

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ, ĐIỀU KIỆN HẢO KHÍ VÀ YẾM KHÍ ĐẾN KHẢ NĂNG PHÁT THẢI KHÍ CH₄ VÀ CO₂ TỪ VẬT LIỆU HỮU CƠ TRONG ĐẤT

Đỗ Duy Phái¹, Stephen Boulton²

TÓM TẮT

Vật liệu hữu cơ trong đất (than bùn) có hàm lượng các bon hữu cơ 58% được sử dụng để nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm về ảnh hưởng của nhiệt độ, điều kiện hảo khí và yếm khí đến khả năng phát thải khí CH₄ và CO₂. Kết quả thí nghiệm cho thấy, sự thay đổi nhiệt độ, nồng độ ôxy đã ảnh hưởng trực tiếp đến lượng khí CH₄ và CO₂ phát thải. Trong điều kiện yếm khí ở nhiệt độ 10°C lượng khí CH₄ phát thải 46,11 ± 1,47 mMol/tấn/ngày và CO₂ phát thải 45,56 ± 10,19 mMol/tấn/ngày. Giữ nguyên điều kiện yếm khí nhưng tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C), tốc độ phát thải khí CH₄ tăng nhanh hơn so với CO₂, lượng khí phát thải tương ứng CH₄ (77,69 mMol/tấn/ngày) và CO₂ (62,16 mMol/tấn/ngày). Chuyển từ môi trường yếm khí sang môi trường hảo khí và tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C), không phát hiện khí CH₄ phát thải, trong khi đó lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 9 lần đạt 404,41 mMol/tấn/ngày. Chuyển từ môi trường yếm khí sang môi trường hảo khí, tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C) và cho đất than bùn bão hòa nước cũng vẫn không phát hiện khí CH₄ phát thải nhưng lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 172 lần đạt 7841,85 mMol/tấn/ngày.

Từ khóa: Đất than bùn, nhiệt độ, môi trường yếm khí, môi trường hảo khí, phát thải khí CH₄, phát thải khí CO₂

¹ Phòng Phân tích Trung tâm - Viện Thổ nhưỡng Nông hóa

² School of Earth and Environmental Sciences - The University of Manchester, UK

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các bon (C) là nguyên tố phổ biến thứ 4 trong vũ trụ về khối lượng sau hydro, heli và ôxy. Thông qua vòng tuần hoàn C trong tự nhiên mà C có mặt trong gần 10 triệu hợp chất hóa học khác nhau. C đóng một vai trò quan trọng trong việc duy trì nhiệt độ trên bề mặt trái đất khoảng 15°C thông qua các khí nhà kính như: CH₄ và CO₂, còn nếu không có các khí nhà kính này thì nhiệt độ trên bề mặt trái đất sẽ là -18°C (Mitchell, 1989). Chính vì vậy C là thành phần thiết yếu cho mọi sự sống và không có C thì sự sống của chúng ta không thể tồn tại. Hệ sinh thái cây trồng cạn có chứa khoảng 2.200 Pg các bon (IPCC, 1990). Nguồn cung cấp các bon hữu cơ cho hệ sinh thái này chủ yếu là từ sinh khối thực vật, xác động vật và vi sinh vật. Đất là nơi lưu trữ C hữu cơ nhiều nhất, thông thường hữu cơ đất (SOM) có hàm lượng C hữu cơ từ 12 - 20% được phân bố chủ yếu ở độ sâu tầng đất 0 - 80 cm (Chadwick and Graham, 1999), trong khi đó hàm lượng C hữu cơ trong đất than bùn chứa tới 60% (Baldock and Nelson, 1999). Đất than bùn là vật liệu giàu C hữu cơ, và là nguồn

