

## Bài báo nghiên cứu

**ẢNH HƯỞNG CỦA BIOCHAR TRE VÀ BIOCHAR TRÁU  
ĐẾN SỰ PHÁT THẢI CH<sub>4</sub> VÀ N<sub>2</sub>O TỪ ĐẤT PHÙ SA  
TRONG ĐIỀU KIỆN PHÒNG THÍ NGHIỆM**

Trần Sỹ Nam<sup>1</sup>, Hồ Minh Nhật<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Bảo Trâm<sup>1</sup>,  
Huỳnh Văn Thảo<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Chiêm<sup>1</sup>, Nguyễn Hà Quốc Tín<sup>2</sup>, Hồ Vũ Khanh<sup>3\*</sup>

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

<sup>2</sup>Trường Đại học Tây Đô, Việt Nam

<sup>3</sup>Khoa Tài nguyên – Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ: Hồ Vũ Khanh – Email: [hvkhankh@vnkgu.edu.vn](mailto:hvkhankh@vnkgu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 25-5-2021; ngày nhận bài sửa: 15-12-2021; ngày duyệt đăng: 24-12-2021

**TÓM TẮT**

Sử dụng biochar được xem là một giải pháp mới có nhiều tiềm năng trong việc ứng dụng để giảm phát thải khí nhà kính, giảm nhẹ sự biến đổi khí hậu từ hoạt động trồng lúa. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá và so sánh ảnh hưởng của bổ sung biochar tre và biochar trấu vào đất phù sa trong điều kiện ngập nước đến sự phát thải CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên trong điều kiện đất duy trì ẩm độ 90%, gồm 7 nghiệm thức với 2 loại biochar: (i) biochar tre (BB) và (ii) biochar trấu (RB), 3 tỉ lệ là 0,2%, 0,5% và 1% và đối chứng (NTĐC, không bổ sung biochar). Kết quả cho thấy CH<sub>4</sub> là khí phát thải chính và khí N<sub>2</sub>O phát thải không đáng kể. Bổ sung BB tỉ lệ 0,2%, 0,5% và 1% vào đất làm giảm tổng lượng khí CH<sub>4</sub> lần lượt là 19,10%; 27,74% và 25,65% so với nghiệm thức đối chứng. Tương tự, bổ sung RB với tỉ lệ 0,2%, 0,5% và 1% có tổng lượng CH<sub>4</sub> phát thải thấp hơn lần lượt 35,29%; 29,53% và 38,54% so với NTĐC. Tổng lượng phát thải GHG (CO<sub>2</sub>eq) các nghiệm thức bổ sung BB thấp hơn 19,15-27,71% và RB là 29,56-38,49% so với NTĐC. Bổ sung biochar trấu và biochar tre có tác dụng trong việc cắt giảm lượng CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sinh ra, trong đó với tỉ lệ 1% biochar trấu cho hiệu quả giảm phát thải tốt nhất trong thí nghiệm.

**Từ khóa:** đất phù sa; biochar tre; phát thải CH<sub>4</sub>; biochar trấu; phát thải N<sub>2</sub>O

**1. Giới thiệu**

Việt Nam là quốc gia đứng thứ tư về sản xuất lúa gạo năm 2012 và thứ hai thế giới về xuất khẩu gạo năm 2011 (FAOSTAT, 2013). Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng sản xuất lúa gạo chính và chiếm sản lượng cao của cả nước. Mặc dù diện tích (khoảng 3,9 triệu ha) chỉ chiếm khoảng 10% diện tích Việt Nam, nhưng chiếm đến ½ sản lượng lúa gạo sản xuất và xấp xỉ 90% sản lượng gạo xuất hiện gạo mỗi năm (Arai et al., 2015). Phát thải khí nhà kính góp phần làm tăng nhanh quá trình biến đổi khí hậu toàn cầu, là một vấn đề cấp bách toàn cầu đang xảy ra ngày càng nghiêm trọng hơn. Với tổng lượng phát thải GHG 246,8 triệu tấn cacbon

---

*Cite this article as:* Tran Sy Nam, Ho Minh Nhat, Nguyen Ngoc Bao Tram, Huynh Van Thao, Nguyen Huu Chiem, Nguyen Ha Quoc Tin, & Ho Vu Khanh (2021). Effects of bamboo biochar and rice husk biochar on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>o emission from alluvial paddy soil in laboratory condition. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 18(12), 2297-2310.

dioxid ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ) tương đương năm 2010. Các quốc gia như Việt Nam sẽ chịu ảnh hưởng nghiêm trọng bởi sự biến đổi khí hậu. Theo thống kê, hoạt động sản xuất nông nghiệp phát thải 88,3 triệu tấn  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ , trồng lúa chiếm 33% tổng lượng phát thải GHG của cả nước và là nguồn phát thải lớn nhất trong các hoạt động nông nghiệp chiếm 50,5%, với lượng phát thải 44,6 triệu tấn  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  (MONRE, 2014).

Biochar được tạo ra từ quá trình nhiệt phân sinh khối thực vật, phụ phẩm nông nghiệp ở nhiệt độ cao, tỉ lệ cacbon còn lại trong nguyên liệu chêm tỉ trọng đáng kể và khó bị phân hủy sinh học, do đó có khả năng đóng một vai trò đáng kể trong việc cô lập cacbon (Lehmann, 2007; Knoblauch, Maarifat, Pfeiffer, & Haefele, 2011; Jones, Rousk, Edwards-Jones, Deluca, & Murphy, 2012). Biochar có thể cải thiện khả năng giữ nước của đất ở đất cát, tăng pH của đất (Laird, Fleming, Wang, Horton, & Karlen, 2010; Peng, Ye, Wang, Zhou, & Sun, 2011) và tăng khả năng trao đổi cation của đất (CEC) (Yamato, Okimori, Wibowo, Anshori, & Ogawa, 2006; Zwieten et al., 2010; Peng et al., 2011). Biochar cũng có thể làm giảm sự rửa trôi chất dinh dưỡng (Lehmann et al., 2003; Major, Steiner, Downie, & Lehmann., 2009) và giảm sự phát thải  $\text{CH}_4$  và  $\text{N}_2\text{O}$  bằng cách cải thiện sự kết tụ các chất của đất (Zwieten et al., 2009), đồng thời tăng năng suất lúa (Zhang, Bian, & Pan, 2012). Do đó, việc sản xuất và ứng dụng biochar có nguồn gốc từ vỏ trấu, tre đầy hứa hẹn cho việc quản lý chất hữu cơ (CHC) trong hệ thống canh tác lúa, có thể kết hợp các tác động tích cực về lâu dài đối với chất lượng đất và giảm GHG bằng cách hấp phụ cacbon trong đất.

ĐBSCL với sản lượng lúa hàng năm 24,5 triệu tấn (General Statistics Office of Vietnam, 2016) và với lượng trấu sinh ra bằng 20% lượng lúa sau xay xát gạo (Chungsangusist, Gheewala, & Patumsawad, 2009). 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 ha ở miền Bắc và miền Nam Việt Nam và khai thác mỗi năm xấp xỉ 7 triệu tấn, với năng suất trung bình 13 tấn/ha (NL Agency, 2012). Tre là một loại cây có khả năng tái sinh cao từ 10-30% 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 số lượng lớn để bổ sung cho đất. Tận dụng nguồn phụ phế phẩm nông nghiệp này sẽ là giải pháp tích cực vừa tăng hiệu quả quản lý tài nguyên, vừa cải thiện môi trường. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu đánh giá việc giảm phát thải  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  từ đất phù sa trong điều kiện ngập nước liên tục có bổ sung BB được sản xuất trong phòng thí nghiệm bằng phương pháp nhiệt phân ở  $700^\circ\text{C}$  và RB được bán trên thị trường.

