

Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов X молодежной научной конференции Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2003. – 252 с. С. 144-146.

ДИНАМИКА ПРОДУЦИРОВАНИЯ CO₂ ТИПИЧНОЙ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВОЙ ХВОЙНО-ЛИСТВЕННОГО НАСАЖДЕНИЯ

А.В. МАШИКА

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар
mashika@ib.komisc.ru

Изучение динамики органического углерода (C_{орг}) в почве актуально по многим причинам, одной из которых с последней четверти XX в. стали уделять особое внимание. Имеется в виду роль почвы в регулировании газового состава атмосферы и выполнение ею функций источника, стока и резервуара парниковых газов. Повышение температуры в атмосфере при глобальных изменениях климата отразится на распределении влаги, приведет к нагреванию почвы и, как следствие, к увеличению интенсивности дыхания почвы (ИДП) (Raich & Schlesinger, 1992). Применяемый для оценки термического воздействия на ИДП эмпирический коэффициент Q₁₀ в диапазоне температур 3-30°C дает среднее значение 2.0 (Kirschbaum, 1995; Palmer-Winkler et al. 1996; Kätterer et al. 1998; Смагин и др., 2001). Инкубирование образцов почвы при разных температурах и влажностях позволяет определить влияние этих факторов на выделение CO₂ в виде определенных функциональных зависимостей (Смагин и др., 2001).

На европейском Северо-Востоке России еловые леса формируются на супесчаных и суглинистых подзолистых почвах (Леса..., 1999). Характерными для этих почв являются отсутствие аккумулятивного гумусового горизонта A₁ и маломощность подзолистого горизонта A₂ - 5-10 см (Забоева, 1975). В задачу данного исследования входила оценка одной из характеристик динамики органического углерода в типичной подзолистой почве, а именно интенсивности продуцирования углекислого газа в зависимости от температуры и влажности. Объектом исследования являлась типичная подзолистая почва супесчаная, развитая на суглинках, под елово-лиственным насаждением подзоны средней тайги Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62° 17' с.ш. и 50° 40' в.д.). Почвенные образцы для эксперимента брали в осенний период (сентябрь 2001 г.) из каждого генетического горизонта.

Для определения величины продуцирования CO₂ почвой в зависимости от температуры и влажности использовали метод инкубации в закрытых сосудах (Физико-химические методы..., 1986; Методы почвенной микробиологии..., 1991; Дыхание почвы, 1993) в модификации, учитывающей межфазные взаимодействия CO₂ во влажной пористой среде

путем его термодесорбции (Полевые и лабораторные методы..., 2001). Эксперимент проводился комплексно с определением основной гидрофизической характеристики (энергии водоудерживания) методом центрифугирования. Разность температур получали термостатным инкубированием флаконов при 5, 20 и 30°C в одно-трёхкратной повторности для каждого горизонта.

Ход эксперимента был следующим. Навеску почвы массой около 5 г помещали в пластмассовую пробирку (объемом 6 мл), увлажняли дистиллированной водой до полной влагоемкости, герметично закрывали и устанавливали на некоторое время (одни-двое суток) в термостат при заданной температуре. После экспозиции отбирали газовую пробу из флакона и на газовом хроматографе определяли количество выделившегося газа. Затем флаконы подвергались кратковременному нагреванию в термостате до 80°C для термодесорбции адсорбированно-растворенного газа и повторно определяли содержание CO₂ в воздушном пространстве флакона. Далее образцы почвы центрифугировали и опять помещали в инкубационные флаконы. Таким образом процедура повторялась 14 календарных дней до получения предельно низких значений влажности почвы. Расчет интенсивности производства CO₂ (*U*) осуществляли по формуле:

$$U = \frac{\Delta X \cdot P \cdot M \cdot V}{(100 \cdot R \cdot T \cdot m \cdot \Delta t)}, \quad (1)$$

где ΔX – прирост объемного содержания CO₂ во флаконе (%), P – атмосферное давление (Па), M – молярная масса газа (г·моль⁻¹), V – объем флакона (м³), R – универсальная газовая постоянная (8.31 Дж·(мольК)⁻¹), T – температура воздуха (К).

