

Ảnh hưởng của phế phẩm nông nghiệp ức chế sự hấp thụ Cadmium (Cd) lên cây cải thìa trong điều kiện giả định đất ô nhiễm

Lương Thị Thu Trang^{1,*}, Trần Thị Anh Thu²

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là nhằm đánh giá các ảnh hưởng của phế phẩm nông nghiệp (rơm rạ-RS và thân ngô khô-MS) để giảm bớt độc tính của Cadmium (Cd) thông qua sự thay đổi sinh khả dụng của Cd trong đất. Các thí nghiệm trong nghiên cứu xác định các thông số về: sự sinh trưởng của cây cải thìa, tổng nồng độ Cd trong cây và sự thay đổi phân bố của các dạng tồn tại của Cd trong đất. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng phế phẩm nông nghiệp có thể giảm độc Cd ở nồng độ vượt tiêu chuẩn (3 và 6 mg/kg) bằng cách chuyển đổi các dạng Cd di động (EXC-Cd và CAB-Cd) thành các dạng Cd ít di động và bền vững (FEM-Cd, OM-Cd, và RES-Cd) trong đất; dẫn đến nồng độ Cd trong rễ và thân cây cải thìa cũng giảm và cây tăng trưởng hơn. Tuy nhiên, sự giảm nồng độ Cd chỉ có thể xảy ra đáng kể khi phế phẩm nông nghiệp ở mức thích hợp (20 g/kg). Ngoài ra, phế phẩm nông nghiệp lại thúc đẩy sự phát triển của cây cải thìa ở hàm lượng thấp hơn (10 g/kg). Hơn nữa, nghiên cứu cũng cho thấy mối tương quan tốt giữa tỷ lệ các dạng Cd di động (EXC-Cd và CAB-Cd) với nồng độ Cd trong cây cải thìa và sự phát triển của cây. Nghiên cứu này đã kết luận rằng phế phẩm nông nghiệp, đặc biệt là rơm rạ đóng vai trò quan trọng trong việc ngăn cản sự hấp thụ Cd lên cây ở nồng độ vượt chuẩn, thông qua việc biến đổi thành các dạng Cd bền vững.

Từ khóa: Phế phẩm nông nghiệp, Cadmium, Rơm rạ, Thân ngô, Dạng tồn tại, Cây cải thìa

¹Viện đào tạo sau đại học, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương.

²Chương trình Quản lý Tài nguyên môi trường và đất đai, Khoa Khoa học quản lý, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương.

Liên hệ

Lương Thị Thu Trang, Viện đào tạo sau đại học, Trường Đại học Thủ Dầu Một, Thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương.

Email: thutrang191196@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 08-5-2023
- Ngày chấp nhận: 26-7-2023
- Ngày đăng: 31-12-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v7i2.734>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ĐẶT VẤN ĐỀ

Cadmium (Cd) là một kim loại độc hại, chất gây ô nhiễm có tính di động cao, dễ dàng xâm nhập vào chuỗi thức ăn và đe dọa sức khỏe con người cũng như môi trường sinh thái. Cadmium xâm nhập vào đất nông nghiệp thông qua các hoạt động của con người, như hoạt động công nghiệp, khai thác khoáng sản và sử dụng phân bón, tích lũy trong cây trồng gây rối loạn các quá trình sinh hóa và sinh lý. Các ion Cd²⁺ được hấp thụ bởi rễ cây và vận chuyển đến các bộ phận ở trên của cây, gây ra những tác động bất lợi đến sự phát triển của cây trồng, dẫn đến đe dọa sức khỏe con người¹. Do vậy, chúng ta cần phải có những biện pháp khả thi nhằm giảm nồng độ Cd độc hại, thúc đẩy tính bền vững của sản xuất nông nghiệp và an toàn thực phẩm.

Trong những thập kỷ gần đây, nhiều phương pháp xử lý kim loại nặng trong đất đã được áp dụng, bao gồm rửa đất, xử lý bằng nhiệt và xử lý bằng thực vật. Tuy nhiên, mỗi phương pháp đều có những hạn chế riêng. Phương pháp rửa đất có thể loại bỏ các kim loại nặng ở dạng dễ trao đổi và hòa tan, nhưng cũng có thể loại bỏ các yếu tố thiết yếu của đất². Phương pháp xử lý nhiệt cũng có ảnh hưởng đến các đặc tính của đất và chi phí phụ thuộc vào loại đất, hàm lượng nước trong đất và loại chất ô nhiễm³. Phương pháp sử dụng thực

vật cũng có những khó khăn, đặc biệt là trong việc tìm kiếm giống cây siêu tích lũy thích hợp với điều kiện trồng trọt của địa phương và cây siêu tích lũy cũng hấp thụ chất dinh dưỡng từ đất, dẫn đến ảnh hưởng tính chất đất⁴. Vì vậy, cần tìm ra một phương pháp khác để giảm sự tích tụ kim loại nặng trong cây trồng, đồng thời tiết kiệm chi phí và không làm ảnh hưởng đến tính chất đất. Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra rằng sử dụng các vật liệu hấp phụ, như than hoạt tính, zeolit và hydroxide sắt, có thể giảm sự tích tụ của kim loại nặng trong cây trồng mà không làm ảnh hưởng đến tính chất đất. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu để tìm ra các phương pháp xử lý kim loại nặng trong đất hiệu quả, tiết kiệm chi phí và thân thiện với môi trường.

Cải thìa (*Brassica rapa chinensis*) là một loại cây rau thuộc họ cải, cùng với cải thảo và cải bẹ xanh. Đây là một loại cây rau dễ trồng, nhanh chóng cho thu hoạch chỉ sau từ 30-45 ngày. Cây cải thìa có chiều cao khoảng 23 cm, cuống dày, chứa nhiều nước và có nhiều gân, hoa màu vàng nhỏ mọc trên các cuống cao. Cây cải thìa có bộ rễ ăn nông phân nhánh, tập trung nhiều nhất ở tầng đất 0-20 cm. Lá cải thìa mọc đơn, lá dưới thường tập trung bẹ lá to, lá lớn. Rau cải xanh nói chung được sử dụng rất rộng rãi đối với người dân Việt Nam. Tuy nhiên, cũng như các loại

Trích dẫn bài báo này: Trang L T T, Thu T T A. Ảnh hưởng của phế phẩm nông nghiệp ức chế sự hấp thụ Cadmium (Cd) lên cây cải thìa trong điều kiện giả định đất ô nhiễm. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2023; 7(2):741-752.

cây rau ăn lá khác, cải thìa có khả năng tích lũy cao các nguyên tố kim loại nặng, đây là một vấn đề cần được quan tâm. Nhiều nghiên cứu cho thấy, kim loại nặng có khả năng tích tụ nhiều hơn trong các phần ăn được của cây rau ăn lá so với ngũ cốc hoặc cây ăn quả⁵. Do đó, khi trồng cây cải thìa ở các vùng đất có hàm lượng kim loại nặng vượt ngưỡng, có thể tiềm ẩn nguy cơ tích lũy kim loại nặng trong rau, gây ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu dùng.

