

ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ КОМИ АССР

Г. С. ПОСЫПАНОВ, В. И. ЧЕРНОВА

(Кафедра растениеводства)

Взаимоотношения высших растений с клубеньковыми бактериями в значительной степени определяются почвенно-климатическими условиями. При температурах 10—7° и ниже рост бактерий подавляется [8], уменьшается активность азотфиксации [10]. На кислых почвах клубеньки на корнях люцерны или не образуются совсем [13], или бывают мелкими, не способными усваивать азот [11]. Известкование почвы способствует развитию клубеньковых бактерий и обеспечивает нормальный симбиоз [6]. Важное значение для симбиотической фиксации атмосферного азота имеют условия фосфорного [1, 3, 12] и калийного [2, 7] питания, а также обеспеченность микроэлементами [4, 5, 9, 14]. Данные о влиянии минерального азота на взаимоотношение клубеньковых бактерий с растениями противоречивы [3, 11].

В связи с этим в нашу задачу входило исследовать действие известкования, фосфорных и калийных удобрений, а также различной обеспеченности азотными удобрениями на формирование симбиотического аппарата люцерны в разные годы ее жизни при различных метеорологических условиях и на почвах разной окультуренности в новой для нее почвенно-климатической зоне.

Методика исследований

Опыты проводили с люцерной сорта Северная гибридная 69 в экспериментальном хозяйстве Государственной сельскохозяйственной опытной станции Коми АССР в 1974—1978 гг. на подзолистых среднесуглинистых почвах, различающихся по плодородию: в окультуренной почве содержалось гумуса 2,3%, подвижных форм фосфора — 37 мг, калия — 16—30 мг на 100 г почвы, $pH_{сол}$ — 6,3—6,8; в слабоокультуренной почве на вновь освоенном участке из-под леса эти показатели были соответственно следующими: 1, 10—13, 8—13, 4,5—5,2 (после известкования pH 6,0).

Схема опытов на той и другой почве: 1 — контроль, 2 — Ca, 3 — CaPK, 4 — CaPKN_{1/3}, 5 — CaPKN_{2/3}, 6 — CaPKN₁. Оба опыта были заложены методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности.

Учетная площадь делянок 25—100 м². Осенью предшествующего года до закладки опытов проведена зяблевая вспашка и внесена доломитовая мука в дозе 5—12 т/га.

Дозы удобрений по опытам следующие: P₂O₅ — 20—152, K₂O — 89—115 кг/га в год. Полная доза азота составляла 109—165 кг/га под укос.

Простой суперфосфат, хлористый калий на все годы пользования трав и бор в расчете 1 кг на гектар вносили в основное удобрение, аммиачную селитру — рано весной и после укосов (кроме последнего).

Вегетационные периоды 1974, 1975 и 1977 г. были сравнительно теплыми для данной широты и отличались значительным дефицитом осадков, 1976 год был умеренно теплым с обильными неравномерно выпадающими осадками, 1978 год — самым холодным и влажным.

Результаты и обсуждение

Симбиотический аппарат люцерны в разные годы опытов формировался в различных, в основном неблагоприятных, метеорологических условиях, главным образом при низкой влагообеспеченности, а в годы с достаточным увлажнением — при пониженных температурах почвы и воздуха в период вегетации.

В год посева на окультуренной почве мелкие клубеньки на корнях люцерны появились в фазу 2—3, на слабоокультуренной произвесткованной — 3—7 тройчатых листьев. Развитие клубеньков на люцерне 1-го года жизни на обеих почвах прекращалось при снижении влажности почвы до 44—67% ППВ. Дальнейшее иссушение почвы приводило к массовому их отмиранию, и растения до конца вегетации развивались без клубеньков.

В годы пользования травостоем при недостаточной влагообеспеченности (63% ППВ) в фазу бутонизации в 1975, 1977 гг. на окультуренной почве количество и масса клубеньков на растение были в 1,5 раза меньше, чем в благоприятный по увлажнению 1976 г. (табл. 1).

