

УДК 591.5

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КОМПЛЕКСА NPK В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ЭКСКРЕМЕНТОВ ЛОСЯ (*ALCES ALCES* (L. 1758)) В РАЗЛИЧНЫХ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ПОЧВАХ© *Е.Н. Пилипко, канд. биол. наук, доц.*

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, 2, пос. Молочное, г. Вологда, 160555; e-mail: Karlovna@ukr.net

Органические вещества, поступающие в почву естественным путем с помощью представителей зоофауны, играют особую роль на вырубках, которые являются нарушенными экосистемами с прерванным круговоротом веществ. Наиболее ценными являются экскременты животных-фитофагов. В ходе проведенных исследований изучено изменение содержания комплекса азота, фосфора и калия в почвах различного гранулометрического состава в процессе разложения экскрементов лося как самого крупного фитофага. Применялись экскременты двух видов: условно свежие, собранные не позднее месяца после прохождения животного; условно перегоревшие, собранные не ранее чем через год после прохождения лося. Выявлено повышенное содержание компонентов комплекса, особенно калия, в свежих экскрементах по сравнению с перегоревшими. Нитраты и калий, которыми богаты экскременты, в процессе разложения выщелачиваются и попадают в почву. Динамика содержания нитратов и калия повышается в почвах независимо от гранулометрического состава и типа условий местопроизрастания. Минимальное содержание фосфатов, поступающих в почву в ходе разложения, указывает на тот факт, что фосфор при этом находится в органической форме, которая не усваивается растениями. Только по истечении некоторого времени органические формы фосфора переходят в усвояемые растениями – минеральные. В целях определения степени влияния на растения органического вещества экскрементов лося в период их разложения были поставлены эксперименты по проращиванию семян *Picea abies* (L.). Выявлен факт повышения всхожести семян ели в присутствии экскрементов по сравнению с контролем (вытяжки без экскрементов) независимо от их свежести, что указывает на обогащение водных вытяжек элементами комплекса азота, фосфора и калия, которые высвободились из экскрементов и необходимы для роста и развития растений.

Ключевые слова: *Alces alces* L., экскременты, комплекс NPK, нитраты, фосфаты, калий, прорастание семян, *Picea abies* (L.).

Известно, что естественный круговорот веществ и энергии в лесных биогеоценозах в основном осуществляется с помощью растительного опада. После рубок главный поставщик органического вещества – древостой, выбывает из биосистемы, что приводит к обнищанию, обеднению и некоторой деградации лесного биогеоценоза. Поступление органического вещества естественным путем (с помощью представителей зоофауны) на вырубках, которые являются нарушенными экосистемами, – один из актуальных и важных вопросов экологии. Экскременты, особенно млекопитающих-фитофагов, представляют собой непереваренные остатки растительной пищи, прошедшие первичную переработку в кишечнике животного и, следовательно, обогащенные микрофлорой, витаминами и веществами, необходимыми для роста и развития растений. Известна ценная аккумулятивная функция экскрементов животных-фитофагов в процессе разложения, которая заключается в накоплении в почвах в виде органических соединений углерода, азота, фосфора, калия и других элементов, необходимых для жизнедеятельности растений [1–10].

Целью исследования являлось выявление изменения содержания элементов агрохимического комплекса NPK (азот, фосфор, калий) в почвах различного гранулометрического состава под влиянием разлагающихся экскрементов лося.

Для решения этой задачи использовали методы планирования экспериментов, экологические физико-химические методы исследований экскрементов и почвы. Полученные данные были подвергнуты статистическому анализу.

Экспериментальные площадки 25 × 25 см закладывали в четырех разных коренных типах леса лесной зоны в количестве 6 шт. (по 3 на каждый временной эксперимент) по диагонали на каждой пробной площади.

1) *Свежая липово-ясеневая дубрава*. Почвы – пойменно-лугово-лесные, среднегумусные, средневщелоченные, суглинистые, свежие. Тип лесорастительных условий – суглинок свежий

(С₂). Живой напочвенный покров – травостой, развитый слабо, несет отпечаток синузального сложения. Господствуют: звездчатка ланцетовидная, будра плющевидная, купырь лесной, купена многоцветковая, крапива двудомная и др.