## **2. Phương pháp nghiên cứu**

### **2.1. Đặc điểm đất thí nghiệm**

Mẫu đất được thu ở ruộng lúa, tầng đất 0-10 cm (phường Thới An Đông, quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ). Đất sử dụng trong thí nghiệm thuộc loại đất phù sa có tính phèn nhẹ (Thionic Gleysols) theo hệ thống phân loại của WRB/FAO (2006). Mẫu đất được phơi khô không khí, nghiền qua rây 0,5mm cho các phân tích pH, EC (tỉ lệ 1:5), đạm tổng số (xác định theo phương pháp Kiejdahl), chất hữu cơ (theo phương pháp Walkley-Black). Một số đặc điểm của đất sử dụng trong nghiên cứu được trình bày ở Bảng 1.

## 2.2. Đặc điểm biochar

Hai loại biochar sử dụng trong thí nghiệm được sản xuất trong hai điều kiện khác nhau:

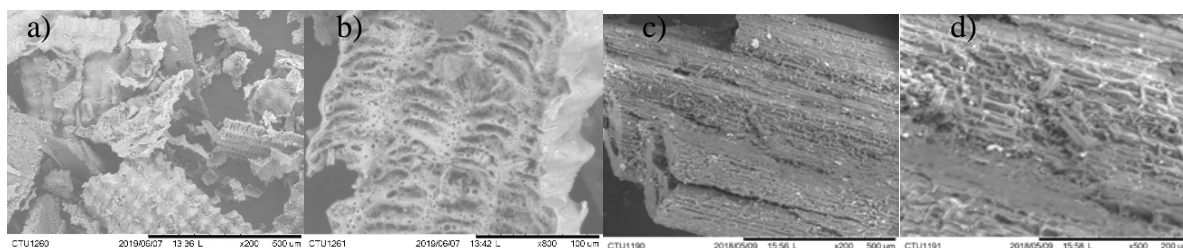
Biochar tre (BB): nguyên liệu thô là tre (*B. Vulgaris*) được thu gom ở ĐBSCL, tre sau khi thu về được làm khô bằng cách sấy trong tủ nung 105°C. Sau đó được cắt thành từng mảnh nhỏ 1 mm và tạo thành các hạt hình trụ để sản xuất biochar. Các hạt hình trụ được nhiệt phân trong lò nung chuyên dụng (VMF 165, Yamada Denki, Adachi, Nhật Bản) theo phương pháp nhiệt phân chậm. Khí N<sub>2</sub> được bơm vào lò để tạo điều kiện yếm khí với tốc độ 3L.phút<sup>-1</sup> trong 30 phút. Sau đó gia nhiệt lên đến 700°C và nhiệt phân trong 2 giờ, làm mát về nhiệt độ phòng và lấy than ra nghiền mịn, bảo quản ở ẩm độ tương đối dưới 25% trong bình hút ẩm tự động làm khô (SD – 3 unit 1-5489-11, AS ONE Ltd., Osaka, Nhật Bản) (Nguyen et al., 2018).

Biochar trấu thương mại (RB): mua từ công ti chuyên sản xuất biochar. Biochar được sản xuất từ vỏ trấu, trên dây chuyền công nghệ hiện đại, bằng phương pháp nhiệt phân chậm.

Hai mẫu biochar trước khi sử dụng được nghiền qua rây 0,5mm để phân tích một số đặc điểm của biochar về pH, EC (mS/cm) (li trích bằng nước với tỉ lệ 1:10), N(%) (phương pháp Kiejdahl), C(%) (nhiệt phân 550°C), C/N, CEC (cmolc/kg) (phương pháp của Gillman, 1979) và ẩm độ (%). Cấu trúc các lỗ rỗng của biochar tạo thành được đo bằng kính hiển vi điện tử (TM-1000 Hitachi, Japan). Ảnh chụp SEM 2 loại biochar dưới kính hiển vi điện tử được trình bày ở Hình 1 và một số đặc điểm than trấu được trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Đặc tính đất và biochar trong thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đất (ĐC)	Biochar tre (BB)	Biochar trấu (RB)
pH	5,5	9,3	9,56
EC (mS/cm)	0,677	-	0,41
CHC (%)	3,77	-	-
N (%)	0,21	0,028	0,59
C (%)	2,19	55,06	19,55
C/N	10,43	136,4	32,5
CEC (cmolc.kg <sup>-1</sup> )	-	13,99	13,20
Ẩm độ (%)	-	5,51	1,38
Dung trọng	1,09	-	-

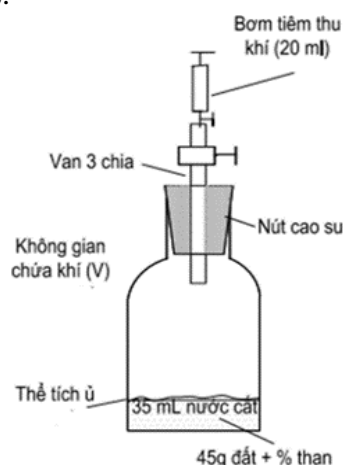


**Hình 1.** Ảnh chụp SEM biochar trấu a) x200, b) x500; biochar tre c) x200, d) x500

## 2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm theo dõi phát thải khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O được thực hiện trong điều kiện Phòng Thí nghiệm của Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ sử dụng biochar trấu bán trên thị trường và biochar tre theo phương pháp nhiệt phân chậm. Thí

nghiệm được bố trí trong chai thủy tinh 300 mL (Schott, Đức), chi tiết mô hình bố trí thí nghiệm được trình bày ở Hình 2.



**Hình 2.** Mô tả chi tiết mô hình bố trí thí nghiệm

Các bước chuẩn bị chai ủ được thực hiện như sau:

Bước 1. Cân lần lượt khối lượng 2 loại biochar: RB và BB của từng nghiệm thức vào các chai thủy tinh (Bảng 2).

Bước 2. Cân 70g đất khô đã nghiền qua rây, 0,35g rơm cắt ngắn (tương ứng 5 tấn/ha), dùng trộn đều các vật liệu này lại với nhau.

Bước 3. Tiếp tục, cho 100 mL nước cất vào mỗi chai thủy tinh, trộn đều để nước ngấm vào hỗn hợp đất, biochar và rơm.

Bước 4. Đóng chặt các nắp chai thủy tinh và giữ ở nhiệt độ ổn định 30°C (theo Inubushi et al., 1990) 30°C là khoảng nhiệt thích hợp để methanogenic hoạt động tốt nhất, thuận lợi cho sinh khí CH<sub>4</sub>). Tiến hành theo dõi và thu mẫu thí nghiệm vào các thời điểm 1, 4, 7, 11, 15 và 19 ngày sau bố trí thí nghiệm.

Thí nghiệm ủ theo dõi phát thải khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O từ đất phù sa gồm 7 nghiệm thức, với 2 loại biochar: tre và trấu và mỗi loại biochar có 3 tỉ lệ áp dụng là 0,2%; 0,5% và 1% (0,1% = 1,09 tấn biochar/ha) và NTĐC (không bổ sung biochar). Mỗi nghiệm thức được bố trí lặp lại 3 lần, chi tiết được mô tả ở Bảng 2, các bình ủ được đặt ngẫu nhiên vào trong tủ ủ đã điều chỉnh nhiệt độ ổn định sẵn trước đó.

