

ẢNH HƯỞNG CỦA PHÂN THAN SINH HỌC HỮU CƠ - KHOÁNG ĐẾN TUẦN HOÀN NITƠ TRONG ĐẤT, KHẢ NĂNG QUANG HỢP VÀ HIỆU SUẤT SỬ DỤNG NITƠ CỦA CÂY TRỒNG

Nguyễn Thị Thu Nhân^{1,2*}, Hoàng Thị Huệ¹, Nguyễn Hoàng Nam³

TÓM TẮT

Phân bón sinh học hữu cơ-khoáng có khả năng thay thế than sinh học thông thường và phân bón hữu cơ để cải thiện chất lượng đất và tăng khả năng quang hợp của cây trồng. Nghiên cứu này đã khám phá các cơ chế liên quan đến chu trình luân chuyển nitơ (N) ở cả đất và cây gừng (*Zingiber officinale*: Zingiberaceae) trong các công thức khác nhau. Đất được bón bốn loại phân bón khác nhau, bao gồm: (1) phân hữu cơ thương mại: 5 tấn/ha, làm mẫu đối chứng; (2) phân than sinh học thương mại từ tre: 5 tấn/ha; (3) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp: 3 tấn/ha; (4) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao: 7,5 tấn/ha. Các dạng C và N của đất và thực vật và các phép đo trao đổi khí đã được phân tích. Kết quả cho thấy ở giai đoạn đầu, bón phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp làm tăng N trong lá. Phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao đã làm tăng đáng kể hiệu suất sử dụng N (NUE) của sinh khối trên mặt đất so với các công thức khác và cải thiện quang hợp so với công thức đối chứng. Nghiên cứu cũng cho thấy phân than sinh học hữu cơ-khoáng có lợi thế nông học hơn so với phân đạm vô cơ và hữu cơ tươi/thô vì nó cho phép người nông dân đưa các chất dinh dưỡng vào đất với nồng độ cao mà không hạn chế khả năng dễ tiêu, sự hấp thu N và quang hợp của cây. Nghiên cứu này khuyến cáo nên sử dụng phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp để thay thế phân hữu cơ thương mại.

Từ khóa: Than sinh học, phân bón, nitơ, quang hợp, hiệu suất sử dụng nitơ (NUE).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nitơ (N) là một trong những thành phần dinh dưỡng chính của đất và đóng vai trò quan trọng trong quá trình quang hợp, do đó giúp tăng năng suất cây trồng [1-3]. Than sinh học đã được nghiên cứu trong nhiều thập kỷ như là một nguyên liệu đầy hứa hẹn để cải thiện N trong đất, hoạt động như một loại phân bón giải phóng N chậm và/hoặc làm giảm quá trình rửa trôi N [4-6]. Than sinh học tăng cường quang hợp bằng cách: (1) hoạt động như một loại phân bón chứa N được giải phóng chậm, (2) làm giảm nồng độ của malondialdehyt, superoxit và hydro peroxit (H_2O_2) trong lá, nguyên nhân gây suy thoái chất diệp lục, (3) cải thiện nước có sẵn trong đất và (4) hấp thụ độc tố thực vật có trong đất [7]. Than sinh học tác động đến sự biến đổi của N trong đất, do đó sẽ tác động đến N trong lá và sự quang hợp. Khi than sinh

học cải thiện sự hấp thu N và tăng N để tiêu trong đất (NH_4^+-N và NO_3^--N), nó cũng giúp tăng hàm lượng N tổng số của lá, do đó làm tăng quá trình quang hợp của cây. Ngoài ra, trong một số trường hợp, việc cung cấp N tốt hơn có thể cải thiện quá trình quang hợp của cây bằng cách kích thích sự phát triển của cây và tăng tổng số tán lá nhưng có thể không ảnh hưởng đến N tổng số của lá [7].

Các nghiên cứu gần đây cho thấy cần phải phát triển các loại phân bón than sinh học dinh dưỡng hơn trong khi giảm chi phí đầu vào, bởi vì sử dụng than sinh học đơn thuần ở tỉ lệ bón cao có thể không hiệu quả về mặt kinh tế [7]. Phân bón than sinh học hữu cơ-khoáng được định nghĩa là một sản phẩm phân bón sinh học có hiệu quả cao, liều lượng thấp [7]. Đối với đất, phân bón than sinh học hữu cơ-khoáng giảm mất nitơ (N) nhờ khả năng trao đổi cation (CEC) lớn hơn nhiều loại than sinh học khác. Có nhiều phương pháp tiếp cận khác nhau để tạo ra loại phân bón này và phần lớn trong số đó liên quan đến việc xử lý than sinh học với các vật liệu giàu dinh dưỡng và rẻ tiền (ví dụ, chất hữu cơ, bùn, phân hóa học, khoáng chất) [7].

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

² Khoa Khoa học, Sức khỏe, Giáo dục và Kỹ thuật, Đại học Sunshine Coast, Úc

*Email: ntnhan.mt@hunre.edu.vn

³ Khoa Môi trường, Biến đổi khí hậu và Đô thị, Trường Đại học Kinh tế Quốc dân

Các cơ chế của than sinh học ảnh hưởng đến động học của N và sinh lý thực vật đã được nghiên cứu. Tuy nhiên, làm thế nào phân bón than sinh học hữu cơ-khoáng ảnh hưởng đến động học N và sinh lý thực vật chưa được hiểu đầy đủ. Mục đích của nghiên cứu này là tìm hiểu động lực học của N trong đất và cây trồng dưới tác động của phân bón hữu cơ, phân bón than sinh học thương mại và phân than sinh học hữu cơ-khoáng.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại Mt Mellum, QLD, Úc tại một trang trại gừng hữu cơ tại địa phương. Thí nghiệm được thiết lập vào tháng 10 năm 2014 và gừng được thu hoạch vào tháng 5 năm 2015. Nhiệt độ trung bình tối đa hằng tháng trong suốt thời gian

thí nghiệm dao động từ 22°C đến 27°C và tổng lượng mưa 1.680 mm [8]. Loại đất là dermosol đen, kết cấu đất sét màu nâu.

