

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cadimi và chì trong đất đến khả năng sinh trưởng và hấp thu các kim loại này của cây cỏ mần trầu (*Eleusine indica* L.)

Phạm Thị Mỹ Phương^{1,2*}, Đoàn Văn Tú¹, Nguyễn Mạnh Khải², Đặng Thị Kim Chi³

¹Viện Nghiên cứu và Phát triển Vùng, Bộ Khoa học và Công nghệ

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

³Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 8/12/2017; ngày chuyển phản biện 19/12/2017; ngày nhận phản biện 24/1/2018; ngày chấp nhận đăng 31/1/2018

Tóm tắt:

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cadimi (Cd) và chì (Pb) trong đất đến khả năng sinh trưởng và hấp thu các kim loại này của cây cỏ mần trầu (*Eleusine indica* L.) đồng thời xác định được khả năng loại bỏ chúng ra khỏi đất chuyên canh rau sau 3 tháng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cây cỏ mần trầu sinh trưởng và phát triển được trong môi trường đất canh tác bị ô nhiễm Cd và Pb. Với hàm lượng Cd trong đất khoảng 50-200 mg/kg thì hàm lượng Cd tích lũy trong phần thân lá đạt 75,61±3,12 đến 195,21±4,20 mg/kg, trong rễ đạt 365,09±10,11 đến 482,08±20,51 mg/kg và khả năng loại bỏ Cd ra khỏi đất của cây tương đối cao, đạt 2,883-2,973 mg/cây. Hàm lượng Pb trong đất khoảng 1.500-3.000 mg/kg, khả năng tích lũy Pb trong thân lá đạt 149,25±7,23 đến 189,60±8,19 mg/kg và trong rễ đạt 1.332,65±13,16 đến 2.754,6±25,34 mg/kg, khả năng loại bỏ Pb ra khỏi đất của cây cao, đạt 14,01-14,36 mg/cây.

Từ khóa: Cây cỏ mần trầu, Cd, Pb, tích lũy.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Hiện nay, bên cạnh việc phát triển kinh tế - xã hội thì hệ lụy mà nó đưa lại cho môi trường cũng rất nặng nề. Cùng với ô nhiễm môi trường nước, ô nhiễm không khí thì tình trạng ô nhiễm đất và thực phẩm đang là vấn đề thời sự, được các nhà khoa học trong và ngoài nước cũng như toàn xã hội rất quan tâm [1].

Nguyên nhân của tình trạng này một phần là do tình trạng khai thác khoáng sản nhưng không có biện pháp xử lý đồng bộ dẫn đến hậu quả ô nhiễm kim loại nặng (KLN), một phần do chạy theo lợi nhuận và sự kém hiểu biết của người dân nên việc sử dụng không hợp lý các nguồn nước thải để tưới cây trong nông nghiệp, sử dụng phân bón vô cơ, các hóa chất bảo vệ thực vật vượt quá mức cho phép dẫn đến ô nhiễm môi trường.

Để xử lý tình trạng này, có các phương pháp vật lý, hóa học và sinh học, mỗi phương pháp có những ưu, nhược điểm khác nhau. Trong đó, phương pháp sinh học hiện đang được quan tâm nhiều, đặc biệt là việc sử dụng thực vật để tách chiết, cô lập hoặc khử độc các chất ô nhiễm thông qua quá trình hóa - lý - sinh. Công nghệ này vừa xử lý ô nhiễm hiệu quả, thân thiện với môi trường vừa có chi phí thấp [1].

Trên thế giới, việc ứng dụng thực vật để xử lý ô nhiễm KLN trong môi trường đã đạt được nhiều thành tựu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn [2, 3]. Thống kê cho thấy, có khoảng 400 loài cây có khả năng siêu tích lũy KLN [4]. Ở Việt Nam, việc nghiên cứu dùng thực vật trong xử lý đất và nước bị ô nhiễm cũng đã được nghiên cứu ở nhiều địa phương như Thái Nguyên, Hưng Yên, Hà Nội... [1, 5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu đã tiến hành chủ yếu tập trung vào các vùng đất khai thác khoáng sản, nơi có mức độ ô nhiễm cao, mà chưa có nhiều nghiên cứu nhằm cải tạo đất trồng rau, nơi mà việc ô nhiễm sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sản phẩm của nó, từ đó ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu dùng. Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá khả năng hấp thu Cd và Pb của loại thực vật bản địa, cây cỏ mần trầu (*Eleusine indica* L.), thuộc vùng trồng rau thành phố Thái Nguyên và tìm hiểu khả năng ứng dụng loài thực vật này trong việc xử lý ô nhiễm Cd và Pb trong đất nông nghiệp. Đây là một loại cây thuộc chi *Eleusine Gaertn*, họ lúa *Poaceae*, cây cao 15-90 cm, mùa ra hoa từ tháng 3-11. Cây cỏ mần trầu là loài cỏ nhiệt đới, mọc phổ biến ở nhiều nơi, thường gặp ở bờ ruộng, ven đường, bãi hoang, có thời gian sinh trưởng ngắn (3-4 tháng) nhưng nó là cây được xếp trong danh mục các loại cây siêu tích tụ Pb ở trên thế giới [1].

