



KHẢO SÁT, ĐÁNH GIÁ VÀ LỰA CHỌN MỘT SỐ THIẾT BỊ SẢN XUẤT THAN SINH HỌC (BIOCHAR) CHO VÙNG NÔNG THÔN VIỆT NAM

Trần Thị Tú*, Nguyễn Đăng Hải, Trần Quang Lộc

Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Huế

Tóm tắt: Bài báo bước đầu khảo sát, đánh giá và lựa chọn một số thiết bị sản xuất than sinh học (biochar) sử dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp ở vùng nông thôn Việt Nam. Các lò đốt điều tra đều tạo biochar có chất lượng tốt. Khảo sát ở lò đốt L1, công suất 22 kg/mẻ, chi phí đầu tư 2.000.000 VNĐ, chi phí sử dụng 13.036 VNĐ/ngày, hiệu suất đạt 45 %, sản lượng khoảng 9,9 kg biochar/mẻ. Biochar tạo ra có chất lượng tốt, đen bóng, nguyên cấu trúc vật liệu ban đầu, kích thước lỗ rỗng <10 μm . Một số bếp cải tiến qua điều tra, khảo sát đều giảm chi phí nhiên liệu, tiết kiệm từ 4.696 VNĐ/ngày đến 7.434 VNĐ/ngày so với bếp gas. Ngoài ra, bếp B2, B3, B7, B8 và B9 tạo ra biochar cho chất lượng than từ khá tốt đến trung bình, hiệu suất từ 25 % đến 60 %. Khảo sát trên bếp B2, công suất 2,5 kg/mẻ, chi phí đầu tư 600.000 VNĐ, chi phí sử dụng 5.753 VNĐ/ngày, hiệu suất đạt 50 %, sản lượng 1,3 kg biochar/mẻ, tiết kiệm 5.584 VNĐ so với bếp gas.

Từ khóa: bếp cải tiến, lò đốt, sinh khối, than sinh học

1 Đặt vấn đề

Theo Lehmann và Joseph, than sinh học (biochar) là vật rắn giàu carbon (C) thu được từ việc nhiệt phân hóa sinh khối hay các chất hữu cơ trong môi trường yếm khí hạn chế oxy [11]. Biochar có thể được sử dụng cho các ứng dụng như một tác nhân để cải tạo đất (tăng cường hàm lượng carbon, lưu giữ lâu dài trong đất, cải thiện tính chất vật lý của đất như tăng khả năng giữ nước và tạo độ thông thoáng, giữ dinh dưỡng trong đất), có khả năng làm tăng hệ vi sinh vật hữu ích trong đất, hiệu quả sử dụng tài nguyên được cải thiện, khắc phục và/ hoặc bảo vệ, hạn chế ô nhiễm môi trường, đặc biệt đây là một kênh giúp giảm thiểu khí nhà kính (GHG) [3, 6, 7, 8, 11, 12].

Ở nước ta, hiện có khoảng 9 triệu hộ gia đình sống ở nông thôn đang sử dụng năng lượng sinh khối (NLSK) cho đun nấu hàng ngày. Hộ gia đình sử dụng củi chiếm 74 % và 65 % hộ gia đình ở nông thôn đồng bằng sử dụng rơm rạ, thân cây các loại và các hộ miền núi chỉ sử dụng thân, lõi ngô để đun nấu [2]. Với tính toán của Viện Năng lượng Việt Nam, lượng chất thải nông nghiệp ở Việt Nam rất đa dạng (như rơm rạ, vỏ trấu, lõi ngô, vỏ dừa, vỏ cà phê, phế thải gỗ...), thải ra môi trường hoặc đốt ngoài đồng ruộng hàng năm rất lớn. Đây là một trong những nguồn NLSK tiềm năng để phục vụ cho nhu cầu đun nấu và sản xuất biochar. Năm 2013, tổng nguồn sinh khối vào khoảng 118,21 triệu tấn/năm; bao gồm khoảng 32,8 triệu tấn rơm rạ; 8 triệu tấn trấu;

*Liên hệ: tutrancreb@yahoo.com

15,6 triệu tấn bã mía; 1,2 triệu tấn vỏ cà phê; 9,2 triệu tấn lõi ngô; 8,1 triệu tấn các loại phụ phẩm nông nghiệp khác và phế thải từ gỗ khoảng 43,3 triệu tấn. Do đó, việc nghiên cứu thiết kế/ chế tạo/cải tiến một số loại bếp và lò đốt biochar không chỉ được thực hiện ở nhiều nước trên thế giới như Mỹ, Ấn Độ, Thái Lan, Phillipin, Trung Quốc... mà còn triển khai ở Việt Nam. Một số tỉnh thành trong nước có các kiểu bếp đun cải tiến và lò đốt than khác nhau về chất liệu, nhưng vẫn với nguyên tắc đốt yếm khí để hạn chế khói và tiết kiệm nhiên liệu như Thái Nguyên, Thái Bình, Bắc Giang, Hải Dương, Hưng Yên, Nam Định, Hà Nội, Thừa Thiên Huế, Đà Nẵng, Hồ Chí Minh...

Thừa Thiên Huế cũng có một số đề tài, dự án, nghiên cứu, sản xuất biochar và đánh giá lợi ích của việc ứng dụng biochar vào cải tạo đất. Từ năm 2008 đến 2013, Vườn quốc gia Bạch Mã đã triển khai “Dự án Than Bạch Mã” và có hơn 140 hộ dân ở huyện Phú Lộc và Nam Đông tham gia. Dự án đã chuyển giao kỹ thuật xây dựng mô hình trồng trọt, chăn nuôi áp dụng than, cách tạo than củi và than trấu, bên cạnh đó còn sản xuất cây trồng theo hướng hữu cơ, không dùng thuốc hóa học. Dự án này đã góp phần cải thiện thu nhập cho người dân sống ở vùng đệm và qua đó nâng cao ý thức bảo tồn thiên nhiên ở vùng lõi Vườn quốc gia Bạch Mã [4]. Dự án “Giảm thiểu tổn thất sau thu hoạch và chế biến lúa gạo” do Viện lúa quốc tế (IRRI) chủ trì từ năm 2009 đến năm 2013, trong đó có hợp phần chế tạo lò đốt biochar của nhóm tác giả Phạm Xuân Phương, Đại học Nông lâm Huế cũng cho kết quả tốt. Thiết bị có khả năng tạo biochar từ vỏ trấu, rơm rạ, củi vụn, mùn cưa... nhanh chóng, tiết kiệm thời gian, công sức, ít tạo khói và khí thải; cho hiệu suất thu hồi biochar cao từ 85 % đến 99 % [5]. Đề tài hợp tác nghiên cứu về biochar giữa Viện Tài nguyên và Môi trường - Đại học Huế và Đại học Okayama, Nhật Bản từ 2012 đến 2013 cũng cho kết quả khả quan. Trần Thị Tú và cộng sự cũng đã chỉ ra lợi ích của việc sử dụng biochar đến việc tăng cường hấp thu phân bón trên vật liệu, hạn chế rửa trôi chất dinh dưỡng và giữ độ ẩm đất [6]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu đánh giá và so sánh hiệu quả của các loại bếp đun và lò đốt tạo biochar vẫn chưa được triển khai và phân tích đầy đủ. Do đó, nghiên cứu này tiến hành tìm hiểu, tổng hợp, đánh giá hiệu quả tạo biochar của một số loại bếp cải tiến và lò đốt, có khả năng tiết kiệm năng lượng điện và nhiên liệu đã và đang áp dụng ở một số vùng nông thôn Việt Nam.