Phế phẩm nông nghiệp (PPNN) đã được nghiên cứu sử dụng làm vật liệu hấp phụ kim loại nặng do kim loại nặng có xu hướng tạo phức bền với các phối tử hữu cơ⁶. Trong khi, các phế phẩm trong nông nghiệp như rơm rạ, thân vỏ ngô,... thường bị thải bỏ ra những bãi đất trống hoặc tập trung lại rồi đốt, gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến sức khỏe của con người và gây mất mỹ quan đô thị. Ngoài ra, phế phẩm nông nghiệp còn là nguồn dinh dưỡng thiết yếu, cải thiện độ phì nhiêu của đất và tương tác của vi sinh vật trong đất⁷. Nghiên cứu đề xuất rằng rơm rạ (RS) và thân ngô khô (MS) có thể đóng vai trò quan trọng trong việc hạn chế tính linh động, sinh khả dụng và độc tính của Cd trong đất.

Sự hấp thụ kim loại nặng bởi cây trồng phụ thuộc rất nhiều vào tính linh động của kim loại nặng trong đất⁸. Do đó, kỹ thuật chiết tách tuần tự để phân tích các dạng kim loại nặng có thể cung cấp thông tin về sự hấp thụ thực tế của chúng^{9,10}. Các dạng tồn tại này có thể là sự kết hợp để giữ lại hoặc giải phóng Cd, do đó ảnh hưởng đến tính linh động của C trong đất¹¹. Vì vậy, nghiên cứu sự biến đổi các dạng tồn tại của Cd trong đất là cần thiết để đánh giá sinh khả dụng.

Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của phế phẩm nông nghiệp ức chế sinh khả dụng Cd trong đất dựa trên việc xác định tổng nồng độ Cd trong thực vật và sự phân bố của các dạng Cd trong đất. Sự biến đổi các dạng tồn tại của Cd trong đất là chỉ số tốt để đánh giá mức độ hạn chế của quá trình hấp thụ Cd bởi thực vật. Các mục tiêu cụ thể như sau: 1) Làm rõ vai trò của RS và MS đối với sự hấp thụ và di chuyển Cd trong cây; 2) Đánh giá cơ chế ức chế độc tính của Cd thông qua sự thay đổi các dạng tồn tại của Cd trong đất; và 3) Xác định hàm lượng RS và MS thích hợp để hạn chế đáng kể sự hấp thụ Cd của cây.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu thí nghiệm

Đất thí nghiệm được lấy ở độ sâu từ 0 cm đến 20 cm tại khu vực Chòm Sao, xã Hưng Định, thành phố Thuận An, tỉnh Bình Dương theo Tiêu chuẩn Việt

Nam (TCVN 5297: 1995) về chất lượng đất và lấy mẫu. Sau đó, các mẫu đất được làm khô hoàn toàn ở nhiệt độ phòng, đồng nhất qua rây có đường kính 5 mm. Đất thí nghiệm là đất thịt pha sét với các tính chất hóa lý cơ bản của đất: tỷ trọng: 3,09 g/cm³; mật độ: 1,15 g/cm³; độ ẩm: 21,1%; pH: 5,8; tổng N: 0,132%; tổng P₂O₅: 0,032%; tổng carbon hữu cơ: 4,07%; tổng Cd: 0,6 mg/kg. Các đặc tính của đất này được xác định theo các quy trình được mô tả bởi theo nghiên cứu của Bao¹². Tất cả các hóa chất đều được mua từ công ty công ty TNHH Khoa học và Công nghệ Alpha Coach, Hà Nội.

Thân ngô và rơm rạ được thu thập từ ruộng trồng ngô và lúa tại khu vực nghiên cứu, sau đó chúng đã được cắt nhỏ (1-1,2 cm) cho các thí nghiệm.

Thí nghiệm

Cadmium được thêm vào các mẫu đất trong nghiên cứu này với hàm lượng là 0; 1; 3 và 6 mg/kg (3CdSO₄.8H₂O). Theo QCVN 03-MT:2015/BTNMT, giới hạn tối đa hàm lượng Cd trong đất nông nghiệp là 1,5 mg/kg. Rơm rạ (RS) và thân ngô (MS) đã được cắt nhỏ (1-1,2 cm) cũng được thêm vào mỗi chậu với hàm lượng 0; 10 và 20 g/kg đất. Một nghiệm thức không có Cd, RS và MS được chuẩn bị làm nghiệm thức đối chứng. Thí nghiệm này được thiết kế hoàn toàn ngẫu nhiên với ba lần lặp lại, bao gồm tổng số 60 chậu cho 20 nghiệm thức (Bảng 1).

Chuẩn bị các chậu nhựa (đường kính: 18 cm; chiều cao: 15 cm) chứa 2,5 kg đất để trồng cây. Dung dịch Cd được phun vào đất bằng bình nhựa phun sương. Sau khi thêm hóa chất, đất được ổn định trong 30 ngày trước khi trồng để cân bằng. Sau đó, đất được bón phân cơ bản gốc bao gồm 0,15 g/kg N (urê, AR) và 0,033 g/kg P (monokali phosphate, AR). Đất được tưới nước khử ion thời gian cân bằng để giữ độ ẩm ở 70%. Hạt cải thìa được gieo vào mỗi chậu, và cây con được tỉa mỏng còn 5 cây trong mỗi chậu sau 10 ngày nảy mầm. Cây tiếp tục được tưới nước định kỳ để giữ độ ẩm của đất ở mức 70%. Cải thìa được thu hoạch sau 38 ngày.

Chuẩn bị mẫu

Các mẫu đất được thu từ mỗi chậu trước khi trồng. Sau đó, các mẫu được đặt trong các túi nylon kín để ngăn ô nhiễm chéo, và được làm khô hoàn toàn ở nhiệt độ phòng, đồng nhất qua sàng 0,15 mm để phân tích nồng độ Cd trong các dạng tồn tại. Các mẫu cải thìa sau khi thu hoạch được rửa kỹ bằng nước cất, thân và rễ của chúng được tách ra; sau đó, tiến hành đo chiều cao thân và chiều dài rễ cây cải thìa. Các mẫu cải được sấy khô ở 90°C trong 30 phút và sau đó làm

Bảng 1: Các nghiệm thức Cd, rơm rạ và thân ngô với các nồng độ khác nhau

Nghiệm thức	Nồng độ		Nghiệm thức	Nồng độ		Nghiệm thức	Nồng độ		Nghiệm thức	Nồng độ	
	Cd	PPNN		Cd	PPNN		Cd	PPNN		Cd	PPNN
Cd0	0	0	Cd1	1	0	Cd3	3	0	Cd6	6	0
Cd0RS10	0	10	Cd1RS10	1	10	Cd3RS10	3	10	Cd6RS10	6	10
Cd0MS10	0	10	Cd1MS10	1	10	Cd3MS10	3	10	Cd6MS10	6	10
Cd0RS20	0	20	Cd1RS20	1	20	Cd3RS20	3	20	Cd6RS20	6	20
Cd0MS20	0	20	Cd1MS20	1	20	Cd3MS20	3	20	Cd6MS20	6	20

* Cd (mg/kg); PPNN (g/kg)

mát đến 50°C. Sau đó, các mẫu cải khô được nghiền thành bột mịn và được bảo quản trong phòng tối ở nhiệt độ phòng.

