

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.31/.37:631.445

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ФИТОЦЕНОЗОВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ БОБОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

¹ **А.С.Мееровский**, доктор сельскохозяйственных наук

² **А.И.Заболотный**, доктор биологических наук

² **Т.А.Будкевич**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ **А.Л.Бирюкович**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ **Н.В.Марченко**, старший научный сотрудник

¹РУП «Институт мелиорации», ²ГНУ «Институт экспериментальной ботаники»

Ключевые слова: азотфиксирующая активность корневых клубеньков, клевер ползучий, клевер луговой, люцерна посевная, лядвенец рогатый, дерново-подзолистая почва, торфяная почва

Введение

Одним из приоритетных направлений развития травосеяния и луговодства в республике в настоящее время является увеличение в структуре травостоев удельного веса бобовых трав. Многолетние бобовые травы в чистом виде на пашне в 2012 г. должны составлять не менее 50%, бобово-злаковые травостои – порядка 40%. В составе улучшенных сенокосов и пастбищ – ориентир на травостои с бобовыми компонентами. Создаваемые в последние годы многокомпонентные пастбища, площадь которых в 2010 г. превысит 500 тыс. га, в качестве обязательного компонента включают клевер ползучий. При этом очень важно обеспечить продуктивное долголетие всех травостоев с бобовыми травами и повысить эффективность их взаимодействия со злаковыми травами в смешанных посевах на пахотных землях и луговых агроценозах. Способы регулирования видового состава травяных сообществ включают: оптимизацию свойств почв, характеризующих их плодородие (водно-воздушный режим, почвенная кислотность, содержание макро- и микроэлементов); подбор видов и соотношение их в травосмесях; адаптацию травостоев к различным почвенно-климатическим условиям; способ использования травостоев.

Значение бобовых растений велико. В последней четверти XX века при развитой в мире промышленности по производству минеральных азотных удобрений до двух третей азота, потребляемого в сельском хозяйстве, поступает из биологических источников, в основном за счет выращивания бобовых трав. По обобщению Всероссийского института кормов (ВИК), в условиях Нечерноземной зоны, к которой в полной мере может быть отнесена Беларусь, бобовые растения на лугах могут накапливать до 200 кг азота на гектар и их влияние на урожай эквивалентно внесению примерно такого же количества действующего вещества азотных удобрений на злаковых травостоях [1].

Преимущество бобовых трав заключается в том, что они являются: источником белка (1 к. ед. обеспечена 120-140 г переваримого протеина); накопителями азота за счет фиксации из атмосферы 100-150 кг/га азота; полноценными источниками органического вещества (2 поля клевера в севообороте обеспечивают бездефицитный баланс гумуса); хорошим предшественником для зерновых (урожайность повышается на 5-6 ц/га).

Бобовые многолетние травы способны полностью обеспечить биологическим азотом себя, а также злаковые компоненты в травосмесях. Они вносят существенный вклад в азотное питание многолетних луговых травостоев, а также последующих сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах за счет азота, связанного корневыми и пожнивными остатками.

Основными условиями формирования полноценного симбиоза с клубеньковыми бактериями являются: оптимизация почвенной кислотности, калийного и фосфатного питания растений, внесение микроудобрений (Mo, Co, B), соблюдение необходимых агротехнических приемов. Оптимальные условия для мобилизации потенциала азотфиксации создаются при благоприятной увлажненности почв и влагообеспеченности возделываемых растений.

Методика исследований

Полевые и вегетационные исследования проведены в монокультурах и поликомпонентных агроценозах бобовых и злаковых трав на мелиорированной дерново-подзолистой глееватой супесчаной почве (объект «Горча» СПК «Запольский» Червенского района Минской области с агрохимическими показателями перегнойного горизонта $pH_{КС1}$ – 6,3-6,6; P_2O_5 – 121-198; K_2O – 65,0-66,0 мг / кг почвы) и торфяной (участок РУП «Институт мелиорации», г. Минск, в слое 0-20 см $pH_{КС1}$ – 5,0-5,2; P_2O_5 – 78; K_2O – 118 мг/кг почвы). Определение азотфиксирующей активности корневых клубеньков бобовых трав проводили ацетиленовым методом [2] у растений 1-го укоса в фазе цветения. Использование 2 и 4-укосное. Учетная площадь деланки 25 м². Повторность четырехкратная. Посев беспокровный. Норма посева трав 10 млн. шт. на 1 га.

Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что азотфиксирующая активность корневых клубеньков клевера гибридного увеличивается при его произрастании совместно со злаковыми компонентами

Таблица 1 – Азотфиксирующая активность корневых клубеньков клевера гибридного в фазу цветения на торфяной почве

Вариант	Азотфиксирующая активность, мкМоль C_2H_4 /г сырой массы корней в час
Клевер гибридный	0,094
Клевер гибридный + овсяница луговая	0,124
Клевер гибридный + тимopheевка луговая	0,224
НСР _{0,5}	0,04

(табл.1). Максимальной величины на торфяной почве этот показатель достиг в смеси с тимopheевкой луговой и по сравнению с монокультурой клевера увеличивался в 2,4 раза. Величина достоверности аппроксимации была высокой ($R^2 = 0,9581$) и выражалась экспоненциальной связью.

Таблица 2 – Характеристика азотфиксирующей активности корневых клубеньков клевера лугового и люцерны посевной на начальном этапе онтогенеза на дерново-подзолистой почве

Вариант опыта	Азотфиксирующая активность, мкмоль C ₂ H ₄ в час/г сырой массы корней
Клевер луговой	1,28
Клевер луговой + тимOFFеевка луговая	1,80
НСР ₀₅	0,16
Люцерна посевная	2,53
Люцерна посевная + кострец безостый	2,48
НСР ₀₅	0,95
НСР взаимодействия ₀₅	0,57

на физиологические характеристики корневых систем бобового компонента травосмесей – клевера гибридного. Наблюдения проводили в фазе цветения клевера и колошения злаков при сформированной структуре травостоя в вегетационных сосудах.

Выявлены существенные различия в изменении морфологических характеристик и азотфиксирующей способности клевера гибридного в зависимости от вида злакового компонента и доли его участия в травостое. При равном количественном соотношении клевера и злаков максимальной активностью азотфиксации характеризовалась травосмесь клевера с овсяницей луговой (1,53 мкмоль C₂H₂ в час • г⁻¹ сырой массы корня с клубеньками), что значительно превышало показатели монокультуры клевера и его травосмеси с тимOFFеевкой (0,86 и 0,54 мкмоль C₂H₂ соответственно) (табл.3). Однако с уменьшением участия клевера в смешанном травостое до 25 % азотфиксирующая способ-

Таблица 3 – Азотфиксирующая активность корневых клубеньков клевера гибридного в монокультурах и смешанных травостоях различного видового состава и структуры на торфяной почве [3]

Вариант	Азотфиксирующая активность, мкМоль C ₂ H ₂ в час • г ⁻¹ сырой массы корня с клубеньками	
	min - max	среднее
Клевер гибридный 100 %	0,38-2,31	0,86 ± 0,35
Клевер 75 % + тимOFFеевка луговая 25 %	0,41 - 0,84	0,54 ± 0,10
Клевер 50 % + тимOFFеевка луговая 50 %	0,37- 0,73	0,54 ± 0,11
Клевер 25 % + тимOFFеевка луговая 75 %	0,53 -1,34	0,91 ± 0,27
Клевер 50 % + овсяница луговая 50 %	0,75 - 2,42	1,53 ± 0,11
Клевер 25 % + овсяница луговая 75 %	0,31-1,42	0,57 ± 0,19

Связь азотфиксирующей активности клубеньков клевера гибридного и содержания общего азота в надземной массе одновидовых и смешанных агроценозов на торфяной почве отсутствовала.

На дерново-подзолистой супесчаной глееватой почве азотфиксирующая активность клубеньков клевера лугового в первый год жизни в 2 раза ниже, чем у люцерны посевной (табл. 2).

В условиях вегетационных опытов на торфяной почве исследовано влияние видового состава и структуры травостоя

на физиологические характеристики корневых систем бобового компонента травосмесей – клевера гибридного. Наблюдения проводили в фазе цветения клевера и колошения злаков при сформированной структуре травостоя в вегетационных сосудах.

