

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ
НА ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛЮЦЕРНЫ
В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ**

И. В. КОБОЗЕВ

(Кафедра луговодства)

Вопрос о целесообразности применения азотных удобрений под бобовые культуры и травосмеси с их преобладанием остается до сих пор дискуссионным [9, 11]. По нашему мнению, его следует решать конкретно в каждом случае в комплексе с вопросами повышения урожайности, качества продукции, экономической эффективности использования сельскохозяйственных угодий и улучшения экологических факторов местности. Вместе с тем это не исключает необходимости теоретического обобщения имеющихся результатов пока разрозненных исследований.

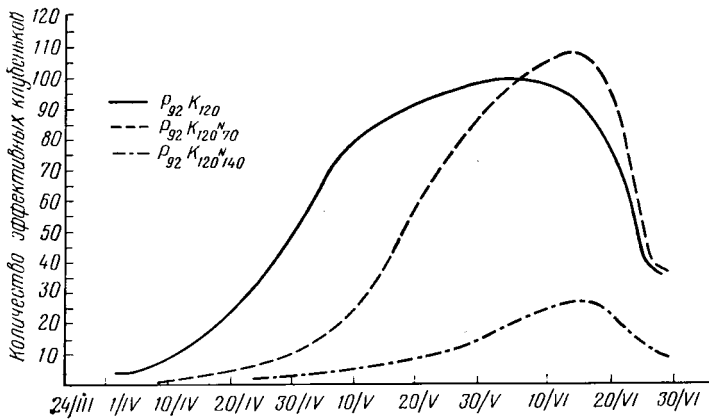
Нами проводилась работа по выявлению оптимального сочетания минеральных удобрений и орошения на люцерновых и люцерно-злаковых травостоях в условиях юга лесостепи УССР. Часть результатов этой работы уже опубликована [1, 3]. В этом сообщении приводятся данные о влиянии различных факторов на формирование клубеньков у люцерны как в чистых, так и смешанных посевах.

Условия, методика и схема опыта приведены в указанных выше статьях [1, 3].

Развитие клубеньков на корнях люцерны в чистых посевах

Методы определения истинной величины азотфиксации в полевых условиях пока очень трудоемки и несовершенны. Мы применяли метод подсчета количества клубеньков на корнях люцерны. Эффективными клубеньками считали те, которые содержали леггемоглобин, т. е. имели розоватый цвет.

Образование клубеньков на корнях люцерны — процесс сложный,



Изменение количества эффективных клубеньков на корнях люцерны (на 1 растение) в процессе ее развития в зависимости от доз минерального азота при влажности почвы 84—100 % ППВ. При внесении $P_{92}K_{120}N_{210}$ развитых клубеньков почти не образовалось.

зависящий от условий развития не только клубеньковых бактерий, но и растения-хозяина. О взаимосвязи роста люцерны и деятельности клубеньков говорит резкое уменьшение количества развитых клубеньков после скашивания надземной массы, а также при старении люцерны (рисунок), когда уменьшаются площадь ассимилирующего аппарата и его активность, утрачивается флоэмная часть проводящей системы, по которой происходит отток пластических веществ в корни к клубенькам. При сокращении снабжения клубеньковой ткани энергией в виде органических веществ она отмирает или хуже развивается. Этим же объясняется то, что на корнях растений, пораженных болезнями (бурой и желтой пятнистостью, аскохитозом и пероноспорозом) и особенно вредителями (листовыми долгоносиками), формирование клубеньков ухудшается (табл. 1, 2). Следует отметить, что в богарных условиях это проявляется сильнее, чем при орошении.

В нашем опыте количество клубеньков на корнях люцерны зависело от условий вегетационного периода. Летом развитых клубеньков

Таблица 1

Количество клубеньков на корнях растений, пораженных и не пораженных болезнями и вредителями к 1-му укосу

Годы исследований	Основной вид поражения				Непораженные	
	вредителями		болезнями		при орошении	без орошения
	при орошении	без орошения	при орошении	без орошения		
1974	70 58,6	54 37,0	84 59,5	68 38,2	90 62,2	76 39,5
1975	56 48,2	30 20,0	58 50,0	38 26,3	64 54,7	42 33,3
1976	—	—	79 50,6	72 45,8	81 58,0	78 48,7

Примечание. В числителе — общее количество клубеньков, в знаменателе — процент развитых. Данные по 10 пораженным и 10 непораженным растениям, отобраным на производственных посевах в начале бутонизации.