*Tác giả liên hệ: Email: mphuongen@gmail.com

Study of the affect of cadmium and lead concentrations in soil to the growth and accumulation of these metals in *Eleusine indica* L.

Thi My Phuong Pham^{1,2*}, Van Tu Doan¹,
Manh Khai Nguyen², Thi Kim Chi Dang³

¹Institute of Regional Research and Development, Ministry of Science and Technology

²University of Science, Vietnam National University, Hanoi

³Hà Nội University of Science and Technology

Received 8 December 2017; accepted 31 January 2018

Abstract:

This study evaluated cadmium (Cd) and lead (Pb) accumulation by *Eleusine indica* L. plants grown in soil with different Cd and Pb concentrations in 3 months to assess the affect of the metal concentrations in soil to the plant's remediating ability to grow in Cd- and Pb-contaminated soil for phytoremediation purpose. At the Cd concentration in soil of 50-200 mg/kg, the cumulative Cd content in leaves of *Eleusine indica* L. was from 75.61±3.12 mg/kg to 195.21±4.20 mg/kg; that in root was from 365.09±10.11 mg/kg to 482.08±20.51 mg/kg; and its ability to remove Cd reached a peak of 2.883-2.973 mg/plant. At the Pb concentration in soil of 1,500-3,000 mg/kg, the ability of Pb accumulation in the leaves was from 149.25±7.23 mg/kg to 189.60±8.19 mg/kg, and the Pb accumulation capacity in roots was from 1,332.65±13.16 mg/kg to 2,754.6±15.34 mg/kg. The capability of removing Pb from the soil was high, reached 14.01-14.36 mg/plant.

Keywords: Accumulation, cadmium, *Eleusine indica* L., lead.

Classification number: 4.1

Đối tượng, nội dung và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

- Đất thí nghiệm được lấy từ vùng trồng rau thuộc phường Túc Duyên, thành phố Thái Nguyên.

- Cây cỏ mần trầu (*Eleusine indica* L.): Khả năng sinh trưởng (sinh khối) của cây sau 3 tháng trồng trong đất có bổ sung Cd và Pb ở các nồng độ khác nhau.

- Hàm lượng Cd và Pb: Hàm lượng Cd và Pb mà cây cỏ mần trầu hấp thu được ở các nồng độ Cd và Pb bổ sung vào đất khác nhau.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp bố trí thí nghiệm: Đất dùng trong thí

nghiệm là đất được lấy từ vùng trồng rau thuộc địa phận phường Túc Duyên, thành phố Thái Nguyên. Đất lấy ở tầng mặt 0-20 cm, làm tơi, loại bỏ xác thực vật, đá và các vật cứng, sau đó trộn đều. Hàm lượng Cd và Pb bổ sung ở các công thức thí nghiệm là riêng rẽ.

- Bổ sung Cd: Thí nghiệm được bố trí với 4 công thức. Lượng Cd bổ sung vào các chậu thí nghiệm dưới dạng Cd(NO₃)₂.4H₂O với các hàm lượng khác nhau để thiết lập các công thức.

Công thức đối chứng (ĐC): Đất được lấy từ vùng trồng rau của phường Túc Duyên không bổ sung Cd.

