

DOI:10.22144/ctujos.2026.042

NGHIÊN CỨU THAN SINH HỌC CỦA CÂY Sậy (*Phragmites australis* Cav.) LÀM NGUYÊN LIỆU PHÂN HỮU CƠ TẠI CÁC ĐIỂM TIÊU BIỂU Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Thái Thành Lượm^{1*}, Đặng Thị Hồng Ngọc¹ và Ngô Văn Thiện²

¹Khoa Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

²Khoa Kinh tế, Trường Đại học Kiên Giang, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): thaithanhluom@gmail.com

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 18/12/2025

Sửa bài (Revised): 15/01/2026

Duyệt đăng (Accepted): 29/03/2026

Title: Biochar of reed (*Phragmites australis* Cav.) at representative sites in the Mekong Delta

Author: Thai Thanh Luom¹, Dang Thi Hong Ngoc¹ and Ngo Van Thien²

Affiliation(s): ¹Faculty of Natural Resources and Environment, Kien Giang University, Viet Nam; ²Faculty of Economics, Kien Giang University, Viet Nam

TÓM TẮT

Than sinh học (TSH) là vật liệu mới cho nông nghiệp và môi trường. Sậy (*Phragmites australis* Cav.) có sinh khối cao; khai thác giúp giảm vật liệu cháy tại U Minh Thượng và Kiên Lương, đồng thời cung cấp nguyên liệu tạo TSH. Sinh khối sậy được khảo sát tại 3 vùng, mỗi vùng 9 ô tiêu chuẩn (9 lần lặp). Các chỉ tiêu sinh trưởng gồm chiều cao, kích thước thân, khối lượng tươi và khô được ghi nhận. TSH từ sậy được sản xuất và đề xuất làm nguyên liệu phân bón hữu cơ. Phân tích hóa học theo tiêu chuẩn Việt Nam nhằm đánh giá sinh khối và khả năng sử dụng TSH. Sinh khối tươi, khô và TSH được xác định phục vụ bón lúa. Thành phần hóa học của thân, lá, hoa được phân tích; khả năng hấp phụ của TSH đối với nước tiểu heo và dinh dưỡng (N, P, K) được đánh giá. Hỗn hợp TSH sậy, than bùn và phân khoáng (N, P, K) được đề xuất áp dụng cho cây lúa, góp phần cải thiện môi trường và phát triển nông nghiệp.

Từ khóa: Cây sậy, lúa ST25, năng suất sinh học cây sậy, than sinh học cây sậy

ABSTRACT

Biochar (TSH) is a novel material for agriculture and the environment. Common reed (*Phragmites australis* Cav.) has high biomass; its harvesting helps reduce fire-prone materials in U Minh Thuong and Kien Luong while providing feedstock for biochar production. Reed biomass was surveyed in three regions, each with nine standard plots (nine replicates). Growth parameters, including plant height, stem size, fresh weight, and dry weight, were recorded. Biochar derived from reed was produced and proposed as a raw material for organic fertilizer. Chemical analyses were conducted according to Vietnamese standards to evaluate biomass and the potential use of reed biochar. Fresh biomass, dry biomass, and biochar were determined for rice fertilization purposes. The chemical composition of stems, leaves, and flowers was analyzed; the adsorption capacity of biochar for pig urine and nutrients (N, P, K) was also assessed. A mixture of reed biochar, peat, and mineral fertilizers (N, P, K) is proposed for application to rice cultivation, contributing to environmental improvement and agricultural development.

Keywords: Biomass of reed, *Phragmites australis*, reed plant biochar, rice ST 25

1. GIỚI THIỆU

Nhằm đánh giá được tiềm năng sinh học, loài sậy (*Phragmites australis* Cav.) trong vùng bán đảo Cà Mau (U Minh Thượng (UMT)) và Tứ Giác Long Xuyên (Kiên Lương (KL)) tỉnh An Giang (trong Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL)) đã được sử dụng làm cơ sở cho sản xuất TSH. Cây sậy là loài sinh trưởng nhanh và phân bố khắp các vùng ven biển và miền núi (Vân, 2007). Cây sậy có năng suất sinh học cao (Trung tâm Bảo tồn Thiên nhiên Việt Nam, 2004), loài sậy thường xuất hiện thành quần thể với diện tích rất lớn đến hàng trăm ha (Obreja et al., 2023), có chiều cao vượt trội từ 3 đến 6 m, mật độ cao đạt 50 - 100 cây/1 m². Đây là nguồn năng lượng tái tạo đầy hứa hẹn. TSH nói chung được nghiên cứu từ rơm rạ và sử dụng để cải thiện độ phì nhiêu của đất cho cây lúa, tăng sản phẩm cây trồng và giảm phát thải khí nhà kính (Trịnh và ctv., 2013). TSH cũng được sử dụng để thay thế phân bón vô cơ làm phân bón hữu cơ có tác dụng hữu ích cho nông nghiệp (Son & Thu, 2015). Kết quả một nghiên cứu khác (Nghĩa, 2014) kết luận rằng trong phân bón hữu cơ được sản xuất có chất lượng với hàm lượng hữu cơ > 30%, axit humic > 5%, tổng NPK > 5% là các thành phần hỗn hợp bao gồm: TSH, các nguyên tố phân đạm, lân, kali, các nguyên tố vi lượng (TE), chất bổ sung cho phân bón hữu cơ. Các nghiên cứu trên cây sậy trên thế giới cũng được quan tâm, kết quả nghiên cứu này chỉ ra các chỉ tiêu hóa học của than bùn trên nền cây sậy mọc phân tán để tìm ra sự tăng trưởng và năng suất sinh khối (Obolewski et al., 2007). Về hấp phụ amoni và nitrat bằng TSH từ cây sậy, kết quả nghiên cứu của Shojaei et al. (2019), Shila (2019) đã thu hút sự quan tâm khi tập trung vào việc sử dụng vật liệu giàu carbon này để loại bỏ N trong dung dịch nước. Những kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy việc nghiên cứu về TSH sậy ở Việt Nam để sử dụng phân bón hữu cơ trong nông nghiệp là còn rất ít tài liệu nghiên cứu, nhất là kết hợp phân khoáng vô cơ với đạm, lân, kali và TSH sậy theo các công thức khác nhau để hỗ trợ phát triển nông nghiệp, việc nghiên cứu thành phần hóa học của TSH sậy được thực hiện nhằm tìm ra khả năng hấp phụ đạm, lân và kali để sử dụng làm phân bón. Hỗn hợp phân bón từ TSH, than bùn và phân khoáng vô cơ được sử dụng để trồng lúa ST 25 bằng thử nghiệm nhằm đánh giá năng suất thực nghiệm trên cây, điều này được xem là cơ sở quan trọng cho định hướng phát triển nền nông nghiệp hữu cơ trong tương lai của Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Sậy là loài sinh trưởng theo mùa, vào mùa khô tháng 12 đến tháng 5 năm sau quần thể cây sậy thành thực lá và hoa đều khô trên diện rộng. Việc thu hoạch vật liệu được tiến hành bằng cách cắt cây, gom lại và phơi khô các phần thân, lá và hoa. Tiếp theo, chúng được đốt cho đến khi hết khói, sau đó bịt kín cho thiếu oxy ngắt sự cháy hoàn toàn để nguội và tạo ra TSH, tiếp theo TSH được thu thập để tiến hành thí nghiệm.

Nước tiểu heo (NTH) là đặc thù gây ô nhiễm môi trường nước trong chăn nuôi, NTH ở dạng lỏng nên có thể lọc dưới dạng hấp phụ bằng TSH sậy để phân tích thành phần hóa học trước và sau khi lọc. Do tính chất nghiên cứu là hấp phụ nước thải với môi trường nên trong đề tài chọn nước thải là NTH, vì phân heo là chất rắn không thể lọc qua TSH nên NTH được chọn cũng là chất thải nó có thể lọc qua TSH sậy dễ dàng. Cơ sở chọn là trang trại nuôi heo thịt có quy mô 50 con, trọng lượng mỗi con từ 50 đến 70 kg, NTH do chủ trang trại thu và đóng vào thùng để giao cho thí nghiệm, NTH được thu vào buổi chiều, số lượng thu là 20 L, nước tiểu được thu từ chậu sau đó đổ vào thùng, bịt kín và sáng sớm chuyển về cơ sở sử dụng thí nghiệm. Số nghiệm thức là 5 nghiệm thức gồm (Pi0 công thức (CT0) đối chứng, Pi1 CT1 lọc 1000 ml NTH qua 30 g TSH sậy, Pi2 CT2 lọc 1000 ml NTH qua 50 g TSH sậy, Pi3 CT3 lọc 1000 ml NTH qua 70 g TSH sậy, Pi4 CT4 lọc 1000 ml NTH qua 90 g TSH sậy) cho mỗi chỉ tiêu hấp phụ. Mỗi nghiệm thức được bố trí theo hệ thống có 3 lần lặp lại, hấp phụ N có 4 nghiệm thức, N1 nitơ lọc qua 30 g TSH sậy, N2 nitơ lọc qua 50 g TSH sậy, N3 nitơ lọc qua 70 g TSH sậy, N4 lọc qua 90 g TSH sậy; P có 4 nghiệm thức P1 phốt pho lọc qua 30 g TSH sậy, P2 lọc qua 50 g TSH sậy, P3 lọc qua 70 g TSH sậy, P4 lọc qua 90 g TSH sậy, K có 4 nghiệm thức, K1 ka li lọc qua 30 g TSH sậy, K2 lọc qua 50 g TSH sậy, K3 lọc qua 70 g TSH sậy, K4 lọc qua 90 g TSH sậy.