Количество клубеньков на корнях люцерны (шт. на 1 растение) в чистых посевах в зависимости от доз NPK и орошения

Удобрения	Без орошения						Орошение 85—100% ППВ					
	1973 г.		1974 г.		1975 г.		1973 г.		1974 г.		1975 г.	
	4/VI	28/VIII	6/VI	28/VIII	28/V	14/VIII	4/VI	28/VIII	6/VI	28/VIII	28/V	14/VIII
Без удобрений	31	16	35	10	33	7	49	32	54	43	51	38
	28	5	30	4	21	0	36	24	50	39	45	20
P ₁₀₀ K ₁₆₀	46	18	60	14	58	7	74	46	89	69	123	86
	43	7	52	8	48	0	65	40	74	54	96	53
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₁₂₀	58	21	66	10	57	8	89	58	80	63	101	70
	47	5	39	0	21	0	70	40	50	32	50	25
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	69	18	61	8	50	5	97	67	88	60	79	58
	42	3	20	0	13	0	61	35	41	60	32	11

Примечание. Здесь и в табл. 3 в числителе — общее число клубеньков, в знаменателе — количество эффективных.

было меньше, так как клубеньковые бактерии из-за недостатка влаги и элементов питания теряли подвижность и вирулентность. Кроме того, в 1975 г. температура почвы в слое 0—20 см часто превышала необходимый оптимум для их развития [3]. Одной из причин плохого развития клубеньков на корнях люцерны в богарных условиях в летние периоды является то, что корни ее пробковеют и становятся непроницаемыми для бактерий. Кроме того, при недостатке влаги ухудшаются синтез и приток пластических веществ к корням, т. е. снижается обеспеченность бактериоидов органическими соединениями. Вследствие этого у люцерны отмирала развитая ризобиальная ткань, и поэтому в летний период было больше неэффективных клубеньков, а в 1975 г. они не образовались совсем (табл. 2 и 3).

Нужно отметить, что без орошения в летний период клубеньки формируются в основном в слое 20—40 см на боковых корешках, клеточные стенки которых еще не потеряли проницаемости и пластичности. Однако известно, что наиболее эффективными являются клубеньки на крупных главных корнях в 0—20 см слое почвы. При орошении в результате снижения температуры почвы до оптимума, повышения ее влажности и обеспеченности клубеньковых бактерий водой и элементами минерального питания увеличивались их подвижность и вирулентность.

Высокой активности клубеньковых бактерий еще недостаточно для образования ризобиальной ткани, необходима достаточная обеспеченность их пластическими и минеральными веществами. Именно это и обуславливают орошение и внесение фосфорно-калийных удобрений (табл. 2).

При орошении, как известно, улучшается минеральное питание растений, вследствие чего, в частности в результате улучшения обеспеченности фосфором и калием, усиливается синтез активирующих рост веществ типа ауксина и др. [5], которые повышают пластическую растяжимость клеточных оболочек, что ускоряет процесс заражения бобовых растений клубеньковыми бактериями [10]. При этом источником гетероауксина (β -индолилуксусной кислоты — ИУК) в момент заражения служат прежде всего сами растения, выделяющие через

корневую систему триптофан, который разные виды бактерий, в том числе и клубеньковые, переводит в ИУК [10]. Возможно, что и сами микроорганизмы участвуют в синтезе ИУК.

Как показывают данные наших исследований (табл. 2, 3), азотные удобрения в целом отрицательно влияли на развитие клубеньков. С одной стороны, при их внесении улучшался рост люцерны, ускорялись синтез и передвижение пластических веществ и повышалась проницаемость клеточных оболочек, что способствовало проникновению клубеньковых бактерий в корень люцерны. Этим объясняется то, что общее число клубеньков при внесении азотных удобрений на фоне $P_{100}K_{160}$ в 1973 и 1974 гг. было таким же, как в варианте $P_{100}K_{160}$, а иногда и больше (табл. 2). С другой стороны, внесение азотных удобрений повышало гидролитическую активность ферментов в корнях люцерны, в том числе и кислой фосфатазы [11], что вызывало лизис клубеньковой ткани. Поэтому при внесении азотных удобрений, накопления в почве и растениях азотистых соединений выше определенного уровня уменьшалось количество эффективных клубеньков (табл. 2, 3), а процент клубеньков без леггемоглобина увеличился в 2—5 раз.

