

УДК 633.31:631.461.5:631.442.4

РОЛЬ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ В ПОВЫШЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ АЗОТФИКСАЦИИ КЛУБЕНЬКОВЫМИ БАКТЕРИЯМИ ЛЮЦЕРНЫ НА ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ РСО-АЛАНИЯ

А.Т. ФАРНИЕВ, А.Х. КОЗЫРЕВ

(Горский государственный аграрный университет)

Изучено влияние некоторых агротехнических приемов и внесения в качестве удобрений агропуд на интенсивность азотфиксации клубеньковыми бактериями и урожай люцерны на выщелоченных черноземах РСО-Алания

Эффективность возделывания люцерны в хозяйствах РСО-Алания в последние годы резко снизилась. Ее посевы сильно засорены: доля люцерны в травостоях не превышает 50%. Большие выпады ее обусловлены слабой зимостойкостью и плохой обеспеченностью растений необходимыми элементами питания. Все это связано, в первую очередь, с тем, что симбиотическая азотфиксация люцерны крайне ослаблена, растения страдают от азотного голодания, плохо растут и развиваются, формируют низкие урожаи [1, 7, 9].

К факторам, лимитирующим продуктивность и азотфиксацию люцерны, следует отнести реакцию почвенного раствора [2], содержание доступных форм фосфора, калия, молибдена, бора и других элементов питания.

Оптимальное содержание в поч-

ве фосфора интенсифицирует рост корневой системы, особенно образование корневых волосков, активизирует деятельность клубеньковых бактерий, увеличивает число и величину клубеньков на корнях. Положительное влияние фосфора связывают с потребностью в нем клубеньковых бактерий, которым он необходим для синтеза клеточного вещества.

Значение калия обусловлено его участием в образовании и передвижении углеводов [5, 10, 11], поддержании тургорного давления у растений, особенно в сухую и жаркую погоду, когда резко возрастает транспирация, снижается синтез макроэргических соединений [3] и понижается азотфиксирующая активность клубеньковых бактерий [14].

Наличие молибдена в почве является обязательным условием

при поглощении азота из воздуха бобовыми растениями. Этот элемент является составной частью ферментов, катализирующих реакции азотного обмена, а при его недостатке ослабляется деятельность симбиотического аппарата [4, 12].

Стимулирующее действие бора на процесс роста и развития прежде всего связано с его участием в соединении ткани корня с клубеньковыми бактериями при помощи развития волокнистых пучков. Под влиянием бора усиливаются углеводный обмен и скорость передвижения сахаров [6, 12].

Недостаток перечисленных выше элементов питания растений в почве ликвидируется путем внесения минеральных и органических удобрений. В последнее время в этих целях применяются также нетрадиционные средства и удобрения [8]. Однако широкое применение нетрадиционных, особенно местных удобрений требует детального изучения эффективности их воздействия на процесс азотфиксации у растений в конкретных климатических и почвенных условиях.

Цель наших исследований — сравнительное изучение эффективности использования различных удобрений, в том числе и нетрадиционных, а также агротехнических приемов в летних беспокровных посевах люцерны на выщелоченных черноземах РСО-Алания.

Методика

Полевой опыт был проведен в 1995—1996 гг. на опытном поле

Горского государственного университета. Выщелоченные черноземы расположены в IV агроклиматической зоне достаточного увлажнения РСО-Алания. Почвообразующие породы — карбонатные лессовидные суглинки и глины, поэтому глинистая фракция преобладает в механическом составе почвы и является основным источником пополнения содержания микроэлементов. Эти почвы на разных глубинах подстилаются слоем галечника, мощность которого достигает 10 м и более, что ограничивает доступность грунтовых вод растениям.

Мощность почвенного профиля на опытном участке — 1,47 м, пахотного горизонта — 35 см. В слое 0—30 см содержание фосфора по Труогу — 13,8, калия — 12 мг/100 г, полибдена и бора — соответственно 0,25 и 0,5 мг/кг, $pH_{\text{сол}}$ 5,8—6,0, т.е. благоприятная для симбиоза.