Phân vô cơ hỗn hợp (đạm, lân, kali) được hòa tan trong nước lọc qua TSH sậy, sau đó các thành phần hóa học TSH và thành hóa học nước sau khi lọc đã được phân tích.

Cây giống lúa ST25 của (*Oryza sativa*) đã được gieo, trồng và bón phân theo công thức, các chỉ tiêu sinh trưởng được đo 2 lần theo 2 giai đoạn tuổi vào ngày 60 tuổi và ngày 125 thời điểm thu hoạch.

2.2. Phương pháp điều tra và tạo TSH sậy

Điều tra sinh khối: Các loại thảm thực vật sậy tại 3 địa điểm khác nhau. Mỗi địa điểm chọn 9 ô mẫu, tổng số ô là 27, diện tích ô là 4 m², tại mỗi ô chọn 27 cây sậy để đo. Các chỉ tiêu cần đo bao gồm: chiều cao cây (H), đường kính mặt đất của cây (D_{0.0}), số cây trên một mét vuông (N/m²). Để xác định trọng lượng khô và tạo TSH trong 27 ô mẫu, 9 cây được chọn trong mỗi ô (3 cây thấp nhất, 3 cây trung bình, 3 cây cao nhất), cắt ngang mặt đất, sau đó việc ghi số thứ tự cây và tên số ô được tiến hành để mang về phòng thí nghiệm, chia nguyên liệu thu hoạch thành thân, lá, hoa và cùn từng cây một. Bước tiếp theo là phơi khô chờ trọng lượng của cây sậy không thay đổi của thân, lá và hoa khô của cây sậy. Bước thứ ba là đốt thân, lá, hoa trong lò đốt thủ công để tạo ra TSH đã được thiết kế, phương pháp đốt là đốt tự nhiên hiếu khí, khi sự cháy đã gần hoàn toàn ngọn lửa không còn khói, thì đập nắp cách ly oxy để nguội và thu hoạch than, phương pháp này tỉ lệ than đạt trên 95% và 5% tro hóa. Sinh khối thực vật tươi được đo bằng khối lượng toàn bộ cây tươi (Wft), khối lượng thân cây tươi (Wftr), khối lượng lá tươi (Wfl), khối lượng hoa tươi (Wff), đơn vị tính là gam (g).



Hình 1. TSH làm từ cây sậy ở ĐBSCL

2.3. Điều tra than bùn

Dựa trên bản đồ phân bố độ cao của đất than bùn, 15 ô điều tra than bùn đã được thành lập (Tran & Thai, 2014). Máy khoan tay được sử dụng để lấy mẫu, tổng cộng có 15 ô được thiết lập để khảo sát sự phát triển và sinh khối của cây sậy tại ba địa điểm của ĐBSCL, mỗi địa điểm lập 5 ô lấy mẫu, số mẫu ở 1 điểm là ba mẫu (Hinh và ctv., 2020) và mỗi mẫu là 1 kg và ghi mã số của địa điểm tại địa điểm là UTM1, UTM2, UTM3, UTM4 (Vos et al., 2007), theo cùng tên của các ô điều tra. Sau đó, mẫu được đưa đến phòng thí nghiệm của Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ để phân tích.

Các đặc tính của đất than bùn được đánh giá thông qua các chỉ số: pH (H₂O), mùn (%), N (%), P₂O₅ (%), K₂O (%), Fe²⁺ (mg/100 g), SO₄²⁻ (mg/100 g) và axit humic (%). Phương pháp phân tích pH (H₂O) được xác định bằng máy đo pH. Hàm lượng mùn và axit humic được đánh giá theo Walkley

Black (Vos et al., 2007), tổng nitơ được xác định theo phương pháp (Vos et al., 2007). P₂O₅ được chỉ định theo phương pháp so màu.

Các đặc tính của TSH trên cây sậy được đánh giá thông qua các chỉ tiêu: pH(H₂O), axit humic (%), chất hữu cơ OM %, C %, N %, P %, K %, Ca %, Mg % và SiO₂ %. Trong đó, pH được xác định bằng cách đo tỷ lệ chiết xuất 1: 2,5; K%, Ca%, Mg% được đo bằng máy hấp thụ nguyên tử, silic được đo theo phương pháp của AOAC (hiệp hội các cộng đồng phân tích), nitơ được đo theo phương pháp Kjeldahl, photpho được đo bằng phương pháp màu xanh molybden (TCVN 8940:2011), tro được tính theo phương pháp tro hóa.

Phân bón hỗn hợp được ủ trong 5 ngày và 10 ngày, sau đó được ứng dụng thử nghiệm cho lúa ST 25. Với 8 công thức thử nghiệm được xác định, bố trí thí nghiệm theo hàng mỗi lô có 9 cá thể, mỗi thí nghiệm có 3 lần lặp lại:

Nghiệm thức 1: 100 g TSH (đối chứng)/1 chậu thí nghiệm/1 bụi lúa ST 25.

Nghiệm thức 2: 4 g N 46% + 3 g P 61% + 3 g K 61% (10 g NPK + 90 g TSH = 100 g).

Nghiệm công thức 3: 10 g (N 16% + P 16% + K 8%) + 90 g TSH = 100 g.

Nghiệm thức 4: 10 g (N 20% + P 20% + K 15%) + 90 g TSH = 100 g.

Nghiệm công thức 5: 50 g TSH + 40 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%).

Nghiệm thức 6: 60 g TSH + 30 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%).

Nghiệm thức 7: 70 g TSH + 20 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%).

Nghiệm thức 8: 80 g TSH + 20 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%).

Các ngày sau khi trộn trong 5 ngày và 10 ngày, các chỉ tiêu phân tích là: axit humic (%), chất hữu cơ OM (%), C (%), N (%), P (%), K (%), Ca (%), Mg (%), SiO₂ (%).

Các chỉ tiêu đo được trên lúa 125 ngày bao gồm: (Hcm) chiều cao của cây, (Br.bu.) cành của bụi, (Br.pl.) cành của cây, (Se.br.) hạt của bông, (Se.bu.) hạt của bụi, (St.le.) chiều dài thân, (Fl.se.br.) hạt lép trên bông, (Se.co.) màu hạt và (L.co.) màu lá

2.4. Phân tích dữ liệu

Kiểm định t và phân tích phương sai một chiều (ANOVA) được sử dụng trong phân tích để so sánh

giá trị trung bình của TSH và than bùn (Huy, 2009). Mức ý nghĩa được đặt ở mức $\alpha = 0,05$ (Huy, 2015) đã được phân tích.

Việc xử lý dữ liệu đã được thực hiện, bao gồm tính toán thống kê, mô tả, giả thuyết kiểm định, được thực hiện bằng hướng dẫn (Huy, 2009). Microsoft Excel 2016, Statgraplies Centurion 19.12 và IBM SPSS Statistic phiên bản 20.0 đã được sử dụng để xử lý dữ liệu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thân tươi, khô và TSH của cây sậy

Kết quả điều tra sinh trưởng và trọng lượng của cây sậy trong 3 địa điểm ở ĐBSCL được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. Sinh trưởng và trọng lượng của cây sậy trong 3 địa điểm ở ĐBSCL

Địa điểm	H(m)	D _{0.0} (cm)	W _{tfr}	W _{ltr}	W _{fl}	W _{ffl}	N/m ²	Wf/m ²
MT (Minh Thuận)	2,78	1,37	129,79	96,90	23,67	8,22	55	7,10
AMB (An Minh Bắc)	2,77	1,34	131,77	100,72	23,01	8,05	68	8,96
KL	2,75	1,40	105,89	71,80	28,57	5,41	56	5,93
Trung bình	2,77	1,38	122,48	89,81	25,08	7,23	60	7,34
S.E	0,0088	0,017	8,316	9,07	1,75	0,9	4,17	
$\alpha = 0,05$	0,97 Ns	0,87 Ns	0,22 Ns	0,03*	0,67 Ns	< 0,00*	0,24 Ns	

Ghi chú: H(m) - chiều cao cây, D_{0.0}(cm) - đường kính thân cây mặt đất, W_{tfr} - trọng lượng tươi cả cây, W_{ltr} - trọng lượng tươi thân cây, W_{fl} - trọng lượng tươi của lá cây, W_{ffl} - trọng lượng tươi của hoa cây, N/m² - số cây trên 1 mét vuông, Wf/m² - trọng lượng tươi trên 1 m², MT - địa điểm Minh Thuận, AMB - địa điểm An Minh Bắc, KL - địa điểm KL, S.E - sai số chuẩn, (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa.