Разные дозы азотных удобрений действовали неодинаково на развитие клубеньков. Например, внесение весной 1973 г. 30 кг на 1 га увеличивало количество клубеньков люцерны в чистых посевах. Это объясняется скорее всего улучшением проницаемости корневой ткани растения-хозяина и усилением притока ассимилятов в корни. Кроме того, при некоторых дозах азотных удобрений увеличивалось количество свободноживущих клубеньковых бактерий (табл. 2).

При внесении же 60 кг N на 1 га было больше общее количество клубеньков, но меньше число эффективных, что объясняется, как говорилось выше, не прямым отрицательным действием минерального азота на клубеньковые бактерии, а скорее всего повышением иммунитета у растений и увеличением гидролитической активности кислой фосфатазы. Это подтверждается тем, что свободноживущие клубеньковые бактерии выдерживают очень высокую концентрацию минерального азота в среде [11], а в нашем опыте также и тем, что при внекорневой подкормке люцерновых травостоев молибденом, который уменьшает активность кислой фосфатазы, увеличивался процент эффективных клубеньков (табл. 4). Возможно, что при внесении азотных удобрений в ризосфере люцерны развиваются микроорганизмы, которые являются антагонистами клубеньковых бактерий.

В связи с противоречивостью действия азотных удобрений на развитие клубеньков люцерны в 1976 г. мы провели более тщательные исследования. Было установлено, что при внесении азотных удобрений образование первых эффективных клубеньков начинается позже, чем без их применения (рисунок). Однако как только концентрация минерального азота в почве снижалась, уменьшалась активность гидролитических ферментов в растениях и развитие клубеньков резко усиливалось. Поэтому в фазу бутонизации люцерны при внесении азотных удобрений их было больше, чем в варианте без азота. С улучшением азотного питания растений усиливается развитие флоэмной части проводящей системы стебля, задерживается развитие растений, увеличивается интенсивность фотосинтеза. При этом повышается и активность ферментов, обеспечивающих трансформацию и передвижение веществ, развивается большая ассимилирующая поверхность. В результате усиления синтеза и оттока пластических веществ в подземную часть растения-хозяина улучшается питание бактериоидов [2].

Однако при высоких одnorазовых дозах азота количество клубеньков было небольшим на протяжении всего развития люцерны, и растения переходили на питание минеральным азотом (рисунок).

Азотные удобрения, внесенные летом в богарных условиях, использовались травостоем не полностью, поэтому их отрицательное действие на развитие клубеньков проявилось на второй и третий годы опыта сильнее, чем в первый (табл. 2).

Развитие клубеньков люцерны в смешанных посевах при внесении макроудобрений и орошении

При посеве люцерны в смеси со злаками на ее корнях формировалось в 1,2—15,0 раза меньше клубеньков, чем в чистом посеве, при этом повышался процент неэффективных клубеньков (табл. 2, 3), поскольку в таком посеве были хуже освещенность, минеральное питание люцерны и снабжение питательными веществами ее клубеньков. Некоторые авторы, указывая на бактерицидное действие злаковых компонентов на клубеньковые бактерии, объясняют это наличием токсических веществ в их корнях [4, 14]. Т. А. Работнов [13] утверждает, что корневые выделения даже во взаимоотношениях высших растений играют несущественную роль, так как быстро разрушаются. В луговых фитоценозах им не было обнаружено отрицательного влияния корневых выделений злаков на другие компоненты. Однако корневые выделения могут оказывать действие на состав, количественное соотношение и активность ризосферных микроорганизмов [13]. Возможно, что усиление развития злаков и их ризосферной микрофлоры является одной из причин снижения численности и активности клубеньковых бактерий и общего количества клубеньков на корнях люцерны в смешанных посевах [8]. Ряд исследователей указывает, что формированию клубеньков на клевере и люцерне при длительном культивировании на одном месте препятствуют либо токсические вещества, образующиеся антагонистическими микроорганизмами, либо корневые выделения сорняков [11].

