



ẢNH HƯỞNG CỦA THAN TRẤU VÀ THAN TRE ĐẾN SỰ PHÁT THẢI KHÍ CH₄ VÀ N₂O TỪ ĐẤT PHÙ SA TRONG ĐIỀU KIỆN PHÒNG THÍ NGHIỆM

Trần Sỹ Nam¹, Hồ Minh Nhật¹, Nguyễn Ngọc Bảo Trâm¹, Lê Ngọc Quế Thanh¹,
Hồ Vũ Khanh^{2*}

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ, Việt Nam

²Khoa Tài nguyên – Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang, Kiên Giang, Việt Nam

Tóm tắt. Sử dụng biochar là một giải pháp tiềm năng để giảm phát thải khí nhà kính. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá và so sánh hiệu quả của than trấu và than tre để giảm phát thải CH₄ và N₂O trên đất phù sa trong hai điều kiện: ngập nước liên tục và ngập khô xen kẽ. Nghiên cứu gồm hai thí nghiệm: (i) đất phù sa trồng lúa ngập nước hoàn toàn; (ii) đất phù sa trồng lúa có ẩm độ 90%. Mỗi thí nghiệm được bố trí gồm bảy nghiệm thức với hai loại than (i) than trấu và (ii) than tre với ba mức than bổ sung 0,1, 0,2 và 0,5% và đối chứng (không bón than). Trong điều kiện ngập nước liên tục, phát thải CH₄ là quá trình phát thải chính và ngược lại trong điều kiện đất có ẩm độ 90% thì N₂O phát thải chính. Bón than trấu với tỷ lệ 0,2 và 0,5% cho hiệu quả giảm phát thải CH₄ 27,66–45,19% so với đối chứng ($p < 0,05$). Bón than trấu giúp giảm tổng lượng phát thải N₂O 5,9–9,6 lần và bón than tre giảm 4,1–5,9 lần so với đối chứng ($p < 0,05$). Bón than trấu với mức 0,5% cho hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính CO₂eq tốt nhất, thấp hơn 8,9 lần so với đối chứng và thấp hơn 50,3% so với than tre trong cùng tỷ lệ.

Từ khoá: đất phù sa, phát thải CH₄, phát thải N₂O, than trấu, than tre

Effect of rice husk and bamboo biochar on CH₄ and N₂O emission from alluvial paddy soil under laboratory conditions

Tran Sy Nam¹, Ho Minh Nhat¹, Nguyen Ngoc Bao Tram¹, Le Ngoc Que Thanh¹,
Ho Vu Khanh^{2*}

¹College of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

²Faculty of Natural Resources – Environment, Kien Giang University, Kien Giang, Vietnam

Abstract. Using biochar is a potential solution to reduce greenhouse gas emissions. This study was conducted to evaluate and compare CH₄ and N₂O emissions from paddy soil supplemented with rice husk biochar and bamboo biochar under two conditions: continuous flooding and alternating drying and wetting with a moisture of 90%. Each

* Tác giả liên hệ: hvkhanh@vnkgu.edu.vn

experiment was set up with seven treatments consisting of rice husk biochar and bamboo biochar at a portion of 0.1, 0.2, 0.5%, and a control (without biochar). In continuous flooding soil, CH₄ emission was the primary process, and in 90% moisture paddy soil, N₂O was the main emission. When rice husk biochar was amended at the rate of 0.2 and 0.5%, the total CH₄ emissions were reduced by 27.66–45.19% compared with the control treatment ($p < 0.05$). Using rice husk biochar reduced total N₂O emissions by 5.9–9.6 times while applying bamboo biochar reduced 4.1–5.9 times compared with the control treatment ($p < 0.05$). The supplement of rice husk biochar at 0.5% provided the highest efficiency of greenhouse gas emission was reduced at 8.9 times lower than the control and 50.3% lower than bamboo biochar at the same rate.

Keywords: alluvial paddy soil, CH₄ emission, N₂O emission, rice husk biochar, bamboo biochar

1 Giới thiệu

Tổng lượng phát thải CH₄ ở Việt Nam từ hoạt động trồng lúa là 37,43 triệu tấn/năm, chiếm 58% lượng CH₄ từ hoạt động nông nghiệp và xếp thứ 11 trên thế giới [1]. N₂O phát thải vào khí quyển khoảng 8,57–22,7 triệu tấn/năm và vẫn tiếp tục tăng 0,25%/năm [2]. Một lượng lớn khí CH₄ và N₂O từ đồng ruộng sinh ra do nhóm vi sinh vật (VSV) methanogenic phân huỷ chất hữu cơ [3], các hoạt động như bón phân hoá học, bón phân có N đã sinh ra đến 1,7 triệu tấn N₂O/năm [4]. Vì vậy, giảm phát thải CH₄ và N₂O từ ruộng lúa đóng vai trò quan trọng trong việc giảm sự ấm lên toàn cầu và ứng phó với biến đổi khí hậu.

