ẢNH HƯỞNG CỦA BIOCHAR VÀ DỊCH TRÍCH THỰC VẬT ĐẾN ĐẶC TÍNH ĐẤT, SINH TRƯỞNG CÂY LÚA VÀ SỰ HÌNH THÀNH BƯỚU RỄ DO *Meloidogyne graminicola* GÂY RA

Nguyễn Thị Kim Phượng[1], Phạm Thị Bích Trân[1], Nguyễn Thị Quỳnh Như[1], Lê Thị Ngọc Tiền[1], Trần Kiến Nguyên[1], Nguyễn Văn Sinh[1, *]

[1] Khoa Khoa học Đất, Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ

[*]Email: nvsinh@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Tuyến trùng bướu rễ *Meloidogyne graminicola* là một trong những tác nhân gây hại rễ lúa, ảnh hưởng đến sinh trưởng và năng suất cây. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của biochar và dịch trích sầu đâu, thuốc cá đến đặc tính hóa học đất, sinh trưởng cây lúa và sự hình thành bướu rễ do *Meloidogyne graminicola*. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 nghiệm thức và 5 lần lặp lại, gồm: Đối chứng, biochar, dịch trích sầu đâu, dịch trích thuốc cá và đối chứng dương bằng thuốc bảo vệ thực vật. Tuyến trùng được chủng hai lần với mật độ 60.000 trứng/chậu, 3 trước khi gieo và 7 ngày sau gieo. Kết quả cho thấy, biochar và dịch trích thực vật cải thiện một số đặc tính hóa học đất. Biochar vỏ trấu và dịch trích thuốc cá làm tăng pH đất từ 4,9 ở đầu vụ lên 6,2-6,26 ở giai đoạn thu hoạch. Dịch trích sầu đâu làm tăng NH_4^+ hữu dụng trong đất, đạt 243,7 mg/kg ở 40 ngày sau gieo ($p<0,001$), cao hơn khoảng 5 lần so với đối chứng; đồng thời làm tăng lân dễ tiêu và kali trao đổi. Dịch trích sầu đâu và thuốc cá làm giảm 35,0-42,5% số bướu rễ, còn 4,75 và 4,20 bướu/cây so với 7,30 bướu/cây ở đối chứng. Biochar thúc đẩy phát triển bộ rễ nhưng năng suất thấp hơn đối chứng. Các dịch trích thực vật gây ức chế sinh trưởng cây lúa ở giai đoạn đầu, đặc biệt ở nghiệm thức sầu đâu, nhưng cây phục hồi ở các giai đoạn sau. Mặc dù vậy, năng suất không tăng tương ứng. Kết quả cho thấy, dịch trích thuốc cá có khả năng hạn chế sự hình thành bướu rễ, trong khi biochar góp phần cải thiện một số đặc tính đất và phát triển bộ rễ của lúa.

Từ khoá: *Biochar, bướu rễ, cây lúa, Meloidogyne graminicola, sầu đâu, thuốc cá.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đồng bằng sông Cửu Long là vùng sản xuất lúa trọng điểm của Việt Nam. Tuy nhiên, thâm canh tăng vụ, đặc biệt hệ thống canh tác 3 vụ lúa/năm và đê bao khép kín làm hạn chế quá trình bồi đắp phù sa tự nhiên. Điều này làm suy giảm độ phì nhiêu và chất lượng đất. Việc sử dụng phân bón hóa học và thuốc bảo vệ thực vật kéo dài cũng có thể làm thay đổi các đặc tính lý, hóa và sinh học đất, ảnh hưởng đến tính bền vững của hệ thống canh tác [1, 2].

Sự suy giảm chất lượng đất và những thay đổi trong môi trường đất cũng có thể làm gia tăng các vấn đề liên quan đến sinh vật gây hại trong đất, trong đó có tuyến trùng bướu rễ (*Meloidogyne* spp.). Tuyến trùng bướu rễ ký sinh trên rễ, gây hình thành các u bướu, làm tổn thương hệ thống rễ và ảnh hưởng đến khả năng hấp thu nước, dinh dưỡng của cây [3]. Trên cây lúa, sự hiện diện và gây hại của tuyến trùng có thể làm giảm sinh trưởng của cây [4], do đó việc kiểm soát nhóm tuyến trùng này có ý nghĩa trong duy trì năng suất và tính bền vững của hệ thống canh tác lúa.

Trong bối cảnh cần giảm sự phụ thuộc vào các biện pháp hóa học, việc sử dụng các vật liệu và hợp chất có nguồn gốc tự nhiên để quản lý tuyến trùng đang được quan tâm. Biochar từ phụ phẩm nông nghiệp được quan tâm như một vật liệu cải tạo đất nhờ khả năng cải thiện một số đặc tính hóa học và môi trường dinh dưỡng của đất. Biochar là vật liệu giàu carbon, có khả năng cải

thiện một số tính chất đất như pH, khả năng giữ nước và giữ dinh dưỡng [5-8], đồng thời được ghi nhận có tiềm năng hạn chế một số sinh vật gây hại trong đất bao gồm cả tuyến trùng [9, 10]. Bên cạnh biochar, dịch trích thực vật chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học cũng được nghiên cứu trong quản lý sinh vật gây hại. Dịch trích sầu đâu chứa azadirachtin [11, 12], trong khi thuốc cá chứa rotenone [13, 14], là những hoạt chất có khả năng tác động đến sinh vật gây hại cũng như tuyến trùng [15, 16]. Do đó, biochar và dịch trích thực vật có thể là những biện pháp tiềm năng trong quản lý tuyến trùng bướu rễ, đồng thời có khả năng tạo ra những thay đổi tích cực đối với môi trường đất.

Tuy nhiên, hiệu quả của biochar và dịch trích thực vật cần được xem xét không chỉ ở khả năng kiểm soát tuyến trùng mà còn ở tác động đến tính chất đất và sinh trưởng cây lúa. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của biochar trấu và dịch trích thực vật đến tuyến trùng bướu rễ, một số tính chất đất và sinh trưởng cây lúa, qua đó làm rõ tiềm năng sử dụng các vật liệu này trong quản lý tuyến trùng theo hướng kết hợp kiểm soát tuyến trùng bướu rễ và cải thiện môi trường đất.

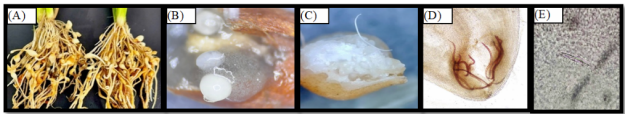
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và bố trí thí nghiệm

2.1.1. Vật liệu thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 2 đến tháng 12 năm 2025 tại nhà lưới Trường Nông nghiệp và Phòng thí nghiệm Tuyến trùng học, Phòng thí nghiệm Hoá học đất thuộc Đại học Cần Thơ. Đất thí nghiệm được thu ở tầng 0-20 cm từ ruộng lúa thâm canh 3 vụ tại tỉnh Vĩnh Long, có pH_{H2O} 4,9; $EC_{1:2,5}$ 1,27 mS/cm; NH_4^+-N 157 mg/kg; NO_3^--N 4,53 mg/kg; P dễ tiêu 18,7 mg/kg; K, Na, Ca, Mg trích bằng $BaCl_2$ lần lượt là 0,52; 1,02; 8,17; 4,93 meq/100g và CEC 17,5 meq/100 g. Giống lúa Đài Thơm 8 được sử dụng trong thí nghiệm.