Thảo luận về tiềm năng sinh khối cây sậy:

Kết quả cho thấy sự chênh lệch về chiều cao cả 2 địa điểm trong vùng UMT đều cao hơn vùng KL, nhưng sự chênh lệch là không lớn, sự khác nhau có ý nghĩa về thống kê; về đường kính thân cây vùng UMT có nhỏ hơn vùng KL, nhưng sự chênh lệch rất nhỏ, không có ý nghĩa về mặt thống kê; về trọng lượng cả cây vùng UMT có cao hơn, nhưng phân tích thống kê không có sự khác biệt; về trọng lượng thân cây vùng UMT cao hơn vùng KL, có sự khác biệt có ý nghĩa với chi tiêu này; về trọng lượng lá thì vùng UMT thấp hơn vùng KL, nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa; về trọng lượng hoa thì vùng UMT cao hơn và sự khác biệt có ý nghĩa; về mật độ thì vùng AMB (UMT) cao hơn, nhưng không có sự khác biệt về mật độ; về trọng lượng sinh khối trong 3 vùng thì vùng UMT cao hơn vùng KL.

Qua kết quả điều tra về sinh khối và trọng lượng cây sậy tươi cho thấy tổng trọng lượng tiềm năng trong 3 vùng thì vùng UMT là có trọng lượng sinh khối cao hơn vùng KL do điều kiện tự nhiên vùng KL là vùng bị ngập sâu, thời gian ngập kéo dài hơn

Sinh trưởng và trọng lượng của cây sậy tại 3 địa điểm ĐBSCL (Bảng 1). Sinh trưởng chiều cao cây sậy 2,77 m từ 2,75 đến 2,78 m; đường kính gốc 1,38 cm từ 1,34 đến 1,40 cm; trọng lượng toàn bộ cây sậy tươi là 122,48 g, từ 105,89 đến 131,77 g/cây; trọng lượng thân cây sậy tươi 89,81 g/cây, từ 71,80 đến 100,72 g/cây; trọng lượng lá cây sậy tươi 25,08 g/cây; trọng lượng hoa cây sậy tươi 7,23 g/cây, từ 5,41 đến 8,05 g/cây. Mật độ cây sậy là 60 cây/m², từ 55 đến 68 cây/m². Trọng lượng của cây tươi là 7,34 kg/1 m².

vùng UMT. Vùng AMB là vùng tiếp cận với vùng đất than bùn của Vườn Quốc gia U Minh Thượng (VQGUMT) nên sinh khối cao hơn vùng Minh Thuận, ngược lại vùng Minh Thuận do tiếp cận với vùng nhiễm mặn vì vậy sự phát triển của cây sậy có mặt bị hạn chế. Sự sinh trưởng của cây sậy trong vùng AMB tiếp cận với than bùn của vùng lõi VQGUMT là phát triển mạnh hơn, đặc biệt là mật độ rất cao, nên trong mùa khô chúng thường cạnh tranh độ ẩm và chết khô để lại lượng vật liệu cháy khá lớn, nên nó là nguyên nhân gây ra cháy rừng, mật khác mật độ cao và dày đặc cũng là bất lợi cho các loài động vật hoang dã đi lại, nhất là loài khỉ và các loài chim nước kiếm ăn trên các bãi có mặt nước. Mật độ dày cũng là nguyên nhân dẫn đến hạn chế cây tái sinh của rừng tràm, các loài thực vật khác không thể sinh trưởng và tái sinh làm cho tính đa dạng của hệ sinh thái bị hạn chế về số lượng loài thực vật, gây ra tính đa dạng sinh học thấp, ảnh hưởng đến sự phát triển đa dạng sinh học như Tổ chức Cục Bảo Tồn Thiên Nhiên và Đa dạng Sinh học đã công bố (Cục Bảo tồn Thiên nhiên và Đa dạng Sinh học, 2023).

Kết quả xác định chỉ tiêu trọng lượng cây khô trong 3 địa điểm ở ĐBSCL được trình bày trong Bảng 2.

Trọng lượng cây khô của cây sậy tại 3 địa điểm cho thấy (Bảng 2): Trọng lượng cây khô là 65,02 g/cây, từ 62,99 đến 66,58 g/cây; trọng lượng thân cây khô là 43,77 g/cây, từ 42,84 đến 44,99 g/cây; trọng lượng lá cây khô là 19,45 g/cây, từ 18,57 đến 21,21 g/cây; trọng lượng hoa cây khô là 2,60 g/cây, từ 2,52 đến 2,77 g/cây. Trọng lượng cây khô trên một mét vuông là 3,47 kg/1 m², từ 2,20 đến 3,54 g/m². Lượng nước trong cây bị mất trong quá trình chế biến làm cho cây khô là 3,47 kg/1 m².

Thảo luận về tiềm năng cây sậy khô: Trong 3 vùng AMB là vùng tiếp cận với vùng lõi VQGUMT có tiềm năng về trọng lượng cây sậy tươi là cao nhất, điều này có liên quan đến vật liệu cháy trong VQGUMT, vùng KL trọng lượng khô có mức cao thứ hai, tuy nhiên vùng KL là vùng trũng phèn nên khả năng cháy rừng vùng này không có nguy cơ cao như vùng AMB của UMT. Vì vậy, việc xem xét làm giảm vật liệu cháy vùng này trước khi mùa khô đến hàng năm là rất cần thiết, nhằm làm giảm nguy cơ cháy rừng hàng năm.

Kết quả xác định các chỉ tiêu trọng lượng của TSH của cây sậy ở 3 địa điểm ĐBSCL được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 2. Các chỉ tiêu trọng lượng cây khô trong 3 địa điểm ở ĐBSCL (Đơn vị: g/cây)

Địa điểm	Wtdr	Wdrtr	Wdrl	Wdrf	Wdr/m ²	Wwl/m ²
MT	65,49	43,49	18,57	2,52	3,60	3,54
AMB	62,99	44,99	18,57	2,52	4,38	4,68
KL	66,58	42,84	21,21	2,77	3,73	2,20
Trung bình	65,02	43,77	19,45	2,60	3,87	3,47
S.E	0,6589	0,6366	0,88	0,0833	0,2869	
α = 0,05	0,29 Ns	0,27 Ns	0,07 Ns	0,02*		

Ghi chú: Wtdr - trọng lượng của cây khô, Wdrtr - trọng lượng của thân cây khô, Wdrl - trọng lượng của lá cây khô, Wdrf - trọng lượng hoa cây khô, Wdr/m² - trọng lượng của cây khô trên 1 m², Wwl/m² - trọng lượng nước trong thân cây 1 m², S.E: - sai số chuẩn, (*) - khác nhau có ý nghĩa và (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa.

Bảng 3. Các chỉ tiêu trọng lượng của TSH cây sậy ở 3 địa điểm ĐBSCL (Đơn vị: g/cây)

Địa điểm	Wbit	Wbitr	Wbil	Wbif
MT	12,95	7,27	4,00	1,68
AMB	17,55	9,83	5,41	2,28
KL	10,27	5,75	3,27	1,36
Trung bình	13,59	7,62	4,23	1,77
S.E	2,1257	1,1904	0,6280	0,2696
α = 0,05	< 0,01*	< 0,01*	< 0,01*	< 0,01*

Ghi chú: Wbit - trọng lượng của TSH trên cây, Wbitr - trọng lượng của TSH trên thân cây, Wbil - trọng lượng TSH trên lá cây, Wbif - trọng lượng TSH trên hoa cây, S.E - sai số chuẩn. (*) - sự khác biệt có ý nghĩa, (Ns) - sự khác biệt không có ý nghĩa.

Các chỉ tiêu về trọng lượng của TSH sậy ở ba địa điểm (Bảng 3, Hình 2). Trọng lượng TSH của cây sậy là 13,59 g/cây, từ 10,27 đến 17,55 g/cây; trọng lượng TSH của thân cây sậy là 7,62 g/cây, từ 5,75 đến 9,83 g/cây; trọng lượng TSH của lá cây sậy là 4,23 g/cây, từ 3,27 đến 5,41 g/cây; trọng lượng TSH của hoa cây sậy là 1,77 g/cây, từ 1,36 đến 2,28 g/cây.

Xác định hiệu suất TSH cây sậy:

$$H\% = 13,59/65,02 * 100 = 20,9\%$$

Hiệu suất sản xuất TSH cây sậy là 20,9%, nghĩa là nếu có 100 g nguyên liệu khô thì có thể sản xuất ra 20,9 g TSH cây sậy.



