. Spring nitrogen dressings at low rates result in restoration of leghemoglobin concentration till the stage of budding. This concentration can even be higher than that without dressings.

Specific activity of symbiosis per unit of nodules mass increases with the concentration of leghemoglobin.