

## PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BIOCHAR FROM SUGARCANE BAGASSE

Nguyen Dat Phuong

Mien Tay Construction University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Received:</b> 04/9/2022</p> <p><b>Revised:</b> 19/12/2022</p> <p><b>Published:</b> 21/12/2022</p>	<p>The aim of this study was to determine some physico-chemical properties of biochar from sugarcane bagasse at pyrolysis temperature of 500°C and 700°C. Biochar was produced by pyrolysis method (500°C and 700°C) by a kiln - VMF 165, the nitrogen gas was pumped into the furnace at a rate of 3 L min<sup>-1</sup> to remove the air from inside of the furnace. The kiln temperature was increased from room temperature to 500°C and 700°C at a heating rate of 10°C min<sup>-1</sup>. The treatments were randomly arranged with 2 treatments and 3 replicates for each treatment. Results of SEM show that biochar from sugarcane bagasse at a pyrolysis temperature of 500°C and 700°C has a pore structure which is much higher than raw bagasse. Biochar yield at 500°C is higher than 700°C by 28.19% and 21.18%, respectively. The pH, EC, and CEC values of biochar from sugarcane bagasse are increased with increasing temperature. The high carbon content at 700°C has reached 38.97%. The pH<sub>pzc</sub> value at 500°C is 8.26 and at 700°C, it is 9.29.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p> <p>Biochar</p> <p>CEC</p> <p>EC</p> <p>pH</p> <p>Sugarcane bagasse</p>	

## TÍNH CHẤT LÝ HÓA CỦA THAN SINH HỌC TỪ BÃ MÍA

Nguyễn Đạt Phương

Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p><b>Ngày nhận bài:</b> 04/9/2022</p> <p><b>Ngày hoàn thiện:</b> 19/12/2022</p> <p><b>Ngày đăng:</b> 21/12/2022</p>	<p>Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định một số tính chất lý hóa của than sinh học từ bã mía ở nhiệt độ nhiệt phân 500°C và 700°C. Than sinh học được chế tạo bằng phương pháp nhiệt phân (500°C và 700°C) bằng lò nung VMF 165, tốc độ khí nitơ được bơm vào lò là 3 L phút<sup>-1</sup> để loại bỏ không khí trong lò. Sau đó, nhiệt độ lò được nâng lên từ nhiệt độ phòng đến 500°C và 700°C với tốc độ gia nhiệt 10°C phút<sup>-1</sup>. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nghiệm thức và 3 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Kết quả SEM cho thấy than sinh học từ bã mía ở nhiệt độ 500°C và 700°C có cấu trúc lỗ rỗng cao hơn rất nhiều so với bã mía thô. Năng suất than sinh học từ bã mía ở 500°C cao hơn 700°C lần lượt là 28,19% và 21,18%. Giá trị pH, EC, CEC của than sinh học từ bã mía đều tăng khi nhiệt độ tăng. Hàm lượng cacbon cao nhất ở 700°C đạt 38,97%. Giá trị pH<sub>pzc</sub> ở 500°C là 8,26 và ở nhiệt độ 700°C là 9,29.</p>
<p><b>TỪ KHÓA</b></p> <p>Bã mía</p> <p>CEC</p> <p>EC</p> <p>pH</p> <p>Than sinh học</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6416>

Email: [nguyendatphuong@mtu.edu.vn](mailto:nguyendatphuong@mtu.edu.vn)

<http://jst.tnu.edu.vn>

12

Email: [jst@tnu.edu.vn](mailto:jst@tnu.edu.vn)