Nguồn tuyến trùng và trứng *Meloidogyne graminicola* được phân lập từ rễ lúa nhiễm tuyến trùng dựa trên đặc điểm về hình thành bướu rễ (Hình 1). Lúa nhiễm tuyến trùng được thu trong mô hình canh tác lúa 3 vụ tại Hợp tác xã Nông nghiệp Thạnh Hòa, xã Thạnh Lộc, tỉnh An Giang. Tuyến trùng tuổi 2, tuyến trùng cái và cá thể đực được ghi nhận và được phân loại dựa trên các đặc điểm về hình thái học, đặc biệt là vùng sinh môn được cắt từ cá thể cái dựa trên các tài liệu phân loại chuyên ngành [17, 18]. Tuyến trùng *Meloidogyne graminicola* sau khi được phân loại, phân lập và nuôi thuần trong đất không nhiễm tuyến trùng (đất được khử trùng nhiệt ở 121°C, trong 15 phút) trên giống lúa Đài Thơm 8 cho các thí nghiệm sau đó.



Hình 1. Mẫu rễ lúa được thu tại đồng ruộng dựa trên hình thái bướu rễ (A), cá thể cái mang trứng (B), cá thể đực (C), cá thể tuổi 2 xâm nhiễm trong rễ (D) và vùng sinh môn con cái (E)

Biochar vỏ trấu sử dụng trong thí nghiệm là sản phẩm thương mại của Công ty TNHH MTV Mai Anh Đồng Tháp, sản phẩm có pH 9-11, hàm lượng carbon >50%, hàm lượng hydrogen >1,8%, hàm lượng oxygen >4,1% và hàm lượng nitrogen >0,6%; dịch trích thực vật gồm dịch trích lá sầu đâu và dịch trích rễ thuốc cá.

2.1.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 nghiệm thức và 5 lần lặp lại, gồm: (NT1) đối chứng, (NT2) biochar vỏ trấu 1%, (NT3) dịch trích sầu đâu, (NT4) dịch trích thuốc cá và (NT5) thuốc bảo vệ thực vật (BVTV). Mỗi nghiệm thức gồm 5 lần lặp lại, với một chậu là một đơn vị thí nghiệm; mỗi chậu trồng 10 cây lúa. Lúa được trồng trong chậu nhựa C10 (cao 25 × rộng 21 cm), chứa 5 kg đất/chậu và trồng mật số ban đầu 10 cây/chậu. Tất cả các nghiệm thức đều được áp dụng cùng chế độ bón phân vô cơ, quản lý nước và chủng *Meloidogyne graminicola* riêng NT1 không được bổ sung biochar, dịch trích thực vật hoặc thuốc BVTV và được sử dụng làm nghiệm thức đối chứng.

Biochar được phối trộn với đất ở tỷ lệ 1% (50 g/chậu) tương đương khoảng 5 tấn/ha khi quy đổi cho lớp đất 0-20 cm với dung trọng giả định 1,0 g/cm³, vào 3 ngày trước khi gieo.

Dịch trích sầu đâu và thuốc cá được chuẩn bị riêng từ lá sầu đâu già và rễ dây thuốc cá. Quá trình chuẩn bị dịch trích được thực hiện theo trình tự:

- Dịch trích lá sầu đâu: 4 kg lá sầu đâu tươi được rửa sạch, cắt nhỏ và xay nhuyễn, sau đó ngâm trong 20 L nước cất (tỷ lệ 4 kg nguyên liệu tươi/20 L nước) trong 48 giờ ở 40°C trong tủ ấm Memmert. Hỗn hợp được lọc lần lượt qua rây 2,0; 1,0; 0,25 mm để thu dịch trích gốc. Trước mỗi lần sử dụng, dịch trích gốc được pha loãng với nước cất theo tỷ lệ 1:9 (1 L dịch trích gốc + 9 L nước cất).

- Dịch trích rễ dây thuốc cá: 4 kg rễ dây thuốc cá tươi được xử lý tương tự như lá sầu đâu, ngâm trong 20 L nước cất trong 48 giờ ở 40°C, sau đó lọc qua các rây 2,0; 1,0; 0,25 mm. Dịch trích gốc được pha loãng với nước cất theo tỷ lệ 1:9 trước mỗi lần sử dụng.

Đối với nghiệm thức dịch trích (NT3 và NT4), sử dụng dịch trích sau pha loãng với lượng 500 mL/chậu (5 kg đất khô/chậu). Đất được bổ sung nước vừa đủ ngập bề mặt và duy trì trạng thái bão hòa trong 1 tuần. Dịch trích lá sầu đâu hoặc rễ dây thuốc cá được tưới 500 mL/chậu vào 3 ngày sau gieo (NSG) và lặp lại vào 6 NSG.

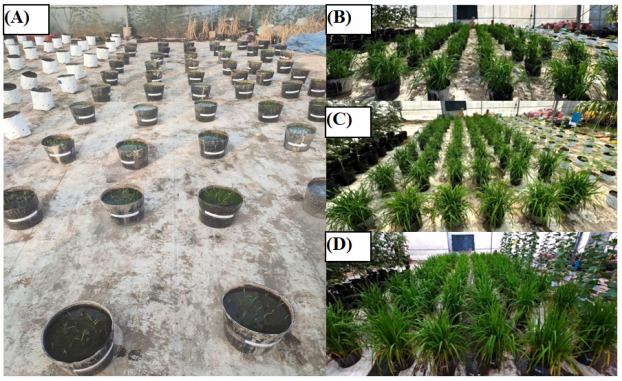
Đối với NT5 (đối chứng dương), sử dụng thuốc BVTV thương mại có hoạt chất abamectin 2% (20 g/L), pha ở nồng độ 0,1% theo liều khuyến cáo của nhà sản xuất. Dung dịch được tưới 500 mL/chậu vào 3 và 6 NSG.

Nguồn tuyến trùng thuần *Meloidogyne graminicola* sau khi phân loại, được lưu giữ và tăng mật số trên giống lúa Đài Thơm 8 được trồng trong chậu ở điều kiện nhà lưới, sau đó sử dụng làm nguồn xâm nhiễm trong thí nghiệm. Nguồn trứng tuyến trùng được tách lọc bằng nhíp chuyên biệt dưới kính hiển vi từ các bướu già có màu nâu đậm (Hình 1B). Mật số trứng xác định trên buồng đếm chuyên biệt dưới kính hiển vi sinh học; mật độ trung bình được tính từ 5 lần đếm độc lập cho mỗi 1 mL dung dịch huyền phù trứng. Dựa trên kết quả này, bổ sung 60.000 trứng/chậu ở mỗi lần chủng. Lần chủng thứ nhất được thực hiện 3 ngày trước khi gieo hạt; lần thứ hai được thực hiện sau 10 ngày kể từ lần chủng thứ nhất (tương ứng 7 NSG).

