

УДК 633.31:631.461.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ  
НА ОСНОВЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СИМБИОТИЧЕСКОЙ  
АЗОТФИКСАЦИИ

В.С. БЖЕУМЫХОВ, к. с.-х. н.¹; И.В. КОБОЗЕВ, д. с.-х. н.; М.М. ТОКБАЕВ, к. с.-х. н.\*

(Кафедра луговодства)

**Для повышения энергетической и экономической эффективности возделывания люцерны целесообразно выбрать малозатратное направление в агротехнике этой культуры, которое основано на интенсификации симбиотической азотфиксации, роста и повышении конкурентоспособности люцернового компонента в агроценозах на начальных этапах их формирования.**

Основной целью аграрной науки является разработка энергоресурсосберегающих, экологически безопасных, учитывающих природные и социально-экономические условия технологий устойчивого развития с.-х. производства. Она достигается только за счет роста наукоемкости технологий выращивания и использования с.-х. продукции, который обеспечивает достижение названных целей при снижении удельных затрат техногенной энергии в физических (механических) процессах [2, 3]. Одним из примеров такого роста наукоемкости и приобретений человечества К.А. Тимирязев считал введение в культуру земледелия бобовых трав [5].

Учитывая медленное развитие растений люцерны в начале первого года жизни и ее достаточно хорошую продуктивность и адаптационную способность на более поздних этапах онтогенеза, а также потенциальное долголетие, целесообразно выбрать малозатратное направление в агротехнике этой культуры, которое базируется на интенсификации симбиотической азотфиксации, роста и повышении конкурентоспособности люцернового компо-

нента в агроценозах в начальный период их становления.

#### Методика

Исследования проводили в 1987—1992 гг. в степной зоне на предкавказских черноземах обыкновенных в ОПХ «Опытное» Терской опытной станции ВНИИ кукурузы (208 м н.у.м.); в 1992—2005 гг. на опытном поле КБГСХА в предгорной зоне на черноземах выщелоченных тяжелосуглинистых (560 м н.у.м.). При орошении проводили 4-5-кратное скашивание, без орошения — 3-кратное.

Почвы нейтральные с высоким содержанием легкогидролизуемого азота, повышенным — фосфора и калия, низким — бора и молибдена, с содержанием гумуса 3,6-4,6%. По гранулометрическому составу тяжелосуглинистые, плотность твердой фазы почвы — 2,60—2,70 г/см³, плотность почвы — 1,2—1,3 г/м³, предельная полевая влагоемкость — 25-26% (по массе), максимальная гигроскопичность — 6,4-7,1%, гумусовый горизонт — более полуметра (табл. 1).

Полевые опыты проводили с люцерновой изменчивой (*Medicago varia* Mart.)

\* Кабардино-Балкарская государственная КБР Кокова В.М.

с.-х. академия им. первого Президента

Таблица 1

Эффективность агроприемов возделывания люцерны с 1 по 3-й гг. жизни (чернозем обыкновенный, беспокровные посевы, в среднем по двум закладкам опыта; 1987-1991 гг.)

Показатель	Контроль		Инокуляция семян		Р		РВМО		Инокуляция + РВМО	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Показатели азотфиксации и фотосинтетической деятельности</i>										
N <sub>биол.</sub> , кг/га	208	402	256	479	213	405	239	416	281	509
K <sub>в</sub> , %	5,8	0,9	2,9	0,7	4,2	0,7	4,4	0,2	2,5	0,2
ФСП, тыс. м <sup>2</sup> дн/га	1716	2438	1861	2755	1735	2444	1797	2326	1958	2876
АСВ, т/га	10,0	15,7	11,2	17,2	10,2	15,8	10,4	16,4	11,8	17,7
ЧПФ, г · м <sup>2</sup> /сут	5,8	6,4	6,0	6,2	5,9	6,5	5,8	7,1	6,0	6,2
СВ, т/га	7,0	10,7	7,6	12,1	7,0	10,9	7,2	10,9	8,0	12,6
НСР <sub>05</sub> ср. частн. СВ = 0,32; НСР <sub>05</sub> орош. = 0,11; НСР <sub>05</sub> инок., удобр. = 0,18; K <sub>в</sub> — коэффициент варьирования N <sub>биол.</sub> , в зависимости от метеословий вегетационных периодов.										
<i>Агроэнергетические показатели, Σ за 3 года</i>										
Сбор сП, кг/га	4022	6368	4596	7511	4066	6465	4218	6590	4910	7984
Выход ОЭ, ГДж/га (E <sub>ф</sub> )	219,4	351,0	246,2	410,2	221,5	358,6	231,1	361,9	270,1	461,2
Совокупные затраты энергии, ГДж/га (E <sub>т</sub> )	30,50	38,76	31,52	39,73	32,90	41,14	32,99	41,45	33,17	42,70
Прибавка энергии ОЭ, ГДж/га (E <sub>ф</sub> - E <sub>т</sub> )	188,9	312,2	214,7	370,5	188,6	317,5	198,1	320,4	237,0	418,5
Кoeffициент энергетической эффективности (E <sub>ф</sub> - E <sub>т</sub> ) : E <sub>т</sub>	6,19	7,06	6,81	9,32	5,73	7,72	6,01	7,73	7,17	9,80
<i>Экономические показатели, тыс. руб/га</i>										
Стоимость валовой продукции	61,4	98,3	69,0	114,8	62,0	108,4	64,7	101,3	75,7	129,1
Затраты	10,7	13,6	11,0	14,0	11,5	14,4	11,5	14,5	11,6	14,9
Среднегодовой условный чистый доход	16,9	28,2	19,3	23,6	16,8	31,3	17,7	28,9	21,4	38,1

