

# ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THAN SINH HỌC PHÂN GÀ ĐỐI VỚI KHẢ NĂNG HẤP PHỤ KIM LOẠI NẶNG TRONG ĐẤT MẶN Ở CẦN GIUỘC, LONG AN

NGUYỄN XUÂN TÔNG

Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: nguyentuanong@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v72i6.5008>

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu hiện tại, mô hình cột rửa trôi được thực hiện để đánh giá hiệu quả bổ sung than sinh học (BC) phân gà (350, 450 và 600°C với thời gian lưu 1; 1,5 và 2 giờ) lên khả năng hấp phụ kim loại nặng trong đất mặn huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An. Mẫu đất thu thập được xác định mang tính axit mạnh (pH 3,9) trong khi BC mang tính kiềm mạnh (pH từ 7,2 – 9,6). Độ dẫn điện (EC) ( $4,39 \pm 0,289$  dS/cm) cao cho thấy đất tại khu vực nghiên cứu bị nhiễm mặn, EC cao hơn so với BC phân gà ( $<1,5$  dS/cm). Đặc biệt, Cd ( $4,63 \pm 1,47$  mg/kg), Pb ( $203,33 \pm 18,56$  mg/kg) và Zn ( $333,33 \pm 1.221,06$  mg/kg) trong đất vượt QCVN 03:2023/BTNMT. Sau khi bổ sung BC thông qua mô hình cột rửa trôi, hàm lượng các kim loại nặng trong đất giảm thấp hơn 0,01 mg/kg. Kết quả nghiên cứu là cơ sở dữ liệu giúp các nhà hoạch định chính sách theo dõi tiến độ cải tạo đất mặn và quản lý sức khỏe đất.

**Từ khóa:** Than sinh học phân gà, đất mặn, kim loại nặng, cột rửa trôi

## 1. GIỚI THIỆU

Độ mặn của đất là yếu tố gây áp lực môi trường, hạn chế việc sử dụng đất và sản xuất nông nghiệp. Độ mặn ảnh hưởng đến hơn 10% tổng diện tích đất canh tác trên thế giới [1]. Thiệt hại kinh tế do độ mặn gây ra ước tính hơn 27 tỷ USD mỗi năm [2]. Độ mặn là nguyên nhân chính làm giảm sinh khối vi sinh vật, tốc độ phát triển của vi khuẩn và lượng dinh dưỡng sẵn có trong đất [3]. Đồng thời, độ mặn cũng tác động đến các giai đoạn phát triển của cây trồng, bao gồm quá trình nảy mầm, sinh trưởng và sinh sản. Hoạt động tưới tiêu và công nghiệp ở các khu vực ven biển, vùng đất khô cằn và bán khô hạn đang phải đối mặt với ảnh hưởng từ tình trạng nhiễm mặn và ô nhiễm kim loại nặng. Đây là nguyên nhân khiến đất nhiễm mặn bị ô nhiễm kim loại nặng trở thành vấn đề môi trường toàn cầu.

Kim loại nặng là chất gây ô nhiễm môi trường bền vững do không bị phân hủy bởi các quá trình sinh học hoặc hóa học [4]. Các kim loại nặng phổ biến gây ô nhiễm đất bao gồm cadmium (Cd), chì (Pb), thủy ngân (Hg), đồng (Cu) và kẽm (Zn) [4, 5]. Hàm lượng kim loại nặng cao gây độc cho cây trồng và đe dọa nghiêm trọng đến sức khỏe con người. Có hai phương pháp phổ biến được sử dụng để xử lý đất mặn nhiễm kim loại nặng, bao gồm phương pháp truyền thống và xử lý bằng thực vật [6]. Phương pháp truyền thống bao gồm rửa đất, chiết hơi, điện động học và giải hấp nhiệt. Phương pháp xử lý bằng thực vật sử dụng thực vật để loại bỏ hoặc ổn định các chất gây ô nhiễm từ môi trường, làm cho chất ô nhiễm trở nên không độc hại [6, 7]. So với phương pháp thông thường, phương pháp xử lý bằng thực vật có nhiều ưu điểm như chi phí, khả năng xâm lấn thấp và mức độ an toàn cao [5, 6]. Tuy nhiên, phần lớn các loài thực vật được sử dụng trong phương pháp xử lý bằng thực vật đều khó phát triển trong môi trường đất nhiễm mặn. Do đó, phương pháp này không thể áp dụng để cải tạo đất mặn bị nhiễm kim loại nặng.

Gần đây, than sinh học (BC) được ứng dụng rộng rãi trong cải tạo đất trong việc năng phục hồi đất ô nhiễm kim loại nặng [8], cải thiện chất lượng đất [9] và giảm độ mặn của đất [10]. BC có thể được sản xuất từ nhiều nguồn nguyên liệu khác nhau, bao gồm phế phẩm nông nghiệp, chất thải chế biến thực phẩm và chất thải chăn nuôi [11]. Trong đó, chất thải phân gà đã tăng nhanh chóng gây áp lực lên môi trường toàn cầu từ 625 – 938 triệu tấn hàng năm [12]. Vì vậy, việc áp dụng phân gà làm BC để cải tạo chất lượng đất mặn nhiễm kim loại nặng là một vấn đề cấp thiết trong quản lý môi trường bền vững.

Đất mặn là một vấn đề môi trường nghiêm trọng trên toàn cầu, với khoảng 1.000 triệu ha đất bị nhiễm mặn [13]. Việt Nam cũng là một trong những quốc gia bị ảnh hưởng nặng nề bởi đất mặn, với diện tích đất mặn chiếm khoảng 3% tổng diện tích (971.356 ha) [14]. Tại huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An, tình trạng xâm nhập mặn và hạn hán diễn ra nghiêm trọng trong năm 2016 và 2020, khiến hơn 2.000 ha lúa bị giảm năng

## ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THAN SINH HỌC...

suất và hơn 2.500 ha lúa bị thiệt hại trên 70% [15]. Việc sử dụng phân gà truyền thống có thể chứa muối và các chất ô nhiễm khác ảnh hưởng tiêu cực đến đất nhiễm mặn [16]. Trong khi đó, BC có khả năng cải thiện độ thoáng khí của đất, giữ nước và các chất dinh dưỡng tốt hơn. Đặc biệt, BC giúp giảm độ mặn của đất bằng cách hấp thụ và giữ lại các ion muối [17]. Vì vậy nghiên cứu chỉ sử dụng BC sản xuất từ phân gà để cải tạo đất. Nghiên cứu hiện tại được tiến hành nhằm đánh giá (i) đặc tính hóa lý của đất mặn tại Cần Giuộc và BC phân gà ở nhiệt độ nhiệt phân khác nhau; và (ii) hiệu quả hấp phụ kim loại trong đất mặn của BC thông qua mô hình cột rửa trôi

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thu thập và chuẩn bị mẫu

Mẫu đất được thu thập tại xã Tân Lập, huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An từ khu vực đất nông nghiệp trồng lúa sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu, với tọa độ 10°31'37"N, 106°42'20"E. Mẫu đất được lấy ở độ sâu từ 0 – 30cm, với đường kính 10m. Tại mỗi vị trí, 5 mẫu đất được lấy ở 4 góc với tâm đường chéo, sau đó trộn đều để thu được 1 mẫu tổng hợp [18]. Mẫu đất sau khi thu thập được bảo quản trong túi nilon hoặc bình PE ở nhiệt độ 4°C. Mẫu đất được vận chuyển đến phòng thí nghiệm, làm khô trong không khí, nghiền nhỏ và sàng qua rây 2 mm.

