
ПОВЫШЕНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ДОЛГОЛЕТНИХ КУЛЬТУРНЫХ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ, СОЗДАВАЕМЫХ НА ПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ

**Э.Э. Темирсултанов, И.В. Васильева, Н.Е. Рязанова,
Н.Д. Хоменко, В.Н. Пряхин**

Экологический Центр
Общество восстановления и охраны природы
Новинский бульвар, 28/35, Москва, Россия, 121069

Влияние минеральных азотных удобрений на биологическую азотфиксацию определяется комплексом антропогенных факторов. Показана общая тенденция увеличения отрицательного влияния азотных удобрений на бобовые растения. Это определяется, в первую очередь, усилением конкурентоспособности за элементы питания, свет и воду, а также изменением деятельности почвенной микрофлоры. В Нечерноземной зоне внесение азотных удобрений под клеверо-тимофеечную смесь всегда дает прибавку большую, чем под клевер луговой. В естественных травостоях увеличить содержание бобовых можно за счет объемного рыхления дернины на фоне предварительного внесения извести и фосфорно-калийных удобрений, обогащенных микроэлементами.

Многолетние исследования на основе полевых и производственных опытов, проведенные в 1993—2005 гг., позволили сделать вывод о том, что влияние минеральных азотных удобрений на биологическую азотфиксацию определяется комплексом геобиоценологических и антропогенных факторов. При этом отмечена общая тенденция увеличения отрицательного влияния азотных удобрений на деятельность симбиотического аппарата бобовых растений при увеличении содержания в травостое злаковых трав и других небобовых видов, особенно пырея ползучего, амброзии полынолистной. Это определяется, в первую очередь, усилением конкурентоспособности небобовых видов за элементы питания, свет и воду, а также изменением деятельности почвенной микрофлоры, которое обусловлено поступлением в почву веществ ингибирующего действия. Например, у пырея ползучего в корневищах содержится до 6—7% дубильно-красящих веществ, а растительная масса амброзии и полыней обогащена эфирными маслами (до 2,5% по сухому веществу) и другими биологическими активными веществами, в том числе гликозидами и алколоидами. Во время дефицита влаги (Ярославская обл.) в модельных опытах отмечается некоторое угнетающее действие скошенной массы амброзии и полыней на вегетирующие растения клевера, при этом количество клубеньков на его корнях уменьшается на 10—22%, одновременно ускоряется развитие (старение) растений. У растений клевера, произрастающих в зоне распространения корней сорняков, резко снижается количество клубеньков (в первую очередь развитых). Особенно это проявляется при засорении амброзией полынолистной. Более того, бобовые, фиксируя азот воздуха, обогащают им почву, поэтому при достаточной влажности в бобовый

травостой внедряются первоначально небобовые растения с ранним появлением всходов. В дальнейшем в процессе вытеснения или изреживания бобовых ускоряется развитие в травостое и других видов, которые имеют мощную корневую систему в верхнем слое и хорошо реагируют на улучшение азотного питания. Исчерпав запасы почвенного азота, злаки и разнотравье создают условия для возобновления присутствия в фитоценозе бобовых видов [1; 2].

Моделирование процессов взаимодействия растений через корневые выделения и продукты разложения растительной массы показало, что отрицательное воздействие небобовых растений на бобовые проявляются в основном при неблагоприятных условиях и снижении микробиологической активности почвы. Например, на легкосуглинистых и супесчаных кислых почвах Калужской области пырей ползучий вытеснял из травостоя бобовые виды, особенно при внесении кислых форм азотного удобрения (сульфат аммония) и в меньшей степени при применении диаммонийфосфата, норвежской и чилийской селитры.

Известкование, внесение микроэлементов, применение нейтральных или слабощелочных форм азотных удобрений в этих условиях увеличивало микробиологическую активность почв, ускоряло разложение растительных остатков и замедляло выпадение бобовых из травостоя. На серо-лесных почвах в условиях Ярославской области фактором, снижающим отрицательное воздействие продуктов разложения корневищ пырея ползучего, явилось орошение [2; 3].