2) *Свежая суборь*. Почва – дерново-боровая супесчаная, свежая. Тип лесорастительных условий – супесь свежая (В₂). Живой напочвенный покров: купена аптечная, ландыш майский, вейник наземный и др.

3) *Ельник кисличный*. Почвы – дерново-слабо- и среднеподзолистые, свежие; подстилка 2...5 см. Живой напочвенный покров: кислица, ясенник, копытень, сныть, звездчатка, зеленчук, щитовник, костяника, черника; моховой покров не развит.

4) *Ельник травяно-болотный*. Почвы – перегнойно-подзолисто-глеевые. Живой напочвенный покров: таволга, хвощ, бодяк, гравилат речной, дудник, крупные осоки, иногда вейник Лангсдофа; на торфяниках преобладают осоки, сфагновые мхи.

Свежая липово-ясеневая дубрава и свежая суборь расположены в Степном Приднпровье (Украина). Описание рассматриваемых объектов представлено согласно эдафической сетке П.С. Погребняка. Ельники кисличный и травяно-болотный расположены в Вологодской области (Россия). Краткое описание пробных площадей дано по Сукачеву.

Свежие, только собранные экскременты, сушили, перетерали и в количестве 200 г (по сухому веществу) рассыпали ровным слоем на почву.

Пробы почвы для анализа в лабораторных условиях использовали по истечении 1 (условно свежие) и 12 мес. (перегоревшие) после их раскладывания на поверхность почвы. В качестве контроля отбирали образцы почвы до внесения экскрементов.

Для получения показателей элементов комплекса NPK «старых» (перегоревших) экскрементов последние собирали, сушили, перетирали до однородного состояния и постоянно увлажняли дистиллированной водой для перепревания (перегорания), через 12 мес. их анализировали. Эксперимент по разложению экскрементов на поверхности почвы в условиях Вологодской области заложен в начале лета (июнь 2011 г.). Отбор почвенных проб и их анализ проводили в июле 2011 и июне 2012 гг. Эксперименты на почвах Степного Приднпровья осуществляли в 2003–2006 гг.

При проведении лабораторных анализов* использовали классические стандартные методы для получения протокола испытаний по определению агрохимического комплекса NPK.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что в ельнике травяно-болотном на перегнойно-подзолисто-глеевых мокрых почвах разложение экскрементов происходит гораздо быстрее. Это осложняет анализ изменений элементов комплекса NPK. Наиболее богаты элементами комплекса NPK свежие экскременты. Перегоревшие растительные остатки значительно уступают свежим, особенно, в содержании почвенного калия и азота (табл. 1).

Таблица 1

Содержание комплекса NPK (мг/100 г почвы) в экскрементах лося

Экскременты	NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅ ⁻	K ₂ O ⁻
Свежие	17,4 ± 0,11	5,54 ± 0,14	1054 ± 0,17
Перегоревшие	13,7 ± 0,16	5,21 ± 0,11	105 ± 0,2

В ходе исследований выявлена одинаковая тенденция в динамике содержания компонентов комплекса NPK в процессе разложения экскрементов независимо от гранулометрического состава почвы (табл. 2). Наблюдается снижение содержания азота, фосфатов и калия с течением времени (через 12 мес. от начала разложения по сравнению с периодом в 1 мес.) и вниз по профилю (в горизонте 10...20 см по сравнению с верхним горизонтом (0...10 см)).

Обеспеченность растений азотом зависит от скорости разложения минерализующихся органических веществ. Растения потребляют азот в больших количествах. По содержанию в растениях азот занимает первое место из элементов питания, получаемых из почвы. Поэтому высокая потребность растений в азоте требует пополнения его запасов в почве [6].

В проведенных экспериментах минимальное поступление азота в ходе разложений экскрементов зафиксировано в ельнике травяно-болотном на перегнойно-подзолисто-глеевых почвах.