Mẫu phân gà được thu thập từ trang trại chăn nuôi tại Hóc Môn, thành phố Hồ Chí Minh, được làm khô trong không khí trong 7 ngày để loại bỏ tạp chất như rơm, rạ, lông gà. Sau đó, phân gà được giã nhuyễn đến kích thước nhỏ hơn 5 mm. Phân gà được trải trên khay và sấy ở nhiệt độ 60°C trong 2 giờ để loại bỏ độ ẩm. Tiếp theo, phân gà được nhiệt phân ở ba nhiệt độ khác nhau: 350°C; 450°C và 600°C, với thời gian lần lượt là 1; 1,5 và 2 giờ. Cặn cháy thu được sau quá trình nhiệt phân được gọi là BC. BC được nghiền nhỏ và sàng qua rây có kích thước lỗ 2 mm để sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo [19].

### 2.2. Xác định đặc tính hóa lý mẫu đất và BC phân gà

Độ pH và độ dẫn điện (EC) của đất và BC ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau được đo theo tỷ lệ 1:100, tương ứng 0,25 g đất/BC với 25 mL nước cất [20]. Hỗn hợp được lắc (150 vòng/phút, 60 phút), sau đó được ly tâm (4.000 vòng/phút, 10 phút) và lọc qua màng lọc PTFE với kích thước lỗ 0,45  $\mu\text{m}$ . Độ pH và EC của dịch lọc được đo bằng thiết bị đo pH cầm tay HANNA HI8424 (Romania).

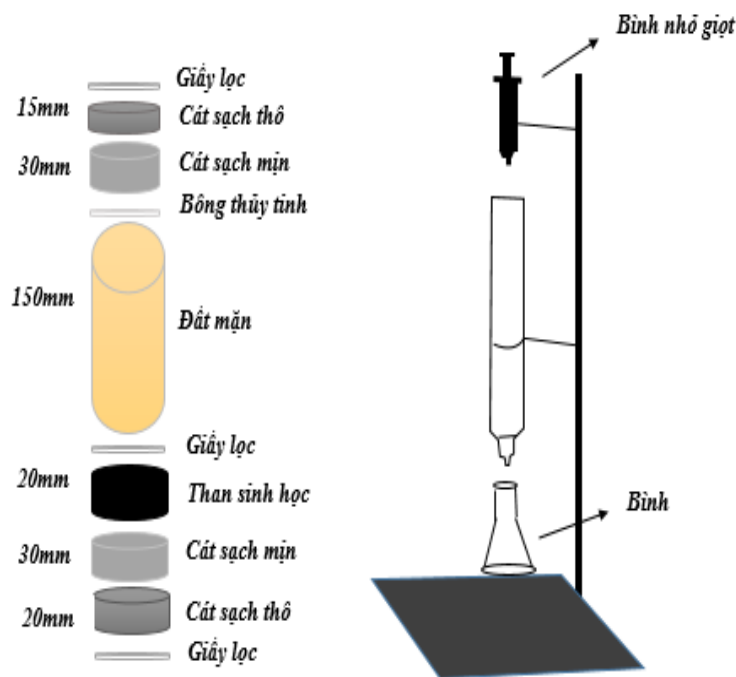
Hàm lượng amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) (mg/kg) của đất và BC phân gà được xác định bằng cách cân  $1,0 \pm 0,05$  g đất/BC vào các ống polyetylen (PE), mỗi mẫu lặp lại 3 lần. Thêm 20 mL nước cất 2 lần vào ống, lắc (150 vòng/phút, 16 giờ), ly tâm (4.000 vòng/phút, 10 phút) và lọc bỏ dịch. Tiếp tục thêm 20 mL dung dịch amoni acetate ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1M, lắc (150 vòng/phút, 24 giờ), ly tâm (4.000 vòng/phút, 10 phút), lấy dịch lọc cho vào bình định mức 100 mL. Dung dịch BC còn lại được thêm 20 mL ethanol và 20 mL dung dịch kali chloride (KCl) 2M, lắc (150 vòng/phút, 24 giờ), ly tâm (4.000 vòng/phút, 10 phút) và lọc dịch qua màng lọc PTFE với kích thước lỗ 0,45  $\mu\text{m}$  để phân tích  $\text{NH}_4^+$  (lặp lại 4 lần). Các dung dịch lọc cho vào bình định mức và đo trên máy quang phổ UV-VIS ở bước sóng  $\lambda = 640$  nm.

Khả năng trao đổi cation (CEC) (cmol/kg) của mẫu đất và BC phân gà được chiết bằng  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1M (pH 7) [21]. CEC của đất được đo sau khi ngâm mẫu đất được chiết xuất  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (bão hòa ion amoni) bằng dung dịch natri chloride (NaCl) 10%.

### 2.3. Mô hình cột rửa trôi

Để đánh giá ảnh hưởng của BC đến khả năng hấp phụ kim loại nặng trong đất, thí nghiệm cột rửa trôi đã được thực hiện với 10 cột nhựa PVC (cao 55 cm và đường kính 5 cm). Các lớp vật liệu của cột rửa trôi được thiết lập theo thứ tự giấy lọc, cát sạch thô, cát sạch mịn, bông thủy sinh, đất mặn, giấy lọc, BC, cát sạch mịn, cát sạch thô và giấy lọc (Hình 1). Trước khi đưa vào cột rửa trôi, đất được làm sạch, phơi khô và nghiền để lọc qua sàng nhằm loại bỏ các hạt có kích thước lớn hơn 2 mm [22]. Các vật liệu được đưa vào 09 cột rửa trôi theo từng lớp tương ứng với BC ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau. Cột rửa trôi còn lại được sử dụng làm mẫu đối chứng không có lớp BC (mẫu đất ban đầu).