**Bảng 2.** Các nghiệm thức trong thí nghiệm với lượng biochar sử dụng khác nhau

Kí hiệu	Nghiệm thức	Khối lượng đất (g)	Khối lượng biochar (g)	Khối lượng rơm (g) <sup>1</sup>	Thể tích nước (mL)
NTĐC	Đôi chứng (không biochar)	70	0	0,35	100
RB2	Biochar trấu 0,2%	70	0,231	0,35	100
RB5	Biochar trấu 0,5%	70	0,577	0,35	100
RB10	Biochar trấu 1,0%	70	1,155	0,35	100
BB2	Biochar tre 0,2%	70	0,231	0,35	100
BB5	Biochar tre 0,5%	70	0,577	0,35	100
BB10	Biochar tre 1,0%	70	1,155	0,35	100

Ghi chú: <sup>(1)</sup> lượng rơm được sử dụng cho thí nghiệm tương đương với lượng rơm vùi lại trong ruộng với 5 tấn/ha

Phương pháp thu mẫu khí được thực hiện theo (Yoo & Kang, 2012; Troy, Lawlor, O'Flynn, & Healy, 2013) với trình tự thực hiện như sau: các chai thu mẫu được mở thoáng khí 5 phút trước khi thu mẫu, thổi khí nhẹ từ 0,5-1 phút để loại bỏ các khí tích lũy trong chai; đậy kín chai bằng nút cao su, sau đó dùng tiêm kín khí 20 mL trộn đều không khí bên trong chai, hút bỏ 20 mL khí đầu tiên sau đó mới tiến hành thu mẫu. Mẫu khí được thu ở các thời điểm 0, 30, 60 phút và chuyển vào vial kín khí (14mL) đã được hút chân không trước đó. pH được đo trực tiếp bằng máy đo pH (HI99121N, HANNA, Rumania) và Eh (HM31P; TOA-DKK, Nhật) vào thời điểm thu mẫu khí. Các vials trữ mẫu khí được phân tích định lượng khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O.

#### 2.4. Tần suất và thời gian thu mẫu

Thí nghiệm này được bố trí theo dõi liên tục trong 19 ngày với 6 đợt thu mẫu (ngày 1, 4, 7, 11, 15, và 19), theo chu kỳ ngập khô dài nhất trên ruộng khi áp dụng kỹ thuật quản lý nước ướt khô xen kẽ (AWD) (To, Tran, Nguyen, & Dang, 2012; Huynh et al., 2015). Và dựa theo các nghiên cứu đánh giá phát thải khí nhà kính từ đất ở điều kiện phòng thí nghiệm (Liu et al., 2011; Yoo & Kang, 2012; Wang et al., 2017) thường thực hiện trong thời gian khoảng 15-20 ngày.

#### 2.5. Phương pháp phân tích, tính toán lượng phát thải GHG

Nồng độ CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O trong các mẫu khí được thu thập vào các thời gian điểm khác nhau được đo bằng máy sắc ký khí (Model SRI 8610C). Hàm lượng khí N<sub>2</sub>O phát thải trong mẫu khí được xác định bằng cột đầu dò bắt electron (ECD) Hayesep – N, nhiệt độ của buồng cột là 60°C, áp suất khí H<sub>2</sub> là 15 PSI, áp suất không khí 5 PSI, áp suất N<sub>2</sub> là 18 PSI. Trong khi đó, hàm lượng CH<sub>4</sub> phát thải trong mẫu được xác định bằng cột đầu dò Flame ionization detector (FID), nhiệt độ của buồng là 350°C, áp suất khí H<sub>2</sub> là 20 PSI, không khí 5 PSI.

Tốc độ phát thải CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O được tính theo công thức (Parkin et al., 2003):

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

Trong đó:  $t$ : nhiệt độ không khí ủ (°K),  $MW$ : trọng lượng phân tử khí (CH<sub>4</sub>=16, N<sub>2</sub>O=44),  $m$ : khối lượng đất thí nghiệm (g),  $\frac{dC}{dt}$ : tốc độ gia tăng nồng độ khí CH<sub>4</sub> (ppm/h);  $V$ : tổng thể tích phần không khí chứa khí CH<sub>4</sub> sinh ra trong chai ủ.

Tổng lượng CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O của thí nghiệm được tính theo công thức (Mai, Tran, & Bui, 2013):

$$\bar{F} = (n_2 - n_1) \times \frac{(F_{n_1} + F_{n_2})}{2} + (n_3 - n_2) \times \frac{(F_{n_2} + F_{n_3})}{2} + \dots + (n_c - n_x) \times \frac{(F_{n_x} + F_{n_c})}{2} \text{ (mg/kg)}$$

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  $F_{n_1}, F_{n_2}, F_{n_3}, \dots, F_n$  là lượng phát thải trung bình của khí CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O (mg.kg<sup>-1</sup>.ngày<sup>-1</sup>) ứng với các ngày lấy mẫu  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_x$  và  $n_c$ .

Tiềm năng phát thải khí nhà kính (GWP) trong thí nghiệm được quy đổi về lượng phát thải CO<sub>2</sub> tương đương (CO<sub>2</sub>eq), theo công thức sau: F<sub>CO<sub>2</sub>eq</sub> = F<sub>CH<sub>4</sub></sub> + F<sub>N<sub>2</sub>O</sub> (mgCO<sub>2</sub>eq/kg).

Trong đó: 1g CH<sub>4</sub> = 25g CO<sub>2</sub> và 1g N<sub>2</sub>O = 298 CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

### **Phương pháp xử lý số liệu**

Các số liệu thu thập và tính toán được xử lý thống kê theo phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) hai nhân tố theo kiểu bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên để đánh giá mức độ khác biệt giữa 2 loại biochar và 3 tỉ lệ biochar bổ sung, (Duncan,  $\alpha=5\%$ ). Sử dụng kiểm định Independent t-test để so sánh khác biệt trung bình từng tỉ lệ biochar bổ sung, (t-test,  $\alpha=5\%$ ).