Выявлены существенные различия в изменении морфологических характеристик и азотфиксирующей способности клевера гибридного в зависимости от вида злакового компонента и доли его участия в травостое. При равном количественном соотношении клевера и злаков максимальной активностью азотфиксации характеризовалась травосмесь клевера с овсяницей луговой (1,53 мкмоль C₂H₂ в час • г⁻¹ сырой массы корня с клубеньками), что значительно превышало показатели монокультуры клевера и его травосмеси с тимOFFеевкой (0,86 и 0,54 мкмоль C₂H₂ соответственно) (табл.3). Однако с уменьшением участия клевера в смешанном травостое до 25 % азотфиксирующая способ-

ность клевера в посеве с овсяницей резко падает, в то время как у травосмеси с тимOFFеевкой отмечен максимальный уровень азотфиксации.

Таким образом, при количественном соотношении в травостое злаков и бобовых растений 3:1 азотфиксирующая способность клевера гибридного в посеве с

Таблица 4 – Характеристика симбиотического аппарата клевера гибридного в монокультуре и смешанных посевах различного видового состава и структуры на торфяной почве [4]

Вариант	Количество клубеньков, шт. / г сырой массы корней с клубеньками
Клевер гибридный 100 %	94 ± 13
Клевер 75 % + тимофеевка луговая 25%	79 ± 17
Клевер 50 % + тимофеевка луговая 50%	91 ± 16
Клевер 25 % + тимофеевка луговая 75%	115 ± 25
Клевер 50 % + овсяница луговая 50%	115 ± 17
Клевер 25 % + овсяница луговая 75%	87 ± 16

овсяницей снижалась относительно монокультуры в 2-3 раза, в смеси с тимофеевкой практически не изменялась. Это позволяет констатировать тенденцию подавления азотфиксации клевера в смеси с овсяницей при высокой доле ее участия в структуре травостоя и стимуляции этого процесса при аналогичной структуре травостоя с тимофеевкой. Данные по количеству клубеньков клевера в расчете на 1 г сырой массы корней с клубеньками, представленные в табл. 4, положительно коррелируют с уровнями азотфиксации в посевах с 25 %-ным участием тимофеевки. Число клубеньков на корнях клевера было максимальным у клеверо-тимофеечных травостоев и сопоставимо с их количеством в посевах клевера с овсяницей с соотношением 1:1.

Сравнительный анализ азотфиксирующей способности бобовых трав 2-го года вегетации (люцерны посевной, клевера лугового, лядвенца рогатого), выращенных в одновидовых посевах и травосмесях, показал, что в условиях мелиорированной дерново-подзолистой почвы при сенокосном режиме использования наиболее высоким уровнем азотфиксации характеризовались люцерна посевная (0,96-5,09 мкмоль C_2H_4 г⁻¹ в час) и лядвенец луговой (1,70-3,93 мкмоль C_2H_4 г⁻¹ в час). Интенсивность азотфиксации клевера лугового была в 3-4 раза ниже (0,31-1,34 мкмоль C_2H_4 г⁻¹ в час). Отмечены различные, относительно монокультур, степень и направленность изменения азотфиксирующей способности бобовых трав при совместном произрастании со злаками. В травосмесях с тимофеевкой луговой интенсивность азотфиксации у растений клевера лугового возрастает в 1,8-2 раза. Азотфиксация лядвенца рогатого в одновидовой посевах и в смеси с тимофеевкой не различалась. Кострец безостый оказал ингибирующее воздействие на азотфиксацию люцерны посевной. В травосмеси с кострцом ее интен-

Таблица 5 – Азотфиксирующая активность корневых клубеньков бобовых растений в монокультурах и смешанных травостоях 2-го года вегетации на мелиорированной дерново-подзолистой почве

Вариант	Азотфиксирующая активность, мкмоль C_2H_4 в час • г ⁻¹ сырой массы корня с клубеньками	
	min - max	среднее
Лядвенец рогатый	1,83-3,93	2,68 ± 0,59
Лядвенец + тимофеевка луговая	1,73-3,62	2,82 ± 0,53
Клевер луговой	0,31-0,58	0,45 ± 0,05
Клевер + тимофеевка луговая	0,45 - 1,34	0,79 ± 0,22
Люцерна посевная	2,48-5,09	3,79 ± 0,65
Люцерна + кострец безостый	0,96 - 2,22	1,59 ± 0,32

