

УЧАСТИЕ АЗОТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ФОРМИРОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Н.Я. Шмырева, к.б.н., О.А. Соколов, д.б.н., Л.Н. Цуриков, к.с.-х.н., ВНИИА

Показано, что в процессе эрозии дерново-подзолистой почвы снижается включение азота (^{15}N) многолетних трав в легкоподвижные фракции гуминовых кислот и фульвокислот. Азот многолетних трав больше закрепляется в почве и меньше теряется по сравнению с азотом минеральных удобрений.

Ключевые слова: стабильный изотоп азота ^{15}N , многолетние травы, фракция органического вещества почвы.

Многолетние травы оказывают существенное влияние на плодородие почвы, поскольку с пожнивными остатками в почву поступает до 100 кг/га азота. Роль многолетних трав возрастает при их выращивании на эродированных почвах, поскольку кроме повышения плодородия практически предотвращается поверхностный и внутрипочвенный сток азота (Каштанов, Явтушенко, 1997). В то же время в эродированных почвах складываются специфические условия трансформации азота. Так, в процессе эрозии чернозема типичного (Курская обл.) накапливается больше азота удобрений в фульвокислотах с параллельным снижением его в гуминовых кислотах (Руделев, 1992). Это связано с относительно большей подвижностью иммобилизованного азота удобрений в составе гумуса. Что касается эродированных дерново-подзолистых почв, то вопросы формирования комплекса органического вещества при участии азота удобрений и азота многолетних трав остаются пока не изученными.

Цель наших исследований - определить параметры включения азота фитомассы многолетних трав и азота минеральных удобрений (меченых ^{15}N) в фракции органического вещества почвы разной степени эродированности.

Методика. Исследования проводили в 2011 г. в условиях модельного опыта. Почва - дерново-подзолистая среднесуглинистая на карбонатном моренном суглинке слабо (приводораздельная часть склона 2-3°) и среднесмытая (нижняя часть склона 5-7°). Содержание физической глины 32-34%. Агрохимическая характеристика пахотных слоев этих почв: pH_{KCl} 5,7; 6,1; Hr - 1,18; 0,8 мг-экв/100 г почвы, содержание обменных Ca^{2+} - 5,5; 6,0 мг-экв/100 г почвы и Mg^{2+} - 2,0, мг - экв/100 г почвы, гумуса - 2,1; 0,8%, общего азота - 0,13; 0,09, подвижных форм фосфора - 13,7; 18,7 мг/100 г почвы, калия - 13,8; 16,7 мг/100 г почвы (по Кирсанову).

В модельных исследованиях изучали особенности иммобилизации и структуру баланса азота в дерново-подзолистой почве меченого ^{15}N азота фитомассы клевера и тимофеевки в сравнении с сульфатом аммония. Для проведения исследований предварительно на дерново-подзолистой почве (Смоленская обл.) были выращены многолетние травы (клевер луговой, тимофеевка), под которые вносили сульфат аммония с высоким обогащением ^{15}N (свыше 95 ат. %). В результате был получен растительный материал (фитомасса) с исходным обогащением ^{15}N 12,2-17,8 ат. %. Содержание азота в фитомассе клевера 2,5-2,6%, тимофеевки - 1,9-2,2%. Исходное обогащение ^{15}N фитомассы клевера 12,2 ат. %, фитомассы тимофеевки - 16,9 ат. %. При закладке опыта использовали также сульфат аммония с исходным обогащением ^{15}N - 17,6 ат. %.

Компостирование почвы (предварительно доведенной до 70% НВ) проводили в полиэтиленовых пакетах (масса почвы 300 г, повторность 4-кратная) в термостате при температуре 25°C. Компостирование почвы длилось 75 дней (1.06.-15.08.11г.). По окончании компостирования определяли фракционный состав органического вещества почвы по методике Пономаревой, Плотниковой, (1972). Обогащение фракций ^{15}N осуществляли на установке NOI-5.

Общий азот в почвенных и растительных образцах определяли по методу Кьельдаля - Иодльбауэра, изотопный состав азота - на установке «Delta».

