

УДК 631.4:634.9 + 591.5 + 631.4:574

Е. Н. Пилипко

Днепропетровский национальный университет

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ЭКСКРЕЦИЙ *ALCES ALCES* (МАММАЛИА) В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Розглянуто динаміку вмісту нітратного азоту у процесі розкладу екскрецій *Alces alces* (L.) на супіщаному ґрунті під впливом зволоження та нікелю. З'ясовані причини зміни кількості нітратного азоту у ґрунті, побудовано математичні моделі цих змін.

Dynamics of the nitrate nitrogen content during decomposing *Alces alces* (L.) excrements in sandy soil under influence of humidifying and nickel is under consideration. Causes essentially influencing the amount of nitrate nitrogen in soil are revealed. Simulators are presented.

Введение

Известно, что азот занимает первое место среди элементов питания, получаемых из почвы. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из атмосферы, поступлением с атмосферными осадками, а также из растительно-го и экскреторного опада. Азот доступен растениям, главным образом, в форме минеральных соединений (аммония, нитратов, нитритов), которые высвобождаются при разложении азотистых органических веществ по схеме: органическое вещество → аминокислоты → амиды → аммоний → нитриты → нитраты. Нитриты, как промежуточный продукт, практически не содержатся в почве. Аммонийный и нитратный азот – основная форма азотистых соединений, которые потребляются растениями [7].

Обеспеченность растений азотом зависит от скорости разложения и минерализации органических веществ, в частности, экскреций крупных фитофагов, таких как *Alces alces* (L.). Изучением азота и его химических соединений занимались многие авторы [4; 7; 11].

Материал и методы исследований

Для определения влияния разлагающихся экскреций лося на динамику содержания нитратного азота в почве нами были заложены различные по продолжительности эксперименты, которые проводились с использованием микролизиметров. Длительность первого эксперимента составила 6, второго – 12 месяцев.

Каждый эксперимент представлен двумя вариантами. В варианте А эксперимента № 1 (продолжительность 6 месяцев) и № 2 (12 месяцев) приведено влияние двух факторов: масса экскреций (3 и 8 г) и полив (50 и 100 мл). В варианте Б – три фактора: масса экскреций (3 и 8 г), полив (50 и 100 мл) и концентрация никеля (37,14 и 185,7 мг/150 г почвы). В таблице 3 масса экскреций и норма полива пересчитана на 100 г почвы, а концентрация никеля – в г/кг почвы.

В табл. 1 и 2 приведены схемы экспериментов: вариант А соответствует полному плану факторного эксперимента 2^2 , а вариант Б – плану 2^3 , где основание – число градаций фактора (минимальное и максимальное значение каждого фактора), а степень – число факторов. Пятый и девятый опыты представляют собой центр эксперимента (эти опыты необходимы для проверки адекватности регрессионной модели).

Таблица 1

План факторного эксперимента 2² (вариант А)

№ опыта	Масса экскреций, г	Полив, мл
1	3	50
2	8	50
3	3	100
4	8	100
5	5,5	75

Таблица 2

План факторного эксперимента 2³ (вариант Б)

№ опыта	Масса экскреций, г	Полив, мл	Содержание никеля, г/ кг почвы
1	3	50	0,248
2	8	50	0,248
3	3	100	0,248
4	8	100	0,248
5	3	50	1,238
6	8	50	1,238
7	3	100	1,238
8	8	100	1,238
9	5,5	75	0,743

В верхних горизонтах почв никель присутствует, главным образом, в органически связанных формах, часть из которых может быть представлена легкорастворимыми хелатами [12]. Одной из причин распределения никеля в почвенном профиле, по мнению ученого, является наличие в почве органического вещества, которое способно мобилизовать никель из карбонатов и оксидов, а также уменьшать его сорбцию глинами. На образование в почве органо-минеральных комплексов между органическим веществом почвы и металлами указывали многие известные исследователи [1; 3; 7; 8; 12].

Субстратом в экспериментах служила дерново-боровая супесчаная выщелоченная почва, отобранная в свежей субори (пробная площадь 211, которая расположена в пониженной части арены долины р. Самары Днепропетровской). Глубина отбора почв – 0–20 см. Маса субстрата для каждого микролизиметра составляла 150 г. Полив дистиллированной водой осуществляли один раз в 7 дней. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.

Для сравнительного анализа результатов экспериментов нами применялась относительная энтропия (h), которая является величиной, используемой для сравнения систем, различающихся по количеству элементов разряда. Сопоставление относительных энтропий позволяет оценить степень неоднородности (при патологии – разрушений) сравниваемых систем, что особенно существенно при анализе экспериментального материала, когда воздействие на систему изменяет распределение в ней элементов [9]. В результате анализа данных, полученных в ходе многофакторного лабораторного эксперимента, были построены математические модели (уравнения регрессии).

