

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC CHẤT TẠO PHỨC ĐẾN KHẢ NĂNG SINH TRƯỞNG VÀ TÍCH LŨY ION KIM LOẠI Pb^{2+} CỦA RAU MẦM CẢI BÓ XÔI

TRẦN THỊ DIỆU THUẦN

Khoa Công nghệ hóa học, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh
tranthidieuthuan@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Trong xử lý đất nhiễm kim loại bằng thực vật, việc sử dụng các phối tử tạo phức để tăng khả năng tích lũy kim loại ở các mô tế bào ca thực vật hiện rất được quan tâm. Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm được tiến hành với quy mô phòng thí nghiệm. Chúng tôi tiến hành quan sát khả năng sinh trưởng của cây rau mầm cải bó xôi trên các mẫu đất giả định nhiễm kim loại chì với các hàm lượng khác nhau (0, 140, 200, 400, 600, 800 mg/kg đất) và khi thêm các phối tử tạo phức: Trilon B, axit succinic, axit citric trong 10 ngày. Kết quả cho thấy rằng, cây rau mầm cải bó xôi vẫn sinh trưởng bình thường khi ở các nồng độ chì cao. Ngoài ra, kết quả phổ hấp thụ nguyên tử (AAS) chỉ ra rằng, khi thêm vào đất các phối tử tạo phức Trilon B, axit citric, axit succinic đã làm tăng đáng kể sự tích lũy kim loại chì trong cây rau mầm cải bó xôi.

Từ khóa. Cải bó xôi, kim loại chì, phức chất

THE EFFECT OF COORDINATION COMPOUNDS ON GROWTH AND ACCUMULATION OF IONS Pb^{2+} IN *SPINACIA OLERACEA*

Abstract. The use of chelates to increase the accumulation of heavy metals in plant tissues is of great interest for method phytoremediation. In this study, the plant – growth experiments were carried out on a small scale in the laboratory. *Spinacia oleracea* were grown in soil pots contaminated with different concentrations of lead (0,140, 200, 400, 600 and 800 mg/kg soil) and 3 gram of chelates such as Trilon B, acid citric, acid succinic for 10 days. Our results showed that, *Spinacia oleracea* still were grown well in 600, 800 mg/kg concentrations of lead. In addition, the results of atomic adsorption spectroscopy (AAS) demonstrated that, the addition of chelates (Trilon B, citric acid, succinic acid) to a Pb contaminated soil were a lot increased accumulation of *Spinacia oleracea*.

Keywords. *Spinacia oleracea*, lead, complexes

1. GIỚI THIỆU

Chì (Pb) là kim loại nặng, độc hại có mặt khắp nơi trong tự nhiên, được sử dụng phổ biến từ hàng ngàn năm trước [1]. Chì có thể tìm thấy trong không khí, nguồn nước, hạt bụi, trong đất, thậm chí trong thực phẩm, mô tế bào của thực vật và cả con người. Trong môi trường chì tồn tại ở dạng ion Pb^{2+} .

Hiện nay hơn 80% lượng chì được sử dụng trong ngành sản xuất pin. Mặc dù Chì có nhiều ứng dụng quan trọng nhưng việc sử dụng quá rộng rãi đã dẫn đến những mối nguy hại lớn lao cho môi trường, như là nguồn nước bị ô nhiễm, đất nhiễm Chì. Khi được thải vào môi trường đất, chì có khuynh hướng tích lũy trong đất, trầm tích làm ô nhiễm chuỗi thức ăn, ảnh hưởng đến sức khỏe của con người trong tương lai.

Xử lý đất nhiễm kim loại nặng không phải là điều dễ dàng, một khi chúng xâm nhập vào môi trường đất, chúng tồn tại lâu dài và rất khó tách. Cho đến nay, trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu để xử lý đất nhiễm kim loại nặng có thể kể đến là: chôn lấp, cố định đất, kỹ thuật thủy tinh hóa [2-5]. Tuy nhiên những phương pháp này tốn nhiều chi phí và đòi hỏi phải có công nghệ, kỹ thuật cao. Và Phytoremediation là phương pháp sử dụng các loài thực vật để cố định hoặc hấp thụ các kim loại nặng để làm sạch đất, tránh nguy cơ suy thoái đất, mất đất [2]. Về cơ bản, công nghệ này liên quan đến việc làm giảm nồng độ chất ô nhiễm hoặc làm giảm tác hại của chất ô nhiễm đến môi trường. Sử dụng thực vật xử lý ô nhiễm đã trở thành một công nghệ được đánh giá cao trong việc phục hồi môi trường, nó thay thế cho những kỹ thuật có thể gây ảnh hưởng đến cấu trúc đất. Trong các nghiên cứu của Blaylock và cộng sự đã ước tính rằng chi phí