Đồng bằng sông Cửu Long có sản lượng lúa hàng năm 23,8 triệu tấn [5] và lượng trấu sinh ra ước tính bằng 20% lượng lúa sau xay xát gạo [6]. Bên cạnh sự dồi dào và sẵn có của trấu, tre cũng là một loài cây nhiệt đới có diện tích trồng hơn 1,2 triệu hecta ở miền Bắc và miền Nam Việt Nam và được khai thác xấp xỉ 7 triệu tấn/năm, với năng suất trung bình 13 tấn/ha [7]. Tre là một loại cây có khả năng tái sinh cao từ 10 đến 30% sau khi thu hoạch, nên có thể thu hoạch chọn lọc và tái sinh tự nhiên; không cần trồng mới. Đây là những nguồn nguyên liệu dồi dào, có thể dùng để sản xuất biochar với lượng lớn để bổ sung cho đất. Tận dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp này là giải pháp tích cực vừa tăng hiệu quả quản lý tài nguyên, vừa cải thiện môi trường. Biochar được tạo ra từ sinh khối thực vật khi nhiệt phân ở nhiệt độ cao trong điều kiện không có hoặc thiếu oxy [8]. Khi bổ sung vào đất, biochar có tính bền cao chống lại sự phân huỷ [9]. Bổ sung biochar vào đất giúp giữ carbon và giảm sự phát thải khí nhà kính. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng biochar có thể đóng vai trò chính trong việc giảm phát thải khí nhà kính từ ruộng lúa [10, 11]. Theo Liu và cs. [12], ứng dụng biochar từ tre và rom rạ ở mức 1,5–2% làm giảm lượng CH₄ 51,1–91,2% ở điều kiện phòng thí nghiệm. Ngược lại, Zhang và cs. [13] cho rằng bổ sung biochar vào ruộng lúa, mặc dù làm giảm tổng lượng phát thải CO_{2eq}, nhưng làm tăng sự phát thải CH₄. Nhiều nghiên cứu cho rằng CH₄ phát thải không chỉ phụ thuộc vào đặc điểm hoá học của biochar mà còn phụ thuộc vào tính chất đất, quần thể VSV, phân bón và hình thức quản lý nước [14]. Biochar tác động lên sự phát thải N₂O thông qua các

cơ chế phức tạp. Biochar có khả năng tác động lên quần thể VSV nitrate hoá, làm tăng quá trình cố định N do biochar là một loại vật liệu có tỷ lệ C/N cao. Biochar còn làm tăng sự thoáng khí, qua đó giảm phát thải N₂O [15].

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu đánh giá hiệu quả của than sinh học từ trấu và tre để làm giảm phát thải CH₄ và N₂O trong điều kiện phòng thí nghiệm để làm cơ sở sản xuất thử nghiệm và áp dụng trong điều kiện thực tế.

2 Phương pháp

2.1 Đặc điểm đất thí nghiệm

Đất được thu ở tầng 0–10 cm trên ruộng lúa tại phường Thới An Đông, quận Bình Thủy, Tp. Cần Thơ (10°04'26,6"N; 105°40'59,5"E), thuộc loại đất phù sa có tính phèn nhẹ (Thionic Gleysols) theo hệ thống phân loại của WRB/FAO [16].

Đất sau khi thu về từ ruộng được trộn đều, phơi khô (ở nhiệt độ phòng) và nghiền qua rây 2 mm. Đặc tính lý hoá đất được phân tích gồm pH và độ dẫn điện (EC). Đất được ly trích theo tỷ lệ 1:5; tổng đạm (TN) được xác định theo Kjeldahl; chất hữu cơ được xác định theo Walkley-Black.

2.2 Đặc điểm than thí nghiệm

Nghiên cứu sử dụng biochar tạo từ hai loại nguyên liệu: vỏ trấu và thân tre, tương tự nghiên cứu của Nguyễn Khoa Nam và cs. [17].

– Than tre (BB): Tre sử dụng để hầm than trong thí nghiệm thuộc loại Tre gai (*Bambusa bambos* (L.) Voss). Thân tre được cắt thành đoạn dài 30–40 cm; sau đó được đưa vào lò hầm than của người dân địa phương ở huyện Châu Thành – tỉnh Hậu Giang. Lò "hầm than" được bịt kín để quá trình tạo than xảy ra trong điều kiện yếm khí. Nhiệt độ nhiệt phân trong lò dao động từ 350 đến 420 °C; than được hầm trong 32 ngày.

– Than trấu (RB): Nguyên liệu vỏ trấu được thu tại nhà máy xay xát rồi sử dụng kỹ thuật tạo than sinh học từ trấu của Trường Đại học Nông nghiệp và Công nghệ Tokyo (TUAT) (Huyện Mỹ Khánh, Tp. Cần Thơ). Nhiệt độ nhiệt phân dao động từ 400 đến 440 °C; than được hầm trong ba giờ.

Hai loại biochar sau khi nhiệt phân được xác định pH và EC (ly trích bằng nước với tỷ lệ 1:10) [18]; ẩm độ được xác định ở 105 °C; hàm lượng cacbon được xác định ở 550 °C; TN được phân tích theo phương pháp Kjeldahl; độ rỗng (SEM) được xác định bằng kính hiển vi điện tử Hitachi TM-1000 (Nhật).

2.3 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện in vitro, tại Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Sử dụng than trấu và than tre với hai điều kiện thí nghiệm khác nhau: (1) đất ngập nước hoàn toàn; (2) đất được điều chỉnh về ẩm độ 90%. Bố trí và thu mẫu được thực hiện trong chai thủy tinh 300 mL (Schott, Đức). Mỗi thí nghiệm gồm có bảy nghiệm thức và được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên. Mỗi loại than sử dụng trong thí nghiệm có ba tỷ lệ áp dụng là 0,1, 0,2 và 0,5% và nghiệm thức đối chứng (không bổ sung than).

Thí nghiệm 1: Đánh giá và so sánh hiệu quả giảm phát thải khí CH₄ từ đất lúa trong điều kiện ngập nước

Quy trình chuẩn bị thí nghiệm, bố trí và theo dõi phát thải khí được thực hiện như sau:

Bước 1: Cân lần lượt than trấu và than tre của từng nghiệm thức và cho vào các chai thủy tinh đã rửa sạch (chi tiết khối lượng than được mô tả ở Bảng 1).

Bước 2: Cân 81 g đất khô (dung trọng: 0,81 g/cm³) đã nghiền qua rây 2 mm và cho vào chai thí nghiệm đã có sẵn than bổ sung trước đó.

Bước 3: Cho 150 mL nước cất vào chai và trộn đều.

Bước 4: Đậy nắp chai thủy tinh và giữ ổn định ở 30 °C (theo Inubushi và cs. [19] hoạt động tốt nhất, thuận lợi cho sự sinh khí CH₄).

Tiến hành theo dõi và thu mẫu khí sinh ra vào các thời điểm: 1, 5, 7, 10, 14 và 21 ngày sau khi bắt đầu thí nghiệm.