Примечание. В табл. 1 и 2 графа 1 — без орошения, 2 — с орошением. В табл. 1 и 3 АСВ — абс. сух. масса всего растения; СВ — урожайность надземной массы растения.

сорта Славянская местная. Одновременно проводили наблюдения за производственными посевами. Схемы опытов и результаты исследований приведены в соответствующих таблицах.

При беспокровном посеве норма высева — 4 млн всхожих семян на 1 га, а при подпокровном — 10 млн/га, в качестве бактериального препарата применяли штамм *Rhizobium* 425а. Семена обрабатывали перед посевом этим штаммом из расчета 250 г на 10 кг семян. Норма внесения бора 2 кг/га в виде боризированного двойного суперфосфата 45% (под зябь), молибдена — 50 г на гектарную норму семян в виде молибденово-кислого аммония. Норма высева покровной культуры уменьше-

на на 25% по сравнению с обычной. Урожайность ячменя составила в среднем 3,0, а овса — 2,8 т/га.

В полевых опытах орошение проводили напуском (по полосам) с поливной нормой 500-600 м<sup>3</sup>/га при достижении ВРК в слое почвы 0-50 см, в производственных опытах — поливами дождеванием.

Площадь опытных делянок — 100—150 м<sup>2</sup> с рендомизированным размещением, повторность — 4-кратная. Каждый опыт закладывали минимум 2 раза; опыты с орошением — методом рендомизированных блоков; полевые и лабораторные исследования — по общепринятым методам; статистическую обработку результатов исследований —

методом дисперсионного анализа. Более подробно условия и методика опытов приведена в работах [1, 4].

### Результаты исследований

Опыты показали, что на густоту растений люцерны и их выживаемость значительное влияние оказывает влагообеспеченность в год посева. Эти показатели увеличиваются при орошении, внесении РВМо и инокуляции семян активным штаммом *Rhizobium*. В среднем на 3-й год жизни травостоя его густота при применении совокупности указанных приемов была в 1,13—1,24 раза больше, чем в контроле. Данные факторы и приемы улучшают формирование симбиотического аппарата, интенсифицируют и стабилизируют его деятельность, увеличивают урожайность люцерны, улучшают ее биохимический и минеральный состав, повышают энергонасыщенность корма (табл. 1-3).

Среднегодовая величина симбиотической азотфиксации под действием искусственной инокуляции без орошения и внесения удобрений увеличилась при выращивании люцерны в течение трех лет на 194 кг N на 1, т. е. за счет этого приема за 3 года получено дополнительно 582 кг/га фиксированного азота. Указанный прием повышал надежность и стабильность процесса симбиотической азотфиксации, его эффективность возрастала при внесе-