Thiết lập thí nghiệm: Đất được thu thập ở độ sâu 300 mm, đồng nhất và được sàng qua rây 5 mm trước khi được sử dụng cho các thí nghiệm. Tính chất của đất là của một dermosol đen điển hình với độ pH 6,1; C tổng số trong đất (TC) là 2,71%; N tổng số trong đất (TN) là 0,27%. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ và $\text{NO}_3^-\text{-N}$ lần lượt là 17,12 và 56,28 $\mu\text{g/g}$ (Bảng 1). 9 kg đất được đặt vào chậu nhựa 300 mm. Củ gừng giống được lựa chọn và chuẩn bị cẩn thận để đảm bảo khối lượng tương tự nhau (khoảng 60 gram). Củ gừng giống được bao phủ bởi 1 kg mùn cưa như trong thực tế canh tác gừng tại địa phương.

Bảng 1. Tính chất hóa học đất và các loại phân bón dùng trong thí nghiệm

Chỉ số	Đơn vị	Đất	Các loại phân bón		
			Phân hữu cơ thương mại	Phân than sinh học thương mại từ tre	Phân than sinh học hữu cơ-khoáng
CEC	M.E./100g	38,18	-	-	-
EC	Ds/m	0,045	-	11,0	12,0
pH(CaCl_2)		6,1	7,8	7,8	7,1
Khả năng trung hòa axit	% CaCO_3		-	5,2	7,4
C	%	2,71	28,0	50,0	28,0
N	%	0,27	2,9	1,1	1,2
WSOC*	$\mu\text{g/g}$	201,26	-	-	-
WSTN*	$\mu\text{g/g}$	52,16	-	-	-
C:N		12,89	9,7	45,5	23,3
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\mu\text{g/g}$	17,12	-	300,0	220,0
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\mu\text{g/g}$	56,28	-	0,71	4,0

Ghi chú: WSOC- C hữu cơ hòa tan trong nước (Water-soluble organic carbon); WSTN- tổng N hòa tan trong nước (Water-soluble total nitrogen).

Có bốn công thức thí nghiệm bao gồm: (1) phân hữu cơ thương mại: 5 tấn/ha, làm mẫu đối chứng; (2) phân than sinh học thương mại từ tre: 5 tấn/ha; (3) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp: 3 tấn/ha; (4) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao: 7,5 tấn/ha. Tính chất hóa học của các loại phân bón được tóm tắt trong bảng 1. Mỗi chậu trong công thức (1) và (2) đã được bón thêm thạch cao: 25 g, photphat đá: 5 g, boron dạng hạt: 0,125 g và kali sunfat: 1,25 g. Mỗi công thức được lặp lại 5 lần (n=5).

Phân hữu cơ thương mại là sản phẩm Super Growth, một loại phân bón đa năng dựa trên phân gia

cầm đã được ủ hoai mục hoàn toàn về mặt sinh học, chứa vi khuẩn sống có ích và các nguyên tố vi lượng của Công ty Katek Fertilizers Australia. Phân than sinh học thương mại từ tre được sản xuất từ than tre, tro tre, giấm tre, bột cám gạo, cặn đậu và nước. Sản phẩm có nguồn gốc từ một nhà cung cấp thương mại là Công ty Seek Bio-Technology (Shanghai) Co., Ltd có trụ sở tại Thượng Hải, Trung Quốc.

Sản xuất phân than sinh học hữu cơ-khoáng được mô tả trong tài liệu của Farrar *et al.* (2019) [8]. Hai sản phẩm than sinh học khác nhau bao gồm: than sinh học gốc phân (P1) và than sinh học gốc tre (P2) được trộn với một số thành phần khác. P1 là

than sinh học tự chế tạo được sản xuất từ phân gia cầm tươi, rơm lúa mạch, oxit sắt và đất sét (tỷ lệ phần trăm 45: 45: 5: 5) ở nhiệt độ cao nhất 450°C. P2 là hỗn hợp của than sinh học từ tre sản xuất ở nhiệt độ cao nhất (600°C và 450°C), phân hữu cơ thương mại, oxit sắt và sunfat sắt (tỷ lệ phần trăm 8: 32: 50: 5: 5). P1 và P2 được kết hợp với khoáng chất, phân hữu cơ thương mại, đất sét, tro rơm lúa mạch và quặng sắt magnetit (tỷ lệ phần trăm 30: 20: 18: 15: 10: 5: 2). Hỗn hợp cuối cùng được làm ẩm, đồng nhất và sấy ở 80°C trong 4 giờ.