Phương pháp phân tích

Xác định nồng độ Cd trong đất

Các mẫu đất được phân hủy bằng hỗn hợp acid 4:1 (HNO₃:HClO₄) ở 160°C. Cụ thể: 0,5 g của mỗi mẫu đất được cho vào ống thủy tinh 100 ml; 10 ml HNO₃ và HClO₄ kết hợp được thêm vào ống và giữ qua đêm ở nhiệt độ phòng. Sau khi được để qua đêm ống nghiệm được đưa đi nung đến khi mẫu phân hủy hoàn toàn, làm bay hơi hết acid đến khi còn muối ẩm. Định mức vào bình 25 ml bằng nước cất 2 lần và lọc lại bằng giấy lọc. Mẫu trắng: cho 5 ml nước cất, rồi thêm vào đó 55-70 ml acid HNO₃ đặc và 2-3 ml HClO₄. Nồng độ Cd trong dung dịch phân hủy được đo bằng máy quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS AA-7000, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) theo Tiêu chuẩn Quốc gia (TCVN 6496: 2009).

Xác định các dạng tồn tại của Cd trong đất

Các dạng tồn tại Cd trong đất được phân tích bằng phương pháp chiết xuất tuần tự năm bước theo phương pháp của Tessier và cộng sự (Năm 1979). Theo phương pháp này, Cd được chia thành các dạng sau: Cd có thể trao đổi (EXC-Cd), Cd liên kết với carbonate (CAB-Cd), Cd liên kết với oxide sắt/mangan (FEM-Cd), Cd liên kết với chất hữu cơ (OM-Cd), Cd cặn dư (RES-Cd).

Mỗi bước chiết xuất loại bỏ chọn lọc Cd liên kết với một dạng tồn tại cụ thể. Dịch nổi phía trên được chiết xuất từ mỗi bước sau đó được phân tích bằng quang phổ hấp thụ nguyên tử (AA-7000, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) để xác định nồng độ Cd trong phần đó. Cụ thể:

- Dạng trao đổi (EXC-Cd): sử dụng dung dịch 0,1 mol/l CH₃COONH₄ ở nhiệt độ 25°C lắc trong

vòng 2 giờ với tỷ lệ dung dịch/đất là 10:1, sau đó sử dụng phương pháp ly tâm để lấy phần dung dịch trao đổi.

- Dạng liên kết với carbonate (CAB-Cd): sử dụng dung dịch 1 mol/l CH₃COONa
- ở nhiệt độ 25°C lắc trong vòng 2 giờ với tỷ lệ dung dịch/đất là 10:1, sau đó sử dụng phương pháp ly tâm để lấy phần liên kết với carbonate.
- Dạng liên kết với Fe-Mn oxide (FEM-Cd): sử dụng dung dịch 0,1 mol/l NH₂OH và 0,01 mol/l HCl ở nhiệt độ 25°C và lắc trong vòng 0,5 giờ với tỷ lệ dung dịch/đất là 10:1, sau đó sử dụng phương pháp ly tâm để lấy phần liên kết với oxide Fe và Mn.
- Dạng liên kết với chất hữu cơ (OM-Cd): sử dụng dung dịch 0,01 mol/l HNO₃ và 30% H₂O₂ và đun nóng trong vòng 2 giờ ở nhiệt độ 85°C, lắc liên tục với tỷ lệ dung dịch/đất là 10:1, sau đó sử dụng phương pháp ly tâm để lấy phần liên kết với chất hữu cơ.
- Dạng cặn dư (RES-Cd): sử dụng 15 ml HNO₃, 5 ml HF và 5 ml HClO₄ và đun nóng trong vòng 2 giờ ở nhiệt độ lên đến 300°C, cho đến khi dung dịch trở nên trong. Sau đó, ta có thể tiến hành định lượng nồng độ Cd trong phần cặn dư này.

Xác định nồng độ Cd trong rễ và thân cải thìa

Các mẫu cải thìa được phân hủy bằng hỗn hợp acid HClO₄ - H₂SO₄ - HNO₃ với tỉ lệ 2: 3: 8 ở 110-130°C. Cụ thể: 0,5 g của mỗi mẫu cải được cho vào ống thủy tinh 100 ml; 10 ml HNO₃ và HClO₄ kết hợp được thêm vào ống và giữ qua đêm ở nhiệt độ phòng. Quá trình phân hủy acid được tiến hành trong lò được kiểm soát nhiệt độ tự động cho đến khi dung dịch phân hủy trở nên trong. Sau khi phân hủy bằng acid, dung dịch mẫu được làm nguội và pha loãng với nước cất trong ống thủy tinh. Nồng độ Cd trong dung dịch phân hủy được đo bằng máy quang phổ hấp

thụ nguyên tử (AAS AA-7000, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) theo Tiêu chuẩn Quốc gia (TCVN 6496:2009).

Phân tích thống kê

Phân tích thống kê được thực hiện bằng phương pháp so sánh Dunnett, phân tích phương sai một chiều (ANOVA) với phần mềm SPSS 20.0. Tất cả các kết quả của các nghiệm thức được trình bày dưới dạng giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại và $p < 0,05$ đã được xem có ý nghĩa thống kê.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sự phân bố các dạng tồn tại Cd trong đất, sự hấp thụ Cd bởi cây cải thìa và sự phát triển của nó trong môi trường đất ô nhiễm Cd

Sự thay đổi các dạng tồn tại của Cd trong đất trong môi trường đất ô nhiễm Cd

Trong nghiên cứu này, đất thí nghiệm là đất thịt pha sét bao gồm các khoáng chất phyllosilicat giàu silic và nhôm oxide và nhôm hydroxide. Theo nguyên tắc acid và bazơ cứng và mềm, các kim loại cổ điển (Cd, Co, Ni, Al, Cu và Zn) có khả năng liên kết mạnh với các phối tử cứng (nhóm chức chứa O). Do đó, các dạng tồn tại của Cd trong đất tự nhiên chủ yếu là FEM-Cd (36,1%) và RES-Cd (37,1%). Sau khi phun dung dịch Cd vào đất (để tạo môi trường đất ô nhiễm Cd), Cd có xu hướng tăng tỷ lệ các dạng di động. Ở nồng độ Cd cao nhất (6 mg/kg, gấp 4 lần so với QCVN 03-MT:2015/BTNMT), tỷ lệ các dạng trao đổi EXC-Cd (56,8%) và liên kết với carbonate CAB-Cd (26,1%) tăng 10,7 lần và xấp xỉ 3 lần so với nghiệm thức đối chứng. Các dạng trao đổi, liên kết với carbonate đại diện cho các dạng di động, không bền; trong khi dạng liên kết với Fe-Mn oxide, liên kết với chất hữu cơ, và dạng cặn dư được coi là dạng cố định (ít khả dụng sinh học hơn). Độc tính của Cd chủ yếu liên quan đến dạng EXC-Cd và CAB-Cd, vì chúng có thể dễ dàng xâm nhập vào cây do tính di động mạnh¹³.