Bảng 1. Các nghiệm thức trong thí nghiệm 1

Ký hiệu	Nghiệm thức	KL đất (g)	KL than (g)	V nước (mL)	KL phân đạm (g)
NTĐC	Đối chứng (không bổ sung than)	81	0	150	0
RB1	Than trấu 0,1%	81	0,081	150	0
RB2	Than trấu 0,2%	81	0,162	150	0
RB5	Than trấu 0,5%	81	0,405	150	0
BB1	Than tre 0,1%	81	0,081	150	0
BB2	Than tre 0,2%	81	0,162	150	0
BB5	Than tre 0,5%	81	0,405	150	0

Thí nghiệm 2: Đánh giá và so sánh hiệu quả giảm phát thải khí N₂O từ đất lúa trong điều kiện ẩm độ 90% (tương ứng với ruộng rút cạn nước)

Quy trình chuẩn bị chai ủ, bố trí và theo dõi phát thải khí được thực hiện như sau:

Bước 1: Cân lần lượt than trấu và than tre của từng nghiệm thức và cho vào các chai thủy tinh đã rửa sạch (chi tiết khối lượng than được mô tả ở Bảng 2).

Bước 2: Cân 45 g đất khô đã nghiền qua rây 2 mm và cho vào chai ủ đã bổ sung than.

Bước 3: Cho nước cất vào chai và trộn đều. Lượng nước cất được thêm vào từng chai ủ được tính toán và điều chỉnh theo công thức (1)

Bước 4: Cân 0,125 g phân urea (tương ứng với 150 kgN/ha) theo tập quán canh tác của nông dân [20] và cho đều vào mỗi chai.

Bước 5: Đậy các nắp chai thủy tinh và giữ ổn định 30 °C.

Tiến hành theo dõi và thu mẫu khí sinh ra vào các thời điểm 1, 5, 7 và 10 ngày sau khi bắt đầu thí nghiệm.

$$WFPS(\%) = \frac{GWC \times BD}{1 - \frac{BD}{2,65}} \quad [21] \quad (1)$$

trong đó BD là dung trọng của đất (g/cm³); GWC là hàm lượng nước chứa đựng (%); 2,65 là tỷ trọng giả định của đất (g/cm³).

Bảng 2. Các nghiệm thức trong thí nghiệm 2

Ký hiệu	Nghiệm thức	KL đất (g)	KL than (g)	V nước (mL)	KL phân đạm (g)
NTĐC	Đối chứng (không bổ sung than)	45	0	35	0,125
RB1	Than trấu 0,1%	45	0,045	35	0,125
RB2	Than trấu 0,2%	45	0,090	35	0,125
RB5	Than trấu 0,5%	45	0,225	35	0,125
BB1	Than tre 0,1%	45	0,045	35	0,125
BB2	Than tre 0,2%	45	0,09	35	0,125
BB5	Than tre 0,5%	45	0,225	35	0,125

Mẫu khí được thu theo Yoo and Kang [22] và Troy và cs. [23] với trình tự thực hiện như sau. Chai thu mẫu được mở thoáng khí năm phút trước khi thu mẫu; thổi khí nhẹ 0,5–1 phút để loại bỏ các khí tích lũy trong chai thí nghiệm; đậy kín chai bằng nút cao su; dùng tiêm kín khí 20 mL trộn đều không khí bên trong chai; hút 20 mL khí đầu tiên để làm sạch tiêm kín khí sau đó mới tiến hành thu mẫu. Mẫu khí được thu ở ba thời điểm 0, 30, 60 phút và sau đó chuyển vào vial kín khí (14 mL) đã được hút chân không trước đó.

2.4 Phân tích và tính toán lượng phát thải

Nồng độ CH₄ và N₂O trong các mẫu khí được thu vào các thời điểm 0, 30, 60 phút được xác định bằng máy sắc ký khí Shimadzu (GC-2014, Japan) sử dụng đầu dò FID (L × O.D × I.D: 4,57 m × 3,1 mm × 2,1 mm); tốc độ dòng 30 mL/phút.

Tốc độ phát thải CH₄ được tính theo công thức Parkin và cs. [24]:

$$F_{CH_4} = \frac{dC}{dt} \times \frac{MW \times V \times 60 \times 24}{m \times (0,08206 \times (273 + t^{\circ}C))} \quad (\text{mg/kg/ngày}) \quad (2)$$

trong đó t là nhiệt độ không khí ủ (°C); MW là phân tử lượng của CH₄ ($MW = 16$); m là khối lượng đất sử dụng để ủ (g); $\frac{dC}{dt}$ là tốc độ gia tăng nồng độ khí CH₄ (mg/kg); V là tổng thể tích phần không khí không chứa khí CH₄ sinh ra trong chai ủ (mL).

Tổng lượng phát thải CH₄ và N₂O qua các ngày được tính dựa vào công thức của Mai Văn Trịnh và cs. [25], như sau:

$$\bar{F} = (n_2 - n_1) * \left(\frac{F_{n1} + F_{n2}}{2}\right) + (n_3 - n_2) * \left(\frac{F_{n2} + F_{n3}}{2}\right) + \dots + (n_c - n_x) * \left(\frac{F_{nx} + F_{nc}}{2}\right) \quad (\text{mg/kg}) \quad (3)$$

trong đó n_1, n_2, n_3 là ngày lấy mẫu thứ 1, 2, 3 và n_x là ngày lấy mẫu thứ x ; n_c là ngày lấy mẫu cuối cùng và $F_{n1}, F_{n2}, F_{n3}, \dots, F_n$ là lượng phát thải trung bình của khí CH₄ và N₂O (mg/kg/ngày) ứng với các ngày lấy mẫu $n_1, n_2, n_3, \dots, n_x$ và n_c .