## 1. Mở đầu

Than sinh học (TSH) là một sản phẩm giàu cacbon thu được do nhiệt phân sinh khối các sản phẩm từ thực vật, động vật, kể cả các loại phân chuồng, ... được đốt trong điều kiện ít hoặc không có oxy; hay TSH là sản phẩm bởi sự phân hủy các chất hữu cơ dưới điều kiện giới hạn oxy và nhiệt độ thấp ( $< 700^{\circ}\text{C}$ ) [1]. Cấu trúc của TSH rất phức tạp, không đồng nhất và bao gồm các hợp chất vô cơ (chủ yếu là khoáng chất, chẳng hạn như oxit, cation, anion, gốc tự do, ...) và hữu cơ (phân tử hữu cơ không bền và dễ ăn mòn) [2]. Các đặc tính vật lý và hóa học của TSH là chìa khóa để hiểu các hoạt động và cơ chế của TSH trong việc cải thiện độ phì nhiêu của đất [3]. Cơ chế chính cho việc cải tạo năng suất của cây là do TSH làm tăng khả năng giữ nước cho đất sau khi bổ sung TSH vào [4], [5]. Than sinh học có tổng độ xốp cao, vừa có thể giữ nước trong các lỗ rỗng nhỏ, vừa tăng khả năng giữ nước và giúp nước thấm từ bề mặt đất lên lớp đất mặt qua các lỗ rỗng lớn hơn sau mưa lớn [6]. Việc ứng dụng TSH có thể làm tăng giá trị pH của đất. Theo Y. Wang, Yin, và Liu [7], TSH trâu làm tăng độ pH của đất vườn chè (đất chua) từ 3,33 lên 3,63. Còn theo Laird, và *Dtg* [8] pH của đất nông nghiệp tăng gần 1 đơn vị pH đối với đất được bổ sung TSH được sản xuất từ gỗ cứng hỗn hợp (*Quercus* spp. and *Carya* spp.). Sự gia tăng độ pH của đất có thể là điều kiện thích hợp cho rễ hấp phụ một số nguyên tố trong đất dẫn đến canh tác phát triển tốt. Khả năng trao đổi cation là những thước đo gián tiếp về khả năng giữ nước và chất dinh dưỡng của đất. Theo Laird, và *Dtg* [8] việc bổ sung TSH làm tăng khả năng trao đổi cation từ 4 đến 30% so với các nghiệm thức không bổ sung TSH. Tương tự, khả năng trao đổi cation của đất phong hóa cao đã tăng từ 7,41 lên 10,8  $\text{cmolc kg}^{-1}$  sau khi xử lý bằng TSH được tạo ra từ cây keo dậu [9]. Hơn nữa, sự gia tăng lượng cation có thể trao đổi trong các loại đất đã được bổ sung TSH cho thấy sự cải thiện về độ phì nhiêu của đất và duy trì chất dinh dưỡng, có thể là do diện tích bề mặt riêng cao và một số nhóm cacboxylic của TSH [10]. Lượng các nguyên tố dinh dưỡng chiết xuất được (Na, K, Ca và Mg) tăng lên sau khi sử dụng TSH [7].

Việt Nam là đất nước nông nghiệp chiếm tỷ trọng lớn, số lượng phế phẩm, phụ phẩm nông nghiệp thải bỏ rất lớn, trong đó có bã mía. Theo số liệu thống kê của N. T. K. Trinh, và *Dtg* [11], lượng bã mía thải bỏ khoảng 4,5 triệu tấn/năm. Tuy nhiên, hầu hết chúng đều được xử lý bằng phương pháp đốt hoặc đổ trực tiếp xuống sông, hồ, kênh, rạch, ... đe dọa đến các hệ sinh thái thủy sinh và các hoạt động của con người. Hiện có một số nghiên cứu sử dụng bã mía làm vật liệu hấp phụ methylene blue, xử lý ammonium [11]. Do đó, sản xuất than sinh học từ các chất thải sinh khối này có thể làm giảm các tác động tiêu cực đến môi trường.

Khi TSH được sử dụng cho các vấn đề đất hoặc để giải quyết các mối quan tâm về môi trường, điều quan trọng là phải lựa chọn nguyên liệu tối ưu và quy trình nhiệt phân trước khi sản xuất TSH. Ngoài ra, để tối ưu hóa TSH cho các mục đích sử dụng cụ thể, các đặc tính của TSH phải được nghiên cứu và hiểu rõ. Do đó, bài báo này đã phân tích một số đặc tính lý hóa thiết yếu của TSH từ bã mía được tạo ra ở hai nhiệt độ nhiệt phân khác nhau là  $500^{\circ}\text{C}$  và  $700^{\circ}\text{C}$ .

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Nguyên vật liệu

Bã mía được thu gom tại các xe bán nước mía tại quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ.

### 2.2. Sản xuất than sinh học

Bã mía sau khi thu gom được rửa sạch, phơi khô và xay thành bột (0,5 – 1 mm) sau đó được nén viên. Than sinh học bã mía được chế tạo bằng phương pháp nhiệt phân chậm ở nhiệt độ  $500^{\circ}\text{C}$  và  $700^{\circ}\text{C}$ . Sau khi cho mẫu vào buồng nung, khởi động hệ thống điện lò nung, tiếp theo tiến hành khởi động bơm chân không để hút hết không khí (khí oxy) bên trong buồng nung của lò, sau khi hút hết không khí tiến hành bơm khí nitơ vào trở lại buồng nung của lò đến trạng thái cân bằng, tốc độ khí nitơ được bơm vào lò với tốc độ 3 L  $\text{phút}^{-1}$ . Sau đó, nhiệt độ lò được nâng lên

từ nhiệt độ phòng đến 500°C và 700°C với tốc độ gia nhiệt 10°C phút<sup>-1</sup>. Nhiệt độ được giữ ở nhiệt độ mong muốn trong 2 giờ và sau đó nó được làm mát đến nhiệt độ phòng.

