

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА В АГРОЦЕНОЗАХ С БЕССМЕННЫМ ВОЗДЕЛЫВАНИЕМ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО

Сообщение 4. Влияние регулярного применения бесподстилочного навоза на органическое вещество дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав

**С.И. Тарасов, к.б.н., М.Е. Кравченко, к.б.н., Т.А. Бужина, И.Р. Макарихина, ВНИИОУ,
Б.М. Козут, д.с.-х.н., Почвенный институт им. В.В. Докучаева**

601390, Владимирская область, Судогодский район, п. Вяткино, ул. Прянишникова, 1; тел.: (4922) 426035; факс: (4922) 426010, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2; тел.: (495) 9537628

Регулярное применение различных доз бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным 32-летним возделыванием костреца безостого обусловило увеличение содержания органического вещества дерново-подзолистой почвы, повышение его качества. С увеличением доз удобрения возрастало потенциальное и эффективное плодородие почвы.

Ключевые слова: бесподстилочный навоз, бессменные посеы, кострец безостый, дерново-подзолистая почва, органическое вещество, содержание, качество.

На протяжении всего периода эксплуатации предприятия индустриального животноводства вынуждены ежегодно применять удобрения на основе бесподстилочного навоза, помета в интенсивном режиме на одних и тех же полях, что обусловлено причинами экономического, технологического характера, ограниченностью имеющихся в хозяйствах земель. Исследования по изучению агроэкологических последствий длительного применения различных доз бесподстилочного навоза, помета малочисленны [1,7]. В литературе имеются сведения, основанные на результатах краткосрочных полевых опытов по изучении влияния высоких доз бесподстилочного навоза на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур, изменение свойств почвы [3, 4, 6, 13]. Вместе с тем, согласно требованиям ГОСТ 17.4.3.06-86, краткосрочные исследования не позволяют достоверно определить влияние систематического применения различных доз бесподстилочного навоза на изменение физических, агрохимических, токсикологических, биологических свойств почвы, экологическую ситуацию в зонах его утилизации. В соответствии с существующими нормативными документами репрезентативность результатов исследований по влиянию различных видов удобрений на продуктивность, видовой состав растительных сообществ, уровень экологических нагрузок, изменение свойств почвы повышается с увеличением продолжительности проведения полевых опытов.

В рамках «Программы длительных опытов географической сети по комплексному применению удобрений и других средств химизации» на опытном поле ВНИИОУ в долгосрочном опыте (опыт № 02.11.17.105.04, регистрационный № 088 в «Реестре аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами РФ»), начиная с 1983 г. изучаются агроэкологические последствия систематического длительного применения различных доз бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на одном и том же поле с бессменным травостоем. В представленном сообщении приведены результаты 32-летних исследований (1983-2014 гг.) по изучению влияния регулярного применения различных доз бесподстилочно-

го навоза на содержание и качество органического вещества дерново-подзолистой почвы в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав.

Почва участка – дерново-подзолистая супесчаная на мощной суглинистой морене. Перед закладкой опыта почва (0-20 см) имела следующие агрохимические показатели: рН_{сол.} 4,9, содержание гумуса (по Тюрину) 1,34 %, подвижных фосфора и калия (по Кирсанову), соответственно, 56-68 и 147 мг/кг, Нг (по Каппену) 1,9 мг-экв/100 г, S (по Каппену, Гильковицу) 3,7 мг-экв/100 г. Схема опыта, условия его проведения приведены в сообщении 1 [14]. Содержание органического вещества в почве определяли по методу Тюрина [5]. Групповой и фракционный состав гумуса – методом Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой [9]. Подвижный гумус – экстракцией органического вещества почвы 0,1 н. NaOH [12]. Водорастворимый гумус – методом Тюрина [8]. Препаративное выделение гуминовых и фульвокислот – по методу Орлова и Гришиной [11].

В соответствии с результатами 32-летних исследований регулярное применение удобрений обусловило заметное изменение содержания органического вещества в почве (табл. 1).

