

**БАЛАНС АЗОТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ
БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА СКЛОНЕ
(II ротация с ¹⁵N)**

**Н.Я. Шмырева, к.б.н., О.А. Соколов, д.б.н., А.А. Завалин, чл.-корр. РАН, ВНИИА,
В.А. Черников, д.с.-х.н., РГАУ-МСХА**

В условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы юго-восточной экспозиции определены количественные параметры баланса азота удобрения (меченого ¹⁵N) при выращивании многолетних бобово-злаковых трав 1- и 2-го годов пользования. Травы 1-го г.п. и травы 2-го г.п. использовали примерно одинаковое количество азота удобрения. Однако, при выращивании трав 2-го г.п. в почве закреплялось больше азота удобрения и меньше его терялось по сравнению с травами 1-го г.п. При локальном внесении азотного удобрения травы лучше (почти в 2 раза) использовали азот удобрения, больше (в 1,1-1,2 раза) его закреплялось в почве и меньше (более чем в 2 раза) терялось в виде газообразных соединений по сравнению с разбросным способом их применения.

Ключевые слова: стабильный изотоп ¹⁵N, баланс азота удобрения, симбиотический азот, иммобилизация азота, потери азота.

Многолетние бобово-злаковые травы играют важную роль в защите почв от водной эрозии [11]. Азот многолетних трав активно используется почвенными микроорганизмами, включается в формирование органического вещества почвы и повышает устойчивость агрофитоценоза на склоне [3,7-9].

Цель исследований – определить степень использования и потребления азота удобрения, азота почвы и атмосферного азота многолетними бобово-злаковыми травами (1- и 2-го годов пользования) в условиях склона.

Методика приведена в ж. «Плодородие» №6 (2014 г.) на стр.16.

Результаты и их обсуждение. ГТК за вегетационный период произрастания многолетних травосмесей 1-го г.п. в 2009 г. составил 2,6 к среднемноголетнему 1,7. Сумма осадков равна 265 мм при норме 236 мм, а температура воздуха была ниже в 1,4 раза.

При выращивании многолетних травосмесей 2-го г.п. в 2010 г. ГТК составил 1,5 к среднемноголетнему 1,7. Температура воздуха была ниже в 1,1 раза, а количество выпавших осадков в 1,2 раза меньше по сравнению со среднемноголетним значением.

Количество потребляемого азота многолетними бобово-злаковыми травами во второй ротации севооборота ¹⁵N зависело от элемента склона и способа внесения азотного удобрения (табл. 1). При этом травы 1-го г.п. потребляли наибольшее количество атмосферного азота: его доля в общем выносе составляла 79-88%. Потребление азота травами снижалось от приводораздельной части склона к нижней его части. Наибольшее количество азота удобрения, азота почвы, атмосферного азота травы потребляли при локальном внесении азотного удобрения на всех элементах склона. При этом потребление атмосферного азота на водоразделе повышалось на 18%, в средней части склона – на 5, в нижней части склона – на 21%.

Во второй ротации севооборота с ¹⁵N травы 2-го г.п. потребляли примерно одинаковое количество азота удобрения, больше азота почвы и меньше атмосферного азота по сравнению с травами 1-го г.п. Больше потребление азота почвы происходило за счет дополнительной минерализации почвенного азота. Количество «экстра» – N, потребляемого травами 2-го г.п., возросло при разбросном способе внесения азотного удобрения в 3,9-5,1 раза, при локальном – в 2,1-3,9 раза. Количество атмосферного азота снизилось при разбросном способе в 3,6-5,8 раза, при локальном – в 4,1-4,9 раза.

Азотное удобрение способствовало дополнительной минерализации почвенного азота и дополнительной азотфиксации атмосферного азота многолетними травами [4]. При локальном вне-

сении азотного удобрения травы 1-го г.п. потребляли в 1,3-1,6 раза, а травы 2-го г.п. в 1,5-2,4 раза больше дополнительного количества азота почвы по сравнению с разбросным способом их применения.

