Vietnam J. Agri. Sci. 2024, Vol. 22, No. 12: 1585-1592 Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 2024, 22(12): 1585-1592
www.vnua.edu.vn

CẢI THIỆN KHẢ NĂNG HẤP THU ĐẠM, LÂN, KALI VÀ NĂNG SUẤT CỦA VIỆT QUẤT BẰNG SỬ DỤNG BIOCHAR TRÊN ĐẤT PHÙ SA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Ngô Phương Ngọc*, **Lê Minh Lý**

Khoa Sinh lý - Sinh hóa, Trường Nông Nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

**Tác giả liên hệ: npngoc@ctu.edu.vn*

Ngày nhận bài: 04.10.2023 Ngày chấp nhận đăng: 27.12.2024

TÓM TẮT

Sự sinh trưởng cây việt quất (*Vaccinium tenellum*) chỉ phù hợp trên đất có độ thoáng khí và thoát nước tốt, tuy nhiên phần lớn đất nông nghiệp Đồng bằng sông Cửu Long có hàm lượng sét cao. Do đó sử dụng vật liệu để cải thiện môi trường vật lý cho đất trồng việt quất là cần thiết. Mục tiêu nghiên cứu nhằm đánh giá liều lượng biochar tốt nhất cho sự hấp thu N, P, K và năng suất của việt quất. Thí nghiệm nhà lưới ở Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ được bố trí theo khối hoàn hoàn toàn ngẫu nhiên với 04 lặp lại, biochar được sử dụng ở 03 liều lượng 0, 10 và 20 tấn/ha (biochar_0, biochar_10, and biochar_20) và phân N, P và K được bón với công thức 45:20:20 kg/ha. Kết quả nghiên cứu cho thấy đất phù sa Đồng bằng sông Cửu Long chứa hàm lượng sét cao (56%), việc phối trộn biochar vào đất sét phù sa ở lượng 10 tấn/ha giúp gia tăng hiệu quả hấp thu N, P và K, điều này giúp gia tăng sinh trưởng và năng suất việt quất, tuy nhiên khi tăng biochar ở mức 20 tấn/ha thi chưa cho thấy hiệu quả hơn so với B10. Cần kết hợp bổ sung phân hữu cơ với biochar để cải thiện môi trường dinh dưỡng trong đất tốt hơn cho việt quất trồng trên đất phù sa.

Từ khóa: Đất phù sa, than sinh học (biochar), việt quất, hấp thu N-P-K, Đồng bằng sông Cửu Long.

Improving the Uptake of Nitrogen, Phosphorus and Potassium and Yield of Blueberries by using Biochar on Alluvial Soil in the Mekong Delta

ABSTRACT

Blueberry (*Vaccinium tenellum*) is grown as ornamental flowers in some gardens in the Mekong Delta. The growth of blueberry is only suitable on soil with good aeration and drainage, however, most Mekong Delta agricultural soils have high clay content (56%), so using materials to improve the physical environment for blueberry growing soil is necessary. The objective of this study was to evaluate the best rate of biochar for the N, P, and K uptake and the yield of blueberriy. A green house experiment at the School of Agriculture, Can Tho University was arranged in a completely randomized block design with four replications, biochar was used at tree rates of 0, 10, and 20 t ha^{-1} (biochar_0, biochar_10, and biochar_20) and N, P and K fertilizers were applied with the formula 45:20:20 kg ha^{-1}. Results show that mixing biochar into alluvial clay soil at 10 ha^{-1} and N, P and K fertilizers applied with the formula 45:20:20 $kgha^{-1}$ effectively increased the uptake of N, P and K, promoting growth and blueberry yield.. It is suggested that combination of organic fertilizer with biochar may improve the soil nutrient environment for blueberry grown on alluvial soil in the Mekong Delta.

Keywords: Alluvial soil, biochar, blueberry, N-P-K uptake, Mekong Delta.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Đồng bằng sông Cửu long (ĐBSCL), một số nhà vườn trồng việt quất để làm cây hoa kiểng, trái việt quất được xem là thực phẩm chức năng vì chứa nhiều hoạt chất có giá trị dược phẩm (Kalt & cs., 2020; Patel & cs., 2014). Sự sinh trưởng cây việt quất (*Vaccinium tenellum*) chỉ phù hợp trên đất có độ thoáng khí và thoát nước tốt (Brunswick, 2011). Tuy nhiên, phần lớn đất nông nghiệp ĐBSCL có hàm lượng sét cao, do nguồn gốc từ bồi tụ phù sa trên 30%

diện tích đất thuộc sa cấu là thịt pha sét hoặc sét (Van, 2003; Chiem, 1993), điều này làm cho đất kém thoáng khí và kém thoát nước (Tran, 2004; Quang, 2013), vì vậy, việc sử dụng vật liệu để cải thiện môi trường vật lý cho đất trồng việt quất là cần thiết.