Nồng độ Cd trong cây cải thìa và sự phát triển của nó trong môi trường đất ô nhiễm Cd.

Trong số tất cả các dạng tồn tại của Cd trong đất, dạng trao đổi (EX-Cd) và liên kết với carbonate (CB-Cd) là phần khả dụng sinh học, dễ dàng hấp thụ lên cây (Bacon và Davidson, 2008). Do đó, khi hai dạng này tăng lên dẫn đến cải thìa hấp thụ mạnh Cd. Cụ thể, nồng độ Cd trong thân và rễ đạt tới 0,44 và 1,42 mg/kg ở nồng độ Cd cao (6 mg/kg), tăng lên 5,7–11,1 lần so với nghiệm thức đối chứng (Bảng 2). Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết luận của các nghiên cứu trước, khi các nhóm tác giả cho rằng nồng độ kim loại nặng

trong rễ và chồi cây có tương quan thuận với sinh khả dụng của kim loại nặng trong đất^{14,15}.

Khi nồng độ Cd tăng cao trong cải thìa, Cd can thiệp vào các quá trình logic vật lý của chúng, ví dụ như quang hợp và hô hấp, dẫn đến cải thìa chậm phát triển, đặc biệt là đất có nồng độ Cd vượt tiêu chuẩn (3 mg/kg và 6 mg/kg)^{16,17}. Khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa giảm 11,1% và 16,7% ở nồng độ Cd cao (6 mg/kg), so với nghiệm thức đối chứng (Bảng 2).

Ảnh hưởng của bổ sung rơm rạ và thân ngô vào đất đến các dạng tồn tại Cd trong đất, hấp thụ Cd bởi cây và sự phát triển của cây

Ảnh hưởng của bổ sung rơm rạ và thân ngô vào đất đến sự thay đổi các dạng tồn tại của Cd trong đất

Đối với các nghiệm thức Cd kết hợp ứng dụng phế phẩm nông nghiệp (PPNN, bao gồm: RS và MS), với hàm lượng PPNN thấp (10 g/kg), tỷ lệ các dạng FEM-Cd, OM-Cd và RES-Cd tăng lên lần lượt 4,1%–54,7%; 8,6%–460% và 5,1%–162,7%, so với nghiệm thức Cd đơn (Hình 1). Thành phần chính của PPNN là xenlulozơ, theo đó sự phân hủy xenlulozơ giải phóng nhiều acid hữu cơ khác nhau¹⁸. Hơn nữa, việc bổ sung RS làm tăng độ pH của đất do quá trình khử nitrogen hoặc hòa tan các sắt hydroxide; dẫn đến nồng độ carbon hữu cơ hòa tan cao hơn, tạo điều kiện tăng cường Cd trong dạng tồn tại OM-Cd¹⁹.

Với hàm lượng PPNN cao (20 g/kg), chất hữu cơ tăng cường liên kết Cd chặt chẽ trong đất với tỷ lệ dạng di động giảm và tỷ lệ dạng cố định tăng lên. Cụ thể, tỷ lệ các dạng FEM-Cd, OM-Cd và RES-Cd tăng lên rõ rệt lần lượt là 6,7%–70,3% 22,2%–560,0% và 3,8%–220,6%; ngược lại, tỷ lệ các dạng EXC-Cd và CAB-Cd giảm xuống lần lượt còn 20,5%–44,5% và 13,4%–32,1%, so với các nghiệm thức Cd đơn (Hình 1). Kết quả này là do các ion Cd trong dung dịch đất ở dạng ion tự do tạo phức với phối tử vô cơ và phối tử hữu cơ (chất hữu cơ hòa tan)¹⁹. Những kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu trước đây cũng cho thấy rằng hầu hết phức Cd trong dung dịch đất là phức chất hữu cơ, các phức Cd với chất vô cơ trong dung dịch đất chiếm một phần rất nhỏ¹⁹. Cũng có nghiên cứu cho thấy rằng Cd trong các dạng di động giảm đáng kể khi được thêm chất hữu cơ²⁰.

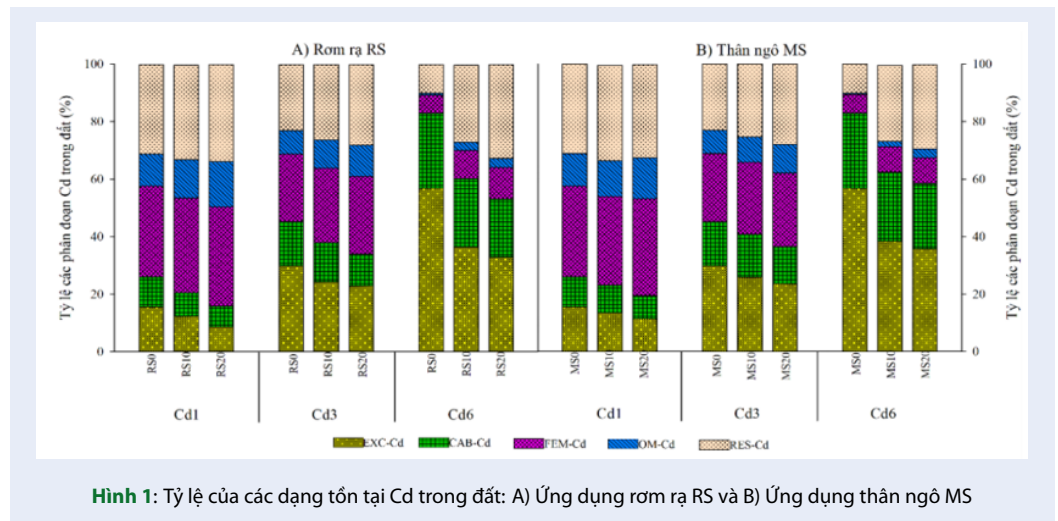
Ảnh hưởng của bổ sung rơm rạ và thân ngô vào đất đến khả năng hấp thụ Cd bởi cây cải thìa và sự phát triển của nó

Đối với các nghiệm thức Cd kết hợp PPNN, với hàm lượng PPNN thấp (10 g/kg), nồng độ Cd trong thân và

Bảng 2: Ảnh hưởng của độc tố Cd trong đất đến sự phân bố các dạng tồn tại của Cd, nồng độ Cd trong cây và sự tăng trưởng của cây

Nghiệm thức	Các dạng tồn tại của Cd trong đất (%)					Nồng độ Cd trong cây (mg/kg)		Tăng trưởng của cây (g)	
	EXC-	CAB-	FEM-	OM-	RES-	Thân	Rễ	Thân	Rễ
Cd0	5,3	8,8	36,1	12,7	37,1	0,076±0,002	0,269±0,011	1,8±0,054	0,12±0,004
Cd1	15,5	10,6	31,4	11,3	31,2	0,164±0,010	0,274±0,016	1,8±0,090	0,12±0,006
Cd3	29,8	15,4	23,6	8,1	23,1	0,308±0,015	0,662±0,039	1,7±0,102	0,11±0,006
Cd6	56,8	26,1	6,4	0,5	10,2	0,444±0,022	1,422±0,117	1,6±0,080	0,10±0,005

*Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± SD (n = 3). Giới hạn nồng độ Cd trong rau ăn lá theo QCVN 8-2:2011/BYT.