Khí CH₄ và N₂O phát thải tích lũy được qui đổi theo lượng CO₂ tương đương (CO₂eq), theo công thức sau:

$$1 \text{ g CH}_4 = 25 \text{ g CO}_2 \text{ [26].}$$

$$1 \text{ g N}_2\text{O} = 298 \text{ g CO}_2 \text{ [26].}$$

$$F_{CO_2eq} = F_{CH_4} + F_{N_2O} \quad (\text{mg CO}_2\text{eq/kg}). \quad (4)$$

2.5 Xử lý số liệu thống kê

Phân tích phương sai (ANOVA, Duncan, $\alpha = 5\%$) để đánh giá mức độ khác biệt giữa loại than và tỷ lệ than bổ sung.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Đặc điểm đất và biochar trong thí nghiệm

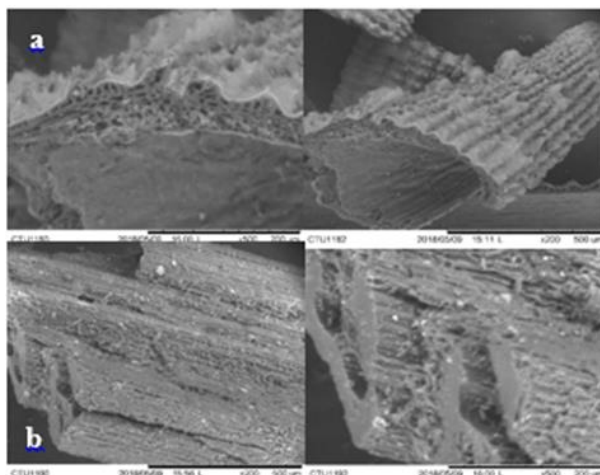
Kết quả ở Bảng 3 cho thấy đất phù sa sử dụng trong thí nghiệm có dung trọng 0,81 g/cm³ với độ xốp cao, thuộc nhóm đất có hàm lượng C 4,85% (nhóm đất giàu hữu cơ); TN 0,21% ở mức trung bình; pH ở mức chua ít 5,85–6,05 và EC 0,25–0,27 mS/cm. Ngoài ra, than trấu có pH

9,4, EC 1,6 mS/cm, TN 0,45 %, C/N 135. Than tre có pH 8,3, EC 0,28 mS/cm, TN 0,56 g/kg và C/N 145. Tính chất của than sau khi hầm cho các đặc tính pH, EC cao hơn và hàm lượng C và N tương đương với nghiên cứu của Huỳnh Phan Khánh Bình và Trương Thị Nga [27] khi sử dụng cùng phương pháp nhiệt phân. Kết quả này tương đương với biochar tạo thành bằng phương pháp nhiệt phân chậm ở 500 °C của Nguyen và cs. [28] (ngoại trừ hàm lượng C). Than trấu và than tre với ưu điểm có diện tích bề mặt lớn, pH, EC và hàm lượng C cao, là điều kiện phù hợp để cải thiện chất lượng đất như tăng pH, EC và TN kết hợp với việc nhiệt phân yếm khí ở nhiệt độ cao tạo nhiều lỗ rỗng trong biochar (Hình 1) là một lợi thế cho sự hấp phụ và tạo điều kiện cư trú cho một số loài VSV trong đất (như methanotrops), tránh khỏi các loài săn mồi như nấm hoặc VSV lớn hơn [29, 30].

Bảng 3. Đặc tính đất và biochar sử dụng trong thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đất	RB	BB
pH	5,95 ± 0,1	9,4 ± 0,03	8,3 ± 0,01
EC (mS/cm)	0,26 ± 0,1	1,6 ± 0,03	0,28 ± 0,1
Hàm lượng C (%)	4,85 ± 0,2	61 ± 3,2	81,2 ± 1,4
TN (%)	0,21 ± 0,02	0,45 ± 0,01	0,56 ± 0,03
C/N	23,2 ± 1,3	135 ± 4,1	145 ± 5,3
Ẩm độ (%)	–	6,2 ± 0,1	6,8 ± 0,1
Dung trọng (g/cm ³)	0,81 ± 0,01	–	–

(TB ± SD, n = 3)

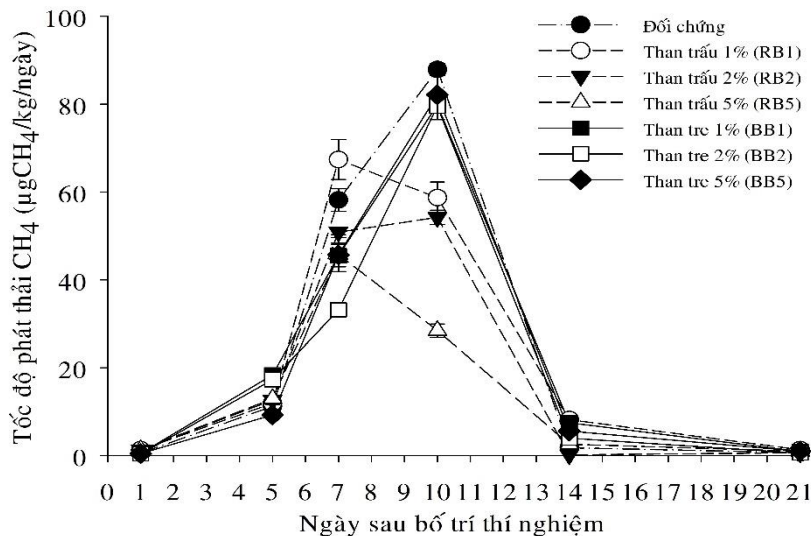


Hình 1. a) Ảnh SEM biochar trấu ở x500 và x200; b) biochar tre x200 và x500 trong thí nghiệm

3.2 Ảnh hưởng của bổ sung than trấu và than tre đến phát thải CH₄

Kết quả Hình 2 cho thấy tốc độ phát thải CH₄ của các nghiệm thức RB1, RB2 và RB5 có giá trị dao động lần lượt là 1,29–67,4, 0,61–54,3 và 0,96–45,9 μgCH₄/kg/ngày. Các nghiệm thức

BB1, BB2 và BB5 có tốc độ phát thải khí CH₄ lần lượt là 0,48–79,8 , 0,32–79,5 và 0,44–82,1 µgCH₄/kg/ngày. Trong khi đó, nghiệm thức đối chứng có CH₄ phát thải 0,529–87,9 µgCH₄/kg/ngày (trung bình 26,7 µgCH₄/kg/ngày). CH₄ phát thải cao vào thời điểm 7 và 10 ngày sau bố trí và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức có bổ sung biochar ($p < 0,05$), nhưng không khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức khác tại các thời điểm còn lại ($p > 0,05$).