Biochar là vật liệu được tạo ra từ quá trình đốt nóng sinh khối ở nhiệt độ cao trong điều kiện thiếu oxy (Lehmann, 2011; Wu, 2019). Do diện tích bề mặt cao và tính chất xốp, việc sử dụng biochar bón vào đất giúp tăng hoạt động của vi sinh vật, trao đổi ion, khả năng cung cấp dinh dưỡng của đất và khả năng giữ nước (Backer & cs., 2016; Arabi & cs., 2018; Razzaghi & cs., 2019). Theo khuyến cáo, liều lượng biochar được sử dụng ở mức từ 10 tấn/ha sẽ giúp nâng cao độ hữu dụng của P trong đất (Glaser & Lehr, 2019).

Hiện nay trên thế giới có nhiều nghiên cứu về sinh trưởng của việt quất chủ yếu trên môi trường đất chứa nhiều cát, tuy nhiên, nghiên cứu biện pháp cải thiện đất trên đất nhiều sét ít được công bố. Nghiên cứu này nhằm mục tiêu xác định lượng biochar phù hợp cho nâng cao hiệu quả hấp thu dưỡng chất khoáng N, P, K và năng suất của việt quất trồng trên đất phù sa ở ĐBSCL.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

2.1.1. Tính chất của đất thí nghiệm

Theo phân loại FAO-UNESCO, đất thí nghiệm là Gleyic Anthrosols (Dung & cs., 2020) được thu cho nghiên cứu trong nhà lưới từ địa điểm xã Đông Thạnh, huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang. Phương pháp phân tích chất lượng đất được thực hiện theo TCVN như sau: pH đất (TCVN 5979:2007), EC đất (TCVN 6650:2000), đạm tổng số (TCVN 6498:1999), lân tổng số (TCVN 8940:2011), P dễ tiêu (TCVN 8942:2011), chất hữu cơ (TCVN 8941:2011), cation trao đổi (TCVN 8569:2010), CEC (TCVN 8568:2010), sa cấu (TCVN 6862:2012), dung trọng (TCVN 8732:2012). Đặc tính lý hóa đất ở tầng 0-20cm và 20-40cm được mô tả ở bảng 1.

Bảng 1. Tính chất lý hóa học ban đầu của đất thí nghiệm
(Đông Thạnh, Châu Thành, Hậu Giang, tháng 04/2021)

Parameters	Đơn vị	Độ sâu (cm)	
		0-20	20-40
pH_{H2O}		5,62	6,01
EC	mS/cm	0,13	0,14
P-Bray2	mg/kg	19,1	8,87
Chất hữu cơ	%	3,11	1,32
CEC	$cmol_c/kg$	21,9	23,9
Cation trao đổi			
K^+	$cmol_c/kg$	0,58	0,47
Ca^{2+}		10,2	10,7
Mg^{2+}		4,66	6,95
Dung trọng	g/cm^3	1,13	1,1
Sa cấu			
Cát	%	0,3	0,7
Thịt		43,2	33,7
Sét		56,5	65,6
Tên phân loại sa cấu		Sét pha thịt	Sét

Hình 1. Việt quất bụi thấp trong thí nghiệm trong chậu trên đất sét phù sa, giống (*Vaccinium tenellum*) 04 năm tuổi nhận được từ nghiên cứu cấy mô của Khoa Sinh lý - Sinh hóa, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ

2.1.2. Giống việt quất

Giống việt quất *Vaccinium tenellum* sử dụng trong thí nghiệm là giống được tuyển chọn từ dự án cấy mô cho sản xuất cây việt quất, thực hiện tại Phòng Thí nghiệm sinh hóa, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ (Hình 1).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm trong chậu được bắt đầu từ tháng 06/2021, bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 03 nghiệm thức với 04 lần lặp lại, mỗi lặp lại là 01 cây/chậu (Bảng 2).