Интересно отметить, что в Ярославской области применение кислых форм азотных удобрений и орошение периодическим увлажнением в 1,5—1,7 раза повысило микробиологическую активность почвы и практически сняло отрицательное воздействие внесения в почву междурядной массы амброзии полынолистной или полыней на развитие клубеньков клевера. В контрольном же варианте в этих условиях внесение в почву или на ее поверхность скошенной массы этих видов несколько ухудшало развитие клубеньков и растений клевера.

Следует отметить, что в Ярославской и Владимирской области при орошении практически все клеверо-злаковые травосмеси при содержании клевера менее 70—75% (за исключением клеверо-кострецовой смеси) при внесении азотных удобрений снижали урожайность в целом за год, т.е. прибавка от азота была только в первые 1—2 года. В этих опытах внесение минерального азота под бобово-злаковые травосмеси увеличивало урожайность в 1-м укосе за счет усиленного роста как бобовых, так и злаков. Однако в последующие периоды злаки, за исключением костреца безостого, отрастали плохо. Увеличение их фотосинтетической деятельности за счет внесения удобрений не компенсировало снижения урожайности, вызванного вытеснением высокопродуктивного вида (в данном случае люцерны) низкопродуктивным. В таких условиях внесение азотных удобрений, особенно кислых форм, на чистых от сорняков посевах клевера давало большую прибавку урожая, чем на злаковых и клеверо-злаковых травосмесях (табл. 1). Орошение, особенно в сочетании с внесением азотных удобрений, ускоряло вытеснение бобовых видов злаками.

**Эффективность орошения и азотного удобрения
многолетних травостоев в условиях Ярославской обл.
(чернозем обыкновенный, в среднем за 5 лет, 1993—1997 гг.,
в числителе — без орошения, в знаменателе — с орошением)**

Травостой	Сбор сухого в-ва, т/га P100 K160 : PKN 60*4		Прибавка сухого в-ва, кг на 1 кг : 1 м орос. воды N : PK : NPK		
	без орошения	с орошением	без орошения	с орошением	с орошением
Клевер ярославский, 142 кг/га/7,5 млн/га	7,35 12,93	8,67 16,34	5,5 14,2	— 1,82	— 2,51
Кострец безостый 20 кг/га/6,3 млн/га	4,62 7,28	5,84 10,74	5,1 14,4	— 0,95	— 1,70
Овсяница луговая 18 кг/га/9,5 млн/га	3,98 6,55	4,94 8,39	4,0 7,7	— 0,90	— 1,21
Пырей ползучий 16 кг/га/6,0 млн/га	3,06 5,14	4,04 6,46	4,1 5,5	— 0,72	— 0,83
Клевер 14,2 кг/га + кост- рец безостый 10,2 кг/га	7,04 12,46	8,38 15,77	5,6 13,8	— 1,72	— 2,34
Клевер 14,2 кг/га+ овся- ница луговая 10,5 кг/га	6,05 9,76	6,24 10,77	0,8 4,1	— 1,20	— 1,46
Клевер 14,2 кг/га + пы- рей ползучий 9 кг/га	4,7 8,11	4,94 8,78	1,0 2,8	— 1,11	— 1,25
НРС 0,5 ср. частных	0,39	—	—	—	—

В Нечерноземной зоне, особенно на кислых почвах, внесение азотных удобрений под клеверо-тимофеечную смесь всегда давало прибавку большую, чем под клевер луговой, если содержание последнего в травосмеси было меньше 25%.

Эффективным средством сохранения бобовых в травостоях является комбинированный посев травосмесей (2—3 рядка бобовых, 1—3 рядка злаков), а также дифференцированное внесение удобрений: через 40—45 см на глубину 10—15 см фосфорно-калийные удобрения и до 50% азотных удобрений (остальную часть азотных удобрений — поверхностно) [1—5].

В естественных и старовозрастных травостоях увеличить содержание бобовых и усилить биологическую азотфиксацию можно за счет черезполосно-перекрестного объемного рыхления дернины на фоне предварительного внесения извести и фосфорно-калийных удобрений, обогащенных бором и молибденом [6; 7].