Thu thập và phân tích mẫu: Các mẫu thực vật và đất được thu thập từ mỗi công thức để đo sự trao đổi khí và các tính chất hóa học khác. Ba lần thu mẫu đã được tiến hành vào tháng 1, tháng 3 và tháng 5 năm 2015 (tương ứng vào tuần 14, 22 và 30 sau khi trồng) để phản ánh giai đoạn giữa, cuối tăng trưởng và lão hóa của gừng [9]. Vụ thu hoạch được thực hiện vào giữa tháng 5 năm 2015 (vào tuần 30) khi cây đã thể hiện các giai đoạn lão hóa cuối cùng.

Chỉ số hấp thụ N trên mỗi cây trong thân/rễ/lá (UI) được tính cho thân, rễ và lá theo phương trình 1 sau:

$$N \text{ hấp thụ trên mỗi khối lượng thân cây (mg/chậu)} = \text{Hàm lượng N trong thân cây (mg/kg sinh khối khô)} \times N \text{ trong sinh khối khô của một cây (Phương trình 1).}$$

Hiệu suất sử dụng N (NUE) được tính cho sinh khối trên mặt đất theo công thức sau:

$$NUE_{\text{sinh khối trên mặt đất}} = (\text{Tổng sinh khối trên mặt đất}) / (\text{Tổng N của sinh khối trên mặt đất}) \quad [10] \text{ (Phương trình 2).}$$

NUE của sinh khối dưới mặt đất không được tính toán do sự không chắc chắn trong việc đo lường tổng C và tổng N liên quan đến việc làm khô rễ.

Đo sự trao đổi khí và phân tích lá: Các phép đo trao đổi khí quang hợp đã được tiến hành cho năm cây được chọn trong mỗi công thức vào tháng 1 và tháng 3 năm 2015 (tuần 14 và 22 sau khi trồng) sử dụng hệ thống quang hợp cầm tay (Li-Cor 6400, Lincoln, NE, Hoa Kỳ) được trang bị CO₂ và kiểm soát nhiệt độ mô-đun. Việc đo trao đổi khí cho vụ thu hoạch (30 tuần) không thực hiện được do sự già hóa của lá cây. Hai lá trưởng thành và mở rộng hoàn toàn từ đỉnh của thân cây được chọn để đo trao đổi khí. Đường cong A-Ci, tức là phản ứng trạng thái ổn định của quang hợp (A) đối với áp suất riêng phần TCO₂

(tổng cacbonic) của lá bên trong được tạo ra cho mỗi lá được chọn ở 28°C trong khoảng 9 giờ sáng đến 4 giờ chiều. Áp suất riêng phần CO₂ ngoài (Ca) được cài đặt thành 10 hoặc 11 mức trong khoảng từ 5 đến 200 Pa (2.000 ppm). Tại mỗi điểm đặt Ca, các thông số quang hợp được ghi lại khi trao đổi khí đạt trạng thái cân bằng. Các lá sau đó được cắt, quét bằng phần mềm Win Folia 2004 (Regent Instrument Inc., Sainte-Foy, Quebec, Canada) để đo diện tích lá và sấy khô ở 65°C để phân tích thêm.

Đường cong A-Ci được phân tích bằng cách sử dụng phần mềm Photosynthesis Assistant (Dundee Scientific, Scotland, Vương quốc Anh) để tính tốc độ carboxyl hóa tối đa của Rubisco (V_{max}) và khả năng tái sinh RuBP điều chỉnh bởi tốc độ vận chuyển điện tử tối đa (J_{max}) của mỗi lá. Tốc độ quang hợp tại điểm bão hòa CO₂ (A_{sat}) và quang hợp tối đa (A_{max}) được tính toán ở mật độ quang thông quang hợp (PPFD) là 1.500 μmol m²/s và 30 Pa Ci (300 ppm). A_{sat}, A_{max}, chỉ số độ dày lá (SLA) và TN (N tổng số) lá được sử dụng để tính toán A_{sat} và A_{max} dựa trên khối lượng và A_{sat} và A_{max} dựa trên N. SLA được tính theo phương trình sau:

$$SLA = (\text{Diện tích lá}) / (\text{Khối lượng khô của lá (m}^2/\text{g)}) \quad [11] \text{ (Phương trình 3).}$$

Lá được sấy khô cho đến khi có khối lượng không đổi và nghiền thành bột mịn để phân tích TN, TC (tổng các bon) bằng máy quang phổ khối (GV Isoprime, Manchester, UK). Tại thời điểm 30 tuần sau khi trồng cây, các bộ phận của cây gồm lá, thân, rễ, củ được thu hoạch, sấy khô đến khối lượng không đổi, nghiền thành bột mịn và phân tích TN, TC như trên.

Thu thập và phân tích mẫu đất: Khoảng 100 g đất được lấy từ năm chậu lặp lại của mỗi công thức mà không làm xáo trộn rễ mỗi lần lấy mẫu. Các mẫu đất được sàng qua rây 2 mm trước khi được phân tích. Độ pH của đất, N vô cơ (NH₄⁺-N và NO₃⁻-N), C và N hữu cơ hòa tan, đất TC, đất TN đã được phân tích.

NH₄⁺-N và NO₃⁻-N của đất được chiết xuất bằng dung dịch KCl 2M và được phân tích bằng máy phân tích hóa học SmartChem 200 (Unity Scientific, Brookfield, CT, Hoa Kỳ). Một mẫu khác được chiết bằng nước để đo C hữu cơ hòa tan trong nước (Water-soluble organic carbon WSOC) và tổng N hòa tan trong nước (Water-soluble total nitrogen WSTN).