Оптимальными для процессов фиксации азота принято считать содержание в почве подвижного фосфора — 12—15 мг, обменного калия — 15—18 мг/100 г, молибдена и бора — 0,4 и 1,0 мг/кг [9].

В опыте для изменения содержания фосфора и калия в почве на 1 мг на 100 г вносили в расчете на 1 га 90 кг P_2O_5 и 60 кг K_2O . Необходимые дозы молибдена и бора — соответственно 0,15 и 0,5 мг на 1 кг почвы. Их применяли в соответствующих вариантах путем предпосевной обработки семян молибденовокислым аммонием и опрыскивания почвы раствором борной кислоты перед посевом. Простой суперфосфат и хлористый калий использовали в качестве основного удобрения.

Нетрадиционными удобрениями были агроруды — ирлит 1 и ирлит 7 (Алагирское месторождение, В.Б. Цогоев) в порошковидной форме. Их вносили при посеве. К основным достоинствам следует отнести содержание большого количества микроэлементов, в том числе Cu, Zn, Mo, V, Mn, Fe²⁺, Fe³⁺, Ti и др. Одна тонна таких агроруд обеспечивает средний вынос микроэлементов с 1 га сельскохозяйственными культурами. Данные о валовом запасе химических элементов в 1 т приведены в нашей предыдущей статье [13].

Содержание гумуса в ирлите 1 и ирлите 2 соответственно 0,6 и 3,89%, P₂O₅ — 2950 и 2085, K₂O — 2000 и 836, Ca — 13,4 и 13,6, Mg — 6,6 и 6,6 мг/кг, рН_{кол} — 7,4 и 3,8. В зависимости от содержания гумуса в ирлитах их окраска изменяется от светло-палевой до темной и темно-серой.

В опыте применяли также побочные продукты промышленного производства: кукурузный экстракт крахмалопаточного цеха Беслановского мансового комбината (БМК) и смазывающую охлаждающую жидкость (СОЖ) — отходы завода «Кристалл».

Кукурузный экстракт вносили при посеве в дозе 200 кг/га. В его состав входили: белок — 20%, жир — 2,76, БЭВ — 23,93, зола — 8,98, клетчатка — 0,69%. Содержание сухого вещества — 44%. Экстракт дополняли микроэлементами и витаминами растительного происхождения, а также нейтрализовали известью с тем, чтобы довести реакцию раствора до уровня рН выщелоченных черноземов, т.е. до рН 6,0.

СОЖ можно применять в каче-

стве прилипателя при инокуляции семян. В его химическом составе преобладают ароматические углеводороды — олеиновая кислота (1,5—2%) и веретенные масла (9%), а остальную часть составляет вода. По действию на растения СОЖ сравнивают с препаратом, регулирующим рост, — 30% растворимым порошком гумата натрия. При использовании гумата натрия или СОЖ в вариантах с ризоторфином необходимый при инокуляции объем воды (2%) заменяли тем же объемом 3% водного раствора гумата натрия или СОЖ.

Схема опыта была следующей: 1 — контроль, 2 — ризоторфин, 3 — ирлит 1, 4 — ирлит 7, 5 — ризоторфин + 90Р60К + Мо, В, 6 — то же + ирлит 1, 7 — то же, что в варианте 5, + ирлит 7, 8 — гумат натрия, 9 — СОЖ, 10 — экстракт, 11 — гумат натрия + ризоторфин, 12 — СОЖ + ризоторфин, 13 — экстракт + ризоторфин.

Площадь делянок — 36 м², размещение их рендомизированное. Повторность опыта — 4-кратная.

Объект исследования — сорт люцерны синегибридной Кизлярская (районированный по Северному Кавказу). Посев проводили рядовым способом, норма высева — 14 кг/га.

Количество биологически связанного азота в вариантах определяли по УАС, АСП и параметрам симбиотического аппарата в разные фазы развития растений по методу Г.С. Посыпанова [9].