Hình 2. TSH của thân, lá và hoa cây sậy

Thảo luận và đề xuất: Với hiệu suất sản xuất TSH cây sậy là 20,9% từ vật liệu khô của cây sậy trong 3 vùng AMB vùng UMT có năng suất sản xuất TSH là cao nhất, đây cũng là vùng nằm gần vùng lõi VQGUMT nên việc thu gom cây sậy khô trước mùa cháy rừng đóng góp một phần nguyên liệu cho sản xuất than, đồng thời nó cũng góp phần làm giảm vật liệu cháy, giảm đi đầu tư của nhà nước cho công tác phòng cháy và chữa cháy rừng trong VQGUMT.

3.2. Các chỉ tiêu hóa học của TSH sậy

Kết quả so sánh các chỉ tiêu hóa học TSH trên thân, lá và hoa (pH, C%, axit humic, OM%) được trình bày tại Bảng 4.

Các chỉ tiêu hóa học là pH, C%, axit humic và OM% trong thân, lá và hoa của TSH cây sậy cho thấy (Bảng 4): pH của TSH thân cây là 10,33, TSH lá là 10,24, TSH hoa là 9,1, pH từ 9,1 đến 10,33. C% của thân cây là 17,23%, lá cây là 17,67%; TSH hoa

là 20,12%, C% từ 17,23 đến 20,12%. Axit humic của thân cây là 1,38%, lá cây là 1,29%, hoa cây là 1,09%, từ 1,38 đến 1,09; OM% của thân cây là 34,48%, lá cây là 35,75%, hoa cây là 40,23%, từ 34,48 đến 40,23%. Thảo luận và đề xuất: Các chỉ tiêu pH, C%, OM% của TSH từ các bộ phận cây sậy đều đạt mức cao, chứng minh tiềm năng sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp bền vững và môi trường. Sự khác biệt có ý nghĩa giữa thân, lá, hoa thể hiện rằng từng bộ phận của cây có thể tối ưu cho các mục đích khác nhau: thân cho cải tạo đất, hoa cho hấp phụ, lá cho bổ sung hữu cơ. Nhìn chung, TSH sậy là nguồn vật liệu sinh học đa dụng, giàu cacbon, có khả năng kiềm hóa và cải thiện đất hiệu quả, phù hợp với hướng phát triển nông nghiệp xanh và kinh tế tuần hoàn tại vùng đồng bằng ven biển An Giang.

Kết quả so sánh các chỉ tiêu hóa học của TSH cây sậy trên thân, lá và hoa (N%, P%, K%) được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 4. So sánh các chỉ tiêu hóa học của TSH trên thân lá và hoa (pH, C%, axit humic, OM%)

Địa điểm	pH			C%			Axit humic			OM%		
	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa
MT	10,66	10,38	9,41	17,24	16,03	18,97	1,43	1,31	1,14	34,48	32,07	37,93
AMB	10,27	10,29	9,01	17,24	18,02	20,69	1,32	1,27	1,11	34,48	37,24	41,38
KL	10,07	10,04	8,88	17,21	18,96	20,69	1,38	1,29	1,02	34,48	37,93	41,38
Trung bình	10,33	10,24	9,1	17,23	17,67	20,12	1,38	1,29	1,09	34,48	35,75	40,23
S.E	0,1732	0,1017	0,1594	0,01	0,8637	0,5733	0,0317	0,0115	0,036	0	1,849	1,15
$\alpha = 0,05$	0,00*	0,00*	0,00*	1,00 Ns	0,00*	0,00*	0,002*	0,12 Ns	0,00*	1,0 Ns	0,00*	0,00*

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn

Bảng 5. So sánh các chỉ tiêu hóa học của TSH cây sậy trên thân, lá và hoa (N%, P%, K%)

Địa điểm	N%			P%			K%		
	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa
MT	0,17	0,21	0,18	0,44	0,39	0,37	0,72	0,75	0,67
AMB	0,17	0,20	0,16	0,40	0,39	0,39	0,71	0,69	0,68
KL	0,15	0,19	0,17	0,39	0,42	0,33	0,72	0,72	0,67
Trung bình	0,16	0,20	0,17	0,41	0,40	0,36	0,72	0,72	0,67
S.E	0,0066	0,0057	0,0057	0,5152	0,01	0,01763	0,0033	0,0173	0,0033
$\alpha = 0,05$	0,64 Ns	0,81 Ns	0,61 Ns	0,09 Ns	0,50 Ns	0,15 Ns	0,08 Ns	0,09 Ns	0,88 Ns

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn.

Các chỉ tiêu hóa học là N%, P% và K% trong thân, lá và hoa của TSH cây sậy (Bảng 5): N% của thân là 0,16%, lá là 0,20 và hoa là 0,17%, từ 0,16 đến 0,20%; P% của thân là 0,41%, lá là 0,40% và hoa là 0,36%, từ 0,36 đến 0,41%; K% của thân là 0,72%, lá là 0,72% và hoa là 0,67%, từ 0,67 đến 0,72%.

Thảo luận và đề xuất sử dụng tiềm năng: Thành phần N% trong thân, lá và hoa đều thấp biến động từ 0,15 đến 0,21%, thành phần này rất thấp so với yêu cầu N% trong phân bón hữu cơ là thấp hơn 2%; về thành phần P% trong thân, lá và hoa thì cũng thấp, từ 0,39 đến 0,44%, tỉ lệ này rất thấp so với yêu cầu quy định tại Thông tư 09/2019/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2019), thành phần phân khoáng hữu cơ có NPK với P%

thấp hơn 3% thì thành phần hóa học này không đáp ứng yêu cầu; về thành phần K% trong TSH từ thân, lá và hoa chỉ ở mức từ 0,69 đến 0,75%. Các chỉ tiêu hóa học trong thân, lá và hoa với NPK đề thấp và theo quy định của Thông tư 09/2019/TT-BNNPTNT (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2019) thì đối với phân khoáng hữu cơ có thành phần vô cơ N 2%, P 3% và K 3% thì cần phải bổ sung phân khoáng

vô cơ với N là 2%, P là 3% và K là 3% là yêu cầu đảm bảo đủ thành phần, đề xuất được đưa ra là cần phối trộn thêm các thành phần phân hữu cơ khoáng với tỉ lệ không quá 8% NPK vào trong thành phần.

Kết quả so sánh các chỉ tiêu hóa học của TSH cây sậy trên thân, lá và hoa (Ca%, Mg%, SiO₂%) được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. So sánh các chỉ tiêu hóa học của TSH cây sậy trên thân, lá và hoa (Ca%, Mg%, SiO₂%)

Địa điểm	Ca%			Mg%			SiO ₂ %		
	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa	Thân	Lá	Hoa
MT	0,16	0,12	0,18	0,15	0,16	0,14	4,67	4,72	4,25
AMB	0,10	0,09	0,11	0,14	0,16	0,15	4,26	4,84	4,65
KL	0,17	0,10	0,18	0,17	0,16	0,13	5,13	5,24	3,97
Trung bình	0,14	0,10	0,16	0,15	0,16	0,14	4,69	4,93	4,29
S.E	0,0218	0,0088	0,0233	0,0088	0	0,0057	0,2512	0,1571	0,1973
α = 0,05	0,11 Ns	0,06 Ns	0,01*	0,03*	1,0 Ns	0,73 Ns	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn.

Các chỉ tiêu hóa học của TSH là Ca%, Mg% và SiO₂% trong thân, lá và hoa của TSH cây sậy cho thấy (Bảng 6): Ca% của TSH thân cây là 0,14%, TSH lá là 0,10, TSH hoa là 0,16, từ 0,10 đến 0,16. Mg% của TSH thân cây là 0,15%, lá cây là 0,16%; TSH hoa là 0,14%, Mg% từ 17,23 đến 20,12%. SiO₂% của TSH thân cây là 4,69%, lá cây là 4,93%, hoa cây là 4,29%, SiO₂% từ 4,29 đến 4,93%.

Thảo luận và đề xuất sử dụng: Thành phần hóa học Ca% trong thân, lá, hoa từ 0,1 đến 0,18%, cây trồng cần tối thiểu 0,1% để tạo vách tế bào với tỉ lệ % này khá thấp nhưng đủ nhu cầu trong phân bón, TSH được sử dụng làm phân bón thì nó góp phần vào nguyên tố trung lượng góp cho cây trồng sinh trưởng; Mg% trong thân, lá và hoa trong TSH chiếm từ 0,13 đến 0,17%, nhu cầu của Mg cho cây trồng từ

0,15%, cây thiếu Mg thì lá có màu vàng, tỉ lệ này đáp ứng yêu cầu nguyên tố vi lượng trong phân bón; SiO₂% cây trồng cần SiO₂ để phát triển khỏe mạnh, chống chịu sâu bệnh và nấm bệnh, thành phần thân, lá và hoa trong TSH sậy 3,97 đến 5,24%, nhu cầu cây trồng khoản 5% nên nếu TSH sậy được sử dụng vào phân bón thì góp phần tăng nguyên tố này hữu ích cho cây trồng. Các chỉ tiêu hóa học Ca%, Mg%, SiO₂% tỉ lệ trong TSH sậy trong phân tích thì tỉ lệ thấp nhưng nếu sử dụng làm phân bón hữu cơ đều đáp ứng yêu cầu mà không cần thêm các nguyên tố trung lượng với thành phần này.