ет в 1,8-2 раза. Азотфиксация лядвенца рогатого в одновидовой посевах и в смеси с тимофеевкой не различалась. Кострец безостый оказал ингибирующее воздействие на азотфиксацию люцерны посевной. В травосмеси с кострцом ее интен-

Таблица 6 – Характеристика азотфиксирующей способности бобовых трав в агроценозах сенокосного режима пользования (3-й год жизни, фаза бутонизации)

Культура	Вариант	Интенсивность азотфиксации, мкмоль C_2H_4 ч ⁻¹ г ⁻¹ корней	
		min – max	среднее
Люцерна посевная	Монокультура	0,09 – 0,73	0,24 ± 0,14
	Травосмесь с кострцом безостым	0,09 – 0,51	0,23 ± 0,11
Клевер луговой	Монокультура	0,21 – 0,61	0,35 ± 0,12
	Травосмесь с тимфеевкой луговой	0,26 – 0,56	0,33 ± 0,07
Лядвенец рогатый	Монокультура	0,28 – 1,43	0,68 ± 0,33
	Травосмесь с тимфеевкой луговой	0,24 – 1,15	0,57 ± 0,26

сивность снизилась в 2-2,3 раза по сравнению с монокультурой люцерны (табл. 5). В то же время в посеве с кострцом по показателям биомассы и КОЕ выявлено более мощное, относительно монокультуры, развитие корневой системы люцерны (табл. 6). У лядвенца отмечена иная закономерность – при равных показателях биомассы корней КОЕ лядвенца в посеве с тимфеевкой вдвое ниже, чем в монокультуре, что может указывать на более благоприятный режим почвенного питания в этом агроценозе.

Установлено, что на мелиорированной дерново-подзолистой почве наиболее высоким уровнем азотфиксации характеризуются люцерна посевная и лядвенец рогатый (до 5,09 и 3,93 мкмоль $C_2H_4 \cdot г^{-1}$ в час, соответственно). Интенсивность азотфиксации клевера лугового в 3-4 раза ниже. В травосмесях с тимфеевкой луговой интенсивность азотфиксации клевера лугового возрастает в 1,8-2 раза. Азотфиксация люцерны посевной в смеси с кострцом снижалась в 2-2,3 раза по сравнению с одновидовым посевом.

В вегетационном опыте на торфяной почве получены существенные различия в изменении морфологических характеристик и азотфиксирующей способности клевера гибридного в зависимости от вида злакового компонента и его доли в травостое.

Исследованы видовые особенности влияния злаковых компонентов на состояние симбиотического аппарата и азотфиксирующую способность бобовых трав в бобово-злаковых травосмесях на мелиорированных торфяной и дерново-подзолистой почвах. В зависимости от видового состава, а также количественного соотношения бобовых и злаковых компонентов агроценоза установлено существенное изменение активности азотфиксации корневыми клубеньками бобовых трав как в сторону повышения, так и понижения относительно монокультуры бобовых. В частности, в условиях дерново-подзолистой почвы в агроценозе сенокосного назначения интенсивность азотфиксации у люцерны в травосмеси с кострцом безостым снижается, у лядвенца рогатого в травосмеси с тимфеевкой луговой возрастает.

Определение азотфиксирующей способности бобовых трав 3-го года жизни в монокультурах и травосмесях со злаками на мелиорированной минеральной почве показа-

Таблица 7 – Характеристика азотфиксирующей способности бобовых трав при пастбищном режиме пользования (3-й год вегетации, фаза бутонизации)

Культура	Вариант	Интенсивность азотфиксации, мкМоль $C_2H_4 \cdot ч^{-1} г^{-1}$ корней	
		min – max	среднее
Люцерна посевная	Монокультура	0,14 – 0,29	0,21 ± 0,05
	Ежа + овсяница красная	0,07 – 0,35	0,21 ± 0,05
Клевер ползучий	Монокультура	0,28 – 0,68	0,52 ± 0,11
	Овсяница луговая + овсяница красная	0,39 – 0,87	0,61 ± 0,18