### 2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 2 nghiệm thức và 3 lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức.

### 2.4. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

#### 2.4.1. Phương pháp phân tích

- Đo pH, EC: Mẫu than sau khi nung được nghiền nhỏ qua rây 45 μm sau đó ly trích với nước cất tỷ lệ 1 : 100 (0,5 g mẫu và 50 ml nước cất), lắc trong 1 giờ và ly tâm 5 phút, sau đó lọc lấy phần nước trong để đo.

- Khả năng trao đổi cation (CEC) (cmolc kg<sup>-1</sup>): Xác định khả năng trao đổi cation bằng phương pháp ly trích bằng BaCl<sub>2</sub> 0,1 M và chuẩn độ bằng EDTA 0,01 M. Mẫu than được nghiền nhỏ qua rây 45 μm ly trích bằng BaCl<sub>2</sub> 0,1 M tỷ lệ 1 : 30 (1 g than: 30 mL BaCl<sub>2</sub> 0,1 M). Cân W<sub>1</sub> là khối lượng ống ly tâm và 1 g mẫu. Lần đầu lắc 1 giờ ly tâm 10 phút sau đó đổ bỏ phần nước trong và lặp lại 2 lần nữa, lắc 30 phút và ly tâm 10 phút mỗi lần. Tiếp tục đổ bỏ phần nước trong thì cho vào 30 mL nước cất lắc tay và ly tâm 10 phút. Đổ bỏ phần nước trong thì cân W<sub>2</sub>. Cho vào 30 mL MgSO<sub>4</sub> 0,02 M, lắc 2 giờ và ly tâm 10 phút. Sau đó hút 5 mL mẫu nước trong + 20 mL nước cất + 1 mL dung dịch đệm pH 10, 4 giọt chất chỉ thị màu và chuẩn độ với dung dịch chuẩn EDTA 0,01 M.

- Hàm lượng cacbon: Xác định bằng phương pháp đốt. Tráng cốc sành bằng nước cất, cho vào tủ sấy 105°C trong vòng 1 giờ, lấy cốc ra để nguội trong bình hút ẩm 30 phút. Cân cốc ta được trọng lượng P, sau đó cho mẫu đã sấy vào cốc đã cân trọng lượng P xác định P<sub>1</sub> tiếp tục cho vào lò nung ở 550°C trong vòng 5 giờ sau đó đặt vào bình hút ẩm 30 phút cân trọng lượng P<sub>2</sub>. Và tính % tro và % C.

- Xác định pH<sub>pzc</sub>: Giá trị pH tại điểm điện tích bằng không (pH<sub>pzc</sub>) của TSH được xác định bằng phương pháp của Balistrier và Muray [12]. Chuẩn bị dung dịch NaCl 0,1 M, đo giá trị pH ban đầu (pH<sub>i</sub>) của NaCl 0,1 M được điều chỉnh từ pH 2 đến pH 11 bằng cách cho thêm vào dung dịch NaOH 0,1 M hoặc HCl 0,1 M. Cân 0,5 g TSH bã mía cho vào ống ly tâm, cho thêm vào 50 mL dung dịch NaCl 0,1 M sau khi đã điều chỉnh pH. Chuyển các ống ly tâm vào máy lắc, lắc trong 24 giờ liên tục với tốc độ 190 vòng phút<sup>-1</sup>. Sau đó, lọc dung dịch bằng giấy lọc Whatman có kích thước lỗ 0,45 μm và đo pH sau cùng (pH<sub>f</sub>). Sự khác biệt giữa pH ban đầu (pH<sub>i</sub>) và pH sau cùng (pH<sub>f</sub>) là ΔpH (ΔpH = pH<sub>i</sub> - pH<sub>f</sub>) vẽ đồ thị ΔpH = f(pH<sub>i</sub>), và điểm giao nhau của đường cong (ΔpH) và pH<sub>i</sub> là pH<sub>pzc</sub> của TSH từ bã mía.

- Hình thái cấu trúc bề mặt (SEM): Chụp ảnh bề mặt vật liệu bằng kính hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscope – SEM), trên thiết bị TM – 1000 HITACHI, Nhật Bản.