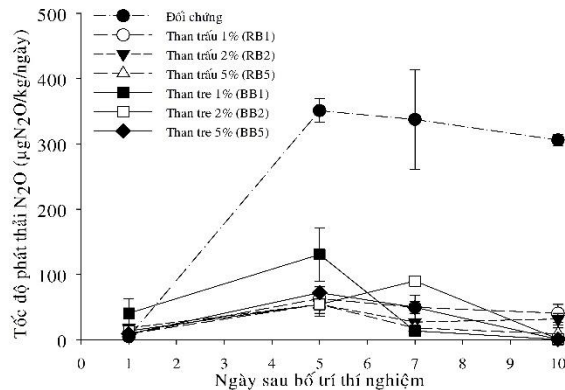
Hình 2. Tốc độ phát thải CH₄ hàng ngày ($TB \pm SD$, $n = 3$)

Trong điều kiện đất bị ngập nước hoàn toàn và liên tục trong 21 ngày của thí nghiệm, xu hướng phát thải khí CH₄ có thể chia làm ba giai đoạn chính. Giai đoạn 1: 1–5 ngày sau bố trí là giai đoạn hình thành điều kiện thích hợp cho sự sinh khí CH₄; giai đoạn 2: 5–14 ngày sau bố trí là giai đoạn phát thải CH₄ cực đại; giai đoạn 3: 14–21 ngày sau bố trí là giai đoạn CH₄ phát thải thấp (Hình 2). CH₄ phát thải nhanh và nhiều vào thời gian từ 7 đến 10 ngày sau bố trí là do sau khi đất được giữ ngập nước liên tục trong một tuần, oxy trong đất và nước đã bị các VSV sử dụng hết. Sự bổ sung oxy từ môi trường vào do khuếch tán bị ảnh hưởng bởi lớp nước mặt trên đất [18, 22]. Sự thiếu hụt oxy dẫn đến môi trường yếm khí mạnh trong đất (Eh nhỏ hơn -180 mV), thúc đẩy nhóm VSV methanogenic phân giải hữu cơ sinh CH₄ phát triển mạnh. Sự phát triển nhanh và mạnh của VSV sinh CH₄ đã phân hủy nhanh chất hữu cơ có sẵn trong đất dẫn đến CH₄ được sinh ra một lượng lớn trong thời gian này [31]. CH₄ sinh ra thấp ở ngày 1 đến 5 ngày sau bố trí do vào giai đoạn đầu thí nghiệm, môi trường đất còn giàu oxy, nên methanogenic chưa phát triển mạnh [22]. Sau khoảng thời gian phát thải mạnh từ 7 đến 10 ngày sau bố trí, nguồn chất hữu cơ giảm đi và không có sự bổ sung thêm các nguồn carbon như rơm trong thí nghiệm [12] nên dẫn đến thiếu cơ chất để VSV sinh metan làm thức ăn tiếp tục quá trình phân hữu cơ sinh CH₄. Do đó, sự phát thải giảm dần và ở 21 ngày sau bố trí thì quá trình

sinh khí CH_4 gần như ngừng lại, khi lượng phát thải thấp dưới ngưỡng phát hiện của phương pháp đo.

3.3 Ảnh hưởng của bổ sung than trâu và than tre đến sự phát thải N_2O

Trong điều kiện đất có ẩm độ 90%, trong mười ngày thí nghiệm, nghiệm thức đối chứng có phát thải N_2O cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức được bổ sung than trâu và than tre, với tốc độ phát thải 4,5–351 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$ (trung bình 249,8 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$). Tốc độ phát thải N_2O 0,3–130,5 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$ (trung bình 46,2 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$). Nghiệm thức BB1 có tốc độ phát thải cao thứ hai sau nghiệm thức đối chứng. Các nghiệm thức RB1, RB2, RB5, BB2 và BB5 có tốc độ phát thải thấp hơn. Lượng phát thải lần lượt là 9,0–63, 18,0–54, 9–54, 1–90 và 0,6–72 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$ (tốc độ phát thải trung bình 22,5–40,5 $\mu\text{gN}_2\text{O}/\text{kg}/\text{ngày}$) (Hình 3).



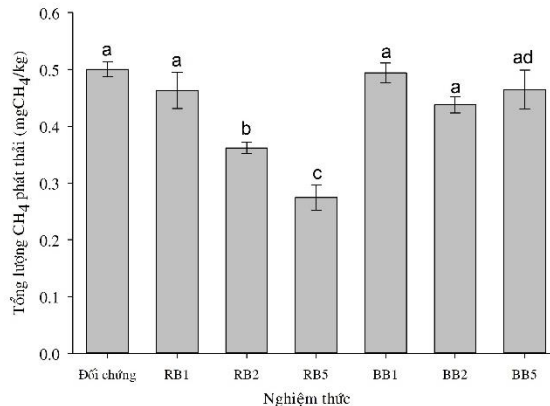
Hình 3. Tốc độ phát thải N_2O hằng ngày ($TB \pm SD$, $n = 3$)