ло, что по азотфиксирующей активности исследуемые бобовые культуры 3-го года жизни образуют следующий ряд в порядке снижения показателей: в сенокосных агроценозах – лядвенец рогатый (0,57-0,68 мкМоль $C_2H_4 \cdot ч^{-1} г^{-1}$ корней), клевер луговой (0,33-0,35 мкМоль C_2H_4), люцерна посевная (0,23-0,24 мкМоль C_2H_4); в пастбищных: клевер ползучий (0,52-0,61 мкМоль C_2H_4), люцерна посевная (0,21 ± 0,05 мкМоль C_2H_4) (табл. 6).

Опыты показали, что режим использования травостоя (2 и 4-укосный) не влиял на интенсивность симбиотической азотфиксации растений люцерны посевной.

В четырехкомпонентной пастбищной травосмеси со злаками активность азотфиксации у клевера ползучего возрастала (табл.7).

Установлено, что наиболее интенсивно накапливали в ризосфере фенолы и свободные аминокислоты люцерна посевная, кострец безостый, лядвенец рогатый, что обуславливает высокую аллелопатическую активность почвы и в определенной степени воздействует на азотфиксирующую способность бобовых компонентов при включении этих культур в травосмеси. Повышение активности азотфиксации у клевера лугового в бобово-злаковой травосмеси находилось в обратной зависимости от количественного содержания фенолов в ризосфере, а у клевера ползучего от концентрации свободных аминокислот.

В оптимальных условиях симбиоза с клубеньковыми бактериями в травостоях бобовых и бобово-злаковых трав внесение азотных удобрений не требуется. Многочисленные исследования показали, что на фоне минерального азота азотфиксация клубеньковыми бактериями подавляется, вследствие чего бобовые травы переходят на автотрофный тип питания азотом. При внесении азотных удобрений у травостоев с бобовыми компонентами прекращается деятельность фермента нитрогеназы, без которого невозможен процесс фиксации атмосферного азота. Следует, однако, иметь в виду, что объемы азотфиксации обеспечивает потребность травостоев в азоте в тех случаях, когда удельный вес бобовых в структуре трав не ниже 30%. В сельскохозяйственной практике бобово-злаковые травостои, особенно с клевером луговым третьего и последующих лет жизни, содержат клевера значительно меньше. В таких случаях есть два пути продления продуктивного долголетия трав: подсев бобовых в дернину или переход на вне-

Таблица 8 – Продуктивность клевера лугового и злаковой травосмеси

Культура	Удобрения, сумма за 2 года	Общий сбор с 1 га за 2 года пользования			Расчетный выход молока за 2 года, т/га	
		Сухая масса, т	ОЭ, ГДж	сырой протеин, т	сухого вещества	сырого протеина
Клевер луговой	P ₁₂₀ K ₂₄₀	22,1	237,1	3,4	22,8	28,2
Злаковая травосмесь	P ₁₂₀ K ₂₄₀	9,6	102,9	0,9	9,9	7,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	15,4	162,5	1,3	15,6	10,2
	N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	18,4	193,2	1,7	18,6	13,6
	N ₃₆₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	21,9	228,7	2,1	22,0	16,7
	N ₄₈₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	21,5	227,2	2,4	21,9	19,8

сение ми

неральных азотных удобрений, исходя из потребности злаковых трав. С точки зрения ресурсосбережения первый вариант предпочтителен.

Возделывание бобовых трав на осушенных почвах с высоким содержанием органического вещества (дерново-подзолистые и дерновые глеевые и глееватые, торфяные) часто не дает положительного результата из-за повышенного количества почвенного азота. В то же время на торфяных почвах, где ощущается дефицит минерального азота, бобовые травы успешно произрастают. Причем, при уровне грунтовых вод глубже 1 м хорошо зарекомендовала себя люцерна посевная, превосходящая по биологической продуктивности и сбору протеина все сельскохозяйственные культуры.