Sử dụng 10kg đất cho vào chậu 10L có kích thước (20 × 12cm/10L), lấy 50g đất trộn với 5,0kg biochar và đặt vào chậu ở vị trí vùng rễ của cây. Theo Brunswick (2011), cây việt quất trồng trong đất sét cần bổ sung một lượng vật liệu làm xốp đất, điều này giúp thúc đẩy vi sinh vật có ích phát triển trong đất gián tiếp cung cấp N, P, K và các chất dinh dưỡng khác có sẵn thông qua vùng rễ cây trồng.

Các đặc tính hóa lý ban đầu của biochar là pH 7,70; tổng độ xốp là 92,3%; Na^+ trao đổi - 0,24 cmolc/kg ; K^+ trao đổi - 12,9 cmolc/kg; Ca^{2+} trao đổi - 0,16 cmolc/kg và tổng C - 471 g/kg; Na hòa tan - 0,24 cmolc/kg; K hòa tan - 3,35 cmolc/kg; Ca hòa tan - 0,15 cmolc/kg.

Phân N, P và K được bón theo khuyến cáo của Marty & cs. (2019) như sau: 45kg N/ha, 20kg P_2O_5/ha và 20kg K_2O/ha. Phân đơn được sử dụng gồm Ammonium sulfate (21%N), Triple superphostphate (45% P_2O_5) và Potassium sulfate (52% K_2O). Ammonium sulfate với đạm ở dạng NH_4^- được cây việt quất sử dụng hiệu quả hơn so với dạng NO_3 (Tran, 2004).

Thời kỳ bón phân được dựa theo khuyến cáo của Rutgers University (2012), phân N được chia làm 03 lần bón, lần 01 vào thời gian nẩy chồi, lần 02 vào 7-8 tuần sau nẩy chồi, và lần 3 vào 11-12 tuần sau nẩy chồi. Phân P và K được bón vào tháng 01 hoặc tháng 02 (trước nẩy chồi).

2.2.2. Lấy mẫu cây và phân tích

Mẫu được lấy ở giai đoạn thu hoạch, các bộ phận cây được tách riêng thành lá, thân và trái, thân và lá được sấy 70°C đến trọng lượng không đổi. Đối với mẫu trái việt quất tươi, trái tươi được đặt trong tủ đông trong 2 giờ và ngay sau đó đặt trong máy đông khô (Labconco FreeZone 4.5 Liter Benchtop) trong thời gian 72 giờ ở nhiệt độ -40°C. Hàm lượng %N, %P, %K được thực hiện phân tích tại Phòng Thí nghiệm Khoa học Đất, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ.

2.2.3. Xử lý số liệu

Số trung bình và độ lệch chuẩn (± SD) được tính cho mỗi nghiệm thức. Phần mềm SPSS được sử dụng cho phân tích one-way ANOVA. So sánh khác biệt trung bình với phép thử Duncan ở mức 5% và 1%.

Bảng 2. Nghiệm thức thí nghiệm của việt quất trồng trong nhà lưới

Nghiệm thức	Lượng biochar (tấn/ha)
Biochar_0	0
Biochar_10	10
Biochar_20	20

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của biochar đến sinh trưởng và sinh khối việt quất

So với không sử dụng biochar, sử dụng biochar ở mức 10 tấn/ha (biochar_10) dẫn đến số lá, số chồi và chiều cao trên mỗi cây tăng cao có ý nghĩa (Hình 2b), điều này đưa đến sự gia tăng sinh khối thân, lá và quả (Hình 2a). Tuy nhiên so với biochar_10, lượng biochar sử dụng ở mức biochar_20 không đưa đến sự gia tăng có ý nghĩa về mặt sinh trưởng và sinh khối việt quất (Hình 2a và 2b).

Sự tăng trưởng và năng suất của việt quất tăng lên khi lượng biochar tăng 0 tấn/ha (Hình 2a và 2b), các nghiên cứu trước đây cho thấy biochar có thể làm tăng hàm lượng dinh dưỡng trong đất và năng suất cây trồng (Doan & cs., 2015; Steiner & cs., 2007). Theo Steiner & cs. (2007), năng suất cây trồng có thể tăng gấp đôi khi sử dụng biochar cùng với phân khoáng, nhưng tác dụng của nó mất dần sau một số vụ mùa. Tuy nhiên việc tăng lượng sử dụng biochar cần xem xét chi phí, vì sử dụng quá nhiều biochar có thể làm giảm lợi nhuận (Jin, 2019). Farhangi & cs. (2021) kết luận rằng sử dụng lượng biochar cao (> 30 tấn/ha) không làm tăng đáng kể năng suất cây trồng; thậm chí bón biochar ở mức 20 tấn/ha cũng làm giảm năng suất cây trồng (Li, 2023). Gao & cs. (2021) cho rằng sử dụng biochar ở mức 10-20 tấn/ha là phù hợp nhất (Gao, 2021).