2 Phương pháp nghiên cứu

2.1 Thu thập, tổng hợp tài liệu

Thu thập, tổng hợp thông tin một số loại bếp cải tiến và lò đốt sử dụng trên thế giới và ở Việt Nam. Phương pháp này được thực hiện dựa trên cơ sở kế thừa và tổng hợp các nguồn tài liệu, tư liệu, thông tin có liên quan đến kích thước, đặc điểm của bếp cải tiến và lò đốt.

2.2 Điều tra, khảo sát thực tế

Tiến hành điều tra một số loại bếp cải tiến, lò đốt sử dụng phổ biến ở các khu vực khác nhau ở Việt Nam thông qua phiếu điều tra. Khảo sát, đốt nguyên liệu, phân tích mẫu biochar thực tế ở bếp trấu B2 (bếp rút lòng - gián đoạn), lò đốt yếm khí L1 (2 m³) tại Thừa Thiên Huế.

2.3 Chụp ảnh cấu trúc vật liệu bằng kính hiển vi điện tử quét

Xác định cấu trúc bề mặt vật liệu bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM: Scanning Electron Microscope); Nova NanoSem FEI 450, hãng FEI, Mỹ, với ống phát điện tử có trường phát xạ làm việc ở HV = 5 kV, tại Khoa Hóa, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

2.4 Phương pháp phân tích, xử lý số liệu

Sử dụng Microsoft Excel 2003 để phân tích và tính toán các thông số cơ bản của bếp cải tiến và lò đốt. Việc đánh giá hiệu quả kinh tế - môi trường của các loại bếp và lò đốt bằng phương pháp phân tích chi phí - lợi ích và khảo sát giá thị trường theo công thức (1) đến (5). Mức khấu hao tài sản cố định theo phương pháp đường thẳng [13]. Các công thức tính toán thông số cơ bản (năng lượng lượng cần thiết, thời gian cháy và hiệu suất) của bếp cải tiến và lò đốt từ (6) đến (13) theo phương pháp của Belonio [8].

a. Chi phí thay đổi theo ngày: Là nhiên liệu (NL) sử dụng. Trấu có giá 500 đ/kg trấu. Gas có giá 7.500 đ/ngày, của 1 bình gas 12 kg với giá 300.000 đ/bình trong 40 ngày sử dụng. Điện là dùng quạt thổi khí (12 w/15 w), giá điện 1.484 đ/kWh.

b. Chi phí cố định theo ngày:

$$\text{- Giá trị thu hồi (TH) ước tính: } TH = 10\% \times DT \quad (1)$$

$$\text{- Chi phí khấu hao (KH): } H = \frac{DT - TH}{T \times 365} \quad (2)$$

$$\text{- Lãi suất đầu tư (LS): } LS = \frac{DT \times LNH}{365} \quad (3)$$

$$\text{- Chi phí sửa chữa-bảo trì (SC-BT): } SC - BT = \frac{DT \times 10\%}{365} \quad (4)$$

$$\text{- Chi phí bảo hiểm (BH): } BH = \frac{DT \times 3\%}{365} \quad (5)$$

DT: Chi phí đầu tư tham khảo giá thực tế trên thị trường (bao gồm: bếp/ lò + quạt + dụng cụ đi kèm và phí vận chuyển); KH: Mức khấu hao tài sản cố định; SC-BT: Chi phí sửa chữa- bảo trì; BH: Chi phí bảo hiểm, chọn mức tỷ lệ BH = 3 %; LNH (%/năm): Lãi suất ngân hàng, LNH = 6 % (2015); T (năm): Thời gian sử dụng tài sản cố định, theo Thông tư số 45/2013/TT-BTC ngày 25/4/2013 về Hướng dẫn chế độ quản lý, sử dụng và trích khấu hao tài sản cố định.

$$\text{- Thể tích bếp/ lò (hình trụ):} \quad V_r = \frac{\pi \times D^2 \times h}{4} \quad (6)$$

$$\text{- Năng lượng cần thiết đun nấu:} \quad Q_n = \frac{M_f \times E_s}{T} \quad (7)$$

$$\text{- Năng lượng cung cấp:} \quad FCR = \frac{Q_n}{HVF \times H} \quad (8)$$

$$\text{- Đường kính của lõi bếp:} \quad D = \sqrt{\frac{1,27 \times FCR}{SGR}} \quad (9)$$

$$\text{- Chiều cao lõi bếp hình trụ:} \quad h = \frac{SGR \times T_k}{\rho_{rh}} \quad (10)$$

$$\text{- Thời gian cháy:} \quad T_k = \frac{\rho_{rh} \times V_r}{FCR} \quad (11)$$

$$\text{- Lưu lượng không khí:} \quad AFR = \frac{k \times FCR \times SA}{\rho_a} \quad (12)$$

$$\text{- Tốc độ dòng khí:} \quad V_s = \frac{4 \times AFR}{\pi \times D^2} \quad (13)$$

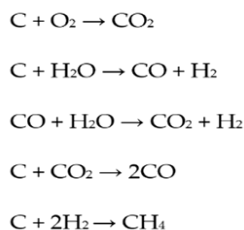
V_r (m³): Thể tích lõi bếp/lò; D (m): Đường kính lõi bếp/ lò; h (m): Chiều cao bếp/ lò; Q_n (kcal/h): Năng lượng cần thiết; M_f (kg): Khối lượng thức ăn sử dụng; E_s (kcal/kg): Năng lượng cần thiết nấu chín 1 kg thức ăn; T (h): Thời gian nấu; FCR (kg/h): Mức tiêu thụ nhiệt của nhiên liệu; HVF (kcal/kg): Giá trị nhiệt của nhiên liệu; H (%): Hiệu suất bếp đun; D (m): Đường kính lõi bếp; SGR (kg/m².h): Tỷ lệ khí hóa vỏ trấu, từ 100 - 210 kg/m².h. Chọn $SGR = 100$ kg/m²; h (m): Chiều cao lõi bếp; T_k (h): Thời gian khí hóa trong lõi lò; ρ_{rh} (kg/m³): tỷ trọng vỏ trấu ($\rho_{rh} = 100$ kg/m³); T (h): Thời gian cháy của bếp; SA (kg/h): Mức phản ứng hóa học; ρ_a (kg/m³): tỷ trọng không khí ($\rho_a = 1,25$ kg/m³); k : hệ số ($k = 0,3$); AFR (m³/h): Lưu lượng không khí; V_s (m/s): Tốc độ dòng khí.