1. Потребление азота удобрения, азота почвы и атмосферного азота многолетними бобово-злаковыми травами на различных элементах склона в зависимости от способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Вынос азота, г/м ²	N удобрения		N почвы		N симбиотический, г/м ²
		г/м ²	КИА У, %	г/м ²	«экстра» – азот, г/м ²	
Многолетние бобово-злаковые травы 1-го года пользования						
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	10,68	-	-	1,31	-	9,37
Фон + ¹⁵ N ₃₀	14,99	0,72	24	1,71	0,40	12,56
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	18,21	1,41	47	1,90	0,59	14,90
локально						
<i>Средняя часть склона, 3-5⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	9,24	-	-	1,16	-	8,08
Фон + ¹⁵ N ₃₀	13,92	0,63	21	1,40	0,24	11,89
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	15,59	1,29	43	1,78	0,62	12,52
локально						
<i>Нижняя часть склона, 5-7⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	8,22	-	-	1,14	-	7,08
Фон + ¹⁵ N ₃₀	10,05	0,48	16	1,39	0,25	8,18
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	12,55	0,90	30	1,74	0,60	9,91
локально						
Многолетние бобово-злаковые травы 2-го года пользования						
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	3,10	-	-	1,77	-	1,33
Фон + ¹⁵ N ₃₀	6,85	0,77	26	3,33	1,56	2,75
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	9,36	1,42	47	4,10	2,33	5,61
локально						
<i>Средняя часть склона, 3-5⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	2,81	-	-	1,28	-	1,53
Фон + ¹⁵ N ₃₀	5,54	0,63	21	2,51	1,23	2,40
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	7,10	1,32	44	3,23	1,95	2,55
локально						
<i>Нижняя часть склона, 5-7⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	2,46	-	-	1,08	-	1,38
Фон + ¹⁵ N ₃₀	4,09	0,54	18	2,06	0,98	1,49
вразброс						
Фон + ¹⁵ N ₃₀	5,39	0,90	30	2,33	1,25	2,16
локально						

При локальном способе применения азотного удобрения повышалась азотфиксация у трав 1-го г.п. в 1,1-1,2 раза, у трав 2-го г.п. в 1,1-1,5 раза по сравнению с разбросным способом их внесения.

Использование азота удобрения травами, иммобилизация его в почве снижалась от верхней части склона к нижней части, а газообразные потери, наоборот, возрастали. Травы 1- и 2-го г.п. использовали примерно одинаковое количество азота удобрения (табл. 2). Однако, при выращивании трав 2-го г.п. в почве закреплялось больше азота удобрения и меньше терялось по сравнению с травами 1-го г.п. При локальном внесении азотного удобрения травы лучше (почти в 2 раза) исполь-

звали азот удобрений, больше (в 1,1-1,2 раза) его закреплялось в почве и меньше (больше чем в 2 раза) терялось в виде газообразных соединений азота по сравнению с разбросным способом. По поводу использования азота удобрения многолетними травами в условиях склона в литературе имеются противоречивые данные.

2. Баланс и потоки азота удобрения при выращивании многолетних бобово-злаковых трав на различных элементах склона в зависимости от способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Использовано растениями			Закреплено в почве			Потери		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Многолетние травы 1-го г. п.</i>									
P ₃₀ K ₃₀ + ¹⁵ N ₃₀	0,72	0,63	0,48	1,15	1,09	0,94	1,13	1,28	1,58
вразброс	24	21	16	38	36	31	38	43	53
P ₃₀ K ₃₀ + ¹⁵ N ₃₀	1,41	1,29	0,90	1,33	1,30	1,06	0,26	0,41	1,04
локально	47	43	30	44	43	35	9	14	35
<i>Многолетние травы 2-го г. п.</i>									
P ₃₀ K ₃₀ + ¹⁵ N ₃₀	0,77	0,63	0,54	1,25	1,20	1,02	0,98	1,17	1,45
вразброс	26	21	18	42	40	34	33	39	48
P ₃₀ K ₃₀ + ¹⁵ N ₃₀	1,42	1,32	0,90	1,33	1,28	1,14	0,25	0,40	0,96
локально	47	44	30	44	43	38	9	13	32

Примечания. 1) 1 – приводораздельная часть склона, 2-3⁰; 2 – средняя часть склона, 3-5⁰; 3 – нижняя часть склона, 5-7⁰. 2) Числитель – азот удобрения, г/м², знаменатель – часть применяемой дозы, %.

