

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗИМОЙ РОЖЬЮ АЗОТА УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ИХ ВНЕСЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭРОЗИОННОГО ЛАНДШАФТА

Н.Я. Шмырева, к.б.н., О.А. Соколов, д.б.н., Л.Н. Цуриков, к.с.-х.н.
(по результатам исследований с ^{15}N)

На дерново-подзолистой почве склона юго-восточной экспозиции более экологически безопасный баланс азота удобрений складывался при локальном способе внесения азотного удобрения под озимую рожь. Озимая рожь использовала 34% азота удобрений в приводораздельной части склона (2-3⁰), 28 – в средней части склона (4-5⁰) и 21% – в нижней части склона (5-7⁰); закреплялось в почве, соответственно, 38, 34 и 24%, а терялось 28, 38 и 55%.

Ключевые слова: стабильный изотоп азота ^{15}N , элемент склона, баланс азота удобрения, эрозийный ландшафт.

В эрозийном агроландшафте на дерново-подзолистых почвах склонов уровень продуктивности сельскохозяйственных культур определяется, главным образом, количеством усвоенного растениями азота почвы и азота внесенных удобрений. С увеличением степени смытости почв урожайность полевых культур на них по сравнению с несмытыми почвами снижается на 10-60% и более [2].

Неиспользованный азот удобрений претерпевает в почве целый ряд превращений: иммобилизуется почвой, улетучивается в атмосферу и вымывается в нижние горизонты почвенного профиля; а на склонах мигрирует с поверхностным и латеральным стоками талых и ливневых вод, что приводит к увеличению потерь и загрязнению природной среды [1, 3, 5-7, 9, 11, 12].

Цель исследований – определить с помощью меченых ^{15}N удобрений степень использования азота удобрения озимой рожью в зависимости от элемента склона и способов внесения азотного удобрения.

Методика. В Смоленском НИИСХ в 2005-2006 г. был заложен микрополевой опыт с сульфатом аммония, обогащенным меченым азотом (20 ат. %) во второй ротации севооборота с чередованием культур: 1- озимая рожь; 2-овес; 3-ячмень с подсевом многолетних травосмесей; 4-травосмеси 1-го года пользования; 5-травосмеси 2-го года пользования.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая на карбонатном моренном суглинке слабо – (приводораздельная часть склона 2-3⁰) и среднесмытая (средняя часть склона 3-5⁰ и нижняя часть склона 5-7⁰). Содержание физической глины 32-34%. Агрохимическая характеристика пахотных слоев этих почв: рН_{сол.} 5,7; 5,9; 6,1, Нг – 1,18; 0,6; 0,8 мг-экв/100 г почвы, содержание обменных Ca^{2+} – 5,5; 6,0; 6,0 и Mg^{2+} – 2,0; 2,4; 2,2 мг-экв/100 г почвы, гумуса – 2,1, 0,9, 0,8%, общего азота – 0,09; 0,08; 0,07%, подвижных форм фосфора – 13,7; 15,8; 18,7, калия – 13,8; 15,0; 16,7 мг/100 г почвы (по Кирсанову).

Микрополевой опыт (размер делянок 0,5 × 1,0 м) размещен на склоне ЮВ экспозиции. Длина склона 300 м, повторность 4-кратная с ^{15}N 2-кратная. Азотное удобрение (N_{50}) вносили в дозе 50 кг/га двумя способами: вразброс и локально на глубину 10 см лентой. Ширина защитных полос между микроделянками 0,5 м. Обработка почвы – отвальная вспашка + рых-

ление подпахотного слоя на глубину 10-15 см вручную. Перед закладкой опыта проведено известкование из расчета полной нормы гидролитической кислотности. Норма высева – 5 млн всхожих зерен на 1 га. В почве и растительном материале общий азот определяли по методу Кьельдаля – Йодельбауэра. Изотопный анализ азота проводили на масс-спектрометре Delta – V. Другие аналитические показатели почвы и растений определяли в лабораториях ВНИИА по общепринятым методикам [4]. В микрополевом опыте с ^{15}N азотное удобрение (N_{50}) под озимую рожь вносили весной.

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия для выращивания озимой ржи в целом были удовлетворительными. ГТК за вегетационный период 2005-2006 гг. был близок (1,5) к среднемноголетнему значению (1,6).

Локальное размещение азотных удобрений имеет преимущество перед разбросным [10, 12]. Прибавка от локализации удобрений под зерновые культуры составляет в среднем 1,7-3,6 ц/га [8].

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве склона юго-восточной экспозиции на фоне фосфорных и калийных удобрений ($\text{P}_{80}\text{K}_{50}$) урожайность зерна озимой ржи снижалась от приводораздельной части склона к нижней в 1,4 раза, а при разбросном и локальном внесении сульфата аммония – в 1,7 раза. Наибольшая прибавка урожая зерна озимой ржи (214 г/м²) получена на приводораздельной части склона при локальном внесении азотного удобрения (табл.1).