cho việc tái tạo một mẫu đất bị ô nhiễm Pb khi xử lý bằng phương pháp Phytoremediation thấp hơn 50% - 65% so với các phương pháp xử lý thông thường như đào và thay thế đất [6]. Như vậy, phương pháp Phytoremediation là một giải pháp rẻ về chi phí cho việc xử lý nguồn đất bị ô nhiễm [7- 9].

Phương pháp xử lý đất bằng các loài thực vật, đã nhận được sự chú ý ngày nhiều cũng như là một sự thay thế đầy hứa hẹn, hiệu quả về chi phí so với các kỹ thuật xử lý khác [10]. Có hai cách tiếp cận cơ chế này đó là phát triển tự nhiên hoặc bổ sung kết hợp [11]. Cơ chế phát triển tự nhiên được sử dụng với những loài thực vật có khả năng siêu tích tụ kim loại nặng [12-14]. Khả năng tích lũy kim loại nặng của chúng thường gấp 100 lần so với những loài thực vật bình thường. Theo đó, những loài thực vật này tích lũy hơn 10 mg/kg Hg, 100 mg/kg Cd, 1000 mg/kg Co, Cr, Cu, Pb; 10.000 mg/ kg Zn và Ni [15,16]. Theo thống kê, đã phát hiện trên 400 loài thực vật từ ít nhất 45 họ thực vật có khả năng siêu tích tụ kim loại trên thế giới [17]. Một số họ tiêu biểu là họ Cải (*Brassicaceae*), họ Đậu (*Fabaceae*), họ Đại kích (*Euphorbiaceae*), họ Cúc (*Asteraceae*), họ Hoa môi (*Lamiaceae*), và họ Huyền sâm (*Scrophulariaceae*) [18]. Một số nghiên cứu đã chỉ ra các loài thực vật như cải bẹ xanh (*Brassica juncea L.*), ngô (*Zea mays L.*), hoa hướng dương (*Helianthus annuus L.*) cũng có khả năng hấp thụ, dung nạp hàm lượng kim loại nặng lớn [19]. Tuy nhiên, thực vật siêu tích lũy thường tạo ra sinh khối rất thấp và tăng trưởng chậm [20]. Trong khi cơ chế bổ sung kết hợp, sử dụng các loài cho hiệu quả xử lý cao. Các loài thực vật này, bản thân chúng không có khả năng tự tích tụ kim loại nặng cao như các loài siêu tích tụ, tuy nhiên chúng có vẫn khả năng tích tụ cao khi được trồng trong đất đã qua xử lý hóa học, tức là nâng cao khả năng làm sạch đất của thực vật bằng cách bổ sung chất xúc tác hoặc các chất tạo phức để khiến kim loại nặng trở nên linh động hơn và dễ bị hấp thụ hơn [16]. Hầu hết, các loài thực vật rất nhạy cảm với sự có mặt của các ion kim loại, thậm chí ở nồng độ rất thấp. Tuy nhiên, vẫn có một số loài thực vật không chỉ có khả năng sống được trong môi trường bị ô nhiễm bởi các kim loại độc hại mà còn có khả năng hấp thụ và tích lũy kim loại nặng vào cơ thể chúng nhờ vào cơ chế hấp thụ, chuyển hóa, chống chịu và loại bỏ. Rau cải xanh là loài cây phổ biến, không chỉ rẻ tiền, dễ trồng mà chúng còn có khả năng hấp thụ kim loại nặng tốt đặc biệt là kim loại chì.

Chính vì vậy trong nghiên cứu này chúng tôi đã thử nghiệm trồng cây rau mầm *cải bó xôi* trên các đất nhiễm chì theo cơ chế bổ sung kết hợp các chất hóa học như Trilon B, axit succinic, axit citric để quan sát khả năng chịu đựng, sinh trưởng và tích tụ kim loại nặng của cây rau mầm *cải bó xôi*.