Так, многолетние бобово-злаковые травы использовали одинаковое количество азота удобрения на водоразделе и склоне [1, 11]. Они лучше использовали азот удобрения на склоне при отвальной вспашке и хуже при плоскорезной обработке по сравнению с водоразделом [10].

По данным полевых опытов, отвальная вспашка имеет преимущество перед безотвальной обработкой [6].

Во второй ротации севооборота с ¹⁵N, потребляя большее количество азота атмосферы, почвы и удобрения, при локальном внесении азотного удобрения травы 1-го г.п. формировали наибольший урожай фитомассы на приводораздельной части склона (табл.3). Прибавка урожая сена от локализации азотного удобрения составила: в верхней части склона 36%, в средней части – 45 и в нижней части склона 44% по сравнению с контролем (фоном). По отношению к разбросному способу применения азотного удобрения за счет их локализации продуктивность трав повышалась на 11% (верхняя часть склона) и 19% (нижняя часть склона). Продуктивность многолетних трав 1- и 2-го г.п. снижалась от верхней части склона к тальвегу (табл. 3).

Многолетние бобово-злаковые травы 2-го г.п. формировали меньшую фитомассу на всех элементах склона при обоих способах внесения азотного удобрения по сравнению с травами 1-го г.п. (см. табл. 3). Однако эффективность азотного удобрения при этом оказалась выше. Наибольшей продуктивностью травы 2-го г.п. также характеризовались при локальном способе внесения азотного удобрения на всех элементах склона. Эффект от локализации азотного удобрения и трав 1-го г.п. повышался от верхней к нижней части склона, у трав 2-го г.п. – наоборот, снижался.

Содержание белка в биомассе многолетних трав зависит от состава травостоя и технологии выращивания [2, 5]. Травы 1-го г.п. формировали фитомассу с большим содержанием сырого белка, чем травы 2-го г.п. на всех элементах склона. При локальном внесении азотного удобрения содержание сырого белка в фитомассе трав 1-го г.п. повышалось на 6,3-8,0%, у трав 2-го г.п. – на 4,8-5,9% по сравнению с разбросным их применением.

Выводы. В условиях 5-польного севооборота (вторая ротация с ¹⁵N) на дерново-подзолистой почве (Смоленская обл.) за счет лучшего использования атмосферного азота, а также азота почвы и азота удобрения многолетние бобово-злаковые травы формировали наибольший урожай фитомассы на приводораздельной части склона при локальном внесении азотного удобрения в дозе 30 кг/га. В нижней части склона потребление азота травами существенно снижалось, что приво-

дило к падению их продуктивности. При выращивании бобово-злаковых трав во второй ротации севооборота с ¹⁵N в почве закрепляется больше азота удобрения по сравнению с первой ротацией. Под травами 2-го г.п. в почве закрепляется больше азота удобрения, чем под травами 1-го г.п. Локальное внесение азотного удобрения усиливало иммобилизацию азота удобрения в почве под травами как первого, так и второго годов пользования.

При выращивании многолетних бобово-злаковых трав 2-го г.п. снижались газообразные потери азота по сравнению с травами 1-го г.п. Газообразные потери азота возрастали от приводораздела к тальвегу у трав обоих годов пользования. При локальном способе внесения азотного удобрения газообразные потери азота снижались на всех элементах склона (в 1,5-4 раза) по сравнению с разбросным способом.

3. Продуктивность и качество урожая многолетних бобово-злаковых трав на различных элементах склона в зависимости от способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Урожай, г/м ²	Прибавка		Прибавка от локализации		Сырой белок, %
		г/м ²	%	г/м ²	%	
<i>Многолетние бобово-злаковые травы 1-го г.п.</i>						
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	540	-	-	-	-	18,1
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	660	120	22	-	-	22,6
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	733	193	36	73	11	30,6
<i>Средняя часть склона, 3-5⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	460	-	-	-	-	19,2
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	572	112	24	-	-	21,1
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	669	209	45	97	17	27,4
<i>Нижняя часть склона, 5-7⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	440	-	-	-	-	16,2
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	532	50	11	-	-	20,5
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	635	195	44	103	19	26,8
P, % – 2						
НСР _{0,5} : част.ср., г/м ² – 8; рельеф – 5; удобрения – 5.						
<i>Многолетние бобово-злаковые травы 2-го г.п.</i>						
<i>Приводораздельная часть склона, 2-3⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	222	-	-	-	-	19,8
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	457	235	106	-	-	20,3
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	510	288	130	53	12	26,2
<i>Средняя часть склона, 3-5⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	208	-	-	-	-	16,6
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	420	212	102	-	-	17,2
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	442	234	113	22	5	22,5
<i>Нижняя часть склона, 5-7⁰</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	198	-	-	-	-	15,7
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	409	211	106	-	-	16,4
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	429	231	116	20	5	21,2