1. Динамика содержания гумуса в почве (0-20 см) при систематическом применении удобрений, %

Вариант опыта	Годы							
	1982/1983	1987/1988	1992/1993	1997/1998	2002/2003	2006/2007	2011/2012	2014
Контроль	1,34	1,43	1,55	1,64	1,76	1,76	1,79	2,02
Бесподстилочный навоз, N ₃₀₀	1,34	1,74	2,22	2,72	3,22	3,31	3,34	3,22
Бесподстилочный навоз, N ₄₀₀	1,34	1,83	2,29	2,76	3,24	3,33	3,36	3,53
Бесподстилочный навоз, N ₅₀₀	1,34	1,83	2,31	2,81	3,29	3,33	3,41	3,34
Бесподстилочный навоз, N ₇₀₀	1,34	-	-	3,00	3,55	3,60	3,65	3,81
Минеральные удобрения – N ₃₀₀ PK	1,34	1,57	1,79	2,03	2,26	2/26	2,31	2,48

Наибольшее его увеличение отмечено при применении бесподстилочного навоза. По максимальной дозе жидкого навоза, навозных стоков (N₇₀₀) ежегодное увеличение содержания гумуса в почве (в среднем за 32 года) составило 0,08%. Систематическое применение бесподстилочного навоза в дозе N₃₀₀ повышало содержание в почве органического вещества в среднем на 0,06% в год. Заметный рост содержания гумуса обусловлен, вероятно, ежегодным поступлением в почву

органического вещества в составе бесподстилочного навоза, пожнивно-корневых остатков многолетних трав. При средней урожайности зеленой массы многолетних трав 319 ц/га (по дозе N₃₀₀), 416 ц/га (N₇₀₀) накопление в почве пожнивно-корневых остатков составляло, соответственно, 255 и 333 т/га (в пересчете на сухое вещество), органического вещества 244 и 318 т/га. Поступление в почву органического вещества в составе бесподстилочного навоза за период с 1983 по 2014 гг. превысило при дозах N₃₀₀ – 218 т/га; N₇₀₀ – 507 т/га. Суммарное поступление в почву органического вещества в составе пожнивно-корневых остатков, бесподстилочного навоза за 32 года исследований равно 462 (N₃₀₀) и 825 (N₇₀₀) т/га. Коэффициенты минерализации поступившего органического вещества в почву вариантов с внесением бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀ соответствовали 88 и 91%.

Согласно результатам исследований, ежегодное увеличение содержания гумуса в почве контрольного варианта составило в среднем 0,02%, а в варианте с регулярным применением минеральных удобрений – 0,04%. Это обусловлено, вероятно, поступлением органического вещества в составе пожнивно-корневых остатков (70 т/га на контроле, 235 т/га при систематическом применении минеральных удобрений). Коэффициенты минерализации органического вещества в почве контрольного варианта опыта составляли в среднем 84%, в почве варианта с систематическим применением минеральных удобрений – 91%.

Как следует из результатов исследований, регулярное применение удобрений способствовало увеличению содержания гумуса не только в пахотном, но и в нижележащих горизонтах почвы (табл. 2).

2. Содержание гумуса в различных горизонтах почвы под влиянием регулярного применения удобрений, % (2014 г.)

Горизонт почвы, см	Вариант опыта			
	Контроль (без удобрений)	Бесподстилочный навоз		Минеральные удобрения – N ₃₀₀ PK
		N ₃₀₀	N ₇₀₀	
0-20	2,02	3,22	3,81	2,48
20-40	0,6	0,82	0,94	0,56
40-60	0,24	0,52	0,81	0,32
60-80	0,24	0,36	0,4	0,26
80-100	0,21	0,34	0,42	0,22

Наибольшее содержание гумуса в почве в верхнем перегнойно-аккумулятивном горизонте. Запасы гумуса в почве контрольного варианта превысили 60 т/га, вариантов опыта с систематическим применением бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀, соответственно, 96,7 и 114,3, варианта с регулярным применением минеральных удобрений – 67,8 т/га. Максимальное содержание гумуса в почве пахотного слоя всех вариантов опыта обусловлено, очевидно, сосредоточением здесь основной биомассы корневой системы многолетних трав, поступлением всего количества органического вещества в составе пожнивно-корневых остатков, бесподстилочного навоза. В сравнении с пахотным горизонтом содержание гумуса в подпахотном горизонте (20-40 см) во всех вариантах резко снизилось. Однако, в подпахотном слое почвы вариантов опыта с использованием удобрений содержание гумуса было заметно больше по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее содержание гумуса в почве горизонтов 20-40, 40-60 см отмечено в вариантах с использованием бесподстилочного навоза в дозе N₇₀₀. Увеличение содер-

жания гумуса в почве в нижележащих горизонтах (20-40, 40-60 см) вариантов опыта с применением удобрений связано, вероятно, с ростом их влияния на биомассу корневой системы многолетних трав, миграцию подвижных органических соединений из верхнего перегнойно-аккумулятивного горизонта.