Công thức 1 (CT1), 2 (CT2), 3 (CT3), 4 (CT4), với các hàm lượng Cd được bổ sung tương ứng ở các mức là 25, 50, 100, 200 mg Cd²⁺/kg đất, bằng cách: Hòa tan 13,75 g Cd(NO₃)₂.4H₂O bằng nước cất, sau đó định mức đến 500 ml ta được nồng độ dung dịch A có Cd²⁺ là 10.000 mg/l. Tiến hành phối trộn với đất thí nghiệm bằng cách lấy các thể tích dung dịch A khác nhau là 2,5; 5; 10; 20 ml tương ứng với các công thức CT1; CT2; CT3; CT4. Sau đó, các thể tích dung dịch A trên được định mức bằng nước cất tới vạch 50 ml để đảm bảo sự đồng đều về độ ẩm của đất trong các trường hợp tương ứng mỗi công thức.

- Bổ sung Pb: Thí nghiệm được bố trí với 5 công thức. Lượng Pb bổ sung vào các chậu thí nghiệm dưới dạng Pb(NO₃)₂ với các hàm lượng khác nhau để thiết lập các công thức.

Công thức đối chứng (ĐC): Đất được lấy từ vùng trồng rau của phường Túc Duyên không bổ sung Pb.

Công thức 1 (CT1), 2 (CT2), 3 (CT3), 4 (CT4), 5 (CT5) với các hàm lượng Pb được bổ sung tương ứng ở các mức là 500, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000 mg Pb²⁺/kg đất, bằng cách: Hòa tan 159,92 g Pb(NO₃)₂ bằng nước cất và định mức đến 1.000 ml ta được dung dịch B có nồng độ Pb²⁺ là 100.000 mg/l. Tiến hành phối trộn với đất thí nghiệm bằng cách lấy các thể tích dung dịch B khác nhau là 5; 10; 15; 20; 30 ml tương ứng với các công thức CT1; CT2; CT3; CT4; CT5. Sau đó, các thể tích dung dịch B trên được định mức bằng nước cất tới vạch 50 ml để đảm bảo sự đồng đều về độ ẩm của đất trong các trường hợp tương ứng mỗi công thức.

Đất sau khi được trộn kim loại sẽ được ủ trong 1 tuần trước khi đặt thí nghiệm. Mỗi công thức được lặp lại 6 lần, cây được trồng 3 tháng. Mỗi chậu thí nghiệm chứa 1 kg đất khô không khí, mỗi chậu trồng 1 cây. Cây được trồng trong chậu thí nghiệm là cây con được gieo từ hạt, tương đồng nhau về chiều cao. Cây cỏ mần trầu dài khoảng 5 cm, cây chia thành 3 nhánh nhỏ.

Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm: Phương pháp được sử dụng để phân tích các chỉ tiêu trong đất như sau: pH_{KCl} - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5979:2007, được đo bằng máy pH meter MI151 của hãng Martini (Rumani); đạm tổng số (N) - xác định theo Tiêu

chuẩn Việt Nam TCVN 6498:1999; lân tổng số (P_2O_5) - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8940:2011; kali tổng số (K_2O) - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8660:2011; dung tích trao đổi cation (mg đương lượng/100 g đất) CEC - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8568:2010; thành phần cơ giới - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8567:2010; chất hữu cơ (OM) - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6644:2000; asen tổng số - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8467:2010; Pb và Cd tổng số - xác định theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6496B:2009.

Xác định hàm lượng Pb và Cd trong cây: Các cây được lấy đem về phòng thí nghiệm rửa sạch, phân ra phần lá, thân và phần gốc, rễ. Sấy khô các mẫu trong tủ sấy ở nhiệt độ 60°C trong 2 ngày, sau đó tán nhỏ và trộn đều.

Phân hủy mẫu bằng thiết bị phá mẫu vi sóng để phân tích KLN như sau: Cân mỗi mẫu khô 0,20 g, cho vào ống phá mẫu, thêm 10 ml HNO_3 65%, lắc hỗn hợp này và đợi ít nhất 20 phút trước khi đóng nút. Gia nhiệt lên 170°C trong 20 phút, giữ tiếp mẫu ở nhiệt độ này trong vòng 45 phút, sau đó để nguội đến nhiệt độ phòng. Toàn bộ hỗn hợp sau phân hủy được thêm nước, lắc đều, lọc qua giấy lọc băng xanh và định mức đến 100 ml. Hàm lượng KLN trong dịch lọc được xác định trên máy AAS. Xác định Pb tổng số theo TCVN 7766: 2007; xác định Cd tổng số theo TCVN 7768: 2007. Các thí nghiệm đều được tiến hành với mẫu trắng và mẫu lặp để đánh giá sự nhiễm bẩn do hóa chất và môi trường xung quanh cũng như độ lặp lại của phương pháp. Kiểm tra hiệu suất thu hồi của quá trình phá mẫu bằng mẫu thêm chuẩn.