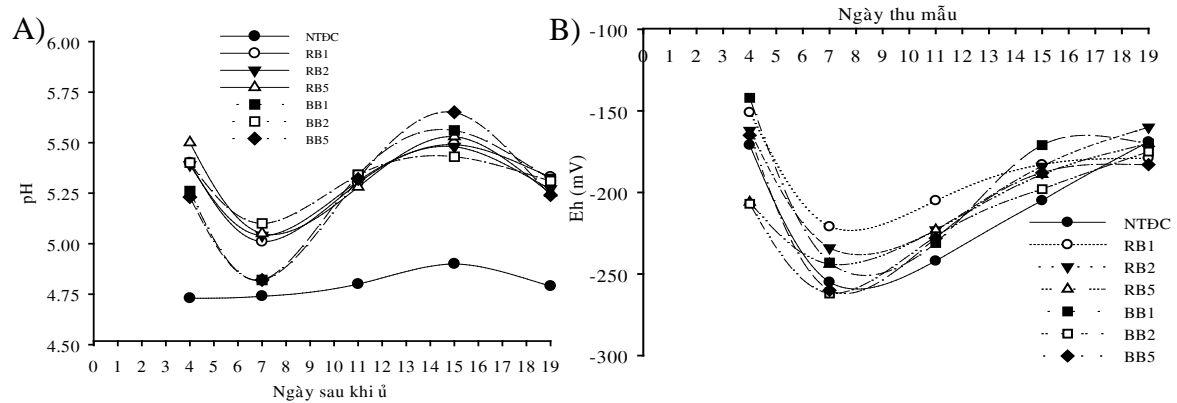
### **3. Kết quả và thảo luận**

#### **3.1 Ảnh hưởng của biochar tre và biochar trấu đến pH và Eh đất**

##### *a. pH đất*

Kết quả Hình 3A cho thấy, pH trong thí nghiệm thay đổi theo hai giai đoạn chính: giai đoạn 1, đất sau khi ngập nước pH giảm dần và pH đạt giá trị thấp nhất vào 7 ngày sau ủ (NSU). Trong giai đoạn này, NTĐC có pH=4,73 thấp nhất và các nghiệm thức được bổ sung BB có pH dao động từ 4,83-5,10 và RB có pH từ 5,01-5,05. Giá trị pH ở các nghiệm thức được bổ sung biochar cao hơn so với NTĐC và thấp hơn giá trị pH đất ban đầu (pH=5,5). Sau khi pH giảm mạnh sau khi ủ một tuần đầu, pH bắt đầu tăng dần trở lại và có sự biến động nhẹ ở các ngày 11, 15 và 19 NSU (giai đoạn 2). Ở giai đoạn 2 giá trị pH dao động từ 4,79-4,9 đối với NTĐC và dao động từ 5,24-5,33 đối với các nghiệm thức được bổ sung biochar. Tương tự giá trị pH giai đoạn 1, các nghiệm thức bổ sung biochar có pH cao hơn đáng kể so với NTĐC từ 0,44-0,76 đơn vị và các nghiệm thức bổ sung BB và RB không biến động quá lớn khi so sánh trong cùng thời điểm thu mẫu, trị số pH ở các nghiệm thức chỉ chênh lệch từ 0,06-0,22 đơn vị.

Kết quả thí nghiệm này cho thấy, khi bổ sung BB hoặc RB vào đất sẽ làm tăng pH cho đất, giúp giảm sự chua hóa cho đất khi đất ngập nước làm môi trường yếm khí sinh nhiều axit hữu cơ (Liu et al., 2011). Giá trị pH sau khi ủ giảm thấp có thể giải thích do sự phân hủy yếm khí các vật chất hữu cơ của vi sinh vật trong điều kiện yếm khí của đất ngập nước đã hình thành các axit hữu cơ. Sau đó, các axit này tiếp tục bị thủy phân thành  $\text{CH}_4$  và  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  ở các ngày tiếp theo. Sự chuyển hóa các axit hữu cơ hình thành  $\text{CH}_4$  và  $\text{CO}_2$  ở ngày 7 trong thí nghiệm, đã làm giảm tính axit và làm pH tăng trở lại vào các ngày tiếp theo của thí nghiệm (Yoo & Kang, 2012). pH ở các nghiệm thức bổ sung biochar cao hơn so với NTĐC có thể giải thích do pH của cả hai loại biochar đều cao (Bảng 1), nên bón vào đất sẽ giúp cải thiện pH đất (Lehmann et al., 2007).



**Hình 3.** A) Diễn biến pH (A) và B) điện thế oxy hóa (Eh) trong thí nghiệm

NTĐC: thí nghiệm thức đối chứng (Không bổ sung biochar), RB2: 0,2% biochar trấu, RB5: 0,5% biochar trấu, RB10: 1% biochar trấu, BB2: 0,2% biochar tre, BB5: 0,5% biochar tre và BB10: 1% biochar tre

**b. Eh đất**

Điện thế oxy hóa khử (Eh) trong đất ở NTĐC dao động từ -255 đến -169 mV, các thí nghiệm thức bổ sung BB dao động từ -263 đến -133 mV và các thí nghiệm thức bổ sung RB dao động từ -142 đến -262 mV (Hình 3B). Diễn biến Eh đất ở các thí nghiệm cho thấy rằng, sau khi ngập nước hoàn toàn môi trường đất trở nên yếm khí rất nhanh. Môi trường đất trở nên khử mạnh, do sự phân hủy nhanh chất hữu cơ có trong đất. Giá trị Eh giảm thấp từ 4 NSU và Eh giảm về thấp hơn -200 mV từ 7 NSU đến 15 NSU (tương ứng với thời điểm có pH thấp nhất trong thí nghiệm – Hình 3A). Từ 15 NSU, giá trị Eh tăng nhẹ trở lại có giá trị từ -205 mV đối với NTĐC và dao động từ -198 đến -138 mV đối với các thí nghiệm thức bổ sung biochar. Sau đó, giá trị Eh tăng dần đến kết thúc thí nghiệm.

Sự thiếu hụt oxy cung cấp cho đất khi đất bị ngập nước liên tục sẽ gây ra tình trạng đất yếm khí mạnh. Theo (Yoo & Kang, 2012) trong điều kiện đất bị ngập nước liên tục sau 3 ngày, môi trường sẽ trở nên yếm khí do khí oxy đã bị vi sinh vật hiếu khí sử dụng hết và không có sự bổ sung. Sau giai đoạn này Eh sẽ giảm nhanh và mạnh do các vi sinh vật yếm khí phân hủy các chất hữu cơ bắt đầu hoạt động mạnh. Kết quả thí nghiệm tương đồng với kết luận trên và một số nghiên cứu khác của nghiên cứu (Yagi & Minaki, 1990; Tran et al., 2019). Đặc biệt, sau ngày thứ 7 của thí nghiệm do khoảng Eh dao động <-150 mV, nên đây là điều kiện môi trường thích hợp với hoạt động phân hủy chất hữu cơ sinh CH<sub>4</sub> của methanogenesis (Dubey, 2005).

**3.2 Ảnh hưởng của biochar tre và biochar trấu đến phát thải CH<sub>4</sub>**

Tốc độ phát thải CH<sub>4</sub> được trình bày ở Hình 4, cho thấy sự phát thải CH<sub>4</sub> trong thí nghiệm được chia làm 3 giai đoạn chính: giai đoạn 1-4 NSU, tốc độ phát thải khí CH<sub>4</sub> rất thấp ở 1 NSU trung bình từ 0,09-0,16 mgCH<sub>4</sub>/kg/ngày (Hình 4A), sau đó 4 NSU tốc độ phát thải CH<sub>4</sub> tăng lên 4,1 mgCH<sub>4</sub>/kg/ngày ở NTĐC và các thí nghiệm thức bổ sung biochar là 1,25-4,01 mgCH<sub>4</sub>/kg/ngày. Tốc độ phát thải CH<sub>4</sub> trong giai đoạn này không khác biệt giữa các thí nghiệm thức (p>0,05). Giai đoạn 2 (từ sau 4-11 NSU): sau 96 giờ ù, môi trường bắt đầu thiếu oxy và