Cột rửa trôi được cố định thẳng đứng, bình nhỏ giọt được treo phía trên cột để tạo mưa axit mô phỏng. Mưa axit được bơm vào cột với tốc độ trung bình 23 mL/giờ, dung dịch rửa trôi là nước cất 2 lần với thể tích 100 mL [23]. Quá trình bơm được thực hiện liên tục trong 60 ngày, với chu kỳ một ngày bơm và một ngày nghỉ để khô trong không khí. Nước rỉ cột rửa trôi được thu và bảo quản riêng biệt theo từng cột ở nhiệt độ 4°C.



Hình 1. Mô hình cột rửa trôi.

Nước rỉ từ cột đất thử nghiệm được lọc qua màng lọc PTFE với kích thước lỗ 0,45  $\mu\text{m}$  để loại bỏ các tạp chất. Sau đó, nước rỉ được phân tích kim loại (Ca, K, Mg, Na, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn và Ni) bằng máy quang phổ phát xạ plasma kết hợp cảm ứng (Inductively Coupled Plasma spectroscopy – Optical Emission Spectrometer, ICP-OES, Spectro Analytical Instrument GmbH, 47533 Kleve Germany)

#### 2.4. Phân tích thống kê

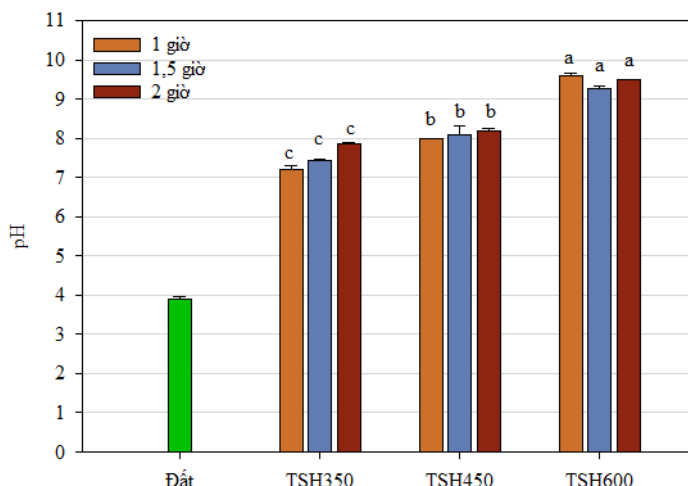
Các dữ liệu nghiên cứu được phân tích thống kê bằng phần mềm JMP Pro 16.0. Dữ liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình  $\pm$  sai số chuẩn ( $TB \pm SE$ ) của ba lần lặp. Phân tích so sánh được thực hiện bằng phân tích phương sai một chiều (ANOVA) ở khoảng tin cậy 95% với mức ý nghĩa 0,05. Đồ thị được thể hiện thông qua phần mềm Sigmaplot 14.0.

### 3. KẾT QUẢ VÀ BIỆN LUẬN

#### 3.1. Đặc tính hóa lý của mẫu đất và BC phân gà

Kết quả nghiên cứu cho thấy đất tại khu vực Cần Giuộc, Long An có tính axit mạnh, với pH trung bình là  $3,90 \pm 0,06$ . Ngược lại, BC phân gà có tính kiềm mạnh. Giá trị pH của BC phân gà tăng theo thời gian và nhiệt độ nhiệt phân. Cụ thể, ở thời gian nhiệt phân 1 giờ, pH tăng lần lượt là  $7,2 \pm 0,11$  ( $350^\circ\text{C}$ ) lên  $8,0 \pm 0,0$  ( $450^\circ\text{C}$ ) và lên đến  $9,6 \pm 0,06$  ( $600^\circ\text{C}$ ). Tương tự, đối với thời gian nhiệt phân 1,5 giờ, giá trị pH tăng lần lượt là  $7,45 \pm 0,03$  ( $350^\circ\text{C}$ );  $8,10 \pm 0,23$  ( $450^\circ\text{C}$ );  $9,25 \pm 0,09$  ( $600^\circ\text{C}$ ). Ở thời gian nhiệt phân 2 giờ, pH tăng lần lượt là  $7,85 \pm 0,03$  ( $350^\circ\text{C}$ );  $8,20 \pm 0,06$  ( $450^\circ\text{C}$ );  $9,50 \pm 0,0$  ( $600^\circ\text{C}$ ). Sự khác biệt giữa các giá trị pH theo nhiệt độ nhiệt phân BC phân gà có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) (Hình 2).

## ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THAN SINH HỌC...

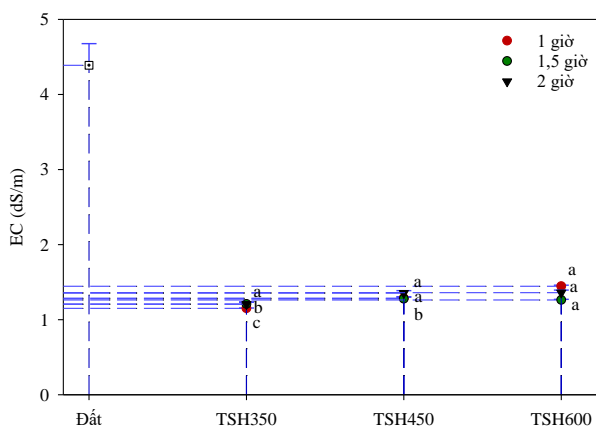


Hình 2. Giá trị pH của mẫu đất và BC phân gà.

a, b, c: các thanh gắn với các chữ cái khác nhau có sự khác biệt đáng kể với nhau.

Kết quả nghiên cứu hiện tại chứng minh đất tại khu vực Cần Giuộc, Long An có tính axit mạnh do sự hiện diện của pyrit. Pyrit, sau khi bị oxy hóa và hydrat hóa, sẽ giải phóng hydro sunfua. Hydro sunfua sau đó thủy phân thành axit sunfuric, làm giảm pH của đất [24]. Trong khi đó BC phân gà có tính kiềm mạnh. Tương tự kết quả nghiên cứu hiện tại, Nguyen và cộng sự (2010) [25] cũng cho thấy BC sản xuất từ phụ phẩm ngô, đậu phộng và đậu nành (ở nhiệt độ 300°C) có tính kiềm mạnh với độ pH lần lượt là 9,4; 8,6 và 7,7. Sự khác biệt về độ pH là do nguồn sinh khối khác nhau. El-Gamal và cộng sự (2017) [26] cũng báo cáo rằng độ pH của BC mía đường (8,6) thấp hơn trấu (8,9). Sự gia tăng giá trị pH có thể là do khả năng phân hủy chất nền hữu cơ của nguồn nguyên liệu đầu vào [27]. Than sinh học (pH 7–9) được bổ sung vào đất (pH < 7) làm tăng độ pH của đất và giảm mức linh động của các kim loại hiện diện trong đất do ít có sự cạnh tranh giữa ion kim loại và ion H<sup>+</sup> tại vị trí trao đổi cation [28].

