

Research methods: Tyurin's method for defining humus content in soil (GOST (All-Union State Standard) 26213-84); Savvinov's method for soil structure analysis; pycnometer method for determining the particle density of soil; statistical processing of the data was performed according to the Dospikhov recommendations.

The research proved that contour-strip cropping with forest buffer strips and application of organomineral fertilizers have a positive effect on factors contributing to increase of fertility and sustainability of grey forest soils.

Forest buffer strips have been proved to optimize soil density and increase soil porosity, to improve air-water regime, to activate living organisms in agrobiocenosis, to increase thickness of the humus layer and raise humus levels and reserves up to 3.3%-3.6% and 118.5 t/ha in soils positioned in the middle and bottom parts of the slope.

Applying organic and mineral fertilizers to eroded soils increases erosion resistance and agricultural yield.

Slope monitoring along with estimating and predicting their erosion resistance is important for conservation farming and national food security. As the areas of agricultural land decrease rapidly and soil fertility diminishes, counter-erosion measures take on ecological as well as economic significance are become a priority.

Key words: soil, erosion, fertilizers, percolation rate, washout, erodedness, improvement of soil, fertility, productivity, increase, improvement, contour-reclamation systems.

УДК 631.811.1:633.32.24:632.125

ПОТОКИ И БАЛАНС АЗОТА УДОБРЕНИЯ И АЗОТА ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВООБОРОТА НА ЭРОДИРОВАННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ (ИССЛЕДОВАНИЯ С ^{15}N)

Сообщение 4. Многолетние бобово-злаковые травы первого года жизни

**Н.Я. Шмырева, к.б.н., А.А. Завалин, акад. РАН, О.А. Соколов, д.б.н.,
ВНИИагрохимии им. Д.Н. Прянишникова**

В условиях трех ротаций пятипольного севооборота многолетние бобово-злаковые травы (клевер луговой + тимофеевка луговая) лучше потребляли азот удобрения, азот почвы и симбиотический азот на приводораздельной части склона при локальном способе внесения азотного удобрения по сравнению с нижней частью склона. При локальном способе внесения азотного удобрения возрастала экологическая устойчивость агрофитоценоза многолетних трав, увеличивалось потребление растениями азота удобрения в 1,7-2,2 раза, азота почвы в 1,1-1,3 и симбиотического азота в 1,2-2,0 раза по сравнению с разбросным способом их применения. При этом в почве возрастала иммобилизация азота в 1,1-1,4 раза и в 1,5-4,2 раза снижались его потери. Многолетние бобово-злаковые травы 1-го года жизни формировали урожай биомассы при локальном способе внесения азотного удобрения в 1,1-1,3 раза выше, чем при разбросном способе. Наибольшее количество сырого белка (26,8-30,6%) содержалось в травах при локализации азотного удобрения.

Ключевые слова: изотоп азота ^{15}N , севооборот, многолетние бобово-злаковые травы, эрозия, элементы рельефа, потоки и баланс азота, устойчивость, качество урожая.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.15

Наличие бобового компонента (клевер, люцерна) в многолетних травосмесях придает им уникальные свойства в жизни агроэкосистем: средообразующий эффект, азотфиксация, плодородие почвы, полноценный корм в питании сельскохозяйственных животных. Велика роль бобово-злаковых трав в структуре севооборота и в защите почв от эрозии [1, 3, 7].

Наиболее остро проблема эффективного управления потоками азота стоит в агроэкосистемах, почвы которых подвержены водной эрозии, снижающей их устойчивость, продуктивность и качество урожая возделываемых культур [2, 4-6].

Многолетним бобово-злаковым травам принадлежит ведущая роль в управлении круговоротом азота, в повышении устойчивости и продуктивности агроэкосистем.

Цель исследований – установить роль многолетних бобово-злаковых трав 1-го года жизни в управлении циклами и балансом азота агроэкосистемы, в повышении ее продуктивности и устойчивости.