3 Kết quả và thảo luận

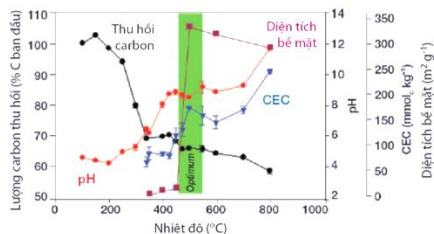
3.1 Tình hình nghiên cứu bếp cải tiến và lò đốt tạo biochar

3.1.1 Quá trình nhiệt phân

Các phương pháp chính hiện nay để khai thác nguồn nhiên liệu sinh khối từ phụ phẩm nông nghiệp bao gồm: (1) Đốt cháy trực tiếp; (2) Nhiệt phân - Khí hóa; (3) Chuyển hóa sinh học sang dạng khí sinh học giàu metan; (4) Chuyển đổi sinh hóa để sản xuất các loại nhiên liệu lỏng như etanol/metanol. Như vậy, việc sản xuất biochar được thực hiện theo phương pháp (2) để nhiệt phân chậm và khí hóa vật liệu cháy thông qua quá trình chuyển đổi vật lý sang một dạng nhiên liệu thứ cấp cho quá trình cháy. Nguyên liệu dùng để đun là phụ phẩm nông nghiệp (vỏ trấu, rom rạ, vỏ lạc, vỏ cà phê...).



Hình 1. Khí gas từ quá trình đốt yếm khí



Hình 2. Đặc điểm biochar thay đổi theo nhiệt độ [7, 12]

Bảng 1. Tỷ lệ khối lượng nguyên liệu ban đầu với sản phẩm tạo ra từ các quá trình nhiệt phân [12]

Quá trình	Nhiệt độ (°C)	Thời gian giữ hơi nóng	Áp suất	Sản phẩm (%)		
				Chất lỏng (Dầu sinh học)	Chất rắn (Biochar)	Khí (Khí tổng hợp)
Carbon hóa thủy nhiệt	180 - 250	1 - 12 giờ	Có	5 - 20	50 - 80	2 - 5
Nhiệt phân cực nhanh	350 - 650	5 - 30 phút	1 - 3 MPa	8	40	52
Nhiệt phân nhanh	400 - 550	1 giây	Không	75	12	13
Nhiệt phân chậm	300 - 600	5 - 30 phút hoặc 1 ngày	Không	30	30	40
Khí hóa	600 - 900	10 - 20 giây	Không	5	10	85

Nguyên tắc chính của nhiệt phân là đốt nguyên liệu trong điều kiện yếm khí; khi đó không khí, H₂O, carbon, tro than, sẽ phản ứng hóa học và sinh ra khí gas dễ cháy (CO, H₂, CH₄). Quá trình đốt có kiểm soát lượng khí thổi vào lò bằng quạt gió (hình 1). Chất lượng và sản lượng biochar phụ thuộc rất lớn vào các quá trình nhiệt phân khác nhau. Hiện tại, biochar được nhiệt phân theo 5 kiểu khác nhau: carbon hóa thủy nhiệt, nhiệt phân cực nhanh, nhiệt phân nhanh, nhiệt phân chậm và khí hóa. Carbon hóa thủy nhiệt và nhiệt phân cực nhanh và chậm tạo ra nhiều biochar (bảng 1). Biochar sản xuất ở nhiệt độ thấp (< 400°C) có diện tích bề mặt riêng nhỏ hơn 10 m²/g; nhiệt độ từ 430 °C đến 470 °C có diện tích bề mặt riêng > 300 m²/g. Nhiệt độ càng cao, biochar tạo ra có thành phần carbon càng thấp, độ pH càng tăng và khả năng trao đổi cation (CEC - Cation Exchange Capacity) cũng tăng (hình 2) [7, 12]. Như vậy, mục đích tạo ra nhiều

biochar chất lượng tốt và có khả năng hấp phụ chất dinh dưỡng, giữ độ ẩm thì nhiệt độ nhiệt phân từ 350 °C đến 600 °C là tối ưu.

3.1.2 Các kiểu bếp cải tiến và lò đốt sản xuất biochar

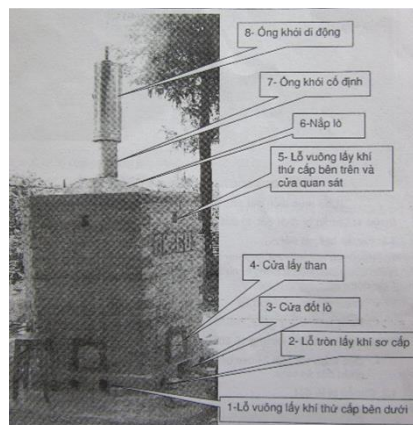
Biochar được tạo ra từ nhiều kiểu lò khác nhau. Một số mẫu lò đốt tạo biochar từ đơn giản, xây bằng đất, gạch đến phức tạp, đòi hỏi phải đầu tư về máy móc thiết bị. Vì thế, những nước đang phát triển cũng có thể tự sản xuất biochar. Lò đốt biochar khảo sát làm bằng sắt, thép, inox (L1, L2) hoặc gạch và inox (L3) (hình 3). Tuy nhiên, việc sản xuất biochar sẽ thuận lợi, hiệu quả và đỡ tốn công sức hơn nếu được đầu tư đồng bộ và tự động hóa. NLSK từ phụ phẩm nông nghiệp như trấu, rơm rạ đã được sử dụng rất phổ biến ở các vùng nông thôn của nước ta, hầu hết dùng làm chất đốt trong đun nấu và sinh hoạt hàng ngày. Tuy nhiên, các lò đốt, bếp truyền thống (bếp kiềng, bếp đất nung miệng loe,...) thường có hiệu suất thấp ($H = 8\% - 15\%$), tiêu tốn nhiều nhiên liệu và tạo nhiều khói bụi do một lượng lớn nhiệt của quá trình cháy bị tổn thất và phân tán ra môi trường [4].



a) Lò đốt yếm khí,
2 m³ (L1)



b) Lò đốt PXP, 1,0 m³
(ĐHNL Huế) (L2) [5]



c) Lò đốt ĐK-CD3, 3,94 m³;
Đỗ Đức Khôi (PED) (L3)