5 g đất được thêm vào 35 ml nước cất, sau đó lắc bằng máy trong 5 phút, ly tâm ở 10.000 vòng/phút trong 10 phút và lọc qua giấy lọc Whatman 42, sau đó lọc qua bộ lọc 0,45 mm điều khiển bằng ống tiêm Millex. Nồng độ WSOC và WSTN của dung dịch đã lọc được đo bằng máy phân tích Shimadzu TOC-VCSH/CSN TOC/N.

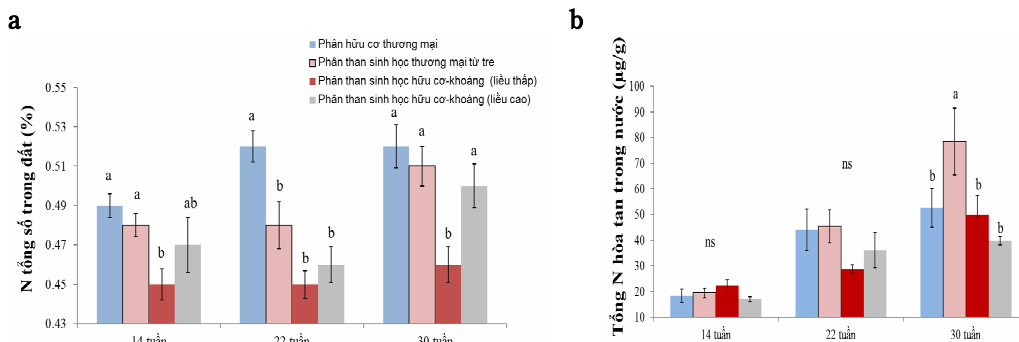
Phân tích thống kê: Tất cả dữ liệu được kiểm tra phân phối chuẩn bằng phương pháp Shapiro Wilk; tính đồng nhất của phương sai được kiểm tra sử dụng phương pháp Levene. Dữ liệu ban đầu được phân tích bằng phân tích phương sai lặp đi lặp lại (repeated ANOVA) với các tuần lấy mẫu là số đo lặp lại. Do sự tương tác đáng kể giữa các tuần lấy mẫu và thí nghiệm cho nhiều tham số, dữ liệu được phân tích bằng cách sử dụng phân tích phương sai một chiều (one-way ANOVA), sau đó là trắc nghiệm

Duncan new multiple range test ($p < 0,05$) khi phát hiện sự khác biệt mang tính thống kê giữa các thí nghiệm riêng lẻ. Sau đó, hồi quy từng bước (stepwise regression) sử dụng mô hình tuyến tính đã được thực hiện để xác định các biến đất (C, N) giải thích tốt nhất các biến thực vật (tổng C và N, thông số quang hợp, chỉ số hấp thụ N và $NUE_{\text{sinh khối trên mặt đất}}$). Mỗi tương quan Pearson đã được sử dụng để kiểm tra mối quan hệ giữa các biến số của đất và thực vật. Mỗi quan hệ giữa Asat và TN đã được kiểm định bằng hồi quy tuyến tính. Tất cả các phân tích được thực hiện bằng SPSS v22.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1. Ảnh hưởng của các công thức thí nghiệm đến tính chất đất



Hình 1. N tổng số trong đất (a) và tổng N hòa tan trong nước (WSTN) (b) ở tuần 14, 22 và 30 sau khi trồng cây

Ghi chú: Giá trị trên hình thể hiện mean $\pm$ SE (n=5). Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$. ns chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

N tổng số (TN) trong thí nghiệm bón phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp ở tuần 30 là thấp hơn so với các phương pháp thí nghiệm khác (Hình 1a). NH_4^+ -N trong đất không bị ảnh hưởng bởi các phương pháp thí nghiệm khác nhau (Bảng 2). Tuy

nhien, NO_3^- -N trong đất bị ảnh hưởng đáng kể bởi các công thức ở tuần 30, trong đó NO_3^- -N cao hơn được quan sát thấy trong công thức phân than sinh học thương mại từ tre so với phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao (Bảng 2).

Bảng 2. Hàm lượng NH_4^+ -N, NO_3^- -N, C tổng số (TC) và C hữu cơ hòa tan (WSOC) trong đất ở tuần 14, 22, và 30 sau khi trồng cây

Tuần	NH_4^+ -N ($\mu\text{g/g}$)			NO_3^- -N ($\mu\text{g/g}$)		
	14	22	30	14	22	30
Phân hữu cơ thương mại	7,6(0,4)	6,0(1,2)	1,2(0,7)	10,9(3,9)	31,8(2,6)	35,8(4,5)ab
Phân than sinh học thương mại từ tre	7,9(0,9)	4,9(1,2)	1,8(0,7)	8,71(3,2)	29,1(3,9)	46,5(7,6)a
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp)	7,6(0,2)	5,8(0,8)	0,9(0,1)	14,1(1,6)	34,6(5,5)	32,8(5,9)ab
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao)	7,4(0,4)	4,5(0,9)	0,5(0,1)	9,9(2,1)	35,9(7,0)	25,6(2,5)b

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

co-khoáng (liều cao)						
	TC đất (%)			WSOC ($\mu\text{g/g}$)		
Tuần	14	22	30	14	22	30
Công thức						
Phân hữu cơ thương mại	6,8(0,1)a	6,3(0,2)ab	6,1(0,2)ab	325,3(25,2)	224,2(36,2)	151,9(12,6)b
Phân than sinh học thương mại từ tre	6,5(0,1)a	6,3(0,3)ab	6,3(0,1)ab	390,8(30,8)	233,5(27,8)	200,8(10,2)a
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp)	5,9(0,1)b	5,8(0,2)b	5,6(0,1)b	405,6(34,0)	229,4(17,5)	149,9(6,7)b
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao)	6,7(0,3)a	6,7(0,3)a	6,5(0,1)a	349,5(21,1)	233,6(21,9)	164,3(19,5)ab

Ghi chú: Giá trị trong bảng thể hiện mean (SE) (n=5). Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$.