В смешанных посевах клубеньки на корнях люцерны сосредотачиваются в более глубоких слоях почвы, чем в чистом. Это объясняется тем, что в верхнем слое почвы развивается корневая система злаков и обеспеченность клубеньковых бактерий фосфором и калием ухудшается здесь в большей мере, чем в нижних. Кроме того, возможно, что на клубеньковые бактерии отрицательно действует ризосферная микрофлора злаков, которая тоже сильнее развита в верхнем слое почвы [8].

Так как орошение способствует развитию злаковых трав [8], положительное его влияние на образование клубеньков в люцерно-злаковом травостое проявляется слабее, чем в люцерновом. В связи с этим же отрицательное действие минерального азота на симбиотический аппарат люцерны проявляется особенно сильно в смешанных посевах. Например, если в чистом посеве внесение 30 кг азота на 1 га в 1973 г. вызывало некоторое увеличение количества клубеньков, то применение тех же доз на люцерно-злаковом травостое приводило к резкому подавлению развития ризобияльной ткани на корнях люцерны (табл. 2, 3).

Фосфорно-калийные удобрения, особенно при орошении, несколько больше способствовали развитию клубеньков в люцерно-злаковом травостое, чем в люцерновом. Если в чистых посевах в 1974—1975 гг. при внесении $P_{100}K_{160}$ развитых клубеньков было в 1,5—2,1 раза больше, чем в варианте без удобрений, то при тех же дозах в люцерно-злаковой травосмеси — в 3,1—3,2 раза больше. Однако на корнях люцерны в смешанных посевах даже в этом варианте клубеньков было меньше, чем в чистых (табл. 2, 3).

Таблица 3

Количество клубеньков на корнях люцерны (шт. на 1 растение)
в люцерно-злаковом травостое в зависимости от режимов орошения и доз NPK

Удобрения	1973 г.		1974 г.		1975 г.	
	2/VI	28/VIII	2/VI	28/VIII	28/V	14/VIII
Без орошения						
Без удобрений	$\frac{27}{22}$	$\frac{14}{7}$	$\frac{20}{13}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{21}{13}$	$\frac{0}{0}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀	$\frac{42}{36}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{36}{24}$	$\frac{16}{6}$	$\frac{30}{19}$	$\frac{9}{0}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₁₂₀	$\frac{40}{30}$	$\frac{17}{3}$	$\frac{26}{20}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{20}{5}$	$\frac{0}{0}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	$\frac{41}{26}$	$\frac{18}{0}$	$\frac{21}{10}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{20}{6}$	$\frac{0}{0}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₃₆₀	$\frac{29}{14}$	$\frac{10}{0}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{0}{0}$
P ₂₀₀ K ₃₂₀ N ₃₆₀	$\frac{32}{30}$	$\frac{14}{0}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{0}{0}$
Орошение 75—100% ППВ						
Без удобрений	$\frac{35}{27}$	$\frac{21}{14}$	$\frac{34}{16}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{23}{15}$	$\frac{10}{5}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀	$\frac{62}{48}$	$\frac{38}{32}$	$\frac{67}{42}$	$\frac{31}{22}$	$\frac{45}{29}$	$\frac{32}{14}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₁₂₀	$\frac{64}{40}$	$\frac{36}{21}$	$\frac{60}{35}$	$\frac{30}{17}$	$\frac{27}{14}$	$\frac{15}{7}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	$\frac{56}{22}$	$\frac{47}{28}$	$\frac{28}{24}$	$\frac{28}{12}$	$\frac{23}{7}$	$\frac{16}{9}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₃₆₀	$\frac{43}{11}$	$\frac{30}{8}$	$\frac{20}{5}$	$\frac{13}{6}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{7}{0}$
P ₂₀₀ K ₃₂₀ N ₃₆₀	$\frac{53}{32}$	$\frac{45}{26}$	$\frac{32}{21}$	$\frac{35}{11}$	$\frac{24}{12}$	$\frac{11}{10}$
Орошение 85—100% ППВ						
Без удобрений	$\frac{46}{31}$	$\frac{28}{20}$	$\frac{40}{16}$	$\frac{27}{11}$	$\frac{20}{9}$	$\frac{7}{5}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀	$\frac{68}{59}$	$\frac{40}{36}$	$\frac{54}{50}$	$\frac{32}{25}$	$\frac{49}{30}$	$\frac{41}{10}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₁₂₀	$\frac{60}{43}$	$\frac{39}{26}$	$\frac{41}{20}$	$\frac{30}{12}$	$\frac{28}{12}$	$\frac{16}{5}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	$\frac{47}{28}$	$\frac{38}{21}$	$\frac{32}{18}$	$\frac{41}{6}$	$\frac{26}{9}$	$\frac{13}{4}$
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₃₆₀	$\frac{33}{8}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{26}{7}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{28}{9}$	$\frac{10}{0}$
P ₂₀₀ K ₃₂₀ N ₃₆₀	$\frac{38}{35}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{39}{33}$	$\frac{19}{14}$	$\frac{36}{13}$	$\frac{32}{3}$