Таблица 1

Количество и масса клубеньков на 1 растение в фазу бутонизации в зависимости от применяемых удобрений и плодородия почвы

Год	Контроль		Ca		CaPK		CaPKN _{1/3}		CaPKN _{2/3}		CaPKN ₁	
	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг	шт.	мг
Окультуренная почва												
1974	33	48	36	44	42	66	31	37	40	66	39	72
1975	25	9	28	85	38	108	32	77	18	46	13	22
1976	51	150	55	154	65	181	38	127	35	65	30	51
1977	11	11	14	15	22	27	9	11	8	9	6	5
В среднем	30	72	33	75	42	106	25	54	25	47	22	38
Слабоокультуренная почва (среднее по двум опытам)												
1975	3	5	5	39	5	45	4	33	3	30	5	34
1976	26	52	78	245	80	273	67	170	60	160	46	152
1977	7	11	29	54	36	81	17	56	16	42	5	14
1978	9	17	19	70	26	86	10	19	13	20	8	10
В среднем	11	27	33	127	37	146	25	70	23	63	16	53

Нодуляция растений по фазам развития в среднем за 1975 — 1978 гг. (%)

Фаза развития	Контроль	Са	СаРК	СаРКN _{1/3}	СаРКN _{2/3}	СаРКN ₁
Окультуренная почва						
Весеннее отрастание	98	100	100	95	96	90
Стеблевание	86	86	88	99	81	74
Бутонизация	99	100	100	98	95	90
Отрастание после укоса	78	80	84	80	84	86
Слабоокультуренная почва						
Весеннее отрастание	68	95	100	89	87	86
Стеблевание	47	84	93	85	77	73
Бутонизация	58	88	91	83	75	69
Отрастание после укоса	41	80	88	78	65	60

При известковании и внесении фосфорно-калийных удобрений на слабоокультуренной почве эти показатели резко возрастали. Так, в контроле в среднем за 4 года масса клубеньков на одно растение составила 27 мг, а при известковании увеличилась в 4,7 раза; в варианте СаРК — в 5,4 раза, причем средняя масса одного клубенька возросла в 1,6 раза.

На окультуренной почве известкование, даже при близкой к оптимальной влажности, не обеспечило увеличения количества и массы клубеньков на корнях растений. Фосфорно-калийные удобрения незначительно повысили этот показатель, так как здесь имелись все необходимые условия для нормального их развития и без внесения удобрений.

На слабоокультуренной почве без известкования ежегодно в период вегетации на корнях растений формировались немногочисленные мелкие зеленовато-бурые клубеньки с низкой активностью фиксации азота, а часть растений развивалась вообще без клубеньков. Так, в фазу бутонизации почти половина растений (42 %) не имела клубеньков, а в период после укоса они образовались только у 41 % (табл. 2).

Повышенная кислотность почвы подавляет симбиоз в большей степени, чем высокие дозы азота.

Фосфорно-калийные удобрения повышали нодуляцию на обеих почвах, а азотные снижали ее. На кислых слабоокультуренных почвах это снижение было больше, чем на окультуренных.

Нодуляция корневой системы снижалась при старении травостоя: в посевах люцерны пятого года жизни на окультуренной почве бесклубеньковое развитие наблюдалось в течение всей вегетации, несмотря на хорошую влагообеспеченность.

При достаточной влагообеспеченности количество и масса клубеньков на корнях люцерны возрастали от весеннего отрастания и достигали максимума к фазе стеблевания и бутонизации (табл. 3). В варианте СаРК в указанный период на окультуренной почве их было в 2,2 раза, а на слабоокультуренной почве — в 4,9 раза больше, чем в фазу отрастания. По-видимому, это обуславливалось интенсивным накоплением в растениях продуктов фотосинтеза, главным образом углеводов, и оттоком их в корневую систему, что способствовало улучшению питания симбионтов, а следовательно, стимулированию образования новых клубеньков.