Kết quả phân tích tính chất hóa học của TSH cây sậy trong 3 địa điểm ở ĐBSCL được trình bày trong Bảng 7.

Bảng 7. Tính chất hóa học của TSH cây sậy trong 3 địa điểm ở ĐBSCL

Địa điểm	pH	C%	Axit humic	OM%	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	SiO ₂ %
MT	9,66	18,96	1,23	37,93	0,17	0,40	0,70	0,15	0,15	4,78
AMB	9,86	18,85	1,23	37,70	0,18	0,40	0,69	0,12	0,15	4,58
KL	10,15	17,41	1,29	34,83	0,19	0,38	0,71	0,15	0,15	4,55
Trung bình	9,89	18,41	1,25	36,82	0,17	0,39	0,7	0,14	0,15	4,64
S.E	0,1422	0,4993	0,02	0,9972	0,0057	0,0066	0,0057	0,01	0	0,0721
α = 0,05	0,24 Ns	0,055 Ns	0,53 Ns	0,054 Ns	0,057 Ns	0,072 Ns	0,045 Ns	0,03*	0,05*	0,043 Ns

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn.

Thành phần hóa học của TSH sậy tại 3 khu vực được chọn để điều tra cho thấy (Bảng 7): pH (9,66 - 10,15), carbon (17,41 - 18,96), axit humic (1,23 - 1,29%), chất hữu cơ (34,83 - 37,93%), nitơ (0,17 -

0,19%), phot pho (0,38 - 0,40%), kali (0,69 - 0,71%), canxi (0,12 - 0,15%), magiê (0,2 - 0,15%), silic (4,55 - 4,78%). Vì TSH sậy có độ pH kiềm từ 9 đến 10 nên có thể được sử dụng làm phân bón để

cải tạo đất phèn là tốt nhất. Hàm lượng chất hữu cơ trong TSH cao hơn 30% nên có thể được sử dụng làm phân hữu cơ cho nông nghiệp. Thành phần hóa học của TSH có các chỉ số hòa tan như nitơ 0,17 - 0,19%, photpho 0,38 - 0,40%, kali 0,69 - 0,71%, các chỉ số này trong phân bón rất cần thiết cho cây trồng. Vì vậy, nếu chúng ta muốn sử dụng TSH sậy để làm phân hữu cơ trong nông nghiệp thì cần phải bổ sung các chỉ số hóa học vô cơ.

Nhận xét và đề xuất sử dụng:

Sản xuất phân đơn thuần hữu cơ: TSH sậy có thể đáp ứng sản xuất phân hữu cơ đơn thuần và có chất hữu cơ OM% cao có trong TSH cao từ 34 đến 39%, cao hơn nhiều 20% so với yêu cầu phân bón chỉ thuần hữu cơ nên có thể sử dụng làm phân bón hữu cơ cho nông nghiệp. Theo Thông tư 09/2019/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2019), TSH sậy có dạng kiềm pH từ 9 đến 10, vì vậy nó có thể được sử dụng làm phân bón để cải thiện đất chua có chứa axit sunfuric.

Nếu phân hữu cơ được sản xuất dạng phân hữu cơ khoáng thì cần bổ sung thêm NPK. Các chỉ tiêu hóa học của TSH sậy thấp như nitơ 0,17 - 0,19%, photpho 0,38 - 0,40%, kali 0,69 - 0,71%. Những chỉ tiêu này là cần thiết cho cây trồng. Nếu phân hữu cơ khoáng được sản xuất thì cần phải bổ sung các loại phân khoáng không quá 8%, N% là 2%, P% là 3% và K% là 3% để trở thành phân hữu cơ khoáng.

3.2. Các chỉ tiêu hóa học của than bùn

Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa học của than bùn ở 3 địa điểm được trình bày trong Bảng 8.

Các chỉ tiêu hóa học than bùn ở 3 địa điểm (pH, Axit humic, N%, P%, K%, NH₄⁺, SO₄²⁻, Fe²⁺) cho thấy các chỉ tiêu hóa học của than bùn ở 3 địa điểm (Bảng 8). Các chỉ tiêu hóa học than bùn của 3 địa điểm (Bảng 7) bao gồm: pH là 4,41, từ 4,35 đến 4,37; axit humic là 13,06%, từ 6,24 đến 17,54%; N% của nitơ là 0,10%, từ 0,08 đến 0,12%; photpho là 0,10%, từ 0,08 đến 0,12 %; kali là 0,21%, từ 0,11 đến 0,30 %; NH₄⁺ là 16,70%, từ 15,92 đến 17,33 %; SO₄²⁻ là 0,07, từ 0,06 đến 0,08%; Fe²⁺ là 1,45%, từ 0,82 đến 2,13%.

Thảo luận và đề xuất: Than bùn có pH là 4,35 - 4,47 là loại nguyên liệu có tính axit cao, nên có thể phối trộn với TSH cây sậy có pH là 10 - 11 tạo ra nguyên liệu phân hữu cơ trung tính, than bùn có thành phần axit humic cao từ 6 đến 17%, nên có thể tạo ra phân hữu cơ humic. Vì vậy, việc kết hợp than bùn và TSH cây sậy tạo ra nguồn nguyên liệu phân hữu cơ có tiềm năng cho nền nông nghiệp hữu cơ sinh học. Tuy nhiên, than bùn có tỉ lệ N% từ 0,1% đến 0,4%, P% từ 0,08 đến 0,12% và K% là từ 0,1 đến 0,3%, trong khi yêu cầu của phân hữu cơ là N% là 2%, P% là 3% và K% là 3% (NPK) không quá 8%, do đó phân khoáng vô cơ trong thành phần phân hữu cơ được sử dụng là cần thiết.

Bảng 8. Các chỉ tiêu hóa học của than bùn ở 3 địa điểm (pH, axit humic, N%, P%, K%, NH₄⁺, SO₄²⁻, Fe²⁺)

Địa điểm	pH	Axit humic	N%	P%	K%	NH ₄ ⁺ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Fe ²⁺ mg/L
MT	4,42	17,54	0,42	0,08	0,30	15,92	0,06	2,13
AMB	4,47	15,30	0,29	0,10	0,22	16,48	0,07	1,41
KL	4,35	6,24	0,16	0,12	0,11	17,33	0,08	0,82
Trung bình	4,41	13,06	0,10	0,10	0,21	16,70	0,07	1,45
S.E	0,024622	2,44264	0,071224	0,008165	0,038944	0,291473	0,004082	0,267842
α = 0,05	0,22 Ns	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*

Ghi chú: mg/L (miligam trên 1 lít nước), (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn.

3.3. Hấp phụ của TSH với NTH và phân khoáng vô cơ (N, P, K)

Sự hấp phụ của TSH bằng NTH được lọc qua TSH cho kết quả ở Bảng 9 và Hình 3. NTH được phân tích với thành phần hóa học sau: pH là 8,8; NH₄⁺, NO₂⁻ là 15,0 mg trên lít (mg/L); NO₂⁻ là 0,15 mg/L, NO₃⁻ không phát hiện, nitơ là 98,4 mg/L, photpho là 4,8 mg/L; kali là 0,13 mg/L; trong số này, nitơ và NO₂⁻ được phát hiện có nồng độ rất cao,

đặc biệt là nitơ ở mức 0,098 g trên lít và NH₄⁺ ở mức 0,015 g trên lít là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường.

NTH được lọc tuần tự qua TSH sậy với khối lượng 30 g, 50 g, 70 g và 90 g. Kết quả thu được khi phân tích NTH đầu ra pH là 9,07, 9,21, 9,41 và 9,53 (so với đối chứng là 8,8). Kết quả phân tích cho thấy: NH₄⁺ là 14,0 mg/L, 13,5 mg/L, 13,4 mg/L, 13,0 mg/L; NO₂⁻ phân tích là 0,15 mg/L, 0,06 mg/L, 0,055 mg/L, 0,05 mg/L, 0,045 mg/L; NO₃⁺ không

phát hiện; nitơ là 98,4 mg/L, 86,0 mg/L, 83,8 mg/L, 82,1 mg/L và 72,6 mg/L; photpho là 4,8 mg/L, 1,7 mg/L, 1,3 mg/L, 1,0 mg/L và 0,4 mg/L; kali là 0,13 mg/L, 0,14 mg/L, 0,15 mg/L, 0,17 mg/L và 0,20 mg/L.

Kết quả hấp phụ của TSH cây sậy với NTH bằng cách lọc qua TSH sậy được trình bày trong Bảng 9.