Phân bón gồm: Urê, super lân và KCl, cung cấp tương ứng 90 kg N, 30 kg P_2O_5 và 30 kg K_2O/ha. Phân bón được chia thành 4 đợt: Bón lót toàn bộ P_2O_5; 10 NSG bón 40% N; 20 NSG bón 40% N và 40% K_2O; 40 NSG bón 20% N và 60% K_2O. Hạt giống được gieo với mật độ khoảng 30 hạt/chậu và sau một tuần tỉa còn 10 cây/chậu. Chăm sóc và quản lý nước được thực hiện theo khuyến cáo của Cục Trồng trọt (2023) [19].

2.2. Thu mẫu và phân tích

Mẫu đất được thu tại 20, 40, 60 NSG và thời điểm thu hoạch (Hình 2), trước thời điểm bón phân tương ứng, từ tầng đất 0-20 cm tại hai vị trí quanh gốc lúa. Mẫu được thu lặp theo thời gian trên cùng các chậu thí nghiệm; do đó, mỗi chậu là một đơn vị thí nghiệm được theo dõi tại tất cả các thời điểm lấy mẫu. Mẫu được sấy ở 40°C, nghiền và qua rây 0,5 mm trước khi phân tích. Các chỉ tiêu gồm: pH, EC, NH_4^+, NO_3^-, P dễ tiêu và các cation trao đổi K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}



Hình 2. Lúa tại các giai đoạn phát triển khác nhau trong thí nghiệm nhà lưới: (A) 7 NSG; (B) 20 NSG; (C) 40 NSG; (D) 60 NSG. Địa điểm: Trường Nông nghiệp, Đại học Cần Thơ

pH_{H2O} và EC được xác định trong dung dịch trích nước với tỷ lệ đất:dung dịch 1:2,5 và đo bằng pH kế và EC kế. NH_4^+ và NO_3^- hữu dụng được xác định sau khi trích bằng KCl 2 M với tỷ lệ đất dịch 1:10; hàm lượng NH_4^+ trong dung dịch trích được xác định bằng phương pháp so màu ở bước sóng 650 nm. NO_3^- được xác định bằng phương pháp đo quang phổ ở bước sóng 220 nm. P dễ tiêu được xác định bằng phương pháp Bray 2 với tỷ lệ đất:dịch trích là 1:7; hàm lượng P trong dung dịch trích được xác định bằng phương pháp so màu molybdate ở bước sóng 880 nm. K^+, Na^+, Ca^{2+} và Mg^{2+} trao đổi được trích bằng $BaCl_2$ 0,1 M và xác định hàm lượng cation trong dung dịch trích bằng quang phổ hấp thu nguyên tử.

Các chỉ tiêu sinh trưởng gồm: Chiều cao cây, số chồi, sinh khối khô, chiều dài rễ và sinh khối rễ, được xác định tại 20, 40, 60 NSG. Tại mỗi

thời điểm, một cây lúa được chọn ngẫu nhiên từ mỗi chậu để đánh giá các chỉ tiêu sinh trưởng và bộ rễ. Số bướu rễ được xác định tại 60 NSG, gồm số bướu/cây. Số bông/chậu và năng suất thực tế được xác định tại thời điểm thu hoạch.

Tỷ lệ (%) số bướu giảm được tính dựa trên chênh lệch số bướu giữa nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức xử lý, chia cho số bướu ở nghiệm thức đối chứng và nhân với 100.

2.3. Phân tích thống kê

Số liệu được phân tích phương sai một nhân tố (ANOVA) bằng phần mềm Minitab 16. Đối với các chỉ tiêu được theo dõi ở nhiều thời điểm, số liệu tại từng thời điểm được phân tích riêng biệt. Phân phối chuẩn của số liệu được kiểm tra bằng kiểm định Kolmogorov-Smirnov trước khi thực hiện ANOVA. Khi điều kiện kiểm định cho tất cả các biến (chỉ tiêu hóa học đất, chỉ tiêu sinh trưởng cây lúa, năng suất và số bướu) đáp ứng giả định phân phối chuẩn ($p>0,15$), phân tích ANOVA được thực hiện; sự khác biệt thống kê của giá trị trung bình giữa các nghiệm thức được xác định bằng phép thử Tukey ở mức ý nghĩa 5%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của biochar và dịch trích thực vật đến đặc tính hóa học đất

3.1.1. Diễn biến pH và EC trong đất

Giá trị pH đất dao động trong khoảng 4,90-6,26 trong suốt thời gian thí nghiệm (Bảng 1). pH không khác biệt giữa các nghiệm thức ở 20 và 60 NSG. Ở 40 NSG, pH cao nhất ở NT3 (5,30) và thấp nhất ở NT1 (4,90) ($p<0,01$). Đến thời điểm thu hoạch, NT2 và NT4 cá có pH cao hơn (6,20-6,26) so với NT3 và NT5 (5,78-5,83), trong khi NT1 đạt 5,94 ($p<0,01$). Nhìn chung, pH có xu hướng tăng vào cuối vụ, rõ nhất ở NT2 (biochar) và NT4 (dịch trích thuốc cá).

Giá trị EC đất không khác biệt giữa các nghiệm thức ở 20, 40, 60 NSG, dao động lần lượt 1,13-1,32; 0,92-1,18 và 1,24-1,36 mS/cm (Bảng 1). Đến thời điểm thu hoạch, giá trị EC đất khác biệt có ý nghĩa ($p<0,01$), cao nhất ở NT1 (1,70 mS/cm) và NT5 (1,65 mS/cm), trong khi NT3 và NT4 có giá trị thấp nhất (1,30 và 1,32 mS/cm).

Bảng 1. Diễn biến pH và EC đất

		Thời điểm thu mẫu			
Chỉ tiêu	Nghiệm thức	20 NSG	40 NSG	60 NSG	Thu hoạch
pH_{H2O}	NT1: Đối chứng	5,49	$4,90^{b}$	5,05	$5,94^{a}$
	NT2: Biochar	5,51	$5,11^{ab}$	5,24	$6,20^{a}$
	NT3: Dịch trích sầu đâu	5,59	$5,30^{a}$	5,23	$5,83^{b}$
	NT4: Dịch trích thuốc cá	5,54	$5,18^{ab}$	5,23	$6,26^{a}$
	NT5: Thuốc BVTV	5,44	$5,04^{ab}$	5,13	$5,78^{b}$
	p	*ns*	**	*ns*	**
$EC_{1:2,5}$ (mS/cm)	NT1	1,32	1,18	1,24	$1,70^{a}$
	NT2	1,13	0,92	1,27	$1,41^{ab}$
	NT3	1,29	1,15	1,33	$1,30^{b}$
	NT4	1,21	1,06	1,36	$1,32^{b}$
	NT5	1,20	1,01	1,25	$1,65^{a}$
	p	*ns*	*ns*	*ns*	**

*Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức $p<0,05$. ns: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê; *: $p<0,05$; **: $p<0,01$; ***: $p<0,001$. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.*