В соответствии с результатами исследований темпы прироста гумуса по различным периодам наблюдений (1983-2014 гг.) в пределах каждого варианта опыта не снижались. Это обусловлено, вероятно, регулярным поступлением органических веществ в составе удобрений, пожнивно-корневых остатков, бессменным возделыванием многолетних трав с преобладанием анаэробных условий в почве вследствие отсутствия механических ее обработок.

Согласно результатам исследований, длительное систематическое применение удобрений обусловило изменение не только содержания гумуса в почве, но и его качественного состава (табл. 3).

3. Влияние систематического применения различных доз бесподстилочного навоза, минеральных удобрений на содержание и групповой состав гумуса

Показатель	Вариант опыта				
	Контроль	Минеральные удобрения – N ₃₀₀ PK	Бесподстилочный навоз		
			N ₃₀₀	N ₇₀₀	
Валовое содержание углерода, %	1,17	1,44	1,87	2,21	
Содержание гумуса, % (С х 1,725) г	2,02	2,48	3,22	3,81	
Увеличение за 32 года (1983-2014), %	0,68	1,14	1,88	2,47	
Ежегодное увеличение содержания гумуса, %	0,02	0,04	0,06	0,08	
Суммарное содержание углерода гуминовых и фульвокислот	%	0,54	0,7	0,95	1,2
	% к С _{общ.}	46,2	48,6	50,8	54,3
Содержание гуминовых кислот	%	0,18	0,29	0,41	0,55
	% к С _{общ.}	15,2	20,1	22,0	24,9
Содержание фульвокислот	%	0,36	0,41	0,54	0,65
	% к С _{общ.}	31,0	28,5	28,8	29,4
C _{гк} :C _{фк}		0,5	0,7	0,75	0,84
Тип гумуса	Фульватный		Гуматно-фульватный		
Степень гумификации	Очень высокая	Сверх высокая			
Водорастворимый гумус	С мг/100 г	48,0	56,2	116,3	144,4
	% к С _{общ.}	4,1	3,9	6,2	6,5
Лабильный гумус	С мг/100 г	162,0	185,0	228,0	303,0
	% к С _{общ.}	13,8	12,8	12,2	13,7

Гумус пахотного слоя характеризовался низким содержанием извлеченных щелочью гидролизующих веществ (менее 44%) и высоким – негидролизующего остатка (более 56%), прочно связанного с минеральной частью почвы. Наибольшее содержание негидролизующего остатка в почве вариантов опыта с регулярным применением бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀. Систематическое применение органических удобрений повышает содержание стабильного (консервативного, закрепленного) гумуса и, как следствие, обуславливает рост потенциального плодородия дерново-подзолистой почвы [2]. Регулярное внесение органических удобрений в дозах N₃₀₀, N₇₀₀ значительно увеличило абсолютное содержание в почве углерода гуминовых и фульвокислот по сравнению с почвой контрольного варианта опыта, соответственно, на 10 и 17%. В составе

гумусовых кислот дерново-подзолистой супесчаной почвы всех вариантов опыта преобладали фульвокислоты. Их содержание в зависимости от варианта опыта в 1,3-2,0 раза было больше, чем гуминовых кислот. Регулярное применение бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀ способствовало достоверному увеличению доли гуминовых кислот, соответственно, на 45 и 65%. Согласно литературным данным, это свидетельствует о возрастании степени гумификации органического вещества почвы [10]. Регулярное длительное применение минеральных удобрений также повышало содержание негидролизуемого остатка, долю гуминовых кислот в составе органического вещества почвы, но в значительно меньшей степени по сравнению с использованием органических удобрений. Внесение бесподстилочного навоза способствовало заметному увеличению в органическом веществе почвы отношения C_{ГК}: C_{ФК}, вследст-

вие чего фульватный тип гумуса (контрольный вариант) трансформировался в гуматно-фульватный. При использовании удобрений, степень гумификации органического вещества в почве всех вариантов опыта оценивалась как очень высокая и сверхвысокая [10].

В соответствии с результатами исследований, под влиянием удобрений изменяются не только содержание гуминовых и фульвокислот в составе гумуса, но и свойства самих кислот (табл. 4). Исследования их фракционного состава показали, что систематическое применение бесподстилочного навоза, особенно в дозе N₇₀₀, сопровождалось заметным увеличением содержания наиболее важных в определении потенциального плодородия почв гуминовых кислот, связанных с кальцием и полуторными оксидами (фракции GK₂; GK₃). Влияние удобрений на фракционный состав фульвокислот было незначительным.