Результаты и их обсуждение

Применение ризоторфина в условиях выщелоченных черноземов увеличивало размеры симби-

отического аппарата люцерны как на ранних фазах ее развития, так и в период максимального формирования клубеньков. Масса клубеньков (табл. 1) к фазе вет-

вления в расчете на 1 га была выше, чем в контроле, на 4,8 кг, а к фазе бутонизации — на 164 кг, что явилось результатом увеличения их численности.

Т а б л и ц а 1

Масса клубеньков у люцерны в разные фазы развития при инокуляции семян ризоторфином (в среднем за 1995—1996 гг.)

Вариант опыта	Ветвле-	Бутони-	Ветвле-	Бутони-
	ние	зация	ние	зация
	на 1 растение, мг		на 1 га, кг	
1 — контроль	24,4	140,0	48,8	280,0
2 — ризоторфин	26,8	222,4	53,6	444,8
3 — ирлит 1	28,4	220,4	56,9	440,8
4 — ирлит 7	28,0	214,0	56,0	428,0
5 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B	30,0	253,6	60,0	506,2
6 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B + ирлит 1	51,6	312,4	103,2	624,8
7 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B + ирлит 7	42,8	314,4	85,6	628,8

Припосевное внесение нетрадиционных агроруд по эффективности не уступало инокуляции и даже несколько превосходило ее. Уже в фазу ветвления в варианте с ирлитом 1 и ирлитом 7 в посевах люцерны масса клубеньков составляла 56,9 и 56,0 кг/га при средней густоте стояния растений 2 млн/га.

Равнозначимость эффекта их применения относительно инокуляции обусловлена, по-видимому, тем, что в семенное ложе или в ризосферу проростков доставляется поливалентное микроудобрение, не повышающее, как традиционные минеральные удобрения, концентрацию почвенного раствора. Доступные в использовании микроэлементы усиливают процесс азотфиксации.

При внесении оптимальных доз макроудобрений, а также молибдена на фоне инокуляции в фазу

бутонизации масса клубеньков была выше, чем в вариантах с одними ирлитами (варианты 3 и 4), но значительно большее ее увеличение наблюдалось при добавлении к указанным удобрениям ирлита 1 и ирлита 2 (соответственно на 118,6 и 122,6 кг/га). Положительный эффект последних следует объяснить их большой влагоемкостью и созданием лучших условий влажности вблизи корней.

Более точную оценку эффективности применяемых удобрений дает метод расчета количества накапливаемого азота по АСП и УАС при среднем показателе УАС 8 г азота на 1 кг клубеньков в сутки (табл. 2). В естественных фитоценозах АСП посевов люцерны находился на уровне 20270,2 кг/га, что примерно составляет 162,2 кг фиксированного азота на 1 га. В варианте с ино-

куляцией посевы люцерны могут связывать до 235,9 кг азота воздуха на 1 га, что на 73,7 кг больше, чем в контроле, при этом АСП соответственно на 45,4% выше.

В варианте 90P60K + Mo,B на

фоне инокуляции фиксация азота и АСП были соответственно на 102,5 кг/га и 63,2% выше, чем в контроле, что свидетельствует о более интенсивном формировании активных клубеньков.

Т а б л и ц а 2

Интенсивность азотфиксации в посевах люцерны к фазе бутонизации при внесении различных удобрений

Вариант опыта	АСП		Фиксировано азота при УАС 8 г/кг, кг/га	
	кг ·сут/га	% к контролю	всего	прибавка
1 — контроль	20270,2	—	162,2	—
2 — ризоторфин	29482,6	45,4	235,9	73,7
3 — ирлит 1	29390,8	45,0	235,1	72,9
4 — ирлит 7	28651,0	41,3	229,2	67,0
5 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B	33089,8	63,2	264,7	102,5
6 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B + ирлит 1	41827,0	106,3	334,6	172,4
7 — ризоторфин + 90P60K + Mo,B + ирлит 7	41092,6	102,7	328,7	166,5

АСП еще больше повышался (на 106,3 и 102,7%) при использовании агротруд на фоне макро- и микроудобрений с инокуляцией семян ризоторфином. Вероятно, внесенные при посеве семян глины изменили в лучшую сторону водно-физические свойства почвы, что способствовало повышению интенсивности азотфиксации.