2. HÓA CHẤT VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Hóa chất

Trong nghiên cứu này, các hóa chất được sử dụng bao gồm: Axit Citric monohydrate ($C_6H_8O_7 \cdot 7H_2O$, sạch, Trung Quốc, độ tinh khiết 99,5%), Trilon B ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8$, Trung Quốc, sạch, độ tinh khiết 99%), Axit pecloric (tinh khiết, Nga), Chì Nitrate ($Pb(NO_3)_2$) - Trung Quốc, độ tinh khiết 99%, axit Succinic ($C_4H_6O_4$, 99% - Trung Quốc), axit Nitric (HNO_3) - Trung Quốc, nồng độ 65%. Các hóa chất trên được sử dụng trực tiếp, không qua các phương pháp làm sạch lần hai.

Đất Tribat. Hạt giống rau *cải bó xôi* - xuất xứ New Zealand, tỷ lệ nảy mầm trên 85%.

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Để nghiên cứu khả năng phát triển của cây rau cải mầm - một loại rau ngắn ngày trên đất nhiễm ion kim loại chì (Pb^{2+}), chúng tôi sử dụng đất Tribat.

Kiểm tra pH của đất, dựa trên TCVN 5979:2007 (ISO 10390:2005) về chất lượng đất. Mẫu đất được sấy trong tủ sấy ở nhiệt độ $40^\circ C$, dùng rây để loại bỏ xơ, mùn cưa và đá lẫn trong đất. Lấy 20 g đất đã rây cho vào becher 250 mL, thêm vào đó 100 mL nước cất, khuấy đều. Để dung dịch lắng xuống và tiến hành lọc và đo pH.

Thành phần nguyên tố trong đất Tribat cũng được kiểm tra bằng phương pháp phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX).

Nồng độ chì trong mẫu nước sử dụng để tưới cây được kiểm tra bằng phương pháp phân tích hiện đại phổ khối plasma cảm ứng (ICP-MS). Kết quả phân tích mẫu nước được so sánh đối chiếu với hàm lượng chì cho phép theo QCVN09:2008/BTNMT về chất lượng nước.

Các hạt giống rau cải cũng được xử lý trước khi trồng trên các mẫu đất giả định nhiễm ion kim loại chì. Để thời gian nảy mầm nhanh và tỉ lệ nảy mầm cao, hạt giống trước khi gieo được ngâm trong nước ấm ($50-60^\circ C$) trong khoảng 5-6 giờ, sau đó vớt ra để trên khăn ẩm rồi tiến hành gieo.



Hình 1. Quá trình ngâm và ủ hạt giống

Để khảo sát khả năng phát triển của cây rau cải trên đất nhiễm chì, chúng tôi đã tiến hành mô phỏng đất nhiễm chì bằng cách trộn vào trong đất lượng chì vượt quá mức cho phép 2 lần (theo QCVN 03:2008). Lượng vật liệu cho vào các mẫu là như nhau, tất cả các mẫu đều được trồng dưới cùng một điều kiện: trồng nơi khô mát, có ánh sáng mặt trời, nhiệt độ từ 32-35 °C (ban ngày) và khoảng 27 °C (ban đêm), sử dụng nguồn nước sạch để tưới, các mẫu được tưới mỗi ngày 2 lần vào buổi sáng và buổi chiều mát.

Các mẫu cây rau cải được trồng trong các thùng xốp có kích thước như nhau (38 x 28 cm), khối lượng đất trồng 1 kg, khối lượng hạt rau cải trong các mẫu 0,5 g. Các mẫu được chuẩn bị như sau:

Mẫu 1: Mẫu so sánh, đất không nhiễm chì: trộn 1 kg đất, gieo hạt rau cải.

Mẫu 2: Đất nhiễm chì, không có chất tạo phức: 140 mg Pb^{2+} lấy theo tỉ lệ vượt quá tiêu chuẩn cho phép hai lần, trộn đều trong 1kg đất, đất được ủ 1 tuần, sau đó gieo hạt rau cải.

Mẫu 3, 4, 5, 6 gồm 140 mg Pb^{2+} lấy theo tỉ lệ vượt quá tiêu chuẩn cho phép hai lần, trộn đều trong 1kg đất, đất được ủ 1 tuần, sau đó thêm lần lượt 3 g các hợp chất bổ trợ là Trilon B, axit citric, axit succinic, sau đó gieo hạt rau cải.