Hình 3. Lò đốt biochar

Một số mô hình lò đốt yếm khí được nghiên cứu thành công tại Viện Môi trường Nông nghiệp (Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam) đã sản xuất thành công biochar từ dăm gỗ, mùn cưa, rơm, rạ, trấu, bã mía, ngô, cà phê. Phạm Xuân Phương và cộng sự (Đại học Nông Lâm, Đại học Huế) đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công lò đốt biochar (lò L2) có công suất từ 50 kg/mẻ đến 300 kg/mẻ. Đỗ Đức Khôi (Trung tâm Dân số, Môi trường và Phát triển (PED), Hà Nội) chế tạo, lắp đặt thử nghiệm lò đốt ĐK-TR1 và ĐK-CD3 (lò L3) cũng tạo ra biochar với chất lượng tốt. Các lò đốt nhiệt phân ở Việt Nam chủ yếu làm việc theo nguyên tắc đốt yếm khí trực tiếp, tự ngùn có hỗ trợ của quạt gió cung cấp một lượng không khí vừa đủ. Năng lượng cung cấp là môi

lửa ban đầu và dùng quạt cấp khí (hình 3). Bên cạnh đó, các loại bếp được cải tiến nhiều lần ở nhiều nơi trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Đỗ Đức Khôi đã chế tạo ra nhiều loại bếp cải tiến ĐK. Trong đó, bếp ĐK-T5 (B7) và lò đốt có cấu tạo như lò L1 làm việc theo nguyên tắc đốt yếm khí trực tiếp, được sử dụng trong nghiên cứu của Mai Thị Lan Anh (Đại học Khoa học Thái Nguyên), tạo ra biochar từ rom rạ, củi, lõi ngô, trấu dùng làm phân bón. Hợp tác xã Công nghiệp-Dịch vụ Hưng Thịnh, phường Nông Tiến (Tuyên Quang) chuyên sản xuất và đưa ra thị trường biochar từ mùn cưa. Đề tài “*Nghiên cứu sản xuất than sinh học từ lục bình phục vụ sản xuất nông nghiệp*” đang được Trung tâm Nghiên cứu Đất Phân bón và Môi trường phía Nam, Tp. Hồ Chí Minh triển khai... [7]. Tuy nhiên, những thiết kế và chế tạo này chưa được ứng dụng rộng rãi mà chỉ là những nghiên cứu nhỏ và được hỗ trợ giá từ các dự án nghiên cứu thí điểm ở một số địa phương; quy mô sản xuất thiết bị còn nhỏ lẻ và chưa có điều kiện để mở rộng thị trường tiêu thụ ra nhiều tỉnh khác.



a) Bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2)
Hồ Chí Minh



b) Bếp trấu liên hoàn của
Belonio A.T. (Phillipines) (B3) [8]



c) Bếp khí hóa TLUD 250
(Indonesia, Mỹ...) (B9) [10]



d) Bếp Agrines 3- (T) (B4) [1]

Hình 4. Các kiểu bếp đun cải tiến ở Việt Nam và trên thế giới



e) Bếp Agrines- 3(V) (B5) [1]



f) Bếp Agrines-03 (CN) (B6) [1]

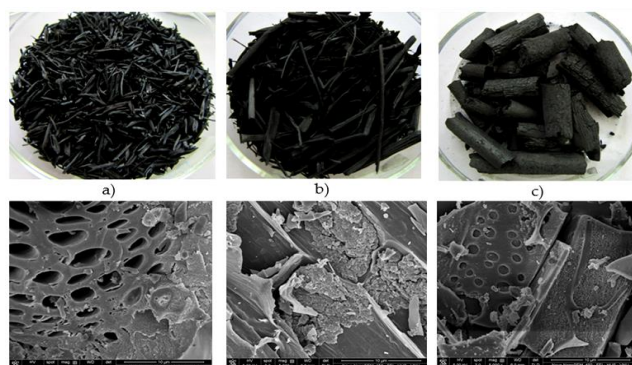
g) Bếp ĐK-T5 (B7)
Đỗ Đức Khôi (PED), Hà Nộih) Bếp cải tiến LN của
GS.TS. Trần Bình (B8) [9]**Hình 4.** Các kiểu bếp đun cải tiến ở Việt Nam và trên thế giới (tiếp theo)

3.2 Đánh giá chi phí, hiệu quả của các kiểu bếp cải tiến và lò đun trấu/phụ phẩm nông nghiệp

3.2.1 Đánh giá chi phí

Bên cạnh mục đích tạo biochar, bếp đun bằng phụ phẩm nông nghiệp được sử dụng để phục vụ đun nấu và tiết kiệm chi phí nhiên liệu. Sau khi điều tra về kích thước của bếp/ lò, kết quả tính toán một số thông số của các kiểu lò đốt và bếp đun cải tiến được thể hiện ở bảng 2, 3, 4 và 5.

Kết quả ở bảng 2 và 3 cho thấy mỗi lò đều có ưu điểm tạo ra biochar có chất lượng than tốt, đen bóng, nguyên cấu trúc vật liệu ban đầu. Ảnh chụp SEM của than thu được từ lò L1 cho thấy cấu trúc bề mặt vật liệu xốp, với nhiều lỗ rỗng (vỏ trấu), dạng ống rỗng (rom rạ) và dạng lỗ - ống rỗng (gỗ củi) với kích thước lỗ < 10 μm (hình 5). Tuy nhiên, tùy thuộc vào chi phí đầu tư ban đầu và tiêu hao nhiên liệu mà tổng chi phí theo ngày của mỗi lò khác nhau. Hiệu suất của từng loại lò biến động từ 45 % đến 85 %, sản lượng biochar tạo ra từ 9,9 kg/mẻ đến 115 kg/mẻ.

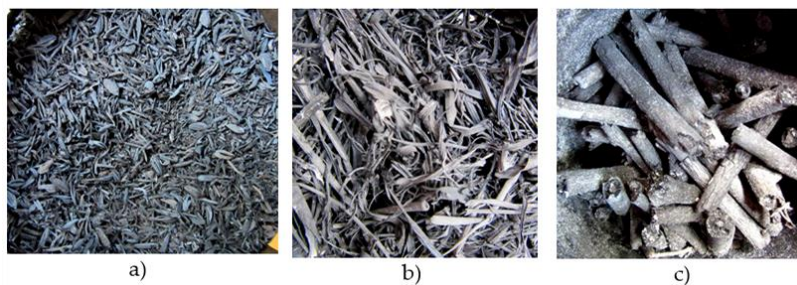
Ảnh SEM ở 10 μm , HV: 5 kV, WD: 6 mm, Spot: 3, Mag: 5000x**Hình 5.** Ảnh SEM của mẫu biochar từ vỏ trấu (a), rom rạ (b) và gỗ củi (c) dùng lò đốt L1**Bảng 2.** Đặc điểm và tính toán một số thông số lò đốt biochar khảo sát