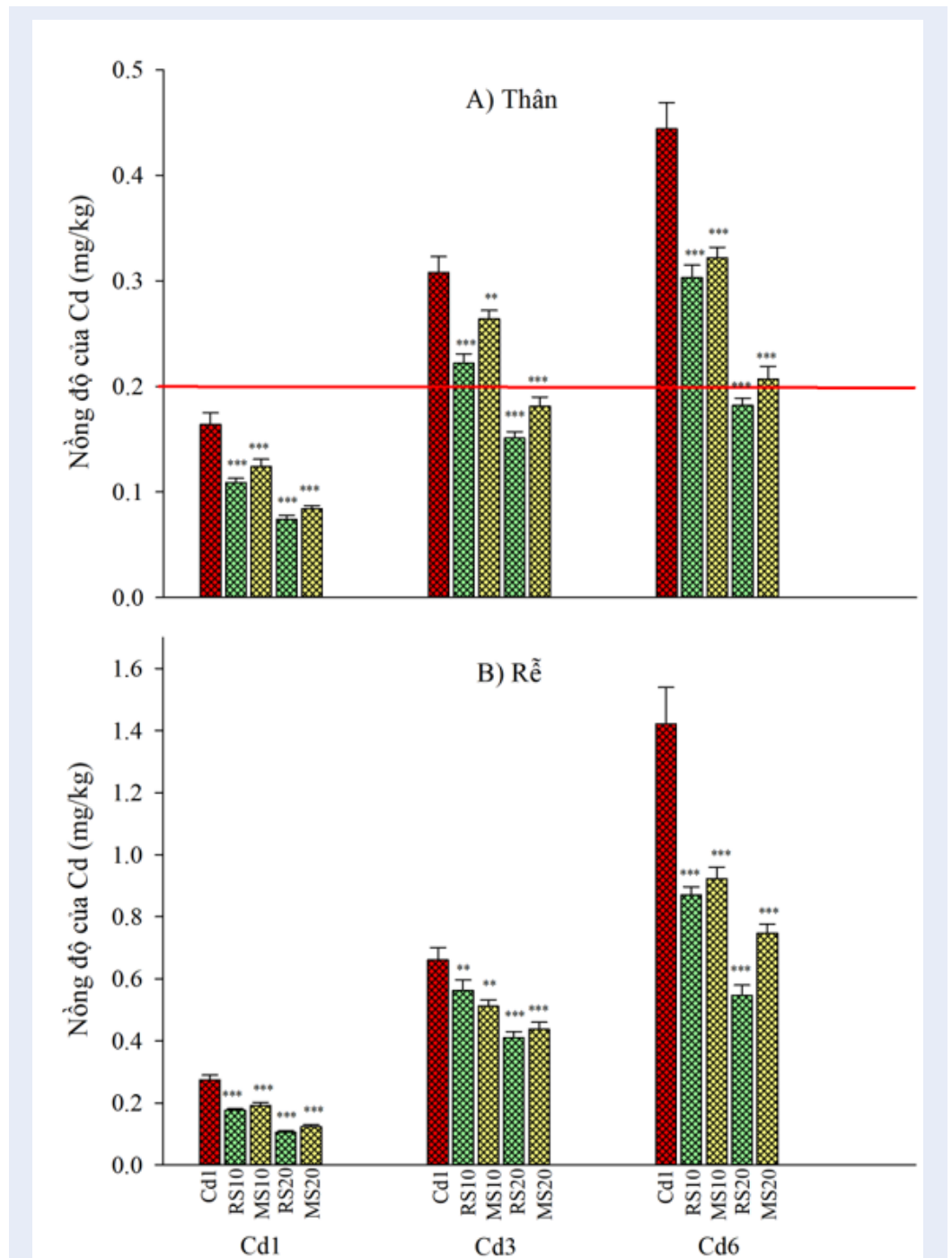


rễ cây cải thìa giảm lần lượt 14,2%–33,5% và 15,1%–38,7% ($P < 0,01$), so với nghiệm thức Cd đơn (Hình 2). Rơm rạ và thân ngô được phân hủy bởi vi sinh vật thành một số vật liệu hữu cơ vi sinh thông qua quá trình tiêu hóa, những vật liệu hữu cơ vi sinh này có thể kết hợp với ion Cd trong đất và do đó làm tăng nhẹ tính di động của Cd trong đất²¹.

Tuy nhiên, sự cố định Cd trong đất sau khi ứng dụng PPNN với hàm lượng cao làm giảm đáng kể giảm sinh khả dụng Cd, đặc biệt ở nồng độ vượt quá tiêu chuẩn. Với hàm lượng PPNN cao (20 g/kg), nồng độ Cd trong thân và rễ cây cải thìa giảm đáng kể đến 41,4%–59,1% và 33,8%–61,5% ($P < 0,001$), so với nghiệm thức Cd đơn (Hình 2). Sự chuyển đổi Cd chủ yếu về dạng cố định làm giảm nồng độ Cd trong dung dịch đất, dẫn đến giảm khả dụng sinh học của Cd có thể được giải thích theo cơ chế: các chất hữu cơ có tính kiềm (PPNN) có thể làm giảm nồng độ của các ion kim loại trong dung dịch đất bằng cách tăng độ pH của đất, do đó cho phép hình thành các chất kết tủa kim loại không hòa tan, các phức chất và khoáng chất thứ^{22,23}.

Các nghiên cứu trước đây cũng đã chứng minh rằng PPNN ức chế hiệu quả sinh khả dụng của Cd rằng việc bổ sung rơm rạ làm giảm nồng độ Cd²⁺ tự do¹⁹. Điều đáng chú ý là mặc dù nồng độ Cd trong rễ cải thìa đã giảm với ứng dụng PPNN, nhưng nó vẫn cao hơn so với giới hạn nồng độ Cd trong rau ăn lá theo QCVN 8-2:2011/BYT (0,2 mg/kg). Ngoài ra, với hàm lượng PPNN (10 g/kg) cũng cho thấy nồng độ Cd trong thân cải thìa vượt chuẩn. Do đó, tỷ lệ ứng dụng PPNN cao hơn có thể đạt được hiệu quả tốt hơn.

Đối với các nghiệm thức Cd kết hợp PPNN, với hàm lượng PPNN thấp (10 g/kg), khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa tăng lần lượt 10,6%–21,6% và 2,5%–15,8%, so với các nghiệm thức Cd đơn (Hình 3). Sự giảm hấp thụ Cd lên cây sau khi ứng dụng PPNN đã kích thích đáng kể sự phát triển của cải thìa trong đất bị ô nhiễm Cd. Các kết quả này có thể được giải thích như sau: 1) Gia tăng khả năng cung cấp và hấp thu các chất dinh dưỡng trong đất²⁴; 2) Cải thiện độ ẩm của đất, kích thích sự phát triển của rễ²⁵. Các kết quả này chỉ ra rằng việc bổ sung PPNN ở hàm lượng



Hình 2: Nồng độ Cd trong cây cải thìa với ứng dụng rơm rạ RS và ứng dụng MS. Đường màu đỏ là giới hạn nồng độ Cd trong rau ăn lá theo QCVN 8-2:2011/BYT. Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình \pm SD (n = 3). Các ngôi sao cho thấy sự khác biệt đáng kể so với nghiệm thức đối chứng (ANOVA một chiều, phương pháp so sánh Dunnett, * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

thích hợp có thể làm giảm bớt độc tính của Cd ở nồng độ vượt quá tiêu chuẩn và do đó tăng cường sự phát triển của cây cải thìa.