* В аккредитованной испытательной лаборатории Федерального государственного центра агрохимической службы «Вологодский».

Причем его содержание в почвах разных типов ельников практически одинаково. Но все же в более богатых азотом почвах (пойменно-лугово-лесной и дерново-боровая супесчаной) накопление в первый месяц происходит интенсивно, особенно эффективно азот поступает и удерживается в первый месяц в супесчаных почвах (в 6 раз относительно контроля).

Таблица 2

Содержание азота, фосфора и калия (мг/100 г почвы) в почвах

Составляющие комплекса NPK	Слой почвы, см	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
		1 мес.		12 мес.	
<i>Пойменно-лугово-лесные почвы (свежая липово-ясеневая дубрава)</i>					
NO ₃ ⁻	0...10	3,50 ± 0,18	14,30 ± 0,19	3,10 ± 0,13	5,90 ± 0,20
	10...20	3,40 ± 0,19	11,70 ± 0,12	3,10 ± 0,20	3,20 ± 0,11
P ₂ O ₅ ⁻	0...10	2,0 ± 0,17	1,8 ± 0,15	1,6 ± 0,16	1,2 ± 0,16
	10...20	1,6 ± 0,19	1,2 ± 0,18	1,1 ± 0,14	0,7 ± 0,14
K ₂ O ⁻	0...10	53,0 ± 0,19	132 ± 0,10	57,0 ± 0,19	58,0 ± 0,18
	10...20	40,0 ± 0,23	51,0 ± 0,20	32,0 ± 0,2	32,0 ± 0,11
<i>Дерново-боровые супесчаные почвы (свежая субурь)</i>					
NO ₃ ⁻	0...10	3,40 ± 0,18	20,80 ± 0,11	3,10 ± 0,16	8,20 ± 0,15
	10...20	3,00 ± 0,19	19,70 ± 0,20	3,00 ± 0,12	7,10 ± 0,18
P ₂ O ₅ ⁻	0...10	2,6 ± 0,21	2,5 ± 0,12	2,5 ± 0,11	2,5 ± 0,16
	10...20	2,4 ± 0,17	2,2 ± 0,18	2,3 ± 0,15	2,1 ± 0,18
K ₂ O ⁻	0...10	82,0 ± 0,17	245,0 ± 0,16	84,0 ± 0,18	128,0 ± 0,18
	10...20	47,0 ± 0,16	134,0 ± 0,20	76,0 ± 0,14	83,0 ± 0,17
<i>Дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы (ельник кисличный)</i>					
NO ₃ ⁻	0...10	0,34 ± 0,19	4,84 ± 0,12	0,36 ± 0,19	0,54 ± 0,21
	10...20	0,51 ± 0,20	2,17 ± 0,19	0,44 ± 0,20	0,51 ± 0,17
P ₂ O ₅ ⁻	0...10	14,0 ± 0,17	18,0 ± 0,10	15,0 ± 0,19	20,0 ± 0,11
	10...20	10,0 ± 0,19	10,0 ± 0,11	12,0 ± 0,19	15,0 ± 0,14
K ₂ O ⁻	0...10	59,0 ± 0,19	79,0 ± 0,18	54,0 ± 0,19	67,0 ± 0,18
	10...20	23,0 ± 0,20	23,0 ± 0,23	22,0 ± 0,23	21,0 ± 0,15
<i>Перегнойно-подзолисто-глеевые почвы (ельник травяно-болотный)</i>					
NO ₃ ⁻	0...10	0,30 ± 0,16	0,41 ± 0,10	0,32 ± 0,19	0,33 ± 0,11
	10...20	0,30 ± 0,23	0,37 ± 0,20	0,31 ± 0,18	0,30 ± 0,18
P ₂ O ₅ ⁻	0...10	46,0 ± 0,21	49,0 ± 0,19	44,0 ± 0,21	45,0 ± 0,12
	10...20	54,0 ± 0,13	46,0 ± 0,19	47,0 ± 0,19	49,0 ± 0,16
K ₂ O ⁻	0...10	101,0 ± 0,20	122,0 ± 0,16	105,0 ± 0,11	103,0 ± 0,14
	10...20	97,0 ± 0,18	112,0 ± 0,20	101,0 ± 0,12	97,0 ± 0,21