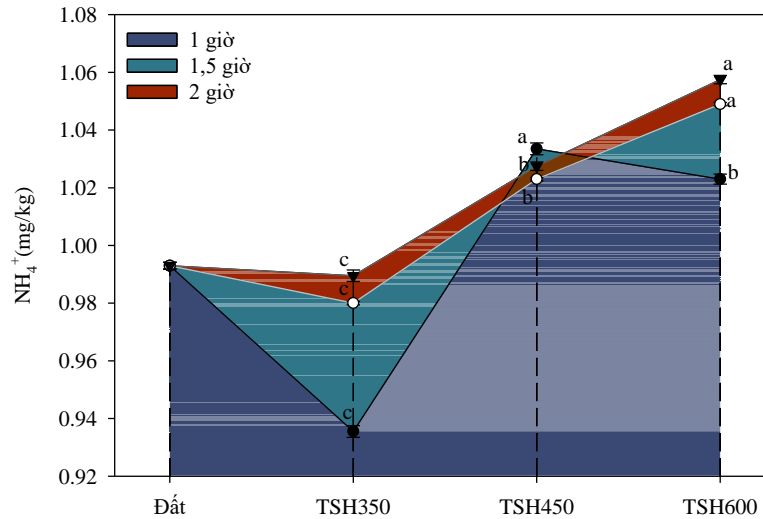
Kết quả khảo sát hàm lượng EC trung bình của các mẫu đất tại khu vực nghiên cứu là  $4,39 \pm 0,289$  dS/m. Hàm lượng EC của BC phân gà ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau thấp hơn so với đất, nhưng đều tăng dần theo thời gian nhiệt phân. Cụ thể, ở thời gian nhiệt phân 1 giờ, hàm lượng EC của BC phân gà lần lượt là  $1,15 \pm 0,004$  dS/m (350°C),  $1,29 \pm 0,018$  dS/m (450°C) và  $1,44 \pm 0,014$  dS/m (600°C). Ở thời gian nhiệt phân 1,5 giờ, hàm lượng EC tăng lên  $1,21 \pm 0,024$  dS/m (350°C),  $1,28 \pm 0,020$  dS/m (450°C) và  $1,26 \pm 0,009$  dS/m (600°C). Ở thời gian nhiệt phân 2 giờ, hàm lượng EC tiếp tục tăng lên  $1,21 \pm 0,028$  dS/m (350°C),  $1,35 \pm 0,033$  dS/m (450°C) và  $1,36 \pm 0,034$  dS/m (600°C). Sự khác biệt về hàm lượng EC giữa các mẫu BC ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) (Hình 3).



Hình 3. Giá trị EC của mẫu đất và BC phân gà.

a, b, c: các thanh gắn với các chữ cái khác nhau có sự khác biệt đáng kể với nhau.

Kết quả khảo sát hàm lượng EC trung bình của các mẫu đất tại khu vực nghiên cứu cao hơn so với giá trị ngưỡng nhiễm mặn (2 – 4 dS/m), có khả năng gây hại nhiều loại cây trồng [29]. Hàm lượng EC trong BC là yếu tố quan trọng hỗ trợ dinh dưỡng đối với đất mặn, giúp cải thiện sự phát triển của cây trồng [30]. Đặc biệt, hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  trong mẫu đất và BC phân gà có sự tương đồng đáng kể, với giá trị trung bình lần lượt là  $0,99 \pm 1,555 \text{ mg/kg}$  và  $0,97 \pm 0,004 \text{ mg/kg}$  (Hình 4).

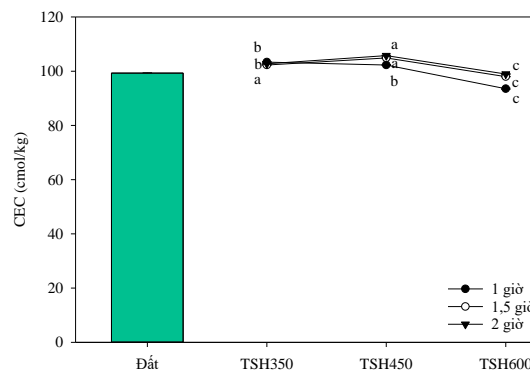


Hình 4. Giá trị  $\text{NH}_4^+$  của mẫu đất và BC phân gà.

a, b, c: các thanh gắn với các chữ cái khác nhau có sự khác biệt đáng kể với nhau.

Cụ thể, hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  trong mẫu đất là  $0,99 \pm 1,555 \text{ mg/kg}$ , trong khi trong mẫu BC phân gà ở 1 giờ nhiệt phân là  $0,93 \pm 0,002 \text{ mg/kg}$  (350°C),  $1,03 \pm 0,002 \text{ mg/kg}$  (450°C) và  $1,02 \pm 0,002 \text{ mg/kg}$  (600°C). Ở 1,5 giờ, hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  là  $0,98 \pm 0,006 \text{ mg/kg}$  (350°C),  $1,03 \pm 0,006 \text{ mg/kg}$  (450°C) và  $1,05 \pm 0,006 \text{ mg/kg}$  (600°C). Ở 2 giờ, hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  là  $0,99 \pm 0,002 \text{ mg/kg}$  (350°C),  $1,03 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$  (450°C) và  $1,05 \pm 0,006 \text{ mg/kg}$  (600°C). Sự khác biệt giữa các mẫu BC ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) (Hình 4). BC có khả năng giữ lại  $\text{NH}_4^+$  trong đất thông qua CEC trên bề mặt bằng lực hút tĩnh điện và phụ thuộc vào nguyên liệu, điều kiện sản xuất BC [31].

CEC là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá độ phì nhiêu của đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị CEC trung bình của mẫu đất khảo sát là  $99,3 \pm 0,11 \text{ cmol/kg}$ . Ở thời gian nhiệt phân 1 giờ, CEC của BC phân gà dao động từ  $103,35 \pm 0,2 \text{ cmol/kg}$  (350°C) đến  $93,55 \pm 0,2 \text{ cmol/kg}$  (600°C). Tuy nhiên, ở thời gian nhiệt phân 1,5 giờ và 2 giờ, CEC của BC phân gà tăng lên lần lượt là  $104,9 \pm 0,06 \text{ cmol/kg}$  và  $105,75 \pm 0,14 \text{ cmol/kg}$  (350°C), sau đó giảm xuống  $98,0 \pm 0,2 \text{ cmol/kg}$  và  $98,95 \pm 0,20 \text{ cmol/kg}$  (600°C). Sự khác biệt giữa các mẫu BC phân gà ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) (Hình 5).