Hàm lượng NH_4^+ hữu dụng trong đất cao ở giai đoạn đầu và giảm mạnh về cuối vụ (Bảng 2). Ở 20 NSG, NT1 có hàm lượng NH_4^+ hữu dụng cao nhất, khoảng 298 mg N/kg, trong khi NT2 chỉ đạt khoảng 187 mg N/kg. Đến 40 NSG, NT3 có hàm lượng NH_4^+ hữu dụng cao nhất (244 mg N/kg), kế đến là NT4 (137 mgN/kg), cao hơn rõ rệt so với các nghiệm thức còn lại. Hàm lượng NH_4^+ hữu dụng thấp ở NT2 trong giai đoạn đầu có thể liên quan đến khả năng hấp phụ và giữ NH_4^+ của biochar nhờ cấu trúc bề mặt và hệ thống lỗ rỗng [8, 20]. Kết quả nghiên cứu của

Phuong và cs (2020) [8] cho thấy, biochar trấu có khả năng hấp phụ NH_4^+ trên bề mặt, qua đó làm giảm hàm lượng NH_4^+ trong đất sau khi bổ sung biochar. Đối với NT3 và NT4, hàm lượng NH_4^+ hữu dụng cao hơn ở 40 NSG có thể liên quan đến sinh trưởng của cây ở giai đoạn đầu còn hạn chế (thí nghiệm ghi nhận cây phát triển kém, rễ cây lúa có dấu hiệu bị tổn thương), làm giảm lượng N được hấp thu. Với NT3, hàm lượng NH_4^+ hữu dụng cao hơn ở một số thời điểm có thể liên quan đến tác động của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong dịch trích sầu đâu. Nghiên cứu của Abeka và cs (2022) [21] ghi nhận, vật liệu sầu đâu có khả năng ức chế quá trình nitrat hóa, qua đó có thể làm chậm sự chuyển hóa NH_4^+ thành NO_3^-.

Hàm lượng NO_3^- hữu dụng trong đất duy trì ở mức thấp trong suốt quá trình sinh trưởng của cây lúa (Bảng 2). Ở 20 NSG, NT3 có hàm lượng NO_3^- hữu dụng cao nhất (4,37 mg N/kg). Từ 40-60 NSG, hàm lượng NO_3^- hữu dụng ở NT4 duy trì ở mức cao hơn các nghiệm thức còn lại, lần lượt đạt 2,06 và 2,22 mg N/kg. Đến thu hoạch, NT4 tiếp tục có hàm lượng NO_3^- hữu dụng cao nhất (3,95 mg N/kg). Xu hướng này cho thấy, dịch trích sầu đâu và thuốc cá có thể góp phần duy trì hàm lượng NO_3^- hữu dụng trong đất, đặc biệt ở giai đoạn giữa và cuối vụ.

Hàm lượng P dễ tiêu có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở các thời điểm khảo sát. Đáng chú ý, NT3 duy trì hàm lượng P dễ tiêu cao trong suốt quá trình sinh trưởng, đạt 164,8 mg/kg ở 20 NSG, 143,1 mg/kg ở 40 NSG và 116,6 mg/kg ở 60 NSG; đến thu hoạch còn 87,4 mg/kg. Trong khi đó, ở 60 NSG, P dễ tiêu của các nghiệm thức còn lại chỉ dao động khoảng 48-61 mg/kg. Sự duy trì P dễ tiêu cao trong đất ở NT3 có thể liên quan đến nguồn dinh dưỡng được bổ sung từ vật liệu hữu cơ trong dịch trích lá sầu đâu và quá trình phân hủy theo thời gian. Đối với NT2, hàm lượng P dễ tiêu đạt 125,4 và 116,2 mg/kg, tương ứng ở 20 và 40 NSG nhưng giảm còn 48,0 mg/kg ở 60 NSG, cho thấy khả năng cung cấp P của vật liệu biochar thể hiện rõ hơn trong giai đoạn đầu.

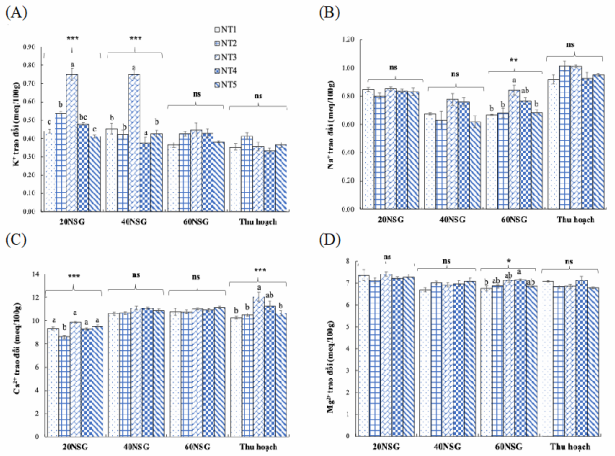
Bảng 2. Hàm lượng NH_4^+, NO_3^- hữu dụng và P dễ tiêu trong đất

		Thời điểm thu mẫu			
Chỉ tiêu	Nghiệm thức	20 NSG	40 NSG	60 NSG	Thu hoạch
NH_4^+ -N (mg/kg)	NT1	298,5^{a}	61,4^{c}	23,6^{a}	19,2
	NT2	186,7^{b}	33,7^{c}	17,6^{b}	17,0
	NT3	202,6^{ab}	243,7^{a}	24,4^{ab}	20,9
	NT4	263,4^{ab}	137,3^{b}	26,7^{a}	17,7
	NT5	236,8^{a}	45,4^{c}	19,7^{ab}	19,3
	p	*	***	*	*ns*
NO_3^- -N (mg/kg)	NT1	3,46^{b}	1,72^{ab}	1,70^{b}	2,15^{b}
	NT2	2,52^{c}	1,60^{ab}	1,88^{ab}	2,21^{b}
	NT3	4,37^{a}	2,03^{a}	2,02^{ab}	2,34^{b}
	NT4	3,26^{b}	2,06^{a}	2,22^{a}	3,95^{a}
	NT5	3,25^{bc}	1,44^{b}	1,62^{b}	1,86^{b}
	p	***	**	**	**
P dễ tiêu (mg/kg)	NT1	122,0^{a}	47,1^{c}	58,7^{b}	73,4^{ab}
	NT2	125,4^{ab}	116,2^{ab}	48,0^{b}	73,9^{ab}
	NT3	164,8^{a}	143,1^{a}	116,6^{a}	87,4^{a}
	NT4	93,4^{b}	75,2^{bc}	61,5^{b}	74,5^{ab}
	NT5	145,1^{ab}	76,2^{bc}	54,3^{b}	46,1^{b}
	p	*	**	***	*

*Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức p<0,05. ns: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.*

3.1.2. Hàm lượng K^+, Na^+, Ca^{2+} và Mg^{2+} trao đổi trong đất

Hàm lượng K^+ trao đổi trong đất có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở giai đoạn đầu (Hình 3A). Ở 20 và 40 NSG, NT3 có hàm lượng K^+ trao đổi cao nhất, cùng đạt 0,75 meq/100 g; tại 20 NSG, NT2 đạt 0,54 meq/100 g, cao hơn NT1 (0,44 meq/100 g). Đến 60 NSG và thu hoạch, hàm lượng K^+ trao đổi giữa các nghiệm thức không khác biệt rõ, dao động trong khoảng 0,33-0,45 meq/100 g. Hàm lượng K^+ trao đổi cao ở NT3 trong giai đoạn đầu có thể liên quan đến nguồn K có sẵn trong nguyên liệu sầu đâu. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Moyin-Jesu (2014) [22], khi bổ sung dịch trích sầu đâu làm tăng hàm lượng K^+ trao đổi trong đất 14% so với đối chứng. Bên cạnh đó, hàm lượng K^+ trao đổi trong đất cao hơn ở NT2 tại 20 NSG có thể liên quan đến lượng K^+ sẵn có trong thành phần biochar được bổ sung vào đất [23].