TT	Thông số	Đơn vị	L1	L2	L3	Ghi chú/ Nguồn
			Lò đốt yếm khí 2,0 m³	Lò đốt PXP 1,0 m³ (ĐHNL Huế)	Lò đốt ĐK- CĐ3 (3,94 m³)	
1	D	m	1,2	1,0	1,8	Điều tra
2	h	m	1,8	1,2	1,55	
3	V _r	m³	2,03	0,94	3,94	
4	FCR	kg/h	113	79	255	Tính toán
5	T _k	h	1,8	1,2	1,5	
6	AFR	m³/h	122	85	276	
7	V _s	m/s	108,3	108,3	108,3	
8	Vật liệu làm lò		Thép / Inox	Inox	Gạch & Inox	Điều tra
9	Lượng nhiên liệu tiêu thụ	kg	22	100	230	
10	Thời gian đốt thực tế (T)	h	3	2	2,5	
11	Hiệu suất (H)	%	45	85	50	
12	Sử dụng điện (quạt)	w	Không / có (12w) 30 phút	Có (15w) 2 giờ	Không / có (12w) 30 phút	
13	Biochar	kg	9,9	85	115	
14	Chất lượng biochar		Tốt, đen bóng, nguyên cấu trúc vật liệu ban đầu			

Bảng 3. Phân tích so sánh chi phí giữa các kiểu lò đốt tạo biochar

Kí hiệu	Loại lò	I			II				III		II+III
		Chi phí	TH	Thời gian	Chi phí cố định (VNĐ/ngày)				Chi phí thay đổi (VNĐ/ngày)		Tổng chi phí (VNĐ/ngày)
		DT (triệu VNĐ)	(triệu VNĐ)	KH, T (năm)	KH	LS	SC-BT	BH	Trấu	Điện	
L1	Lò đốt yếm khí 2 m ³ (22 kg, 3 giờ, 30 phút/quạt)	2	0,2	5	986	329	548	164	11.000	9	13.036
L2	Lò đốt PXP 2 m ³ (100 kg, 2 giờ, 2 giờ/ quạt)	18	1,8	5	8.877	2.959	4.932	1.479	50.000	142	68.389
L3	Lò đốt ĐK-CD3 (2,3 m ³), (230 kg, 2,5 giờ, 30 phút/quạt)	12	1,2	5	5.918	1.973	3.288	986	115.000	9	127.173

Kết quả ở bảng 4 và 5 cho thấy các loại bếp cải tiến đều có khả năng giảm chi phí tiêu thụ nhiên liệu và điện so với bếp gas và vẫn đảm bảo cho việc đun nấu. So với bếp gas, các bếp cải tiến có mức tiết kiệm từ 4.696 VNĐ/ngày đến 7.434 VNĐ/ngày. Tuy nhiên, loại bếp tạo ra biochar thì chỉ có bếp B2, B3, B7, B8 và B9, cho chất lượng than từ khá tốt đến trung bình (hình 6).



Hình 6. Mẫu biochar từ vỏ trấu (a), rom rạ (b) và gỗ củi (c)
dùng bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2)

Kết quả ở bảng 4 và 5 cho thấy các loại bếp cải tiến đều có khả năng giảm chi phí tiêu thụ nhiên liệu và điện so với bếp gas và vẫn đảm bảo cho việc đun nấu. So với bếp gas, các bếp cải tiến có mức tiết kiệm từ 4.696 VNĐ/ngày đến 7.434 VNĐ/ngày. Tuy nhiên, loại bếp tạo ra biochar thì chỉ có bếp B2, B3, B7, B8 và B9, cho chất lượng than từ khá tốt đến trung bình (hình 6).

Tùy theo điều kiện nguồn vốn, quy mô sản xuất và công suất mà lựa chọn loại lò đốt cho phù hợp với điều kiện ở vùng nông thôn. Lò bằng sắt, inox (L1 và L2) thì cơ động, dễ dàng di chuyển. Lò gạch và inox (L3) thường được bố trí ở vị trí thuận lợi, gần với đồng ruộng và cần có mái che khi mưa. Các loại bếp cải tiến sử dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp được dùng để thay thế cho bếp truyền thống với giá cả và chi phí đầu tư có thể chấp nhận được và rẻ hơn so với dùng bếp gas (bảng 5); đồng thời chúng chỉ thuận lợi ở vùng nông thôn có sẵn nguồn phụ phẩm nông nghiệp. Loại bếp có khả năng tạo nhiều biochar là bếp khí hóa TLUD 250 (B9), bếp trấu liên hoàn Phillipin (B3) và bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2) (bảng 4).

Bảng 4. Đặc điểm và tính toán một số thông số của bếp cải tiến điều tra và khảo sát

TT	Thông số	Đơn vị	B1	B2	B3	B4	B5	Ghi chú/ Nguồn
			Bếp gas	Bếp trấu rút lòng - gián đoạn	Bếp trấu liên hoàn Phillipin	Bếp Agrines-03 (T)	Bếp Agrines-03 (V)	
1	D	m	-	0,3	0,11	0,2	0,3	Điều tra
2	h	m	-	0,5	0,38	0,4	0,2	
3	V_r	m^3		0,04	0,004	0,01	0,01	
4	FCR	kg/h	-	7	1	3	7	Tính toán
5	T_k	h	-	0,5	0,4	0,4	0,2	
6	AFR	m^3/h	-	8	1	3	8	
7	V_s	m/s	-	108,3	108,3	108,3	108,3	
8	Vật liệu làm bếp		-	Inox	Tôn/ sắt	Inox/ sắt	Inox/ sắt	Điều tra
9	Lượng nhiên liệu tiêu thụ	kg	-	2,5	6	2,5	2,5	
10	Thời gian đốt thực tế (T)	h	-	1	1	0,75	0,75	
11	Hiệu suất (H)	%	-	50	60	30	30	
12	Sử dụng điện (quạt)	w	Không	Có (12w)	Có (12w)	Có (12w)	Có (12w)	
13	Biochar	kg	0	1,3	3,6	Tro	Tro	
14	Chất lượng biochar		-	Khá tốt, đen	Khá tốt, đen	-	-	

Hai loại bếp B9 và B3 được nghiên cứu thiết kế và chế tạo ở nước ngoài, mà chưa được sản xuất phổ biến ở Việt Nam, vì muốn sản xuất quy mô lớn ở nước ta thì phải cần trả chi phí bản quyền cho người sáng chế và chuyển giao công nghệ. Chúng chỉ được sử dụng thử nghiệm trong

đề tài nghiên cứu hợp tác với tác giả nước ngoài tại Việt Nam. Do đó, chúng tôi lựa chọn bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2) và lò đốt 2 m³ (L1) để thử nghiệm, đánh giá ở Thừa Thiên Huế vì có chi phí đầu tư không quá cao và phổ biến.