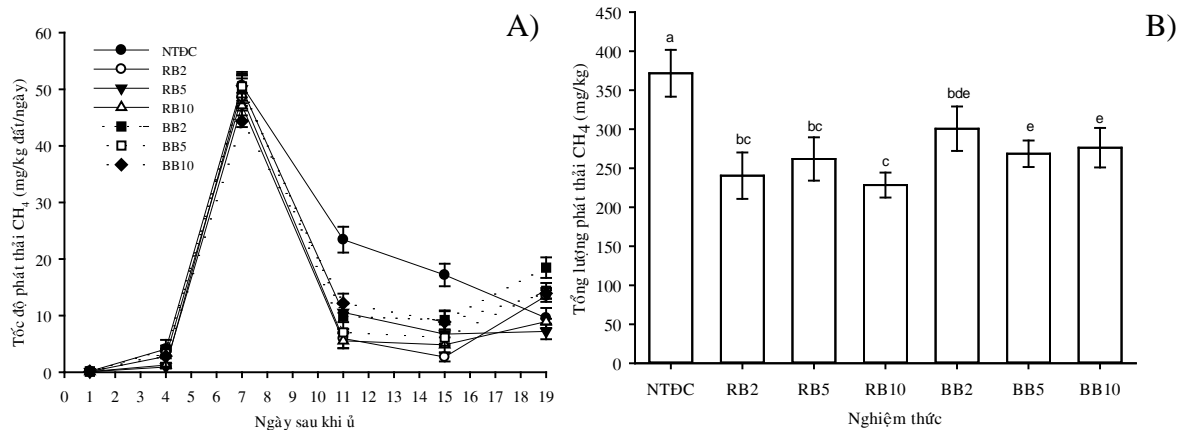
tốc độ phát thải  $\text{CH}_4$  cao nhất trong thí nghiệm, với tốc độ phát thải  $\text{CH}_4$  trung bình hằng ngày cao nhất ở 7 NSU của NTĐC là  $50,66 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  và RB từ  $47,13-50,09 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  và BB từ  $44,37-50,02 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  ( $p>0,05$ ). Giai đoạn 3 (từ sau 11-19 NSU): sau khi tốc độ phát thải đạt đỉnh vào 7 NSU, tốc độ phát thải  $\text{CH}_4$  giảm dần về cuối thí nghiệm. Ở các ngày 11 và 15 NSU, NTĐC có tốc độ phát thải  $\text{CH}_4$  trung bình lần lượt  $23,42 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  và  $17,19 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  khác biệt có ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức bón BB và RB với tốc độ phát thải lần lượt là  $5,55-12,20 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$  và  $2,68-9,23 \text{ mgCH}_4/\text{kg/ngày}$ . Ở giai đoạn này, tốc độ phát thải khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa NTĐC với các nghiệm thức bổ sung biochar ( $p<0,05$ ) và nghiệm thức RB2, RB5 và RB10 lần lượt khác biệt có ý nghĩa thống kê so với BB1, BB2 và BB5 ( $p<0,05$ ). Sự phát thải  $\text{CH}_4$  trong thí nghiệm tăng nhanh sau khi Eh giảm về nhỏ hơn  $-200 \text{ mV}$  và sau đó lượng khí  $\text{CH}_4$  và sau đó lượng khí  $\text{CH}_4$  giảm dần vào các ngày sau đó, kết quả thí nghiệm tương đồng với các nghiên cứu của (Jian, Pathak, Mitra, & Bhatia, 2014); Zhang et al., 2010; Liu et al., 2011; Troy et al., 2013; Tran et al., 2019). Có thể thấy rằng, lượng phát thải  $\text{CH}_4$  sinh ra phụ thuộc chính vào hàm lượng chất hữu cơ có trong đất và hoạt động của nhóm vi sinh vật methanogenis (Dubey, 2005), vì vậy, trong điều kiện đất ngập nước và có chất hữu cơ dễ phân hủy với hàm lượng cao sẽ rất thuận lợi cho vi sinh vật methanogenis phát triển mạnh, từ đó thúc đẩy sự sinh  $\text{CH}_4$  trong đất nhanh và nhiều hơn.

Sau 19 ngày thí nghiệm, tổng lượng phát thải  $\text{CH}_4$  là  $371,75\pm 30,01 \text{ mg/kg}$ ;  $240,49\pm 29,73 \text{ mg/kg}$ ;  $261,89\pm 27,8 \text{ mg/kg}$ ;  $228,43\pm 16,01 \text{ mg/kg}$ ;  $300,66\pm 28,43 \text{ mg/kg}$ ;  $268,55\pm 17,0 \text{ mg/kg}$  và  $276,34\pm 25,36 \text{ mg/kg}$  tương ứng với các nghiệm thức NTĐC, RB2, RB5, RB10, BB1, BB2 và BB5 (Hình 4B). Với tổng lượng phát thải  $371,75\pm 30,01 \text{ mg/kg}$  NTĐC là nghiệm thức có tổng lượng phát thải  $\text{CH}_4$  cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p<0,05$ ) so với các nghiệm thức RB và BB. Bổ sung biochar tre vào đất với các tỉ lệ 0,2% (BB2), 0,5% (BB5) và 1% (BB10) lần lượt có tổng lượng phát thải 19,10%, 27,74% và 25,65%. Bổ sung biochar trấu có tổng lượng phát thải  $\text{CH}_4$  lần lượt 35,29%, 29,53% và 38,54% tương ứng các tỉ lệ bổ sung 0,2% (RB2), 0,5% (RB5) và 1% (RB10). Hiệu quả giảm phát thải  $\text{CH}_4$  khi bổ sung biochar vào đất ở tỉ lệ 0,2%, 0,5% và 1% là không khác biệt có ý nghĩa ( $p>0,05$ ). Tuy nhiên, sự khác biệt là có ý nghĩa trong tổng lượng phát thải  $\text{CH}_4$  khi bổ sung RB ở tỉ lệ 0,5% so với bổ sung BB ở tỉ lệ 1% ( $p<0,05$ ).

NTĐC là nghiệm thức có tổng lượng  $\text{CH}_4$  phát thải cao nhất có thể giải thích do trong điều kiện ngập nước liên tục, hàm lượng hữu cơ trong đất cao (do được bổ sung rơm) nên các quá trình phân hủy kỵ khí của vi sinh vật methanogenis diễn ra với cường độ cao, từ đó hình thành nên nhiều sản phẩm như acetat,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , thúc đẩy sự sinh  $\text{CH}_4$  nhiều trong thời gian ngắn (Yoo & Kang, 2012). Quá trình sinh khí này lại không bị cản trở, ức chế hay các khí sinh ra cũng không bị hấp phụ bởi vật liệu gì, nên lượng  $\text{CH}_4$  sinh ở NTĐC là cao nhất so với các nghiệm thức khác có bổ sung biochar. Đối với nghiệm thức bổ sung RB hoặc BB, không có sự khác biệt về tổng lượng phát thải  $\text{CH}_4$  (trừ RB10 so với BB2) có thể do RB và



BB được tạo thành có sự tương đồng về cấu trúc các lỗ rỗng bên trong (Hình 1) và hiệu suất hấp phụ của hai loại biochar, bố trí cùng một loại đất và bổ sung cùng một lượng chất nền (bổ sung thêm cùng lượng rơm), nên sự tác động lên pH, Eh và cộng đồng vi sinh vật sinh mê-tan là như nhau. Và khi bổ sung RB ở tỉ lệ 1% (RB10) vào trong đất thì có sự khác biệt về tổng lượng phát thải CH<sub>4</sub> so với bổ sung biochar tre ở tỉ lệ 0,2% (BB2), sự khác biệt này có thể giải thích do với việc bổ sung 1% RB (tương đương 10,9 tấn/ha) thì lượng bổ sung này là đủ lớn để tạo ra sự khác biệt về khả năng thoáng khí, sự hấp phụ của biochar với các chất dinh dưỡng, sự ức chế hoạt động của vi sinh vật trong đất nên đã tạo nên sự khác biệt so với việc chỉ bón 0,2% BB (tương đương 2,18 tấn/ha). Khi bổ sung biochar với lượng càng lớn thì hiệu quả giảm phát thải CH<sub>4</sub> càng rõ rệt, điều này được thể hiện qua hiệu quả giảm phát thải CH<sub>4</sub> tốt nhất trong thí nghiệm khi bổ sung BB là 27,74% và RB là 38,54%, thấp hơn gần 2 lần so với nghiên cứu của (Liu et al., 2011) khi sử dụng cùng loại biochar và lượng bổ sung là 1,5%.



