

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИСТОВОГО ОПАДА И ПОЧВ ОЛЬХОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

О.О. Дідур

Дніпропетровський національний університет

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЛИСТЯНОГО ОПАДУ ТА ҐРУНТІВ ВІЛЬХОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Розглянуто вплив листяного опаду на особливості динаміки обмінної форми кальцію у ґрунті (гор. – 0–10 см) вільшняків у лабораторному експерименті. Установлено, що вміст обмінного кальцію зумовлюється ефектом взаємодії маси опаду дуба звичайного з поливом та тривалістю розкладу опаду на поверхні ґрунту.

Ключові слова: вільхові біогеоценози, листяний опад, обмінна форма кальцію, ґрунт.

O.O. Didur

Dnipropetrovsk National University

ECOLOGICAL FEATURES OF INTERACTION LEAF LITTER AND SOILS OF ALDER BIOGEOCENOSES IN EXPERIMENT

Influencing leaf litter on a feature of dynamics of the exchange form of calcium in soil (stratum – 0–10 cm) alder biogeocenoses in laboratory experiment is parsed. Influencing interplay of mass litter of an oak (*Quercus robur*) and watering, and endurance of decomposing litter on a surface of soil on a contents of exchange calcium in soil is installed.

Key words: alder biogeocenoses, leaf litter, exchange the form of calcium, soil.

В лесных биogeоценозах происходит значительное накопление органического вещества, сосредоточенное главным образом в надземных органах. Изъятие лесными породами органического вещества из круговорота является долговременным. Этим лесная экосистема отличается от степной, в которой изъятие органики из круговорота веществ – явление кратковременное. Ежегодно происходит отмирание листьев, образующих лесную подстилку (Сукачев, 1964; Зонн, 1964; Бельгард, 1977).

Лесная подстилка – особый структурный биogeоценотический компонент, занимающий промежуточное положение между фитоценозом и почвой (Дубина, 1972; Травлеев, 1972; Белова, Травлеев, 1999). Лесная подстилка находится во взаимосвязи с типом древостоя, поэтому роль отдельных видов в ее накоплении и разложении неодинакова.

Особенности разложения опада и подстилки в природной обстановке и в условиях эксперимента изложены в достаточно обширной литературе (Стоянов, 1953; Травлеев, 1961; Травлеев, 1968; Кононова, 1963; Частухин, Николаевская, 1969; Исследование ..., 1972; Барцевич, 1972; Дубина, 1972; Злотин, Ходашова, 1972; Козловская, 1972; Стриганова, 1972; Громова, 1973; Кравков, 1978; Гришина и др., 1990; Тейт, 1991; Безкоровайная, 1993; Пахомов, 1998; Дубина, Цветкова, 2001; Дидур, 2001, 2001а, 2002, 2002а, 2003 и др.).

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим влияние разложения и минерализации листового опада (рис. 1) на катионообменные свойства почв ольховых биogeоценозов Присамарья Днепроvского в лабораторных условиях.

Катионообменные свойства (поглотительная способность) почв обуславливают направленность почвенных процессов и играет важную роль в корневом питании растений. Обменные катионы – наиболее химически реактивная часть твердой фазы почвы. Они составляют источник, из которого пополняются основания почвенного раствора.

Известно, что содержание обменных оснований в почвах уменьшается в следующем порядке: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+}$. Содержание натрия может быть больше или меньше содержания калия. Если в состав почвенно-поглощающего комплекса входит обменный алюминий и водород, то насыщенность почв основаниями меньше 100 %. Кроме того, емкость катионного обмена, иногда определяемая как сумма обменных оснований и гидролитической кислотности, связана с размером почвенных частиц, органическими компонентами почвы (Блэк, 1973; Орлов, 1985).