Bảng 4. Đặc điểm và tính toán một số thông số của bếp cải tiến điều tra và khảo sát (tiếp theo)

TT	Thông số	Đơn vị	B6	B7	B8	B9	Ghi chú/ Nguồn
			Bếp Agrines-03 (CN)	Bếp ĐK-T5	Bếp cải tiến LN	Bếp khí hóa TLUD 250	
1	D	m	0,5	0,3	0,3	0,5	Điều tra
2	h	m	0,5	0,4	0,4	0,7	
3	V _r	m ³	0,10	0,03	0,03	0,14	
4	FCR	kg/h	20	7	7	20	Tính toán
5	T _k	h	0,5	0,4	0,4	0,7	
6	AFR	m ³ /h	21	8	8	21	
7	V _s	m/s	108,3	108,3	108,3	108,3	
8	Vật liệu làm bếp		Inox/sắt	Tôn	Tôn & đất sét	Thép	Điều tra
9	Lượng nhiên liệu tiêu thụ	kg	2,5	1,8	2,0	8	
10	Thời gian đốt thực tế (T)	h	2	0,75	0,75	1	
11	Hiệu suất (H)	%	30	28	25	50	
12	Sử dụng điện (quạt)	w	Có (12w)	Không	Không/ Có (12w)	Có (12w)	
13	Biochar	kg	Tro	0,5	0,5	4	
14	Chất lượng biochar		-	Trung bình, có lẫn tro	Trung bình, có lẫn tro	Khá tốt, đen	

Bảng 5. Phân tích so sánh chi phí giữa các loại bếp cải tiến với bếp gas

Kí hiệu	Loại bếp	I			II			
		Chi phí đầu tư	TH (VNĐ)	T (năm)	Chi phí cố định (VNĐ/ngày)			
		DT (triệu VNĐ)			KH	LS	SC-BT	BH
B1	Bếp gas (bình 12 kg)	3,75	375.000	5	1.849	616	1.027	308
B2	Bếp trấu rút lòng- gián đoạn (5 kg, 2 h)	0,6	60.000	4	370	99	164	49

Bảng 5. Phân tích so sánh chi phí giữa các loại bếp cải tiến với bếp gas (tiếp theo)

Kí hiệu	Loại bếp	I			II			
		Chi phí đầu tư	TH (VNĐ)	T (năm)	Chi phí cố định (VNĐ/ngày)			
		DT (triệu VNĐ)			KH	LS	SC-BT	BH
B3	Bếp trấu liên hoàn Phillipin (4 kg, 2 h)	1,5	150.000	5	740	247	411	123
B4	Bếp đun AGRINES 1 (T) (3 kg, 2 h)	0,8	80.000	4	493	132	219	66
B5	Bếp đun Agrines-03 (V) (3 kg, 2 h)	0,7	70.000	4	432	115	192	58
B6	Bếp đun Agrines-03 (CN) (2,5 kg; 2,5 h)	1,5	150.000	4	925	247	411	123
B7	Bếp TK-T5 (4,8 kg; 2 h)	0,55	55.000	3	452	90	151	45
B8	Bếp cải tiến LN (4 kg, 2 h)	0,55	50.000	3	411	82	137	41
B9	Bếp khí hóa TLUD 250 (4 kg, 2 h)	2,5	250.000	5	1.233	411	685	205

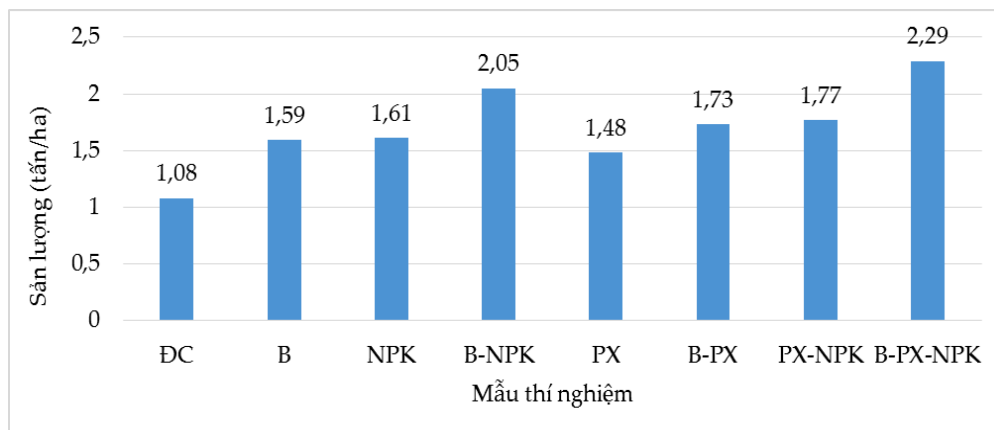
Bảng 5. Phân tích so sánh chi phí giữa các loại bếp cải tiến với bếp gas (tiếp theo)

Kí hiệu	Loại bếp	III			II+III	Mức tiết kiệm so với bếp gas
		Chi phí thay đổi (VNĐ/ngày)			Tổng chi phí (VNĐ/ngày)	(VNĐ/ngày)
		Trấu	Gas	Điện		
B1	Bếp gas (bình 12 kg)	0	7.500	0	11.301	0
B2	Bếp trấu rút lòng- gián đoạn (5 kg, 2 h)	5.000	0	71	5.753	5.584
B3	Bếp trấu liên hoàn Phillipin (4 kg, 2 h)	4.000	0	71	5.592	5.710
B4	Bếp đun AGRINES 1 (T) (3 kg, 2 h)	3.000	0	71	3.981	7.321
B5	Bếp đun Agrines-03 (V) (3 kg, 2 h)	3.000	0	71	3.867	7.434
B6	Bếp đun Agrines-03 (CN) (2,5 kg; 2,5 h)	2.500	0	71	4.277	7.025
B7	Bếp TK-T5 (4,8 kg; 2 h)	4.800	0	0	5.538	5.763
B8	Bếp cải tiến LN (4 kg, 2 h)	4.000	0	71	4.742	6.559
B9	Bếp khí hóa TLUD 250 (4 kg, 2 h)	4.000	0	71	6.605	4.696

3.2.2 Đánh giá hiệu quả kinh tế, xã hội và môi trường

a. Về mặt xã hội

- Bếp đun cải tiến giảm khói bụi, hạn chế ô nhiễm không khí trong nhà bếp, giảm các bệnh về mắt và đường hô hấp [11]. Thời gian dành cho nấu ăn rút ngắn từ 30 % đến 50 % nên người nội trợ (đa phần là phụ nữ) có thêm thời gian cho việc chăm sóc gia đình, tham gia công tác xã hội, học tập nâng cao kiến thức (bảng 6).