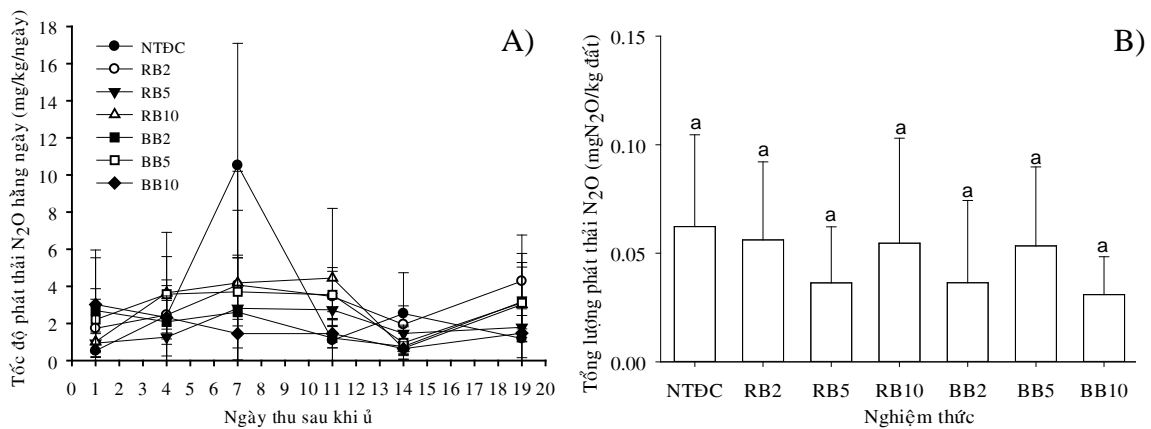
Hình 4. A) Tốc độ phát thải CH<sub>4</sub> và B) Tổng lượng phát thải CH<sub>4</sub> trong thí nghiệm

Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%; NTĐC: thí nghiệm đối chứng (Không bổ sung biochar), RB2: 0,2% biochar trấu, RB5: 0,5% biochar trấu, RB10: 1% biochar trấu, BB2: 0,2% biochar tre, BB5: 0,5% biochar tre và BB10: 1% biochar tre

### 3.3 Ảnh hưởng của biochar tre và biochar trấu đến phát thải N<sub>2</sub>O

Khác với sự phát thải CH<sub>4</sub>, tốc độ phát thải N<sub>2</sub>O thấp và có sự biến động lớn (Hình 5A). Các thí nghiệm có mức phát thải thấp và dao động trong khoảng từ 0,94-4,18 μgN<sub>2</sub>O/kg/ngày. NTĐC có tốc độ phát thải N<sub>2</sub>O cao hơn từ 0,53-10,52 μgN<sub>2</sub>O/kg/ngày, trong đó vào thời điểm 7 NSU tốc độ phát thải đạt đỉnh cao nhất trong thí nghiệm (10,52 μgN<sub>2</sub>O/kg/ngày) (Hình 5A). Sự phát thải N<sub>2</sub>O chủ yếu tập trung vào khoảng từ 1-11 NSU, có thể do ở giai đoạn này môi trường ủ còn đủ điều kiện cho quá trình nitrát hóa diễn ra thuận lợi, còn sau đó môi trường trở nên yếm khí nên hoạt động của vi sinh vật sinh nitrát yếu đi, hàm lượng NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong đất giảm. Sau 19 ngày thí nghiệm, tổng lượng N<sub>2</sub>O phát thải của NTĐC là 0,06±0,04 mgN<sub>2</sub>O/kg và các thí nghiệm RB là 0,04±0,03-0,06±0,04 mgN<sub>2</sub>O/kg và thí nghiệm BB là 0,03±0,02-0,05±0,04 mgN<sub>2</sub>O/kg. Có thể thấy rằng, sự phát thải N<sub>2</sub>O trong điều kiện liên tục là rất thấp, tổng lượng phát thải N<sub>2</sub>O ở cả 7 thí nghiệm đều <0,1 mgN<sub>2</sub>O/kg. Theo (Hensault, Grossel,

Mary, Roussel, & Léonard, 2012) khí N<sub>2</sub>O được tạo ra cả trong môi trường hiếu khí (nitrate hóa) và yếm khí (khử nitrate). Sự phát thải N<sub>2</sub>O thấp do thí nghiệm bố trí trong điều kiện Eh thấp (-263 đến -133mV), trong khi Eh thuận lợi cho sự phát thải N<sub>2</sub>O là 120-250 mV; không bổ sung thêm N cho đất hay đất quá chua cũng sẽ ức chế quá trình hình thành khí N<sub>2</sub>O. Ngoài ra, biochar có tỉ số C/N cao nên tiến trình cố định N sinh học rất dễ xảy ra làm giảm lượng N hữu dụng, qua đó làm nguồn ni-tơ được chuyển hóa thành N<sub>2</sub>O ở các nghiệm thức giảm. Thêm vào đó, với đặc tính hấp phụ của biochar nên có thể một lượng lớn NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được biochar hấp thụ, hạn chế quá trình nitrat hóa, nên làm giảm quá trình sinh khí N<sub>2</sub>O. Tuy lượng phát thải N<sub>2</sub>O là không đáng kể, nhưng khác với một số nghiên cứu trước đó N<sub>2</sub>O vẫn phát thải dù đất luôn bị ngập nước (Xing, Shi, & Shen, 2002).



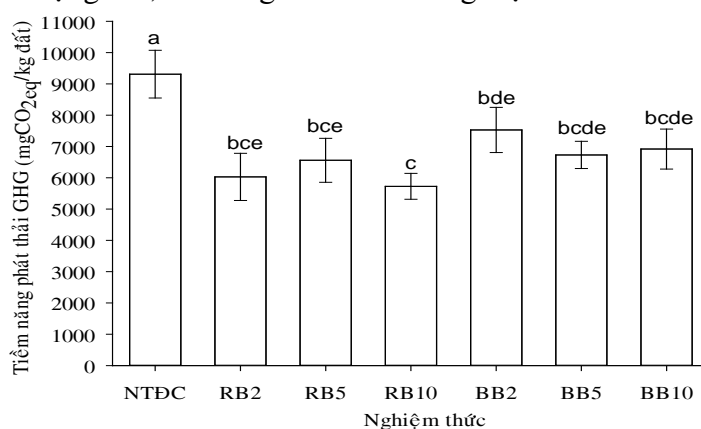
**Hình 5.** A) Tốc độ phát thải N<sub>2</sub>O và B) Tổng lượng phát thải N<sub>2</sub>O trong thí nghiệm

Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%; NTĐC: nghiệm thức đối chứng (Không bổ sung biochar), RB2: 0,2% biochar trấu, RB5: 0,5% biochar trấu, RB10: 1% biochar trấu, BB2: 0,2% biochar tre, BB5: 0,5% biochar tre và BB10: 1% biochar tre