© Дидур О.А., 2003

При организации эксперимента, в котором изучалось влияние разложения и минерализации листового опада на изменение содержания обменных форм химических элементов в почве (на примере кальция), мы воспользовались математическим планом полного факторного эксперимента 2^4 (Адлер и др., 1976). Основание «2» показывает число уровней варьирования фактора, а степень «4» соответствует количеству выбранных в эксперименте факторов. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней фактора, называется полным факторным экспериментом. При постановке плана 2^4 реализуется 16 опытов. Фиксированный набор уровней факторов определяет одно из возможных состояний кибернетической системы. Одновременно этот набор представляет условия проведения одного из возможных опытов.

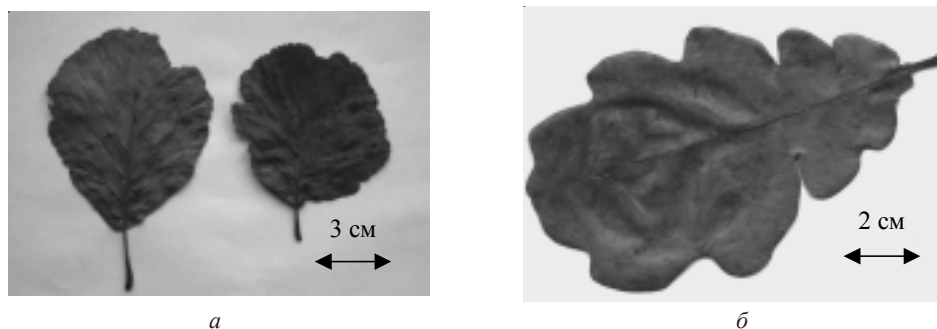


Рис. 1. Листовой опад ольхи клейкой (а) и дуба обыкновенного (б)

В наших опытах варьировались следующие факторы: масса опада ольхи клейкой (X_1 : 3 и 7 г) и дуба обыкновенного (X_2 : 1 и 4 г), продолжительность (время) разложения (X_3 : 2 и 10 месяцев) и норма полива (X_4 : 60 и 120 мл). Значения факторов подбирались таким образом, чтобы они имитировали соотношения этих факторов в природной обстановке. Масса почвы во всех опытах составляла 130 г. Почва для эксперимента отобрана из верхнего слоя 0–10 см в ольховом биогеоценозе с болотным крупнотравьем.

Полученные данные обрабатывались статистическими методами планирования эксперимента (Налимов, 1971; Дюк, 1997; Боровиков, 2001).

Наиболее подходящей моделью объекта исследования является кибернетическая система «черный ящик» (рис. 2). При рассмотрении такой кибернетической системы различают входы – управляемые факторы x_1, x_2, \dots, x_m , соответствующие воздействиям на систему, и выходы (численные характеристики целей исследования) – параметры оптимизации y_1, y_2, \dots, y_n . Параметр оптимизации является реакцией (откликом) на воздействие факторов, которые определяют поведение исследуемой системы.



Рис. 2. «Черный ящик»

В качестве отклика выбрали обменный кальций. Выбор этого катиона для модельных исследований не случаен. Во-первых, обменные формы кальция преобладают во всем профиле изученных почв ольшаников. Во-вторых,

обменный кальций вызывает повышение степени агрегированности почв, а также способствует формированию водопрочной структуры. В-третьих, он является одним из элементов питания растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Химический анализ природной почвы показал, что в слое 0–10 см содержание обменного кальция достигает значения $22,0 \pm 0,145$ мг-экв/100 г почвы, а степень его насыщенности – 34,5 %.

После реализации матрицы планирования были получены значения содержания обменного кальция и рассчитана степень насыщенности почв основаниями (таблица). Визуальный анализ результатов опытов показывает, что при различном воздействии факторов структура данных не выглядит однородной, а изменяется. Чтобы ответить на интересующий нас вопрос, за счет какого фактора содержание в почве обменного кальция в одних случаях увеличивается, а в других – уменьшается (опыты 2, 11 и 12), найдем уравнение регрессии.

