

## **О ПРОДУКТИВНОСТИ И АЗОТФИКСАЦИИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**Степанов<sup>1</sup> А.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Храмов<sup>2</sup> С.Ю., научный сотрудник**

**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Омский ГАУ, e-mail: af.stepanov@omgau.org**

**<sup>2</sup>ФГБНУ Омский АНЦ, e-mail: hramov-89@mail.ru.**

**Ключевые слова:** клевер, люцерна, козлятник, донник, штаммы, урожайность, азотфиксация.

*В статье изложен материал по формированию урожайности и азотфиксирующей способности многолетних бобовых трав в различных экологических условиях Западной Сибири. Показано влияние предпосевной обработке семян клевера, люцерны, козлятника и донника биологическими препаратами на их продуктивность и азотфиксацию в подтаежной зоне данного региона.*

В последние годы к проблеме микробиологической фиксации атмосферного азота интерес значительно возрос, что обусловлено его перспективностью как источника азота для обеспечения нужд сельского хозяйства. Это связано с его безвредностью для человека и окружающей среды и относительно небольшими затратами энергии на активизацию микроорганизмов, осуществляющих азотфиксацию. Тогда как производство азотных минеральных удобрений весьма энергоемкий процесс. Так, в США энергозатраты на производство и использование азотных удобрений составляют около 35% от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы

они достигают 42% [1]. В нашей стране вопрос об энергетических ресурсах стоит не менее остро, чем в странах Запада и США, поэтому весьма важно определить рациональное использование двух источников азота – технического и биологического.

Основной поставщик биологического азота это бобовые культуры. Однако незнание реальных масштабов симбиотической азотфиксации, недооценка роли этого чрезвычайно важного источника сохранения энергоресурсов и здоровья человека приводят к тому, что бобовым у нас в структуре посевных площадей отводится очень скромное место – приблизительно 10%, а в США – 26% и более. Поступление азота в мире за счёт биологической фиксации оценивается в 160–240 млн т в год, в том числе наиболее существенный вклад вносят бобовые культуры, ежегодно фиксируют до 140 млн т азота атмосферы [2].

Количество фиксированного азота бобовыми зависит не только от условий их произрастания, но и биологических особенностей культуры, характера симбиотических ее отношений с клубеньковыми бактериями и изменяются от 100 до 500 кг/га в год [3]. Наиболее высокой азотфиксирующей способностью отличаются люцерна, люпин, кормовые бобы, клевер и донник, у которых при благоприятных почвенных и погодных условиях доля фиксированного азота от общего содержания его в растениях достигает 80 % [4].

При составлении баланса азота в севообороте с бобовыми важное значение имеет количество усвоенного азота атмосферы растениями, его доля в урожае и на какое последствие азота следует рассчитывать при запашке пожнивно-корневых остатков бобовых. Поэтому биологический азот следует рассматривать как фактор формирования плодородия почвы и охраны природы, резерв частичной замены технического в системе удобрений сельскохозяйственных культур [5].

Цель исследований – определить азотфиксирующую способность многолетних бобовых трав и использование ими биологического азота на формирование урожая кормовой массы в условиях Западной Сибири.

Многолетние исследования проводили в южной лесостепной и подтаежной зонах Омской области. В южной лесостепной зоне опыты закладывали на лугово-черноземной почве, в подтаежной зоне – на серой лесной и темно-серой лесной почвах. Лугово-черноземная почва с пахотным слоем 18 см содержала гумуса 3,4 %,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Ф.В. Чирикову) – соответственно 28,4 и 22,5 мг/100 г почвы, рН близок к нейтральному. В составе поглощенных оснований преобладает кальций. Плотность почвы равна 1,2 г/см<sup>3</sup>, скваженность – 53, аэрация – 34 %. Почва имеет мало водопрочных агрегатов, при переувлажнении склонна к заплыванию. Уровень грунтовых вод 2,5–4,5 м, вскипание от соляной кислоты с глубины 69 см.