**Количество клубеньков люцерны в чистых и смешанных посевах
при внесении молибдена**

Молибден входит в состав ферментов, участвующих в азотном обмене, в частности, в самом процессе азотфиксации, при его недостатке клубеньки образуются, но не фиксируют азот воздуха [9, 11, 15].

Таблица 4

Количество клубеньков в чистых и смешанных посевах при внесении молибденовых удобрений, 1975 г., 1-й укос

Удобрения	Люцерна				Люцерна + злаки			
	без орошения		орошение 85—100% ППВ		без орошения		орошение 85—100% ППВ	
	без Мо	с Мо	без Мо	с Мо	без Мо	с Мо	без Мо	с Мо
Без удобрений	33	35	51	58	21	26	20	24
	64	71	88	98	62	73	45	80
P ₁₀₀ K ₁₆₀	58	64	123	119	30	53	49	58
	83	89	78	93	63	76	60	71
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₄₀	50	49	79	88	20	24	26	29
	26	33	40	45	30	46	35	48

Примечание. В числителе — общее число, в знаменателе — процент эффективных.

В нашем опыте молибденовые удобрения в меньшей степени благоприятствовали развитию клубеньков у люцерны, чем орошение и РК (табл. 4).

Нужно отметить, что действие молибденовой подкормки травостоев было наибольшим при орошении и внесении фосфорно-калийных удобрений, так как в этом случае улучшалась обеспеченность растений фосфором и калием, что является необходимым условием благоприятного влияния молибдена на развитие люцерны и ее клубеньков [1, 9, 11]. Кроме того, при орошении и внесении РК усиливалось развитие клубеньков и клубеньковых бактерий, присутствие которых является предпосылкой для увеличения действия молибденовых удобрений (табл. 5).

При внесении минерального азота уменьшается возможность проявления действия молибдена в связи со снижением количества клубеньков на корнях люцерны. Молибден способствует превращению нитратной формы в аммонийную. Аммонийный азот оказывает меньшее отрицательное влияние на развитие клубеньков, чем нитратный [11, 15], поэтому при внесении молибдата аммония процент эффективных клубеньков несколько увеличивался (табл. 4).

Молибденовые удобрения подобно фосфорно-калийным влияют на бобово-ризобиальный симбиоз в люцерно-злаковом травостое сильнее, чем в люцерновом. Например, в чистом посеве люцерны молибденовые удобрения увеличивали количество развитых клубеньков на 15—33 %, а в смешанных — на 27—55 % (табл. 4).

О целесообразности внесения азотных удобрений под люцерну и люцерно-злаковый травостой

Анализируя данные ряда исследований и своего полевого опыта, мы пришли к выводу, что для поддержания высокой продуктивности люцерны в засушливых условиях наряду с орошением необходимо и применение азотных удобрений [1, 3], так как в верхнем слое почвы из-за недостатка влаги, высокой температуры и опробкования корней клубеньки или не образуются или активность их сильно подавлена. Ослабляется деятельность симбиотического аппарата люцерны и в старых люцерновых травостоях. Плохо формируются клубеньки на кислых, засоленных и мерзлотных почвах. В связи с этим в названных ус-

ловиях внесение минерального азота под люцерну необходимо для получения ее высокой урожайности [3]. Так, М. А. Кашин, Г. С. Посыпанов [6, 12] при pH_{KCl} 5 рекомендуют вносить под каждый укос около 100 кг д. в. минерального азота на 1 га. При минеральном питании люцерны в благоприятных условиях симбиоза сбор кормовых единиц увеличился на 30—40 %, а переваримого протеина — 19—32 %. При этом аминокислотный состав протеина не изменялся [6, 12].

