

5. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.- Взамен ГОСТ 26213-84; введ. 1993-06-30.-М.: Издательство стандартов, 1992.-6 с.

6. *Летяго С.В.* Влияние жидкого навоза на плодородие почвы и урожайность культур/ С.В. Летяго, А.Г.Таразевич, Л.И.Кузнецова// Бюллетень ВИА.-1991.- Вып. 107.-С.21-27

7. *Лыков А.М.* Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья/ А.М.Лыков, А.И.Еськов, М.Н. Новиков.-М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004.-630 с.

8. *Мамонтов В.Г.* Практикум по химии почв/ В.Г. Мамонтов.-М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014.- 283 с.

9. *Мартынова Н.А.* Химия почв: органическое вещество почв: учебно-методическое пособие/ Н.А. Мартынова.-Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011.-255 с.

10. *Орлов Д.С.* Система показателей гумусного состояния почв/ Д.С.Орлов, О.Н. Бирюкова// Методы исследований органического вещества почв: сб. науч.тр./Россельхозакадемия-ГНУ ВНИПТИОУ. – М., 2005. – С. 6-17.

11. *Орлов Д.С.* Практикум по химии гумуса/ Д.С.Орлов, Л.А. Гришина.-М.:Изд-во МГУ, 1981.-272 с.

12. *Практикум по агрохимии.* Учебное пособие. 2-е издание/ В.Г. Минеев [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2001.-689 с.

13. *Семенов П.Я.* Бесподстилочный навоз и воспроизводство гумуса/ П.Я.Семенов// Агрохимия.-1987.-№2.-С.105-111.

14. *Тарасов С.И.* Эффективность длительного применения бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием кострца безостого. 1. Влияние длительного применения бесподстилочного навоза на ботанический состав и урожай кострца безостого /С.И.Тарасов, М.Е.Кравченко, Е.А.Бужина// Плодородие. – 2015.- №6.- С. 27-30.

15. *Хемдан И.М. Мабрук.* Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы при внесении животноводческих стоков/ Мабрук И.М. Хемдан, А.В. Шуравилин, В.С. Меркурьев// Мелиорация и водное хозяйство.-2004.-№6.-С.21-22.

## EFFICIENCY OF THE LONG-TERM USE OF LIQUID MANURE IN AGROECOSYSTEMS WITH CONTINUOUS CULTIVATION OF BROMEGRASS:

### 4. The effect of regular application of liquid manure on the organic matter of soddy-podzolic soils in agrocenoses with the permanent cultivation of perennial grasses

*S.I. Tarasov<sup>1</sup>, M.E. Kravchenko<sup>1</sup>, T.A. Bushina<sup>1</sup>, I.R. Makarikhina<sup>1</sup>, B.M. Kogut<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat (FGBNU VNIIOU) Vyatkinо, Sudogda raion, Vladimir oblast, 601390 Russia, E-mail: tarasov.s.i@mail.ru

<sup>2</sup>Dokuchaev Institute of Soil Science, Pyzhevskii per. 7/2 Moscow 119017 Russia, E-mail: kogutb@mail.ru

*Regular application of liquid manure at different rates in agroecosystems with the continuous cultivation of bromegrass during 32 years increased the content of organic matter in soddy-podzolic soils and improved its quality. The potential and effective soil fertility increased with increasing rates of fertilizers.*

*Keywords: liquid manure, permanent crop, bromegrass (Bromopsis inermis L.), regulatory compliance, soddy-podzolic soil, organic matter, content, quality*

УДК 631.811.1:633.13:632.125

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА УДОБРЕНИЙ ЯЧМЕНЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭРОЗИОННОГО ЛАНДШАФТА (И ротация с <sup>15</sup>N)

*Н.Я. Шмырева, к.б.н., О.А. Соколов, д.б.н., А.А. Завалин, акад. РАН, В.А. Литвинский, ВНИИА*

*На дерново-подзолистой почве склона более экологичный баланс азота удобрения складывался при локальном способе внесения удобрений под яровой ячмень. Ячмень использовал 34% азота удобрений в приводораздельной части склона (2-3<sup>0</sup>) и 24% – в нижней части склона (5-7<sup>0</sup>), закреплялось в почве 32 и 25%, терялось 34 и 51% соответственно.*

*Ключевые слова: стабильный изотоп азота, элемент склона, баланс азота удобрения, эрозионный ландшафт.*

В эрозионном 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 смывости почв урожайность полевых культур на них, по сравнению с несмытыми почвами, снижается на 10-60% и более [5].