Почва серая лесная, в пахотном слое содержит: гумуса – 3,34 %, общего азота – 0,162 и валового фосфора – 0,12 %; рН солевое – 5,2. Темно-серая лесная почва тяжелосуглинистая, с гумусовым горизонтом 25 см. Содержание гумуса 4,1 %. Порозность верхних горизонтов 61, нижних – 47 %, что обуславливает плохую водопроницаемость. Содержание  $P_2O_5$  в почве 0,1–0,2,  $K_2O$  – 0,4–1,9 мг/100 г почвы, рН солевой – 5,6–5,9.

Объектом исследований были районированные и перспективные виды многолетних бобовых трав. Опыты закладывали в двукратном повторении во времени и в четырехкратном – в пространстве, учетная площадь делянок 25–100 м<sup>2</sup>. Схемы опытов приведены при обсуждении результатов.

Долю азота, фиксированного из атмосферы и используемого на формирование биомассы бобовых трав – коэффициент азотфиксации ( $K_{\phi}$ ) – определяли методом сравнения с небобовым

растением – кострцом безостый. Обработанные ризоторфином семена затаривали в мешки, вывозили в поле и высевали в тот же день во влажную почву.

Наблюдения за растениями и учет урожайности проводили по методике Всероссийского научно-исследовательского института кормов им В.Р. Вильямса [6], статистическую обработку опытных данных – методом дисперсионного и корреляционного анализа [7].

Усвоение азота из атмосферы бобовыми травами, как показывают наши исследования, в значительной степени зависит от биологических особенностей вида трав. Высоким использованием общего и симбиотического азота в южной лесостепной зоне на лугово-чернозёмной почве отличались люцерна и козлятник. За вегетацию количество фиксированного ими азота в среднем составляло 164–185 кг/га, а коэффициент азотфиксации ( $K_{\phi}$ ) достигал 0,60–0,63 или за счет биологического азота эти травы позволяли получать от 4,75 до 5,80 т/га сухого вещества (табл. 1). Однако при анализе симбиотической активности трав по годам жизни выявляются несколько иные закономерности. В первый год жизни наибольшее количество азота из атмосферы использовали травы, которые быстро росли и на корнях активно образовывали клубеньки. Это прежде всего донник, клевер и люцерна, использование ими симбиотического азота составляло 17–24 кг/га,  $K_{\phi}$  равнялся 0,21–0,29. Очень слабая азотфиксация в первый год жизни наблюдалась у козлятника восточного поскольку он в год посева очень медленно рос и только к концу вегетации формировал на корнях клубеньки. В последующие годы жизни с формированием хорошего симбиотического аппарата азотфиксация его значительно возростала.

В годы максимальной продуктивности травостоев использование симбиотического азота многолетними бобовыми травами достигало у люцерны 379 кг/га, у козлятника – 233, у донника

и клевера лугового – 162 кг/га. Фиксация азота атмосферы на 1 т сухого вещества находилась в пределах 19–25 кг, а  $K_f$  – 0,56–0,78.

На использование бобовыми травами азота почвы и атмосферы большое влияние оказывали экологические условия в которых они произрастали. В подтаёжной зоне, ввиду сокращения периода вегетации и снижения урожая трав, по сравнению с южной лесостепной зоной, использование ими общего азота уменьшалось. Однако симбиотическая активность клевера лугового в подтаёжной зоне, отличающейся более устойчивым увлажнением, была выше,  $K_f$  составлял 0,53, тогда как в южной лесостепи лишь 0,13 (табл. 1

**Таблица 1. Использование азота многолетними бобовыми травами в южной лесостепной и подтаежной зонах на различных почвах Западной Сибири**

Вид трав	Южная лесостепь; лугово-черноземная (в среднем за 6 лет)					Подтаежная; темно-серая лесная (в среднем за 5 лет)				
	Абс. сухое в-во, т/га	Азот			$K_f$	Абс. сухое в-во, т/га	Азот			$K_f$
		общий	симбиотический				общий	симбиотический		
			кг/га	кг/га				кг/т сухого в-ва	кг/га	
Клевер луговой	4,32	126	16	3,7	0,13	3,50	102	54	15,4	0,53
Люцерна синегибридная	9,21	295	185	20,1	0,63	6,01	186	138	23,0	0,74
Козлятник восточный	7,91	274	164	20,7	0,60	6,94	211	163	23,5	0,77
Донник белый	5,21	178	68	13,1	0,38	4,73	162	66	14,0	0,41