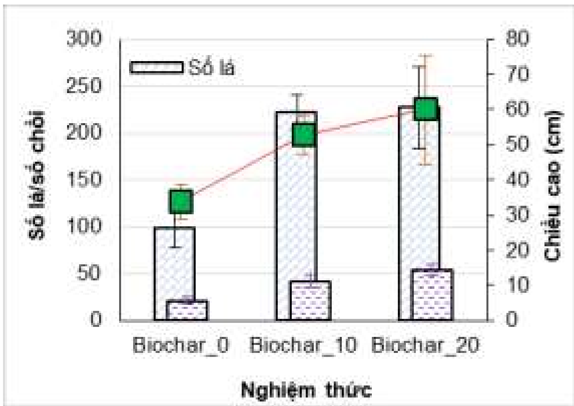
3.2. Ảnh hưởng của biochar đến hàm lượng NPK của việt quất

Thang chuẩn trong đánh giá hàm lượng NPK (g/kg) ở lá việt quất được căn cứ theo Hart & cs. (2006) (Ebrahimi & cs., 2021) với ngưỡng giới hạn tham khảo cho N, P và K là 14-22; 0,8-2,0 và 4,0-5,5 g/kg,

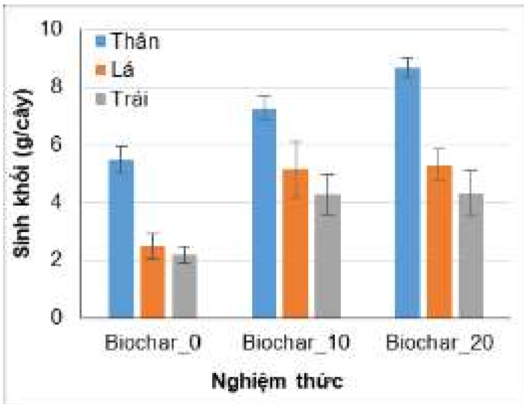
Hàm lượng NPK trong thân, lá và trái được trình bày ở bảng 3. Trường hợp không sử dụng biochar (biochar_0) đưa đến hàm lượng N, P và K trong lá việt quất theo thứ tự là 9,9; 1,0 và 3,38 g/kg, các hàm lượng này đều ở mức thiếu. Mặc dù trong thí nghiệm này việt quất đã sử dụng công thức bón là 45-20-20, nhưng hàm lượng N, P và K (g/kg) trong lá của nghiệm thức biochar_0 giảm ở mức dưới ngưỡng so với thang tham khảo của Hart & cs. (2006) (Bảng 3). Điều này do đất thí nghiệm chứa nhiều sét mà không được bón biochar, tính thoáng xốp của đất không được cải thiện, do đó nó đã gây trở ngại hoạt động của vi sinh vật, trao đổi ion và giới hạn khả năng cung cấp dinh dưỡng của đất (Razzaghi & cs., 2020). Sử dụng biochar_10 và biochar_20 đưa đến gia tăng hàm lượng N, P và K trong thân, lá và trái việt quất (Bảng 3), tuy nhiên, hiệu quả làm tăng hàm lượng N, P và K này của biochar_10 và biochar_20 là không khác biệt. So với đối chứng, hàm lượng N% trong các bộ phận thân, lá và trái của các cây được bón biochar có sự gia tăng mạnh (lên tới 50-78%). Như các nghiên cứu trước đây (Abujabhah & cs., 2018, Guerena & cs., 2015; Xu & cs., 2016) đã cho rằng việc bón biochar vào đất đã nâng cao độ xốp và thông thoáng của đất, thúc đẩy phát triển cộng đồng vi sinh vật cố định đạm tốt hơn, do đó đã nâng cao lượng đạm sinh học trong đất.