Эффективность локального способа внесения (по сравнению с разбросным) менялась в зависимости от части склона. На приводораздельной части склона прибавка урожая зерна от локального внесения азотного удобрения по сравнению с разбросным способом составляла 80 г/м², или 24%, в средней 70 г/м², или 27% и нижней – 25 г/м², или 27% частях склона.

Таким образом, в период вегетации проявилась на всех элементах рельефа высокая эффективность локального способа внесения азотного удобрения по сравнению с разбросным способом.

Более высокая эффективность локального способа внесения азотного удобрения вызвана, по-видимому, меньшей миграцией азота по склону, наименьшими его потерями и лучшим использованием азота удобрений и почвы растениями [12].

1. Урожайность озимой ржи в зависимости от рельефа и способа внесения азотного удобрения на дерново-подзолистой почве склона

Вариант опыта	Зерно, г/м ²	Прибавка		Сырой белок, %	Соло- ма, г/м ²	Прибавка	
		г/м ²	%			г/м ²	%
		Приводораздельная часть склона (2-3 ⁰)					
Р ₅₀ К ₅₀ (фон)	196	-	-	4,6	490	-	-
Фон + ¹⁵ N ₅₀ враз- брос	330	134	68	4,6	825	335	68

Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ локально	410	214	109	5,7	1025	535	109
<i>Средняя часть склона (4-5⁰)</i>							
$P_{50}K_{50}$ (фон)	164	-	-	4,5	410	-	-
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ вразброс	264	100	61	4,9	660	250	61
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ локально	334	170	104	5,5	835	425	104
<i>Нижняя часть склона (5-7⁰)</i>							
$P_{50}K_{50}$ (фон)	136	-	-	4,2	340	-	-
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ вразброс	191	55	40	4,7	478	138	41
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ локально	243	107	77	4,6	608	268	79
$P, \%$	3				3,0		
$\text{HCP}_{0,5}, \text{г/м}^2$: част. ср.	16,6				40,2		
рельеф	9,6				23,2		
удобрений	9,6				23,2		

Внесение азотного удобрения локально в дозе 50 кг/га способствовало наибольшему потреблению азота удобрений и почвы растениями на приводораздельной части склона (табл. 2). Это в свою очередь обеспечивало формирование наибольшего урожая озимой ржи. Потребление азота растениями снижалось от приводораздельной к нижней части склона, однако при локальном способе внесения азотного удобрения озимая рожь потребляла больше азота удобрений и почвы по сравнению с разбросным способом на всех элементах склона. Локальный способ внесения способствовал и лучшему потреблению дополнительного количества азота почвы растениями (30-41% от общего выноса азота с урожаем озимой ржи).

Структура баланса азота удобрений при выращивании озимой ржи зависела от способа внесения азотного удобрения и элемента склона (табл. 3). Использование азота озимой рожью снижалось, а газообразные потери азота удобрений возрастали от верхней к нижней части склона. Локальное внесение азотного удобрения обеспечивало лучшее (в 1,5-3 раза) использование азота удобрений растениями и более эффективное снижение газообразных потерь азота (в 1,4-1,8 раза) по сравнению с разбросным способом их применения. Наибольшее количество азота удобрения (55-79% от применяемой дозы удобрений) терялось в нижней части склона.

Локальное внесение азотного удобрения обеспечивало лучшую иммобилизацию азота удобрений (в 1,3 раза в верхней части склона и в 1,7 раза в нижней части склона) по сравнению с разбросным способом их применения.

Иммобилизация азота удобрения снижалась от верхней части склона к нижней (талвегу) при обоих способах внесения азотного удобрения.

2. Потребление азота удобрений и почвы озимой рожью в зависимости от рельефа и способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Общий вынос, г/м ²	В том числе азот				«Экстра» – N		КИАУ, %
		удобрений		почвы		г/м ²	%	
		г/м ²	%	г/м ²	%			
Приводораздельная часть склона (2-3 ⁰)								
P ₅₀ K ₅₀ (фон)	3,24	-	-	3,24	100	-	-	-
Фон + N ₅₀ вразброс	5,81	1,08	19	4,73	81	1,49	26	22
Фон + ¹⁵ N ₅₀ локально	8,35	1,68	20	6,67	80	3,43	41	34
Средняя часть склона (3-5 ⁰)								
P ₅₀ K ₅₀ (фон)	2,69	-	-	2,69	100	-	-	-
Фон + N ₅₀ вразброс	4,65	0,86	18	3,79	82	1,10	24	17
Фон + ¹⁵ N ₅₀ локально	6,72	1,40	21	5,32	79	2,63	39	28
Нижняя часть склона (5-7 ⁰)								
P ₅₀ K ₅₀ (фон)	2,10	-	-	2,10	100	-	-	-
Фон + N ₅₀ вразброс	3,24	0,34	10	2,90	90	0,80	25	7
Фон + ¹⁵ N ₅₀ локально	4,96	1,06	21	3,90	79	1,50	30	21

3. Баланс азота удобрений при выращивании озимой ржи в зависимости от рельефа и способов внесения азотного удобрения

Способ внесения $^{15}\text{N}_{50}$	Азот удобрений								
	использовано растениями			иммобилизовано в почвенном слое (0-100 см)			потери		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вразброс	1,08 22	0,86 17	0,34 7	1,40 28	1,30 26	0,70 14	2,52 50	2,84 57	3,96 79
Локально	1,68 34	1,40 28	1,06 21	1,92 38	1,70 34	1,21 24	1,40 28	1,90 38	2,73 55

Примечания. 1. В графе 1 – приводораздельная часть склона 2-3⁰, 2 – средняя часть склона 4-5⁰, 3 – нижняя часть склона 5-7⁰. 2. Над чертой – г/м², под чертой – % от внесенного азота.