Công thức thí nghiệm với phân than sinh học thương mại từ tre cũng làm tăng đáng kể WSTN so với các công thức khác ở tuần 30 (Hình 1b). Phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp cho lượng C tổng số (TC) trong đất thấp hơn so với các công thức khác ở tuần 14 và thấp hơn so với công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao ở tuần 22 và 30

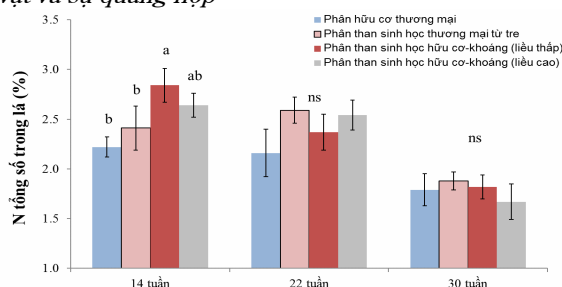
(Bảng 2). Hiệu quả đáng kể chỉ được quan sát đối với WSOC của đất ở tuần 30, trong đó WSOC cao hơn được tìm thấy trong công thức phân than sinh học thương mại từ tre so với công thức phân hữu cơ thương mại và phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp (Bảng 2).

Bảng 3. C tổng số (TC) và N tổng số (TN) trong các bộ phận của cây, chỉ số độ dày lá (SLA) ở tuần 14, 22 và 30 sau khi trồng cây

	TC lá (%)			TC thân (%)	TN thân (%)
Tuần	14	22	30	30	30
Công thức					
Phân hữu cơ thương mại	40,6 (0,8)b	40,1 (1,2)	41,1 (0,9)	36,5 (0,6)	0,48 (0,02)
Phân than sinh học thương mại từ tre	39,6 (0,6)ab	41,3 (1,1)	41,7 (0,7)	37,2 (0,6)	0,57 (0,04)
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp)	43,7 (0,6)a	40,9 (1,1)	42,4 (0,9)	37,4 (0,5)	0,52 (0,02)
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao)	40,1 (0,8)ab	41,8 (0,7)	40,8 (1,7)	36,5 (0,7)	0,47 (0,02)
	TC rễ (%)	TN rễ (%)	SLA (m^2/g)		
Tuần	30	30	14	22	
Công thức					
Phân hữu cơ thương mại	36,1 (1,3)	0,57 (0,02)	233,9 (8,0)ab	283,9 (11,2)b	
Phân than sinh học thương mại từ tre	37,4 (1,1)	0,61 (0,02)	245,1 (8,7)a	283,7 (5,3)b	
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp)	36,2 (0,9)	0,62 (0,02)	238,5 (7,2)ab	307,6 (9,3)ab	
Phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao)	34,4 (1,6)	0,60 (0,03)	217,0 (4,2)b	316,1 (13,2)a	

Ghi chú: Giá trị trong bảng thể hiện mean (SE) (n=5). Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$.

3.1.2. Ảnh hưởng của các công thức đến N thực vật và sự quang hợp



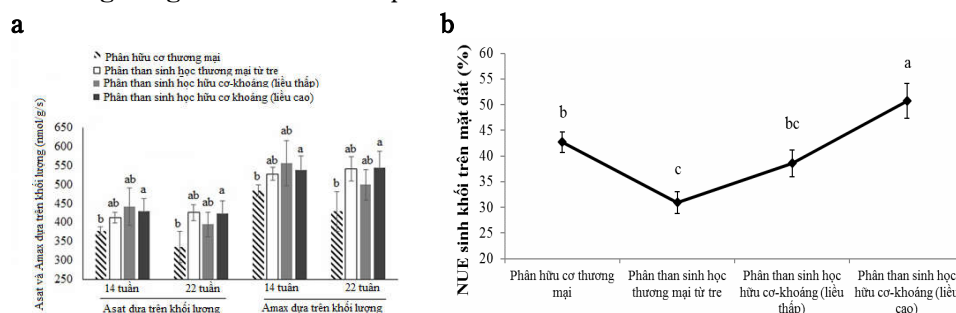
Hình 2. N tổng số trong lá ở tuần 14, 22 và 30 sau khi trồng cây

Ghi chú: Giá trị trên hình thể hiện mean $\pm$ SE (n=5). Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$. ns chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

TN và TC trong lá bị ảnh hưởng đáng kể ở tuần 14, trong đó phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp làm tăng đáng kể TN lá so với phân hữu cơ

thương mại và phân than sinh học thương mại từ tre (Hình 2) và tăng TC lá so với phân hữu cơ thương mại (Bảng 3).

Các thông số quang hợp bao gồm Asat và Amax dựa trên khối lượng (Hình 3a) và chỉ số độ dày lá (SLA, Bảng 3) khác nhau đáng kể giữa các công thức. Các thông số quang hợp khác và chỉ số hấp thụ N không khác biệt đáng kể giữa các công thức thí nghiệm. Công thức thí nghiệm phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao tăng SLA vào tuần 22 so với phân than sinh học thương mại từ tre và phân hữu cơ thương mại (Bảng 3). Asat và Amax dựa trên khối lượng cũng cao hơn đáng kể trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao so với phân hữu cơ thương mại (Hình 3a). Công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao làm tăng đáng kể NUE của sinh khối trên mặt đất so với các công thức khác (Hình 3b).