Bảng 9. Hấp phụ của TSH cây sậy với NTH bằng cách lọc qua TSH

Địa điểm	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)
Pi0 (NTH) (CT0)	8,8	15,0	0,15	KPH	98,4	4,8	0,13
Pi1 (30 g TSH) (CT1)	9,07	14,0	0,06	KPH	86,0	1,7	0,14
Pi2 (50 g TSH) (CT2)	9,21	13,5	0,055	KPH	83,8	1,3	0,15
Pi3 (70 g TSH) (CT3)	9,41	13,4	0,05	KPH	82,1	1,0	0,17
Pi4 (90 g TSH) (CT4)	9,53	13,0	0,045	KPH	72,6	0,4	0,20
S.E	0,0933	0,1527	0,0028		3,4847	0,2645	0,0577
α = 0,05	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*		< 0,00*	0,00*	0,00*

Ghi chú: KPH Không phát, Pi0: NTH, Pi1: NTH 1000 ml lọc qua 30 g TSH sậy, Pi2: NTH 1000 ml lọc qua 50 g TSH sậy, Pi3: NTH 1000 ml lọc qua 70 g TSH sậy, Pi4: NTH 1000 ml lọc qua 90 g TSH sậy; (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa, S.E - sai số chuẩn.

Thảo luận và đề xuất: Kết quả này đã minh chứng TSH sậy có thể hấp phụ được các chỉ số hóa học trong môi trường NTH trong đó các thành phần hóa học NTH như NH₄⁺, NO₂⁻, N, P, K được hấp phụ khi lọc qua TSH sậy, có thể thấy rằng khi TSH sậy được lọc với khối lượng TSH càng nhiều thì sự hấp phụ các chất ô nhiễm môi trường từ NTH càng tăng. Hướng sử dụng nghiên cứu này được đề xuất nhằm sử dụng TSH sậy để xử lý ô nhiễm môi trường do chăn nuôi gây ô nhiễm đất và nước trong các vùng có trang trại nhỏ nuôi heo.

Kết quả hấp phụ của TSH cây sậy với dung dịch khoáng của TSH cây sậy với khoáng vô cơ nitơ, photpho và kali được trình bày trong Bảng 10.

Trước tiên, 1000 ml và 1 g nitơ 46%, 1 g photpho, 1 g kali đã được hoà tan; sau đó hỗn hợp được lọc qua TSH với các lượng 30 g, 50 g, 70 g và 90 g. Kết quả phân tích cho thấy (Bảng 10, Hình 3): Sự hấp phụ nitơ trong than được phân tích ở 30 g là

0,17%, 50 g là 0,22%, 70 g là 0,24% và 90 g là 0,31%; photpho ở 30 g là 0,35%, 50 g là 0,41%, 70 g là 0,44% và 90 g là 0,46%; kali ở 30 g là 0,43%, 50 g là 0,45%, 70 g là 0,46% và 90 g là 0,48%. Kết quả này cho thấy TSH có thể hấp phụ nitơ, photpho và kali trong môi trường tự nhiên.

Bảng 10. Hấp phụ của TSH cây sậy với dung dịch khoáng vô cơ nitơ(N), photpho (P) và kali (K)

TSH	N%	P%	K%
30 g TSH	0,17	0,35	0,43
50 g TSH	0,22	0,41	0,45
70 g TSH	0,24	0,44	0,46
90 g TSH	0,31	0,46	0,48
α = 0,05	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa.

Kết quả phân tích hóa học hấp phụ của TSH cây sậy với NTH được trình bày tại Bảng 11.

Bảng 11. Sự hấp phụ của TSH cây sậy với NTH

TSH	pH	N%	P%	K%	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
30 g	8,87	0,47	0,29	0,32	0,28	0,89	11,77
50 g	8,93	0,52	0,32	0,35	0,30	1,19	13,21
70 g	8,95	0,54	0,34	0,36	0,33	1,33	13,89
90 g	8,97	0,56	0,37	0,39	0,36	1,46	14,48
α = 0,05	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*

Ghi chú: (*) - khác nhau có ý nghĩa, (Ns) - khác nhau không có ý nghĩa.



Hình 3. Sự hấp phụ khí lọc qua TSH cây sậy với phân khoáng N, P, K và NTH trong chăn nuôi

Khả năng hấp phụ TSH sậy bằng NTH cho thấy sự hấp phụ của TSH cây sậy với NTH (Bảng 11). Đầu tiên, 1000 ml NTH được chuẩn bị và lọc qua TSH sậy với khối lượng tăng dần từ 30 g, 50 g, 70 g, 90 g, kết quả cho thấy pH tăng từ 8,87 đến 8,97; nitơ tăng từ 0,47 đến 0,56%; photpho tăng từ 0,32 đến 0,39%, kali tăng từ 0,32 đến 0,39%; NO₂⁻ tăng từ 0,28 đến 0,36%, NO₃⁻ tăng từ 0,89 đến 1,46%, NH₄⁺ tăng từ 11,77 đến 14,48%. Kết quả này cho thấy TSH có thể hấp phụ nitơ, photpho và kali trong chất thải từ NTH, nó cũng có thể làm giảm sự ô nhiễm chất khoáng vô cơ làm sạch môi trường ô nhiễm.

3.4. Sự phối trộn phân TSH, than bùn và phân khoáng vô cơ

Kết quả phân tích sự phối trộn giữa TSH, than bùn và phân khoáng vô cơ được trình bày trong Bảng 12.

Nghiệm thức pha trộn TSH với phân vô cơ từ nghiệm thức 2 - 4 cho thấy (Bảng 12): NT 2 - 4 (10 g nitơ 46%, 10 g photpho 61%, 10 g kali 61% trộn 90 g TSH sậy giữ 5 ngày và 10 ngày) sau khi phân tích các chỉ tiêu hóa học như: pH (10,04 - 10,46), carbon (17,31 - 17,54%), axit humic (1,22 - 1,35%), chất hữu cơ (36,36 - 39,92%), nitơ (2,46 - 4,87%), photpho (2,69 - 4,11%), kali (9,18 - 15,47%), canxi

(0,13 - 0,15%), magiê (0,13 - 0,15%), silic (4,25 - 4,52%); các nghiệm thức này chỉ so sánh đối chứng. Chất hữu cơ, nitơ, photpho và kali là những khác biệt được thể hiện trong phân tích thành phần hóa học của TSH sậy.

Các chỉ tiêu hóa học: Trong NT 2, nitơ là 4,22% trong 5 ngày và 4,87% trong 10 ngày; photpho là 3,55% trong 5 ngày và 4,11% trong 10 ngày; kali là 11,81% trong 5 ngày và 13,59% trong 10 ngày; chất hữu cơ là 39,03% trong 5 ngày và 36,98% trong 10 ngày. Trong nghiệm thức 3, nitơ là 2,35% trong 5 ngày và 2,96% trong 10 ngày; photpho là 2,69% trong 5 ngày và 3,80 trong 10 ngày; kali là 9,18% trong 5 ngày và 12,33 trong 10 ngày; chất hữu cơ là 37,89% trong 5 ngày và 36,36% trong 10 ngày. Nghiệm thức 4 nitơ là 2,46% trong 5 ngày và 3,55% trong 10 ngày, photpho là 2,69% trong 5 ngày và 3,86% trong 10 ngày, chất hữu cơ là 37,89% trong 5 ngày và 36,36% trong 10 ngày. Trong tiêu chí tại Thông tư số 09/2019/TT-BNNPTNT, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2019) đã ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón Hà Nội với các tiêu chí bắt buộc đối với phân bón hữu cơ có thành phần hữu cơ là 30%, tỷ lệ nitơ là 2%, tỷ lệ photpho là 2% và tỷ lệ kali là 3%. So với các chỉ tiêu trên, thí nghiệm khi được thực hiện là thỏa đáng và khả thi đối với tiềm năng nghiên cứu của phân bón sinh học cây sậy.

Về hiệu quả phối trộn phân vô cơ thì NT 2 (10% N, 10% P, 10% K) và NT 4 (20% N, 20% P, 15% K) có hiệu quả hấp phụ nitơ, photpho và kali trong TSH là cao nhất.

Các chỉ tiêu thông kê không có sự khác biệt đáng kể là pH, axit humic, canxi, magiê và silic. Các chỉ tiêu có sự khác biệt đáng kể về mặt thông kê là nitơ, photpho, kali và chất hữu cơ.

Kết quả điều tra sinh trưởng của cây lúa ST 25 trong các nghiệm thức sau 125 ngày tuổi được trình bày trong Bảng 13.