Содержание подвижных форм нитратного азота определялось колориметрически с использованием хромотроповой кислоты [2]. Данные обрабатывались методами планирования эксперимента [6; 10] с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel – 97, Statgraphics for Windows (версия 5.0), а также информационного анализа с вычислением информационной энтропии [9].

Результаты и их обсуждение

По полученным из проведенных экспериментов результатам (табл. 3) зафиксировано, что относительная энтропия h в экспериментах варианта *A* (эксперименты с двумя факторами) не изменяется с течением времени и остается постоянной (0,97 бит). В то же время h в экспериментах варианта *B* различны в разные периоды: через 6 месяцев h составляет 0,95 бит, а через 12 месяцев снижается до 0,92 бит. Из полученных средних значений выявлено превышение результатов содержания нитратного азота в варианте *A* (без внесения никеля) обоих экспериментов над вариантом *B* (где никель присутствует). Также наблюдается повышение содержания NO_3^- с течением времени эксперимента (от 6 до 12 месяцев) в обоих вариантах.

Чтобы выяснить, за счет какого фактора происходит снижение однородности распределения содержания нитратного азота и повышение его содержания со временем, рассмотрим математические модели динамики содержания NO_3^- .

Таблица 3

Динамика содержания нитратного азота в супесчаной почве под воздействием различных факторов в лабораторных экспериментах

№ опыта	Факторы			Содержание NO_3^- (мг-экв.)	
	масса экскреций, г/100 г почвы	норма полива, мл /100 г почвы	концентрация никеля, г/кг почвы (ПДК)	вариант <i>A</i>	вариант <i>B</i>
<i>Эксперимент № 1 (6 месяцев)</i>					
1	2	33,3	0,248 (1)	19,89 ± 0,08	18,37 ± 0,16
2	5,3	33,3	0,248 (1)	15,57 ± 0,06	19,07 ± 0,14
3	2	66,7	0,248 (1)	19,82 ± 0,05	15,27 ± 0,08
4	5,3	66,7	0,248 (1)	17,32 ± 0,10	18,77 ± 0,14
5	2	33,3	1,238 (5)	19,89 ± 0,06	16,91 ± 0,12
6	5,3	33,3	1,238 (5)	15,57 ± 0,04	15,67 ± 0,17
7	2	66,7	1,238 (5)	19,82 ± 0,15	19,11 ± 0,09
8	5,3	66,7	1,238 (5)	17,32 ± 0,11	15,05 ± 0,06
9 (5)	3,7	50	0,743 (3)	16,79 ± 0,07	15,45 ± 0,08
Средние значения				18,0	17,2
h , бит				0,97	0,95
<i>Эксперимент № 2 (12 месяцев)</i>					
1	2	33,3	0,248 (1)	19,89 ± 0,08	22,29 ± 0,07
2	5,3	33,3	0,248 (1)	15,57 ± 0,06	24,58 ± 0,06
3	2	66,7	0,248 (1)	19,82 ± 0,05	19,48 ± 0,05
4	5,3	66,7	0,248 (1)	17,32 ± 0,10	21,03 ± 0,15
5	2	33,3	1,238 (5)	19,89 ± 0,06	22,68 ± 0,11
6	5,3	33,3	1,238 (5)	15,57 ± 0,04	25,33 ± 0,08
7	2	66,7	1,238 (5)	19,82 ± 0,15	19,84 ± 0,14
8	5,3	66,7	1,238 (5)	17,32 ± 0,11	19,57 ± 0,11
9 (5)	3,7	50	0,743 (3)	16,79 ± 0,07	20,11 ± 0,15
Средние значения				23,7	22,0
h , бит				0,97	0,92

Эксперимент № 1, вариант A (без внесения никеля). Для содержания азота в эксперименте без никеля нами получено следующее уравнение регрессии:

$$y = 18 + 1,7 Ex (R^2 = 90 \%),$$

где y – содержание нитратного азота; Ex – количество экскреций; R^2 – коэффициент детерминации.

В этом эксперименте на содержание азота влияние оказывает один фактор – масса экскреций, при увеличении которой от 3 до 8 г наблюдается увеличение содержания NO_3^- на 19 %.

Вариант Б (с внесением никеля). Рассмотрим уравнение регрессии содержания нитратного азота, построенного по результатам эксперимента с загрязнением почвы никелем:

$$y = 17,2 - 1,2 Ex Ni (R^2 = 66 \%),$$

где y – содержание нитратного азота; $Ex Ni$ – взаимодействие количества экскреций и концентрации никеля; R^2 – коэффициент детерминации.

В данном случае влияние на динамику содержания NO_3^- оказывает взаимодействие двух факторов – масса экскреций и концентрация никеля. При увеличении массы экскреций от 3 до 8 г содержание азота повышается на 14 %, если концентрация никеля минимальна (0,248 г/кг почвы) или уменьшается на ту же величину (14 %) при максимальной концентрации никеля (1,238 г/кг почвы).