3.3. Ảnh hưởng của biochar đến lượng hấp thu NPK của việt quất

Kết quả trong hình 3 cho thấy ở nghiệm thức biochar_10 và biochar_20, hàm lượng P trong lá quả việt quất (14,2 và 17,2mg P/cây) cao hơn ngưỡng Trevett (1972), điều này phù hợp với kết luận của nghiên cứu của Glaser & Lehr (2019) cho rằng việc bổ sung biochar làm tăng đáng kể lượng P sẵn có trong đất canh tác lên đến hệ số 4,6.



(a)



(b)

Ghi chú: Thanh đứng trên đồ thị thể hiện độ lệch chuẩn (SD) cho so sánh khác biệt giữa mỗi thành phần. Sinh khối của thân và lá được tính bằng trọng lượng khô và trái việt quất được tính bằng trọng lượng tươi.

Hình 2. Ảnh hưởng của NPK đến sinh trưởng (a) **và sinh sinh khối** (b) **của việt quất**

Bảng 3. Ảnh hưởng của biochar đến hàm lượng NPK trong thân, lá và trái việt quất

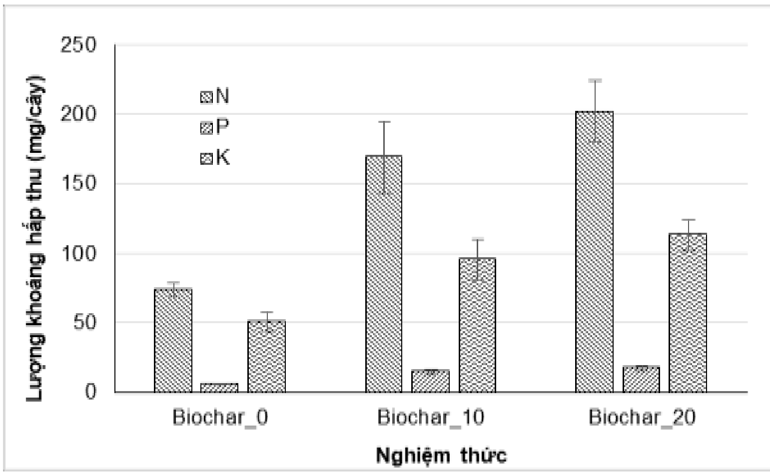
Nghiệm thức (SE)	Hàm lượng trong thân (g/kg)			Hàm lượng trong lá (g/kg)			Hàm lượng trong trái (g/kg)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Biochar_0	5,26^a	0,25^a	6,20^a	9,87^a	1,00^a	3,83^a	9,38^a	0,93^a	3,30^a
Biochar_10	6,85^b	0,39^b	7,48^b	17,3^b	1,38^b	4,88^b	13,02^b	1,28^b	4,29^b
Biochar_20	6,97^b	0,41^b	7,71^b	17,6^b	1,48^c	5,23^b	14,13^b	1,39^c	4,38^b
Độ ý nghĩa	*	*	**	**	**	**	**	**	*
CV (%)	19,3	26,5	16,7	26,1	17,2	15,2	19,2	17,5	17,9

Tương tự như tình trạng hàm lượng NPK ở bảng 3, nghiệm thức biochar_10 và biochar_20 có tổng hấp thu N trong cây việt quất (106 và 206 mg/cây) cũng đạt cao hơn so với biochar_0 (73 mg/cây), tuy nhiên cần lưu ý không có sự khác biệt giữa biochar_10 và biochar_20 về tổng lượng hấp thu N, P và K trong cây. Nhiều nghiên cứu cho rằng lượng N hữu dụng trong đất và tình trạng N của cây ảnh hưởng lớn đến sự hấp thu P và K của cây. Vì vậy khi thiếu N, hàm lượng P và K thấp thì hàm lượng N thấp tương ứng (Bảng 3). Vì thế, việc tăng năng suất cây trồng chủ yếu liên quan đến việc bón đạm (Souri & Hatamian, 2019).