$HCp_{05}$  1,05 0,45

Бобовые травы формируют высокие урожаи и активно используют атмосферный азот при условии эффективного у них

симбиоз с азотфиксирующими бактериями. При малом в почве содержании клубеньковых бактерий бобовые растения прекращают накапливать биологический азот и начинают потреблять почвенный. В связи с этим в сельскохозяйственную практику вошел агротехнический прием инокуляции семян, позволяющий повышать урожайность, устойчивость растений к заболеваниям, пополнять в почве запасы азота, улучшать ее структуру и плодородие [8, 9].

Наши исследования показали, что предпосевная обработка семян биологическими препаратами способствует повышению урожайности многолетних бобовых трав. В первый год жизни козлятник восточный наиболее высокую отзывчивость проявлял на штаммы 912 и 913, прибавка абсолютно сухого вещества к контролю (без обработки) составляла 16 %, люцерна пестрогибридная – на штамм 913 – прибавка – 20 %, клевер луговой – на штамм К-2 – 20% и донник белый – на штаммы 912 и К-1 – прибавка урожая достигала 38 %. На второй год жизни с формированием бобовыми травами мощной корневой системы и хорошего на ней симбиотического аппарата, симбиотическая активность и урожайность трав возрастала. Клевер луговой при обработке семян штаммами К<sub>т</sub>-1 и К-2 на второй год жизни фиксировал 289–324 кг/га симбиотического азота, или в 2,5–2,8 раза больше, чем на контроле. Коэффициент азотфиксации составлял 0,72–0,75 (табл. 2).

При обработке семян люцерны штаммами К-2, 912 и 913 накопление симбиотического азота достигало 325–389 кг/га, а сбор сухого вещества – 13,6–15,6 т/га, из которого 75–78 % было получено за счет биологического азота. Урожайность культуры при применении этих штаммов для обработки семян по сравнению с контролем возрастала в 2,9–3,5 раза. Козлятник восточный высокую отзывчивость проявлял на штаммы 912 и 913. Накопление биологического азота при этом составляло 271–316 кг/га, К<sub>ф</sub> – 0,71–0,74. При инокуляции семян

донника белого наиболее эффективными были штаммы Кт-1 и К-2. Фиксация азота атмосферы при этом по сравнению с контролем возрастала более чем в два раза и достигала 288–298 кг/га,  $K_{\phi}$  – 0,72–0,73.

**Таблица 2. Влияние инокуляции семян биологическими препаратами на урожайность и использование азота многолетними бобовыми травами второго года жизни в подтаежной зоне Западной Сибири**

Вариант (А)	Абс.сухое в-во, т/га	Азот			$K_{\phi}$
		общий, кг/га	симбиотический		
			кг/га	кг/т сухого в-ва	
<i>Клевер луговой (В)</i>					
Без обработки (контроль)	7,7	224	114	14,8	0,51
Ризоагрин (Шт.№204)	8,0	233	113	14,1	0,48
Шт. Кт – 1	13,7	399	289	21,1	0,72
Шт. К – 1	9,3	271	161	17,3	0,59
Шт. К – 2	14,9	434	324	21,7	0,75
Шт. № 912	10,4	303	193	18,6	0,64
Шт. № 913	11,6	338	228	19,7	0,67
<i>Донник белый</i>					
Без обработки (контроль)	7,1	241	131	18,5	0,54
Ризоагрин (Шт.№204)	7,5	255	145	19,3	0,57
Шт. Кт – 1	12,0	408	298	24,8	0,73
Шт. К – 1	10,1	343	233	23,1	0,68
Шт. К – 2	11,7	398	288	24,6	0,72
Шт. № 912	10,4	354	244	23,5	0,69
Шт. № 913	8,2	279	169	20,6	0,61
<i>Люцерна пестрогибридная</i>					
Без обработки (контроль)	6,9	221	111	16,1	0,50
Ризоагрин (Шт.№204)	12,1	387	277	22,9	0,72
Шт. Кт – 1	9,2	294	184	20,0	0,62
Шт. К – 1	11,8	378	268	22,7	0,71
Шт. К – 2	13,6	435	325	23,9	0,75