Методика. В составе 5-польного севооборота на дерново-подзолистой почве (юго-восточный склон вогнуто-выпуклой формы) 4- и 5-м полями были многолетние бобово-злаковые травы (клевер луговой, тимо-

феевка луговая). ГТК за период вегетации многолетних бобово-злаковых трав 1-го г. ж. (первая ротация севооборота) составил 2,1 (среднемноголетний 1,7), сумма осадков – 231 мм. Во вторую ротацию ГТК снизился до 1,5, сумма осадков – 197 мм. В третью ротацию ГТК периода вегетации трав составил 1,8. В исследованиях в качестве азотного удобрения применяли сульфат аммония (20 ат, % ^{15}N).

Методика приведена в ж. «Плодородие», № 1 (2019 г.), на стр. 47-50.

Результаты и их обсуждения. Многолетние бобово-злаковые травы потребляли наибольшее количество азота во вторую ротацию за счет лучшей фиксации молекулярного азота. При этом потребление азота удобрения несколько уменьшалось, а азота почвы существенно снижалось на приводораздельной части склона и слегка повышалось в нижней его части. В третьей ротации травы фиксировали значительное количество атмосферного азота, тогда как потребление азота удобрения не менялось, а накопление азота почвы снижалось по сравнению с первой ротацией.

Потребление травами азота в нижней части склона снижалось: азота удобрения в 1,3-2,4 раза, азота почвы

в 1,1-1,5 и симбиотического азота в 1,1-1,6 раза, по сравнению с приводоразделом [10,12].

Применение азотного удобрения повышало потребление азота многолетними травами. Локализация азотного удобрения увеличивала потребление травами азота удобрения в 1,7-2,2 раза, азота почвы в 1,1-1,3 и симбиотического азота в 1,2-2,0 раза по сравнению с разбросным способом их применения (табл.1).

1. Потребление азота удобрения, азота почвы и симбиотического азота многолетними бобово-злаковыми 1-го г. ж. в зависимости от элемента рельефа и способа внесения азотного удобрения в трех ротациях севооборота

Вариант опыта	Общий вынос азота, г/м ²	В том числе азот					
		удобрения		почвы		симбиотический	
		г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%
<i>Первая ротация</i>							
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	8,23			2,11	26	6,12	74
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	9,32	0,67	7	2,75	30	5,90	63
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	13,37	1,36	10	3,17	24	8,84	66
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	4,07			1,00	25	3,07	75
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	4,50	0,46	10	1,17	26	2,87	64
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	7,72	1,01	11	1,37	18	5,34	69
<i>Вторая ротация</i>							
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	10,68	-	-	1,31	12	9,37	88
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	14,99	0,72	5	1,71	11	12,56	84
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	18,21	1,41	8	1,90	10	14,90	82
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	8,22	-	-	1,14	14	7,08	88
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	10,05	0,48	5	1,39	14	8,18	81
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	12,55	0,90	7	1,74	14	9,91	79
<i>Третья ротация</i>							
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	9,56			1,12	12	8,44	88
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	13,02	0,68	5	1,44	11	10,90	84
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	17,50	1,32	7	1,88	11	14,30	82
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>							
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	5,95			0,78	13	5,17	87
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	8,67	0,64	7	1,17	13	6,86	80
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	11,66	1,10	9	1,40	12	9,16	79

Наличие бобового компонента (клевера) в травосмеси предопределило интенсивность гетеротрофного и

автотрофного циклов азота: изменяет активность и соотношение процессов минерализация ↔ иммобилизация. Многолетние бобово-злаковые травы 1-го г.ж. лучше в 1,5-1,7 раза использовали азот удобрения, его больше в 1,1-1,7 раза закреплялось в почве и в 1,3-2,1 раза меньше терялось в газообразной форме по сравнению с зерновыми культурами в сопоставимых условиях [11, 13].

Многолетние травы лучше потребляли азот удобрения во второй ротации на приводораздельной части склона и хуже в нижней его части (табл. 2). В первой и третьей ротациях травы 1-го года жизни использовали одинаковое количество азота удобрения на приводораздельной части склона, а в нижней части в 1,4 раза больше в III ротации севооборота по сравнению с I ротацией при разбросном внесении и в 1,1 раза при локальном внесении азотного удобрения.