нии РВМо. При совместном применении этих удобрений, инокуляции и орошения среднегодовой размер азотфиксации в посевах люцерны на черноземах обыкновенных увеличился на 301 кг/га. Процессы симбиотической азотфиксации и ассимиляции солнечной энергии взаимообусловлены (см. табл. 1). При увеличении симбиотического потенциала (АСП) и биологической азотфиксации повышалась площадь листьев и фотосинтетический потенциал (ФСП) посевов люцерны. Под действием совокупности изучаемых приемов ФСП люцерны при беспокровном посеве возрастал в 1,68 раза (на 1,16 млн м<sup>2</sup> · дн/га), накопление сухого вещества в надземной массе в среднем за 3 года жизни травостоя увеличилось в 1,8 раза, а за 2-й и 3-й год жизни — в 2 раза. Одновременно при этом возрастала и масса корней. В среднем без орошения в условиях КБР на черноземах обыкновенных люцерна может синтезировать за год около 10 т сухого вещества на 1 га, а при орошении — на 57% больше. При предпосевной инокуляции семян люцерны активным штаммом *Rhizobium* данный показатель увеличивается на 10-12%. Максимальное среднегодовое накопление сухого вещества посевами достигается при совокупности применения орошения, бактериальных и минеральных удобрений — 17,7 т/га, на 77% больше, чем в контроле.

Т а б л и ц а 2

**Биохимический состав сухого вещества люцерны в зависимости от агроприемов ее возделывания на черноземах обыкновенных**  
(средневзвешенное за 3 года по двум закладкам опыта)

Показатель	Контроль		Инокуляция семян		Р		РВМо		Инокуляция + РВМо	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
сП, %	19,2	20,1	20,1	20,5	19,4	20,2	19,6	20,3	20,6	22,4
сК, %	28,4	27,3	27,7	26,2	28,3	27,0	27,9	26,9	26,3	24,3
Каротин, мг/кг	183	196	194	210	185	201	188	210	210	218
сЗ, %	8,7	9,4	8,8	9,5	8,9	9,9	9,0	10,0	10,0	10,2
Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , %	0,77	0,76	0,78	0,74	0,76	0,71	0,73	0,70	0,70	0,68
К <sub>2</sub> О, %	2,28	2,27	2,36	2,28	2,31	2,19	2,31	2,25	2,45	2,38
СаО, %	1,16	1,13	1,16	0,99	1,13	1,05	1,09	1,05	1,13	0,92
ОЭ, МДж/кг	10,5	10,9	10,8	11,3	10,6	11,0	10,7	11,1	11,3	12,2

**Эффективность возделывания люцерны с 1 по 3-й гг. жизни и симбиотическая азотфиксация в зависимости от припосевного рядкового удобрения и инокуляции семян активным штаммом ризобий (в среднем, по трем закладкам опыта в 1997-2001 гг.)**

Показатель	Контроль		P <sub>30</sub>		P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
N <sub>биол.</sub> , кг/га	480	558	503	574	513	586	499	569	508	583
Сбор сП, кг/га	7616	8506	7887	8935	8113	9249	8163	9262	8636	9940
Выход ОЭ, ГДж/га (Е <sub>ф</sub> )	421,0	469,3	443,9	482,9	445,9	497,4	448,4	497,4	489,2	535,5
Е <sub>т</sub> — совокупные затраты энергии, ГДж/га	33,5	33,8	34,0	34,3	34,3	34,6	36,6	37,2	39,2	40,5
Прибавка (доход) энергии (Е <sub>ф</sub> –Е <sub>т</sub> ), ГДж/га	387,5	435,5	409,9	448,6	411,6	462,8	411,8	460,2	450,0	495,0
Биоэнергетический коэффициент (Е <sub>ф</sub> :Е <sub>т</sub> )	12,57	13,88	13,06	14,07	13,00	14,38	12,25	13,37	12,48	13,22
Стоимость урожая, тыс. руб/га	117,9	131,4	124,3	135,2	124,8	139,3	125,6	139,2	137,0	149,9
Затраты, тыс. руб/га	11,7	11,8	11,9	12,0	12,0	12,1	12,8	13,0	13,7	14,2
Среднегодовой условный чистый доход, руб/га	35,4	39,8	37,5	41,1	37,6	42,4	37,6	42,1	41,3	45,3
СВ, т/га Σ за 3 года	39,5	42,8	40,6	44,2	41,5	45,4	41,8	45,4	44,0	48,6
СВ в среднем за 1 год, т/га	13,2	14,3	13,5	14,7	13,8	15,1	19,0	15,1	14,7	16,7
НСР <sub>05</sub> ср. частн. = 0,54; НСР <sub>05</sub> инок. = 0,15; НСР <sub>05</sub> удобр. = 0,32.										