Результаты и их обсуждения. Применение в исследованиях тяжелого стабильного изотопа азота ^{15}N в качестве «метки» азотных удобрений способствовало более глубокому пониманию особенностей трансформации азота удобрений в почве. Известно, что 20-40% азота от применяемой дозы азотных удобрений закрепляется в почвенном органическом веществе и практически не используется растениями в год его внесения. При внесении в дерново-подзолистую почву безподстилочного навоза и надземной массы клевера (меченых ^{15}N) закрепляется больше внесенного азота по сравнению с азотом минеральных удобрений (Кидин, 1993; Серегин, 2000). Однако, механизм этого явления ещё не исследован.

Достаточно надежное объяснение механизма иммобилизации азота дает определение размеров включения азота удобрений в фракции органического вещества почвы. Характер закрепления меченого ^{15}N удобрений соответствует характеру распределения природного органического азота почвы (Руделев, 1992). Для почв дерново-подзолистого типа характерно большее накопление вновь иммобилизованного азота удобрений в легкогидролизуемых фракциях гуминовых и фульвокислот.

При внесении в дерново-подзолистую почву (модельный опыт) сульфата аммония и надземной массы (НМ) многолетних трав (меченых ^{15}N) изменяется структура баланса азота в зависимости от его источника (табл.1). Наибольшее количество азота закрепляется в почве при внесении надземной массы тимофеевки, наименьшее - при внесении сульфата аммония. При этом на среднесмытой почве закрепляется меньше азота по сравнению со слабосмытой почвой, независимо от его источника. Наименьшее количество азота терялось при внесении в почву надземной массы тимофеевки, а наибольшее - при внесении сульфата аммония. При этом на среднесмытой почве терялось азота больше, чем на слабосмытой, что не зависело от его источника.

1. Баланс азота удобрений и азота многолетних трав в дерново-подзолистой почве при компостировании в течение 75 дней*

Вариант опыта	Осталось				Потери			
	слабосмытая почва		среднесмытая почва		слабосмытая почва		среднесмытая почва	
	мг/100 г	% от внесенного	мг/100 г	% от внесенного	мг/100 г	% от внесенного	мг/100 г	% от внесенного
Сульфат аммония	13,7	68	11,6	58	6,3	32	8,4	42
Клевер	17,8	89	13,7	68	2,2	11	6,3	32
Тимофеевка	19,1	96	16,7	84	0,9	4	3,3	16
Клевер (70%) + тимофеевка (30%)	18,7	94	14,4	72	1,3	6	5,6	28

*Доза азота удобрений и доза азота многолетних трав - 20 мг/100 г почвы.

Таким образом, в дерново-подзолистой (средне- и слабосмытой) почве закрепляется больше азота многолетних трав (клевер, тимофеевка и клевер + тимофеевка), чем азота минеральных азотных удобрений. Исследование включения меченого азота ^{15}N в фракции органического вещества почвы позволило выявить причины этого явления (табл. 2).

В дерново-подзолистой почве больше азота удобрений включается в фракцию фульвокислот (50-63% от иммобилизованного азота), независимо от степени эрозии и источника азота. При внесении в дерново-подзолистую почву НМ многолетних трав их азот наиболее активно включается в синтез фракций гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизующего остатка по сравнению с сульфатом аммония.

При внесении в почву НМ клевера наибольшее количество азота включается в легкоподвижную фракцию 1 гуминовых кислот, тогда как при внесении НМ тимopheевки – в фракцию 1 фульвокислот. Наибольшее абсолютное количество азота тимopheевки закрепляется в негидролизующем остатке (по сравнению с остальными вариантами).

На среднесмытой дерново-подзолистой почве наибольшее количество азота тимopheевки включается в фракции 1 гуминовых кислот и 1а фульвокислот, а также в негидролизующий остаток. В целом, на среднесмытой почве снижается включе-

ние ^{15}N многолетних трав в фульвокислоты за счет снижения его уровня в фракции 1, поскольку количество ^{15}N в фракциях 1а и 3 возрастает, а в фракции 2 не меняется по сравнению с почвой верхней части склона.