На основании своих опытов и анализа данных других исследований мы пришли к выводу, что внесение минерального азота увеличивает урожайность бобовых в том случае, если его усваиваемое количество ($D_{усв}N_{мин}$) будет компенсировать ухудшение азотного питания, вызванное снижением биологической азотфиксации ($\Delta N_{биол}$), т. е. $D_{усв}N_{мин} \geq \Delta N_{биол}$. Это объясняется тем, что при внесении минерального азотного удобрения растения освобождаются от необходимости снабжать элементами питания бактероиды, находящиеся в клубеньках. В связи с этим правильное внесение азотных удобрений является предпосылкой увеличения урожайности бобовых культур. Этот вопрос требует более детального рассмотрения.

Азотфиксация — это прежде всего энергетический процесс, происходящий с поглощением энергии. Молекула газообразного азота чрезвычайно прочна, атомы в ней соединены тремя связями ($N \equiv N$), для разрыва которых требуется затратить 225 ккал/моль. Осуществление фиксации азота у микроорганизмов в обычных условиях вовсе не означает, что она требует малой затраты энергии. Напротив, в данном случае необходимо большое количество углеводов и других органических веществ [16], в процессе окисления которых образуется энергия, необходимая для азотфиксации. Именно этим объясняется более высокая интенсивность энергетического обмена у азотфиксаторов, чем у других микроорганизмов [7]. Азотобактер на фиксацию 25 мг азота расходует 1 г углеводов [9]. Следовательно, внесение готового минерального азота может благоприятно сказаться на росте бобовых, что и подтверждается нашими исследованиями [1, 2, 3] (табл. 8).

Следует подробнее остановиться на механизме регуляции азотфиксации, так как это в большой степени объясняет данные наших исследований.

Известно, что в среде, богатой аммонийными солями, азотфиксирующие микроорганизмы переходят на питание минеральным азотом. Оказалось, что аммиак, являющийся продуктом реакции фиксации азота, одновременно регулирует активность нитрогеназы. Когда концентрация его достигнет определенной критической величины, то срабатывает механизм регуляции по типу «обратной связи», который как бы «выключает» нитрогеназу, и поэтому фиксация азота прекращается [7]. На поверхности молекулы нитрогеназы, кроме активного центра, куда присоединяется N_2 , есть еще и другие центры, куда могут присоединяться молекулы аммиака. Присоединившийся к ферменту аммиак сильно изменяет структуру активного центра, поэтому фиксация азота прекращается, а клетка переходит на питание имеющимся аммиаком [7]. Кроме того, нужно отметить, что любая прямая реакция находится в определенном динамическом равновесии с обратной, т. е. $N \equiv N \rightleftharpoons N \cdot + N \cdot$; $N \cdot + 3H \cdot \rightleftharpoons NH_3$. Катализатор может сместить его в ту или иную сторону, но не уничтожить, что также объясняет прекращение азотфиксации. Такой тонкий механизм регуляции азотфиксирующей активности микробов имеет очень важное значение, так как способствует сохранению их в почве без больших энергетических затрат. Внесение азота и органических удобрений на бедных азотом и гумусом почвах способствует сохранению свободноживущих азотфиксирующих и клубеньковых бактерий. Описанное выше явление в какой-то мере

**Эффективность применения удобрений под люцерну
и люцерно-злаковый травостой в условиях орошения**

Удобрения	Прибавка урожая, корм. ед/га	Стоимость прибавки в закупоч- ных це- нах, руб/га	Себесто- мость 1 дополни- тельной корм. ед., коп.	Дополнительный чистый доход, руб. на 1 га, от		Окупаемость 1 руб. затрат, коп., по применению	
				удобрения и орошения	азота	орошения и удоб- рений	азотных удобрений
Люцерновый травостой							
Без удобре- ний	2815	149,2	4,0	+35,8	—	+31,6	—
P ₁₀₀ K ₁₆₀	3789	200,8	3,8	+59,5	—	+42,1	—
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	6333	335,6	3,1	+141,7	+82,2	+73,1	+156,2
Люцерно-злаковый травостой							
Без удобре- ний	2651	140,5	4,7	+14,9	—	+11,9	—
P ₁₀₀ K ₁₆₀	3309	175,4	4,6	+21,9	—	+14,3	—
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₂₄₀	5873	311,3	3,5	+104,8	+82,9	+50,8	+157,6
P ₁₀₀ K ₁₆₀ N ₃₆₀	6796	360,2	3,4	+130,4	+108,5	+56,7	+147,4