В таблице представлены результаты экспериментального определения интенсивности продуцирования CO₂ в образцах разных почвенных горизонтов в варианте с оптимальными условиями почвенной среды (20°C), полученные методом инкубирования с последующей термодесорбцией газовой фазы. Как видно, недоучет межфазных взаимодействий CO₂ в почве приводит к существенному занижению результатов. При этом доля сорбированного газа с переходом от верхних горизонтов к нижним возрастает (отношение U_2/U_1 увеличивается с 1.1-3.0 – для верхних горизонтов A₀-A₂B до 8.1 – для горизонтов B₁, C). Интенсивность перехода углекислоты в газовую фазу зависит от многих факторов: влажности, степени дисперсности образца, кислотности почвенного раствора и др. Полученные величины U_2 для верхних горизонтов давали более однородные значения ($V=12-14\%$), нижние горизонты характеризовались разнородной совокупностью значений ($V=84-91\%$) (см. таблицу), что говорит о многофакторной зависимости процессов сорбции (десорбции) углекислого газа в минеральной части почвы и сложности ее оценки.

Табл. Выделение CO_2 ($\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{час}^{-1}$) в процессе инкубации отдельными горизонтами типичной подзолистой почвы при наименьшей (по А.А. Роде) влагоемкости и температуре 20°C

Почвенный горизонт, глубина отбора, см	Метод определения		U_2/U_1
	инкубационный (U_1)	с термодесорбцией (U_2)	
A_0 , 4	20.48 ± 3.18	26.06 ± 3.71	1.3
A_{2h} , 8	6.81 ± 0.93	7.79 ± 0.95	1.1
B_1 , 35	0.31 ± 0.08	2.51 ± 2.12	8.1
C , 100	0.44 ± 0.20	3.52 ± 3.22	8.0

В целом, более высокая интенсивность продуцирования углекислого газа характерна для верхних органогенных почвенных горизонтов (A_0 , A_{2h}). С глубиной в горизонтах A_2 , B_1 , B_2 скорость выделения CO_2 уменьшалась, что, видимо, объясняется снижением численности и активности почвенных микроорганизмов. Однако в нижележащих горизонтах $BC-C$ (с глубины 80 см) отмечалось некоторое увеличение значений выделения CO_2 . Это, вероятно, свидетельствует о наличии чисто химических процессов растворения карбонатных включений (CaCO_3), доля которых в этих горизонтах высока (Биопродукционный процесс..., 2001). Вопрос возможного включения углекислого газа при этом процессе в общий эмиссионный поток интересен и требует дополнительного изучения.

Проведенные эксперименты дали возможность определить зависимости величины продуцирования CO_2 типичной подзолистой почвой ельника черничного от температуры и влажности.

Температурная зависимость продуцирования CO_2 в диапазоне от 5 до 35°C хорошо описывается функцией (Смагин и др., 2001):

$$U(T) = mU_{\max}; \quad m(T) = Q_{10}^{\frac{T - T_{\max}}{10}}, \quad (2)$$

где U_{\max} – максимальная интенсивность выделения CO_2 при температуре $T = T_{\max}$, Q_{10} – эмпирический температурный коэффициент, среднее значение которого близко к двум ($Q_{10} = 2.06$ при $T_{\max} = 30^\circ\text{C}$).

Зависимость величины U от влажности изменяется и имеет экстремум, приходящийся обычно на область $0.7 < W/W_s < 0.9$, W_s – влажность насыщения почвы (см. рисунок). Помимо основного также выявляется статистически достоверный второй пик интенсивности выделения CO_2 в области достаточно малых влажностей, что, возможно, связано с

активностью ксерофильных групп микроорганизмов. При дальнейшем снижении влажности почвы (<0.2) ее биологическая активность проявляется слабо при значениях выделения CO_2 , стремящихся к нулю.