Hình 3. Asat và Amax dựa trên khối lượng (a), NUE của sinh khối trên mặt đất ở tuần 30 (b) sau khi trồng cây

Ghi chú: Giá trị trên hình thể hiện mean $\pm$ SE (n=5). Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$.

3.1.3. Mối quan hệ giữa đất và cây trồng

Hồi quy từng bước cho thấy TN đất và WSTN giải thích tốt nhất cho TC và TN lá (Bảng 4). TN

trong đất có thể giải thích Asat và Amax dựa trên khối lượng (Bảng 4). Mối tương quan giữa các biến số của đất và thực vật được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả phân tích hồi quy từng bước

Biến phụ thuộc	Biến độc lập	R ²	Xác suất (P)
TC lá	TN đất	0,17	0,006
	WSTN		
TN lá	TN đất	0,32	P<0,0001
	WSTN		
SLA	WSTN	0,29	P<0,0001
Asat dựa trên khối lượng	TN đất	0,16	0,013
Amax dựa trên khối lượng	TN đất	0,14	0,021
NUE sinh khối trên mặt đất	WSTN	0,31	0,011

3.2. Thảo luận

Những phát hiện chính của nghiên cứu này bao gồm: (1) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp đã cải thiện sự hấp thụ N ở giai đoạn đầu (tuần 14)

mặc dù hiệu quả này không rõ ràng khi thu hoạch (tuần 30) và (2) phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao tăng NUE của sinh khối trên mặt đất so với các công thức khác do tăng quang hợp.

Phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều thấp làm tăng TN lá và giảm TN đất so với phân hữu cơ thương mại và phân than sinh học thương mại từ tre ở tuần 14 (Hình 1a). Sự tích lũy N được cải thiện trong lá vào tuần thứ 14 có thể là do lượng N tăng lên trong một thời gian ngắn sau khi bón phân than sinh học hữu cơ-khoáng. Có thể giải thích hiện tượng này dựa vào hàm lượng TC đất và WSOC. Vào tuần thứ 14, TC đất trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) là thấp hơn so với các công thức khác, nhưng WSOC là tương tự trong tất cả các công thức thí nghiệm (Bảng 2), chỉ ra rằng lượng C dễ phân hủy trong than sinh học và hiệu ứng mỗi tích cực (priming effect) trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) lớn hơn so với các công thức khác. Điều này là do quá trình đốt nóng than sinh học có thể phân hủy thêm C của cả than sinh học và phân gà [12], làm tăng C hữu cơ hòa tan trong than sinh học [13]. Hiệu ứng mỗi được tăng cường cũng làm tăng quá trình khoáng hóa N của đất, thể hiện qua mối tương quan dương (+) đáng kể giữa WSOC và WSTN ở tuần 14. TN lá đã được giải thích rõ bởi TN đất và WSTN (Bảng 4) cho thấy rằng N có sẵn trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) đã nhanh chóng được đồng hóa và tích lũy trong lá dẫn đến tăng TN qua lá trong công thức này. Sự hấp thu N tăng lên trùng hợp với sự đồng hóa C trên lá cao hơn đáng kể trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) so với phân hữu cơ thương mại (Bảng 3), cho thấy rằng phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) đã thúc đẩy sự phát triển của lá gùm ở giai đoạn đầu. Khi thu hoạch, TN đất thấp hơn trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) so với các công thức khác và sự hấp thu N của cây không bị hạn chế bởi phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) vì N trong các bộ phận khác của cây trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) không khác biệt so với các công thức thí nghiệm khác (Hình 2 và bảng 3). Tỷ lệ khoáng hóa không được đo lường trong nghiên cứu này; tuy nhiên, không thể bị loại trừ hiệu ứng mỗi dài hạn trong thí nghiệm phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) ở tuần 30. Than sinh học được sử dụng trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc tăng hiệu ứng mỗi (priming effect) như đề cập trong các nghiên cứu trước đây sử dụng than sinh học tinh khiết. Một phân tích tổng hợp gần đây đã báo cáo hiệu ứng mỗi tích cực của than sinh học cho

đến 200 ngày và tài liệu cũng quan sát thấy hiệu ứng mỗi tích cực của than sinh học cho đến 2, 3 năm sau khi bón vào đất [14].

Điều thú vị là, phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) không rõ ràng gây ra hiệu ứng mỗi như quan sát trong liều thấp vì không có sự khác biệt đáng kể của TN, WSTN trong đất, TN lá và WSOC giữa công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) và các công thức khác (Hình 1a và Hình 2). Một nghiên cứu khác chưa công bố của nhóm tác giả đã ghi nhận sự phân bố N cao hơn trên bề mặt phân than sinh học hữu cơ-khoáng so với phân than sinh học thương mại từ tre, cho thấy khả năng hấp phụ N cao hơn của phân than sinh học hữu cơ-khoáng so với phân than sinh học thương mại từ tre. Sự hình thành của các vị trí liên kết mới trên bề mặt than sinh học xảy ra do sự kết hợp của các chất hữu cơ, khoáng chất và sắt từ vào ma trận phân bón, dẫn đến tăng CEC đất và giảm mất chất dinh dưỡng nói chung và N nói riêng. Kết quả này phù hợp với một nghiên cứu khác đã báo cáo hàm lượng $\text{NH}_4^+\text{-N}$ cao trên bề mặt phân than sinh học hữu cơ-khoáng (cũng được sản xuất từ phân gia cầm, đất sét và khoáng chất) do tương tác mạnh giữa C hữu cơ, đất sét và khoáng chất trong quá trình nhiệt phân [12]. Điều này tạo ra nhiều vị trí hoạt động trên bề mặt than sinh học cho sự hấp phụ $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+\text{-N}$. Phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao có hàm lượng than sinh học cao hơn so với liều thấp, dẫn đến tăng hấp phụ và che lấp hiệu ứng mỗi tích cực. Do đó, sự hấp phụ N mạnh hơn trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao so với liều thấp là một trong những cơ chế chính giải thích cho quan sát này.