vật liệu quan trọng tham gia chu trình C. Theo các kịch bản dự báo về biến đổi khí hậu gần đây nhất cho biết nhiệt độ toàn cầu sẽ tăng lên khoảng 3,5 - 5°C ở cuối thế kỷ này (Hulme *et al.*, 2002). Cùng với nhiệt độ gia tăng là các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán (đất bị khô kiệt), mưa nhiều (đất bị bão hòa nước) và mực nước ngầm thay đổi dẫn đến thay đổi nồng độ ôxy (điều kiện hiếu khí và yếm khí) trong đất xảy ra ở các tiểu vùng khí hậu khác nhau. Vật liệu hữu cơ trong đất là đối tượng bị tác động trực tiếp bởi các hiện tượng này. Các vùng đất có hàm lượng C hữu cơ cao có thể gia tăng phát thải khí nhà kính làm cho môi trường trở nên nóng và ngột ngạt hơn, trong khi đó các vùng đất có hàm lượng C hữu cơ thấp có thể làm cho đất bị thoái hóa nhanh chóng. Để có những cơ sở khoa học về phát thải khí CH₄ và CO₂ từ vật liệu hữu cơ trong đất do tác động của biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ, điều kiện hiếu khí và yếm khí đến khả năng phát thải khí CH₄ và CO₂ từ vật liệu hữu cơ trong đất ở điều kiện phòng thí nghiệm (*Ex-situ*).

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Mẫu đất than bùn có hàm lượng các bon hữu

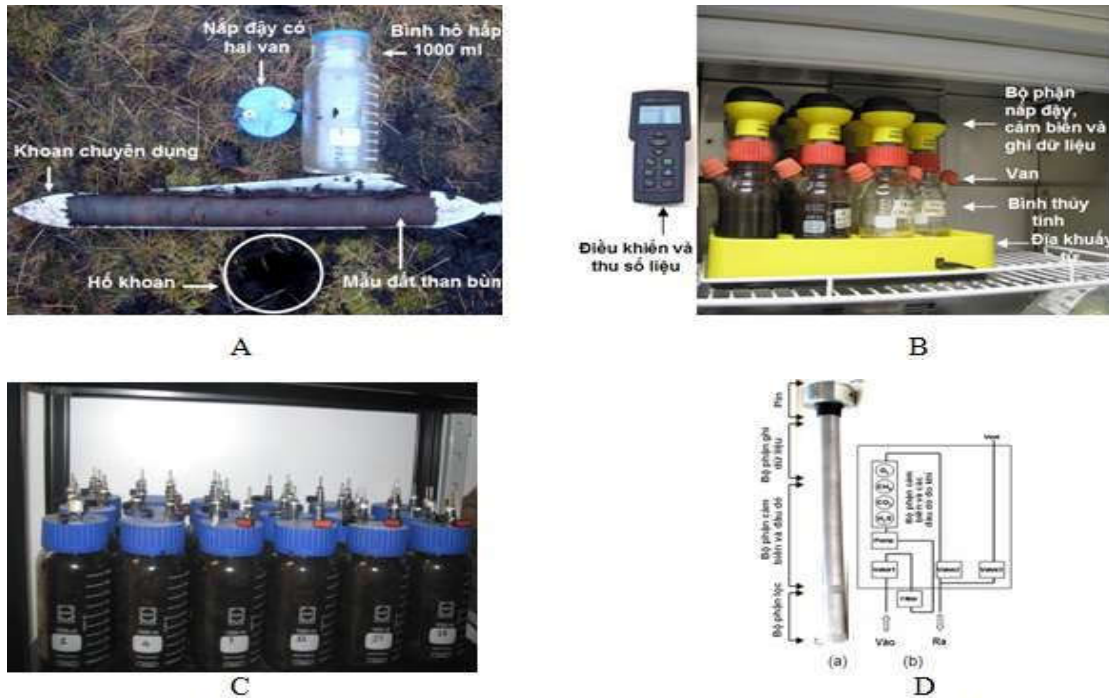
cơ tổng số 58% được lấy lặp lại 3 lần trong 1 m² ở độ sâu 0 - 50 cm; 50 - 100 cm, 150 - 200 cm bằng 1 chiếc khoan chuyên dụng (Eijkelkamp Ltd, the Netherlands). Mẫu đất nghiên cứu được lấy tại lưu vực Crowden Great Brook, Manchester, Vương Quốc Anh (Hình 1A).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thí nghiệm ở điều kiện yếm khí: Lấy khoảng 0,6 kg mẫu đất than bùn ở mục 2.1 cho vào bình hô hấp có thể tích 1 lít và được đóng kín bằng nắp đậy, trên nắp đậy có 2 van khóa để đo nồng độ khí CH₄, CO₂ và O₂ (Hình 1C). Tạo môi trường yếm khí bên trong các bình hô hấp bằng cách cho khí N₂ thổi qua 1 van trên nắp bình hô hấp vào trong bình và mở khóa van còn lại để đẩy khí O₂ ra ngoài, quá trình này chỉ dừng lại khi kiểm tra không còn khí O₂ trong bình bằng máy đo khí GasClam.