Hình 5. Giá trị CEC của mẫu đất và BC phân gà.

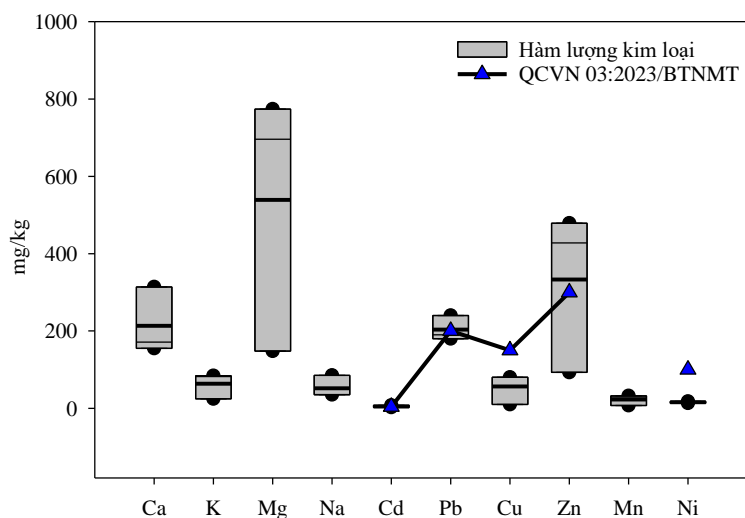
a, b, c: các thanh gắn với các chữ cái khác nhau có sự khác biệt đáng kể với nhau.

## ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THAN SINH HỌC...

Đất có CEC cao thường chứa nhiều chất dinh dưỡng và có khả năng giữ nước tốt hơn, giúp cây trồng phát triển mạnh. Tương tự kết quả nghiên cứu hiện tại nhiều nghiên cứu đã báo cáo rằng CEC của BC giảm khi nhiệt độ nhiệt phân tăng [32, 33]. CEC giảm là do sự loại bỏ các nhóm chức chứa oxi trên bề mặt BC và hình thành carbon thơm [34]. CEC của BC cũng phụ thuộc vào loại nguyên liệu đầu vào. Cely và cộng sự (2015) [35] đã báo cáo giá trị CEC của BC có nguồn gốc từ phân lợn (32,7 cmol/kg) thấp hơn phân gà (81,4 cmol/kg) ở 500°C và thấp hơn so với nghiên cứu hiện tại (101,3 cmol/kg). Tag và cộng sự (2016) [36] đã quan sát thấy rằng CEC cao nhất trong BC có nguồn gốc từ táo (57,5 cmol/kg) và phân gia cầm (48,4 cmol/kg) và thấp nhất trong BC bã cam (29,9 cmol/kg) ở 500°C. Kết quả tương tự đã được Gaskin và cộng sự (2008) [37] báo cáo với CEC của BC phân gia cầm (38,3 cmol/kg) cao hơn so với BC vỏ đậu phộng (4,6 cmol/kg) và vụn gỗ thông (5,0 cmol/kg) ở 500°C. Sự khác biệt này là do sinh khối có hàm lượng tro cao tạo ra BC có CEC cao hơn. BC có CEC cao có thể giữ lại nhiều chất dinh dưỡng hơn, giảm quá trình rửa trôi chất dinh dưỡng và tăng khả năng hấp thụ amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), kali ( $\text{K}^+$ ), canxi ( $\text{Ca}^{2+}$ ) và magie ( $\text{Mg}^{2+}$ ) từ đất đến rễ cây bằng cách giải phóng  $\text{H}^+$  để cân bằng điện tích trong đất [38].

### 3.2. Đánh giá hàm lượng kim loại trong đất mặn thông qua mô hình cột rửa trôi

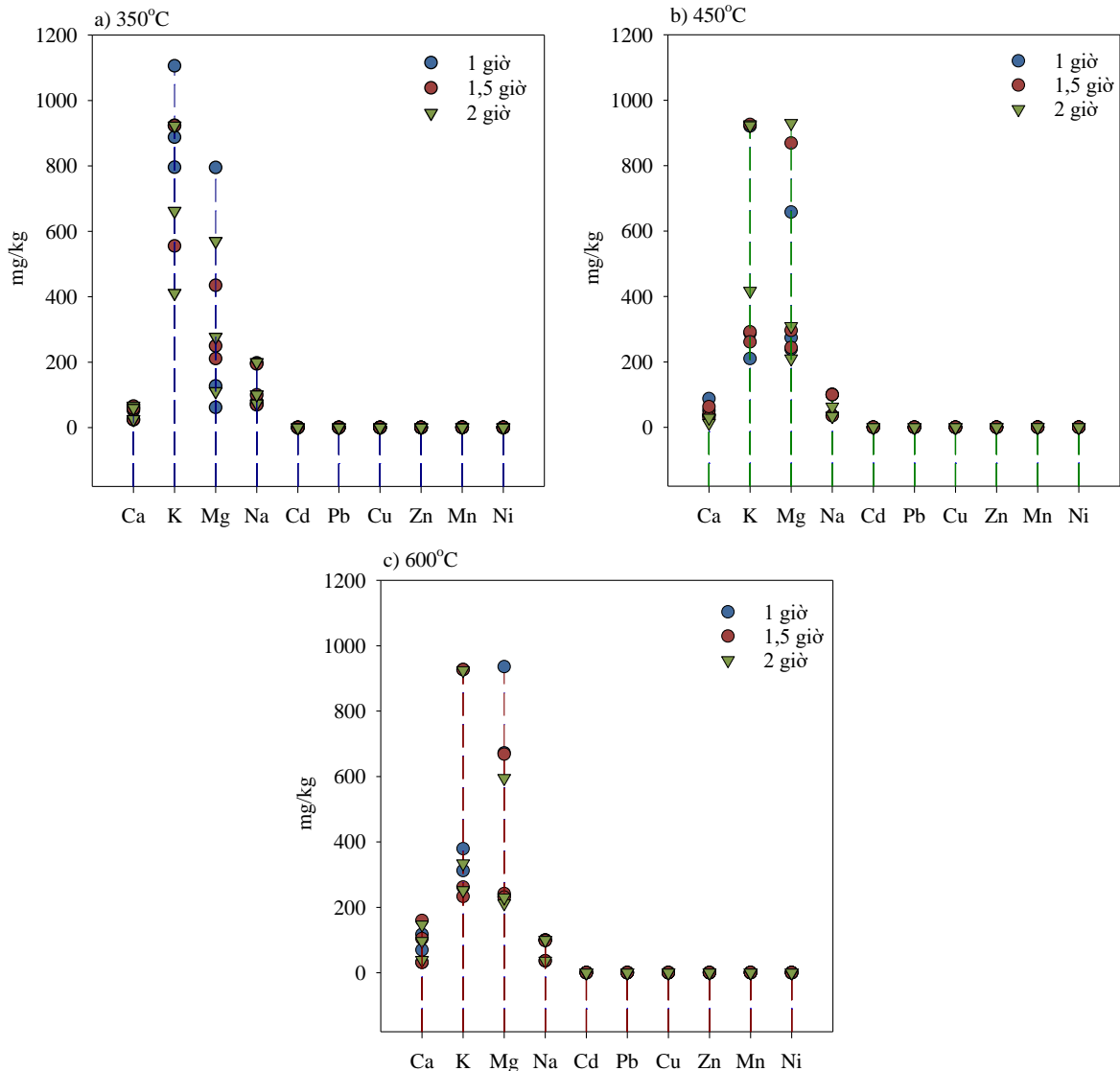
Ô nhiễm đất bởi các kim loại như Ca, K, Mg, Na, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn và Ni là một vấn đề môi trường nghiêm trọng trên toàn thế giới. Kim loại có thể dễ dàng xâm nhập vào chuỗi thức ăn và tích lũy trong cơ thể động vật và con người, gây ra các vấn đề sức khỏe như rối loạn thần kinh và miễn dịch. Kết quả nghiên cứu hiện tại cho thấy hàm lượng một số kim loại trong mẫu đất vượt quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 03:2023/BTNMT (Loại 1) đối với chất lượng đất sử dụng trong nông nghiệp canh tác cây hàng năm (lúa). Cụ thể, hàm lượng Cd là  $4,63 \pm 1,47$  mg/kg, vượt quá giá trị cho phép là 4 mg/kg. Tương tự, hàm lượng Pb và Zn cũng vượt mức cho phép lần lượt là  $203,33 \pm 18,56$  mg/kg (200 mg/kg) và  $333,33 \pm 1.221,06$  mg/kg (300 mg/kg) (Hình 6).