Примечание: Чернозем выщелоченный; под покров овса. Здесь и в табл. 4 графа 1 — без инокуляции; 2 — с инокуляцией.

АСП, объем биологической азотфиксации, накопление сухого вещества посевами (АСВ), ФСП, а также чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) колебались по годам и укосам. При орошении эти колебания уменьшались, при дефиците влаги ЧПФ увеличивались в 1,2-1,4 раза. Этому также способствовало и применение бактериальных удобрений.

Запаздывание с уборкой люцерны снижает белковость и энергонасыщенность ее сухого вещества: в среднем содержание сырого белка при переносе скашивания с фазы цветения на фазу бутонизации на богаре- без удобрений повышается с 19,78 до 21,42%, а при орошении и улучшении минерального питания — с 20,50 до 22,85%. Энергона-

сыщенность соответственно увеличивалась с 10,78 до 11,68 МДж/кг в контроле и с 11,17 до 12,45 МДж/кг — при орошении, инокуляции и применении РВМо.

Орошение явилось мощным фактором повышения и стабилизации белковой продуктивности люцерны, выращиваемой на черноземах. В среднем при орошении сбор сырого протеина без удобрений увеличился на 2346 кг/га (в 1,58 раза), а при применении бактериального и минеральных удобрений — на 3074 кг/га (в 1,78 раза), при этом коэффициент варьирования этого показателя по годам под действием орошения снижался в первом случае в 1,5, а во втором — в 2,8 раза. Коэффициент варьирования белковой

продуктивности посевов уменьшался от 1-го года его жизни ко 2-му и 3-му.

В сумме за 3 года при одноразовом применении бактериального удобрения и инокуляции семян (активным штаммом *Rhizobium*) сбор сырого протеина повышался на 574 кг/га, а на фоне орошения и внесения РВМо на 1394 кг/га, причем эффект от инокуляции возрастал от 1-го года жизни к 3-му.

При беспокровном посеве на черноземах обыкновенных за 3 года жизни люцерны орошение способствовало повышению суммарной урожайности сухого вещества с 20,9 до 32,2 т/га (в 1,54 раза), а при применении бактериальных и минеральных удобрений — до 37,8 т/га (см. табл. 1).

В засушливые годы среднесуточный прирост сухого вещества надземной массы без орошения составил 91,7 кг/га, при поливах — 183,1 кг/га. Коэффициент варьирования среднесуточного прироста сухого вещества по укосам при пооливе составил 26,5%, при орошении — 14,7%.

При совокупности приемов орошения, биопрепарата и минеральных удобрений суммарный сбор сырого протеина за 3 года жизни люцерны в среднем увеличился на 3962 кг/га (в 1,99 раза).

Суммарный выход обменной энергии при беспокровном посеве люцерны на черноземах обыкновенных за 3 года жизни составил на богаре 219,4 ГДж/га (в контрольном варианте) и 270,1 ГДж/га (при инокуляции + РВМо), при орошении — соответственно 351,0 и 461,2 ГДж/га. Чистая дополнительная энергетическая прибавка (по ОЭ) от совместного применения бактериального и минеральных удобрений составила 229,6 ГДж/га, коэффициент энергетической эффективности возделывания люцерны при этом был 9,80, в контроле — 6,19.

Инокуляция обеспечила за 3 года жизни травостоя чистую дополнительную прибавку энергии на богаре

26 ГДж/га, при орошении — 58 ГДж/га, а при орошении + РВМо — 106 ГДж/га; эффективность поливов по этому показателю составила без удобрений 123 ГДж/га, а при применении биопрепарата и минеральных удобрений — 182 ГДж/га.

Биохимический и минеральный состав надземной массы, листьев и стеблей люцерны в определенной степени определялся размером биологической азотфиксации, метеорологическими условиями и агроприемами возделывания растений и изменялся по укосам и годам жизни травостоя (см. табл. 2).

Листья по сравнению со стеблями характеризуются более высоким (в 2,0-2,2 раза) содержанием сырого протеина (сП), незаменимых аминокислот, каротина, обменной энергии (ОЭ к.р.с.), фосфора (в 1,16 раза), кальция (в 1,12—1,24 раза) и меньшей концентрацией сырой клетчатки (сК) — (в 2,11 раза) и калия (в 1,6-1,65 раза). При совместном применении орошения, бактериальных и минеральных удобрений верхняя часть стеблей по кормовым достоинствам приближалась к листьям. Эти факторы на биохимический состав и энергетическую ценность стеблей влияли сильнее, чем на качество листьев, при этом существенно улучшались кормовые достоинства всей надземной массы люцерны (табл. 2).