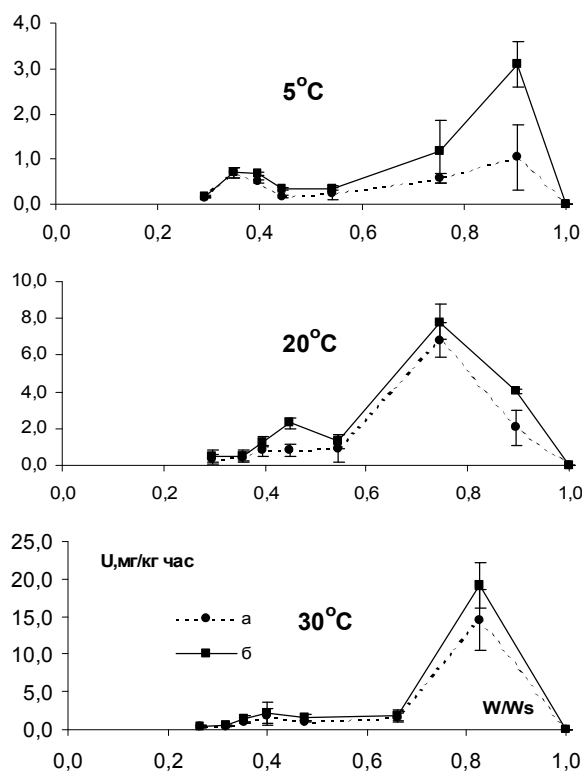


Рис. Функции потенциальной минерализации почвенного органического вещества: зависимость от влажности и температуры (горизонт A_{2h}). а – инкубационный метод, б – с термодесорбцией CO_2 .

Для описания зависимости продуцирования CO_2 почвой от ее температуры и влажности может быть использована следующая функция (Смагин и др., 2001):

$$U(T)=f(W)U_{\max} ; f(W) = \left(\frac{W}{W_m} \right)^a \left(\frac{1-W}{1-W_m} \right)^b, \quad (3)$$

где $a, b > 0$, W_m – влажность оптимума, при которой интенсивность генерирования CO_2 максимальна ($f(W)=1$): $W_m=a/(a+b)$. Величина $W=W/W_S$ (относительная влажность) варьирует от 0 до 1. Чем выше значение a , тем шире диапазон начальных влажностей (сухая почва), при которой $f(W) \rightarrow 0$ (разложение практически отсутствует). Зная влажность экстремума (W_m) и подобрав значение a , удовлетворяющее требованию $f(W) \rightarrow 0$ для известного интервала начальных влажностей, легко определить b : $b=aW_m(1-W_m)$. Таким образом, двухпараметрическое уравнение (3) способно описать сложную зависимость $f(W)$. Для аппроксимации экспериментальных данных этой функцией используют метод наименьших квадратов в программе SIGMAPLOT.

Литература

1. Дыхание почвы. – Пушино, 1993. – 144 с.
2. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. – Сыктывкар, 1975. – 344 с.
3. Леса Республики Коми. – М., 1999. – 332 с.
4. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. – М., 2001. – 200 с.
5. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Смагина М.В. и др. Моделирование динамики органического вещества почв. – М., 2001. – 120 с.
6. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Хайдапова Д.Д., Шевченко Е.М. Экологическая оценка биофизического состояния почв. – М., 1999. – 48 с.
7. Физико-химические методы в агрохимии. – М., 1986. – 136 с.
8. Kätterer T., Reichstein M., Andren O. & Lomander A. Temperature dependence of organic matter decomposition: A critical review using literature data analyzed with different models // *Biol. Fert. Soils*, 1998. Vol. 27. – P. 258–262.
9. Kirschbaum M. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage // *Soil Biol. Biochem.*, 1995. Vol. 27. – P. 753–760.
10. Palmer-Winkler J., Cherry R.S., & Schlesinger W.H. The Q_{10} relationship of microbial respiration in a temperate forest soil // *Soil Biol. Biochem.*, 1996. Vol. 28. – P. 1067–1072.
11. Raich J.W. & Schlesinger W.H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate // *Tellus* 44B, 1992. – P. 81–99.