Các mẫu đất được tưới nước sạch 2 lần/ ngày, sau đó quan sát cây rau cải sinh trưởng và phát triển.

Sau 10 ngày phát triển, tiến hành thu hoạch mẫu rau cải. Rau sau khi thu hoạch được bảo quản và đưa đến phòng thí nghiệm để xử lý mẫu.

Mẫu rau cải sau khi thu hoạch tiến hành rửa sạch đất bám trên rễ cây, sau đó đem đi sấy ở 80 °C trong khoảng 48-72 giờ cho đến khi mẫu khô hoàn toàn (khối lượng không đổi). Mẫu sau khi sấy được nghiền mịn và bảo quản tốt bằng chai thủy tinh đựng mẫu.

Mẫu rau đã xử lý ở dạng rắn được chuyển thành dạng lỏng theo phương pháp xử lý ướt theo quy trình như sau [21]: cân 0.2 gam mẫu cho vào becher 100 mL, sau đó thêm 4 mL dung dịch HNO_3 , để yên 24 giờ. Sau 24 giờ, thêm 4 mL dung dịch $HClO_4$ và gia nhiệt lên (90 ± 2 °C) trong 30 phút. Nếu sau 30 phút mẫu vẫn chưa tan hết, tiếp tục thêm $HClO_4$ và tiếp tục gia nhiệt thêm 30 phút nữa, quá trình lặp lại cho đến khi mẫu tan hoàn toàn. Làm lần lượt từ mẫu 1 đến mẫu 6.

Nồng độ ion chì trong mẫu rau cải đã xử lý được xác định bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử (AAS).

Hệ số hấp thụ sinh học kim loại nặng của cây rau mầm cải bó xôi được tính theo công thức

$$A = \frac{C_s \cdot M_r}{C^o \cdot M_d}$$

Trong đó: C_s , C^o – nồng độ kim loại nặng trong cây và trong đất ban đầu

M_r , M_d – khối lượng rau và khối lượng đất sử dụng trong mỗi mẫu trồng.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

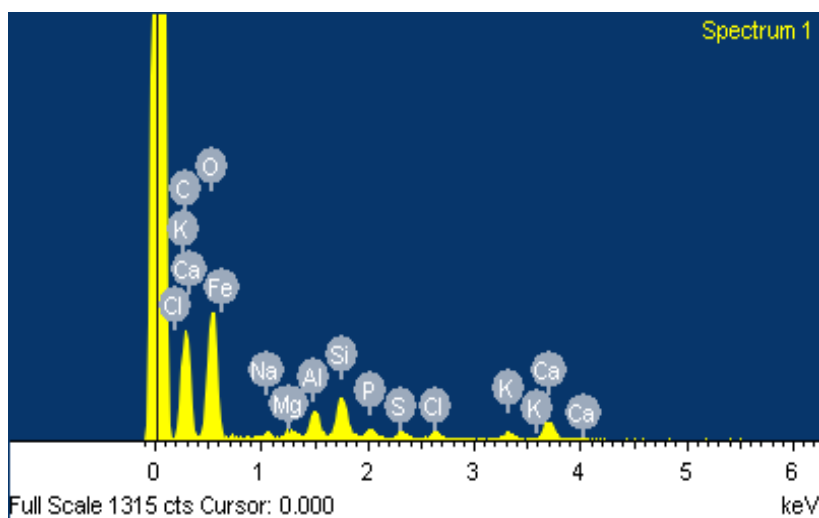
Kết quả phân tích EDX mẫu đất Tribat được thể hiện ở bảng 1 và hình 2 cho thấy rằng Cacbon và Oxi là hai nguyên tố chiếm tỉ lệ cao nhất lần lượt là 46,19% và 42,14%, ngoài ra còn có các nguyên tố khác như: K, P, Si, Al, Fe... chiếm tỷ lệ <3% và không nhận thấy sự có mặt của chì trong mẫu đất.

Bảng 1. Tỷ lệ % khối lượng các nguyên tố trong mẫu đất Tribat

Nguyên tố	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe
% Khối lượng	46,19	42,14	0,48	0,46	1,85	2,88	0,59	0,61	0,67	0,80	2,43	0,91

Như vậy, đất dùng để thí nghiệm là đất không nhiễm chì. Độ pH của đất cũng đã tiến hành kiểm tra và xác định được pH=7,5 là môi trường thích hợp cho cây trồng phát triển.