Bảng 12. Sự phối trộn giữa TSH, than bùn và phân khoáng vô cơ

Nghiệm thức	pH	C%	Axit humic %	OM%	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	SiO ₂ %
Fo.1a (5 ngày)	10,35	18,26	1,27	41,20	0,18	0,39	0,72	0,14	0,15	4,57
Fo.1b (10 ngày)	10,26	17,24	1,32	34,48	0,17	0,40	0,71	0,10	0,14	4,26
Fo.2a (5 ngày)	10,04	17,54	1,22	39,03	4,22	3,55	11,81	0,15	0,13	4,63
Fo.2b (10 ngày)	10,46	17,31	1,35	36,98	4,87	4,11	13,59	0,14	0,14	4,38
Fo.3a (5 ngày)	10,08	17,23	1,23	37,89	2,35	2,69	9,18	0,13	0,15	4,25
Fo.3b (10 ngày)	10,05	17,31	1,22	36,36	2,96	3,80	12,33	0,14	0,15	4,41
Fo.4a (5 ngày)	9,59	18,00	1,31	39,92	2,46	3,86	13,56	0,15	0,14	4,52
Fo.4b (10 ngày)	10,21	17,66	1,28	36,70	3,35	3,53	15,47	0,14	0,14	4,36

Nghiệm thức	pH	C%	Axit humic %	OM%	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	SiO ₂ %
Fo.5a (5 ngày)	10,15	17,65	1,23	38,17	3,33	3,63	13,41	0,14	0,14	4,44
Fo.5b (10 ngày)	9,31	17,31	1,34	41,86	3,36	4,52	14,31	0,14	0,13	4,46
Fo.6a (5 ngày)	10,41	18,57	1,31	35,62	4,28	4,23	14,85	0,14	0,15	4,37
Fo.6b (10 ngày)	10,10	18,54	1,40	36,98	4,81	4,86	15,62	0,15	0,15	4,53
Fo.7a (5 ngày)	9,94	18,39	1,33	40,22	4,72	4,81	15,70	0,14	0,15	4,32
Fo.7b (10 ngày)	9,57	18,14	1,23	37,93	5,66	5,77	10,64	0,14	0,14	4,44
Fo.8a (5 ngày)	10,09	18,76	1,25	36,87	5,30	5,25	16,36	0,15	0,14	4,76
Fo.8b (10 ngày)	10,23	20,01	1,41	40,75	6,23	6,36	18,36	0,14	0,16	4,64
$\alpha = 0,05$	0,78 Ns	0,83 Ns	0,06 Ns	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,64 Ns	0,85 Ns	0,00*

Ghi chú:

Fo.1a: nghiệm thức 1a (NT 1a) (đối chứng 5 ngày). Fo.1b: NT 1b (đối chứng 10 ngày),

Fo.2a: NT 2a (5 ngày). Fo.2b: NT 2 (10 ngày),

Fo.3a: NT 3a (5 ngày). Fo.3b: NT 3 (10 ngày),

Fo.4a: NT 4a (5 ngày). Fo.4b: NT 4 (10 ngày),

Fo.5a: NT 5a (5 ngày). Fo.5b: NT 5 (10 ngày),

Fo.6a: NT 6a (5 ngày). Fo.6b: NT 6 (10 ngày),

Fo.7a: NT 7a (5 ngày). Fo.7b: NT 7 (10 ngày),

Fo.8a: NT 8a (5 ngày). Fo.8b: NT 8 (10 ngày).

Phân hỗn hợp: với 8 công thức thí nghiệm.

Nghiệm thức (NT1): 100 g TSH (đối chứng).

NT 2: 4 g N 46% + 3 g P 61% + 3 g K 61% (10 g NPK+ 90 g TSH = 100 g).

NT 3: 10 g (N 16% + P 16% + K 8%) + 90 g TSH = 100 g,

NT 4: 10 g (nitơ 20% + phốt pho 20% + kali 15%) + 90 g TSH = 100 g,

NT 5: 50 g TSH + 40 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%),

NT 6: 60 g TSH + 30 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%),

NT 7: 70 g TSH + 20 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%),

NT 8: 80 g TSH + 20 g than bùn + 10 g (N 20% + P 20% + K 15%).

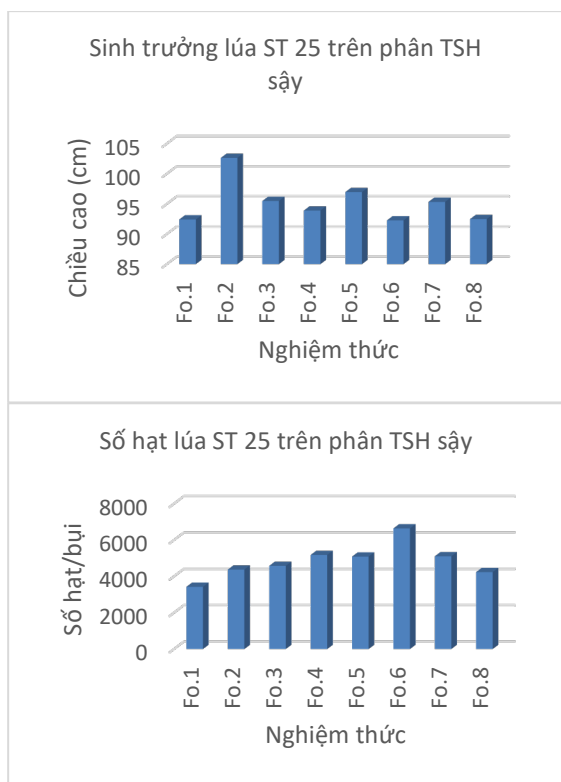
Các chỉ tiêu phân tích sau khi phối trộn 5 ngày và 10 ngày như sau: axit humic (%), organic matter OM(%), C (%), N(%), P(%), K (%), Ca (%), Mg (%), SiO₂(%).

(*) khác nhau có ý nghĩa, (Ns) khác nhau không có ý nghĩa.

Bảng 13. Sinh trưởng của cây lúa ST 25 trong các nghiệm thức sau 125 ngày tuổi

Công thức	H(cm)	Br.bu.	Br.pl.	Se.br.	Se.bu.	St.le.	Fl.se.br.	Se.co.	L.co.
Fo.1	92,41	29,75	10,52	107,59	3425	72,22	8,07	4,78	4,71
Fo.2	102,63	31,19	11,45	126,93	4375	71,96	8,15	4,93	4,93
Fo.3	95,48	35,74	11,33	134,59	4579	72,30	8,33	4,89	4,89
Fo.4	93,89	33,33	10,92	158,66	5180	73,66	8,59	4,85	4,85
Fo.5	96,96	32,67	11,15	152,22	5090	72,48	8,48	4,89	4,89
Fo.6	92,26	34,11	11,89	185,37	6641	82,00	8,71	4,89	4,89
Fo.7	95,33	34,48	10,41	163,70	5106	78,93	8,33	4,71	4,71
Fo.8	92,48	31,81	9,78	144,48	4238	72,59	8,87	4,63	4,63
Trung bình	95,18	35,38	10,93	146,69	4829	74,52	8,49	4,84	4,81
$\alpha = 0,05$	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,00*	< 0,05*	< 0,02*

Ghi chú: H(cm) - chiều cao cây, Br.bu. số nhánh trên bụi, Br.pl. - số nhánh trên cây, Se.br. - số hạt trên nhánh, Se.bu. - số hạt trên bụi, St.le. - chiều dài thân, Fl.,se.br. - số hạt lép trên nhánh, Se.co. - màu của hạt, L.co. - màu của lá, (*) - khác nhau có ý nghĩa, (N) - không khác nhau có ý nghĩa.



Hình 4. Chiều cao cây và số hạt trên bụi trên lúa ST 25 trên các nghiệm thức TSH sậy



Hình 5. Lúa ST 25 sử dụng TSH sậy và mô hình sử dụng phân bón TSH sậy sau 125 ngày tuổi

Các chỉ tiêu sinh trưởng của lúa được ghi nhận ở các nghiệm thức bón phân sau 75 ngày và được đo sau 125 ngày tuổi. Sinh trưởng của cây lúa ở 8 nghiệm thức cho thấy (Bảng 13) và (Hình 4 và Hình 5): Chiều cao cây đối chứng Fo.1 là 92,41 cm và tất cả các nghiệm thức 92,96 - 102,63 cm (Tuệ, 2020) (chiều cao cây từ 103 đến 105 cm). Nhánh bụi Fo.1 đối chứng là 29,75 nhánh (Br) và tất cả các nghiệm thức từ 31,19 đến 34,48 Br. Nhánh cây Fo.1 là 10,52 Br và tất cả các nghiệm thức từ 9,78 đến 11,89 Br. Hạt của nhánh đối chứng Fo.1 là 107,59 hạt (Se.) và tất cả các nghiệm thức từ 126,93 đến 163,70 hạt (Tuệ, 2020) (hạt từ 68 đến 104 trên một nhánh và 27 hạt lép trên một nhánh). Hạt của nhánh đối chứng Fo.1 là 3425 hạt và tất cả các nghiệm thức từ 4.238 đến 6.641 hạt. Chiều dài thân cây Fo.1 là 72,22 cm và tất cả các nghiệm thức từ 72,30 đến 82,00 cm.