В послеукосный период масса клубеньков снижалась (до 44—79 кг/га, т. е. в 1,6—3,3 раза), даже на произвесткованных почвах при внесении РК, и особенно значительно на слабоокультуренной и неудобренной почве, а также во всех вариантах в годы с недостаточной

Масса клубеньков по фазам развития люцерны в среднем за 4 года (кг/га)

Фаза развития	Контроль	Ca	CaPK	CaPKN _{1/3}	CaPKN _{2/3}	CaPKN ₁
Окультуренная почва						
Весеннее отрастание	39	40	65	40	12	9
Стеблевание	102	109	147	74	33	24
Бутонизация	109	116	145	94	48	28
Отрастание после укоса	32	35	44	19	14	11
Слабоокультуренная почва						
Весеннее отрастание	1	15	24	12	11	6
Стеблевание	9	84	132	78	38	24
Бутонизация	14	99	116	51	45	23
Отрастание после укоса	7	61	79	42	27	24

влагообеспеченностью. В засушливом 1975 г. растения сбрасывали 41—62 % всех клубеньков, а во влажном 1976 г. — только 16—38 %.

Вероятно, сбрасывание клубеньков в условиях острого дефицита влаги в почве является одним из приспособительных свойств растений к засухе, а после укоса во влажные годы этот процесс обусловлен снижением поступления углеводов в корневую систему вследствие отчуждения надземной массы.

Отмирание старых и формирование новых клубеньков продолжалось во все годы опытов до прекращения вегетации, поэтому к концу ее преобладали жизнедеятельные клубеньки, и у люцерны в отличие от однолетних бобовых культур полного сбрасывания их не происходило. Так, на окультуренной почве во второй год жизни люцерны к концу вегетации в 1975 г. на корнях оставалось 69—77 %, в третий год — 54—73 % активных клубеньков.

При подкормке минеральным азотом на обеих почвах резко подавлялось развитие клубеньков, причем в годы с недостаточной влажностью сильнее, чем при нормальной влагообеспеченности. Во влажном 1976 г. на окультуренной почве масса клубеньков в варианте CaPKN₁ уменьшалась в 3,5 раза; в сухие 1975 и 1977 гг. — соответственно в 4,9 и 5,4 раза по сравнению с этим показателем в варианте CaPK. Внесение азотных удобрений не только ингибировало образование клубеньков, но и снижало содержание в них азота на обеих почвах (табл. 4). Это обусловлено тем, что растения в вариантах с минеральным азотом переходили в основном на минеральный тип азотного питания и накопление азота воздуха в клубеньках уменьшалось.

Известкование и внесение РК оказало слабое положительное влияние на содержание азота в клубеньках на окультуренной почве, что свидетельствует о примерно одинаковом уровне интенсивности азотфиксации в этих вариантах. На слабоокультуренной почве в контроле условия для азотфиксации были неблагоприятными, поэтому при известковании и внесении РК

Таблица 4
Содержание азота в клубеньках люцерны в фазу бутонизации (% на абсолютно сухое вещество)

Год	Контроль	Ca	CaPK	CaPKN ₁
Слабоокультуренная почва				
1975	4,93	5,44	6,88	4,81
1976	4,88	5,06	5,13	4,80
1977	4,27	5,06	5,50	5,00
Окультуренная почва				
1974	8,61	7,85	8,00	6,15
1975	5,62	5,25	5,31	5,13
1976	5,31	5,25	5,50	5,50
1977	7,29	8,55	9,17	7,90

концентрация азота в клубеньках в среднем за 3 года в фазу бутонизации увеличилась: в варианте с Са — на 15 %, а СаРК — на 25 %.