Hình 3. Hàm lượng K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} trao đổi trong đất (A-D)

*Ghi chú: Thanh giá trị biểu diễn giá trị trung bình ± sai số chuẩn (SE). Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức p<0,05. ns: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.*

Hàm lượng Na^+ trao đổi trong đất không khác biệt rõ giữa các nghiệm thức ở 20 và 40 NSG và thời điểm thu hoạch (Hình 3B). Ở thời điểm 60 NSG, đất ở NT3 và NT4 có hàm lượng Na^+ trao đổi cao hơn các nghiệm thức còn lại, lần lượt đạt 0,84 và 0,77 meq/100 g.

Đối với Ca^{2+} trao đổi, tại 20 NSG, hàm lượng Ca^{2+} trao đổi trong đất thấp nhất ở NT2 (Hình 3C). Đến thời điểm thu hoạch, hàm lượng Ca^{2+} trao đổi cao nhất ở NT3 (12,06 meq/100 g), tiếp theo là NT4 (11,25 meq/100 g), trong khi các nghiệm thức còn lại dao động từ 10,2-10,7 meq/100 g. Đối với Mg^{2+}, sự khác biệt giữa các nghiệm thức chỉ xuất hiện ở 60 NSG. Hàm lượng Mg^{2+} trao đổi ở NT4 đạt 7,15 meq/100 g, cao hơn NT1 (6,77 meq/100 g; $p<0,05$), trong khi ở các thời điểm còn lại, sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê (Hình 3D).

3.2. Ảnh hưởng của biochar và dịch trích thực vật đến sinh trưởng và phát triển bộ rễ lúa

Sinh trưởng của cây lúa có sự khác biệt rõ giữa các nghiệm thức và thay đổi theo thời gian. Ở 20 và 40 NSG, chiều cao cây ở NT3 thấp nhất, lần lượt đạt 23,9 và 36,3 cm, trong khi NT1 đạt 44,5 và 74,7 cm (Bảng 3). Đến 60 NSG, cây ở NT3 phục hồi rõ, đạt 88,0 cm, tương đương NT2 (84,7 cm). Tại thời điểm thu hoạch, chiều cao cây lúa ở NT3 đạt cao nhất (105,0 cm), cao hơn NT1 (93,5 cm), NT4 (95,8 cm), NT2 (89,3 cm) và NT5 (87,1 cm) ($p<0,001$).

Sinh khối thân lá lúa cũng có xu hướng tương tự. Ở 20 và 40 NSG, sinh khối ở NT3 chỉ đạt 0,26 và 1,30 g/cây, thấp hơn NT1 (1,81 và 5,50 g/cây); dịch trích thuốc cá cũng làm giảm sinh khối trong giai đoạn này, lần lượt còn 1,00 và 2,60 g/cây. Đến 60 NSG, NT2 đạt sinh khối thân cao nhất (15,7 g/cây). Tại thời điểm thu hoạch, sinh khối thân ở NT4 và NT3 lần lượt đạt 29,4 và 29,1 g/cây.

Số chồi tiếp tục cho thấy sự phục hồi sinh trưởng ở giai đoạn sau. Ở 20 và 40 NSG, NT3 có số chồi thấp nhất, lần lượt 1,88 và 4,09 chồi/cây. Đến 60 NSG, số chồi tăng lên khoảng 10 chồi/cây và cao hơn đối chứng; ở NT4, số chồi cũng tăng từ 6,83 lên 9,17 chồi/cây. Nhìn chung, dịch trích thực vật làm giảm sinh trưởng của cây lúa trong giai đoạn đầu, nhưng cây có khả năng phục hồi rõ ở các giai đoạn sau.

Đối với bộ rễ, biochar cho đáp ứng rõ nhất trong giai đoạn đầu. Chiều dài rễ ở NT2 đạt 11,3 cm ở 20 NSG và 21,2 cm ở 40 NSG, trong khi đối chứng lần lượt đạt 10,6 và 19,2 cm (Bảng 4).

Ngược lại, dịch trích sầu đâu làm giảm mạnh chiều dài rễ, chỉ đạt 4,68 cm ở 20 NSG và 11,6 cm ở 40 NSG. Đến 60 NSG, chiều dài rễ ở NT3 tăng lên 20,8 cm, cho thấy cây có khả năng phục hồi sinh trưởng rễ, nhưng vẫn thấp hơn đối chứng (25,9 cm).

Xu hướng tương tự được ghi nhận đối với sinh khối rễ. Biochar giúp sinh khối rễ cao nhất ở cả 3 thời điểm, lần lượt 0,30; 3,4; 14,6 g/cây ở 20, 40, 60 NSG. Trong khi đó, sinh khối rễ ở NT3 chỉ đạt 0,06; 0,7; 7,4 g/cây. Biochar có thể tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của rễ thông qua việc cải thiện độ xốp và môi trường vật lý của đất. Ngược lại, sự giảm sinh trưởng rễ ở NT3 trong giai đoạn đầu phù hợp với sự suy giảm chiều cao và sinh khối thân, cho thấy cây chịu tác động bất lợi của dịch trích ở nồng độ sử dụng.

Nhìn chung, biochar thể hiện ưu thế rõ hơn đối với sự phát triển bộ rễ, trong khi dịch trích sầu đâu gây ức chế sinh trưởng ở giai đoạn đầu nhưng cây phục hồi mạnh ở các giai đoạn sau.

3.3. Ảnh hưởng của biochar và dịch trích thực vật đến sự hình thành bướu rễ do *Meloidogyne graminicola*

Ở thời điểm 60 NSG cho thấy, số bướu rễ do *Meloidogyne graminicola* hình thành trên cây lúa khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức ($p<0,001$) (Hình 4). Đối chứng có 7,30 bướu/cây, trong khi biochar không làm giảm số bướu so với đối chứng. Ngược lại, dịch trích sầu đâu và thuốc cá làm giảm số bướu rễ, dao động 4,20-4,75 bướu/cây. Nghiệm thức sử dụng thuốc BVTV không ghi nhận bướu rễ.

Biochar thúc đẩy sự phát triển của bộ rễ nhưng không làm giảm sự hình thành bướu rễ. Sự phát triển mạnh của bộ rễ có thể làm tăng số lượng vị trí tiềm năng cho *Meloidogyne graminicola* tiếp cận và xâm nhập, đặc biệt tại các đầu rễ [24]. Trong khi đó, tác dụng giảm số bướu rễ của dịch trích sầu đâu và thuốc cá có thể liên quan đến các hợp chất có hoạt tính sinh học trong nguyên liệu thực vật. Đối với sầu đâu, nghiên cứu của Javed và cs (2008) [25] cũng ghi nhận khả năng hạn chế sự hình thành bướu do *Meloidogyne* spp. trên cà chua của các sản phẩm từ sầu đâu. Dịch trích thuốc cá cho hiệu quả giảm bướu rõ hơn, với 4,75 bướu/cây so với 7,30 bướu/cây ở đối chứng.