На содержание фосфора и его форм, а также их распределение в почвенном профиле значительно влияет почвообразовательный процесс. Главным показателем, который указывает на наличие и распределение органических фосфатов в почвах, является гумус – стойкий показатель, характерный для каждого типа почв. Причем в почвах значительная часть фосфатов (от 30 до 85 %) представлена в виде органических соединений, не доступных для растений. Органические фосфаты входят в состав гумуса, продуктов синтеза растений и микроорганизмов. Количество этих соединений зависит от типа почв [8].

Содержание органического фосфора находится в прямой зависимости от количества гумуса в почвах. Движущей силой при круговороте фосфора в травянистых экосистемах и агроценозах выступает микробиомасса. Она служит и огромным фондом органических соединений фосфора и инструментом разложения органического вещества, при котором высвобождаются минеральные формы фосфора, поглощаемые растениями [7].

Обогащение рассмотренных нами почв фосфатами происходило медленно. Содержание этих элементов практически не менялось. Ни более высоким содержанием фосфатов в результате разложения экскрементов (из всех рассмотренных почв) отличаются дерново-среднеподзолистые почвы ельника кисличного, что отмечалось на протяжении всего эксперимента: на 1,3 % через 1 и 12 мес. в слое почвы 0...10 см.

Выщелачивание калия из почвы во многом определяется его концентрацией и наличием в почве промывного типа водного режима. В сильно удобряемых легких почвах, подвергающихся

интенсивному увлажнению, константа выщелачивания имеет более высокие значения по сравнению с глинистыми почвами в условиях недостаточного увлажнения. Способность почвы к удержанию калия возрастает с увеличением содержания органического вещества.

Содержание калия повышается значительно во всех типах почвы в верхнем горизонте уже через 1 мес. от начала разложения экскрементов. Наиболее значительное повышение наблюдается в пойменно-лугово-лесной (в 2,5 раза) и дерново-борово́й супесчаной (в 3 раза) почвах в слое почвы 0...10 см. В дерново-борово́й супесчаной почве эта тенденция сохраняется и через 12 мес.

Для оценки влияния разлагающегося органического вещества (экскрементов) на всхожесть семян нами был поставлен ряд экспериментов по проращиванию семян *Picea abies* (L.). В контрольном опыте ель проращивали на водной вытяжке почвы, остальные эксперименты были выполнены с использованием водной вытяжки почвы и экскрементов.

Вытяжку для контроля разводили в пропорции 1 : 5, т. е. 1 часть почвы на 5 частей воды (10 г почвы на 50 г дистиллированной воды). Почвенно-экскрементную смесь для добавления в водную вытяжку готовили из расчета 5 г почвы + 5 г экскрементов на 50 г воды.

Проклевывание семян в контроле и во всех вариантах эксперимента происходило примерно в одно и то же время (на 5–7-е сут.), различие было только в проценте всхожести семян.

На основании полученных данных установлено, что максимальный процент всхожести семян зафиксирован на вытяжке с экскрементами по сравнению с семенами, проращиваемыми на дистиллированной воде. Особенно высок этот показатель на вытяжках торфянисто-перегнойных среднесуглинистых почв. Это можно объяснить наличием большого содержания органического вещества

в данных почвах, которые достаточно богаты гумусом.

В целом, на торфянисто-перегнойных среднесуглинистых почвах (ельник травяно-болотный) возраст экскрементов не оказывает ощутимого влияния на повышение всхожести семян. В присутствии как свежих, так и старых экскрементов всхожесть повышается на 4 %. На дерново-среднеподзолистых легкосуглинистых почвах (ельник кисличный) всхожесть семян ели выше на 10 % в варианте со свежими экскрементами и на 15 % в смеси со старыми по отношению к контролю.