Выводы

1. Люцерна сорта Северная гибридная 69 в среднетаежной зоне Коми АССР при благоприятных условиях симбиоза может формировать не меньший симбиотический аппарат, чем в районах традиционного люцерносеяния. На окультуренных почвах с рН более 6,3, достаточным содержанием фосфора, калия и микроэлементов в фазу бутонизации люцерны масса клубеньков достигала 109 кг/га при полной нодуляции растений. Внесение РК способствовало увеличению массы клубеньков до 145 кг/га.

2. На кислых известкованных почвах 32—60 % растений не образовали клубеньков и масса последних составляла всего лишь 14 кг/га. При известковании и внесении фосфорно-калийных удобрений она возрасла до 116 кг/га.

3. Внесение азотных удобрений подавляло развитие симбиотического аппарата тем сильнее, чем выше была доза азота. При внесении полной нормы азота на обеих почвах масса клубеньков была в 3—7 раз меньше, чем в варианте с СаРК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губина С. А., Полферов Б. В. Влияние орошения и минеральных удобрений на клубенькообразование и развитие микроорганизмов в корневой и ризосферной зонах люцерны на черноземе обыкновенном Донбасса. — В сб.: Агрехим. и почвовед. Вып. 13. Киев, «Урожай», 1970, с. 11—20. — 2. Гукова М. М., Тюлина О. В. Действие калия на усвоение азота бобовыми растениями. — Изв. ТСХА, 1968, вып. 3, с. 100—109. — 3. Гукова М. М. Условия питания бобовых растений, определяющие эффективность симбиоза их с клубеньковыми бактериями. — В сб.: Микробиол. на службе сельск. хоз-ва, ВИНТИ, сер. биол. М., Изд-во АН СССР, 1969, с. 9—16. — 4. Жизневская Г. Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений. — Автореф. докт. дис. М., 1969. — 5. Жизневская Г. Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений. — М., «Наука», 1972. — 6. Израильский В. П., Рунов Е. В., Бернгард В. В. Клубеньковые бактерии и нитрагин. М.—Л., Сельхозгиз, 1933. — 7. Марнауза А. А. Влияние азотного и калийного питания кормовых бобов на эффективность их симбиоза с клубеньковыми бактериями. — Автореф. канд. дис. Елгава, 1966. — 8. Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М., «Наука», 1973. — 9. Пейве Я. В. Микроэлементы и биологическая фиксация атмосферного азота. М., «Наука», 1971. — 10. Перк А. Я., Курилюк Т. Т. Особенности проявления азотфиксации у бобовых на Севере. — В сб.: Проблемы онкологии и тератологии растений. Л., «Наука», 1975, с. 271—274. — 11. Посыпанов Г. С., Кашин М. А., Чернова В. И. Формирование симбиотического аппарата и содержание леггемоглобина в клубеньках люцерны. — Сб. науч. тр. ТСХА, 1977, вып. 234, с. 25—30. — 12. Трещачев Е. П. Агрехимические аспекты проблемы биологического азота в земледелии. — Автореф. докт. дис. М., 1971. — 13. Шильникова В. К., Нестерова И. М. Влияние кислотности среды на процесс инфицирования клевера клубеньковыми бактериями. — Изв. АН СССР, 1969, № 3, с. 445. — 14. Ягодин Б. А. Кобальт в жизни растений. М., «Наука», 1970.

Статья поступила 10 сентября 1979 г.

SUMMARY

The formation of symbiotic apparatus in alfalfa on cultivated (pH higher than 6,3) and slightly cultivated soils that formerly were under forest (pH 4,5—5,2) has been studied in the Komi ASSR for the first time.

It is shown that on cultivated soils and on slightly cultivated soils under liming alfalfa forms big and active symbiotic apparatus even in this zone. Under application of phosphoric-potash fertilizers thit apparatus becomes larger, while under application of nitrogenous fertilizers it becomes smaller, especially under higher doses of nitrogen.

On acid soils, 60 % of plants did not form nodules, their total mass being not higher than 14 kg/ha. On cultivated limed soils in which PK was applied nodes were formed in all plants, their average mass during 4 years reaching 147 kg/ha.