объясняет положительное действие стартовых доз минерального азота в вегетационных опытах и на почвах, бедных гумусом, а также и то, что внесение некоторых количеств азотных удобрений увеличивало в нашем опыте число клубеньков на корнях люцерны (табл. 2, рисунок).

Активность нитрогеназы из бактериоидов в значительной степени зависит не от уровня концентрации аммиака, а от содержания АТФ [7], которое возрастает при внесении минерального азота. Можно предполагать, что такое различие между нитрогеназой из свободноживущих азотфиксаторов и нитрогеназой из симбиотического микроорганизма связано с тем, что образующийся при симбиотической азотфиксации аммиак, быстро удаляясь из бактериоидов, поступает в клетки высшего растения и затем усваивается им [7]. Следовательно, внесение азотных удобрений, особенно в аммиачной форме, уменьшает симбиотическую азотфиксацию не в такой степени, как это принято считать [1, 3], о чем и свидетельствуют результаты наших исследований (табл. 2, 5).

На основании полевых опытов и наблюдений за производственными посевами люцерны и люцерно-злаковых травосмесей мы пришли к выводу, что в условиях юга лесостепи УССР внесение под каждый укос люцерны и люцерно-злакового травостоя, где преобладающим злаковым компонентом является костер безостый, по 30—90 кг д. в. азота на фоне РК при орошении позволяет получать высокие и гарантированные урожаи, добиваться повышения качества корма и увеличения длительности возделывания люцерны на одном месте без пересева [1, 2, 3]. При этом следует отметить, что данные, приведенные в табл. 5, не полностью отражают эффективность внесения минерального азота под люцерну, так как остается неучтенным чистый доход в животноводстве и растениеводстве, полученный в результате улучшения кормления животных и высвобождения площадей из-под кормовых культур под высокопродуктивные технические и продовольственные культуры.

Внесение азотных удобрений на люцерно-злаковом травостое, в котором основным злаковым компонентом является пырей или овсяница луговая, на юге лесостепи УССР может оказаться неэффективным из-за вытеснения люцерны этими, имеющими меньшую продуктивность видами, а также из-за резкого ухудшения развития симбиотического аппарата люцерны. В связи с лучшей приспособленностью к засушли-

вым условиям в данной местности люцерна может быть более отзывчива на внесение минерального азота, чем злаки. Это подтверждается производственным опытом колхоза «Октябрь» Знаменского района Кировоградской области [3, 8].

Внесение минерального азота под бобовые культуры, в частности под люцерну, целесообразно еще и потому, что оно способствует экономному расходованию пресной воды [1, 3], повышает коэффициент использования фосфорных и калийных удобрений.

Получение дешевых азотных удобрений тесно связано с проблемой получения дешевой энергии, которая успешно решается учеными-энергетиками.

Не умаляя огромного значения биологического азота и подчеркивая его преимущества перед минеральным на почвах с близким залеганием грунтовых вод и землях, подверженных водной эрозии, нужно сказать, что применение минеральных азотных удобрений позволяет получать гарантированные урожаи люцерны. Деятельность же симбиотического аппарата бобовых культур подвержена влиянию огромного числа факторов, регулирование которых не всегда возможно.

Выводы

1. При повреждении надземной части люцерны вредителями и болезнями, уменьшении ассимилирующей поверхности, старении растений и утрате флоэмной части проводящей системы уменьшается как общее количество клубеньков, так и число и процент эффективных. Это свидетельствует о том, что развитие клубеньков на корнях люцерны в значительной мере определяется их обеспеченностью питательными веществами.

2. Орошение и внесение фосфорно-калийных и молибденовых удобрений способствуют развитию клубеньков на корнях люцерны. Действие орошения в люцерно-злаковом травостое проявлялось слабее, чем в люцерновом, а фосфора, калия и молибдена сильнее.