Использование бобовых трав позволило сэкономить за 2 года более 600 кг/га д. в. азотных удобрений. Расчеты показали, что при условии скармливания дойным коровам (масса 500 кг, годовой удой 4 т молока) клеверного корма возможный выход молока с 1 га в сумме за 2 года пользования травостоем составит: по сухому веществу 22,8 т, по сырому протеину – 28,2 т. В многолетней злаковой травосмеси даже на фоне N₂₄₀ в сухом веществе содержалось 11,3% сырого протеина, что является недостаточным для кормления высокопродуктивных дойных коров (табл. 8).

Выводы

1. По азотфиксирующей активности в условиях дерново-подзолистой глееватой мелиорированной почвы бобовые культуры образуют следующий ряд в порядке снижения показателей: в сенокосных агроценозах – лядвенец рогатый (0,57-0,68 мкмоль C₂H₄·ч⁻¹ г⁻¹ корней), клевер луговой (0,33-0,35 мкмоль C₂H₄), люцерна посевная (0,23-0,24 мкмоль C₂H₄); в пастбищных: клевер ползучий (0,52-0,61 мкмоль C₂H₄), люцерна посевная (0,21 ± 0,05 мкмоль C₂H₄)

2. В условиях торфяных почв максимальная азотфиксирующая активность клубеньков клевера гибридного отмечена при его содержании в травосмеси с овсяницей луговой на уровне 50%, а с тимофеевкой – 25%.

3. При двухукосном использовании на минеральной почве интенсивность азотфик-

саций клевера лугового была в 3-4 раза ниже, чем люцерны и лядвенца.

4. Экономия промышленного азота удобрений при замене его биологически фиксированным азотом бобовых трав составляет 600 кг/га и при стоимости 1 т д. в. удобрения 1,2 млн. руб. обеспечивает экономию средств на приобретение и внесение удобрений около 500 у. е./га.

Литература

1. Подбор травосмесей для сеяных сенокосов и пастбищ: практ. руководство/ Под ред. А.А.Кутузовой – М: Агропромиздат, 1989. – 136 с.
2. Hardy R.W.F., Burns R.S., Hebert et al. Biological nitrogen fixation: a key to world protein // Plant and Soil. – Special vol. "Biol. Nitr. Fix. in Natural and Agric. Habit." – 1971. – Part 2. – P. 561-590.
3. Азотфиксирующая активность корневых клубеньков бобовых трав в агроценозах на мелиорированных почвах / Будкевич Т.А., Заболотный А.И., Мееровский А.С., Бирюкович А.Л., Марченко Н.В. // Ботаника (исследования). Сб. научн. тр. – Минск: Право и экономика, 2008. – С.335 - 345.
4. Фенольный статус и аллелопатическая активность почвы в ризосфере агроценозов многолетних трав различного видового состава и режима использования / Будкевич Т.А., Заболотный А.И., Мееровский А.С., Бирюкович А.Л., Марченко Н.В. // VII Международный симпозиум по фенольным соединениям: Фундаментальные и прикладные аспекты (Москва, 19-23 октября 2009 г.). Материалы симпозиума. – М., 2009. – С.38-39.

Summary

Meerovsky A., Birukovich A., Marchenko N., Zabolotny A., Budkevich T. Adjustment of phytocenoses specific compound by influencing nitrogen-gathering activity of leguminous crops

Leguminous crops according to its nitrogen-fixing activity possess the following indexes (stated in decreasing order): haying agrocoenosis-birdsfoot deer vetch, broad-leaved clover, and Lucerne; pas-cual agrocoenosis – white sweet clover, and lucern. Lucerne, awnless brome and birdsfoot deer vetch intensively accumulated phenols and free amino acids in rhizosphere, thus determining high soil allelo-pathic activity in its rhizosphere and influencing to some extent nitrogen-gathering activity of leguminous crops when these cultures included into grass mixtures. Amid reclaimed soddy – podzolic soils during haying Lucerne and birdsfoot deer vetch had the highest level of nitrogen-gathering activity. Intensity of broad-leaved clover nitrogen-gathering activity in 3-4 times lower. Application of plant formation (2 and 4 -cutting) did not influence intensity of symbiotic nitrogen-gathering activity of Lucerne plants.

Поступила 26 мая 2010 г.