Bảng 3. Chiều cao, sinh khối và số chồi cây lúa

Nghiệm thức	Chiều cao cây (cm)				Khối lượng thân khô (g/cây)				Số chồi (chồi/cây)		
	20 NSG	40 NSG	60 NSG	Thu hoạch	20 NSG	40 NSG	60 NSG	Thu hoạch	20 NSG	40 NSG	60 NSG
NT1	$44,5^{a}$	$74,7^{a}$	$77,2^{b}$	$93,5^{bc}$	$1,81^{a}$	$5,5^{a}$	$12,9^{ab}$	$26,7^{ab}$	$3,40^{a}$	$7,47^{a}$	$7,67^{b}$
NT2	$44,8^{a}$	$77,6^{a}$	$84,7^{a}$	$89,3^{bc}$	$1,69^{a}$	$4,5^{a}$	$15,7^{a}$	$21,5^{c}$	$3,46^{ab}$	$7,38^{a}$	$7,79^{b}$
NT3	$23,9^{c}$	$36,3^{b}$	$88,0^{a}$	$105,0^{a}$	$0,26^{c}$	$1,3^{b}$	$8,3^{b}$	$29,1^{a}$	$1,88^{c}$	$4,09^{b}$	$10,00^{a}$
NT4	$40,4^{b}$	$67,7^{a}$	$79,1^{b}$	$95,8^{b}$	$1,00^{b}$	$2,6^{b}$	$12,0^{ab}$	$29,4^{a}$	$2,86^{b}$	$6,83^{a}$	$9,17^{ab}$
NT5	$44,9^{a}$	$78,0^{a}$	$77,6^{b}$	$87,1^{c}$	$1,55^{a}$	$4,5^{a}$	$11,9^{ab}$	$22,7^{bc}$	$3,26^{ab}$	$6,58^{a}$	$7,75^{b}$
p	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	*

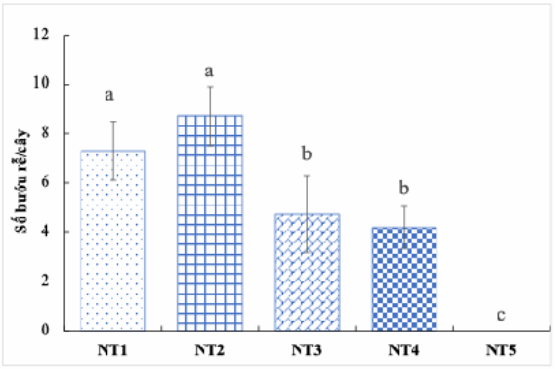
*Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức $p<0,05$. ns: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê; *: $p<0,05$; ** $p<0,01$; ***: $p<0,001$. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.*

Bảng 4. Chiều dài và khối lượng rễ

Nghiệm thức	Chiều dài rễ (cm)			Khối lượng rễ tươi (g/cây)		
	20 NSG	40 NSG	60 NSG	20 NSG	40 NSG	60 NSG
NT1	$10,6^{ab}$	$19,2^{a}$	$25,9^{a}$	$0,25^{ab}$	$3,3^{a}$	$14,1^{a}$
NT2	$11,3^{a}$	$21,2^{a}$	$24,9^{ab}$	$0,30^{a}$	$3,4^{a}$	$14,6^{a}$
NT3	$4,68^{c}$	$11,6^{b}$	$20,8^{b}$	$0,06^{c}$	$0,7^{c}$	$7,4^{b}$
NT4	$8,55^{b}$	$17,0^{a}$	$24,7^{ab}$	$0,19^{b}$	$1,8^{bc}$	$12,4^{ab}$

NT5	9,26^{ab}	19,8^{a}	26,3^{a}	0,32^{ab}	2,8^{ab}	10,9^{ab}
p	***	***	*	***	***	*

*Ghi chú: Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức p<0,05. ns: Không khác biệt có ý nghĩa thống kê; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.*



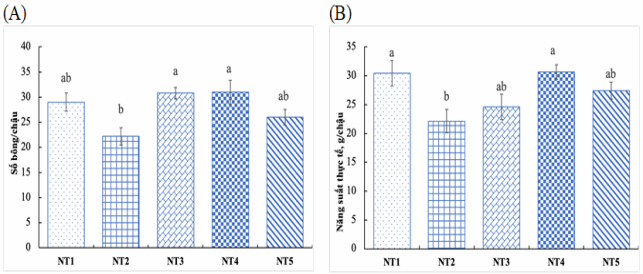
Hình 4. Số bướu rễ trên cây lúa

Ghi chú: Thanh giá trị biểu diễn giá trị trung bình ± sai số chuẩn (SE). Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức p<0,05. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.

3.4. Số bông và năng suất lúa

Số bông/chậu có sự khác biệt giữa các nghiệm thức. NT2 có số bông thấp nhất, khoảng 22 bông/chậu, trong khi các nghiệm thức còn lại dao động 26-29 bông/chậu (Hình 5A). Số bông cao ở các nghiệm thức bổ sung dịch trích thực vật phù hợp với xu hướng tăng số chồi ở giai đoạn sau của cây lúa (Bảng 3), đặc biệt ở NT3. Theo Dobermann và Fairhurst (2000) [26], số bông cuối cùng phụ thuộc vào khả năng sống sót của chồi và sự chuyển chồi thành bông hữu hiệu. Ngược lại, số bông thấp ở NT2 có thể liên quan đến hiệu quả chưa rõ rệt của biochar đối với sinh trưởng và hình thành bông trong điều kiện thí nghiệm này, tương đồng với kết quả nghiên cứu của Asai và cs (2009) [27], khi biochar được sử dụng đơn lẻ, có thể do biochar làm giảm lượng N được cây lúa hấp thu.

Năng suất thực tế khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức (p<0,05). NT2 cho năng suất thấp nhất, đạt 22,1 g/chậu và thấp hơn NT1 và NT4 (Hình 5B). Mặc dù NT3 có số bông cao nhất, năng suất không tăng tương ứng. Ngược lại, NT4 đạt năng suất khoảng 30,7 g/chậu, cao và khác biệt với NT2. Như vậy, sự gia tăng số bông không nhất thiết dẫn đến tăng năng suất hạt, mà còn phụ thuộc vào khả năng hình thành và tích lũy hạt của các bông.



Hình 5. Số bông (A), và năng suất thực tế (B) của lúa

Ghi chú: Thanh giá trị biểu diễn giá trị trung bình ± sai số chuẩn (SE). Các giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng thời điểm khác biệt có ý nghĩa thống kê theo phép thử Tukey ở mức p<0,05. NT1: Đối chứng; NT2: Biochar vỏ trấu 1%; NT3: Dịch trích sầu đâu, 500 mL/chậu; NT4: Dịch trích thuốc cá, 500 mL/chậu; NT5: Thuốc BVTV 0,1%, 500 mL/chậu.