3.4. Tương quan hồi qui giữa hàm lượng N và các thành phần của việt quất

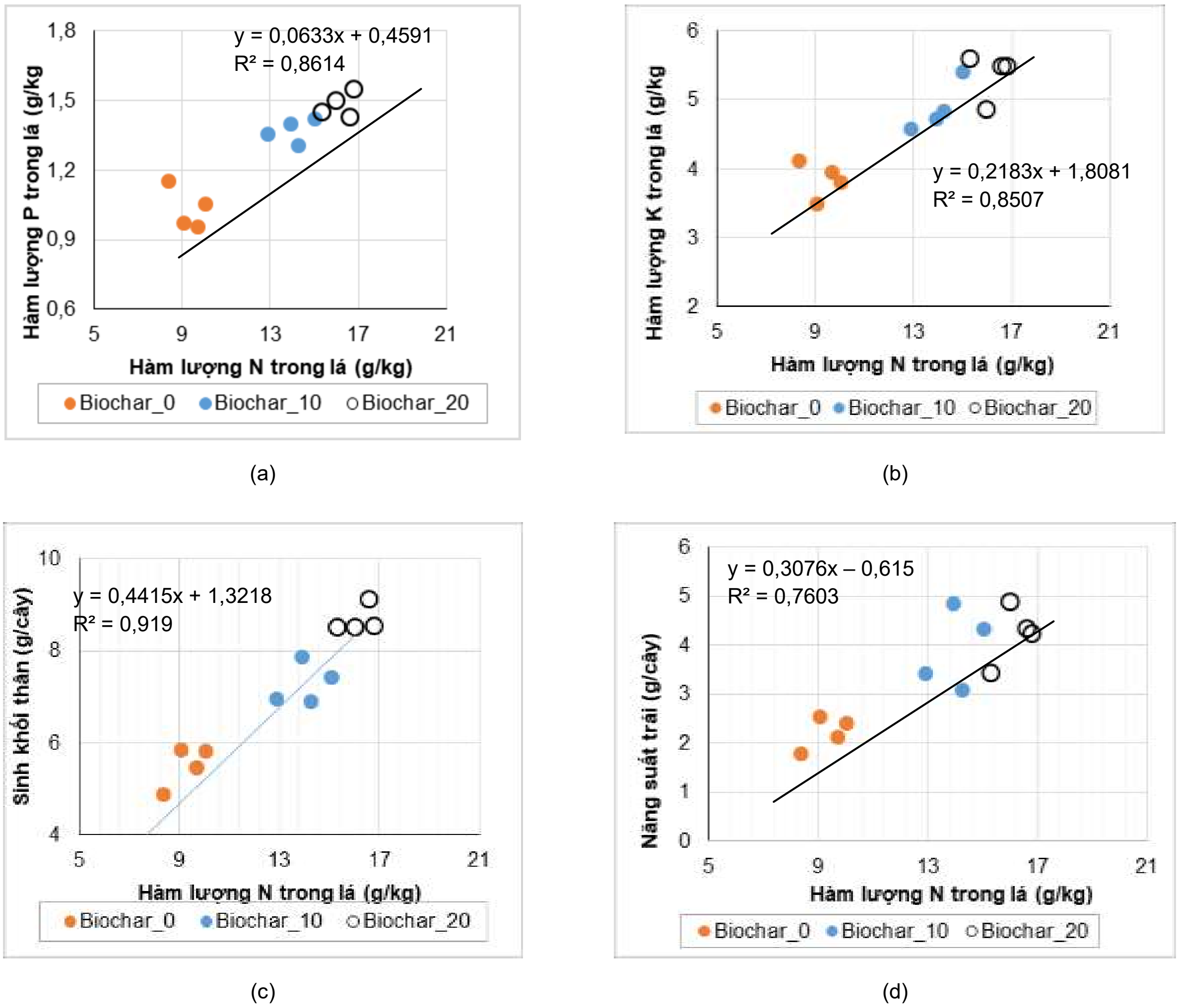
Chất N trong lá là thành phần quan trọng nhất ảnh hưởng đến các dưỡng chất khác, hàm lượng N trong lá được sử dụng để thể hiện mối tương quan hồi qui giữa N trong lá và các thông số nông học khác (Hình 4). Mối tương quan giữa N trong lá và P trong lá, K trong lá, sinh khối thân, năng suất trái có hệ số xác định (R^2) theo thứ tự là 0,86; 0,85; 0,92 và 0,76 (Hình 4a, b, c và d). Nghiên cứu của Kamprath (1987) kết luận rằng hàm lượng P trong lá có mối tương quan thuận với hàm lượng P trong quả và tổng tích lũy P cũng tương quan thuận với tổng tích lũy N của việt quất.