NUE của sinh khối trên mặt đất đã tăng lên trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao mặc dù thực tế không có sự khác biệt đáng kể nào trong hàm lượng N ở các bộ phận khác nhau của cây giữa các công thức (Hình 2 và bảng 3). Trong một nghiên cứu khác [8]), nhóm tác giả đã quan sát thấy sự gia tăng đáng kể lượng sinh khối trên mặt đất trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) so với các công thức khác. Sinh khối trên mặt đất lớn hơn trong công thức này một phần là do sự quang hợp tăng lên. SLA trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao không khác biệt so với phân hữu cơ thương mại ở tuần 14 khi cây gùm bắt đầu tăng trưởng; tuy nhiên, ở tuần 22, SLA lớn hơn đáng kể trong công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao so với phân hữu cơ thương

mại khi cây ở giai đoạn quan trọng hơn của sự phát triển sinh dưỡng và hình thành thân rễ [9]. SLA và Asat dựa trên khối lượng đã được báo cáo rằng có tương quan với tốc độ tăng trưởng tương đối (RGR) trong cây thân thảo. Do đó, việc sử dụng phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao đã tăng chiều cao thân trung bình, khối lượng thân và sinh khối trên mặt đất so với các công thức khác [8]. Hồi quy từng bước cho thấy SLA, Asat và Amax dựa trên khối lượng có thể được giải thích thêm bằng WSTN và TN đất tương ứng. Công thức phân than sinh học hữu cơ-khoáng liều cao có hàm lượng WSTN và TN đất cao hơn so với các công thức khác, cho thấy N có thể đã được giải phóng theo thời gian và ở dạng dễ tiêu cho cây, dẫn đến cải thiện quang hợp.

Kết quả của nghiên cứu này được ủng hộ bởi các nghiên cứu trước đây cho thấy độ dễ tiêu N của đất cao hơn dẫn đến tăng tỷ lệ quang hợp ròng (An) và hiệu quả sử dụng nước của cây Dương hòe (*Robinia pseudoacacia*), cây họ Ngải (*Artemisia tridentata* ssp. *wyomingensis* và *Polygonum sachalinense*). Tuy nhiên, phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) không tăng năng suất cây gừng so với phân hữu cơ thương mại và phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp), nhưng nó làm tăng tỷ lệ củ gừng lớn [8]. Điều này có thể do $NUE_{sinh\ khối\ trên\ mặt\ đất}$ trong phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) cao hơn so với các công thức khác. Ngoài ra, một nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều cao) cung cấp lượng photpho (P) cao hơn cho cây trồng so với các công thức khác [8], do đó đã cải thiện quang hợp vì P là một yếu tố quan trọng khác của quang hợp thực vật.

Các cây được bón phân than sinh học thương mại từ tre cho $NUE_{sinh\ khối\ trên\ mặt\ đất}$ tương tự như các cây được xử lý bằng phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp). Tuy nhiên, phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) có chứa thành phần ít than sinh học hơn (phân than sinh học thương mại từ tre chứa 45-55% than sinh học tre được sản xuất ở 450°C trong khi phân than sinh học hữu cơ-khoáng chỉ bao gồm 30% than sản xuất ở 400°C). Do đó, sử dụng phân than sinh học hữu cơ-khoáng đạt hiệu quả kinh tế cao hơn. Tóm lại, phân than sinh học hữu cơ-khoáng có lợi thế nông học so với phân bón vô cơ và hữu cơ tươi/thô (phân chuồng) vì nó cho phép nông dân đưa nồng độ dinh dưỡng cao vào đất mà không hạn chế lượng N dễ tiêu, sự hấp thụ N và quang hợp cho cây. Phân bón N vô cơ có thể bị mất nhanh

chóng từ đất do rửa trôi trong khi các dạng phân bón N giải phóng chậm lại đất liền và phân bón hữu cơ tươi/thô có thể đốt cháy cây trồng [14-15].