Nồng độ chì trong mẫu nước sử dụng tưới cây được xác định bằng phương pháp phổ khối plasma cảm ứng (ICP-MS). Kết quả cho thấy rằng, không phát hiện chì trong mẫu nước tưới. Điều đó chứng tỏ rằng lượng nước sử dụng để tưới trong 10 ngày phát triển của cây rau mằm *cải bó xôi* là hoàn toàn không bị nhiễm chì.



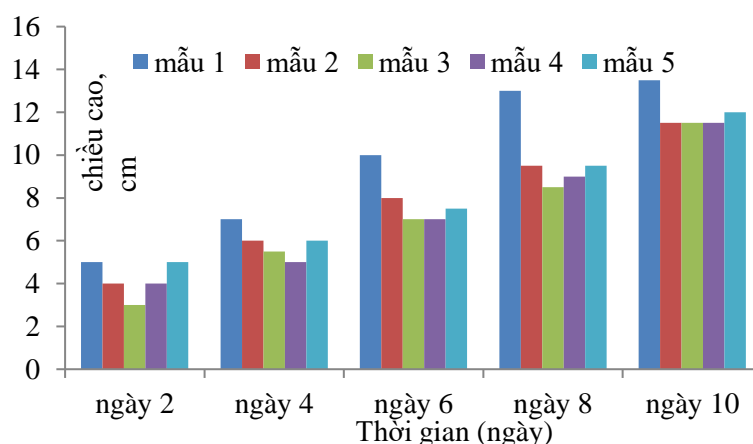
Hình 2. Phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) phân bố các nguyên tố trong mẫu đất Tribat

Khả năng chống chịu và phát triển của cây rau cải mằm trên các mẫu đất nhiễm chì xử lý hóa học được ghi nhận cứ sau 2 ngày thông qua sự thay đổi chiều cao của cây (Hình 3).

Từ hình 3, nhận thấy rằng tại hàm lượng chì 140 mg/kg đất, nhìn chung cây cải mằm đều phát triển bình thường, đối với mẫu so sánh sau 2 ngày cây đạt chiều cao 5 cm và xấp xỉ 14 cm ở ngày thứ 10, còn lại các mẫu 3,4 và 5 sau 10 ngày chiều cao dao động từ 11-12 cm. Mặt khác, mẫu 5 quan sát thấy mằm cây rau cải phát triển nhanh hơn hẳn và mật độ cây dày hơn so với mẫu 3 và 4. Như vậy, khi thêm phối tử khác nhau vào các mẫu đất đã ảnh hưởng đến sự hấp phụ chì qua rễ của cây mằm rau cải, dẫn đến ức chế khả năng sinh trưởng của cây cải mằm. Khả năng sinh trưởng của cây rau cải mằm được sắp xếp theo dãy mẫu 5 > mẫu 4 > mẫu 3. Như vậy nhìn chung, với nồng độ 140 mg/kg chì trong đất, các mẫu rau cải có khả năng chịu đựng và sinh trưởng tốt.

Tiến hành thực nghiệm tương tự với cây rau mằm *cải bó xôi* khi tăng thêm hàm lượng chì trong đất lên 200 mg/kg, 400 mg/kg, 600 mg/kg và 800 mg/kg đất. Từ hình 3, tại nồng độ 800 mg/kg đất nhận thấy, cây cải mằm vẫn phát triển, lá xanh. Tuy nhiên tốc độ sinh trưởng có sự khác nhau rõ rệt, cụ thể mẫu 3 hạt nảy mằm chậm, mật độ thưa, chiều cao giữa các cây trong cùng một mẫu không đồng đều. Nhưng đối với mẫu 4 và 5 cây rau cải mằm phát triển đồng đều, mật độ dày, đặc biệt là mẫu 5 (hình 4).

Như vậy, khi tăng hàm lượng chì trong đất lên 200, 400, 600, 800 mg/kg đất mật độ phát triển cây rau mằm *cải bó xôi* giảm đều đáng kể ở các mẫu đất. Tuy nhiên với mẫu 5 mật độ giảm không đáng kể. Khối lượng rau cải mằm tươi sau 10 ngày thu hoạch được ghi nhận ở bảng 2.