#### 2.4.2. Tính toán số liệu

Năng suất của TSH:

$$H (\%) = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

% tro được tính theo công thức:

$$\% \text{ tro} = \frac{P_2 - P}{W} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó: W: Trọng lượng mẫu (g) W = P<sub>1</sub> - P; P<sub>1</sub>: Trọng lượng mẫu và cốc trước khi nung (g); P: Trọng lượng cốc nung (g); P<sub>2</sub>: Trọng lượng mẫu và cốc sau khi nung (g).

Với khoảng sai số chấp nhận từ 2 đến 10% tính được cacbon của nguyên liệu theo công thức:

$$\% C = \frac{100 - \% \text{tro}}{1,724} \quad (3)$$

Trong đó: 1,724: Hệ số Van Bemmelen.

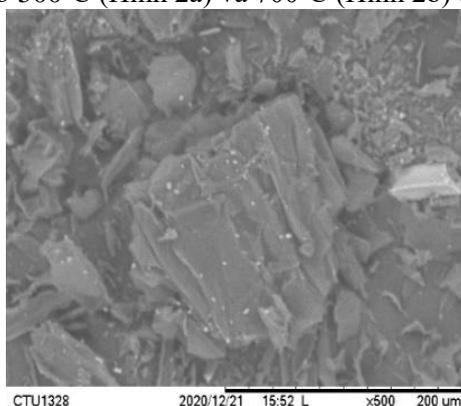
#### 2.4.3. Xử lý số liệu

Dùng phần mềm Microsoft Excel để xử lý số liệu và vẽ đồ thị.

### 3. Kết quả và thảo luận

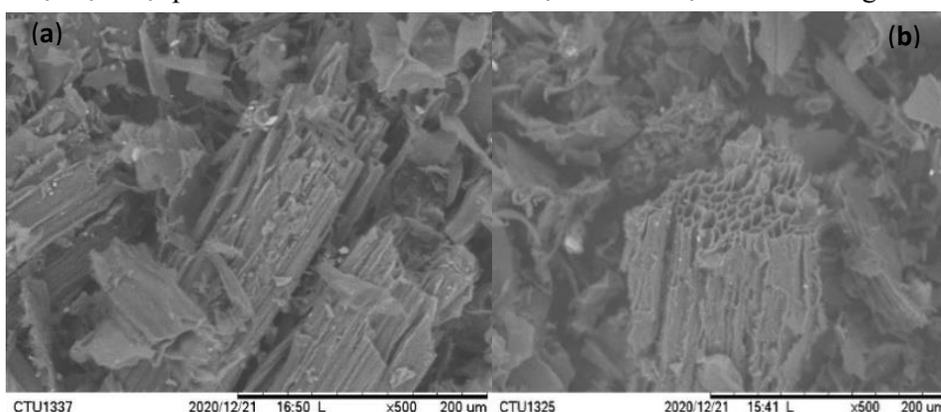
#### 3.1. Hình thái cấu trúc bề mặt của than sinh học từ bã mía

Kết quả chụp SEM cho thấy có sự khác biệt đáng kể về hình thái cấu trúc bề mặt của TSH từ bã mía so với nguyên liệu bã mía thô ban đầu. Theo đó, vật liệu trước khi nhiệt phân có hình thái dạng tấm với bề mặt tương đối nhẵn của bã mía, không phát hiện lỗ rỗng của vật liệu (Hình 1) còn bã mía được nhiệt phân ở 500°C (Hình 2a) và 700°C (Hình 2b) thì có rất nhiều lỗ rỗng.



**Hình 1.** Ảnh SEM của bã mía trước khi nhiệt phân - 500X

Kết quả Hình 2 cho thấy hình thái dạng các sợi hình trụ đan xen nhau, cùng với sự xuất hiện của các lỗ rỗng của TSH. Ở nhiệt độ 500°C (Hình 2a) các lỗ rỗng nhỏ và ít hơn so với ở nhiệt độ 700°C (Hình 2b). Điều này có thể giải thích là do khi tăng nhiệt độ thì các chất kém bền của bã mía sẽ bị đốt cháy nên tạo ra lỗ rỗng càng nhiều. Kết quả phù hợp với M. Ahmadvand và Đtg [13] khi nhiệt độ nhiệt phân từ 300°C đến 500°C thì diện tích bề mặt của TSH tăng.