4. KẾT LUẬN

Sử dụng phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) không hạn chế sự hấp thụ N của cây và khi được áp dụng liều cao, nó thậm chí còn cải thiện quá trình quang hợp, có thể góp phần làm tăng NUE của sinh khối trên mặt đất. Các cây được xử lý bằng phân than sinh học thương mại từ tre cho thấy NUE của sinh khối trên mặt đất tương tự như các cây được xử lý bằng phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp). Tuy nhiên, phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) sử dụng lượng than sinh học ít hơn nhiều, do đó bón phân than sinh học hữu cơ-khoáng (liều thấp) đạt hiệu quả kinh tế cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., Gimeno, B. S. (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: a meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 168, 25-36.
2. Ngô Thị Thu Hà (2017). Phát triển nông nghiệp thích ứng với biến đổi khí hậu trên thế giới và hàm ý cho Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Xã hội Việt Nam*, 11, 23-32.
3. Đỗ Thị Hương, Tăng Thị Hạnh, Nguyễn Văn Hoan, Phạm Văn Cường (2012). Phản ứng quang hợp của lá đồng ở giai đoạn chín của dòng lúa ngắn ngày với thời vụ và mức bón đạm khác nhau. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 12(8), 1157-1167.
4. Haider, G., Steffens, D., Moser, G., Müller, C., Kammann, C. I. (2017). Biochar reduced nitrate leaching and improved soil moisture content without yield improvements in a four-year field study. *Agric Ecosyst Environ.* 237, 80-94.
5. Thomas, S. C., Frye, S., Gale, N., Garmon, M., Launchbury, R., Machado, N., Melamed, S., Murray, J., Petroff, A., Winsborough, C. (2013). Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *J. Environ. Manage.* 129, 62-68.
6. Nguyen, T. T. N., Xu, C. Y., Tahmasbian, I., Che, R., Xu, Z., Zhou, X., Wallace, H. M., Bai, S. H. (2017). Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma*, 288, 79-96.
7. Nguyễn Thị Thu Nhận, Nguyễn Khắc Linh (2019). Nghiên cứu tổng quan về than sinh học và

than sinh học biến tính. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 17.

8. Farrar, M. B., Wallace, H. M., Xu, C. Y., Nguyen, T. T. N., Tavakkoli, E., Joseph, S., Bai, S. H. (2019). Short-term effects of organo-mineral enriched biochar fertiliser on ginger yield and nutrient cycling. *J. Soils Sediments*, 19(2), 668-682.

9. Nair, K. P. P. (2013). *The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger: The Invaluable Medicinal Spice Crops*. Elsevier Science.

10. Kammann, C. I., Linsel, S., Gößling, J. W., Koyro, H. W. (2011). Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations. *Plant Soil*, 345, 195-210.

11. Vile, D., Garnier, E., Shipley, B., Laurent, G., Navas, M. L., Roumet, C., Lavorel, S., Díaz, S., Hodgson, J. G., Lloret, F. (2005). Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Ann. Bot.* 96(6), 1129-1136.

12. Lin, Y., Munroe, P., Joseph, S., Ziolkowski, A., van Zwieten, L., Kimber, S., Rust, J. (2013). Chemical and structural analysis of enhanced biochars: Thermally treated mixtures of biochar, chicken litter, clay and minerals. *Chemosphere*, 91(1), 35-40.

13. Darby, I., Xu, C. Y., Wallace, H. M., Joseph, S., Pace, B., Bai, S. H. (2016). Short-term dynamics of carbon and nitrogen using compost, compost-biochar mixture and organo-mineral biochar. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23(11), 11267-11278.

14. Steiner, C., Teixeira, W., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J., Blum, W. H., Zech, W. (2007). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil*, 291(1-2), 275-290.

15. Đường Hồng Dật (2010). *Kỹ thuật bón phân cân đối và hợp lý cho cây trồng*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.

EFFECTS OF ORGANO-MINERAL BIOCHAR ON SOIL NITROGEN CYCLING, PHOTOSYNTHESIS, AND NITROGEN USE EFFICIENCY OF PLANT

Nguyen Thi Thu Nhan^{1,2*}, Hoang Thi Hue¹, Nguyen Hoang Nam³

¹*Faculty of Environment, Hanoi University of Natural Resources and Environment*

**Email: nttuhan.mt@hunre.edu.vn*

²*Faculty of Environmental, Climate Change and Urban Studies, National Economics University*

³*Faculty of Science, Health, Education and Engineering, University of the Sunshine Coast, Australia*

Summary

Organo-mineral biochar fertilizer has the potential to replace conventional biochar and organic fertilizer to improve soil quality and increase plant photosynthesis. This study explored mechanisms involved in nitrogen (N) cycling in both soil and ginger plants (*Zingiber officinale*: *Zingiberaceae*) following different treatments including organic fertilizer, commercial bamboo biochar fertilizer, and organo-mineral biochar fertilizer. Soil received four treatments including (1) commercial organic fertilizer (5 tons/ha) as the control; (2) commercial bamboo biochar fertilizer (5 tons/ha); (3) organo-mineral biochar fertilizer at a low rate (3 tons/ha); (4) organo-mineral biochar fertilizer at a high rate (7.5 tons/ha). C and N fractions of soil and plant, and gas exchange measurements were analysed. Results showed that initially, organo-mineral biochar fertilizer applied at the low rate increased leaf N. Organo-mineral biochar fertilizer applied at the high rate significantly increased N use efficiency (NUE) of the aboveground biomass compared with other treatments and improved photosynthesis compared with the control. Organo-mineral biochar fertilizer has agronomic advantages over inorganic and raw organic (manure-based) N fertilizer because it allows farmer to put high concentrations of nutrients into soil without restricting N availability, N uptake and plant photosynthesis. The recommendation are applying the low rate of organo-mineral biochar fertilizer as a substitute for commercial organic fertilizer.

Keywords: *Biochar, fertilizer, nitrogen, photosynthesis, N use efficiency (NUE).*

Người phản biện: TS. Bùi Huy Hiền

Ngày nhận bài: 15/9/2021

Ngày thông qua phản biện: 15/10/2021

Ngày duyệt đăng: 22/10/2021