Việt quất là cây chịu đạm ở mức thấp, bón thừa N sẽ dẫn đến sinh trưởng sinh dưỡng quá mức, tăng nguy cơ dịch bệnh, và giảm sự phát triển của nụ hoa (Hart & cs., 2006). Phân hữu cơ được khuyến cáo bón cho việt quất vì nó cung cấp N chậm qua khoáng hóa, thúc đẩy sự phát triển của các vi sinh vật có lợi trong phân hủy sinh khối và gián tiếp cung cấp NPK và các chất dinh dưỡng khác cho cây trồng thông qua vùng rễ cây trồng (Trupiano & cs., 2017).



Ghi chú: Thí nghiệm nhà lưới được thực hiện tại Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ, tháng 5 năm 2021. Độ lệch chuẩn (thanh dọc) dùng để biểu thị sự khác biệt giữa các cột cùng màu.

Hình 3. Ảnh hưởng của biochar đến lượng hấp thu NPK của cây việt quất



Hình 4. Tương quan hồi qui giữa hàm lượng N trong lá việt quất và (a) **P trong lá;** (b) **K trong lá;** (c) **Sinh khối thân và** (d) **Sinh khối trái**

4. KẾT LUẬN

Trồng việt quất trên đất phù sa chứa hàm lượng sét cao đã thể hiện sự bất lợi về hấp thu khoáng chất N, P và K. Hàm lượng N (9,87%), P (1,00%) và K (3,83%) trong lá được xác định ở mức thiếu, điều này đưa đến hạn chế sinh trưởng và năng suất của việt quất.

Việc phối trộn biochar vào đất sét phù sa ở lượng 10 tấn/ha giúp gia tăng hiệu quả sự hấp thu N (106mg N/cây) so với hấp thu N của không bón biochar (73mg N/cây), điều này giúp gia tăng sinh trưởng và năng suất việt quất, tuy nhiên khi tăng biochar ở mức 20 tấn/ha thì chưa cho thấy hiệu quả hơn so với B10. Khuyến nghị cần kết hợp bổ sung phân hữu cơ với biochar để cải thiện môi trường đất tốt cho việt quất trồng trên đất phù sa.

LỜI CẢM ƠN

Công trình nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo với đề tài mang mã số B2021-TCT-10. Chúng tôi cảm ơn học viên cao học Lê Thị Sen và Nguyễn Thanh Tùng đã tham gia và hỗ trợ chăm sóc thí nghiệm nhà lưới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abujabhah I.S., Doyle R.B. & Bound S.A (2018). Assessment of bacterial community composition, methanotrophic and nitrogen-cycling bacteria in three soils with different biochar application rates. J Soils Sediments. 18: 148-158. doi: 10.1007/s11368-017-1733-1.

Arabi Z., Eghtedaey H., Gharehchmaghloo B. & Faraji A. (2018). Effects of biochar and bio-fertilizer on yield and qualitative properties of soybean and some chemical properties of soil. Arab J Geosci. 11(21): 672. doi:10.1007/s12517-018-4041-1.

Backer R.G., Schwinghamer T.D., Whalen J.K., Seguin P. & Smith D.L. (2016). Crop yield and SOC responses to biochar application were dependent on soil texture and crop type in southern Quebec, Canada. J. Plant. Nutr. Soil Sci. 179:399-408.

Brunswick (2011). Growth and Development of the Wild Blueberry. Wild Blueberry Fact Sheet A.2.0. Retrieved from https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/WildBlueberries-BleuetsSauvages/a20e.pdf on August 22, 2023.

Chiem N.H. (1993). Geo-pedological study of the Mekong Delta. Southeast Asian Studies. 31:158-186.

Doan T.T., Henry-des-Tureaux T., Rumpel C., Janeau J.L. & Jouquet P. (2015). Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. Sci Total Environ. 514:147-154. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.02.005.

Dung T.V., Qui N.V., Dang L.V., Toan L.P. & Hung N.N. (2020). Morphological and physico-chemical properties of the raised-bed soils cultivated with Nam Roi pomelo in Chau Thanh district - Hau Giang province. Journal of Science Can Tho University. 56 (Thematic issue of Soil Science): 130-137.

Ebrahimi M., Souri M.K., Mousavi A. & Sahebani N (2021). biochar and vermicompost improve growth and physiological traits of eggplant (*Solanum melongena* L.) under deficit irrigation. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 8(1): 1-14.