В этом случае эффект дает и подсев бобовых трав. Наилучшие результаты получены при сочетании этих приемов с глубоким безотвальным рыхлением почвы. Без обработки дернины подсев бобовых трав практически нерезультативен. Подсев бобовых в старовозрастные травостои следует проводить после 1-го скашивания во влажный год или с последующим орошением (табл. 2).

В лесолуговой зоне из однокомпонентных травостоев при внесении НРК наиболее высокие урожаи дает ежа сборная (9,5 т/га сухого вещества в среднем за 7 лет), кострец безостый и овсяница тростниковая (8,9—9,0 т/га).

Без внесения удобрений преимущество имеет тимофеевка луговая и клеверо-timoфеечная травосмесь. Из злаковых травосмесей при внесении P80K160N60x4 наибольшую урожайность имели трехкомпонентные травостои: ежа сборная + тимофеевка луговая + овсяница луговая (9,63 т/га) и овсяница тростниковая + кострец безостый + тимофеевка луговая (9,2 т/га) [7].

Таблица 2

**Развитие симбиотического аппарата клевера в травосмесях
в зависимости от их состава и содержания фенольных (С) соединений
(в % от воздушного сухого в-ва) в подземной массе злаков
(4-й год опыта 1996 г. — при орошении)**

Травостой	Воздушно-сухая подземная масса, т/га		С, %	Кол-во клубеньков на 1 растение		Масса клубеньков на 1 растение		Масса 1000 шт. активн. г	Содержание гемоглобина мг/г
	Всего	злаков		общее	активных	всех	активных		
Клевер	9,64 10,40	— —	—	132 88	121 53	1912 913	1888 850	15,6 16,0	25,3 21,6
Клевер кострец безостый	99,5 11,29	3,98 6,98	2,4 1,6	80 47	58 22	901 328	853 286	14,7 13,0	19,8 18,4
Люцерна + овсяница луговая	9,37 10,88	3,96 7,96	1,8 1,2	48 29	33 6	456 104	430 70	13,0 11,7	17,5 10,3
Клевер пырей ползучий	9,90 11,45	4,65 8,20	4,6 3,6	39 18	26 4	321 68	292 33	11,2 8,2	12,5 8,0

Примечание: в числителе — P100K160; в знаменателе — P100K100N60 × 4 подземная масса отбирается в слое 0—70 см, по видам определена приблизительно.

При краткосрочном пользовании (до 4 лет) бобово-злаковые травостои с клевером луговым и клевером гибридным обеспечивают сбор сухой массы 5,7—8,0 т/га без внесения азотных удобрений. Еще лучше результаты дают травостои с использованием клевера ползучего сорта «Волат» и овсяницы тростниковой (5,4—9,1 т/га в среднем за 5 лет). Тимофеевка луговая способствует в определенной степени нейтрализации кислотности почвы, а ежа сборная — нет. Последняя вытесняет бобовые из травостоя быстрее, ухудшая развитие их симбиотического аппарата сильнее, чем тимофеевка луговая. Отмечены более высокие колебания урожайности по годам у травостоев на основе ежи сборной. Этот вид травостоев сохраняется 15 и более лет, однако его содержание в фитоценозах часто резко уменьшается из-за плохой перезимовки или из-за порчи своего собственного местообитания, но при благоприятных условиях ежа сборная быстро восстанавливает свое присутствие в травостое, если последний не представлен

пыреем ползучим, то есть опять проявляется синусоидальность в динамике. Следует отметить, что пастбищное использование, особенно в сочетании с орошением и внесением азотных удобрений, ускоряет выпадение из травостоя бобовых, снижая количество клубеньков на их корнях. Этому же способствует повреждение бобовых вредителями и болезнями [5].

Внесение кислых аммонийных форм азотных удобрений увеличивает конкурентную способность тех видов, которые произрастают в условиях дефицита кислорода в почве (щучка дернистая, осоки и т.д.). Нитратные формы лучше используются рыхлокустовыми и корневищевыми злаками, требующими хорошей аэрации почвы.

Вероятность увеличения урожайности бобовых от внесения минерального азота возрастает в направлении от лесостепной зоны на юг и на север, а также с запада на восток в направлении понижения температуры почвы в весенний период.