Thí nghiệm ở điều kiện hiếu khí: Lấy khoảng 0,6 kg mẫu đất than bùn ở mục 2.1 cho vào bình hô hấp có thể tích 1 lít và được đóng kín bằng nắp đậy, trên nắp đậy có 2 van khóa để đo nồng độ khí CH₄, CO₂ và O₂ (Hình 1C). Tạo môi trường hiếu khí bên trong các bình hô hấp bằng cách cho khí O₂ thổi qua 1 van trên nắp bình hô hấp vào trong bình để duy trì nồng độ khí O₂ trong bình luôn đạt 19 - 20%, việc kiểm tra nồng độ khí này được thực hiện bằng máy đo khí GasClam.

Thí nghiệm ở điều kiện hiếu khí và bão hòa nước: Sử dụng 200 g đất than bùn ở mục 2.1 cho vào bình OxiTop (WTW Ltd, Germany) (Hình 1B), sau đó thêm 200 ml nước cất và cho một thìa khuấy từ vào bình đảm bảo đất than bùn trong bình luôn bão hòa nước. Tạo môi trường hiếu khí bên trong bình hô hấp bằng cách cho khí O₂ thổi qua 1 van trên bình hô hấp vào trong bình để duy trì nồng độ khí O₂ trong bình luôn đạt 19 - 20%, việc kiểm tra nồng độ khí này được thực hiện bằng máy đo khí GasClam. Bình OxiTop sau đó được đặt trên một khay từ để tương tác với đĩa từ trong bình làm cho đĩa từ tự động khuấy dung dịch bên trong liên tục tạo điều kiện tối đa cho các vật liệu hữu cơ tiếp xúc với ôxy trong nước. Các bình hô hấp đặt trong tủ hấp được điều chỉnh nhiệt độ ở 10°C ± 0,1 và 15°C ± 0,1. Nồng độ các khí CO₂, CH₄ và O₂ trong bình hô hấp được đo liên tục bằng máy GasClam của công ty Ion science Ltd, UK (Hình 1D). Giới hạn phát hiện của bộ cảm biến tia hồng ngoại đo các khí CO₂, CH₄ và O₂ là 0,0001% tính theo thể tích mẫu khí trong mỗi lần đo.



Hình 1. Thiết bị nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ, điều kiện hiếu khí và yếm khí đến khả năng phát thải khí CH₄ và CO₂

A: Bình hô hấp, khoan chuyên dụng và hố khoan. B: Bình hô hấp chuyên dụng OxiTop trong điều kiện hiếu khí và bão hòa nước. C: Bình hô hấp hiếu khí, yếm khí. D: Máy đo tự động khí CH₄, CO₂ và O₂.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 4 năm 2010 đến tháng 4 năm 2012 tại phòng thí nghiệm địa hóa môi trường thuộc trường Đại học Manchester, Vương quốc Anh, Oxford Road Manchester, M13 9PL, United Kingdom.