3.5. Đáp ứng của đất, cây lúa và tuyến trùng đối với biochar và dịch trích thực vật

Biochar và dịch trích thực vật tạo ra những đáp ứng khác nhau đối với đất, tuyến trùng và sinh trưởng cây lúa. Bổ sung biochar với liều lượng 1% làm thay đổi một số đặc tính hóa học đất, đồng thời thúc đẩy phát triển chiều dài và sinh khối rễ. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Phuong và cs (2020) [28]; Phuong và cs (2020) [8]; Gu và cs (2022) [29], trong đó biochar được ghi nhận có khả năng làm tăng hàm lượng K trao đổi, P dễ tiêu và cải thiện một số tính chất đất, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của rễ lúa. Tuy nhiên, hiệu quả đối với sinh trưởng và năng suất phụ thuộc vào mức bổ sung và điều kiện dinh dưỡng. Trong nghiên cứu này, biochar không làm giảm số bướu rễ, trong khi năng suất chỉ đạt 22,1 g/chậu. Điều này cho thấy, sự gia tăng sinh trưởng

của bộ rễ chưa mang lại hiệu quả tương ứng đối với năng suất lúa.

Dịch trích sầu đâu và thuốc cá có ảnh hưởng rõ hơn đến sự hình thành bướu rễ. Hai dịch trích làm giảm số bướu so với đối chứng, trong đó dịch trích thuốc cá đồng thời cho năng suất khoảng 30,7 g/chậu. Kết quả đối với sầu đâu phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy các sản phẩm từ cây sầu đâu có khả năng hạn chế *Meloidogyne graminicola*, trong đó azadirachtin được xem là một trong những hợp chất có hoạt tính đối với tuyến trùng [15, 30]. Tuy nhiên, cả hai dịch trích, đặc biệt là sầu đâu, đều làm giảm sinh trưởng cây ở giai đoạn đầu trước khi cây phục hồi ở các giai đoạn sau. Đáp ứng này có thể liên quan đến nồng độ hoặc liều lượng dịch trích sử dụng, gây tác động bất lợi tạm thời đến sự phát triển của rễ. Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của liều lượng và thời điểm xử lý nhằm xác định mức sử dụng phù hợp, vừa hạn chế sự hình thành bướu rễ vừa giảm tác động bất lợi đến sinh trưởng cây lúa. Một hạn chế của nghiên cứu là tất cả các nghiệm thức đều được chủng *Meloidogyne graminicola*, do đó chưa đánh giá riêng được ảnh hưởng của vật liệu xử lý lên sinh trưởng và năng suất cây lúa trong điều kiện không có tuyến trùng.

Nhìn chung, biochar thể hiện rõ hơn ở sự thay đổi một số đặc tính đất và phát triển bộ rễ, trong khi dịch trích thực vật có tác động rõ hơn đến sự hình thành bướu rễ. Tuy nhiên, các đáp ứng này chưa chuyển thành sự gia tăng năng suất một cách nhất quán; nghiệm thức sầu đâu có số bông cao nhưng năng suất không tăng tương ứng, trong khi dịch trích thuốc cá đạt năng suất cao hơn biochar. Điều này cho thấy, hiệu quả của các biện pháp cần được đánh giá đồng thời trên đất, bộ rễ, tuyến trùng và năng suất, thay vì dựa trên một chỉ tiêu riêng lẻ.

4. KẾT LUẬN

Bổ sung 1% biochar làm thay đổi một số đặc tính hóa học đất và thúc đẩy sự phát triển của bộ rễ lúa, nhưng không làm giảm sự hình thành bướu rễ do *Meloidogyne graminicola* và năng suất. Khi bổ sung dịch trích sầu đâu và thuốc cá vào đất đã làm giảm số bướu rễ. Tuy nhiên, dịch trích sầu đâu làm giảm sinh trưởng cây lúa ở giai đoạn đầu trước khi phục hồi ở các giai đoạn sau. Dịch trích thuốc cá cho năng suất 30,7 g/chậu, cao hơn nghiệm thức biochar. Kết quả cho thấy, hiệu quả của các biện pháp xử lý cần được đánh giá đồng thời trên đặc tính đất, bộ rễ, sự hình thành bướu rễ và năng suất lúa. Cần tiếp tục nghiên cứu liều lượng và thời điểm sử dụng dịch trích thực vật nhằm xác định mức xử lý phù hợp, vừa hạn chế sự hình thành bướu rễ vừa giảm tác động bất lợi đến sinh trưởng và năng suất lúa.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện bởi nguồn kinh phí tài trợ trong đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ, mã số B2024-TCT-05. Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Hoàng Đan, Nguyễn Khắc Thời và Bùi Thị Ngọc Dung (2015). Đánh giá tình hình sử dụng đất lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, *13*(8), 1435-1441.

[2]. Hà Mạnh Thắng, Nguyễn Thị Khánh, Nguyễn Thanh Hoà, Đỗ Thị Thủy và Nguyễn Thị Thơm. Chất lượng đất phù sa thâm canh lúa ba vụ vùng Đồng bằng sông Cửu Long và nhận định một số nguyên nhân chính gây suy thoái. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, *9*(91), 55-60.

[3]. Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L. and Perry, R. N (2013). Top 10 plant‐parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, *14*(9), 946-961.

[4]. Sasser, J. N. and Freckman, D. W. (1987). A world perspective on nematology: The role of the society. In: Veech, J. A. and Dickson, D. W. (eds.), Vistas on Nematology. Society of Nematologists, Hyattsville, MD, USA, pp. 7-14.

[5]. Lehmann, J. and S. Joseph (2009). Biochar for environmental management: Science and Technology. London, UK: Earthscan Ltd. 404.

[6]. Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M. and Zimmerman, A. R. (2012). Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*, *89*(11), 1467-1471.

[7]. Phuong, N. T. K., Khoi, C. M., Sinh, N. V., Chiem, N. H. and Toyota, K. (2019). Effects

of rice husk biochar and calcium amendment on remediation of saline soil from rice-shrimp cropping system in Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Experimental Agriculture International*, *39*(2), 1-12.

[8]. Phuong, N. T. K., Khoi, C. M., Ritz, K., Sinh, N. V., Tarao, M. and Toyota, K. (2020). Potential use of rice husk biochar and compost to improve P availability and reduce GHG emissions in acid sulfate soil. *Agronomy*, *10*(5), 685.

[9]. Zhang, X.-K., Li, Q., Liang, W.-J., Zhang, M., Bao, X.-L. and Xie, Z.-B. (2013). Soil nematode response to biochar addition in a Chinese wheat field. *Pedosphere*, *23*(1), 98-103.

[10]. Liu, X., Zhang, D., Li, H., Qi, X., Gao, Y., Zhang, Y., Han, Y., Jiang, Y. and Li, H. (2020). Soil nematode community and crop productivity in response to 5-year biochar and manure addition to yellow cinnamon soil. *BMC Ecology*, *20*(1), 39.

[11]. Islas, J. F., Acosta, E., G-Buentello, Z., Delgado-Gallegos, J. L., Moreno-Treviño, M. G., Escalante, B. and Moreno-Cuevas, J. E. (2020). An overview of Neem (*Azadirachta indica*) and its potential impact on health. *Journal of Functional Foods*, *74*, 104171.