Kết quả Hình 3 cho thấy sau khi bón phân đạm vào đất, N_2O bắt đầu sinh ra nhiều nhất vào ngày 5 và 7 ngày sau bố trí. Ở thời điểm N_2O phát thải nhiều nhất, nghiệm thức đối chứng có tốc độ phát thải cao hơn 2,7 lần so với BB1 và 4,9–6,5 lần khi so với các nghiệm thức RB1, RB2, RB5, BB2 và BB5, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Trong khi đó, tốc độ phát thải N_2O giữa các nghiệm thức bổ sung than trâu và than tre khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), trừ thời điểm 5 ngày sau bố trí của nghiệm thức BB1 có phát thải cao so với các nghiệm thức bổ sung biochar còn lại ($p < 0,05$). Kết quả thí nghiệm về sự sinh khí N_2O trong thí nghiệm tương đồng với nghiên cứu của Nguyen và cs. [21] khi đất ủ yếm khí trong điều kiện ẩm độ 90% thì N_2O bắt đầu phát thải sau ba giờ bố trí và phát thải cao nhất vào thời điểm 5 ngày sau bố trí và bắt đầu từ 7 ngày sau bố trí khí N_2O giảm dần sau đó. Ngoài ra, xu hướng phát thải của nghiên cứu tương tự nghiên cứu của Nguyễn Văn Sinh [29] và Wang và cs. [18]. N_2O chỉ tập trung phát thải vào 5–7 ngày sau bố trí. N_2O được tạo ra trong cả môi trường hiếu khí (nitrate hoá) và yếm khí (khử nitrate) [32]. Sự cung cấp O_2 đóng vai trò quan trọng cho quá trình phát thải N_2O [32]. Tỷ lệ khử nitrate cũng chịu ảnh hưởng từ nồng độ N vô cơ và sự có mặt của C dễ hoà tan trong đất [32]. Việc bổ sung thêm phân đạm trong thí nghiệm đã làm tăng

nồng độ N vô cơ trong đất và đất lại không bị ngập nước hoàn toàn nên vẫn còn có sự có mặt của O_2 trong đất ở các ngày đầu sau bố trí đã kích thích cùng lúc hai quá trình sinh N_2O xảy ra, nên làm lượng N_2O phát thải cao.

3.4 Tổng lượng phát thải khí nhà kính (CO_{2eq})

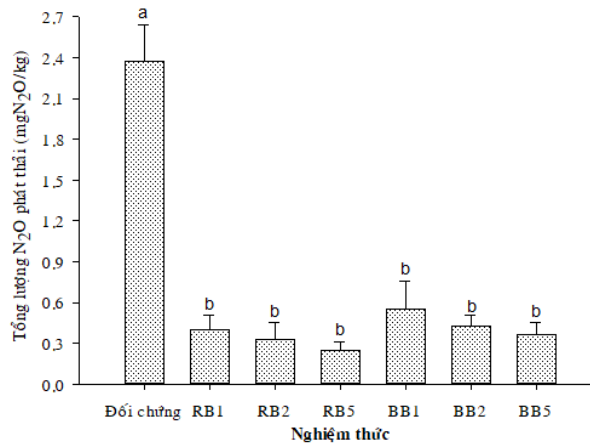
Trong điều kiện đất ngập nước liên tục, tổng lượng phát thải khí CH_4 của nghiệm thức đối chứng là cao nhất (0,50 mg CH_4 /kg), khác biệt có ý nghĩa với nghiệm thức có bổ sung biochar ($p < 0,05$), trừ nghiệm thức RB1, BB1 với tốc độ phát thải là 0,46 và 0,49 mg CH_4 /kg ($p > 0,05$) (Hình 4). Tổng lượng phát thải CH_4 của nghiệm thức bổ sung biochar trấu với tỷ lệ 0,2% (RB2) và 0,5% (RB5) có giá trị là 0,36 và 0,27 mg CH_4 /kg, giảm 27,7 và 45,2% so với đối chứng ($p < 0,05$). Trong khi đó, tổng lượng CH_4 của nghiệm thức bổ sung than tre 0,2% (BB2) và 0,5% (BB5) giảm 12,5 và 7,1% so với đối chứng ($p > 0,05$). Kết quả Hình 4 cũng cho thấy việc bổ sung than trấu ở mức 0,5% cho kết quả tốt nhất, khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$).



Hình 4. Tổng lượng CH_4 phát thải

Ghi chú: Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%, ($TB \pm SD$, $n = 3$)

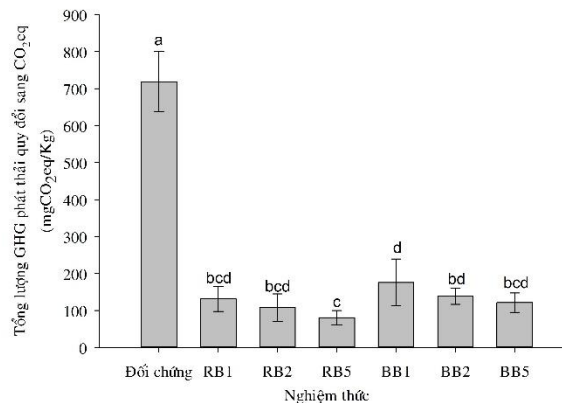
Trong điều kiện đất có ẩm độ 90%, tổng lượng phát thải N_2O sau 10 ngày bố trí thí nghiệm là cao nhất (2,37 mg N_2O /kg, nghiệm thức đối chứng) (Hình 5). Các nghiệm thức bổ sung than trấu RB1, RB2 và RB5 có tổng lượng N_2O phát thải là 0,4, 0,33 và 0,25 mg N_2O /kg thấp hơn 5,9, 7,2 và 9,6 lần so với đối chứng và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). So với than trấu, than tre có hiệu quả giảm phát thải N_2O thấp hơn, nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Các nghiệm thức BB1, BB2 và BB5 có tổng lượng N_2O phát thải 0,55, 0,43 và 0,37 mg N_2O /kg, thấp hơn 4,3, 5,5 và 6,4 lần so với đối chứng ($p < 0,05$).