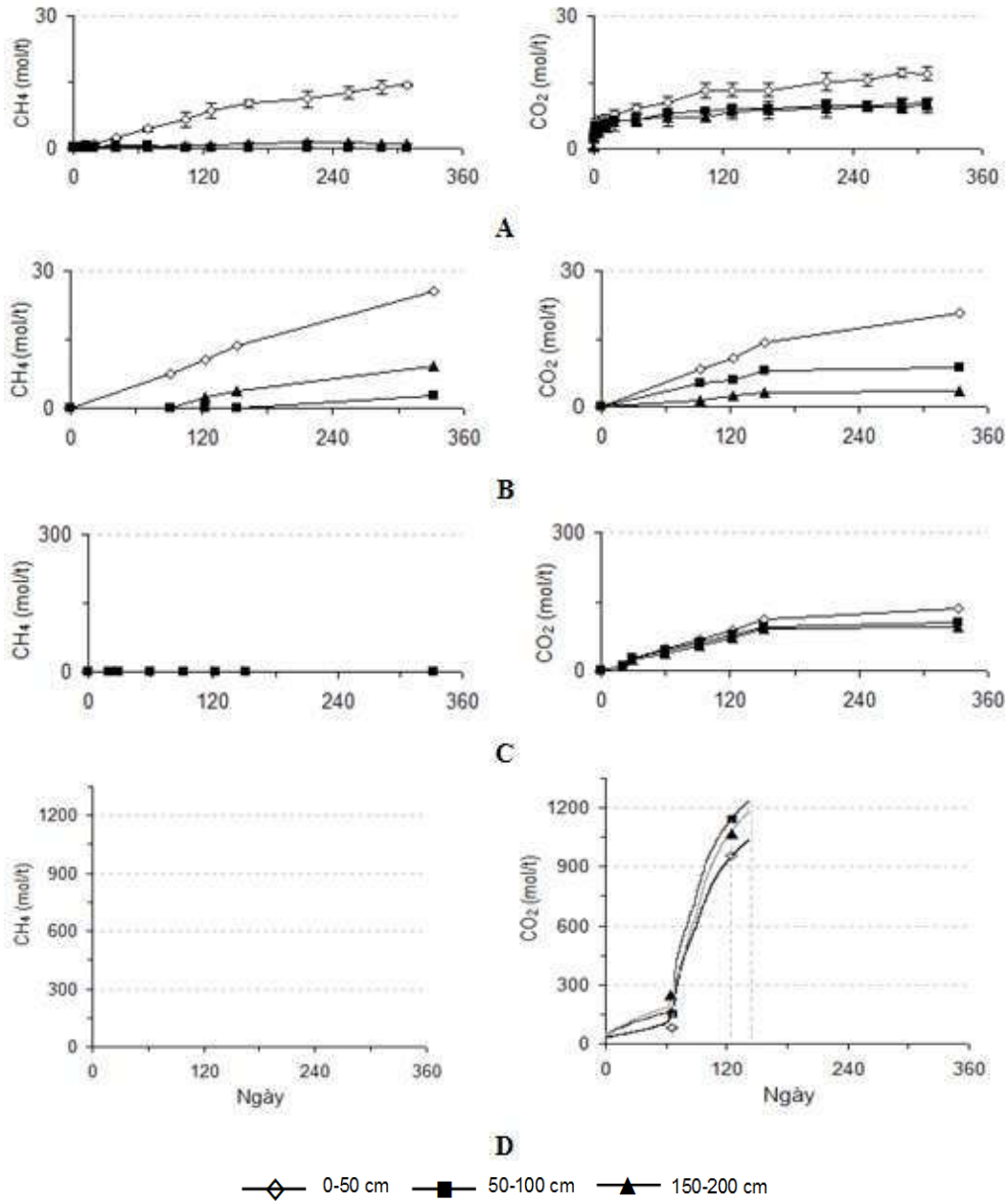
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ, điều kiện hiếu khí và yếm khí đến khả năng phát thải khí CH₄ và CO₂ từ vật liệu hữu cơ trong đất được thể hiện trong đồ thị Hình 2. Trong bài báo này sử dụng đơn vị đo lường khí phát thải là mol/ton; 1 mol CO₂ = 44 g và 1 mol CH₄ = 16 g.

Trải qua 309 ngày hô hấp trong điều kiện yếm khí ở nhiệt độ 10°C, lượng khí CH₄ phát thải trong mẫu đất ở tầng 0 - 50 cm là 14,25 ± 0,18 mol/tấn, trong khi đó lượng khí CO₂ phát thải là 14,08 ± 1,48 mol/tấn (lượng khí phát thải được tính là mol/tấn đất than bùn khô). Kết quả thí nghiệm này phù hợp với số liệu thí nghiệm của Krumholz và cộng tác viên (1995). Lượng khí CH₄ và CO₂ phát thải từ mẫu đất ở tầng 0 - 50 cm cao hơn so với tầng đất ở độ sâu 50 - 100 cm và 150 - 200 cm (Hình 2A). Lượng khí

CH₄ và CO₂ trong mẫu đất ở tầng 0 - 50 cm phát thải nhiều hơn trong tầng đất 50 - 100 cm và 150 - 200 cm là do trong tầng đất 0 - 50 cm có chứa nhiều vật liệu hữu cơ còn tươi có nguồn gốc từ rễ, thân thực vật và xác các loài sinh vật hơn ở tầng dưới sâu, do vậy trong điều kiện hô hấp các vật liệu hữu cơ này dễ bị phân hủy và giải phóng ra khí CH₄ và CO₂.