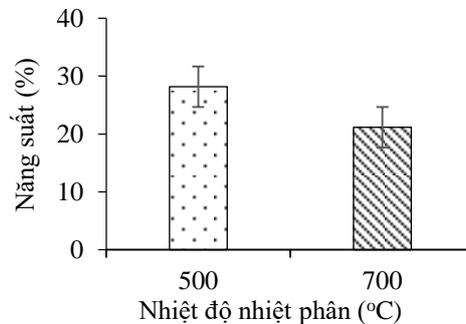


**Hình 2.** Ảnh SEM của bã mía nhiệt phân ở 500°C (a) và 700°C (b) – 500X

#### 3.2. Năng suất của than sinh học từ bã mía

Kết quả Hình 3 cho thấy nhiệt độ nhiệt phân càng tăng thì năng suất càng giảm do các chất hữu cơ dễ bay hơi mất đi ở nhiệt độ cao hơn ở nhiệt độ thấp. Ở nhiệt độ nhiệt phân 700°C

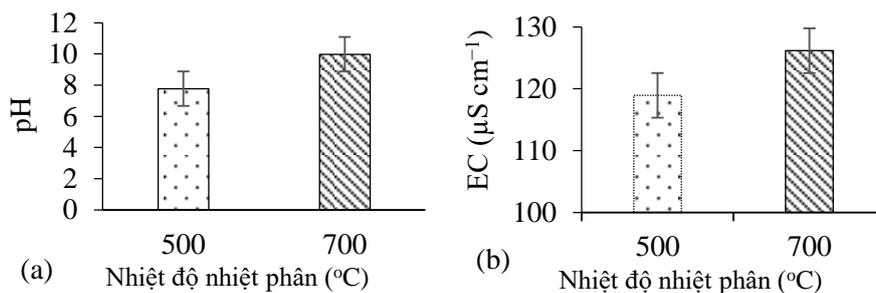
năng suất đạt 21,18% thấp hơn so với ở nhiệt độ 500°C (28,19%). Nguyên nhân của sự giảm này chủ yếu là do sự giải phóng hơi ẩm và chất bay hơi như hemixenluloza và xenluloza có trong sinh khối bị phân hủy khi nhiệt độ nhiệt phân tăng lên, kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyen và Đtg [14], Al-Wabel và Đtg [15] và Jindo và Đtg [16].



**Hình 3.** Năng suất của TSH bã mía

### 3.3. Giá trị pH và EC của than sinh học từ bã mía

Giá trị pH của TSH chịu ảnh hưởng của nhiệt độ nhiệt phân. Khi nhiệt độ nhiệt phân tăng thì pH của than cũng tăng.



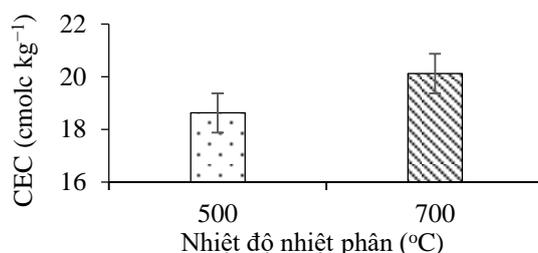
**Hình 4.** Giá trị pH (a) và EC (b) của TSH từ bã mía

Kết quả Hình 4 mô tả pH và EC phụ thuộc vào nhiệt độ nhiệt phân, khi nhiệt độ nhiệt phân tăng thì pH của TSH từ bã mía cũng tăng tương ứng với pH = 7,77 ở nhiệt độ 500°C và pH = 9,98 ở nhiệt độ 700°C. Nguyên nhân có thể do khi gia tăng nhiệt độ nhiệt phân thì các nhóm chức có tính axit (nhóm quinon, chromene và diketone) có thể được loại bỏ; do đó, TSH có xu hướng kiềm hơn [17], [18]. Lopez-Capel và Đtg [19] và Tsai [18] cũng cho biết rằng pH của TSH phụ thuộc vào các dạng muối khoáng với oxit, cacbonat, hydroxit và clorua (như KOH, NaOH, CaCO<sub>3</sub> và MgCO<sub>3</sub>) có thể hòa tan một phần trong nước. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Al-Wabel và Đtg [15].