В условиях Ярославской области на солонцеватых серо-лесных почвах ($\text{pH} > 7,2$) не только орошение, но и внесение кислых форм азотных удобрений (NH_4NO_3) резко увеличивало урожайность клевера, выход обменной энергии, способствуя рассолению почвы, особенно при расположении магистральных каналов в тальвегах, ниже уровня поля и грунтовых вод. При этом азотные удобрения, обладая мелиорирующим эффектом, практически не оказывали по сравнению с фоном Р100 отрицательного влияния на чистую продуктивность азотфиксации в фитоценозе (ΔN уменьшается на 0—33 кг/га). Прибавка на 1 кг азота составила 17,5—20,5 кг сухого вещества и около 230 МДж обменной энергии.

Коэффициент энергетической эффективности применения минерального азота с учетом изменения состояния почвы составил около 300%. Эффективность внесения NH_4NO_3 снижалась в зональном направлении с юга на север и в лесостепной зоне на выщелоченных черноземах (Тамбовская область) становилась равной нулю.

В Ярославской области на серо-лесных почвах внесение азота на фоне РК под клевер энергетически оправдано только при отсутствии значительной засоленности. То же самое относится и к клеверо-кострецовой травосмеси, если содержание злакового компонента не превышает 25%. В Ярославской и Владимирской областях весеннее внесение под клевер 45—60 кг азота на фоне Р90К90 под первый укос из-за слабого развития симбиотического аппарата было эффективным. Под последующие укосы в условиях орошения внесение аммиачной селитры при хорошем формировании клубеньков существенного эффекта не давало, если оценивать снижение размера азотфиксации через энергетический эквивалент [6].

На клевере луговом на кислых почвах Нечерноземной зоны (при $\text{pH} = 5,0$ — $5,3$ и ниже) при плохом формировании симбиотического аппарата на 1 кг азота при внесении его в дозе 60 кг/га получена прибавка соответственно $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 16,5 кг, NH_4NO_3 — 13,7 кг, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4CE — 8,7 и 7,9 кг сухого вещества.

Таблица 3

**Среднегодовая эффективность внесения аммиачной селитры
(N под укос) под клевер при орошении на фоне Р и РК в зависимости
от зонально-почвенных условий (по сравнению с фоном)**

Условия	Прибавка сбора ОЭ, ГДж/га	Чистая прибавка энергии, ГДж/га		Прибавка на 1 кг№		Уменьшение баланса N (азотонакопление)
		ОЭур Еуд	С учетом плодородия почвы ОЭуд+ ЕудЕп	Сух. в-ва	ОЭ, МДж	
Степная зона, чернозем обыкновенный солонцеватый						
Ставропольский край (3 опыта)						
рНвод 7,4—8,2 (N60X6)	81,6	51,6	59,9	19	227	-38
Ростовская область (2 опыта)						
рНвод 7,1—7,4 (N60X5)	61,0	36,0	42,1	17	204	-72
Юг лесостепи, серо-лесные почвы						
Владимирская обл. (3 опыта)						
рНвод 7,0—7,2 (N60X5)	56,0	29,0	35,4	15	187	-142
Лесостепь, чернозем выщелоченный						
Тамбовская область Учхоз ТСХА (2 опыта)						
рНвод 6,8—7,0 (N60X2)	18,6	-0,4	+12	8	89	-191
Лесолуговая зона, дерновоподзолистые почвы после известкования						
Московская область (2 опыта)						
рНсол 6,0—6,4 (N60X2)	4,5	-10,0	-6,5	2,5	3,0	-210
Чернозем слабоподзоленный, лесостепная зона						
Саратовская область (1 опыт)						
рНсол 6,8—7,0 (N60)	20,2	14,5	—	14	168	—

* Результаты получены совместно с И.В. Кобозевым.