[12]. Sharma, P. and R. Pandey (2009). Biological control of root-knot nematode; *Meloidogyne incognita* in the medicinal plant; Withania somnifera and the effect of biocontrol agents on plant growth. *African Journal of Agricultural Research*, *4*(6), 564-567.

[13]. Nguyễn Lương Hiếu Hòa, Ngô Thị Phương Dung, Trần Thị Mỹ Hạnh, Lương Thị Duyên, Nguyễn Quốc Khang, Nguyễn Hoàng Dũng, Lê Quỳnh Loan (2003). Thu nhận rotenone từ rễ cây thuốc cá (*Derris elliptica*) ứng dụng tạo chế phẩm diệt sâu tơ gây hại trên rau cải xanh tại tỉnh Tiền Giang. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, 20*(7), 1190.

[14]. Li, N., Ragheb, K., Lawler, G., Sturgis, J., Rajwa, B., Melendez, J. A. and Robinson, J. P. (2003). Mitochondrial complex I inhibitor rotenone induces apoptosis through enhancing mitochondrial reactive oxygen species production. *Journal of Biological Chemistry*, *278*(10), 8516-8525.

[15]. Gautam, S. B., Chand, R., Chandra, S., Singh, D. P., Rahul, S. N. and Kumar, P. (2023). Impact assessment of neem products against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato. *Agriculture Association of Textile Chemical and Critical Reviews Journal*, *11*(2), 76-81.

[16]. Zhang, P., Qin, D., Chen, J. and Zhang, Z. (2020). Plants in the genus Tephrosia: Valuable resources for botanical insecticides. *Insects*, *11*(10), 721.

[17]. Nguyễn Ngọc Châu, Nguyễn Vũ Thanh (2000). *Động vật chí Việt Nam: Tuyến trùng ký sinh thực vật.* Nxb Khoa học và Kỹ thuật.

[18]. Mai, W. F. and P. G. Mullin (1996). Plant-parasitic nematodes: A pictorial key to genera (5th ed.). Ithaca: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.

[19]. Cục Trồng trọt (2023). *Quyết định số 102/QĐ-TT-VPPN ngày 9/3/2023 ban hành Quy trình canh tác lúa tổng hợp thích ứng với biến đổi khí hậu ở Đồng bằng sông Cửu Long.*

[20]. Li, X., Xu, S., Neupane, A., Abdoulmoumine, N., DeBruyn, J. M., Walker, F. R. and Jagadamma, S. (2021). Co-application of biochar and nitrogen fertilizer reduced nitrogen losses from soil. *Plos one*, *16*(3), e0248100.

[21]. Abeka, H., Lawson, I. Y. D., Nartey, E., Adjadeh, T., Asuming-Brempong, S., Bindraban, P. and Atakora, W. K. (2022). Effectiveness of neem materials and biochar as nitrification inhibitors in reducing nitrate leaching in a compost-amended Ferric Luvisol. *Frontiers in Soil Science*, *2*, 1023743.

[22]. Moyin-Jesu, E. I. (2014). Effects of water extracts of neem (*Azadirachta indica* L.) leaf, wood ash and their mixture on soil chemical composition and growth and yield of plantain (*Musa sapientum* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*, *4*(7), 836-848.

[23]. Lehmann, J., Pereira da Silva Jr., J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, *249*(2), 343-357.

[24]. Lahari, Z., Ullah, C., Kyndt, T., Gershenzon, J. and Gheysen, G. (2019). Strigolactones enhance root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) infection in rice by antagonizing the jasmonate pathway. *New Phytologist*, *224*(1), 454-465.

[25]. Javed, N., Gowen, S. R., El-Hassan, S. A., Inam-ul-Haq, M., Shahina, F. and Pembroke, B. (2008). Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. *Crop Protection*, *27*(1), 36-43.

[26]. Dobermann, A. and Fairhurst, T. (2000). Rice: Nutrient disorders & nutrient management. 1st ed. Singapore and Makati city, Philippines: Potash & phosphate institute, East & Southeast Asia Programs (PPI/PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI), 191 pp.

[27]. Asai, H., Samson, B. K., Haefele, S. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T. and Horie, T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*, *111*(1-2), 81-84.

[28]. Phuong, N. T. K., Khoi, C. M., Ritz, K., Linh, T. B., Minh, D. D., Duc, T. A., Sinh, N.V., Linh, T. T. and Toyota, K. (2020). Influence of rice husk biochar and compost amendments on salt contents and hydraulic properties of soil and rice yield in salt-affected fields. *Agronomy*, *10*(8), 1101.

[29]. Gu, W., Wang, Y., Feng, Z., Wu, D., Zhang, H., Yuan, H., Sun, Y., Xiu, L., Chen, W. and Zhang, W. (2022). Long-term effects of biochar application with reduced chemical fertilizer on paddy soil properties and Japonica rice production system. *Frontiers in Environmental Science*, *10*, 902752.

[30]. Mojumder, V., Kamra, A. and Dureja, P. (2002). Effect of neem extracts on activity and mortality of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, *30*(1), 83-84.

EFFECTS OF BIOCHAR AND PLANT EXTRACTS ON SOIL PROPERTIES, RICE GROWTH, AND ROOT GALL FORMATION CAUSED BY *Meloidogyne graminicola*

Nguyen Thi Kim Phuong[1], Pham Thi Bich Tran[1], Nguyen Thi Quynh Nhu[1], Le Thi Ngoc Tien[1], Tran Kien Nguyen[1], Nguyen Van Sinh[1]

[1]Faculty of Soil Science, College of Agriculture, Can Tho University

Abstract

The rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, is one of the major harmful constraints affecting rice roots, thereby affecting plant growth and yield. This study evaluated the effects of biochar, neem and *Derris* root extracts on soil chemical properties, rice growth and root gall formation caused by *Meloidogyne graminicola*. The experiment was arranged in a completely randomized design with five treatments and five replicates, including an untreated control, biochar, neem extract, *Derris* root extract and a positive control treated with a chemical pesticide. The nematode was inoculated twice at a density of 60,000 eggs per pot each time, with inoculation performed at 3 days before sowing and 7 days after sowing. The results showed that biochar and plant extracts improved several soil chemical properties. Rice husk biochar and *Derris* root extract increased soil pH from 4.9 at the beginning of the experiment to 6.2 and 6.26 at harvest. Neem extract increased available NH_4^+, reaching 243.7 mg/kg at 40 days after sowing ($p<0,001$), approximately five times higher than that in the control, and also increased available phosphorus and exchangeable potassium. Neem and *Derris* root extracts reduced the number of root galls by 35.0-42.5%, to 4.75 and 4.20 galls/plant, respectively, compared with 7.30 galls/plant in the control. Biochar promoted root development but resulted in lower yield than the control. Plant extracts inhibited rice growth at the early stage, particularly neem extract, but plants recovered at later stages. However, the improved growth did not translate into higher yield. These results indicate that *Derris* root extract has potential to reduce root gall formation, while biochar may improve some soil chemical properties and promote root growth.

Keywords: *Biochar, Derris root, Meloidogyne graminicola, neem, rice, root-knot nematode.*

Ngày nhận bài: 9/7/2026

Ngày chuyển phản biện: 20/7/2026

Ngày thông qua phản biện: 25/8/2026

Ngày duyệt đăng: 1/10/2026