В Смоленской области на эродированной средне-смытой дерново-подзолистой почве по сравнению с неэродированной наиболее эффективно азотное удобрение. Применение аммиачной селитры в дозе 60 кг/га (на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) под предпосевную культивацию позволило получить в среднем за два года прибавку урожая зерна ячменя (сорт Московский 121) 7,5 ц/га, а при внесении полного минерального удобрения прибавка со-

ставляла 10,4 ц/га [21].

По данным В.В. Жилко [4], урожай зерна ячменя на среднесмытых почвах Белоруссии снижается по сравнению с несмытой почвой с 19,9 до 16,2 ц/га без применения удобрений и с 30,0 до 27,7 ц/га при применении N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>.

На дерново-подзолистых почвах склонов со средним содержанием в пахотном слое подвижного фосфора и калия наибольший урожай ячменя на уровне 30 ц/га в почвозащитном севообороте при отвальной и плоскорезной обработках обеспечивался при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> [5].

Неиспользованный азот удобрений претерпевает в почве 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 к загрязнению природной среды [2, 4-6, 11-13, 19, 21, 22, 25].

Цель исследований – с помощью меченых <sup>15</sup>N удобрений определить степень использования азота удобрения ячменем в зависимости от элемента склона и способов внесения азотного удобрения.

**Методика** приведена в ж. «Плодородие» №6 (2014 г.) на стр. 16. Норма высева ярового ячменя (сорт Носовский 9) – 5,5 млн всхожих зерен на 1 га.

**Результаты и их обсуждения.** ГТК за вегетационный период произрастания ярового ячменя в 2008 г. составил 2,0 к среднемноголетнему. Количество выпавших осадков было выше в 1,1 раза, а температура воздуха ниже в 1,1 раза по сравнению со среднемноголетним.

Во второй ротации севооборота с <sup>15</sup>N потребление азота растениями ячменя зависело от элемента и способа внесения азотного удобрения.

Потребление азота удобрения ячменем снижалось от приводораздельной части склона к нижней. При максимальном внесении азотного удобрения потребление азота растениями в приводораздельной части склона составляло 10,03 г/м<sup>2</sup>, а в нижней части склона в 1,5 раза меньше (табл. 1). При локальном внесении азотного удобрения ячмень потреблял наибольшее количество азота удобрения на всех элементах склона по сравнению с разбросным их применением.

**1. Потребление и использование азота удобрения и азота почвы ячменем в зависимости от элемента склона и способа внесения азотного удобрения**

Вариант опыта	Общий вынос азота, г/м <sup>2</sup>	В том числе N				«Экстра» – N		КИ-АУ, %
		удобрений		почвы		г/м <sup>2</sup>	%	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%			
<i>Приводораздельная часть склона 2-3<sup>0</sup></i>								
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	3,42	-	-	3,42	100	-	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> разброс	6,61	0,95	14	5,66	86	2,24	34	19
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	10,03	1,70	17	8,33	83	4,91	49	34
<i>Нижняя часть склона 5-7<sup>0</sup></i>								
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	2,32	-	-	2,32	100	-	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> разброс	4,85	0,70	14	4,15	86	1,83	38	14
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	6,77	1,20	18	5,57	82	3,25	48	24