Эксперимент № 2, вариант А (без внесения никеля). Для содержания NO_3^- в эксперименте с двумя факторами нами рассчитана следующая модель:

$$y = 23,7 - 2,9 Ex Pol (R^2 = 99 \%),$$

где y – содержание нитратного азота; $Ex Pol$ – взаимодействие массы экскреций и полива; R^2 – коэффициент детерминации.

На основании приведенной модели выявлено, что на содержание азота влияет взаимодействие обоих факторов – массы экскреций и нормы полива ($Ex Pol$). При увеличении одного из факторов – экскреций от 3 до 8 г, наблюдается повышение содержания NO_3^- на 24,5 %, если норма полива минимальна и составляет 50 мл или снижение содержания NO_3^- на то же значение (24,5 %) при максимальной норме полива (100 мл).

Вариант Б (с внесением никеля):

$$y = 22 - 1,9 Pol (R^2 = 93 \%),$$

где y – содержание нитратного азота; Pol – норма полива; R^2 – коэффициент детерминации.

В этом случае на содержание нитратного азота влияние оказывает один фактор – норма полива, при увеличении которой от 50 до 100 мл наблюдается снижение содержания NO_3^- на 17 %.

Заключение

Экскреции *Alces alces* (L.) оказывают положительное влияние на повышение содержания нитратного азота во всех приведенных экспериментах, так как в результате разложения экскреций лося происходит пополнение запаса NO_3^- в почве.

При максимальной концентрации никеля (1,238 г/кг почвы) этот процесс ингибируется, что указывает на тормозящее влияние металлов-поллютантов на прирост NO_3^- . Также через 12 месяцев от начала эксперимента наблюдается затруднение прироста нитратного азота в почве в результате влияния другого заданного фактора – увлажнения в обоих вариантах *А* и *Б* эксперимента № 2. Можно предположить, что через один год органическое вещество в виде экскреций подверглось окончательно разложению и минерализации, поэтому полив в максимальных количествах (100 мл) приводит к вымыванию нитратного азота из почвы, особенно если почва имеет супесчаный гранулометрический состав.

Важно отметить, что в эксперименте № 1 Б на содержание NO_3^- оказывает влияние взаимодействие экскреций и металла. Эта особенность указывает на образование органо-минеральных комплексов. В результате связывания металла органическими соединениями происходит снижение выщелачивания нитратного азота в почву. Через 12 месяцев от начала эксперимента влияние никеля на динамику NO_3^- не зафиксировано, так как в результате годичного систематического промывания происходит его вынос из почвы (эксперимент № 2, вариант Б).

Экологическая ценность органического вещества, поступающего в почву, состоит в его способности связывать тяжелые металлы, образуя органо-минеральные комплексы, в результате чего металл-поллютант, как можно полагать, «переходит» в малоподвижные формы химических соединений в почве, то есть его доступ в растительные и животные организмы ограничивается. Этот процесс подтверждает предположение об эффективности внесения экскреций животных-фитофагов в почву как элемента естественного механизма против загрязнителей эдафотопы и биогеоценоза в целом.

Библиографические ссылки

1. **Александрова Л. Н.** Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 387 с.
2. **Агрохимические методы исследований** / Под ред. А. В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. **Багаутдинов Ф. Я.** Состав и трансформация органического вещества почв / Ф. Я. Багаутдинов, Ф. Х. Хазиев. – Уфа: Гилем, 2000. – 210 с.
4. **Белоус Н. М.** Воспроизводство плодородия и реабилитация радиоактивных загрязнений дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада России: Дис. ... д-ра с.-х. наук / Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения. – 2000. – 423 с.
5. **Ванюшина А. Я.** Органо-минеральные взаимодействия в почвах (обзор литературы) / А. Я. Ванюшина, Л. С. Травникова // Почвоведение. – 2003. – № 4. – С. 418–428.
6. **Дюк В. А.** Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.
7. **Евдокимова Т. И.** Динамика азота в лесных почвах ЗБС / Т. И. Евдокимова, Н. Я. Дронова // Вестник МГУ. Серия Почвоведение. – 1989. – № 4. – С. 14–20.
8. **Кононова М. М.** Проблемы органического вещества почвы на современном этапе // Органическое вещество целинных и освоенных почв. – М.: Наука, 1972. – 350 с.
9. **Леонтьев А. С.** Информационный анализ в морфологических исследованиях. – Минск: Навука і тэхніка, 1981. – 160 с.
10. **Налимов В. В.** Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
11. **Степанов А. Л.** Микробная трансформация азота в почвах: Дис. ... д-ра биол. наук. – М.: МГУ, 2000. – 271 с.
12. **Bloomfield C.** The translocation of metals in soils // The Chemistry of Soil Processes / D. J. Greenland, M. H. B. Hayes. – N.-Y.: John Wiley and Sons, 1981. – 463 p.

Надійшла до редколегії 20.07.05.