Hình 7. Ảnh hưởng của biochar đến sản lượng lạc ở Ninh Thuận

Trong đó, Biochar (B) từ các lò đốt trấu là 12 tấn/ha; NPK lần lượt là 30, 26, 75 kg/ha; phân xanh (PX) là 5 tấn/ha. Đối chứng (ĐC) không bón phân [7, 12]

- Biochar tạo ra từ lò đốt có hiệu quả tại đồng ruộng, vì không cần phải gánh rơm rạ về nhà; mà để lại ruộng nhằm tạo lượng biochar bón cho đồng ruộng. Biochar góp phần làm tăng năng suất cây trồng (hình 7) [7, 12], cải thiện chất lượng đất (giữ độ ẩm, dinh dưỡng trên biochar) [6].

b. Về mặt môi trường

Bếp đun cải tiến rất phù hợp với quy mô hộ gia đình ở các vùng nông thôn Việt Nam. Bếp cải tiến không tạo khói hoặc lò đốt tạo ít khói; đặc biệt là giảm thiểu đáng kể phát thải khí CO độc hại ra môi trường, góp phần phát triển kinh tế xanh thích ứng với biến đổi khí hậu. Nồng độ khí CO thải ra thấp hơn 2 lần so với tiêu chuẩn cho phép như bếp ĐK-T5... (bảng 6). Bếp cải tiến được áp dụng ở vùng miền núi thì sẽ hạn chế việc chặt phá rừng làm củi đốt.

Bếp cải tiến là loại bếp đun vận hành đơn giản, cách nhiệt tốt, an toàn, không có nguy cơ cháy nổ do rò rỉ gas như bếp gas thông thường do nó không có lượng gas dự trữ liên tục. Lò đốt hạn chế khói bụi trong quá trình đốt, cũng như không phá hủy kết cấu đất như cách đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng như hiện nay.

c. Về mặt kinh tế

- Tiết kiệm: Bếp cải tiến tiết kiệm từ 30 % đến 60 % nhiên liệu, 20 % đến 50 % thời gian đun nấu so với bếp truyền thống (bảng 6). Lò đốt tạo biochar cung cấp thêm nguồn phân bón cho đất từ phụ phẩm nông nghiệp.
- Tiện lợi: bếp và lò đốt có nhiệt cao, dễ châm, dễ vận hành; sạch sẽ, gọn gàng, thuận tiện đun nấu ở mọi nơi; có thể điều chỉnh ngọn lửa qua tốc độ gió của quạt.

Bảng 6. Việc ứng dụng và hiệu quả của một số loại bếp cải tiến ở Việt Nam (điều tra)

Kí hiệu	Loại bếp	Số lượng (cái/năm)	Tỷ lệ (%)			Khu vực sử dụng	Đơn vị sản xuất, nghiên cứu	Ghi chú
			Giảm khói bụi	Giảm nhiên liệu	Giảm thời gian			
B2	Bếp trấu rút lòng-gián đoạn	400	25-40	30-40	20-30	Hồ Chí Minh, các tỉnh phía Nam, Huế..	Công ty TNHH Thương mại Đức Nhân, Hồ Chí Minh	Doanh số bán sản phẩm, http://bepgas-inhhoc.com
B4	Bếp đun AGRINES 1 (T)	300	80- 94	30-60	50	Hà Nội, Thái Nguyên,	Công ty CP Đầu tư Sản xuất và Phát triển Nông nghiệp Việt Nam, Hà Nội	Doanh số bán sản phẩm, http://www.agrines.vn , Tờ quảng cáo
B5	Bếp đun Agrines-03 (V)	180	60-90	30-60	50	Bắc Giang, Nam Định....		
B6	Bếp đun Agrines-03 (CN)	120	60-90	30-60	50			
B7	Bếp ĐK (cố định, xách tay, bếp sao chè cải tiến)	1.500	50	40-60	40-50	Thái Nguyên, Hà Nội, Bắc Giang	Đỗ Đức Khôi, Trung tâm Dân số, Môi trường và Phát triển (PED); Hội Liên hiệp Phụ nữ tỉnh Thái Nguyên	2.500 bếp cố định, 1.000 bếp xách tay, 3.000 bếp sao chè cải tiến trong 3 năm 2008-2010 tại http://www.kinhntenongtho-n.com.vn , Tờ quảng cáo
B8	Bếp cải tiến LN	300	50-85	50	50	Vũng Tàu, một số tỉnh phía Nam	Trần Bình, Công ty CP Vina Silic, Vũng Tàu	http://www.dostbinhdi-nh.org.vn , Tờ quảng cáo

- Giá thành: Tùy theo vốn đầu tư ban đầu, nhu cầu và quy mô sử dụng, các hộ gia đình có thể chọn lựa kiểu bếp cải tiến cho thích hợp và hiện có ở địa phương mình. Các loại bếp đun cải tiến vẫn rẻ hơn so với bếp gas thông thường cả về giá thành bếp và nhiên liệu. Đặc biệt, mô hình bếp đun này rất phù hợp cho quy mô hộ gia đình ở các vùng nông thôn của nước ta; người dân

sẽ tận dụng được nguồn phế phẩm nông nghiệp tại chỗ. Vì thế, chúng ta cần khuyến khích người dân, trang trại... ở nông thôn sử dụng bếp cải tiến và lò đốt tạo biochar. Các nhà máy, xưởng cơ khí cần được khuyến khích và hỗ trợ vốn để sản xuất bếp và lò đốt, kết hợp với nhà máy xay xát tổ chức phân phối để tạo ra sản phẩm có giá trị gia tăng. Các sản phẩm lò đốt biochar này có thể được cải tiến để ứng dụng tận thu nguồn nhiệt do đốt biochar vào quá trình sao chè, sấy khô nông sản... như loại bếp cải tiến sao chè (ĐK-C1 và ĐK-XC2) đã giúp nông dân tiết kiệm từ 2 triệu đồng chất đốt/lò/năm đến 3 triệu đồng chất đốt/lò/năm.

- Khó khăn: Không phù hợp với vùng không có trấu hay phụ phẩm nông nghiệp; nếu dùng ở thành phố thì phải có 1 doanh nghiệp cung cấp trấu. So với bếp gas, việc nạp trấu và xả tro là khá bất tiện. Tuy nhiên, bếp trấu liên hoàn (B3), bếp khí hóa TLUD 250 (B9) hoặc bếp rút lòng - gián đoạn (B2) sẽ giải quyết được vấn đề này. Hầu hết các bếp cải tiến cần có quạt gió để hoạt động (B2, B3, B4, B5, B6 và B9), do đó khó khăn cho vùng không có điện. Trong khi đó, loại bếp B7, B8 lại phù hợp với vùng không có điện.