В опыте было выявлено также и положительное влияние на интенсивность азотфиксации ряда агротехнических приемов, которое более рельефно проявилось в фазу бутонизации (табл. 3). Так, прибавки массы клубеньков в вариантах с СОЖ и экстрактом составили 25,6 и 32,4 мг на 1 растение. Кроме указанного положительного влияния этот прием

можно считать одним из способов экологической утилизации отходов производства.

Положительный эффект от внесения экстракта можно объяснить тем, что он является хорошим источником энергии для микроорганизмов почвы, в том числе и азотфиксирующих.

Об эффективности применения гумата натрия как стимулятора роста говорят результаты исследований многих ученых. В нашем опыте масса клубеньков в варианте с данным препаратом в фазу бутонизации была на 29,6 кг/га выше, чем в контроле. Однако внесение гумата натрия на фоне инокуляции оказалось еще более эффективным: прибавка массы клубеньков составила 80 кг/га.

Таблица 3

Масса клубеньков у люцерны в разные фазы развития
(в среднем за 1995—1996 гг.)

Вариант опыта	Ветвление	Бутонизация	Ветвление	Бутонизация
	на 1 растение, мг		на 1 га, кг	
1 — контроль	24,4	140,0	48,8	280,0
2 — гумат натрия	25,2	154,8	50,4	309,6
3 — СОЖ	24,8	165,6	49,6	331,2
4 — экстракт	25,2	172,4	50,4	344,8
5 — гумат натрия + ризоторфин	27,6	180,0	55,2	360,0
6 — СОЖ + ризоторфин	28,8	234,4	57,6	468,8
7 — экстракт + ризоторфин	28,4	224,4	56,8	448,8

Применение СОЖ на фоне инокуляции дало наилучший результат: в фазу бутонизации масса клубеньков достигла 468,8 кг/га. Несколько более низким значение этого показателя было при внесении экстракта на фоне инокуляции (448,8 кг/га). Следовательно, внесение в почву свежего органического вещества усиливает деятельность микроорганизмов почвы, в том числе и активных

штаммов клубеньковых бактерий.

Более точную характеристику используемых агроприемов дает табл. 4. Так, в варианте с гуматом натрия АСП посевов люцерны было на 8,3% выше контроля, а в варианте с тем же регулятором роста, но на фоне инокуляции семян ризоторфином — на 23,0%. Количество фиксированного азота в этих условиях доходило до 199,5 кг/га.

Таблица 4

Интенсивность азотфиксации в посевах люцерны
при использовании некоторых агротехнических приемов

Вариант опыта	АСП		Фиксировано азота при УАС 8 г/кг, кг/га	
	кг · сут/га	% к контролю	всего	прибавка
1 — контроль	20270,2	—	162,2	—
2 — гумат натрия	21952,0	8,3	175,6	13,4
3 — СОЖ	23075,2	13,8	184,6	22,4
4 — экстракт	23852,8	17,7	190,8	28,6
5 — гумат натрия + ризоторфин	24932,8	23,0	199,5	37,3
6 — СОЖ + ризоторфин	30937,6	52,6	247,5	85,3
7 — экстракт + ризоторфин	29814,4	47,1	238,5	76,3

Обработка семян СОЖ и внесение в почву кукурузного экстракта дали почти одинаковый результат, хотя несколько предпочтительнее выглядел последний вариант. Превышение АСП над контролем составило соответственно 13,8 и 17,7%, а количество фиксированного азота — 184,6 и 190,8 кг/га.

Более интенсивное связывание азота атмосферы наблюдалось в вариантах с применением изу-

емых препаратов (гумата натрия, СОЖ и экстракта) на фоне инокуляции. Так, в варианте СОЖ + ризоторфин накопилось в расчете на 1 га 247,5 кг азота из воздуха, а АСП был на 52,6% выше контроля, в варианте экстракт + ризоторфин АСП — соответственно 238,5 кг/га и 47,1%.