Farhangi-Abriz S., Torabian S., Qin R., Noulas C., Lu Y. & Gao S. (2021). biochar effects on yield of cereal and legume crops using meta-analysis. Sci Total Environ. 775: 145869. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145869

Gao Y., Shao G. & Yang Z. (2021). Influences of soil and biochar properties and amount of biochar and fertilizer on the performance of biochar in improving plant photosynthetic rate: A meta-analysis. Eur J Agron 130:126345. doi:/10.1016/j.eja.126345.

Glaser B. & Lehr V.I. (2019). biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. Sci Rep. 9(1): 9338. doi:10.1038/s41598-019-45693-z

Güerena D.T., Lehmann J., Thies J.E., Enders A., Karanja N. & Neufeldt H. (2015) Partitioning the contributions of biochar properties to enhanced biological nitrogen fixation in common bean *(Phaseolus vulgaris).* Biol Fert Soils. 51: 479-491.

Hart J., Strik B., White L. & Yang W. (2006). Nutrient management for blueberries in Oregon. Or. State Univ. Ext. Serv. EM 8918.

Jin Z., Chen C. & Chen X. (2019). Soil acidity, available phosphorus content, and optimal biochar and nitrogen fertilizer application rates: A five-year field trial in upland red soil, China. Field Crops Res. 232: 77-87. doi:10.1016/j.fcr.2018.12.013

Kalt W., Cassidy A., Howard L.R., Krikorian R., Stull A.J. & Tremblay F. (2020). Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. Advances in Nutrition. 11(2): 224-236.

Kamprath E.J. (1987). Enhanced phosphorus status of maize resulting from nitrogen fertilization of high phosphorus soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 1522ñ1526.

Lehmann J.N. (2011). Effects on soil biota - A review. Soil Biol Biochem. 43(9): 1812-1836. doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022

Li C., Zhao C., Zhao X., Wang Y., Zhu X. & Song X. (2023). Beneficial Effects of biochar Application with Nitrogen Fertilizer on Soil Nitrogen Retention, Absorption and Utilization in Maize Production. Agronomy. 13: 113. doi:10.3390/agronomy13010113

Marty C., Lévesque J.A., Bradley R.L., Lafond J. & Paré M.C. (2019). Lowbush blueberry fruit yield and growth response to inorganic and organic N-fertilization when competing with two common weed species. *PloS One*. 14(12): e0226619. doi:10.1371/journal.pone.0226619.

Patel S**.** (2014). Blueberry as functional food and dietary supplement: The natural way to ensure holistic health. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism. 7(2): 133-143. doi:10.3233/mnm-140013

Quang P.V. (2013). Soil degradation of raised-beds on orchards in the Mekong delta-field and laboratory methods, TRITA LWR PhD thesis. 1073: 46.

Razzaghi F., Obour P.B. & Arthur E. (2019). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma*. 2020;361:114055. doi:10.1016/j.geoderma.114055

Rutgers University (2012). Fertilizing Blueberries. Retrieved from https://spectrumanalytic.com/support/library/pdf/Fertilizing%20Blueberries.pdf on May 10, 2023

Souri M.K. & Hatamian M. (2019). Aminochelates in plant nutrition; a review. J of Plant Nutrition. 42(1): 67-78.

Steiner C., Teixeira W.G. & Lehmann J. (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): 275-290. doi:10.1007/s11104-007-9193-9

Tran B.L. (2004). Physical Fertility of a Soil under Intensive Rice Cultivation in the Mekong Delta (Vietnam) and Land Suitability Assessment for Alternative Crops with Rice Cultivation. Case Study at Long Khanh Village. Thesis, Ghent University, Free University of Brussels, Belgium. 155.

Trevett M.F. (1972). A second approximation of leaf analysis standards for lowbush blueberries. Research in the life sciences. Maine Agricultural Experimental Station Bulletin. 5: 15-16.

Trupiano D., Cocozza C. & Baronti S. (2017). The Effects of biochar and Its Combination with Compost on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth, Soil Properties, and Soil Microbial Activity and Abundance. Int J Agron. pp. 1-12.

Wu P., Ata-Ul-Karim S.T. & Singh B.P. (2019). A scientometric review of biochar research in the past 20 years (1998-2018). Biochar. 1: 23-43.

Xu N., Tan G. Wang H. & Gai X. (2016). Effect of biochar additions to soil on nitrogen leaching, microbial biomass and bacterial community structure. Eur J Soil Biol. 74: 1-8.