3. Азотное удобрение подавляло развитие клубеньковой ткани на корнях люцерны, особенно в богарных условиях. В смешанных посевах это проявлялось сильнее, чем в чистых.

4. При увеличении содержания в травостое злаков ухудшалось развитие клубеньков на корнях люцерны, что объясняется ухудшением обеспеченности клубеньковых бактерий и люцерны элементами питания.

5. Внесение на люцерновом и люцерно-злаковом травостое, где основным злаковым компонентом является костер безостый, по 30—90 кг д. в. N на 1 га под каждый укос при орошении на фоне $P_{100}K_{160}$ — эффективный прием повышения урожайности культур и качества корма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Г., Максимов В. М., Кобозев И. В. Продуктивность, кормовая ценность люцерны и потребление ею питательных веществ при орошении и внесении макроудобрений и молибдена. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 1, с. 55—65. — 2. Андреев Н. Г., Кобозев И. В., Кукуллюк В. В. Формирование надземной массы люцернового и люцерно-злакового травостоев. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 1, с. 49—59. — 3. Андреев Н. Г., Максимов В. М., Кобозев И. В. Эффективность орошения и удобрения люцернового и люцерно-злакового травостоев. — Изв.

ТСХА, 1978, вып. 3, с. 50—60. — 4. Березова Е. Ф., Шайн С. С., Ремпе Е. X. Микрофлора корневой системы люцерны в чистом посеве и травосмеси. — Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии, 1953, т. XIII, с. 58—64. — 5. Власюк П. А. Питание растений и ростактивирующие вещества. — В кн.: Теорет. основы действия физиолог. активных веществ и эффективность удобрений, их содержащих. Днепропетровск, 1969, с. 3—12. — 6. Кашин М. А. Применение азотных удобрений под люцерну в зависимости от эффективности бобоворизобияльного симбиоза. Автореф. канд. дис. М.,

1976. — 7. Кретович В. Л., Евстигнеева З. Г., Львов Н. П., Мелик-Саркисян С. С. Биохимия фиксации молекулярного азота атмосферы. — В сб.: Новое в жизни, науке, технике. Биохимия и жизнь, М., «Знание», 1972, вып. 4, сер. Биология, с. 6—10. — 8. Максимов В. М., Кобозев И. В. Взаимоотношения компонентов люцерно-злакового травостоя и подбор высокопродуктивной травосмеси в условиях Кировоградской области. — Докл. ТСХА, 1978, вып. 239, с. 86—91. — 9. Мишустин Е. Н., Шильников В. К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М., «Наука», 1968. — 10. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К., Тагнев В. Д. Влияние гетероауксина и гиббереллина на процессы инокуляции и симбиотическую азотфиксирующую активность люцерны и гороха. — В кн.: Теорет. основы действия физиолог. активных веществ и эффективности удобрений, их содержащих. Днепропетровск, 1969, с. 68—73. — 11. Мишустин Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М., «Наука», 1973. — 12. Посыпанов Г. С. Возделывание люцерны в Московской области. ГОСНИТИ. Инф. листок, 589—73—1973. — 13. Работнов Т. А. Луговедение. М., Изд-во МГУ, 1974. — 14. Чайлахян М. Х., Маграбян А. А., Карапетян Н. А. Избирательная бактерицидность корней как фактор взаимоотношения бобовых растений и клубеньковых бактерий. — Изв. АН АрмССР, 1955, т. VIII, вып. 3, с. 10—13. — 15. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений. Л., «Наука», 1974. — 16. Rippe A. Vorlesungen über Boden-Mikrobiologie. Berlin, Verlag V, J. Springer, 1933.

Статья поступила 27 июля 1979 г.

SUMMARY

Investigations were conducted in 1973—1976 on the collective farm "Octyabr" (Kirovogradsky region). It is found that when leaves and stems are attacked by diseases and pests, the assimilating surface is reduced, and the conductive system is lost, the number of nodes on alfalfa roots is decreased. It has been shown that phosphoric-potash and molybdenum fertilizers produce beneficial effect on formation of alfalfa nodules in alfalfa-grass mixture and in pure alfalfa stands, while nitrogenous fertilizers, on the contrary, produce negative effect. Nitrogenous fertilizers should be applied under alfalfa and alfalfa-grass mixture in case of insufficient efficiency of leguminose-rhizobial symbiosis.