Phương pháp xử lý số liệu: Số liệu được tổng hợp, phân tích và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel.

Các chỉ tiêu theo dõi: Sinh khối của cây, khả năng hấp thu Pb và Cd trong các bộ phận của cây.

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng Cd trong đất đến sinh khối và khả năng tích lũy Cd của cây cỏ mần trầu

Kết quả phân tích mẫu đất được sử dụng trong nghiên cứu thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Một số tính chất đất ban đầu trước khi sử dụng trong nghiên cứu.

pH	OM (%)	CEC (mg đương lượng/100 g đất)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Thành phần cơ giới đất	As tổng số (mg/kg)	Pb tổng số (mg/kg)	Cd tổng số (mg/kg)
4,8	1,62	9,62	0,141	0,105	0,76	Thịt nhẹ	5,13	145,02	2,58

Nhìn chung, đất dùng trong nghiên cứu là đất hơi chua, có hàm lượng chất hữu cơ, dung tích hấp thu ở mức trung bình; thành phần cơ giới (TPCG) là thịt nhẹ; hàm lượng N,

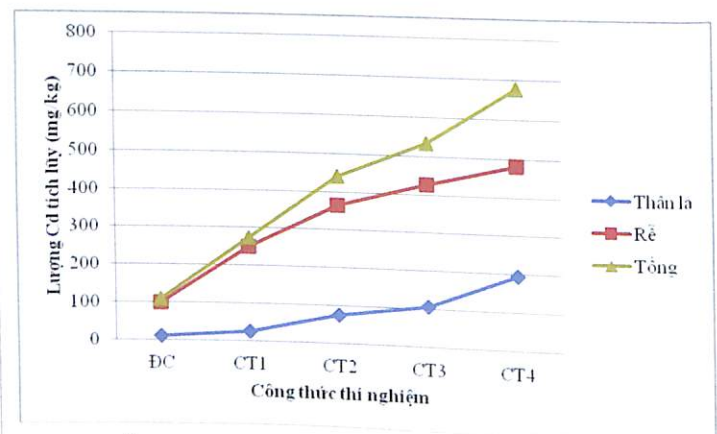
P_2O_5 ở mức trung bình, trong khi đó kali dễ tiêu lại thấp. Bảng 1 cho thấy, hàm lượng Pb tổng số ($Pd_{ts} = 145,02$ mg/kg) và Cd tổng số ($Cd_{ts} = 2,58$ mg/kg) vượt giới hạn cho phép của KLN trong đất nông nghiệp theo QCVN 03:2015/BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Kết quả nghiên cứu thu được khả năng sinh trưởng và tích lũy Cd của cây cỏ mần trầu được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng Cd trong đất đến sinh khối và khả năng tích lũy Cd của cây cỏ mần trầu.

Công thức	Sinh khối (g)			Tích lũy (mg/kg)		Lượng Cd tích lũy trong cây (mg)
	Thân lá	Rễ	Tổng	Thân lá	Rễ	
ĐC	17,29±1,51	6,25±0,71	23,54±2,01	9,93±0,71	98,87±2,11	0,789
CT1	15,20±1,33	5,22±0,63	20,42±1,81	24,05±2,52	250,08±5,52	1,671
CT2	14,86±0,93	4,82±0,41	19,78±1,02	75,61±3,12	365,09±10,11	2,883
CT3	10,53±0,72	4,29±0,40	14,82±1,71	107,12±3,61	426,05±13,52	2,956
CT4	7,13±0,23	3,28±0,3	10,41±0,51	195,21±4,20	482,08±20,51	2,973

Ở tất cả các công thức thí nghiệm, cây cỏ mần trầu vẫn phát triển được và tăng sinh khối, tuy nhiên với hàm lượng Cd bổ sung khác nhau thì sinh khối của cây cỏ mần trầu cũng khác nhau, cụ thể: Ở công thức ĐC sinh khối đạt 23,54±2,01 g/cây, khi bổ sung thêm Cd vào đất với hàm lượng 25 mg/kg (CT1) thì sinh khối của cây là 20,42±1,81g/cây, giảm còn 86,75% so với ĐC. Nếu tiếp tục tăng hàm lượng Cd lên 50-200 mg/kg thì sinh khối của cây giảm xuống còn 84,03-44,22% so với ĐC. Điều này chứng tỏ Cd là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển của cây. Tuy nhiên, với hàm lượng Cd không quá cao thì cũng không ảnh hưởng nhiều đến sinh khối của cây, cụ thể như ở CT1 và CT2 sinh khối của cây tương ứng là 20,42±1,81 g/cây và 19,78±1,02 g/cây.