Hạt lép Fo.1 là 8,07 hạt và tất cả các nghiệm thức từ 8,33 đến 8,87 hạt. Màu hạt Fo.1 là 4,78 (5 là tốt nhất) và tất cả các nghiệm thức từ 4,63 đến 4,93. Màu lá Fo.1 là 4,71 (5 là tốt nhất) và tất cả các nghiệm thức từ 4,71 đến 4,89.

Nhóm TSH kết hợp với các nghiệm thức phân vô cơ từ 1 đến 4, nghiệm thức 4 có số hạt cao nhất là 5.180 hạt/bụi, nghiệm thức Fo.2 có chiều cao sinh trưởng tốt nhất là 102,63 cm nhưng số hạt/bụi chỉ đạt 4.375 hạt/bụi.

Nhóm TSH kết hợp với các công thức than bùn và vô cơ từ Fo.5 đến Fo.7 có chiều cao từ 92,26 đến 95,33 cm và số hạt/bụi từ 5.090 đến 6.641 hạt/bụi, riêng nghiệm thức 6 là tốt nhất với 6.641 hạt/bụi.

4. KẾT LUẬN

Cây sậy sinh trưởng nhanh, tạo ra khối lượng vật liệu tươi và khô rất lớn, chiều cao bình quân là 2,77 m, đường kính gốc cây là 1,38 cm, trọng lượng tươi là 122,48 g/cây, phần thân cây là 89,81 g/cây, phần lá cây là 25,08 g/cây, phần hoa là 7,21 g/cây, mật độ bình quân là 60 cây/m². Bình quân cây sậy khô là 65,02 g/cây, phần thân khô là 43,77 g/cây, lá cây khô là 19,45 g/cây, phần hoa khô là 2,60 g/cây, trọng lượng khô trên/m² là 3,87 kg.

TSH được sản xuất bằng phương pháp nghiên cứu đốt nhanh vật liệu khô toàn cây sậy cho cháy hiệu quả hết phần khô rồi bịt kín cho mất oxy để đến nguội lấy than sinh hiệu suất TSH sậy H% là 20,9%.

Dung dịch phân khoáng vô cơ NPK pha loãng được lọc qua TSH, kết quả phân tích cho thấy TSH có thể hấp phụ với phân khoáng vô cơ N, P, K trong môi trường dung dịch được pha loãng, khi lượng TSH sậy tăng thì lượng hấp phụ N, P, K trong phân khoáng bị hấp phụ cũng tăng theo.

TSH sậy có thể hấp phụ được một số chỉ tiêu hóa học trong NTH ở trọng lượng tăng thì sự hấp phụ cũng gia tăng, các chỉ tiêu bị hấp phụ như NO₂⁻, NH₄⁺, N, P, K.

Việc phối trộn TSH sậy với các loại phân khoáng NPK khác nhau đã được thực hiện, các thành phần hóa học của TSH trong 2 thời điểm 5 và 10 ngày không có sự thay đổi, TSH sậy có khả năng lưu giữ các dinh dưỡng như N, P, K ổn định, TSH có thể được phối trộn với phân khoáng để thực hiện phân khoáng hữu cơ.

Trên cây lúa ST25 ở giai đoạn 30 ngày tuổi nghiệm thức phối trộn 90% TSH sậy với 10% phân khoáng NPK giúp cây sinh trưởng tốt; nghiệm thức phối trộn hỗn hợp TSH sậy 70%, than bùn 20% và

NPK 10% (20-20-15) cho cây lúa sinh trưởng tốt trong giai đoạn, trong giai đoạn sau 75 - 125 ngày tuổi.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn n Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tạo điều kiện cho thực hiện đề tài; đồng thời cảm ơn Ban Giám hiệu (Hiệu trưởng Nguyễn Văn Thành) và phòng Hợp tác Khoa học thuộc Trường Đại học Kiên Giang đã giúp đỡ để chúng tôi hoàn

thành đề tài cấp Bộ; cảm ơn Vườn Quốc gia U Minh Thượng, Ban quản lý rừng phòng hộ tỉnh An Giang, Sở Nông nghiệp và Môi trường An Giang đã cử cán bộ tham gia; cảm ơn Hợp tác xã Thạnh Lợi, xã Tân Hiệp đã phối hợp thực hiện đề tài B2024-KGU-01; cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã chấp thuận cho thực hiện đề tài “Nghiên cứu tiềm năng sinh học, than sinh học (Biochar) của cây sậy (*Phragmites australis* Cav.) nhằm đề xuất hướng sử dụng bền vững ở Đồng bằng sông Cửu Long”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. (2019). *Thông tư Ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng phân bón* (Số 09/2019/TT-BNNPTNT). <https://datafiles.chinhphu.vn/cpp/files/vbq/2019/09/09-bnnptnt.signed.pdf>
- Obreja, C. D., Buruiana, D. L., Mereuta, E., Muresan, A., Ceoromila, A. M., Ghisman, V., & Axente, R. E. (2023). Detection of reed using CNN method and analysis of the dry reed (*Phragmites australis*) for a sustainable lake area. *Plant Methods*, 19, article number 61. <https://doi.org/10.1186/s13007-023-01042-w>
- Hình, L. V., Thi, N. Q., Nông, N. N., & Hùng, H. V. (2020). Giáo trình quy hoạch sử dụng đất đai. Trường Đại học Thái Nguyên.
- Huy, B. (2009). Thống kê trong lâm nghiệp: áp dụng phần mềm Statgraphics Centurion và MS. Nhà xuất bản Đại học Tây Nguyên, Buôn Ma Thuột.
- Huy, B. (2015). Phân tích thống kê trong nghiên cứu lâm nghiệp thực nghiệm – quản lý tài nguyên và môi trường rừng. Nhà xuất bản Nông nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, 320 trang.
- Nghĩa, N. Đ. (2014). *Vai trò của than sinh học trong sản xuất và ứng dụng than sinh học hiệu quả*. Nhà xuất bản Khoa học và Công nghệ, Thành phố Hồ Chí Minh.
- Obolewski, K., Strzelczak, A., & Kiepas-Kokot, A. (2007). Chemical composition of reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. Versus density and structure of periphyton in various aquatic ecosystems. *Journal of Elementology*, 12(1), 63–79.
- Shila, K. S. (2019). Study on adsorption kinetics of ammonium and nitrate and adsorption isotherms of biochar derived from reed (*Phragmites australis*) in aqueous solution (Undergraduate thesis). University of Tehran.
- Shojaei, S. K., Moezzi, A., Norouzi Masir, M., & Zahedkolaei, T. M. (2019). Study of ammonium and nitrate adsorption kinetics and isotherm by common reed (*Phragmites australis*) biochar from aqueous solution. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(8), 2009–2021. <https://doi.org/10.22059/iiswr.2019.274777.668111>
- Son, N. H., & Thu, N. T. N. (2015). Nghiên cứu khả năng sử dụng bã trấu thay thế phân chuồng và phân vô cơ trong sản xuất lúa. *Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật Nông nghiệp Việt Nam*, 01(55), 66–74.
- Trình, M. V., Cường, T. V., Quỳnh, V. D., & Thu, N. (2013). Nghiên cứu sản xuất than sinh học từ rơm rạ và trấu để cải thiện độ phì nhiêu của đất, năng suất cây trồng và giảm phát thải khí nhà kính. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 3(24), 201.
- Trung tâm Bảo tồn Thiên nhiên Việt Nam. (2004). Sổ tay thông tin về các khu bảo tồn hiện có và được đề xuất tại Việt Nam, Vườn quốc gia U Minh Thượng. Trung tâm Bảo tồn Thiên nhiên Việt Nam, Hà Nội.
- Tuệ, Đ. T. (2020). Kết quả sản xuất thử nghiệm giống lúa ST25 tại Nghệ An trong vụ đông xuân năm 2020. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nghệ An*, số 7/2020, 32-35. Văn, Đ. X. (2007). *Nghiên cứu về sự phân bố, sinh trưởng và phát triển của Phragmites australis trên đất khai thác quặng ở tỉnh Thái Nguyên* (Luận văn thạc sĩ). Đại học Thái Nguyên.
- Vos, B., Lettens, S., Muys, B., & Deckers, J. A. (2007). Walkley–Black analysis of forest soil organic carbon: a re-evaluation of limitations and uncertainty. *Land Use Management*, 23(3), 221–229. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.00084.x>
- Cục Bảo tồn Thiên nhiên và Đa dạng Sinh học. (2023). *Vườn quốc gia U Minh Thượng, Kiên Giang*. https://nbca.gov.vn/vuon-quoc-gia-u-minh-thuong-kien-giang/?utm_source=chatgpt.com
- Tran & Thai. (2014). Peat survey design at U Minh Thuong National Park. Qeios. <https://www.qeios.com/read/BROQLN.2/pdf>