Наибольшее количество азота удобрения закрепилось в почве под травами во второй ротации (38-44% на приводораздельной части склона и 36-43% в нижней части склона). В первой и третьей ротациях севооборота в почве закреплялось одинаковое количество азота удобрения независимо от элемента склона. В других ротациях закрепление азота в нижней части склона снижалось в 1,1-1,3 раза по сравнению с его приводораздельной частью.

При локальном применении азотного удобрения в почве иммобилизовалось больше азота удобрения: в 1,2 раза на приводораздельной части склона и в 1,1-1,4 раза в нижней части склона по сравнению с разбросным их внесением, что связано с усилением функций корневой системы трав [8,16].

В эрозионном агроландшафте азот теряется в результате поверхностного стока и процессов денитрификации – нитрификации. Размеры потерь азота с поверхностным стоком зависят от выращиваемой культуры. Под многолетними травами теряется минимальное количество азота – 0,4-0,5 кг/га, что в 11 раз меньше по сравнению с зябью [13,14]. Основное количество азота при выращивании трав теряется за счет образования газообразных продуктов.

При выращивании многолетних бобово-злаковых трав наибольшее количество азота удобрения терялось в нижней части склона при разбросном способе применения азотного удобрения (51-58% от применяемой дозы), тогда как наименьшее количество (9-16%) – на приводораздельной части склона при локальном способе их внесения (табл.2). В нижней части склона теряется в 1,2-3,9 раза азота больше, чем на приводораздельной его части. Локализация азотного удобрения снижала в 1,5-4,2 раза потери азота по сравнению с разбросным способом их применения.

Биологической особенностью бобово-злаковых трав (клевер, тимофеевка) является преимущественное накопление симбиотического (атмосферного) азота (63-88% от общего содержания элемента), 10-30% азота почвы и 5-11% азота минеральных удобрений. Это определяет их ведущую роль в повышении плодородия почвы, продуктивности растений и устойчивости агроэкосистем [9,10]. В основе лежит обмен азота внутри компонентов агрофитоценоза и между ними, интегрированный потоками, формирующими гетеротрофный и автотрофный его циклы. Особенности формирования циклов азота бобовыми растениями определяют степень устойчивости систем. В свою очередь, размер

фиксации атмосферного азота зависит от вида злаково-го компонента [15,17].

2. Потоки и баланс азота удобрения при выращивании многолетних бобово-злаковых трав 1-го г. ж. на различных элементах рельефа в зависимости от способа применения

Вариант опыта	Использовано растениями		Иммобилизовано в 0-100 см слое почвы		Потери	
	1	2	1	2	1	2
<i>Первая ротация</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (Фон) + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	0,67	0,46	1,01	0,81	1,32	1,73
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	1,36	1,01	1,20	0,93	0,45	1,06
<i>Вторая ротация</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (Фон) + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	0,72	0,48	1,15	0,94	1,13	1,58
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	1,41	0,90	1,32	1,06	0,27	1,04
<i>Третья ротация</i>						
P ₃₀ K ₃₀ (Фон) + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	0,68	0,64	1,03	0,85	1,29	1,51
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	1,32	1,10	1,21	1,18	0,47	0,72

Примечание. 1 – приводораздельная часть склона 2-3⁰, 2 – нижняя часть склона 5-7⁰.

Над чертой – азот удобрения, г/м², под чертой – азот удобрения, % от внесенного.

В приводораздельной части склона больше иммобилизуется (реиммобилизуется) симбиотического азота и азота почвы по сравнению с нижней его частью (табл.3).