Однако в таких случаях экологически и энергетически оправданным приемом оказалось известкование и инокуляция, совмещенная с обработкой семян микроэлементами (бором, кобальтом, молибденом). Клевер вместо одного года давал урожай два года. При этом бактериальный препарат (2 кг/га ризоторфина) лучше всего наносить на семена покровной культуры, а не на семена клевера. В первом случае происходит, вероятно, сохранение и размножение бактерий за счет гидрализатов семян покровной культуры, заделываемых к тому же в более влажный слой почвы, недоступный ультрафиолетовым лучам. Кроме того, поскольку почва до проведения указанных мероприятий была слабо насыщена естественными бактериями, то, возможно, что заражение клевера наступает

в более поздние сроки. Таким образом, в инокуляционном процессе исключается стадия угнетения проростков растения-хозяина; эффект можно объяснить изменением инокуляционного процесса в сторону улучшения заражаемости клевера более эффективной росой.

При посеве клевера и люцерны на дерновоподзолистых почвах желательно третью часть известки вносить под культивацию в верхний слой почвы.

На полях с хорошо окультуренной почвой при рН более 5,6 применение N-удобрений под клевер луговой нецелесообразно, особенно при возделывании местных зимостойких одноукосных форм клевера, так как при внесении N его зимостойкость резко снижается. Зарубежные и двуукосные сорта сильно изреживаются после 1-го года пользования. В этом случае при слабом формировании симбиотического аппарата внесение азотных удобрений на фоне РК обеспечивало урожайность злаковой массы 260—280 ц/га в 1-м укосе.

В целом можно сделать вывод, что внесение N (азотных удобрений) под бобовые культуры оправдано в том случае, если они обладают высокой продуктивностью, а их потенциальные возможности трудно реализовать через активацию симбиотической азотфиксации [1—7]. При этом необходимо соблюдать следующие требования: на 1 кг внесенного N прибавка обменной энергии не должна быть меньше 90 МДж.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Герциу Я.П., Хотов В.С. Обоснование экологически безвредных систем кормопроизводства в условиях мелких и крупных животноводческих ферм // Известия ТСХА. — 1994. — Вып. 2. — С. 5—25.
- [2] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Темирсултанов Э.-П.Э. Оптимизация набора травосмесей с целью обеспечения стабильности производства кормов // М.: Доклады ТСХА, 1996. — Вып. 267. — С. 59—71.
- [3] Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Темирсултанов Э.-П.Э. и др. Разработка концепций (теории) стрессов и кризисных ситуаций в агроэкосистемах и методология применения ее в сельском хозяйстве // М.: ТСХА, МСХиП РФ. Утвержденный МСХиП РФ научный отчет. — 1997.
- [4] Филимонов Д.А. Азотные удобрения на сенокосах и пастбищах. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 176.
- [5] Яблоков А.В., Остроумов С.А. Уровни охраны живой природы. — М.: Наука, 1985. — С. 3—345.
- [6] Ягодин Б.А., Смирнов Л.М., Демин В.А. Оптимизация минерального питания растений при программировании урожая // Известия ТСХА. — 1982. — № 1. — С. 59—67.
- [7] Андреев Н.Г., Загоскин М.Н., Кобозев И.В. Продуктивность многолетних трав в условиях Московской области при разных режимах орошения и удобрения // Известия ТСХА. — 1982. — Вып. 4. — С. 47—58.

**CULTURED LONGSTANDING HAYFIELDS
AND PASTURE BEING MADE ON THE PLOUGH-LANDS
PRODUCTION INCREASE AND STABILIZATION**

**E.E. Temirsultanov, I.V. Vasilieva, N.E. Ryasanova,
N.D. Khomenko, V.N. Pryahin**

Novinskiy, 28/35, Moscow, Russia, 121063

The man-made factors complex is defining nitrogen chemical fertilizers influence on the biological nitrogen fixation. Common tendency of the negative influence of the nitrogen fertilizers increase on the legumes is shown. It is defined, first of all, by the competitiveness amplification for the water, light and nutrition elements. Also it is defined by the activity change of the pit microflora. Application of the nitrogen fertilizers at the Non-chernozem area in the clover-timothy mixture is always more effective, than in the meadow-clover. Using such a method as sod volume tallage against a background of the prior lime and fortified with the trace elements phosphoric-potassium fertilizer application at the unhomogeneous herbage increases the legumes content.