Khi nhiệt độ nhiệt phân tăng thì EC của TSH từ bã mía cũng tăng tương ứng với EC = 118,93  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ở nhiệt độ 500°C và EC = 126,17  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ở nhiệt độ 700°C. Theo nghiên cứu của Nguyen và Đtg [14] cho thấy giá trị EC cao nhất được tìm thấy trong TSH lục bình dao động từ 6489  $\mu\text{S cm}^{-1}$  đến 7456  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , trong khi các TSH tre, tràm và trâu cho giá trị thấp hơn đáng kể. Mặt khác, ở TSH lục bình tạo ra hàm lượng tro cao và thành phần vô cơ chủ yếu là muối K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> và Na<sup>+</sup> (cao tới 360 g kg<sub>db</sub><sup>-1</sup>); do đó, giá trị EC của nó cao hơn. Hàm lượng tro cao trong TSH trâu chủ yếu là do sự hiện diện của silica (> 300 g kg<sub>db</sub><sup>-1</sup>) và chúng chứa một lượng nhỏ muối hòa tan (< 15 g kg<sub>db</sub><sup>-1</sup>). Giá trị EC của chúng do đó thấp nhất, chỉ từ 65  $\mu\text{S cm}^{-1}$  đến 92  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Sự khác biệt về EC của các TSH được sản xuất bằng cách sử dụng các nguyên liệu khác nhau có thể là do sự khác biệt về hàm lượng tro và nồng độ muối hòa tan (chủ yếu là K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, và Na<sup>+</sup>) trong TSH [20].

### 3.4. CEC của than sinh học từ bã mía

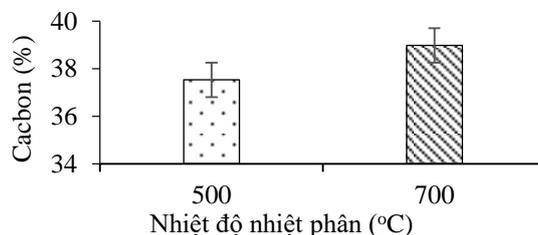
Khả năng trao đổi cation (CEC) cao biểu hiện vật liệu có khả năng kiềm giữ nhiều cation như Ca, Mg, K và các ion khác. CEC phụ thuộc lớn vào các nhóm chức bề mặt vì chúng có khả năng trao đổi cation với các cation khác trong dung dịch. Vì vậy, việc xác định CEC của TSH có ý nghĩa cho thấy sự thay đổi của tính chất vật liệu sau quy trình thu hồi cacbon, cho biết hàm lượng cation mà vật liệu có thể giữ được, làm cơ sở đánh giá tính chất vật liệu.



Hình 5. Giá trị CEC của TSH từ bã mía

Kết quả phân tích Hình 5 cho thấy khi nhiệt độ nhiệt phân tăng thì CEC của TSH từ bã mía cũng tăng. Giá trị CEC của TSH từ bã mía ở nhiệt độ nhiệt phân 700°C là 20,12 (cmolc kg<sup>-1</sup>), cao hơn so với giá trị 18,63 (cmolc kg<sup>-1</sup>) khi nhiệt phân ở nhiệt độ 500°C. Điều này có thể giải thích có lẽ là do sự hiện diện của mức độ cao hơn của các nhóm chức bề mặt oxy (chẳng hạn như nhóm cacboxyl, hydroxyl, phenolic và cacbonyl) được hình thành trong quá trình oxy hóa bề mặt của than sinh học. Các nhóm chức bề mặt bị oxy hóa này có thể làm tăng lượng điện tích âm do đó có khả năng gây ra giá trị CEC cao trong TSH [21], [22].

### 3.5. Hàm lượng cacbon của than sinh học từ bã mía



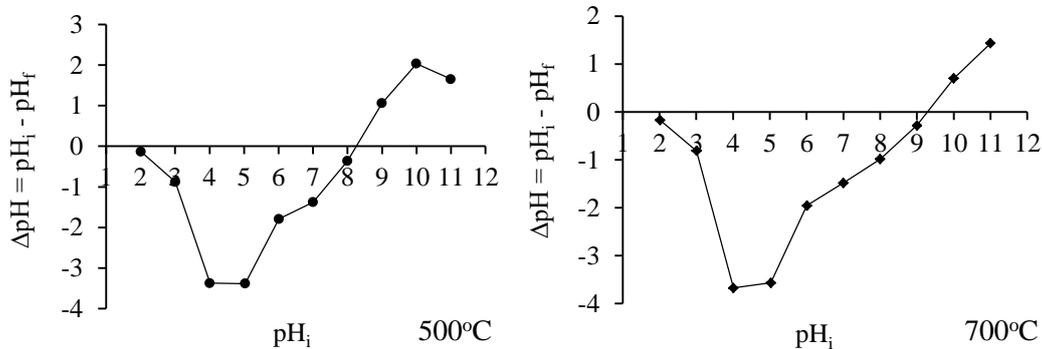
Hình 6. Hàm lượng cacbon của TSH từ bã mía

Kết quả Hình 6 cho thấy hàm lượng cacbon của than sinh học từ bã mía tăng khi tăng nhiệt độ nhiệt phân lần lượt là 37,53% ở 500°C và 38,97% ở 700°C. Hàm lượng cacbon tăng dần theo nhiệt độ nhiệt phân là do sự mất đi của các chất bay hơi tăng lên theo nhiệt độ, điều này phù hợp với các nghiên cứu của Nguyen và Đtg [14], Al-Wabel và Đtg [15] và Capareda [23].