**2. Продуктивность ячменя в зависимости от элемента склона и способа внесения азотного удобрения**

Вариант опыта	Урожай зерна, г/м <sup>2</sup>	Прибавка		Прибавка от локализации		Сырой белок, %	Урожай соломы, г/м <sup>2</sup>	Прибавка		Прибавка от локализации	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%			г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
		<i>Приводораздельная часть склона 2-3<sup>0</sup></i>									
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	184	-	-	-	-	7,30	226-	-	-	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> разброс	301	117	64	-	-	8,04	408	182	8	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	411	227	123	110	37	8,84	600	374	165	192	47
<i>Нижняя часть склона 5-7<sup>0</sup></i>											
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (фон)	131	-	-	-	-	6,84	171	-	-	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> разброс	238	107	82	-	-	7,18	343	172	101	-	-
Фон + <sup>15</sup> N <sub>50</sub> локально	301	170	130	63	59	7,48	449	278	162	106	31
P <sub>2</sub> , %	3						3				
HCP <sub>0,5</sub> , г/м <sup>2</sup> : ср.	28						30				
рельеф	16						21				
удобрений	20						17				

Как и у других исследователей [14-17, 24] наибольший урожай зерна и соломы получен в варианте с локальным внесением азотных удобрений на глубину 10 см лентой. На всех элементах рельефа выявлено преимущество локального способа внесения азотного удобрения по сравнению с разбросным. Это наиболее выражено в приводораздельной части склона, где прибавка зерна от локального внесения азота по сравнению с разбросным достигала 110 г/м<sup>2</sup> (37%), а прибавка соломы составляла 192 г/м<sup>2</sup> (47%).

Разбросный способ внесения азотного удобрения увеличивал содержание сырого белка в зерне ячменя по сравнению с фоном на 0,34-0,74%, а при локальном

на основании исследований, выполненных в условиях полевых, микрополевых, вегетационных опытов с применением азотных удобрений, меченых стабильным изотопом азота <sup>15</sup>N, установлено, что коэффициент использования азота удобрений составляет 30-60%. В виде газообразных продуктов из почвы теряется 15-30%, иммобилизуется в органическое вещество почвы 20-40% [1-3,6-11, 16, 17, 20, 26]. Степень использования азота удобрений зависит от погодных условий, плодородия почвы, доз, сроков и способов применения азотных удобрений и других факторов.

На дерново-подзолистых почвах коэффициент использования азота удобрения (КИАУ) ячменем при разбросном внесении азотных удобрений достигал 18-49%, а при локальном способе – 27-56% [18].

Использование азота удобрения ячменем в приводораздельной части склона составляло 34% при локальном внесении азотного удобрения на глубину 10 см лентой и 19% при разбросном внесении, а в нижней части склона снижалось до 24 и 14% соответственно.

Ячмень больше потреблял азот почвы – 82-86%, а удобрений 14-18% при обоих способах внесения азотного удобрения.

Локальное внесение азотного удобрения в дозе 50 кг/га повышало усвоение дополнительного количества азота почвы («экстра» – азота) на приводораздельной части склона 3,25 г/м<sup>2</sup> (48%) (см. табл.1).

Во всех изучаемых вариантах опыта урожайность зерна и соломы ячменя была более высокой на приводораздельной части склона, а наименьшая в нижней части склона (табл. 2). Выявлена высокая эффективность азотного удобрения во всех изучаемых вариантах опыта и элементах рельефа. Прибавка урожая зерна от азота по сравнению с фоном составляла 64-130%, а соломы – 81-165%.

внесении – на 0,64-1,54%, соответственно по элементам рельефа (см. табл. 2).

На склоне на дерново-подзолистой почве (Смоленская обл.) при внесении сульфата аммония, меченого <sup>15</sup>N, газообразные потери зависели от элемента склона и способа внесенного азотного удобрения (табл. 3). Газообразные потери азота удобрений возрастали от верхней к нижней части склона, тогда как использование азота удобрения растениями и его иммобилизация снижались.