Hình 1. Ảnh hưởng của hàm lượng Cd trong đất đến lượng tích lũy Cd trong thân và rễ cây cỏ mần trầu.

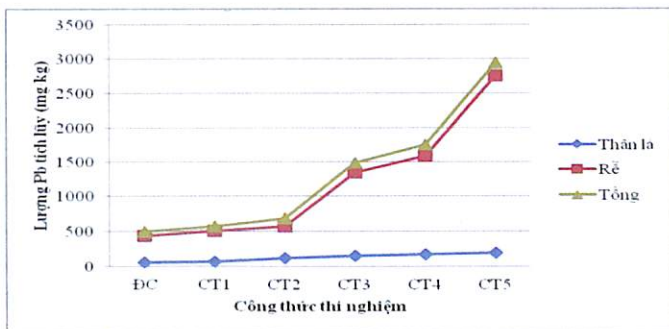
Từ bảng 2 và hình 1 cho thấy, hàm lượng Cd được bổ sung tăng lên thì khả năng tích lũy Cd trong cây cỏ mần trầu tăng lên thể hiện ở cả thân và rễ. Ở CT1 hàm lượng Cd tích

lũy trong thân tăng 2,4 lần so với ĐC thì ở CT2 là 7,6 lần, CT3 là 10,8 lần và CT4 là 19,7 lần. Tương tự đối với rễ, khả năng hấp thu và tích lũy Cd ở các CT1, CT2, CT3 và CT4 tăng tương ứng so với ĐC tương ứng là 2,5; 3,7; 4,3 và 4,9 lần. Tuy nhiên, khả năng loại bỏ Cd ra khỏi đất ở các công thức CT2, CT3, CT4 khác nhau không nhiều, tương ứng là 2,883; 2,956; 2,973 mg Cd/cây. Điều này có thể lý giải vì ở CT2 sinh khối của cây cỏ mần trầu là khá cao (19,78±1,02 g/cây) nên khả năng tích lũy Cd trong thân và rễ tuy không phải là cao nhất so với các công thức khác nhưng khả năng loại bỏ Cd ra khỏi đất là cao nhất. Còn ở các công thức CT3, CT4, mặc dù khả năng tích lũy Cd cao trong cả phần thân lá và phần rễ nhưng do lượng Cd bổ sung vào đất cao nên hạn chế sự phát triển của cây do đó sinh khối giảm, lượng Cd cây lấy ra khỏi đất không cao.

Đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng Pb trong đất đến sinh khối và khả năng tích lũy Pb của cây cỏ mần trầu

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng Pb trong đất đến sinh khối và khả năng tích lũy Pb của cây cỏ mần trầu.

CT	Sinh khối (g)			Tích lũy (mg/kg)		Lượng Pb tích lũy trong cây (mg)
	Thân lá	Rễ	Tổng	Thân lá	Rễ	
ĐC	17,29±2,78	6,25±1,12	23,54±3,12	58,7±3,11	435,31±5,24	3,74
CT1	18,78±2,81	6,45±1,01	25,23±4,23	64,78±5,13	505,84±9,14	4,48
CT2	24,23±2,83	10,20±1,45	34,38±5,22	115,72±7,12	567,27±11,13	8,59
CT3	23,18±2,34	7,94±1,32	31,12±4,27	149,25±7,23	1332,65±13,16	14,04
CT4	19,87±2,16	6,68±1,23	26,55±3,16	172,95±8,17	1582,92±14,13	14,01
CT5	12,53±1,53	4,35±0,87	16,88±1,17	189,60±8,19	2754,60±25,34	14,36



Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng Pb trong đất đến lượng tích lũy Pb trong thân lá và rễ cây cỏ mần trầu.

Kết quả thí nghiệm được tổng hợp ở bảng 3 cho thấy, sinh khối của cây cỏ mần trầu tập trung chủ yếu ở phần trên mặt đất, ở CT2 cây cho sinh khối lớn nhất (34,38±5,22 g/cây), tăng 46,05% so với ĐC. Ở CT5 khi hàm lượng Pb bổ sung vào trong đất 3.000 mg/kg thì sinh khối cây giảm 28,29% so với ĐC.