Выводы. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве склона юго-восточной экспозиции наибольшая урожайность зерна озимой ржи (196-410 г/м²) и соломы (490-1025 г/м²) получена в приводораздельной части. Наибольшая прибавка урожая зерна (80 г/м², или 24%) отмечена в приводораздельной части склона при локальном способе внесения азотного удобрения. При таком способе внесения содержание сырого белка в зерне увеличивалось на 1,0-1,4% по сравнению с фоновым вариантом.

Наибольшее количество азота (34%) озимая рожь использовала при дозе N_{50} в приводораздельной части склона при локальном внесении. Этот способ внесения азотного удобрения способствовал дополнительному усвоению азота почвы («экстра»-азота). Использование азота удобрений (меченых ^{15}N) озимой рожью снижалось от водораздела к тальвегу. Локализация азотного удобрения повышала потребление азота удобрений растениями в 1,5-3 раза по сравнению с разбросным способом.

Иммобилизация азота удобрений снижается от приводораздельной к нижней части склона (28-38% на плакоре и 14-24% в нижней части склона). Локализация азотного удобрения увеличивала закрепление азота удобрений в почве в 1,3-1,7 раза.

Для эродированных дерново-подзолистых почв характерны значительные потери азота удобрений, который в результате не участвует в продукционном процессе растений. Потери азота удобрений возрастают от приводораздельной к нижней части склона (28-50 и 55-79% соответственно). Локализация азотного удобрения снижала потери азота удобрения в 1,4-1,8 раза по сравнению с разбросным способом внесения.

Литература

- Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращения азота удобрений. - Новосибирск: Наука, 1985. - С.6-88.
- Каиштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. - М.: Колос, 1997. - С.5-20.
- Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. - М.: Колос, 1999. - 296 с.
- Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. - М.: МГУ, 2001. - С.3-10.
- Пироженко Р.С., Шилина Л.И., Коренчук Л.П., Артюшенко А.А., Андриенко И.И., Леончик О.А. Трансформация и баланс азота минеральных удобрений в черноземах и дерново-подзолистых почвах СССР // Трансформация азота в почве и использование его сельскохозяйственными культурами в интенсивном земледелии. - М., 1991. - С.72-82.
- Руделев Е.В. Минерализация – иммобилизация азота в основных типах почв России и эффективность азотных удобрений: Автореф. дис. ... д-ра б. н. - М., 1992. - 34 с.
- Семенов Н.Н., Цыбулька Н.П. Потребление озимой рожью азота почвы и удобрений (по данным опытов с ^{15}N) // Агрохимия. - 1995. - №8. - С.29-33.
- Сеноряков И.Ф., Овчинникова Н.Г., Вахрамеев Ю.И., Медведев С.С. Рекомендации «Локальное внесение минеральных удобрений в различных почвенно-климатических зонах СССР при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур». - М.: АгроНИИТЭП, 1988. - С. 5-26.
- Сычев В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Т.2. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. - М.: ВНИИА, 2012. - 322 с.
- Соколов О.А., Семенов В.М. Теория и практика рационального применения азотных удобрений. - М.: Наука, 1992. - 206 с.

11. Шмырева Н.Я. Использование растениями азота удобрений и его миграция в дерново-подзолистых почвах склонов центрального Черноземья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.- М., 1996.- 21 с.

12. Явтушенко В.Е. Агроэкологическое обоснование систем удобрения на почвах склонов: Дис. ... д-ра с.-х. н.- М., 1991. – 47 с.

UTILIZATION OF NITROGEN FERTILIZERS BY WINTER RYE DEPENDING ON THEIR APPLICATION MODE UNDER ERODIBLE LANDSCAPE CONDITIONS (FROM ¹⁵N STUDIES)

***N.Ya. Shmyreva, O.A. Sokolov, L.N. Tsurikov
Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia***

In soddy-podzolic soil on a slope of eastern exposure, a more environmentally safe nitrogen balance was established at the local application of nitrogen fertilizer for winter rye. Winter rye utilized 34% of fertilizer nitrogen on the near-watershed part of the slope (2-3°), 28% on the middle part of the slope (4-5°), and 21% on the lower part of the slope (5-7°); 38, 34, and 25% of fertilizer nitrogen were retained in the soil, and 28, 38, and 55%, respectively, were lost.