4 Kết luận

Qua phân tích chi phí, các tác dụng và hiệu quả của mỗi loại bếp cải tiến và lò đốt sử dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp, chúng tôi lựa chọn bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2) và lò đốt yếm khí 2 m³ (L1) để thử nghiệm, đánh giá ở Thừa Thiên Huế; vì chúng có chi phí đầu tư không quá cao và khá phổ biến ở Việt Nam. Các lò đốt điều tra đều có khả năng tạo biochar có chất lượng tốt. Kết quả khảo sát lò đốt L1; công suất 22 kg/mẻ; chi phí đầu tư 2.000.000 VNĐ; chi phí sử dụng 13.036 VNĐ/ngày; hiệu suất đạt 45 %; sản lượng khoảng 9,9 kg biochar/mẻ. Biochar tạo ra từ lò L1 có chất lượng tốt, đen bóng, nguyên cấu trúc vật liệu ban đầu, kích thước lỗ rỗng < 10 µm. Một số bếp cải tiến đều có khả năng giảm chi phí nhiên liệu, tiết kiệm từ 4.696 VNĐ/ngày đến 7.434 VNĐ/ngày so với bếp gas. Bếp B2, B3, B7, B8 và B9 tạo ra biochar có chất lượng than từ khá tốt đến trung bình, hiệu suất từ 25 % đến 60 %. Kết quả khảo sát trên bếp trấu rút lòng - gián đoạn (B2); công suất 2,5 kg/mẻ; chi phí đầu tư 600.000 VNĐ; chi phí sử dụng 5.753 VNĐ/ngày; hiệu suất đạt 50 %, sản lượng 1,3 kg biochar/mẻ; tiết kiệm 5.584 VNĐ so với bếp gas.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty CP Đầu tư sản xuất và Phát triển nông nghiệp Việt Nam, *Bếp đun Agrines*, tại <http://www.agrines.vn>.
2. Nguyễn Đức Cường (2007), *Triển khai diện rộng bếp đun cải tiến tiết kiệm năng lượng sử dụng phụ phẩm nông, lâm nghiệp tại các hộ gia đình nông thôn*, ngày 01/11/2007, tại <http://tietkiemnangluong.com.vn/tin-tuc/hoat-dong-chuong-trinh/t5792/trien-khai-dien-rong-bep-dun-cai-tien-tiet-kiem-nang-luong-su-dung-phu-pham-nong-lam-nghiep-tai-cac-ho-gia-dinh-nong-thon-.html>.
3. Hoàng Long (2013), Than sinh học - một loại phân bón sạch, *Tạp chí Thông Tin Khoa học và Công nghệ (STINFO)*, Tp. Hồ Chí Minh, 4, Tr. 31 - 32.
4. Văn Nhân (2013), *Vườn Quốc gia Bạch Mã: “Dự án Than Bạch Mã” mang lại hiệu quả thiết thực*, chuyên mục Khoa học - Công nghệ, ngày 24/2/2013 tại <http://www.trt.com.vn/Tint%E1%BB%A9c%E1%BB%B1ki%E1%BB%87n/tabid/57/itemid/15821/categoryId/45/type/1/Default.aspx>.
5. Phạm Xuân Phương (2014), Lò đốt tạo biochar từ phế phụ phẩm nông nghiệp, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, ngày 22/8/2014 tại <http://khoa hocvacongnghevietnam.com.vn/tin-tuc-su-kien/cong-nghe-moi-san-pham-moi/6777-lo-dot-tao-biochar-tu-phe-phu-pham-nong-nghiep.html>.
6. Trần Thị Tú, Morihiro, M., Lê Văn Thắng, Trần Đăng Bảo Thuyên, Nguyễn Đăng Hải (2013), Nghiên cứu sử dụng than sinh học từ vỏ dừa bón cho rau Komatsuna trên một số loại đất ở tỉnh Thừa Thiên Huế, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 51(3B), Tr. 315 - 322.
7. Anh Tùng (2015), Than sinh học - hiệu quả nhờ công nghệ, *Tạp chí Thông Tin Khoa học và Công nghệ (STINFO)*, Tp. Hồ Chí Minh, (6), Tr. 9 - 15.
8. Belonio, A. T. (2005), *Rice husk gas stove handbook*, Appropriate Technology Center, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University, Philippines, pp. 1 - 155.
9. Belonio, A. T., Tran, B., Doan, T. M. N. and Bui, D. H (2010), *A clean burning cookstove developed in Vietnam*, BioEnergy Discussion Lists, pp. 1- 3.
10. Oliver, P. (2012), *TLUD Gasifier in Vietnam*, Dalat, pp. 1 - 57.
11. Lehmann, J., Joseph, S. (2009), *Biochar for environmental management: An introduction*. In “*Biochar for environmental management: Science and Technology*”, 1st edition, Earthscan publisher, International Biochar Initiative, Westerville, OH, USA, pp. 1 - 12.
12. Scholz, S. B., Sembres, T., Robert, K., Whitman, Th., Wilson, K., Lehmann, J. (2014), *Biochar systems for smallholders in developing countries: Leveraging current knowledge and exploring future potential for climate-smart agriculture*, World Bank Publications, Washington D.C., USA, pp. 1 - 208.
13. Warren, C. S., Reeve, J. M. and Duchac, J. (2014), *Financial and managerial accounting*, 13th Edition, South-Western publisher, USA, pp. 1 - 64.

EXAMINATION, EVALUATION AND SELECTION OF FURNACES PRODUCING BIOCHAR FOR THE RURAL REGIONS OF VIETNAM

Tran Thi Tu*, Nguyen Dang Hai, Tran Quang Loc

Institute of Resources and Environment, Hue University

Abstract. The paper initially deals with the examination, evaluation and selection of several furnaces producing biochar from agricultural by-products in the rural regions of Vietnam. All the furnaces produce high-quality biochar. Furnace L1 has the following parameters: capacity - 22 kg/batch, investment expense – 2 million VND/unit, operational cost - 13,036 VND/day, the performance – 45 %, and yield - 9.9 kg biochar/batch. Resulted biochar is of good quality, glossy-black, and maintains the initial raw material structure with a pore size of less than 10 μm . Several examined cooking stoves have a reduced cost of fuel consumption, saving from 4,696 to 7,434 VND/day compared with gas stoves. In additions, stoves B2, B3, B7, B8 and B9 produce biochar with an averaged to fairly good quality and have performance from 25 to 60 %. Stove B2 has the following parameters: capacity – 2.5 kg/batch, investment expense – 600,000 VND/unit, operational cost – 5,753 VND/day, the performance – 50 %, and yield – 1.3 kg biochar/batch saving 5,584 VND compared with gas stoves.

Keywords: cooking stove, furnace, biochar.