При локальном внесении азотного удобрения возрастали в 1,7-1,8 раза использование азота удобрения растениями и в 1,2-1,5 раза его закрепление в почве, тогда как газообразные потери азота снижались в 1,4-1,6 раза

по сравнению с разбросным способом их применения в той же дозе (50 кг/га).

### 3. Баланс азота удобрения при выращивании ячменя в зависимости от элемента склона и способа внесения азотного удобрения

Вариант опыта	Использовано растениями		Иммобилизовано в почве (0-100 см)		Газообразные потери	
	1	2	1	2	1	2
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ разброс	0,95 19	0,70 14	1,34 27	0,85 17	2,71 54	3,45 69
Фон + $^{15}\text{N}_{50}$ локально	1,70 34	1,20 24	1,60 32	1,25 25	1,70 34	2,55 51

Примечание. 1- приводораздельная часть склона 2-3<sup>0</sup>, 2- нижняя часть склона 5-7<sup>0</sup>. Над чертой – г/м<sup>2</sup>, под чертой – % от внесенного азота.

**Выводы.** 1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве склона юго-восточной экспозиции наибольшее количество азота удобрения (34%) ячмень использовал в приводораздельной части склона при локальном внесении азотного удобрения.

2. Локальное внесение азотного удобрения ( $^{15}\text{N}_{50}$ ) способствовало дополнительному усвоению азота почвы («экстра» – азота). Под влиянием азотного удобрения в приводораздельной части склона крутизной 2-3<sup>0</sup> усиливалась минерализация органических соединений азота почвы. Дополнительная мобилизация почвенного азота в приводораздельной части склона была выше в 1,5 раза по сравнению с нижней частью склона.

3. Яровой ячмень формировал наибольшую урожайность зерна (411 г/м<sup>2</sup>) и соломы (600 г/м<sup>2</sup>) в приводораздельной части склона с наименьшей крутизной. Наибольшая прибавка зерна ячменя (47%) отмечена при локальном внесении азотного удобрения в приводораздельной части склона.

4. Азотные удобрения при локальном внесении увеличивали содержание сырого белка в зерне ячменя на 0,64-1,54% по сравнению с фоновым вариантом.

5. При локальном внесении азотного удобрения весной в приводораздельной части склона закреплялось большее количество азота удобрения: 32% в почвенном профиле (0-100 см) и 25% в нижней части склона, а при разбросном внесении – в 1,2-1,5 раза меньше, соответственно по элементам рельефа.

6. В эрозионном ландшафте на дерново-подзолистой почве наиболее экологичный безопасный баланс азота удобрений складывался при локальном внесении азотного удобрения. Газообразные потери азота удобрений составляли в приводораздельной части склона 25%, а в нижней части склона 34 и значительно больше при разбросном внесении – 54 и 69% соответственно.

#### Литература

1. Высокова О.Б. Влияние локального внесения азотных удобрений совместно с ингибитором нитрификации на их эффективность // Автореф. дис. ... канд. биол. н. – М., 1993. – 22 с. 2. Гамзиков Г.П., Кост-