### 3.4 Tổng lượng phát thải khí nhà kính

Tổng lượng phát thải khí nhà kính (CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O) được quy đổi sang CO<sub>2</sub>eq trong thí nghiệm, được trình bày ở Hình 6. Sau 19 ngày thí nghiệm tổng lượng CO<sub>2</sub>eq phát thải ở nghiệm thức không bổ sung than (NTĐC) là cao nhất 9309,82±762,85 mgCO<sub>2</sub>eq/kg khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với các nghiệm thức bổ sung biochar. Các nghiệm thức RB2, RB5 và RB10 lần lượt có tổng lượng CO<sub>2</sub>eq là 6028,98±753,85 mgCO<sub>2</sub>eq/kg; 6558,08±702,71 mgCO<sub>2</sub>eq/kg và 5726,9±414,55 mgCO<sub>2</sub>eq/kg không có sự khác biệt thống kê (p>0,05) so với các nghiệm thức BB2, BB5 và BB10 là 7577,22±721,93 mgCO<sub>2</sub>eq/kg; 6729,66±435,85 mgCO<sub>2</sub>eq/kg và 6917,71±639,21 mgCO<sub>2</sub>eq/kg (ngoại trừ RB10 khác biệt có ý nghĩa thống kê BB2). Kết quả thí nghiệm đã cho thấy bổ sung BB và RB cho hiệu quả tốt trong việc giảm thiểu sự phát thải khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O từ đất ngập nước. Bổ sung BB và RB cho hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính lần lượt từ 29,56-38,49% và 19,15-27,71% so với đất không được bổ sung than (NTĐC). Ngoài ra, kết quả còn cho thấy, khi chỉ xét đến lượng CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O sinh ra trong thí nghiệm thì trong điều kiện ủ của thí nghiệm, CH<sub>4</sub> là khí có tiềm năng gây hiệu ứng nhà kính nhiều nhất, chiếm đến 99% tổng lượng phát thải quy đổi sang CO<sub>2</sub>eq, khí N<sub>2</sub>O phát thải không đáng kể.

Ở các tỉ lệ 0,2%, 0,5% và 1%, khi so sánh tổng lượng  $\text{CH}_4$  và  $\text{N}_2\text{O}$  từng cặp nghiệm thức giữa hai vật liệu tre và trấu, không thấy có sự khác biệt (t-test,  $\alpha < 0,05$ ). Sự không khác biệt này có thể do về cơ bản biochar sản xuất trong phòng thí nghiệm và biochar sản xuất thương mại có các đặc tính lí học (pH, EC), hóa học (C, N, CEC) hay độ rỗng, và kích thước lỗ rỗng của biochar sau nhiệt phân là tương tự như nhau. Điều này tương đồng với các nhận định của (Wang et al., 2017; Cai, Feng, & Zhu (2017) khi cho rằng các vật liệu từ gỗ, trấu, rơm rạ, tre, nứa khi nhiệt phân trên  $500^\circ\text{C}$ , sẽ cho kết quả về hấp phụ và giảm thiểu phát thải GHG là không có sự khác biệt. Tuy nhiên, bổ sung biochar với tỉ lệ 1% (10,9 tấn/ha) RB cho hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính tốt hơn 12,79% so với BB ở cùng lượng bổ sung, nên có thể dùng RB để bón bổ sung vào đất lúa vừa mang hiệu quả tốt trong giảm phát thải, vừa dễ sản xuất với sản lượng lớn, vừa có giá thành thương mại rẻ hơn so với BB.



**Hình 6.** Tiềm năng phát thải GHG quy đổi sang  $\text{CO}_2$  tương đương ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ) trong thí nghiệm. Các cột có cùng ít nhất một chữ cái thì có khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%; NTĐC: nghiệm thức đối chứng (Không bổ sung biochar), RB2: 0,2% biochar trấu, RB5: 0,5% biochar trấu, RB10: 1% biochar trấu, BB2: 0,2% biochar tre, BB5: 0,5% biochar tre và BB10: 1% biochar tre

#### 4. Kết luận

Trong điều kiện ngập nước,  $\text{CH}_4$  là khí sinh ra chính và  $\text{N}_2\text{O}$  sinh ra không đáng kể. Bổ sung RB cho hiệu quả giảm phát thải  $\text{CH}_4$  29,53-38,54%. Bổ sung BB vào đất cho hiệu quả giảm phát thải  $\text{CH}_4$  từ 19,10-27,76% so với không bổ sung than. Bổ sung biochar trấu thương mại (RB) cho hiệu quả giảm tổng lượng khí nhà kính trong thí nghiệm tương đương với biochar tre (BB) sản xuất trong phòng thí nghiệm, đặc biệt ở tỉ lệ 1% biochar trấu cho hiệu quả tốt hơn 12,79% so với biochar tre. Cần thực hiện thêm các nghiên cứu theo dõi sự lấp đầy các lỗ rỗng biochar sau khi bổ sung vào đất, cộng đồng vi sinh vật methanogenesis, diễn biến chất hữu cơ dễ hòa tan trong đất và theo dõi thêm về lượng  $\text{CO}_2$  sinh ra để xác định rõ hơn lượng khí nhà kính sinh ra, cơ chế giảm phát thải của việc bổ sung biochar.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Đề tài này được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Arai, H., Hosen, Y., Pham, N. H. V., N. P. H., Truong, T. N., Nguyen, H. C., & Inubushi, K. (2015). Greenhouse gas emissions from rice straw burning and straw-mushroom cultivation in triple rice cropping system in the Mekong Delta. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1-17.
- Cai, F., Feng, Z., & Zhu, L. (2017). Effects of biochar on CH<sub>4</sub> emission with straw application on paddy soil. *Journal of Soil and Sediments*, 18(2), 599-609.
- Chungsangusist, T., Gheewala, S. H., & Patumsawad, S. (2009). Emission assessment of rice husk Combustion for power production. *International Scholarly and Scientific Research and Innovation*, 3(5), 625-630.
- Dubey, S. K. (2005). Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: a review. *Journal Applied Ecology and Environmental Research*, 3(2), 1-27.
- FAOSTAT (2013). FAO statistical databases. Retrieved from <http://faostat.fao.org>.
- General Statistics Office of Vietnam (2016). Niên giám thống kê [Statistical Yearbook of VietNam]. Retrieved from <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2019/10/nien-giam-thong-ke-2016-2/>
- Hensault, C., Grossel, A., Mary, B., Roussel, M., & Léonard, J. (2012). Nitrous Oxide Emission by Agricultural Soils: A Review of Spatial and Temporal Variability for Mitigation. *Pedosphere*, 22(4), 426-433.
- Huynh, Q. T., Tran, T. H. T., Vo, V. B., Tran, K. T., & Nguyen, V. S. (2015). Ảnh hưởng của kỹ thuật tưới đến năng suất và phát thải methane (CH<sub>4</sub>) trong sản xuất lúa tại Gò Công Tây – Tiền Giang [Effects of the water management technique to grain yield and methane emission for rice production at Gò Công Tây – Tiền Giang]. *Can Tho University Journal of Science*, 38B(2), 55-63.
- Inubushi, K., Umebayashi, M. & Wada, H. (1990). Methane emission from paddy field. *Trans 14th Int Cong Soil Sci (Kyoto II)*, 249-254.
- IPCC. (2007). *Agriculture*. In Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R. (Editors). *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.
- Jian, N., Pathak, H., Mitra, S., & Bhatia, A. (2014). Emission of methane from rice fields – A review, *Scientific and industrial research*, 63, 101-115
- Jones, D. L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., Deluca, T. H., & Murphy, D. V. (2012). Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology and Biochemistry*, 45, 113-124.
- Knoblauch, C., Maarifat, A. A., Pfeiffer, E. M., & Haefele, S. M. (2011). Degradability of black carbon and its impact on trace gas fluxes and carbon turnover in paddy soils. *Soil Biology and Biochemistr*, 43, 1768-1778.
- Laird, D., Fleming, P., Wang, B. Q., Horton, R., & Karlen, D. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158,436-442.
- Lehmann, J., Da Silva, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Gllaser, B. (2003) Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343-357.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Croeley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 1812-1836.