Повышение интенсивности азотфиксации отражается и на урожае зеленой массы люцерны (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Урожай зеленой массы люцерны (ц/га — числитель, % к контролю — знаменатель) при внесении в почву разных видов удобрений (среднее за 2 года)

Вариант опыта	Урожай зеленой массы	Масса корней	Сбор сухого вещества	Сбор протенна
1 — контроль	313,2	82,4	62,4	12,32
2 — ризоторфин	<u>420,0</u> 34,1	<u>107,2</u> 30,1	<u>91,6</u> 46,7	<u>16,64</u> 35,1
3 — ирлит 1	<u>393,2</u> 25,5	<u>94,9</u> 15,2	<u>84,0</u> 34,6	<u>16,88</u> 37,0
4 — ирлит 7	<u>384,0</u> 22,6	<u>93,7</u> 13,7	<u>74,8</u> 20,0	<u>14,56</u> 18,2
5 — ризоторфин + 90Р60К + Мо,В	<u>497,2</u> 58,7	<u>129,1</u> 56,7	<u>108,8</u> 74,4	<u>21,44</u> 74,0
6 — ризоторфин + РКМоВ + ирлит 1	<u>512,0</u> 63,5	<u>129,9</u> 57,6	<u>108,8</u> 74,4	<u>19,12</u> 55,2
7 — ризоторфин + РКМоВ + ирлит 7	<u>490,4</u> 56,6	<u>118,6</u> 43,9	<u>103,6</u> 66,0	<u>21,24</u> 72,4
НСР ₀₅	<u>42,9</u> 10,4	—	—	—

Обработка семян люцерны ризоторфином перед посевом обеспечила увеличение урожая на 34,1% по сравнению с контролем. Менее эффективными оказались агроруды ирлит 1 и ирлит 7: прибавки — соответственно 25,5 и

22,6% к контролю. Более высокая эффективность отмечена в вариантах 5, 6 и 7, где на фоне инокуляции применялись макро- и микроудобрения, а также агроруды: прибавка к контролю — 58,7, 63,5, 56,6%.

Аналогичная картина наблюдалась и по сбору сухого вещества. Агроруды ирлит 1 и ирлит 7 и в данном случае проявили меньшую эффективность, чем применение ризоторфина, а лучшими оказались варианты 5, 6 и 7: прибавки — 66,0—74,4%.

Существенное влияние оказали удобрения и на сбор протенна. При этом применение ирлита 1 было более эффективным, чем инокуляция семян (прибавки к контролю 37,0 и 35,1%). Наиболее низким оказался сбор протенна при внесении ирлита 7 (18,2%), что следует объяснить кислой реакцией этого удобрения. Внесение макро- и микроудобрений совместно с агрорудами на фоне инокуляции семян ризоторфином (варианты 5, 6 и 7) способствовало резкому увеличению сбора протенна (прибавки к контролю 74,0, 55,2 и 72,4%). По отношению к уровню этого показателя в варианте

2 (инокуляция семян ризоторфином) сбор протенна в вариантах 5, 6 и 7 был соответственно выше в 2,1, 1,5 и 2 раза.

Используемые в опыте агротехнические приемы по-разному влияли на урожай зеленой массы люцерны (табл. 6). Их эффективность оказалась значительно ниже эффективности удобрений, а прибавки урожая к контролю составили 18,3—38,3%. Наименее эффективными были стимулятор роста — гумат натрия без инокуляции и на се фоне (18,3 и 19,2), а также экстракт (19,6%). В этих вариантах незначительной была прибавка массы корней люцерны к контролю (16,9; 17,1 и 17,1).