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что экскременты лося являются одной из важнейших составляющих формирования химического режима поступления питательных веществ в почву. Полученные результаты подтверждают способность органического вещества в виде экскрементов животных-фитофагов обогащать лесные почвы компонентами агрохимического комплекса НРК, которые являются необходимыми элементами минерального питания растений. В различных условиях местообитания интенсивное обогащение почвы нитратами и калием происходит уже через месяц после начала разложения экскрементов. По мере их разложения поступление в почву химических элементов снижается. Минимальное содержание фосфатов, вносимых в почву в ходе разложения, указывает на тот факт, что фосфор при разложении поступает в органической форме, которая не усваивается растениями, и только с течением времени органические формы фосфора переходят в минеральные. Присутствие экскрементов, независимо от их свежести, способствует повышению эффективности прорастания семян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров Б.Д. Почвообразующая роль животных в биосфере // Биосфера и почвы. М.: Наука, 1976. С. 53–69.
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 387 с.
3. Александрова Л.Н., Новицкий М.В. О процессах трансформации и гумификации органических остатков в почве // Проблемы почвоведения (Советские почвоведы к XII Междунар. конгрессу в Индии, 1982 г.). М., 1982. С. 33–37.
4. Булахов В.Л., Леонова Л.А. Воздействие копытных на накопление азота, фосфора и калия в почвах аренных лесов степного Приднепровья // Проблемы почвенной зоологии. Новосибирск, 1991. С. 188.

5. Гришина А.А., Копчик Г.Н., Макаров М.И. Трансформация органического вещества почв. М.: МГУ, 1990. С. 88.

6. Евдокимова Т.И., Дронова Н.Я. Динамика азота в лесных почвах ЗБС // Вестн. МГУ. Почвоведение. 1989. № 4. С. 14–20.

7. Слухай С.И. О связи между содержанием подвижных соединений азота, фосфора и калия в почве и внесении удобрений под сеянцы разных древесных пород // Тез. докладов совещания по лесному почвоведению при Ин-те леса АН УССР. К.: АН УССР, 1956. С. 30–31.

8. Титлянова А.А. Круговорот фосфора в травяных экосистемах и агроценозах // Вестн. МГУ. Почвоведение. 1992. № 4. С. 31–41.

9. Ходашова К.С., Елисеева В.И. Участие позвоночных животных-потребителей веточных кормов в круговороте веществ в лесостепных дубравах // Материалы совещания по структуре и функциональной роли животного населения суши. М.: Наука, 1967. С. 81–84.

10. Flaig W. Chemical composition and physical properties of humic substances // Studies about gumus: Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV", Prague, 1967. P. 81–112.

Поступила 29.10.13

УДК 591.5

The Dynamics of NPK-Complex Content as a Result of Elk (*Alces Alces* (L. 1758)) Faeces Decomposition in the Soils of Different Granulometric Composition

E.N. Pilipko, Candidate of Biology, Associate Professor

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Shmidta, 2, Vologda-Molochnoe, 160555, Russia; e-mail: Karlovna@ukr.net

The organic matter coming into the soil naturally with the help of fauna members plays an important part in cutover patches, which are disturbed ecosystems with an interrupted cycle of matter. The most valuable organic matter is the faeces of phytophag animals. In the course of the conducted research the dynamics of NPK-complex (nitrogen, phosphorus and potassium) content in the soils of different granulometric composition in the process of elk faeces decomposition has been studied. It was the object of the research. During the research the faeces of two types have been used – conditionally fresh, picked not later than 1 month after the animal's passing and conditionally burned-out, picked not earlier than 12 months after the elk's passing. The increased NPK-complex content, especially potassium content, in the fresh faeces compared to burned-out faeces has been revealed. Nitrates and potassium, which occur in faeces in great amounts, in the process of decomposition are leached out and get into the soil. The dynamics of nitrates and potassium content increases in the soils regardless of granulometric composition and the type of growing conditions. The minimum content of phosphates brought into the soil during decomposition, indicates that phosphorus in the course of decomposition in the organic form, which is not assimilated by the plants. Only after some time the organic forms of phosphorus turn into the mineral forms assimilated by the plants. To assess how much the organic matter in the form of elk faeces in the period of their decomposition influences on the plants, the experiments on the spruce (*Picea abies* (L.)) seeds germination have been carried out. The fact of increasing the spruce seeds germinating capacity in the presence of faeces compared to the control sample (the extract without faeces) has been revealed, irrespective of their freshness, which indicates the enrichment of water extracts with NPK-complex elements necessary for plant growth and development, which are released from the faeces.