Результаты измерений содержания обменного Ca^{2+} и степени насыщенности основаниями почвы слоя 0–10 см, отобранной в ольховом биогеоценозе

Номер опыта	Отклик		Номер опыта	Отклик	
	Ca^{2+} , мг-экв/100 г	Степень насыщенности основаниями, %		Ca^{2+} , мг-экв/100 г	Степень насыщенности основаниями, %
1	42,58	75,96	9	40,25	75,88
2	18,63	54,50	10	34,60	71,42
3	42,25	77,46	11	8,32	42,68
4	43,25	79,36	12	5,32	32,77
5	38,59	72,62	13	38,92	73,26
6	39,92	73,07	14	42,25	76,48
7	39,59	73,84	15	43,25	75,15
8	43,58	76,82	16	37,92	76,87

Математическая модель имеет вид

$$Y = 34,95 - 5,63X_2X_4 + 5,55X_3 \quad (R^2 = 98,1 \%),$$

где Y – содержание обменного Ca^{2+} , X_2X_4 – взаимодействие факторов (опад дуба и полив), X_3 – продолжительность разложения опада на поверхности почвы.

Переведем полученное уравнение с математического языка на язык экспериментатора. Такой процесс называется интерпретацией модели. Задача интерпретации довольно сложна. Ее решают в несколько этапов. Первый этап состоит в следующем. Устанавливается, в какой мере каждый из факторов влияет на параметр оптимизации. Величина коэффициента регрессии – количественная мера этого влияния. Чем больше коэффициент, тем сильнее влияет фактор. О характере влияния факторов говорят знаки коэффициентов. Знак «плюс» свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растет величина параметра оптимизации, а знак «минус» – что эта величина убывает.

Далее выясняем, как расположить совокупность факторов в ряд по силе их влияния на параметр оптимизации. Факторы, коэффициенты которых незначимы, не интерпретируются. Отметим, что при данных интервалах варьирования и ошибке воспроизводимости они не оказывают существенного влияния на параметр оптимизации.

В полученной нами модели отсутствуют линейные эффекты факторов X_1 , X_2 , X_4 . Из этого вовсе не следует, что эти факторы не оказывают влияния на динамику обменного кальция в почве. Наоборот, мы наблюдаем взаимодействие второго и четвертого (X_2X_4) факторов между собой. Теперь становится невозможным охарактеризовать влияние одного из факторов на процесс, не упоминая, на каком уровне находится другой. Это означает, что если мы будем увеличивать один из факторов, например X_2 , а другой (X_4) стабилизируем:

а) на верхнем уровне (120 мл), – то в среде будет наблюдаться уменьшение содержания обменных форм кальция (рис. 3);

б) на нижнем уровне (60 мл), – то в исследуемую среду поступит большее количество обменного кальция.

Аналогичная картина наблюдается при увеличении полива от 60 до 120 мл. Если поддерживать массу опада дуба на нижнем уровне (1 г), содержание обменного кальция в почве увеличится, а на верхнем уровне (4 г) – уменьшится.

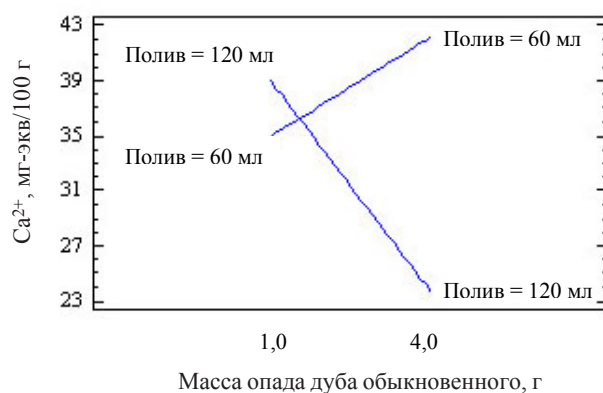


Рис. 3. Эффекты взаимодействия факторов на содержание в почве обменных форм кальция

Кроме того, накопление в почве обменного кальция связано с увеличением продолжительности разложения опада на поверхности почвы (рис. 4). Такой вывод следует из представленной выше модели, в которой присутствует коэффициент X_3 .