Tuy nhiên, ứng dụng PPNN ở hàm lượng cao nhất (20 g/kg) gây ức chế sự phát triển của cải thìa. Khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa giảm 9,7%–23,3% và 3,1%–20,9% so với các nghiệm thức ứng dụng PPNN ở hàm lượng 10 mg/kg (Hình 3). Việc giảm sinh khối khô có thể do tỷ lệ PPNN quá cao, tạo phức với các chất dinh dưỡng có sẵn trong đất và làm giảm tiềm năng sống của thực vật²⁴.

So sánh ảnh hưởng của việc bổ sung rơm rạ và thân ngô vào đất đối với quá trình hấp thụ Cd bởi cây cải thìa

Đối với các nghiệm thức ứng dụng rơm rạ RS, tỷ lệ các dạng FEM-Cd, OM-Cd và RES-Cd tăng lên rõ rệt lần lượt đến 4,1%–70,3%; 19,5%–560,0% và 5,1%–220,6%; trong khi đó, tỷ lệ của các dạng EXC-Cd và CAB-Cd giảm đáng kể xuống 18,5%–44,5% và 9,2%–32,1%; so với nghiệm thức Cd đơn (Hình 1). Các nghiệm thức ứng dụng thân ngô MS cũng cho thấy xu hướng tương tự, tuy nhiên kết quả thấp hơn. Cụ thể, tỷ lệ các dạng FEM-Cd, OM-Cd và RES-Cd tăng lên lần lượt là 6,4%–40,6%; 9,7%–520,0% và 3,8%–187,3%; tỷ lệ của các dạng EXC-Cd và CAB-Cd giảm xuống 12,9%–37,0% và 3,2%–23,6%; so với nghiệm thức Cd đơn (Hình 1). Kết luận này có thể được giải thích rơm rạ RS có khả năng tạo phức với Cd hơn so với thân ngô MS. Những kết quả này chỉ ra rằng ứng dụng rơm rạ RS có thể ức chế sự tích tụ Cd tốt hơn so với ứng dụng thân ngô MS.

Đối với các nghiệm thức ứng dụng rơm rạ RS, nồng độ Cd trong thân và rễ của cây cải thìa giảm đáng kể đến 28,1%–59,1% và 15,1%–61,5% ($P < 0,01$), so với các nghiệm thức Cd đơn (Hình 2). Tuy nhiên, nồng độ Cd trong thân cây cải thìa không giảm thấp hơn với ứng dụng thân ngô MS. Nồng độ Cd trong thân và rễ của cây cải thìa giảm đáng kể đến 14,2%–53,4% và 22,7%–55,1% ($P < 0,01$), so với các nghiệm thức Cd đơn (Hình 2). Phát hiện này cho thấy rằng ứng dụng rơm rạ RS có thể ức chế đáng kể nồng độ Cd trong cây hơn ứng dụng thân ngô MS.

Đối với các nghiệm thức Cd kết hợp RS, khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa gia tăng đáng kể hơn các nghiệm thức Cd kết hợp MS, đặc biệt là với hàm lượng PPNN thích hợp (10 g/kg). Cụ thể, khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa với ứng dụng rơm rạ RS tăng rõ rệt 14,9%–21,6% và 12,8%–15,8%; trong khi đó, khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa với ứng dụng thân ngô MS chỉ tăng 10,6%–14,3%; 2,5%–9,5% (Hình 3). Những kết quả này chỉ ra rằng các nghiệm

thức Cd kết hợp rơm rạ RS tăng cường sự phát triển của cây cải thìa hơn so với các nghiệm thức Cd kết hợp thân ngô MS.

Mối tương quan giữa các dạng tồn tại của Cd trong đất với sự hấp thụ Cd và sự phát triển của cây cải thìa

Để xem xét ảnh hưởng của sự thay đổi các dạng tồn tại Cd đến sinh khả dụng của Cd trong đất và sự tăng trưởng của cây cải thìa, nghiên cứu đã phân tích mối tương quan giữa chúng. Kết quả cho thấy:

Sự hấp thụ Cd của thân và rễ tương quan thuận có ý nghĩa với tỷ lệ các dạng EXC-Cd và CAB-Cd ($R^2 > 0,8$ $P < 0,01$), trong khi đó tương quan nghịch đáng kể với tỷ lệ dạng FEM-Cd, OM-Cd và RES-Cd ($R^2 > 0,8$ $P < 0,01$) (Bảng 3). Phân tích này chủ yếu xảy ra tương quan thuận đối với các dạng di động, bởi vì tính khả dụng của chúng cao và cây dễ hấp thụ. Đối với sự phát triển của cây cải thìa, kết quả cho thấy khối lượng khô của thân và rễ cây cải thìa không có bất kỳ sự tương quan nào với các dạng tồn tại Cd ($R^2 < 0,6$ $P > 0,05$; ngoại trừ khối lượng khô của rễ đối với ứng dụng thân ngô MS). Điều này có thể được giải thích do ngoài ảnh hưởng của sự hấp thụ kim loại nặng, sự phát triển của cây còn phụ thuộc vào cơ chế sinh lý của cây và các điều kiện dinh dưỡng trong đất, điều mà luận văn này chưa đủ thời gian để nghiên cứu.