Hình 5. Tổng lượng N₂O phát thải

Ghi chú: Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%, (TB ± SD, n = 3)

Tổng lượng phát thải khí nhà kính quy đổi sang CO₂ tương đương (CO₂eq) (Hình 6) cho thấy nghiệm thức đối chứng phát thải cao nhất với lượng trung bình là 718,5 mg CO₂eq/kg, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với RB1, RB2, RB5, BB1, BB2 và BB5 có tổng lượng phát thải CO₂eq trung bình lần lượt là 130,9, 107,6, 80,6, 175,4, 138,8 và 121,2 mg CO₂eq/kg. Bổ sung than trấu vào đất giúp giảm phát thải khí nhà kính 5,5–8,9 lần so với không bổ sung than. Bổ sung than tre cũng giúp giảm sự phát thải khí nhà kính 4,1–5,9 lần. Bổ sung than trấu với tỷ lệ 0,5% có hiệu quả giảm tổng lượng phát thải CO₂eq tốt nhất, nhưng không có sự khác biệt với các nghiệm thức RB1, RB2 và BB5 ($p > 0,05$) và có hiệu quả tốt hơn bổ sung than tre ở tỷ lệ 0,1 và 0,2% và khác biệt có ý nghĩa thống kê với nghiệm thức BB1 và BB2.



Hình 6. Tổng lượng khí nhà kính phát thải (tính theo CO₂eq)

Ghi chú: Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%, (TB ± SD, n = 3)

Như vậy, kết quả thí nghiệm cho thấy cả hai loại than đều có khả năng giảm phát thải CH_4 và N_2O trên đất phù sa tùy thuộc vào từng điều kiện của đất. Bổ sung than trấu và than tre làm giảm lượng CH_4 phát thải trong đất có thể do: (i) than có pH cao nên khi bổ sung vào đất giúp điều chỉnh pH, làm pH trong môi trường ủ tăng cao làm ức chế sự phát triển của VSV sinh metan [8]; (ii) vật liệu vỏ trấu và tre sau nhiệt phân thành biochar hình thành nhiều lỗ nhỏ, giúp tạo không gian trống để VSV tiêu thụ metan methanotrophs phát triển [12]; (iii) than sau khi nhiệt phân có nhiều lỗ rỗng có khả năng hấp phụ giữ lại C, tương tự như tính chất của biochar trong các nghiên cứu của Lehmann and Joseph [30], Liu và cs. [12] và Feng và cs. [3]. Tương tự, hiệu quả giảm phát thải N_2O của các nghiệm thức bổ sung than, ngoài nguyên nhân do than có tính hấp phụ, còn có thể do đất có tính chua (thuộc nhóm đất phù sa có phèn nhẹ), nên bón than (có tính kiềm) sẽ tăng pH và ảnh hưởng nhiều đến phát thải [33]. Khả năng giảm phát thải N_2O còn có thể đến từ việc bổ sung than làm tăng mật độ của nhóm VSV khử nitrate *Pseudomonas Stutzeri* và giúp tăng mật độ VSV giảm sinh N_2O *Pedobacter Saltans* [34].

Bảng 4. Tổng lượng phát thải CH_4 , N_2O và khí nhà kính (CO_2eq) (đơn vị: mg/kg)

Nghiệm thức	Tổng lượng CH_4	Tổng lượng N_2O	Tổng lượng CO_2eq
Đối chứng (không bổ sung than)	0,50 ± 0,01a	2,37 ± 0,27a	718,5 ± 81,5a
Than trấu 0,1% (RB1)	0,46 ± 0,03a	0,40 ± 0,11b	130,9 ± 33,7bcd
Than trấu 0,2% (RB2)	0,36 ± 0,01b	0,33 ± 0,12b	107,6 ± 37,1bcd
Than trấu 0,5% (RB5)	0,27 ± 0,02c	0,25 ± 0,06b	80,6 ± 19,3c
Than tre 0,1% (BB1)	0,49 ± 0,01a	0,55 ± 0,21b	175,4 ± 63,5d
Than tre 0,2% (BB2)	0,44 ± 0,01a	0,43 ± 0,07b	138,8 ± 22,3bd
Than tre 0,5% (BB5)	0,46 ± 0,03a	0,37 ± 0,09b	121,2 ± 26,4bcd

Ghi chú: Trong một cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%, (TB ± SD, $n = 3$)

4 Kết luận và kiến nghị

Trong điều kiện ngập nước liên tục, phát thải CH_4 là quá trình phát thải chính. Ngược lại, khi đất khô hơn (ẩm độ từ 90%) thì phát thải N_2O là quá trình phát thải chính trong điều kiện phòng thí nghiệm. Hiệu quả giảm phát thải CH_4 của than trấu là 27,7–45,2% và của than tre là 7,1–12,5% so với đối chứng. Bổ sung than trấu cho hiệu quả giảm phát thải N_2O 5,9–9,6 lần và giảm 4,3–6,4 lần khi bổ sung than tre. Tổng lượng phát thải CO_2eq ở các nghiệm thức bổ sung than trấu thấp hơn 5,5–8,9 lần và bổ sung than tre thấp hơn 4,1–5,9 lần so với đất không bổ sung than. Bổ sung than trấu ở mức 0,5% có hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính tốt nhất. Cần thực hiện thêm các nghiên cứu theo dõi quá trình phân hủy biochar trong đất, quần thể VSV chuyển

hoá CH₄ và N₂O trong điều kiện đất có trồng lúa để làm rõ hơn cơ chế giảm phát thải khí nhà kính của việc bổ sung biochar.

Thông tin tài trợ

Nghiên cứu này được Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản tài trợ.