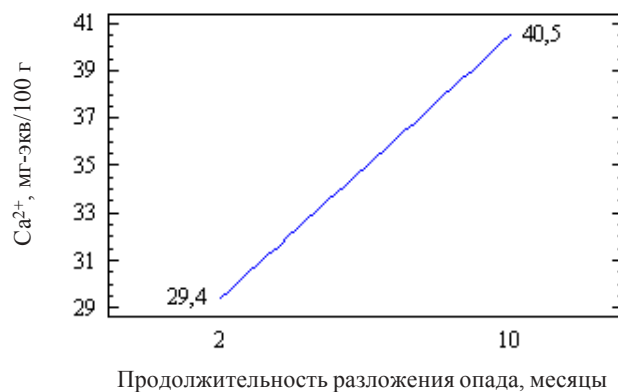


Рис. 4. Изменение содержания в почве обменного кальция от продолжительности разложения листового опада на поверхности почвы

Выясним теперь, существует ли зависимость между степенью насыщенности почвы, используемой в эксперименте, и содержанием в ней обменного кальция. Для этого воспользуемся корреляционным и регрессионным анализами. (Подобной процедурой мы уменьшаем число выходных параметров.) Коэффициент корреляции между двумя признаками составил 0,986 ($\alpha \leq 0,05$). Поскольку связь между исследуемыми признаками сильная, рассчитаем линейное уравнение регрессии. Запишем его следующим образом:

$$V = 31,73 + 1,074 * Ca^{2+} \quad (R^2 = 97,1 \%),$$

где V – степень насыщенности (%); Ca^{2+} – содержание обменного кальция в почве (мг-экв/100 г почвы). Полученная регрессия показывает, что примерно 97 % дисперсии степени насыщенности почвы, подверженной влиянию факторов, обусловлено изменением содержания обменного кальция. Можно сказать, что увеличение степени насыщенности почвы осуществляется за счет увеличения в среде обменных форм кальция.

ВЫВОДЫ

Разложение листового опада оказывает влияние на изменение содержания (динамику) обменного кальция в почве. Содержание обменного кальция будет увеличиваться при накоплении в среде опада дуба, когда норма полива низкая, а также при увеличении нормы полива, если масса опада дуба принимает малые значения. Сходный эффект наблюдается при более длительном разложении органического вещества на поверхности почвы. С динамикой обменного кальция тесно сопряжено изменение степени насыщенности почв основаниями, величина которой принимает большие значения за счет пополнения почвенного раствора обменными формами кальция.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
- Барцевич В.В. Опыты по разложению листового опада дождевыми червями // Проблемы почвенной зоологии: Материалы IV Всесоюз. совещ. – Баку, 1972. – С. 20.
- Безкоровайная И.Н. Формирование почвенной мезофауны и ее роль в трансформации подстилок в лесных культурах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 1993. – 22 с.
- Белова Н.А., Травлев А.П. Естественные леса и степные почвы. – Д.: Изд-во ДГУ, 1999. – 343 с.
- Бельгард А.Л. Что такое лесное сообщество в степи // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1977. – С. 27-32.
- Блэк К.А. Растение и почва. – М.: Колос, 1973. – 503 с.
- Боровиков В. Statistica: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – С.-Пб.: Питер, 1997. – 656 с.
- Гришина Л.А., Копчик Г.Н., Макаров М.И. Трансформация органического вещества почв. – М.: МГУ, 1990. – 88 с.
- Громова В.С. Разложение растительного опада сухостепной зоны под влиянием различных факторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1973. – 25 с.
- Дидур О.А. Динамика выщелачивания химических элементов из листового опада *Alnus glutinosa* и *Quercus robur* в эксперименте // Питання степового лісознавства та лісової рекультивуваці земель. – Д.: РВВ ДНУ, 2002. – С. 65-70.
- Дидур О.А. Модельные исследования трансформации органического вещества ольшаниковых биогеоценозов // Екологія та ноосферологія. – 2002. – Т. 2, № 1-2. – С. 108-113.
- Дидур О.А. О выщелачивании химических элементов из листового опада в эксперименте // Екологія кризових регіонів: Тези доп. Міжнар. конф. (Дніпропетровськ, 17-20 вересня 2001 р.). – Д.: ДНУ, 2001. – С. 72.
- Дидур О.А. Трансформация листового опада ольховых биогеоценозов в эксперименте // Актуальные вопросы естествознания–2003: Тезисы Всеукр. конф. молодых ученых (Симферополь, 11-13 апреля 2003 р.). – Симферополь, 2003. – С.32-33.
- Дидур О.А., Тупика Н.П. О темпах распада листьев свежего опада в зависимости от факторов среды // Екологія кризових регіонів: Тези доп. Міжнар. конф. (Дніпропетровськ, 17-20 вересня 2001 р.). – Д.: ДНУ, 2001а. – С. 65.
- Дубина А.А. Лесная подстилка как компонент естественных лесных биогеоценозов юго-востока Украины и гырнецовых лесов Молдавии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Д., 1972. – 17 с.
- Дубина А.А., Цветкова Н.Н. Роль беспозвоночных животных в процессе разложения подстилки в лесных биогеоценозах // Структура та функціональна роль тваринного населення в природних та трансформованих екосистемах: Тези 1-ї Міжнар. конф., 17-20 вересня 2001 р. – Д.: ДНУ, 2001. – С. 66-67.
- Дюк В.А. Обработка данных на ПК в примерах. – С.-Пб.: Питер, 1997. – 240 с.
- Злотин Р.И., Ходашова К.С. Влияние экскрементов растительноядных животных на скорость разрушения опада в лесостепи // Проблемы почвенной зоологии: Материалы IV Всесоюз. совещ. – Баку, 1972. – С. 59-60.
- Зонн С.В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса. – М.: Наука, 1964. – С. 372-457.
- Исследование роли почвенных беспозвоночных в процессе разложения соломы / З. Багданавичене, Д. Ласкаускайте, Ю. Шлепетене и др. // Проблемы почвенной зоологии: Материалы IV Всесоюз. совещ. – Баку, 1972. – С. 19-20.