4. Влияние систематического применения различных доз бесподстилочного навоза, минеральных удобрений на фракционный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы, % к C_{общ.}

Вариант опыта	Гуминовые кислоты (ГК)			Фульвовые кислоты (ФК)			
	ГК ₁ свободные и связанные с подвижными полуторными оксидами	ГК ₂ связанные с Са	ГК ₃ связанные с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами	ФК _{1а} агрессивные свободные и связанные с подвижными полуторными оксидами	ФК ₁ свободные и связанные с подвижными полуторными оксидами	ФК ₂ связанные с Са	ФК ₃ связанные с глинистыми минералами, устойчивыми полуторными оксидами
Контроль	0,17	0	0,03	0,07	0,14	0,09	0,06
Бесподстилочный навоз N ₃₀₀	0,26	0,02	0,13	0,06	0,25	0,09	0,14
Бесподстилочный навоз N ₇₀₀	0,33	0,03	0,19	0,06	0,33	0,14	0,12
Минеральные удобрения – N ₃₀₀ PK	0,22	0,02	0,05	0,07	0,15	0,09	0,1

Регулярное многолетнее применение бесподстилочного навоза (N₃₀₀, N₇₀₀) увеличило в почве содержание водорастворимых и лабильных гумусовых соединений – промежуточных продуктов трансформации органического вещества бесподстилочного навоза, пожнивнокорневых остатков (см. табл. 3). Согласно современным представлениям, водорастворимые и лабильные гумусовые вещества определяют эффективное плодородие почв, являются наиболее доступными источниками питания растений, почвенных микроорганизмов, повышают устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям произрастания [2].

Выводы. 1. Регулярное применение бесподстилочного навоза в агроценозе с бессменным 32-летним возделыванием коостреца безостого обусловило ежегодное увеличение содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве при дозах N₃₀₀, N₇₀₀, соответственно, на 0,06 и 0,08%, что свидетельствует о повышении потенциального плодородия почв.

2. За период исследований (1983 – 2014 гг.) в вариантах опыта с внесением бесподстилочного навоза в дозах N₃₀₀, N₇₀₀ в почву поступило органического вещества в составе пожнивнокорневых остатков и навоза, соответственно, 462 и 825 т/га. Коэффициенты минерализации поступившего органического вещества в почве данных вариантов опыта составили, соответственно, 88 и 91%.

3. При использовании бесподстилочного навоза содержание гумуса повышалось как в пахотном, так и в нижележащих горизонтах почвы. Максимальной дозе бесподстилочного навоза (N₇₀₀) соответствовало наибольшее увеличение содержания органического вещества в нижележащих горизонтах. Это обусловлено, ве-

роятно, миграцией подвижных органических веществ из верхнего перегнойно-аккумулятивного горизонта, ростом биомассы корневой системы трав.

4. Длительное ежегодное применение бесподстилочного навоза повысило качество органического вещества почвы: увеличилось абсолютное содержание в ней гуминовых и фульвокислот. В результате заметного увеличения содержания углерода гуминовых кислот в вариантах с применением бесподстилочного навоза тип гумуса трансформировался из фульватного в гуматно-фульватный.

5. Регулярное применение бесподстилочного навоза повысило качество гуминовых кислот: увеличилось содержание наиболее ценных гуминовых кислот, связанных с кальцием и полуторными оксидами (фракции GK₂, GK₃).

6. Систематическое применение бесподстилочного навоза увеличило содержание в почве водорастворимых и лабильных гумусовых соединений, повысило ее эффективное плодородие.

Литература

1. *Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза*/Г.Е. Мерзлая [и др.]. –М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2006.-463 с.
2. *Бакина Л.Г.* Лабильность гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы северо-запада России при известковании/ Л.Г. Бакина, Т.А. Плотникова, О.Ж.Митина// *Агрохимия*.-1997.-№6.-С.27-31.
3. *Береснев Б.Г.* Влияние систематического внесения возрастающих доз бесподстилочного навоза в севообороте на плодородие дерново-подзолистой почвы/ Б.Г. Береснев, И.А. Нестерович, Т.И. Матюшина// *Агрохимия*. – 1989.-№9.-С.50-60
4. *Гришина Л.А.* Гумусообразование и гумусное состояние почв/Л.А. Гришина.-М.: Изд-во МГУ, 1986.-243 с.

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. Tarasov¹, M.E. Kravchenko¹, T.A. Bushina¹, I.R. Makarikhina¹, B.M. Kogut²

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

²Dokuchaev 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 ¹⁵N)

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 (2-3⁰) и 24% – в нижней части склона (5-7⁰), 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 P₆₀K₆₀) 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 N₉₀P₉₀K₉₀.

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 N₆₀P₆₀K₆₀ [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 ¹⁵N 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.