При посеве люцерны под покров яровых зерновых припосевное внесение  $P_{30}$ ,  $P_{30}K_{30}$ ,  $N_{30}P_{30}$  и  $N_{30}P_{30}K_{30}$  в ее рядки способствовало увеличению выживаемости и усилению роста подпокровной культуры, ускорению формирования ФСП, особенно при орошении и с инокуляцией, при этом припосевное внесение  $P_{30}$  и особенно  $P_{30}K_{30}$  в рядки люцерны, высеваемой под покров яровых зерновых, оказывает положительное влияние на формирование симбиотического аппарата, которое резко усиливается при инокуляции семян активным штаммом *Rhizobium*. Такое влияние этих приемов накапливается в фитоценозе, что

создает эффект усиления их последовательности с увеличением возраста травостоя. Указанные мероприятия, проведенные при посеве люцерны под покров овса, в сумме за 3 года ее жизни без орошения увеличили показатель симбиотической азотфиксации на 106 кг/га, а урожайность сухого вещества — на 5,9 т/га (см. табл. 3).

Азотные удобрения  $N_{30}$ , внесенные совместно с  $P_{30}$  и  $P_{30}K_{30}$  при подпоровном посеве люцерны в рядки, оказали отрицательное влияние на формирование и деятельность симбиотического аппарата люцернового травостоя только в 1-м укосе. В последующие же периоды наблюдалась противоположная картина. В целом за 3 года жизни размер симбиотической азотфиксации в люцерновом травостое под действием рядкового припосевного применения  $N_{30}P_{30}K_{30}$  на фоне искусственной инокуляции семян был практически таким же, как и в варианте  $P_{30}K_{30}$ . При этом под действием  $N_{30}$  (на фоне  $P_{30}K_{30}$ ) урожайность сухого вещества в сумме за 3 года увеличилась на 3,2 т/га и составила 48,6 т/га (см. табл. 3).

Внесение рядкового удобрения  $P_{30}$ ,  $P_{30}K_{30}$ ,  $N_{30}P_{30}$ ,  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при посеве люцерны под покров овса повышало сбор сырого протеина, особенно при инокуляции семян активным штаммом клубеньковых бактерий.

Совместное применение активного штамма клубеньковых бактерий и рядковое припосевное внесение  $N_{30}P_{30}K_{30}$  способствовало увеличению сбора сырого протеина за 3 года жизни люцерны на 2324 кг/га (в 1,31 раза). При этом отмечено существенное повышение энергетической эффективности возделывания люцерны. В среднем за 3 года жизни травостоя суммарный выход обменной энергии в контрольном варианте составил 421 ГДж/га, под действием инокуляции он увеличился без применения рядкового удобрения на 48,3 ГДж/га, при рядковом припосевном внесении  $N_{30}P_{30}K_{30}$  — на 68,2 ГДж/га,

а при сочетании инокуляции и рядкового удобрения — на 114,5 ГДж/га. Соответственно увеличилась чистая прибавка по обменной энергии (см. табл. 3).

Исследования показали, что эффективность припосевного внесения удобрений в рядки люцерны, инокулированной штаммом 425а, высеянной под покров в междуурядья яровых зерновых, увеличилась при орошении. В последнем случае добавка рядкового припосевного удобрения минерального азота из фактора, ингибирующего симбиотическую азотфиксацию, превращалась в стимулятор роста люцерны и симбиоза в посевах (табл. 4).

Эффективность орошения увеличилась при внесении припосевного рядкового удобрения, прибавка от полива в варианте  $N_{30}P_{30}K_{30}$  достигла 17,8 т/га. Совместное применение орошения и  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при посеве в рядки люцерны повышало сбор сухого вещества на 21,1 т/га или в 1,81 раза, а сырого протеина на 5356 кг/га или в 2 раза (см. табл. 4).

Припосевное внесение удобрений сеялкой СЗТ-3,6 в рядки люцерны было эффективно только при размещении их между рядками покровной культуры. В этом случае наибольший эффект от бактериальных удобрений получен при нанесении их и на семена люцерны и на семена ячменя.