- Lehmann, J. (2007). Bio-energy in the black. *Front Ecology and Environmental*, 5, 381-387.
- Liu, Y., Yang, M., Wu, Y., Wang, H., Chen, Y., & Wu, W. (2011). Reducing CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emission from waterlogged paddy soil with biochar. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 930-939.
- Mai, V. T., Tran, V. T., & Bui, T. P. L. (2013). Tiềm năng giảm thiểu phát thải khí nhà kính của ngành sản xuất lúa nước Việt Nam [Potential to mitigate GHG emissions from rice production in Vietnam]. *Science and technology journal of Agriculture and rural development*, 3(2013), 1-10.
- Major, J., Steiner, C., Downie, A., & Lehmann, J. (2009). *Biochar effects on nutrient leaching*. In: Lehmann J, Joseph S (eds). *Biochar for environmental management: science and technology*. Earthscan, London, 271.
- MONRE. (2014). The initial biennial updated report of Vietnam to the United Nation, Framework Convention on Climate Change. *Vietnam Publishing House of Nature Resource, Environment and Cartography*.
- NL Agency (2012). *Biomass business opportunities Viet Nam. Netherlands Programmes Sustainable*. Retrieved from [https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Biomass\\_Opportunities\\_Viet\\_Nam.pdf](https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Biomass_Opportunities_Viet_Nam.pdf)
- Nguyen, X. L., Do, T. M. P., Nguyen, H. C., Kose, R., Okayama, T., Pham, N. T., Nguyen, D. P., & Miyanishi., T. (2018). Properties of biochars prepared from local biomass in the mekong delta, Viet Nam. *BioResources*, 13(4), 7325-7344
- Parkin, T., A. Mosier, J., Smith, R., Venterea, J., Johnson, D., Reicosky, G.,... & Baker, J. (2003). *USDA-ARS GRACEnet chamber-based trace gas flux measurement protocol*. Retrieved from <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/31831/2003GRACEnetTraceGasProtocol.pdf>
- Peng, X., Ye, L. L., Wang, C. H., Zhou, H., & Sun, B. (2011). Temperature and duration-dependent rice straw-derived biochar: characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil and Tillage Research*, 112, 159-166.
- To, L. P., Tran, M. H., Nguyen, K. C., & Dang, K. N., (2012). Ảnh hưởng của phân bioagro, phương pháp tưới tiết kiệm nước đến năng suất và phát thải khí nhà kính trên ruộng lúa [The impact of BioGro fertilizer and saving water irrigation method on rice yield, greenhouse gas emission in rice plantation]. *Can Tho University Journal of Science*, 22A, 8-16.
- Tran, S. N., Ho, M. N., Nguyen, N. B. T., Huynh, V. T., Do, T. X., & Nguyen, H. C., (2020). Ảnh hưởng của hai loại biochar trấu đến sự phát thải khí CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O từ đất phù sa trong điều kiện phòng thí nghiệm [Effects of two types of rice husk biochar on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from alluvial paddy soil in laboratory condition]. *Can Tho University Journal of Science*, 56, 109-118.
- Troy, S. M., Lawlor, P. G., O'Flynn, C. J., & 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.
- Wang, N., Chang, Z. Z., Xue, X. M., Yu, J. g., Shi, X. X. & Ma., L. Q. (2017). Biochar decreases nitrogen oxide and enhances methane emissions via altering microbial community composition of anaerobic paddy soil. *Science of Total Environment*, 581-582, 689-696.
- Xing, G. X., Shi, X. L., & Shen, G. Y. (2002). Nitrous oxide emission from paddy soil in in three rice-based cropping system in China. *Nutrient cycle Agroecosystem*, 64, 135-143.
- Yagi., K., & Minaki, K. (1990). Effect of organic-matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil science plant nutrient*, 36(4), 599-610.

- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I. F., Anshori, S., & Ogawa, M. (2006). Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil science plant nutrient*, 52, 489-495.
- Yoo, J., & Kang, H. (2012). Effects of biochar addition on greenhouse gas emissions and microbial responses in a short-term laboratory experiment. *Environmental Quality. Special section: Environment benefits of biochar*, 41(4), 1193-1202.
- Zhang, A., Bian, R., & Pan, G. (2012). Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: a field study of 2 consecutive rice growing cycles. *Field Crops Research*, 127, 153-160.
- Zhang, A., Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., Zheng, J., & 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, 469-475.
- Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., Joseph, S., & Cowie, A. (2010). Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, 327, 235-246.
- Zwieten, L., Singh, B., Joseph, S., Kimber, S., Cowie, A., & Chan, Y. (2009). *Biochar and emissions of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from soil*. In: Lehmann J, Joseph S (eds). *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan, London, 227.

---

## EFFECTS OF BAMBOO BIOCHAR AND RICE HUSK BIOCHAR ON CH<sub>4</sub> AND N<sub>2</sub>O EMISSION FROM ALLUVIAL PADDY SOIL IN LABORATORY CONDITION

Tran Sy Nam<sup>1</sup>, Ho Minh Nhut<sup>1</sup>, Nguyen Ngoc Bao Tram<sup>1</sup>,

Huynh Van Thao<sup>1</sup>, Nguyen Huu Chiem<sup>1</sup>, Nguyen Ha Quoc Tin<sup>2</sup>, Ho Vu Khanh<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>College of Environment and Natural Resources, Can Tho University, Vietnam

<sup>2</sup>Tay Do University, Vietnam

<sup>3</sup>Faculty of Natural Resources-Environment, Kien Giang University, Vietnam

\*Corresponding author: Ho Vu Khanh – Email: hvkhanh@vnkgu.edu.vn

Received: May 25, 2021; Revised: December 15, 2021; Accepted: December 24, 2021

### ABSTRACT

The application of biochar is a potential new solution to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, in mitigating climate change. This study was conducted to evaluate and compare effective CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from paddy soil supplemented with bamboo biochar and rice husk biochar in conditional continuous flooding. The study was carried out in the condition of 90% moisture paddy soil. The seven treatments based on a completely randomized design included both (i) bamboo biochar (BB) and (ii) rice husk biochar (RB) with 0.2%, 0.5%, and 1% and control (CON, without biochar). The main process in the condition of continuous flooding was the emission of CH<sub>4</sub> and not N<sub>2</sub>O. The additional use of bamboo biochar with 0.2%, 0.5%, and 1% reduced total CH<sub>4</sub> emissions by 19.10%, 27.74%, and 25.65% compared to CON. Similarly, applying RB with the ratio of 0.2%, 0.5%, and 1% reduced total CH<sub>4</sub> emission by 32.59%, 29.53%, and 38.54% compared to CON. Using BB and RB decreased 19.15-27.71% and 29.56-38.49% of total GHG emission (CO<sub>2</sub>eq), respectively. Adding rice husk biochar and bamboo biochar was effective in lowering the quantity of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emitted, with the rate of 1% rice husk biochar providing the best emission reduction impact in the experiment.

**Keywords:** alluvial soil; bamboo biochar; CH<sub>4</sub> emission; rice husk biochar; N<sub>2</sub>O emission