рик Г.И., Емельянова В.Н. Баланс и превращение азота удобрений. – Новосибирск: Наука, 1985. – С.6-88. 3. Гамзиков Г.П., Баранов П.А. Влияние предшествующей плодородности почвы на баланс азота вновь внесенных удобрений // Агрохимия. – 2001. – №7. – С.13-22. 4. Жилко В.В., Черныш А.Ф., Цыбулько Н.Н., Тишук Л.А. Потери гумуса и макроэлементов с процессами водной эрозии на дерново-пылеватоподзолистых почвах Белоруссии // Агрохимия. – 1999. – №10. – С.41-46. 5. Каишанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – С.5-20. 6. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. – М.: Колос, 1999. – 296 с. 7. Кидин В.В., Замараев А.Г. Использование ячменем минерального азота из различных слоев дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 1989. – №5. – С. 75-82. 8. Лаврова И.А. Превращение азота удобрений в системе почва-растение и повышение их эффективности // Автореф. дис. ... д-ра биол. н. – М., 1992. – 36 с. 9. Нестерова Е.И. Дозы азотных удобрений для различных культур // Азот в земледелии Нечерноземной полосы. – М.: Колос, 1973. – С. 239-258. 10. Осипов А.И., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 4. Роль азота в плодородии почв и питании растений. – СПб.: ВИЗР, 2001. – 360 с. 11. Пигарева Н.Н. Баланс и трансформация азота удобрений // Агрохимия. – 2007. – №2. – С.23-28. 12. Руделев Е.В. Трансформация азота почвы и азота удобрений // Агрохимия. – 1989. – №4. – С.113-123. 13. Руделев Е.В. Минерализация иммобилизация азота в основных типах почв России и эффективность азотных удобрений // Автореф. дис. д-ра биол. н. – М., 1992. – 34 с. 14. Сендряков 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.: АгроНИИЭПП, 1988. – С.5-26. 15. Смирнов П.Т. Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями // Автореф. док. дис. – М.: ТСХА, 1970. – 43 с. 16. Соколов О.А., Семенов В.М. Теория и практика рационального применения азотных удобрений. – М.: Наука, 1992. – 207 с. 17. Соколов О.А., Семенов В.М. Методология оценки азотного питания сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 1994. – №9. – С.137-149. 18. Сычев В.Г., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Агроэкологические аспекты роли азота в продукционном процессе. – М.: ВНИИА, 2009. Т.1. – 423 с. 19. 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. 20. Тимофеев О.В. Влияние комплексного применения средств химизации на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ячменя в условиях центрального района Нечерноземной зоны России // Автореф. дис. канд. с.-х. н. – М., 2001. – 16 с. 21. Цуриков Л.Н. Действие минеральных удобрений на урожай зерновых культур на эродированных дерново-подзолистых почвах // Бюл. ВИУА. – 1972. – №16. – С.25-28. 22. Цыбулько Н.Н., Черныш А.Ф., Жукова И.И., Пунченко С.С. Азотный фонд дерново-подзолистых почв различной степени эродированности и потери азота в процессе водной эрозии // Агрохимия. – 2013. – №2. – С.3-10. 23. Шмырева Н.Я. Использование растениями азота удобрений и его миграция в дерново-подзолистых почвах склонов Центрального Нечерноземья // Автореф. дис. канд. биол. н., 1996. 24. Шмырева Н.Я., Соколов О.А., Завалин А.А., Литвинский В.А. Баланс азотных удобрений при выращивании различных сортов ячменя на склоне // Плодородие. – 2014. – №3. – С.9-12. 25. Явтушенко В.Е., Цуриков Л.Н., Шмырева Н.Я. Использование азота удобрений ячменем на дерново-подзолистой почве в эрозионном рельефе // Агрохимия. – 1998. – №2. – С. 53-59. 26. Явтушенко В.Е., Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н. Баланс, трансформация и миграция азота удобрений в эрозионном ландшафте Центрального Нечерноземья // Агрохимия. – 2000. – №12. – С.5-14.

### UTILIZATION OF FERTILIZER NITROGEN BY BARLEY AT DIFFERENT FERTILIZATION METHODS UNDER EROSION LANDSCAPE CONDITIONS (SECOND ROTATION CYCLE WITH $^{15}\text{N}$ )

N.Ya. Shmyreva, O.A. Sokolov, A.A. Zavalin, V.A. Litvinskii  
Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Sciences,  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

In soddy-podzolic soil on slope, a more ecological balance of fertilizer nitrogen was formed at the local application of fertilizer for spring barley. Barley plants utilized 34% of fertilizer nitrogen in the near-watershed part of the slope (2-3<sup>0</sup>) and 24% in the lower part of the slope (5-7<sup>0</sup>); 32 and 25% of fertilizer nitrogen, respectively, were fixed in the soil, and 34 and 51%, respectively, were lost.

Keywords: stable nitrogen isotope, slope element, fertilizer nitrogen balance, erosion landscape.