Внесение  $P_{30}$ ,  $P_{30}K_{30}$ ,  $N_{30}P_{30}$ ,  $N_{30}P_{30}K_{30}$  и каждого из этих элементов оказалось энергетически эффективным даже на черноземах выщелоченных. Чистая дополнительная прибавка по обменной энергии от орошения составила за 2 года жизни травостоя 184,8 ГДж/га, от применения рядкового удобрения  $N_{30}P_{30}K_{30}$  — 40,5 ГДж/га; от совокупности этих факторов — 279,4 ГДж/га. Коэффициент энергетической эффективности возделывания люцерны в течение 2 лет составил 7,42, а при совместном орошении и внесении  $N_{30}P_{30}K_{30}$  — 10,73.

В 1-й год жизни травостоя наибольший выход обменной энергии

Таблица 4

Величина симбиотической азотфиксации и биологическая урожайность сухого вещества в зависимости от орошения и минеральных удобрений, внесенных в рядки при посеве люцерны под покров овса (чернозем выщелоченный; инокуляция семян штаммом 425а; в среднем по двум закладкам опыта в 2001-2003 гг.)

Показатель	Контроль		P <sub>30</sub>		P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
N <sub>биол.</sub> , кг/га, Σ за 2 года	332	633	348	668	366	711	352	690	369	737
Сбор сП, кг/га, Σ за 2 года	5196	8800	5355	9028	5559	9388	5667	9659	6052	10552
E <sub>ф</sub> — выход ОЭ, ГДж/га	286,3	479,1	295,0	497,4	307,4	518,2	313,4	532,4	333,5	581,4
E <sub>т</sub> — затраты энергии, ГДж/га	33,8	41,8	34,3	42,3	34,6	42,6	37,2	45,2	40,5	49,5
Прибавка (энергет. доход), ГДж/га										
ΔE=E <sub>ф</sub> -E <sub>т</sub>	252,5	437,3	260,7	455,1	273,0	475,6	276,2	487,2	293,0	531,9
Сбор сухого вещества, т/га:										
В 1-й год	9,0	13,7	9,2	13,8	9,4	14,8	9,5	14,7	10,2	16,4
K <sub>в</sub> , %	23,3	2,9	23,4	0,7	23,4	2,4	22,1	1,7	21,0	1,2
Во 2-й год	16,9	26,0	17,2	26,6	17,9	27,2	18,1	28,4	19,0	30,6
K <sub>в</sub> , %	15,4	0,5	15,4	0,8	16,2	1,2	15,5	2,8	16,8	3,3
Σ за 2 года	25,9	39,7	26,4	40,4	27,3	42,0	27,6	43,1	29,2	47,0
В среднем за год	13,0	19,8	13,2	20,2	13,6	21,0	13,8	21,5	14,6	23,5

HCP<sub>05</sub> ср. частн. = 0,98; HCP<sub>05</sub> орош. = 0,34; HCP<sub>05</sub> удобр. = 0,48.

(138 ГДж/га) и максимальная чистая дополнительная ее прибавка 28,58 ГДж/га была в варианте припосевное внесение N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> + нанесение бактериальных удобрений на семена и люцерны, и ячменя при междурядном подсеве. При перекрестном подсеве в этом варианте указанные показатели составили 110,9 и 5,58 ГДж/га. За счет двойной инокуляции в сочетании с припосевным внесением N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> в рядки люцерны и междурядного размещения ее и покровной культуры белковая про-

дуктивность травостоя 1-го года жизни увеличилась на 718 кг/га.

При разбросном подсеве люцерны под покров ячменя нанесение бактериального препарата *Rhizobium* на его семена (1999-2003 гг.) способствовало увеличению белковой продуктивности за 2 года жизни травостоя на 662 кг/га, а инокуляция семян люцерны — лишь на 268 кг/га (табл. 5).

При разбросном ранневесеннем подсеве люцерны, высеваемой под покров с заделкой семян боронками и кольча-

Таблица 5

Эффективность разных способов применения нитрагина при разбросном подсеве люцерны, высеянной под покров ячменя с заделкой ее семян боронками и кольчатками (опытное поле КБГСХА; 1999-2002 гг.)