Khả năng hấp thu Pb ở rễ của cây cỏ mần trầu lớn hơn ở phần thân lá, cụ thể ở dao động từ 7,8 lần (CT1) đến 14,5 lần

(CT5). Nhìn chung, khả năng hấp thu Pb của cây tăng khi hàm lượng Pb trong đất tăng. Khi bổ sung 3.000 mg Pb²⁺/kg đất (CT5) thì khả năng tích lũy Pb trong thân lá và rễ cao nhất, tương ứng là 189,60±8,19 mg/kg và 2.754,60±25,34 mg/kg, lượng Pb mà cây lấy ra được khỏi đất lại là cao nhất, đạt 14,36 mg/cây. Tuy nhiên, khi hàm lượng Pb bổ sung vào đất tăng thì sinh khối của cây giảm xuống, do đó lượng Pb mà cây lấy ra khỏi đất ở các công thức CT3, CT4, CT5 sai khác nhau không nhiều, tương ứng là 14,04; 14,01; 14,36 mg/cây.

Kết luận

Qua thử nghiệm trên, chúng tôi rút ra được một số kết luận như sau:

- Cây cỏ mần trầu đều sinh trưởng và phát triển được trong môi trường đất canh tác bị ô nhiễm Cd và Pb. Tuy nhiên, với hàm lượng Cd và Pb bổ sung khác nhau thì sinh khối của cây cỏ mần trầu cũng khác nhau. Nếu bổ sung vào đất 200 mg Cd²⁺/kg đất và 3.000 mg Pb²⁺/kg đất thì sinh khối cây giảm tương ứng là 44,22% và 28,29% so với đối chứng.

- Hiệu quả loại bỏ Cd và Pb của cây cỏ mần trầu và khả năng tích lũy Cd và Pb ở rễ cao hơn ở phần thân lá. Khi bổ sung Cd vào đất nhiều thì lượng Cd tích lũy trong rễ và trong thân lá đều tăng. Tuy nhiên, khi hàm lượng Cd cao quá thì khả năng loại bỏ Cd ra khỏi môi trường đất của cây tăng không đáng kể. Với hàm lượng Cd bổ sung là 100, 200 mg Cd²⁺/kg đất thì khả năng loại bỏ Cd ra khỏi môi trường đất ở các công thức không có sự sai khác nhiều, tương ứng là 2,956; 2,973 mg Cd/cây. Khả năng loại bỏ Pb lớn nhất ở công thức bổ sung 3.000 mg Pb²⁺/kg đất (CT5), đạt 14,36 mg/cây. So với công thức bổ sung 1.500, 2.000 mg Pb²⁺/kg đất thì lượng Pb cây lấy ra được khỏi đất ở CT5 tăng không đáng kể. Như vậy, đối với đất ô nhiễm Cd hoặc Pb thì cây cỏ mần trầu có thể được sử dụng như một giải pháp hiệu quả, an toàn để xử lý đất ô nhiễm Cd hoặc Pb tương ứng ở mức khoảng 50-200 mg/kg và 1.500-3.000 mg/kg.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Đình Kim, Lê Đức, Trần Văn Tựa, Bùi Thị Kim Anh, Đặng Thị An (2011), *Xử lý ô nhiễm bằng thực vật*, NXB Nông nghiệp.
- [2] Rufus L. Chaney, Minnie Malik, Yin M. Li, Sally L. Brown, Eric P. Brewer, J. Scott Angle, Alan J.M. Baker (1997), "Phytoremediation of soil metal", *Current Opinion in Biotechnology*, **8**(3), pp.279-284.
- [3] Chen Tongbin, Wei Chaoyang, Huang Zechun, Huang Qifei, Lu Quanguo, Fan Zilian (2002), "Arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. and its arsenic accumulation", *Chinese Science Bulletin*, **47**(11), pp.902-905.
- [4] M. Varsha, M. Nidhi, M. Anurag (2010), "Heavy metals in plants: phytoremediation: plants used to remediate heavy metal pollution", *Agric. Biol. J.N. Am.*, **1**(1), pp.40-46.
- [5] Đặng Xuyên Như và cs (2003), *Nghiên cứu xác định một số giải pháp sinh học (thực vật và vi sinh vật) để xử lý ô nhiễm KLN trong nước thải ở Thái Nguyên 2002-2003*, đề tài cấp bộ.