Шт. № 912	15,6	499	389	24,9	0,78
Шт. № 913	15,5	496	386	24,9	0,78
<i>Козлятник восточный</i>					
Без обработки (контроль)	7,9	273	163	20,6	0,60
Ризоагрин (Шт.№204)	8,3	287	177	21,3	0,62
Шт. Кт – 1	9,4	325	215	22,9	0,66
Шт. К – 1	10,4	360	250	24,0	0,69
Шт. К – 2	9,8	339	229	23,4	0,68
Шт. № 912	11,0	381	271	24,6	0,71
Шт. № 913	12,3	426	316	25,7	0,74

НСР<sub>05</sub> А 1, 8

В 0,7

Следовательно, биологический азот, фиксируемый из атмосферы многолетними бобовыми травами, является важным источником азотного питания растений. Усвоение ими азота из атмосферы зависит от биологических особенностей вида трав и экологических условий их возделывания. В южной лесостепной зоне Западной Сибири на лугово-черноземной почве наиболее эффективно биологический азот используют люцерна и козлятник восточный. В годы максимальной продуктивности люцерна фиксирует до 379 кг/га, козлятник – до 233, донник и клевер луговой – до 162 кг/га азота воздуха за вегетацию. Фиксация атмосферного азота на 1т сухого вещества составляет 19–25 кг,  $K_f$  – 0,56–0,78.

Для повышения продуктивности многолетних бобовых трав эффективным приемом является предпосевная инокуляция семян биологическими препаратами, содержащими специфичные для каждой культуры штаммы азотфиксирующих бактерий. В условиях нечерноземной зоны Западной Сибири для предпосевной обработки семян клевера лугового и донника белого наиболее эффективны штаммы Кт-1 и К-2, козлятника восточного и люцерны

пестрогибридной – 912 и 913. При этом возрастает урожайность и азотфиксация трав, накопление биологического азота достигает 271–389 кг/га,  $K_f$  – 0,71–0,78.

### **Библиографический список:**

1. Посыпанов, Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография / Г.С. Посыпанов. – М.: Инфа-М, 2015. – 251 с.

2. Федоров, М.В. Биологическая фиксация азота атмосферы / М.В. Федоров // – М.: Сельхозгиз, 1952. – 671 с.

3. Степанов, А.Ф. Создание и использование многолетних травостоев: монография / А.Ф. Степанов. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 312 с.

4. Степанов, А.Ф. Козлятник восточный: биология, возделывание, использование: монография / А.Ф. Степанов, В.В. Христич, С.Н. Александрова; под общ. ред. А.Ф. Степанова. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2017. – 420 с.

5. Мишустин, Е.Н. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР / Е.Н. Мишустин. – М.: Колос, 1985. – 132 с.

6. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М., 1979. – 416 с.

8. Храмов, С.Ю. Влияние биопрепаратов на формирование травостоя и продуктивность люцерны пестрогибридной / С.Ю. Храмов, А.Ф. Степанов // Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов: 1-я региональная (заочная) науч.-практ. конф., молодых ученых и обучающихся, посвящ.

100-летию Омского гос. аграрн. ун-т, 6 дек. 2017 г. – Омск. – 2018. – С. 230–234.

9. Дегунова Н.Б. Влияние биопрепаратов на продуктивность зеленой массы козлятника восточного // Н.Б. Дегунова, Ю.Б. Данилова, Е.П. Шкодина. // Аграрная Россия. – 2015. – № 7. – С. 6–9.

**ON THE PRODUCTIVITY AND NITROFIXATION OF  
PERENNIAL LEGUME GRASSES IN THE CONDITIONS OF  
WESTERN SIBERIA**

**Stepanov A.F., Khramov S.Yu.**

**Keywords:** *clover, alfalfa, goat's rue, sweet clover, strains, yield, nitrogen fixation.*

*The article presents material on the formation of yield and nitrogen-fixing ability of perennial legumes in various ecological conditions of Western Siberia. The effect of pre-sowing treatment of seeds of clover, alfalfa, goat's rue and melilot with biological preparations on their productivity and nitrogen fixation in the subtaiga zone of this region is shown.*