Duy trì môi trường yếm khí nhưng tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C) thì lượng khí CH₄ phát thải tăng lên 25,67 mol/tấn, trong khi đó lượng CO₂ phát thải tăng không đáng kể và chỉ đạt 20,67 mol/tấn (Hình 2B). Tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C) đồng thời tăng nồng độ oxy từ 0% lên tới 20 ± 0,5% (môi trường hiếu khí), kết quả thí nghiệm cho thấy không phát hiện lượng khí CH₄ phát thải, trong khi đó lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 9 lần (đạt 134 mol/tấn) (Hình 2C). Tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C), duy trì nồng độ oxy 20 ± 0,5% và cho mẫu đất than bùn bão hòa nước, kết quả thí nghiệm cho thấy cũng không phát hiện lượng khí CH₄ phát thải nhưng lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 73 lần (đạt 1.237 mol/tấn) mới chỉ trong 142 ngày thí nghiệm (Hình 2D).



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ, điều kiện hiếu khí và yếm khí đến khả năng phát thải khí CH₄ và CO₂ từ vật liệu hữu cơ trong đất ở điều kiện phòng thí nghiệm

A. Trong môi trường yếm khí, nhiệt độ 10°C; B. Trong môi trường yếm khí, nhiệt độ 15°C; C. Trong môi trường hiếu khí, nhiệt độ 15°C; D. Trong môi trường hiếu khí và bão hòa nước, nhiệt độ 15°C.

Trong nghiên cứu này, sử dụng thang nhiệt độ tăng 5°C dựa trên kết quả nghiên cứu của các mô hình dự báo gần đây nhất về biến đổi khí hậu, mức nhiệt độ tăng đối đa vào cuối thế kỷ này là 5°C, căn cứ vào đó mà thí nghiệm mô phỏng sự gia tăng nhiệt độ lên 5°C. Khi tăng nhiệt độ thì lượng khí CH₄ và CO₂ phát thải đều gia tăng. Tuy nhiên, tỷ lệ phát thải khí CH₄ cao hơn nhiều so với CO₂ là vì trong môi trường yếm khí các vi sinh vật *Methanogens* phân

giải các vật liệu hữu cơ để tạo ra khí CH₄ hoạt động mạnh hơn ở nhiệt độ ≥ 15°C. Trong điều kiện hiếu khí, các vi sinh vật *Methanogens* giảm hoạt động phát thải khí CH₄ hoặc nếu có phát thải thì lượng khí CH₄ sinh ra sẽ bị oxy hóa để tạo ra khí CO₂ theo phương trình phản ứng: CH₄ + 2O₂ = CO₂ + 2H₂O. Hiện tượng này càng làm sáng tỏ tầm quan trọng của kỹ thuật tưới nước xen kẽ trong canh tác lúa nước có tác dụng làm giảm lượng khí CH₄ phát thải, làm lợi

cho môi trường do mức độ gây hiệu ứng nhà kính của khí CH₄ cao gấp 22 lần khí CO₂. Đất than bùn trong điều kiện không bão hòa nước, các hạt đất kết dính với nhau làm giảm khả năng tiếp xúc của khí oxy với các vật liệu hữu cơ. Trong điều kiện bão hòa nước, các hạt đất bị phân tán tạo điều kiện cho các phân tử oxy tan trong nước oxy hóa các vật liệu hữu cơ dẫn đến làm gia tăng lượng khí CO₂ phát thải. Trong canh tác lúa hiện nay, việc chuẩn bị đất để cây hoặc gieo xạ đều làm theo phương pháp cho đất bão hòa nước để chuyển lớp đất bề mặt 0 - 20 cm thành dạng bùn lũng. Công đoạn này cũng có thể làm gia tăng quá trình oxy hóa các vật liệu hữu cơ ngay trong giai đoạn làm đất, và nếu quá trình này kéo dài có thể làm phát thải một lượng đáng kể khí nhà kính ngay trong giai đoạn làm đất. Điều này có thể giải đáp được phần nào sự suy giảm hàm lượng hữu cơ trong đất trồng lúa mặc dù qua mỗi vụ canh tác lúa một lượng lớn sinh khối để lại trên đồng ruộng nhưng hàm lượng hữu cơ trong đất trồng lúa vẫn ở mức rất thấp.