3. Потоки азота почвы и симбиотического азота при выращивании многолетних бобово-злаковых трав на различных элементах склона, г/м²

Показатель	Травы 1-го г. ж.			
	Верхняя часть склона 2-3 ⁰		Нижняя часть склона 5-7 ⁰	
	1	2	1	2
<i>Азот почвы</i>				
Общий вынос азота почвы	1,71	1,90	1,39	1,74
Иммобилизованный азот	3,88	2,43	3,14	3,11
Газообразные потери азота почвы	3,82	0,61	6,16	2,82
Минерализованный азот (М)	9,65	5,29	10,81	7,88
Нетто-минерализованный азот (Н-М)	5,77	2,86	7,67	4,77
Реиммобилизованный азот (РИ)	3,64	2,08	3,02	2,90
<i>Симбиотический азот</i>				
Вынос симбиотического азота	12,56	14,90	8,18	9,91
Остаточный минеральный азот	0,77	1,00	0,28	0,47
Иммобилизованный азот	20,06	14,05	15,54	11,67
Газообразные потери азота почвы	19,70	2,75	26,92	11,45
Минерализованный азот (М)	53,09	32,70	51,92	33,50
Нетто-минерализованный азот (Н-М)	33,03	18,65	35,38	21,83
Реиммобилизованный азот (РИ)	19,29	13,05	16,26	11,20

Примечание. 1 – N вразброс; 2 – N локально.

Азотные удобрения, внесенные локально, оказывают специфическое действие на функции корневой системы, повышают активность бобово-ризобияльного комплекса, активизируют гетеротрофный цикл азота и участие в нем симбиотического азота [8, 19, 20]. Локализация азотного удобрения повышала устойчивость многолетних бобово-злаковых трав в 1,1-1,2 раза по сравнению с разбросным способом их внесения (табл. 4).

Бобово-злаковые травы обладали на 20-30% большей экологической устойчивостью по сравнению с зерновыми культурами, что достигалось за счет дополни-

тельного использования биологического азота, большей иммобилизации и меньших потерь азота [13,16,18]. Экологическая устойчивость агрофитоценоза бобово-злаковых трав (клевер, тимофеевка) снижалась от приводораздельной части склона к его нижней части.

4. Показатели интегральной оценки функционирования системы почва-растение при выращивании многолетних бобово-злаковых трав на различных элементах склона

Часть склона	Способ внесения азотных удобрений	Многолетние травы 1-го г. ж.	
		РИ:М, %	Н-М:РИ
Приводораздельная, 2-3 ⁰	N ₃₀ вразброс	37	1,7
	N ₃₀ локально	40	1,4
Нижняя, 5-7 ⁰	N ₃₀ вразброс	31	2,2
	N ₃₀ локально	34	1,9

Многолетние бобово-злаковые травы 1-го г. ж. формировали в I ротации севооборота наименьший урожай фитомассы на приводораздельной и нижней частях склона по сравнению со II и III ротациями севооборота (табл. 5). В нижней части склона наибольшей продуктивностью травы отличались во второй ротации за счет лучшего потребления симбиотического азота. Наименьшая продуктивность трав характерна в нижней части склона в первой ротации (за счет переувлажнения). При локальном применении азотного удобрения травы формировали урожай фитомассы в 1,1-1,3 раза выше, чем при разбросном способе их внесения.

5. Продуктивность многолетних бобово-злаковых трав 1-го г.ж. в зависимости от элемента рельефа и способа внесения азотного удобрения в трех ротациях севооборота

Вариант опыта	Урожайность сена, г/м ²	Прибавка		Прибавка от локализации удобрения	
		г/м ²	%	г/м ²	%
1	2	3	4	5	6
<i>Первая ротация</i>					
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	380	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	540	160	42	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	688	308	81	148	27
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	205	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	292	87	42	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	372	167	81	80	27
<i>Вторая ротация</i>					
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	540	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	660	120	22	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	733	193	36	73	11
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	440	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	532	50	11	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	635	195	44	103	19
<i>Третья ротация</i>					
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	560	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	640	80	14	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	756	196	35	116	18
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>					
P ₃₀ K ₃₀ (фон)	422	-	-	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ вразброс	509	87	21	-	-
Фон + ¹⁵ N ₃₀ локально	586	164	39	77	15
P, %	2-3				
НСР _{0,5} , г/м ² : сред. рельеф	3-42				
удобрения	2-24				
	2-29				