Hình 6. Hàm lượng kim loại trong mẫu đất ban đầu.

Kết quả sau quá trình rửa trôi cho thấy hàm lượng Ca trong đất mặn giảm đáng kể khi bổ sung BC ở các nhiệt độ nhiệt phân khác nhau (Hình 7). Cụ thể, hàm lượng Ca giảm 4,4 lần ở nhiệt độ 350°C, 5,1 lần ở nhiệt độ 450°C và 2,4 lần ở nhiệt độ 600°C. Ngược lại, hàm lượng K trong đất tăng đáng kể sau khi bổ sung BC. Giá trị hàm lượng K tăng lần lượt là 12,6 lần ở nhiệt độ 350°C, 9 lần ở nhiệt độ 450°C và 8 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Mg trong đất cũng có xu hướng giảm khi bổ sung BC, nhưng mức độ giảm không lớn như Ca. Hàm lượng Mg giảm 1,7 lần ở nhiệt độ 350°C, 1,2 lần ở nhiệt độ 450°C và 1,2 lần ở nhiệt độ 600°C. Tuy nhiên, sau khi bổ sung BC, hàm lượng Mg có xu hướng tăng dần. Giá trị Mg tăng lần lượt là 2,3 lần ở nhiệt độ 350°C, 1,3 lần ở nhiệt độ 450°C và 1,5 lần ở nhiệt độ 600°C. Kết quả khảo sát cũng cho thấy khả năng cải tạo đất mặn mẽ của BC phân gà thể hiện qua sự giảm mạnh hàm lượng các kim loại nặng trong đất. Cụ thể, hàm lượng Cd giảm 834 lần ở nhiệt độ 350°C, 1.544,4 lần ở nhiệt độ 450°C và

1.544,4 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Pb giảm 76.250 lần ở nhiệt độ 350°C, 203.333,3 lần ở nhiệt độ 450°C và 228.750 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Cu giảm 71.831 lần ở nhiệt độ 350°C, 318.750 lần ở nhiệt độ 450°C và 34.000 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Zn giảm 15.527,9 lần ở nhiệt độ 350°C, 340.901,1 lần ở nhiệt độ 450°C và 600.0000 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Mn giảm 31,4 lần ở nhiệt độ 350°C, 63,5 lần ở nhiệt độ 450°C và 67,7 lần ở nhiệt độ 600°C. Hàm lượng Ni giảm 81,4 lần ở nhiệt độ 350°C, 1.770 lần ở nhiệt độ 450°C và 1.792,4 lần ở nhiệt độ 600°C (Hình 7).



Hình 7. Hàm lượng kim loại trong mẫu đất sau khi bổ sung BC phân gà theo nhiệt độ và thời gian nhiệt phân. BC giúp cố định kim loại trong đất theo cơ chế kết tủa bằng cách tăng độ pH của đất [39] và phụ thuộc vào pH, EC, CEC của BC [40]. Việc bổ sung BC vào đất giúp tăng hàm lượng Na, K, Ca, Mg, giúp cây trồng dễ dàng hấp thụ các chất dinh dưỡng này. Kết quả này tương tự với các nghiên cứu trước đây của Jha và cộng sự (2010) [41] cùng với Albuquerque và cộng sự (2014) [42]. BC giúp cải thiện các đặc tính vật lý, hóa học và sinh học của đất thông qua quá trình tăng số lượng và tính sẵn có của các yếu tố dinh dưỡng, giảm rửa trôi chất dinh dưỡng [43]. Jia và cộng sự (2021) [44] cũng đã nghiên cứu tác động của BC phụ phẩm ngô nhiệt phân ở 600°C đối với khả năng di chuyển của kim loại (Cu, Pb, Zn và Cd) thông qua cột lọc mô phỏng mưa axit chứng minh BC làm giảm độc tính của kim loại trong đất. Sun và cộng sự (2020) [45] cũng đã áp dụng BC trong cột đất rửa trôi chứng minh hiệu quả cải thiện đặc tính đất (như tăng pH; giảm hàm lượng Pb và Cd), đóng vai trò quan trọng đối với việc cải tạo chất lượng đất và môi trường.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy đất ở Cần Giuộc, Long An mang tính axit mạnh (pH 3,9) trong khi BC phân gà mang tính kiềm mạnh (pH từ 7,2 – 9,6). Đất tại khu vực nghiên cứu được xác định nhiễm mặn với hàm lượng EC cao ( $4,39 \pm 0,289$  dS/m). Trong khi  $\text{NH}_4^+$  và CEC phát hiện trong mẫu đất và BC phân gà không có sự chênh lệch đáng kể lần lượt là  $\sim 1$  mg/kg và  $\sim 100$  cmol/kg. Đặc biệt, hàm lượng kim loại Cd ( $4,63 \pm 1,47$  mg/kg), Pb ( $203,33 \pm 18,56$  mg/kg) và Zn ( $333,33 \pm 1 221,06$  mg/kg) trong đất được phát hiện vượt ngưỡng QCVN 03:2023/BTNMT. Sau 60 ngày bổ sung BC phân gà thông qua mô hình cột rửa trôi, hàm lượng các kim loại nặng trong đất đều giảm xuống thấp hơn 0,01 mg/kg. Đáng chú ý là ở mẫu BC 600°C với thời gian lưu 2 giờ xác định hàm lượng kim loại Cu là 0 mg/kg. Do đó, BC 600°C được xem là BC có hiệu quả hấp phụ kim loại trong đất nhiễm mặn tốt nhất. Nghiên cứu hiện tại chứng minh việc bổ sung BC phân gà vào đất có tiềm năng cải thiện chất lượng đất nhiễm mặn và giảm hàm lượng kim loại nặng. Kết quả nghiên cứu giúp nông dân lựa chọn các kế hoạch quản lý đất phù hợp để cải thiện hiệu quả sử dụng đất, giảm tác động đến môi trường, tăng năng suất và kinh tế.

#### LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành nghiên cứu này, tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh (IUH) và Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường (IESEM) – IUH đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và trang thiết bị thí nghiệm. Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến sinh viên của IESEM đã hỗ trợ tích cực trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. A. Shahid, M. Zaman, and L. Heng, *Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In Guideline for Salinity Assessment*. Springer: Cham, Switzerland, 2018.
2. Z. Christian, G. Christoph-Martin, and D. Karl-Josef, "Salinity and crop yield", *Plant Biology*, 2018, 21, 31–38. <https://doi.org/10.1111/plb.12884>
3. J. Liang, Y. Li, B. Si, Y. Wang, X. Chen, X. Wang, and H. Chen, "Optimizing biochar application to improve soil physical and hydraulic properties in saline-alkali soils", *Science of The Total Environment*, 2021, 771, 144802. <https://doi.org/10.3390/su16062523>
4. P. Nagajyoti, K. Lee, and T. Sreekanth, "Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review", *Environmental Chemistry Letters*, 2010, 8, 199–216. <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
5. V. Sharma, X. Li, G. Wu, W. Bai, S. Parmar, J. J. White, and H. Li, "Endophytic community of Pb-Zn hyperaccumulator *Arabis alpina* and its role in host plants metal tolerance", *Plant Soil*, 2019, 437, 397–411. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-03988-0>
6. S. Lutts and I. Lefèvre, "How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas?", *Annals of Botany*, 2015, 115, 509–528. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu264>
7. G. Saxena, D. Purchase, S. Mulla, G. Saratale, and R. Bharagava, "Phytoremediation of heavy metal-contaminated sites: eco-environmental concerns, field studies, sustainability issues, and future prospects", *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2019, 249, 71–131. [https://doi.org/10.1007/398\\_2019\\_24](https://doi.org/10.1007/398_2019_24)
8. M. F. Seleiman and E. M. Hafez, "Optimizing Inputs Management for Sustainable Agricultural Development", *In Mitigating Environmental Stresses for Agricultural Sustainability in Egypt; Springer Water; Springer: Cham, Switzerland*, 2021, 487–507.
9. R. Cen, W. Feng, F. Yang, W. Wu, H. Liao, and Z. Qu, "Effect mechanism of biochar application on soil structure and organic matter in semi-arid areas", *Journal of Environmental Management*, 2021, 286, 112198. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112198>
10. C. Kong, M. Camps-Arbestain, B. Clothier, P. Bishop, and F. M. Vázquez, "Use of either pumice or willow-based biochar amendments to decrease soil salinity under arid conditions", *Environmental Technology & Innovation*, 2021, 24, 101849. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101849>
11. M. Guo, W. Song, and J. Tian, "Biochar-facilitated soil remediation: Mechanisms and efficacy variations", *Frontiers in Environmental Science*, 2020, 8, 183. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.521512>
12. V. Mau and G. Amit, "Energy conversion and gas emissions from production and combustion of poultry-litter-derived hydrochar and biochar", *Applied Energy*, 2018, 213, 510–519. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.033>
13. M. Khalid, M. I. Chughtai, A. R. Awan, and R. A. Waheed, "Biomass production of some salt tolerant tree species grown in different ecological zones of Pakistan", *Pakistan Journal of Botany*, 2016, 48(1), 89–96.