KẾT LUẬN

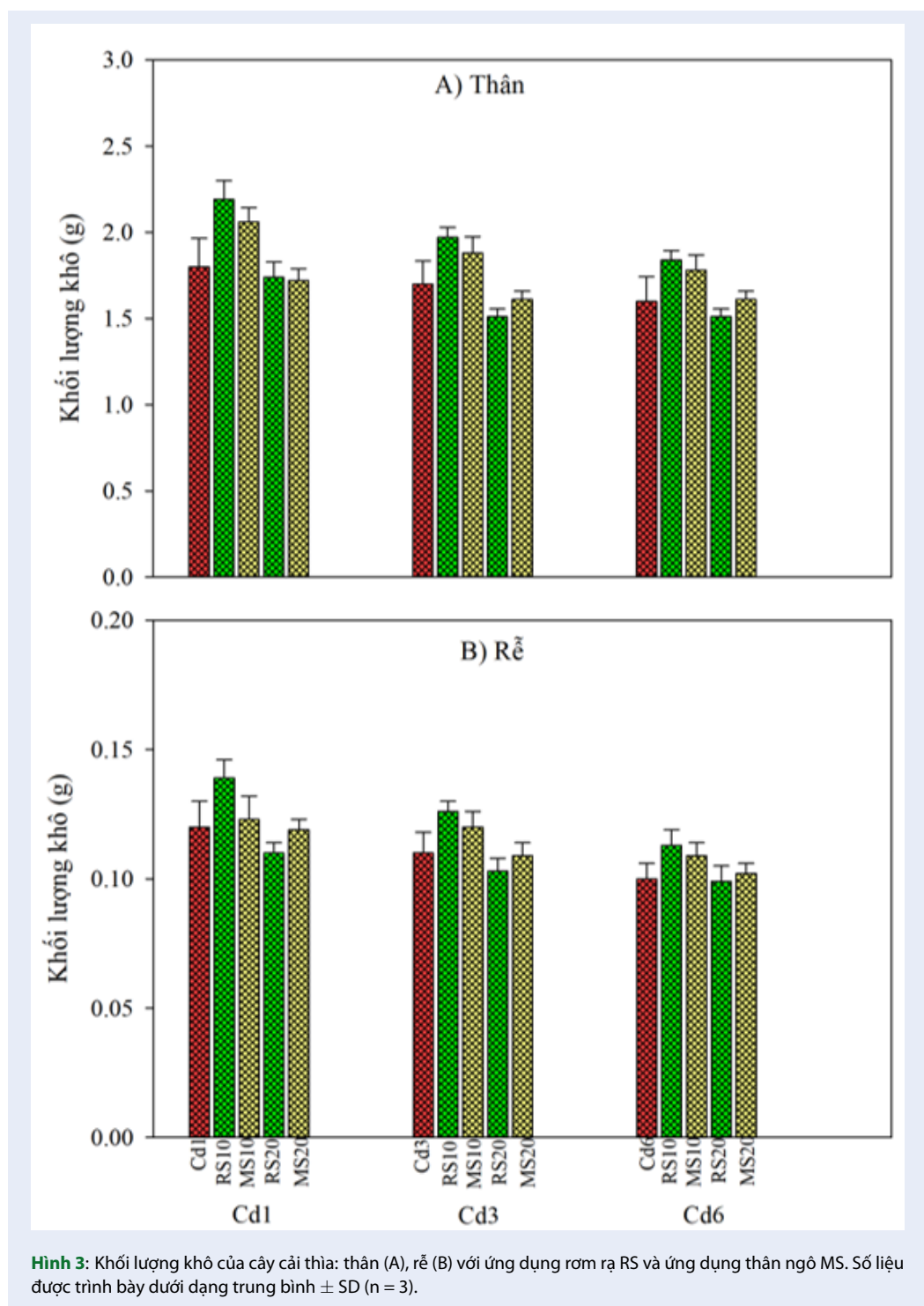
Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của việc ứng dụng phế phẩm nông nghiệp (rơm rạ và thân ngô khô) đối với sinh khả dụng của Cd trong đất. Kết quả cho thấy rằng: Rơm rạ và thân ngô khô có thể giảm hàm lượng Cd trong dung dịch đất và hạn chế sự hấp phụ lên cây cải thìa; Rơm rạ có hiệu quả hơn thân ngô khô trong việc giảm hàm lượng Cd trong dung dịch đất và hạn chế sự hấp thụ Cd bởi cây cải thìa; Sự hấp thụ Cd bởi cây cải thìa không phải phụ thuộc vào tổng nồng độ Cd trong đất mà phụ thuộc vào khả dụng sinh học của Cd trong đất thông qua quá trình biến đổi các dạng tồn tại của Cd; Hàm lượng rơm rạ và thân ngô khô sử dụng tối ưu là 20 g/kg nhằm đạt hiệu quả tốt nhất cho sự giảm hấp phụ Cd lên cây cải thìa; tuy nhiên, hàm lượng rơm rạ và thân ngô khô sử dụng tối ưu để tăng cường sự tăng trưởng của nó là 10 g/kg.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Thủ Dầu Một trong đề tài mã số DTHV.21.4-001.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.



Hình 3: Khối lượng khô của cây cải thìa: thân (A), rễ (B) với ứng dụng rơm rạ RS và ứng dụng thân ngô MS. Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình \pm SD (n = 3).

Bảng 3: Phân tích tương quan giữa tỷ lệ các dạng Cd trong đất với sự hấp thụ Cd của cây cải thìa và sự tăng trưởng của cây cải thìa

Hệ số tương quan	Rơm rạ RS					Thân ngô MS				
	EXC-Cd	CAB-Cd	FEM-Cd	OM-Cd	RES-Cd	EXC-Cd	CAB-Cd	FEM-Cd	OM-Cd	RES-Cd
Cd (rễ)	0,962**	0,923**	-0,871**	-0,898**	-0,910**	0,971**	0,946**	-0,912**	-0,946**	-0,886**
Cd (thân)	0,941**	0,875**	-0,818**	-0,846**	-0,938**	0,938**	0,857**	-0,814**	-0,857**	-0,938**
KLK (rễ)	-0,576	-0,557	0,600	0,564	0,405	-0,868**	-0,860**	0,878**	0,858**	0,703*
KLK (thân)	-0,423	-0,391	0,436	0,426	0,273	-0,531	-0,487	0,500	0,481	0,470

* KLK: khối lượng khô.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Lương Thị Thu Trang và Trần Thị Anh Thư cùng thực hiện tất cả các bước và quy trình thực hiện nghiên cứu này.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

BTNMT: Bộ Tài nguyên và Môi trường

QCVN: Quy chuẩn Việt Nam

NĐ: Nghị định

CAB-Cd: Hình thái liên kết với carbonate

Cd: Cadmium

CTR: Chất thải rắn

PPNN: Phế phẩm nông nghiệp

EXC-Cd : Hình thái trao đổi

FEM-Cd: Hình thái liên kết với oxide Fe và Mn

RES-Cd: Hình thái liên kết với các chất còn lại.