В среднем, по годам жизни	Без инокуляции				Инокуляция семян							
	1	2	3	4	люцерна				ячмень			
					1	2	3	4	1	2	3	4
1-й	74	9,7	1854	102,1	81	10,0	1922	109,9	91	10,6	2061	112,5
2-й	181	18,5	3583	194,7	190	19,0	3783	208,4	226	20,1	4038	220,1
Σ за 2 года	255	28,2	5437	296,8	271	29,0	5705	318,3	317	30,7	6099	332,6

Примечание. В среднем за 4 закладки; графа 1 — N<sub>биол.</sub>, кг/га; 2 — АСВ, т/га; 3 — сП, кг/га; 4 — ОЭ, ГДж/га.

тыми катками, наибольшее влияние бактериального удобрения на формирование и деятельность ее симбиотического аппарата отмечено при его нанесении на семена покровной культуры (ячменя), а не люцерны. Причем указанные различия увеличивались на 2-й год жизни травостоя: при инокуляции семян ячменя, заделываемых в почву, величина симбиотической азотфиксации была на 36 кг N больше, чем при нанесении на семена люцерны, высеянных поверхностно. При нанесении активного штамма *Rhizobium* на семена ячменя урожайность сухого вещества за 2 года увеличилась на 2,5 т/га, а на семена люцерны — только на 0,8 т/га (см. табл. 5).

Формирование и деятельность симбиотического аппарата люцерны 1-го года жизни, высеваемой под покров яровой зерновой культуры, в определенной степени зависит от вида последней. При посеве под покров ярового ячменя люцерна угнетается в меньшей степени, чем под покров овса, так как последний формирует более мощную корневую и вегетативную надземную массу. Эффективность рядкового применения удобрений под люцерну при ее посеве под ячмень была ниже, чем под овес. Чем сильнее угнетаются под покровом всходы люцерны, тем эффективнее припосевное внесение удобрений в ее рядки (табл. 6).

Наилучшие результаты от применения в качестве покровной культуры ячменя ярового получены при скашивании его на зерносеяж в позднюю молочную спелость, при которой биологическая продуктивность 1 га составила 16,4, а при уборке на зерно — 14,9 т корм. ед. Еще более высокие результаты получены при полупокровном посеве люцерны, высеваемой сеялкой СЗТ-3,6 весной одновременно с ячменем озимым в его междурядья, при этом при ранневесеннем (в феврале) биологическая продуктивность 1 га составила 19,3 т корм. ед., а при обычном весеннем — 17,9 т.

Важнейшим фактором улучшения формирования и интенсификации деятельности симбиотического аппарата люцернового травостоя и продления его продуктивного долголетия является обеспечение чистоты от сорняков посевов в первом укосе 1-го года жизни. За счет послепосевной ручной прополки среднегодовая величина симбиотической азотфиксации, определенная за 4 года жизни люцерны, возделываемой на выщелоченном черноземе, при внесении  $P_{60}$  увеличилась на 1 га на 37 кг N, а при внесении  $N_{30}P_{60}$  — на 83 кг (табл. 7).

Под действием ранневесеннего применения  $N_{60}$  на фоне  $P_{60}$  среднегодовая величина азотфиксации в посевах люцерны за 4 года ее жизни умень-

Т а б л и ц а 6

**Биологическая урожайность (т/га корм. ед.) люцерны в зависимости от вида, срока посева и уборки покровной культуры** (опытное поле КБГСХА; среднее по двум закладкам опытов в 2002-2004 гг.)

В среднем, по годам жизни	Ячмень яровой (весенний посев)		Ячмень озимый на зеленый корм (полупокров)	
	на зерно в полную спелость	на зерно в позднюю молочную спелость	весенний посев	посев в феврале
Покровная культура	3,3	3,9	2,6	2,9
1-й	9,9	11,9	14,8	15,9
2-й	16,7	17,3	18,7	19,8
Σ за 2 года	26,6	29,2	33,5	35,7
Всего с покровной культурой	29,9	33,1	36,1	38,6
В среднем за 1 год по 2 закладкам опыта	14,9	16,5	18,0	19,3

$HCp_{05} = 0,51$



**Влияние внесения азотных удобрений под 1-й укос  
и послевсходовой прополки на белковую и энергетическую продуктивность люцерны**  
(опытное поле КБ ГСХА, 1996-1999 гг.)