14. Anonymous, "Vietnam Soil Science Society (VSSS). The soil of Vietnam", *Agricultural Publishing House, Ha Noi (in Vietnamese)*, 1996,
15. Y. Tsuba, H. Somura, and T. N. Q. Vo, "Transition of Land and Water Use Status in Can Giuoc District, Long An Province, Vietnam," Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University 2021.
16. X. Hao and C. Chang, "Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta?", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, 94(1), 89–103. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00008-7)
17. T. Purakayastha, T. Bera, D. Bhaduri, B. Sarkar, S. Mandal, P. Wade, S. Kumari, and S. Biswas, "A review on biochar modulated soil condition improvements and nutrient dynamics concerning crop yields: Pathways to climate change mitigation and global food security", *Chemosphere*, 2019, 227, 345–365. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.170>
18. G. Yoo, H. Kim, J. Chen, and Y. Kim, "Effects of Biochar Addition on Nitrogen Leaching and Soil Structure following Fertilizer Application to Rice Paddy Soil.", *Soil Science Society of America Journal*, 2014, 9.
19. J. Pan, J. Ma, X. Liu, L. Zhai, X. Ouyang, and H. Liu, "Effects of different types of biochar on the anaerobic digestion of chicken manure", *Bioresource Technology*, 2018, 275, 258–265. <https://doi.org/10.3390/en12081518>
20. B. Singh, M. Dolk, Q. Shen, and M. Camps-Arbstain, "Biochar pH, electrical conductivity and liming potential", 2017,
21. Y. Mulat, K. Kibret, B. Bedadi, and M. Mohammed, "Soil quality evaluation under different land use types in Kersa sub-watershed, eastern Ethiopia", *Environmental Systems Research*, 2021, 10(19), 1-11. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13190>
22. S. Banzhaf, K. Nodler, T. Licha, A. Krein, and T. Scheytt, "Redox-sensitivity and mobility of selected pharmaceutical compounds in a low flow column experiment", *Sci Total Environ*, 2012, 438, 113-21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.041>
23. D. Zhou, D. Liu, F. Gao, M. Li, and X. Luo, "Effects of Biochar-Derived Sewage Sludge on Heavy Metal Adsorption and Immobilization in Soils", *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(7), <https://doi.org/10.3390/ijerph14070681>
24. D. Allotey, R. Asiamah, C. Dedzoe, and A. Nyamekye, "Physico-chemical properties of three salt-affected soils in the Lower Volta Basin and management strategies for their sustainable utilization", *West African Journal of Applied Ecology*, 2009, 12(1), 163-182. <https://doi.org/10.4314/wajae.v12i1.45776>
25. B. Nguyen, J. Lehmann, W. Hockaday, S. Joseph, and C. Masiello, "Temperature sensitivity of black carbon decomposition and oxidation", *Environmental Science & Technology*, 2010, 44, 3324–3331. <https://doi.org/10.1021/es903016y>
26. E. El-Gamal, M. Saleh, I. Elsokkary, M. Rashad, and M. Abd El-Latif, "Comparison between properties of biochar produced by traditional and controlled pyrolysis", *Alexandria Science Exchange Journal*, 2017, 38, 413–424. <https://doi.org/10.21608/ASEJAIQJSAE.2017.3720>
27. M. Garcia-Jaramillo, L. Cox, H. Knicker, J. Cornejo, K. Spokas, and M. Hermosín, "Characterization and selection of biochar for an efficient retention of tricyclazole in a flooded alluvial paddy soil", *Journal of Hazardous Materials*, 2015, 286, 581–588. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.10.052>
28. M. F. Aller, "Biochar properties: Transport, fate, and impact", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2016, 46, 1183–1296. <https://doi.org/10.1080/10643389.2016.1212368>
29. D. L. Sparks, *Environmental Soil Chemistry* (Chapter 10. The Chemistry of Saline and Sodic Soils). Academic Press, 2003.
30. M. A. Bustamante, R. Moral, C. Paredes, A. Perez-Espinosa, J. Moreno-Caselles, and M. D. Perez-Murcia, "Agrochemical characterization of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry", *Waste Management*, 2008, 28(2), 372-380.
31. T. T. N. Nguyen, C. Y. Xu, I. Tahmasbian, R. Che, Z. Xu, and X. Zhou, "Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis", *Geoderma*, 2017, 288, 79-96. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.004>
32. A. Mukherjee, A. Zimmerman, and W. Harris, "Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochar", *Geoderma*, 2011, 163, 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.04.021>
33. W. Song and M. Guo, "Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2012, 94, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.11.018>
34. C. Banik, M. Lawrinenko, S. Bakshi, and D. Laird, "Impact of pyrolysis temperature and feedstock on surface charge and functional group chemistry of biochars", *Journal of Environmental Quality*, 2018, 47, 452–461. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.11.0432>
35. P. Cely, G. Gascó, J. Paz-Ferreiro, and A. Méndez, "Agronomic properties of biochars from different manure wastes", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2015, 111, 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.11.014>

36. A. Tag, G. Duman, S. Ucar, and J. Yanik, "Effects of feedstock type and pyrolysis temperature on potential applications of biochar", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2016, 120, 200–206.
37. J. Gaskin, C. Steiner, K. Harris, K. Das, and B. Bibens, "Effect of low- temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use", *Transactions of the ASABE*, 2008, 51(6), 2061–2069. <https://doi.org/10.13031/2013.25409>
38. K. N. Palansooriya, Y. S. Ok, Y. M. Awad, S. S. Lee, J. K. Sung, and A. Koutsospyros, "Impacts of biochar application on upland agriculture: A review", *Journal of Environmental Management*, 2019, 234, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.085>
39. X. Wang, V. W. C. Chang, Z. Li, Z. Chen, and Y. Wang, "Co-pyrolysis of sewage sludge and organic fractions of municipal solid waste: Synergistic effects on biochar properties and the environmental risk of heavy metals", *Journal of Hazardous Materials*, 2021, 412, 125200. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125200>
40. S. Dahlawi, A. Naeem, Z. Rengel, and R. Naidu, "Biochar application for the remediation of salt-affected soils: Challenges and opportunities", *Science of the Total Environment*, 2018, 625, 320–335. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.257>
41. P. Jha, A. Biswas, B. Lakaria, and R. A. Subba, "Biochar in agriculture—prospects and related implications", *Current Science*, 2010, 99, 1218–1225.
42. J. Albuquerque, J. Calero, V. Barrón, J. Torrent, M. del Campillo, A. Gallardo, and R. Villar, "Effects of biochars produced from different feedstocks on soil properties and sunflower growth", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2014, 177, 16–25. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200652>
43. Y. Ding, Y. Liu, S. Liu, Z. Li, X. Tan, X. Huang, G. Zeng, L. Zhou, and B. Zheng, "Biochar to improve soil fertility: a review", *Agronomy for Sustainable Development*, 2016, 36, 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0372-z>
44. M. Jia, J. Yu, Z. Li, L. Wu, and P. Christie, "Effects of biochar on the migration and transformation of metal species in a highly acid soil contaminated with multiple metals and leached with solutions of different pH", *Chemosphere*, 2021, 278, 130344. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130344>
45. J. Sun, L. Cui, G. Quan, J. Yan, H. Wang, and L. Wu, "Effects of Biochar on Heavy Metals Migration and Fractions Changes with Different Soil Types in Column Experiments", *BioResources*, 2020, 15(2), 4388–4406. <https://doi.org/10.15376/biores.15.2.4388-4406>

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF CHICKEN MANURE BIOCHAR ON  
HEAVY METALS ADSORPTION IN SALINE SOIL IN CAN GIUOC, LONG AN  
NGUYEN XUAN TONG**

*Institute for Environmental Science, Engineering & Management,*

*Industrial University of Ho Chi Minh City*

*Corresponding author: [nguyenxuantong@iuh.edu.vn](mailto:nguyenxuantong@iuh.edu.vn)*

**Abstract:** In the present study, a leaching column model was performed to evaluate the effects of adding chicken manure biochar (BC) (350, 450 and 600°C with retention time of 1, 1.5 and 2 hours) on heavy metal adsorption capacity in saline soil in Can Giuoc district, Long An province. The collected soil sample was determined to be strongly acidic (pH 3.9), while BC was strongly alkaline (pH 7.2 – 9.6). The high electrical conductivity (EC) content ( $4.39 \pm 0.289$  dS/m) shows that the soil in the study area is saline, EC is higher than chicken manure BC (<1.5 dS/m). In particular, the content of Cd ( $4.63 \pm 1.47$  mg/kg), Pb ( $203.33 \pm 18.56$  mg/kg) and Zn ( $333.33 \pm 1221.06$  mg/kg) in soil exceeded the value QCVN 03:2023/BTNMT. After adding BC through the leaching column model, the content of heavy metals in the soil decreased to less than 0.01 mg/kg. The research results are a database that helps policymakers monitor progress in saline soil reclamation and soil health management.

**Keywords:** Chicken manure biochar, saline soil, heavy metals, leaching column

*Ngày gửi bài: 19/3/2024*

*Ngày chấp nhận đăng: 22/7/2024*