### 3.6. Giá trị $pH_{pzc}$ của than sinh học từ bã mía

Điểm điện tích bằng không ( $pH_{pzc}$ ) có thể được định nghĩa là pH mà tại đó bề mặt của chất hấp phụ là trung tính, tức là, chứa cùng một lượng các hàm bề mặt tích điện dương so với các điện tích âm. Theo Tan, X., và Đtg [24] khi  $pH < pH_{pzc}$  bề mặt than mang điện tích dương, quá trình hấp phụ xảy ra theo cơ chế trao đổi ion chiếm ưu thế hơn so với cơ chế hút tĩnh điện, cụ thể ion  $H^+$  trong nhóm chức axit ( $R-COOH$ ), hoặc ion  $Na^+$  trong muối axit ( $R-COONa$ ) trên than đã trao đổi ion với ion  $NH_4^+$  theo phản ứng sau:  $RCOOH + NH_4^+ \rightarrow RCOONH_4^+ + H^+$  hoặc  $RCOONa + NH_4^+ \rightarrow RCOONH_4^+ + Na^+$ . Tuy nhiên, khi  $pH > pH_{pzc}$  bề mặt than mang điện tích âm, quá trình hấp phụ xảy ra theo cơ chế hút tĩnh điện chiếm ưu thế hơn so với cơ chế trao đổi

ion. Hình 7 cho thấy ở nồng độ NaCl 0,1M, giá trị  $pH_{pzc}$  của than sinh học 500°C là 8,26 và 700°C là 9,29.



Hình 7. Đồ thị xác định  $pH_{pzc}$  của TSH bã mía

#### 4. Kết luận

Than sinh học từ bã mía được nhiệt phân ở nhiệt độ 500°C và 700°C có hình thái cấu trúc lỗ rỗng theo SEM cao hơn rất nhiều so với nguyên liệu thô ban đầu. Năng suất TSH từ bã mía khi nhiệt phân ở nhiệt độ 500°C là 28,19%, cao hơn so với khi nhiệt phân ở 700°C là 21,18%. Giá trị pH, EC, CEC của TSH từ bã mía khi nhiệt phân ở nhiệt độ 700°C cao hơn so với 500°C. Hàm lượng cacbon TSH từ bã mía khi nhiệt phân ở nhiệt độ 700°C là 38,97%, cao hơn so với khi nhiệt phân ở 500°C là 37,53%. Giá trị  $pH_{pzc}$  ở nhiệt độ 500°C là 8,26 và 700°C là 9,29.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] J. Lehmann and S. Joseph, *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, 2012.
- [2] T. K. Ralebitso-Senior and C. H. Orr, *Biochar Application: Essential Soil Microbial Ecology*. Elsevier, New York, NY, 2016.
- [3] J. Lehmann, M. Rillig, J. Thies, C. Masiello, W. Hockaday, and D. Crowley, "Biochar effects on soil biota - A review," *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 43, pp. 1812-1836, 2011.
- [4] S. Jeffery, F. G. A. Verheijen, M. van der Velde, and A. C. Bastos, "A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis," *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 144, pp. 175-187, 2011.
- [5] D. Woolf, J. E. Amonette, F. A. Street-Perrott, J. Lehmann, and S. Joseph, "Sustainable biochar to mitigate global climate change," *Nature Communications*, vol. 1, pp. 1-9, 2010.
- [6] H. Asai, B. K. Samson, H. M. Stephan, K. Songyikhangsuthor, K. Homma, K. Kiyono, I. Yoshiyuki, Y. Shiraiwa, H. Tatsuhiko, and Takeshi, "Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos," *Field Crops Research*, vol. 111, pp. 81-84, 2009.
- [7] Y. Wang, R. Yin, and R. Liu, "Characterization of biochar from fast pyrolysis and its effect on chemical properties of the tea garden soil," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 110, pp. 375-381, 2014.
- [8] D. A. Laird, P. Fleming, D. D. Davis, R. Horton, B. Wang, and D. L. Karlen, "Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil," *Geoderma*, vol. 158, pp. 443-449, 2010.
- [9] S.-H. Jien and C.-S. Wang, "Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil," *Catena*, vol. 110, pp. 225-233, 2013.
- [10] C.-H. Cheng, J. Lehmann, J. Thies, S. Burton, and M. Engelhard, "Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes," *Organic Geochemistry*, vol. 37, pp. 1477-1488, 2006.
- [11] T. K. T. Nguyen, V. A. Nguyen, T. N. Nguyen, T. C. Tran, D. L. Tran, X. V. Do, X. D. Mai, and T. T. H. Dang, "One-step synthesis of activated carbon from sugarcane bagasse," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 226, no.11, pp. 47-52, 2021.