MS: Thân ngô

RS: Rơm rạ

KLN: Kim loại nặng

TT: Thông tư

UBND: Ủy ban nhân dân

BYT: Bộ y tế

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ren JH, Sun HJ, Wang SF, Luo J, Ma LQ. Interactive effects of mercury and arsenic on their uptake, speciation and toxicity in rice seedling. *Chemosphere*. 2014;117:737-44;PMID: 25461942. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.035>.
- Wang ZZ, Wang HB, Wang HJ, Li Q, Li Y. Effect of soil washing on heavy metal removal and soil quality: A two-sided coin. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2020;203:110981;PMID: 32678759. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110981>.
- Qiu R, Zhang JF, Dong ZQ, et al. Low-temperature thermal desorption of farmland soil contaminated by mercury. *Environ Sci Technol*. 2014;37:48-52.
- Burd GI, Dixon DG, Glick BR. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Can J Microbiol*. 2000;46(3):237-45;PMID: 10749537. Available from: <https://doi.org/10.1139/w99-143>.
- Nguyễn Thị G, Nguyễn Văn Dung và cộng sự. 2021. Đánh giá sự tích lũy kim loại nặng của một số loại rau ăn lá do ảnh hưởng của nước tưới. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*;19(5):632-42.
- Shen JC, Duvnjak Z. Adsorption isotherms for cupric and cadmium ions on corn cob particles. *Appl Geochem*. 2005;40(7):1461-81;Available from: <https://doi.org/10.1081/SS-200053319>.
- Chivenge P, Rubianes F, Duong VC, et al. Rice straw incorporation influences nutrient cycling and soil organic matter. In: *Sustainable rice straw management*; 2020. p. 131-44;Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_8.
- Nguyen TXT, Amyot M, Labrecque M. Differential effects of plant root systems on nickel, copper and silver bioavailability in contaminated soil. *Chemosphere*. 2017;168:131-8;PMID: 27776231. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.047>.
- Huang ZY, Xie H, Cao YL, Cai C, Zhang Z. Assessing of distribution, mobility and bioavailability of exogenous Pb in agricultural soils using isotopic labeling method coupled with BCR approach. *J Hazard Mater*. 2014;266:182-8;PMID: 24412626. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.023>.
- Monterroso C, Rodríguez F, Chaves R, Diez J, Becerra-Castro C, Kidd PS, et al. Heavy metal distribution in mine-soils and plants growing in a Pb/Zn-mining area in NW Spain. *Appl Geochem*. 2014;44:3-11;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.09.001>.
- Guan TX, He HB, Zhang XD, Bai Z. Cu fractions, mobility and bioavailability in soil-wheat system after Cu-enriched livestock manure applications. *Chemosphere*. 2011;82(2):215-22;PMID: 21040942. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.10.018>.
- Bao SD. Method of soil chemistry analysis. *Chin agric sci Technol. press* 2000. Vols. 373-375 (in Chinese);
- Liu X, Wang Y, Gui C, Li P, Zhang J, Zhong H et al. Chemical forms and risk assessment of heavy metals in sludge-biochar produced by microwave-induced low temperature pyrolysis. *RSC Adv*. 2016;6(104):101960-7;Available from: <https://doi.org/10.1039/C6RA22511J>.
- Awasthi MK, Wang Q, Chen H, Liu T, Awasthi SK, Duan Y, et al. Role of compost biochar amendment on the (im) mobilization of cadmium and zinc for Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) from contaminated soil. *J Soils Sediments*. 2019;19(12):3883-97;Available from: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02277-8>.
- Kamran M, Malik Z, Parveen A, Zong Y, Abbasi GH, Rafiq MT, et al. Biochar alleviates Cd phytotoxicity by minimizing bioavailability and oxidative stress in pak choi (*Brassica chinensis* L.) cultivated in Cd-polluted soil. *J Environ Manag*. 2019;250:1-12;PMID: 31513996. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109500>.
- Fasahat P. Recent progress in understanding cadmium toxicity and tolerance in rice. *Emirates J Food Agric*. 2015;27(1):94-105;Available from: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i1.17870>.
- Kanu AS, Ashraf U, Mo Z, Fuseini I, Mansaray LR, Duan M, et al. Cadmium uptake and distribution in fragrant rice genotypes and related consequences on yield and grain quality traits. *J Chem*. 2017;2017:1-9;Available from: <https://doi.org/10.1155/2017/1405878>.
- Motellier S, Charles Y. Characterization of acid-base and complexation properties of cellulose degradation products using capillary electrophoresis. *Anal Chim Acta*. 1998;375(3):243-54;Available from: [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00514-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00514-5).
- Cui YS, Du X, Wang LP, Zhu YG. Effects of rice straw on the speciation of cadmium (Cd) and copper (Cu) in soils. *Geoderma*. 2008;146(1-2):370-7;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.06.010>.
- Almås Å, Singh BR, Salbu B. Mobility of cadmium-109 and zinc-65 in soil influenced by equilibration time, temperature, and organic matter. *J Environ Qual*. 1999;28(6):1742-50;Available from: <https://doi.org/10.2134/jeq1999.00472425002800060008x>.
- Christensen JB, Jensen DL, Christensen TH. Effect of dissolved organic carbon on the mobility of cadmium, nickel and zinc in leachate polluted groundwater. *Water Res*. 1996;30(12):3037-49;Available from: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(96\)00091-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00091-7).
- Knox AS, Seaman JC, Mench MJ, et al. Remediation of metal and radionuclides-contaminated soils by in situ stabilization techniques. In: Iskandar IK, editor. *Environmental restoration of metals-contaminated soils*. Boca Raton, FL: CRC Press LLC; 2001. p. 21-60;Available from: <https://doi.org/10.1201/9781420026269.ch2>.
- Basta NT, Ryan JA, Chaney RL. Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. *J Environ Qual*. 2005;34(1):49-63;PMID: 15647534. Available from: <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0049dup>.
- Kocsis T, Kotroczó Z, Kardos L, Biró B. Optimization of increasing biochar doses with soil-plant-microbial functioning and nutrient uptake of maize. *Environ Technol Innov*. 2020;20:101191;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101191>.

25. Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. Biochar effects on soil biota-a review. *Soil Biol Biochem.* 2011;43(9):1812-36;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>.

 Open Access Full Text Article

The effect of agricultural waste inhibit the uptake of Cadmium (Cd) by pak choi in assumption conditions of contaminated soil

Luong Thi Thu Trang^{1,*}, Tran Thi Anh Thu²**ABSTRACT**

This study aimed to explore the effects of agricultural waste (rice straw-RS and maize stalks-MS) in reducing Cd toxicity. Experiments in the study determined: growth of pak choi, total Cd concentration in the plant and the change in distribution of Cd fraction in the soil. Results showed that: agricultural waste application may detoxify Cd at excessive concentrations (3 and 6 mg/kg) by transforming mobile Cd fractions (EXC-Cd and CAB-Cd) into semi-mobile and non-mobile Cd fractions (FEM-Cd, OM-Cd, and RES-Cd); the Cd concentrations in pak choi decreased and pak choi growth increased. However, a significant reduction in Cd concentration can only occur when agricultural waste application is at an appropriate content (20 g/kg). In addition, agricultural waste application promoted the growth of pak choi at lower content (10 g/kg). Furthermore, this study also showed a good correlation between the ratio of mobile Cd fractions (EXC-Cd and CAB-Cd) with Cd concentration in pak choi and plant growth. This study suggested that agricultural waste application, especially rice straw, plays an important role in preventing Cd uptake by plant tissues at excessive concentrations through transformations into immobile Cd fractions.

Key words: Agricultural waste, Cadmium, Rice straw, Maize stalks, Fractions, Pak choi

¹Graduate Training Institute, Thu Dau Mot University, Thu Dau Mot City, Binh Duong Province.

²Program on Management of Resources Environment and Land, Faculty of Management Science, Thu Dau Mot University, Thu Dau Mot City, Binh Duong Province.

Correspondence

Luong Thi Thu Trang, Graduate Training Institute, Thu Dau Mot University, Thu Dau Mot City, Binh Duong Province.

Email: thutrang191196@gmail.com

History

- Received: 08-5-2023
- Accepted: 26-7-2023
- Published Online: 31-12-2023

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v7i2.734>

**Copyright**

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Trang LTT, Thu TTA. The effect of agricultural waste inhibit the uptake of Cadmium (Cd) by pak choi in assumption conditions of contaminated soil. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2023; 7(2):741-752.