Многолетние травы 1-го г. ж. наибольшее количество сырого белка в надземной биомассе содержали во второй ротации севооборота при локальном применении азотного удобрения на обеих частях склона, наименьшее количество – в 3-й ротации (табл. 6). В нижней части склона содержание сырого белка в биомассе трав снижалось на 0,7-2,1% при разбросном применении азотного удобрения и на 2,3-3,8% при локальном способе их внесения. При локальном способе применения азотного удобрения содержание сырого белка в биомассе трав повышалось на 3,5-8,0% на приводораздельной части склона и на 1,9-6,3% в нижней части склона по сравнению с разбросным способом их применения.

6. Содержание сырого белка в фитомассе многолетних бобово-злаковых трав 1-го г.ж. в зависимости от элемента рельефа, способа внесения азотного удобрения в трех ротациях севооборота, % на сухое вещество

Вариант опыта	Ротация севооборота		
	I	II	III
<i>Приводораздельная часть склона 2-3⁰</i>			
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	19,0	18,1	16,4
Фон+ ¹⁵ N ₃₀ вразброс	21,6	22,6	18,3
Фон+ ¹⁵ N ₃₀ локально	25,1	30,6	22,9
<i>Нижняя часть склона 5-7⁰</i>			
Р ₃₀ К ₃₀ (фон)	19,2	16,2	14,4
Фон+ ¹⁵ N ₃₀ вразброс	20,9	20,5	16,8
Фон+ ¹⁵ N ₃₀ локально	22,8	26,8	20,4

Выводы. В эрозионном агроландшафте возрастает средообразующая роль бобово-злаковых трав, регулирующих процессы азотфиксации, минерализации, иммобилизации и миграции азота. Во всех этих процессах существенную роль играет симбиотический азот бобового компонента травосмеси.

В условиях трех ротаций пятипольного севооборота многолетние бобово-злаковые травы (клевер луговой + тимофеевка луговая) лучше потребляли азот удобрения, азот почвы и симбиотический азот на приводораздельной части склона при локальном способе внесения азотного удобрения по сравнению с нижней частью склона.

При локальном способе внесения азотного удобрения возрастала экологическая устойчивость агрофитоценоза многолетних трав, увеличивалось потребление азота удобрения в 1,7-2,2 раза, азота почвы в 1,1-1,3 и симбиотического азота в 1,2-2,0 раза по сравнению с разбросным способом их применения. При этом в почве возрастала иммобилизация азота в 1,1-1,4 раза и в 1,5-4,2 раза снижались его потери.

Многолетние бобово-злаковые травы 1-го г. ж. формировали урожай биомассы при локальном способе внесения азотного удобрения в 1,1-1,3 раза выше, чем при разбросном способе. Наибольшее количество сыро-

го белка (26,8-30,6%) содержалось в травах при локализации азотного удобрения.