Tài liệu tham khảo

1. MONRE (2010), *Viet Nam's second national communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Ha Noi.
2. WMO (2011), The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2010, *World Meteorological Organization Greenhouse Gas Bulletin*, 7, 1 – 4.
3. Feng, Y., Xu, Y., Yu, Y., Xie, Z., and Lin, X. (2012), Mechanisms of biochar decreasing methane emission from Chinese paddy soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 80 – 88.
4. Ussiri, D., and Lal, R. (2013), *Soil emission of nitrous oxide and its mitigation*, Springer.
5. Tổng cục thống kê (2020), *Niên giám thống kê 2020*, Nhà xuất bản thống kê, Hà Nội.
6. Chungsangusist, T., Gheewala, S. H., and Patumsawad, S. (2009), Emission assessment of rice husk Combustion for power production, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2(4), 185 – 190.
7. NL Agency (2012), *Biomass business opportunities Viet Nam*, Netherlands Programmes Sustainable, https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Biomass_Opportunities_Viet_Nam.pdf.
8. Lehmann, J. (2007), A handful of carbon, *Nature*, 447, 143 – 144.
9. Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizão, F. J., Petersen, J., and Neves, E. G. (2006), Black carbon increases cation exchange capacity in soils, *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1719 – 1730.
10. Spokas, K. A., and Reicosky, D. C. (2009), Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production, *Annals of Environmental Science*, 3, 179 – 193.
11. Karhu, K., Mattila, T., Bergstrom, I., and Regina, K. (2011), Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – results from a short-term pilot field study, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 140, 309 – 313.
12. Liu, Y., Yang, M., Wu, Y., Wang, H., Chen, Y., and Wu, W. (2011), Reducing CH₄ and CO₂ emission from waterlogged paddy soil with biochar, *Journal of Soils and Sediments*, 11, 930 – 939.
13. Zhang, A., Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., Zheng, J., and Crowley, D. (2010), Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139(4), 469 – 475.
14. Zwieten, V. L., Kimber, S., Morris, S., Downie, A., Berger, E., Rust, J., and Scheer, C. (2010), Influence of biochars on flux of N₂O and CO₂ from Ferrosol, *Australian Journal of Soil Research*, 48(7), 555 – 568.

15. Yanai, Y., Toyota, K., and Okazaki, M. (2007), Effects of charcoal addition on N₂O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments, *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2): 181 – 188.
16. FAO (2006), *Guidelines for soil description*, Food and agriculture organization of the United Nations Rome.
17. Nguyễn Khoa Nam, Nguyễn Hữu Chiếm và Nguyễn Văn Công (2018), Sử dụng than trầm, than tre, than trấu và than hoạt tính gáo dừa làm giảm tác động của Fenobucarb đến enzyme cholinesterase được tách chiết từ các rô đồng (*Anabas testudineus*), *Tạp chí Khoa học và công nghệ nông nghiệp Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*, 2(2), 733 – 740.
18. Wang, N., Chang, Z. Z., Xue, X. M., Yu, J. G., Shi, X. X., Ma, L. Q., and Li, H. B. (2017), Biochar decreases nitrogen oxide and enhances methane emissions via altering microbial community composition of anaerobic paddy soil, *Science of the Total Environment*, 581 – 582, 689 – 696.
19. Inubushi, K., Umebayashi, M., and Wada, H. (1990), Methane emission from paddy field, *Transactions 14th International Congress of Soil Science*, Kyoto, 2, 249 – 254.
20. Tô Lan Phương, Trần Minh Hải, Nguyễn Kim Chung và Đặng Kiều Nhân (2012), Ảnh hưởng của phân Biogro, phương pháp tưới tiết kiệm nước đến năng suất và phát thải khí nhà kính trên ruộng lúa, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 22(a), 8 – 16.
21. Nguyen, D. H., Grace, P. R., Scheer, C., and Rowlings, D. (2014), Determining gas sampling timelines for estimating emissions in small chamber incubation experiments, *IOSR-JEN*, 4, 14 – 16.
22. Yoo, G., and Kang, H. (2012), Effects of biochar addition on greenhouse gas emissions and microbial responses in a short-term laboratory experiment, *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1193 – 1202.
23. Troy, S. M., Lawlor, P. G., Flynn, C. J. O., and Healy, M. G. (2013), Impact of biochar addition to soil on greenhouse gas emissions following pig manure application, *Soil biology and biochemistry*, 60, 173 – 181.
24. Parkin, T., Mosier, A., Smith, J., Venterea, R., Johnson, J., Reicosky, D., Doyle, G., McCarty, G., and Baker, J. (2003), *Chamber-based Trace Gas Flux Measurement Protocol*, USDA-ARS GRACEnet, New York.
25. Mai Văn Trinh, Trần Văn Thế và Bùi Thị Phương Loan (2013), Tiềm năng giảm thiểu phát thải khí nhà kính của ngành sản xuất lúa nước Việt Nam, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 3/2013.
26. IPCC (2007), *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
27. Huỳnh Phan Khánh Bình và Trương Thị Nga (2018), Một số tính chất lý hoá của 3 loại than trầm, tre và trấu sản xuất bằng phương pháp truyền thống, *Tạp chí Khoa học và công nghệ nông nghiệp Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*, 2(3), 839 – 846.
28. Nguyen, L. X., Do, P. T. M., Nguyen, C. H., Kose, R., Okyama, T., Pham, T. N., Nguyen, P. D., and Miyanishi, T. (2018), Properties of biochar prepared from local biomass in the Mekong delta, Vietnam, *Bioresources*, 13(4), 7325 – 7344.
29. Nguyễn Văn Sinh (2016), Ảnh hưởng của một số biochar khác nhau đến phát thải N₂O trên đất vườn cây ăn trái và đất phù sa trồng lúa, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp trường (T2015–75), Trường Đại học Cần Thơ.
30. Lehmann, J., and Joseph, S. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*, Taylor & Francis Group, New York.

31. Dubey, S. K. (2005), Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: a review, *Applied ecology and environmental research*, 3(2), 1 – 27.
32. Rivett, M. O., Buss, S. R., Morgan, P., Smith, J. W. N., and Bemment, C. D. (2008), Nitrate attenuation in groundwater: a review of biogeochemical controlling processes, *Water Research*, 42, 4215 – 4232.
33. Obia, A., Cornelissen, G., Mulder, J., and Dörsch, P. (2015), Effect of Soil pH Increase by Biochar on NO, N₂O and N₂ Production during Denitrification in Acid Soils, *PLoS ONE*, 10(9), e0138781.
34. Harter, J., Weigold, P., El-Hadidi, M., Huson, D. H., Kappler, A., and Behrens, S. (2016), Soil biochar amendment shapes the composition of N₂O – reducing microbial communities, *Science of the Total Environment*, 562, 379 – 390.