Keywords: *Alces alces* L., faeces, NPK-complex, nitrates, phosphates, potassium, seeds germination, *Picea abies* (L.).

REFERENCES

1. Abaturon B. D. Pochvoobrazuyushchaya rol' zhivotnykh v biosfere [Soil-Forming Role of Animals in the Biosphere]. *Biosfera i pochvy* [Biosphere and Soils]. Moscow, 1976, pp. 53-69.

2. Aleksandrova L. N. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Soil Organic Matter and the Processes of Its Transformation]. Leningrad, 1980. 387 p.

3. Aleksandrova L.N., Novitskiy M.V. O protsessakh transformatsii i gumifikatsii organicheskikh ostatkov v pochve [On the Processes of Transformation and Humification of Organic Residues in Soil]. *Probl. Pochvovedeniya. Sovetskie pochvovedy k KhII Mezhdunar. Kongressu v Indii* [Problems of Soil Science: Proc. the XII Int. Congress in India]. Moscow, 1982, pp. 33-37.

4. Bulakhov V.L., Leonova L.A. Vozdeystvie kopytnykh na nakoplenie azota, fosfora i kaliya v pochvakh arennykh lesov stepnogo Pridneprov'ya [Effect of Ungulates on the Accumulation of Nitrogen, Phosphorus and

Potassium in the Soil Arena Forest Steppe Dnieper]. *Probl. pochvennoy zoologii* [Problems of Soil Zoology]. Novosibirsk, 1991. P. 188.

5. Grishina, A.A., Koptsik, G.N., Makarov, M.I. *Transformatsiya organicheskogo veshchestva pochv* [Transformation of Soil Organic Matter]. Moscow, 1990. P. 88.

6. Evdokimova T.I., Dronova N.Y. Dinamika azota v lesnykh pochvakh ZBS [Dynamics of Nitrogen in Forest Soils of the SBZ]. *Vestnik MGU. Pochvovedenie*, Moscow, 1989, no. 4, pp. 14–20.

7. Slukhay S.I. O svyazi mezhdru sodержaniem podvizhnykh soedineniy azota, fosfora i kaliya v pochve i vneseniyem udobreniy pod seyantsy raznykh drevesnykh porod [On the Relationship Between the Contents of the Mobile Compounds of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in the Soil and Fertilizer under the Seedlings Woodgrain]. *Tez. Dokl. Soveshch. po lesnomu pochvovedeniyu pri In-te lesa AN USSR* [Proc. Conf. on Forest Soil Science at the Institute of Forest Sciences of the Ukrainian SSR]. Kiev, 1956, pp. 30–31.

8. Titlyanova A.A. Krugovorot fosfora v travyanykh ekosistemakh i agrotsenozakh [Phosphorus Circulation in the Grass Ecosystems and Agroecosystems]. *Pochvovedenie*, Moscow, 1992, no. 4, pp. 31–41.

9. Khodashova K.S., Eliseeva V.I. Uchastie pozvonochnykh zhivotnykh – potrebiteley vetochnykh kormov v krugovorate veshchestv v lesostepnykh dubravakh [Participation Vertebrate Animals that Consume in Food the Branches of Trees in the Forest-Steppe Oak Forests]. *Materialy soveshch. po strukture i funktsional'noy roli zhivotnogo naseleniya sushy* [Proc. Conf. on the Structure and Functional Role of the Animal Population of the Land]. Moscow, 1967, pp. 81–84.

10. Flaig W. Chemical composition and physical properties of humic substances. *Studies about gumus. Transact. of the Intern. symp. "Humus et planta, IV"*, Prague, 1967, pp. 81–112.