- [12] L. Balistriero and J. Murray, "The Surface Chemistry of Goethite (α-FeOOH) in Major Ion Seawater," *American Journal of Science*, vol. 281, pp. 788-806, 06/01 1981.
- [13] M. Ahmadvand, J. Soltani, S. E. Hashemi Garmdareh, and M. Varavipour, "The relationship between the characteristics of Biochar produced at different temperatures and its impact on the uptake of NO<sub>3</sub> -N," *Environmental Health Engineering and Management*, vol. 5, pp. 67-75, 2018.
- [14] L. X. Nguyen, P. T. M. Do, C. H. Nguyen, R. Kose, T. Okayama, T. N. Pham, P. D. Nguyen, and T. Miyanishi, "Properties of Biochars Prepared from Local Biomass in the Mekong Delta, Vietnam," *Bioresources*, vol. 13, pp. 7325-7344, 2018.
- [15] M. I. Al-Wabel, A. Al-Omran, A. H. El-Naggar, M. Nadeem, and A. R. Usman, "Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes," *Bioresour Technol*, vol. 131, pp. 374-379, Mar. 2013.
- [16] K. Jindo, H. Mizumoto, Y. Sawada, M. Sánchez-Monedero, and T. Sonoki, "Physical and chemical characterizations of biochars derived from different agricultural residues," *Biogeosciences*, vol. 11, pp. 6613-6621, 2014.
- [17] A. Mukherjee, A. R. Zimmerman, and W. Harris, "Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars," *Geoderma*, vol. 163, no. 3-4, pp. 247-255, 2011, doi: 10.1016/j.geoderma.2011.04.021.
- [18] W.-T. Tsai, "The potential of pyrolysing exhausted coffee residue for the production of biochar," in *Handbook of Coffee Processing By-Products: Sustainable Application*, C. M. Galanakis (ed.), Academic Press, Cambridge, MA, 2017, pp. 299-322.
- [19] E. Lopez-Capel, K. Zwart, S. Shackley, R. Postma, J. Stenstrom, D. P. Rasse, A. Budai, and B. Glaser, "Biochar properties," in *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*, S. Shackley, G. Ruysschaert, K. Zwart, and B. Glaser (eds.), Routledge, Abingdon, UK, 2016, pp. 41-72.
- [20] D. Rehrh, M. R. Reddy, J. M. Novak, R. R. Bansode, K. A. Schimmel, J. Yu, D. W. Watts, and M. Ahmedna, "Production and characterization of biochars from agricultural by-products for use in soil quality enhancement," *J. Anal. Appl. Pyrol.*, vol. 108, pp. 301-309, 2014, doi: 10.1016/j.jaap.2014.03.008.
- [21] J. L. Gomez-Eyles, L. Beesley, E. Moreno-Jiménez, U. Ghosh, and T. Sizmur, "The potential of biochar amendments to remediate contaminated soils," in *Biochar and Soil Biota*, N. Ladygina, and F. Rineau (eds.), CRC Press, Boca Raton, FL, 2013, pp. 100-133.
- [22] F. N. D. Mukome, and S. J. Parikh, "Chemical, physical, and surface characterization of biochar," in *Biochar: Production, Characterization, and Applications*, Y. S. Ok, S. M. Uchimiya, S. X. Chang, and N. Bolan (eds.), CRC Press, Boca Raton, FL, 2015, pp. 67-98.
- [23] S. Capareda, *Introduction to Biomass Energy Conversions*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2013.
- [24] X. Tan, Y. Liu, G. Zeng, X. Wang, X. Hu, Y. Gu, and Z. Yang "Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions," *Chemosphere*, vol. 125, pp. 70-85, 2015.