IV. KẾT LUẬN

Đất than bùn có hàm lượng C 58% được hô hấp trong điều kiện yếm khí ở nhiệt độ 10°C, lượng khí nhà kính phát thải CH₄ (46,11 ± 1,47 mMol/tấn/ngày) và CO₂ (45,56 ± 10,19 mMol/tấn/ngày). Vẫn giữ nguyên môi trường yếm khí nhưng tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C), tốc độ phát thải khí CH₄ tăng nhanh hơn so với CO₂, lượng khí phát thải tương ứng CH₄ (77,69 mMol/tấn/ngày) và CO₂ (62,16 mMol/tấn/ngày). Chuyển từ môi trường yếm khí sang môi trường hiếu khí và tăng nhiệt độ thêm 5°C (từ 10°C lên 15°C), không phát hiện khí CH₄

phát thải, trong khi đó lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 9 lần đạt 404,41 mMol/tấn/ngày. Chuyển từ môi trường yếm khí sang môi trường hiếu khí, tăng nhiệt độ thêm 5°C và cho đất than bùn bão hòa nước cũng vẫn không phát hiện khí CH₄ phát thải nhưng lượng khí CO₂ phát thải tăng lên gấp 172 lần đạt 7841,85 mMol/tấn/ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Baldock, J.A., Nelson, P.N.**, 1999. Soil Organic Matter. In: M.E. Sumner (Ed.), *Handbook of Soil Science* (Ed. by M.E. Sumner), pp. B25-B84. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D. C.
- Chadwick, O.A., Graham, R.C.**, 1999. Pedogenic Processes. In: M.E. Sumner (Ed.), *Handbook of Soil Science* (Ed. by M.E. Sumner), pp. E41-E75. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D. C.
- Hulme, M., Jenkins, G.J., Lu, X., Turnpenny, J.R., Mitchell, T.D., Jones, R.G., Lowe, J., Murphy, J.M., Hassell, D., Boorman, P., McDonald, R., Hill, S.**, 2002. Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report, pp. 120. Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia: Norwich, UK.
- IPCC**, 1990. *Climate change* (Ed. by J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums). Cambridge, University Press, Cambridge.
- Krumholz, L.R., Hollenback, J.L., Roskesa, S.J., Ringelberg, D.B.**, 1995. Methanogenesis and methanotrophy within a Sphagnum peatland. *FEMS Microbiology Ecology*, 18, 215-224.
- Mitchell, J.F.B.**, 1989. The "Greenhouse" effect and climate change. *Reviews of Geophysics*, 27, 115-139.

Impact of temperature, aerobic and anaerobic conditions on release potential of CH₄ and CO₂ gases from soil organic matter

Do Duy Phai, Stephen Boulton

Abstract

The peat sample with 58% of total organic carbon was used to evaluate affect of different environmental conditions such as temperature, aerobic and anaerobic on release CH₄ and CO₂ gases from soil organic matter. The experiment results indicated that maximum emission rate of CH₄ was 46.11 ± 1.47 mMol t⁻¹ day⁻¹ and of CO₂ was 45.56 ± 10.19 mMol t⁻¹ day⁻¹ in anaerobic condition at 10°C. Subsequent to changing the temperature from 10°C to 15°C of the experiment, under anaerobic conditions, it appeared that the temperature increase may not have much altered CO₂ production but CH₄ production has increased, production rates of both CH₄ and CO₂ were 77.69 mMol t⁻¹ day⁻¹ and 62.16 mMol t⁻¹ day⁻¹, respectively. Changing the temperature from 10°C to 15°C and from anaerobic to aerobic conditions, CO₂ production rate increased approximately 9 times (404.41 mMol t⁻¹ day⁻¹) whilst CH₄ production stopped. Measurement of aerobic condition, gas production in peat slurry showed CO₂ production rate increased 40 times (7,841.85 mMol t⁻¹ day⁻¹).

Keywords: *Ex-situ*, peat soil, temperature, aerobic, anaerobic, CH₄, CO₂

Ngày nhận bài: 23/9/2018

Ngày phản biện: 13/10/2018

Người phản biện: PGS.TS. Mai Xuân Trịnh

Ngày duyệt đăng: 10/12/2018