Год жизни травостоя и показатель эффектов	Без прополки		С прополкой	
	P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>
Среднегодовой выход сП за 4 года жизни, кг/га:	2518	2534	2928	3154
в т.ч. за 4-й год, 1999 г. (влажный)	3360	2965	4223	4451
Среднегодовой выход ОЭ за 4 года, ГДж/га:	138,7	139,6	161,4	177,5
в т.ч. за 4-й год, 1999 г. (влажный)	185,1	163,3	232,8	245,2
Затраты на прополку, ГДж/га	—	—	2,1	2,1
Затраты энергии на внесение N <sub>60</sub>	—	5,4	—	5,4
Дополнительная среднегодовая прибавка ОЭ от N <sub>60</sub> , ГДж/га	—	-4,5	—	10,7
Дополнительная среднегодовая прибавка ОЭ от прополки ГДж/га	—	—	22,2	37,9
N <sub>биол.</sub> , кг/га	171	100	208	183
Среднегодовая прибавка СВ за 4 года, кг на 1 кг N	12,5	12,5	14,4	15,2

шилась на 71 кг/га без проведения послепосевной прополки и на 25 кг/га при осуществлении этого приема. При этом среднегодовая урожайность сухого вещества в посевах без прополки была несколько ниже в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> чем при внесении P<sub>60</sub>. При проведении послепосевной прополки наблюдалась обратная картина: в варианте P<sub>60</sub> — 14,4 т/га, а при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> — 15,2 т/га, т.е. на 1 кг азота получено 13 кг сухого вещества. С увеличением засоренности возрастает отрицательное действие азотных удобрений на азотфиксацию и продуктивное долголетие травостоя (табл. 7). Это следует учитывать при возделывании люцерны на орошаемых землях южных регионов, где внесение кислых форм азотных удобрений ускоряло окупаемость оросительных систем [2, 3].

При подсеве люцерны под покров ячменя в 1-й год ее жизни получено обменной энергии на 17,2-18,1 ГДж/га больше, чем при подсеве под овес.

Одноразовая послевсходовая прополка посевов люцерны от сорняков позволила за 4 года ее жизни дополнительно получить на 1 га в варианте P<sub>60</sub> 1641 кг сырого белка, а в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> — 2477 кг. Весеннее внесение под 1-й укос N<sub>60</sub> на фоне P<sub>60</sub> дало прибавку на 1 га в варианте без прополки 16 кг сырого белка, а при прополке —

226 кг. Такая же тенденция отмечена и по выходу обменной энергии с 1 га (см. табл. 7).

Под действием весеннего внесения N<sub>60</sub> на фоне P<sub>60</sub> при 4-летнем использовании люцерны без прополки наблюдалось снижение среднегодовой чистой прибавки по обменной энергии на 4,5 ГДж/га, при проведении послевсходовой прополки — увеличение на 10,7 ГДж/га, т.е. при внесении азота возрастает необходимость эффективной борьбы с сорняками.

### Заключение

Наиболее рациональной стратегией повышения кормовой ценности, азотфиксирующей способности, энергетической и белковой продуктивности, долголетия люцерновых посевов является индуцирование интенсификации роста люцерны в начальные периоды 1-го года жизни травостоя; ускорение формирования травостоя, симбиотического и фотосинтетического аппарата за счет эффективных способов применения активных штаммов *Rhizobium*; улучшения обеспеченности люцерны влагой, макро- и микроэлементами минерального питания; достижения высокой выживаемости и конкурентоспособности всходов люцерны путем уничтожения сорняков в беспо-

кровных посевах, а при подпокровном посеве — благодаря внесению припосевного удобрения в ее рядки и размещению их в междурядьях покровной культуры, а также правильному выбору вида и своевременной уборки последней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бжгумыхов В.С., Катукове М.В., Токбаев М.М. Урожайность и белковая продуктивность люцерны в зависимос-

ти от влажности почвы и обеспеченности элементами минерального питания // Изв. ТСХА, 1997. Вып. 2. С. 176-179. —

2. Кобозев И.В. Оптимизация продукционного процесса в агроэкосистемах. Докт. дисс. М.: МСХА, 1997. С. 117-125. 3. Кобозев И.В., Тюльдюков В.А., Парахин И.В. Предотвращение критических ситуаций в агроэкосистемах. М.: МСХА, 1995. — 4. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. С. 7-57. — 5. Тумирязев К.А. Земледелие и физиология растений. М.: Сельхозгиз, 1957.

#### SUMMARY

To increase both energy and economic effectiveness of alfalfa cultivation it is advisable to choose profitable cultural practices for this crop based upon symbiotic nitrogen fixation intensification, growth and increase in competitiveness of alfalfa component in agrocoenosis at early stages of their formation.