P, % – 2

НСР_{0,5}: част.ср., г/м² – 15; рельеф – 9; удобрения – 9.

Литература

- Быстров А.В., Шмырева Н.Я. Влияние азотных удобрений на продуктивность травосмеси в условиях эрозийного ландшафта // Агротехника. -2002.- №6.- С.82-90.
- Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений.-М.: Агропромиздат, 1987. – 486 с.
- Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Показатели циклов азота и устойчивость агроэкосистем в условиях склона // Плодородие.- 2009.-№3. –С.4-6.
- Соколов О.А., Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н. Изменение параметров потоков симбиотического азота при выращивании многолетних трав на склонах // Плодородие.- 2010. – №4.- С.4-6.
- Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция.-М.: Колос, 2009. – 438 с.
- Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н., Панкратова И.В., Макаров Н.Б. Влияние удобрений и способов обработки эродированной дерново-подзолистой почвы на продуктивность и состав многолетних трав в зернотравяном севообороте // Агротехника. -2010.- №11.- С.36-44.
- Шмырева Н.Я., Соколов О.А., Цуриков Л.Н., Прохин Л.В. Баланс азота удобрений при выращивании бобово-злаковых трав на склоне // Плодородие.- 2011.- №3.- С.13-15.
- Шмырева Н.Я., Соколов О.А., Цуриков Л.Н. Участие азота многолетних трав в формировании органического вещества дерново-подзолистой почвы // Плодородие.- 2012.-

№6.- С. 25-27. 9. Шмырева Н.Я., Соколов О.А., Завалин А.А. Особенности ассимиляции микроорганизмами азота фитомассы многолетних трав в почве разной степени эродированности.// Докл. РАСХН.- 2014.- №3.- С.35-38. 10. Явтушенко В.Е., Шмырева Н.Я. Цуриков Л.Н. Использование многолетней бобово-злаковой травосмесью азота

удобрений в зависимости от срока их внесения, рельефа и способов обработки почвы // Агрохимия.- 2005.- №1.- С.30-37. 11. Явтушенко В.Е., Цуриков Л.Н., Шмырева Н.Я. Использование азота многолетним бобово-злаковым травостоем из профиля дерново-подзолистой почвы в эрозийном рельефе // Агрохимии.- 2006.- №1. – С.55-61.

NITROGEN BALANCE AT THE GROWING OF PERENNIAL LEGUME GRASSES ON A SLOPE (II ROTATION CYCLE WITH ¹⁵N)

N.Ya. Shmyreva^a, O.A. Sokolov^a, A.A. Zavalin^a, V.A. Chernikov^b

^a Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

^b Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia

Quantitative parameters of ¹⁵N-labeled fertilizer nitrogen balance were determined at the growing of perennial legume grasses of the first and second years of use on medium loamy soddy-podzolic soil on a slope of southeastern exposure. Grasses of the first and second years of use used similar amounts of fertilizer nitrogen. However, at the growing of grasses of the second year of use, larger amounts of fertilizer nitrogen were fixed in the soil, and its smaller amounts were lost at the growing of the grasses of the second year of use. At the local application of nitrogen fertilizers, grasses better (by almost 2 times) used fertilizer nitrogen; its larger amounts (by 1.1–1.2 times) were fixed in the soil, and smaller amounts (by more than 2 times) were lost in the form of gaseous compounds than at the broadcast application.

Keywords: ¹⁵N stable isotope, fertilizer nitrogen balance, symbiotic nitrogen, nitrogen immobilization, nitrogen loss.