- Козловская Л.С. Роль почвенных беспозвоночных в круговороте азота и углерода в лесных биогеоценозах лесостепи // Проблемы почвенной зоологии: Материалы IV Всесоюз. совещ. – Баку, 1972. – С. 75-76.
- Кононова М.М. Органическое вещество почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
- Кравков С.П. Биохимия и агрохимия почвенных процессов. – Ленинград: Наука, 1978. – 291 с.
- Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
- Орлов Д.С. Химия почв. – М.: МГУ, 1985. – 376 с.
- Пахомов А.Е. Биогеоэкологическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины: В 2 кн. – Д.: ДГУ, 1998. – Кн. 1. – 232 с.
- Стойнов Жарко Сравнителни изучвания върху скоростта на разлагането на шума от различни дървесни видове // Известия на биологическия институт. – Т. IV. – София, 1953. – С. 171-178.
- Стриганова Б.Р. Принципы количественной оценки деятельности сапрофагов в почве на примере двупарноногих многоножек (Diplopoda) // Проблемы почвенной зоологии: Материалы IV Всесоюз. совещ. – Баку, 1972. – С. 130-131.
- Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоэкологии // Основы лесной биогеоэкологии / Под ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса. – М.: Наука, 1964. – С. 5-46.
- Тейт Р. Органическое вещество почвы. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
- Травлеев А.П. Некоторые черты разложения органического опада древесных пород и взаимодействие продуктов их разложения с почвой // Вопросы степного лесоведения. – Д.: ДГУ, 1968. – С. 15-29.
- Травлеев А.П. Взаимодействие растительности с почвами в лесных биогеоценозах настоящих степей Украины и Молдавии: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Д., 1972. – 49 с.
- Травлеев А.П. Лісова підстилка як структурний елемент лісового біоценозу в степу // Український ботан. журн. – 1961. – Т. 18, № 2. – С. 40-46.
- Частухин В.Я., Николаевская М.А. Биологический распад и ресинтез органического вещества в природе. – Ленинград: Наука, 1969. – 326 с.

Надійшла до редколегії 17.11.03