Литература

1. Капитанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
2. Клементьев А.И., Тихонов В.Е. Эколого-гидрологический анализ эрозийной устойчивости агроландшафтов // Почвоведение. – 2001. – №6. – С.756-766.
3. Листопадов И.Н., Игнатьев Д.С., Гаевая Э.А. Севооборот как средство предотвращения водной эрозии почв // Земледелие. – 2010. – №8. – С. 8-9.
4. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 2. Устойчивое развитие агроландшафтов. – Пушкино: ОНТИ, 2000. Т.1. – С. 238-286.
5. Петелько А.И. Агрохимические показатели эродированных почв при их окультуривании и урожайность сельскохозяйственных культур // Плодородие. – 2010. – №2. – С. 23-24.
6. Русанов А.М. Комплексная оценка противозерозионной устойчивости почв // Почвоведение. – 2006. – №8. – С. 977-982.
7. Савич В.И., Гукалов В.Н., Мансуров Б.А. Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // Плодородие. – 2015. – №3. – С. 40-42.
8. Соколов О.А., Семенов В.М., Силкина Н.П. Поведение азота в очаге при локализации азотных удобрений // Почвоведение. – 1983. – №12. – С. 25-35.
9. Шмырева Н.Я., Завалин А.А., Соколов О.А., Литвинский В.А. Поток и банс азота удобрения при длительном применении азотных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы на склоне (3-я ротация с ¹⁵N) // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 2. – С. 9-12.
10. 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.
11. Соколов О.А., Завалин А.А., Сычев В.Г., Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н. Поток азота в агрофитоценозе на эродированных почвах. – М.: ВНИИА, 2015. – 95 с.
12. Соколов О.А., Шмырева Н.Я., Завалин А.А., Черников, В.А. Роль симбиотического азота и устойчивость его циклов при выращивании многолетних трав на склоне // Плодородие. – 2016. – №1. – С.50-52.
13. Сычев В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. – М.: ВНИИА, 2012. Т.2. – 272 с.
14. Цыбулька Н.Н., Жуков И.А., Жилко В.В. Потери гумуса и элементов питания на дерново-подзолистых почвах при водной эрозии // Почвоведение. – 2004. – №6. – С. 759-766.
15. Eriksen J., Høgh-jensen H. Variations in the natural abundance of ¹⁵N in ryegrass / white clover shoot material as influenced by cattle grazing. Plant and Soil, 1998. V. 205, №1. P.67-78.
16. Janselbacher E., Wanek W., Strauss J. A novel ¹⁵N tracer model reveals: Plant nitrate uptake governs nitrogen transformation rates in agricultural soils. Soil Biol. Biochem., 2013, V.57, P. 301-310.
17. Munoz A.E., Werver R.W. Competition between subterranean clover and ryegrass for uptake of ¹⁵N labeled fertilizer. Plant and Soil. 1999. V.211. №2. 3, 173-178.
18. Kleinebecker T., Holzel N., Prati D. Evidence from the real world : ¹⁵N natural abundances reveal enhanced nitrogen use at high plant diversity in Central European grassland. J. Ecology. 2014. V. 102. P.456-465.
19. Malhi S., Nyborg M. Control of nitrification of fertilizer nitrogen: Effect of inhibitors, banding and nesting. Plant and Soil, 1988, V. 107, P. 245-250.
20. Olu O.A., Hedlin R.A., Cho C.M. Crop utilization and soil retention of nitrogen from ¹⁵N - labeled urea, calcium nitrate and ammonium sulphate in several Manitoba soils. Canad. J. Soil Sci., 1986, V. 4, P. 661-671.

FLOWS AND BALANCE OF FERTILIZER AND SOIL NITROGEN UNDER CONDITIONS OF CROP ROTATION ON ERODATED SOD-PODZOLIC SOIL (RESEARCH WITH ¹⁵N)

Communication 4. Perennial legume and grasses of the first year of life

N.Ya. Shmireva, A.A. Zavalin, O.A. Sokolov

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia

Under the conditions of three rotations of a five-field crop rotation, perennial legume-grasses (meadow clover + timothy meadow) consumed fertilizer nitrogen, soil nitrogen and symbiotic nitrogen better on the drive-divided part of the slope with the local method of applying nitrogen fertilizer compared to the lower part of the slope. With the local method of applying nitrogen fertilizer, the environmental stability of agrophytocenosis of perennial herbs increased, the consumption by plants of fertilizers nitrogen increased 1.7-2.2 times, of soil nitrogen 1.1-1.3 and of symbiotic nitrogen 1.2-2.0 times in comparison with the scattered method of their application. Moreover, nitrogen immobilization in the soil increased 1.1-1.4 times and its losses decreased 1.5-4.2 times. Perennial legume-cereal grasses of the 1st year of life formed a biomass yield for local method of applying nitrogen fertilizer 1.1-1.3 times higher than for the scatter method. The largest amount of crude protein (26.8-30.6%) was contained in herbs under the localization of nitrogen fertilizer.

Key words: ¹⁵N, crop rotation, perennial leguminous grasses, erosion, relief elements, nitrogen flows and balance, stability, crop quality.