При внесении сульфата аммония и НМ многолетних трав на средне смытой почве установлена большая относительная степень обогащения азотом негидролизующего остатка (26-36%) по сравнению с почвой плакора (22-28%). При этом относительно большую долю занимает азот тимopheевки, меньшую – азот клевера.

Динамика трансформации иммобилизованного азота в почвах дерново-подзолистого типа характеризуется первоначальным накоплением ^{15}N в легкогидролизующей фракции фульвокислот и его дальнейшей реминерализацией, а также участием этого азота в синтезе легкогидролизующей фракции гуминовых кислот (Руделев, 1992).

2. Включение азота фитомассы многолетних трав и азота удобрений в фракции органического вещества дерново-подзолистой почвы

Вариант опыта	Содержание иммобилизованного азота	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Негидролизуемый остаток
		фракции			сумма	фракции				сумма	
		1	2	3		1a	1	2	3		
Слабосмытая почва (плакор)											
Сульфат аммония	$\frac{13,7}{100}$	$\frac{2,0}{15}$	Нет	$\frac{0,4}{2}$	$\frac{2,4}{17}$	$\frac{1,9}{9}$	$\frac{3,9}{28}$	$\frac{1,7}{12}$	$\frac{0,6}{6}$	$\frac{7,5}{55}$	$\frac{3,8}{28}$
Клевер	$\frac{17,8}{100}$	$\frac{2,7}{15}$	>>	$\frac{0,9}{5}$	$\frac{3,6}{20}$	$\frac{1,7}{10}$	$\frac{5,3}{30}$	$\frac{2,4}{13}$	$\frac{0,9}{5}$	$\frac{10,3}{58}$	$\frac{3,9}{22}$
Тимopheевка	$\frac{19,1}{100}$	$\frac{2,3}{12}$	>>	$\frac{0,6}{3}$	$\frac{2,9}{15}$	$\frac{2,2}{12}$	$\frac{6,2}{32}$	$\frac{2,8}{15}$	$\frac{1,4}{4}$	$\frac{12,0}{63}$	$\frac{4,2}{22}$
Клевер (70%) + тимopheевка (30%)	$\frac{18,7}{100}$	$\frac{2,5}{13}$	>>	$\frac{0,7}{4}$	$\frac{3,2}{17}$	$\frac{1,9}{10}$	$\frac{5,7}{30}$	$\frac{2,7}{14}$	$\frac{1,1}{7}$	$\frac{11,4}{61}$	$\frac{4,0}{22}$
Среднесмытая почва											
Сульфат аммония	$\frac{11,6}{100}$	$\frac{1,0}{9}$	Нет	$\frac{0,3}{2}$	$\frac{1,3}{11}$	$\frac{1,4}{12}$	$\frac{3,1}{27}$	$\frac{1,6}{14}$	$\frac{0,8}{6}$	$\frac{6,9}{59}$	$\frac{3,4}{30}$
Клевер	$\frac{13,7}{100}$	$\frac{1,7}{14}$	>>	$\frac{0,7}{5}$	$\frac{2,4}{19}$	$\frac{1,9}{14}$	$\frac{2,2}{16}$	$\frac{2,4}{18}$	$\frac{1,2}{7}$	$\frac{7,7}{55}$	$\frac{3,6}{26}$
Тимopheевка	$\frac{16,7}{100}$	$\frac{2,2}{13}$	>>	$\frac{0,5}{3}$	$\frac{2,7}{16}$	$\frac{2,4}{14}$	$\frac{1,2}{7}$	$\frac{2,8}{17}$	$\frac{1,8}{12}$	$\frac{8,0}{50}$	$\frac{6,0}{36}$
Клевер (70%) + тимopheевка (30%)	$\frac{14,4}{100}$	$\frac{1,8}{13}$	>>	$\frac{0,6}{4}$	$\frac{2,4}{17}$	$\frac{2,0}{14}$	$\frac{1,9}{13}$	$\frac{2,7}{19}$	$\frac{1,4}{9}$	$\frac{8,0}{55}$	$\frac{4,0}{28}$

Примечание. В числителе – азот удобрений и многолетних трав, мг/100 г, в знаменателе – то же, % от закрепленного N в почве.