Несколько больший эффект дало применение СОЖ (26,8%) и экстракта на фоне ризоторфина (25,2%). Наибольшую прибавку урожая получили при использовании СОЖ на фоне ризоторфина

Таблица 6

Урожай зеленой массы люцерны (ц/га — числитель, % к контролю — знаменатель) в вариантах с разными агротехническими приемами (среднее за 2 года)

Вариант	Урожай зеленой массы	Масса корней	Сбор сухого вещества	Сбор протенна
1 — контроль	313,2	82,4	62,4	12,32
2 — гумат натрия	<u>370,4</u> 18,3	<u>96,3</u> 16,9	<u>82,0</u> 29,5	<u>14,48</u> 17,5
3 — СОЖ	<u>397,2</u> 26,8	<u>98,4</u> 19,4	<u>89,2</u> 42,9	<u>17,76</u> 44,2
4 — экстракт	<u>374,8</u> 19,6	<u>96,5</u> 17,1	<u>62,4</u> —	<u>12,32</u> —
5 — гумат натрия + ризоторфин	<u>373,2</u> 19,2	<u>96,5</u> 17,1	<u>74,4</u> 19,2	<u>15,00</u> 21,8
6 — СОЖ + ризоторфин	<u>433,2</u> 38,3	<u>105,4</u> 27,9	<u>93,2</u> 49,4	<u>18,44</u> 49,7
7 — экстракт + ризоторфин	<u>392,0</u> 25,2	<u>98,4</u> 19,4	<u>82,4</u> 32,1	<u>17,24</u> 39,9
НСР ₀₅	<u>42,9</u> 10,4			

(38,3%). Самой большой была и масса корней в этом варианте (43,9%). По сбору сухого вещества лучшими вариантами оказались 3-й (СОЖ), 6-й (СОЖ + ризоторфин) и 7-й (экстракт + ризоторфин): прибавки к контролю соответственно 42,9, 49,4 и 32,1%. В этих же вариантах значительно повысился сбор протеина (44,2, 49,7 и 39,9% к контролю).

Выводы

1. Инокуляция семян люцерны перед посевом активным штаммом ризоторфина способствовала увеличению размеров симбиотического аппарата на ранних фазах развития люцерны и в период максимального формирования клубеньков.

2. Наиболее развитым был симбиотический аппарат при совместном внесении агроруд, макро- и микроудобрений на фоне инокуляции.

3. Положительное действие на размеры симбиотического аппарата смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ), кукурузного экстракта и гумата натрия проявлялось только в период максимального формирования клубеньков — в фазу бутонизации.

4. Использование СОЖ и кукурузного экстракта было более эффективным, чем применение стимулятора роста — гумата натрия.

5. Наибольший урожай люцерны получен в вариантах с использованием на фоне инокуляции макро- и микроудобрений, а также агроруд ирлита I и ирлита 7.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березова С.Ф., Доросинский П.М. Бактериальные удобрения. М.: Изд-во с.-х. лит., журн., плак. 1961, с. 146—147. — 2. Вавилов П.П., Посытанов Г.С. Бобовые, азот и проблема белка. — Вестн. с.-х. науки, 1978, № 9. — 3. Выскребская Э.И., Курсанов А.В. Физиол. раст., 1959, вып. 5, № 6. — 4. Гладкий М.Ф., Буркин И.А. Селект. и семеновод., 1961. — 5. Ильин С.С. Химизация соц. землед., 1939, № 6, с. 47. — 6. Минеев Агрохимия. М.: Изд-во МГУ, 1980. — 7. Мишустин С.Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. — 8. Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Нетрадиционные мелниорирующие средства и удобрения. — Почвоведение, 1996, № 4, с. 517—523. — 9. Посытанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. — 10. Райчевая П.Б. Изв. центр. научн.-исслед. ин-та почвовед. и агротехн., 1962, № 4, с. 167. — 11. Ратнер Е.И. Физиология растений, 1965. — 12. Туркова Н.С. Физиол. с.-х. раст., т. 6, с. 79, 343—345. — 13. Фарниев А.Т., Герасименко М.В. Повышение интенсивности симбиотической азотфиксации посевов клевера при использовании агроруд морского происхождения. — Изв. ТСХА, 1997, вып. 4, с. 206—214. — 14. Федоров М.В., Подъяпольская В.П. ДАН СССР, 1950, вып. XVII.

Статья поступила 18 сентября
1997 г.

SUMMARY

Effect of some agrotechnical practices and of application of local agronomical ores as fertilizers on intensiveness of nitrogen fixation by nodule bacteria and yield of alfalfa on leached chernozems in Northern Ossetian Republic — Alaniya has been studied.