Меченый азот клевера и тимopheевки сразу же вовлекается во внутрипочвенный минерализационно-иммобилизованный цикл азота, ускоряя его оборачиваемость. На ход этих процессов существенное влияние оказывает соотношение C:N в надземной массе клевера и тимopheевки. Большая иммобилизация азота НМ тимopheевки связана с более широким соотношением C:N по сравнению с клевером. Активная иммобилизация азота тимopheевки обусловлена большим включением меченого азота в менее подвижные фракции органического вещества почвы.

Выводы. Впервые с применением стабильного тяжелого изотопа ^{15}N определены размеры включения азота фитомассы многолетних трав в фракции органического вещества дерново-подзолистой почвы, подверженной водной эрозии. В процессе эрозии почвы снижается включение азота многолетних трав в легкоподвижные фракции гуминовых кислот и фульвокислот. Азот многолетних трав больше закрепляется в почве и меньше теряется по сравнению с азотом минеральных удобрений.

Потери азота существенно снижаются (в 2,9-8 раз в приводораздельной части склона и в 1,3-2,6 раза в нижней части склона) при внесении в почву фитомассы многолетних трав по сравнению с потерями азота при внесении азотных минеральных удобрений.

Иммобилизация азота существенно повышалась (в 1,3-1,4 раза в приводораздельной части склона и в 1,2-1,4 раза в нижней части склона) при внесении в почву фитомассы многолетних трав по сравнению с иммобилизацией азота при внесении азотных минеральных удобрений.

Водная эрозия не только вызывает снижение общего количества органического вещества в почве, но и затрагивает глубинные процессы его трансформации. В дерново-подзолистой почве большее количество вновь внесенного азота включается во фракцию фульвокислот, независимо от степени эрозии и источника азота. Азот многолетних трав более активно включается в синтез гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизующего остатка по сравнению с азотом сульфата аммония. При внесении НМ клевера наибольшее количество азота включается в легкоподвижные фракции гуминовых кислот, при внесении НМ тимopheевки – в легкоподвижные фракции фульвокислот и в негидролизующий остаток. В почве, подверженной эрозии, снижается включение ^{15}N многолетних трав в легкоподвижные фракции фульвокислот, при этом возрастает доля азота негидролизующего остатка.

Литература

1. Каишанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. - М.: Колос, 1997. - 240 с.
2. Кидин В.В. Трансформация, состав потерь и баланс азота удобрений в системе почва-растение// Автореф. докт. дисс.- М.: МСХА, 1993. - 64 с.
3. Пономарева В.В., Плотнокова Т.А. Сравнительное изучение принятых в СССР схем определения группового и фракционного состава гумуса// Почвоведение. - 1972. - № 7. - С. 46-54.
4. Серегин В.В. Использование ячменем и баланс меченого азота растительной массы бобовых культур и удобрения при применении ингибитора нитрификации на дерново-подзолистой почве// Автореф. канд. дисс.- М.: МСХА, 2000. - 22 с.
5. Руделев Е.В. Минерализация – иммобилизация азота в основных типах почв России и эффективность азотных удобрений// Автореф. докт. дисс.- М.: ВИАУ, 1992. - 34 с.

CONTRIBUTION OF NITROGEN FROM PERENNIAL GRASSES TO THE FORMATION OF ORGANIC MATTER IN SODDY-PODZOLIC SOIL

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

It was shown that the incorporation of nitrogen (^{15}N) from perennial grasses into the highly mobile fractions of humic and fulvic acids decreased at the erosion of soddy-podzolic soil. A larger amount of nitrogen from perennial grasses was immobilized in the soil and its lower amount was lost compared to fertilizer nitrogen.

Keywords: stable ^{15}N isotope, perennial grasses, soil organic matter fraction.