Hình 3. Biểu đồ phát triển của cây cải mầm bó xôi trong 10 ngày trên các mẫu đất nhiễm chì có xử lý hóa học. Qua bảng 2 nhận thấy, ở nồng độ chì 600 mg/kg và 800 mg/kg lượng rau tươi thu được giảm mạnh sau 10 ngày phát triển từ 87,48 g xuống 65,35 g đối với mẫu 3 và 98,14 g xuống 72,36 g đối với mẫu 4. Như vậy, có thể dự đoán rằng khi tăng hàm lượng chì lên 800 mg/kg ở các mẫu đất lượng chì tích lũy trong cây rau cải mầm cũng tăng lên.



Mẫu 3



Mẫu 4



Mẫu 5

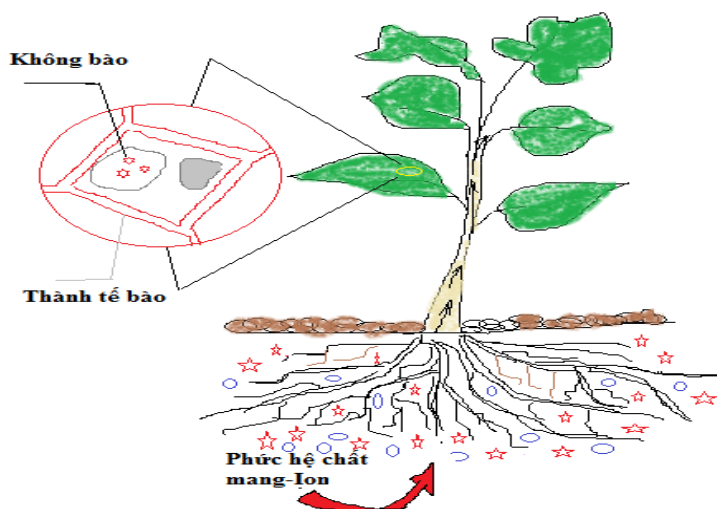
Hình 4. Hình ảnh sinh trưởng của cây rau cải sau 6 ngày trên các mẫu 3, 4 và 5 nhiễm 800mg/kg chì

Điều này có thể giải thích dựa trên cơ chế hấp thu chủ động ion kim loại từ đất vào rễ của cây rau cải mầm. Trong đất, các phối tử (Trilon B, axit citric, axit succinic) tạo với ion kim loại Pb²⁺ tự do thành hợp chất phức (hình 5).

Tại bề mặt màng tế bào của rễ, hợp chất phức này đóng vai trò là phức hệ chất mang –ion, chúng có thể tương tác với các ion bên ngoài màng vừa có thể vận chuyển các ion kim loại qua màng. Sau khi xâm nhập vào trong màng, phức hệ chất mang – ion sẽ bị phá hủy, giải phóng ion và chất mang sẽ quay lại màng tế bào và tiếp tục quá trình vận chuyển kim loại. Ion kim loại sau khi qua màng tế bào sẽ tiếp tục di chuyển lên thân, lá của cây rau cải mầm. Tại đó, sự tích lũy kim loại tập trung chủ yếu 2 vị trí là thành tế bào và không bào. Trong thành tế bào mang các điện tích âm, nên thu hút các ion kim loại. Còn tại không bào, sự tích lũy kim loại là do sự hỗ trợ của các axit hữu cơ hoặc các protein vận chuyển.

Bảng 2. Khối lượng rau mầm cải bố xôi tươi thu được trên các mẫu đất trồng thử nghiệm với nồng độ chì khác nhau trong đất

Nồng độ	0 mg/kg Pb ²⁺	140 mg/kg Pb ²⁺	200 mg/kg Pb ²⁺	400 mg/kg Pb ²⁺	600 mg/kg Pb ²⁺	800 mg/kg Pb ²⁺
Mẫu	m _{tươi}	m _{tươi}	m _{tươi} (g)	m _{tươi} (g)	m _{tươi} (g)	m _{tươi} (g)
1	125,12 ± 0,07					
2		115,5 ± 0,08	103,02 ± 0,05	102,28 ± 0,03	101,23 ± 0,12	100,01 ± 0,03
3		93,28 ± 0,04	92,13 ± 0,04	90,35 ± 0,07	87,48 ± 0,08	65,35 ± 0,05
4		102,75 ± 0,07	101,35 ± 0,08	100,05 ± 0,08	98,14 ± 0,06	72,36 ± 0,06
5		106,7 ± 0,06	104,18 ± 0,10	102,21 ± 0,06	100,01 ± 0,05	98,4 ± 0,10



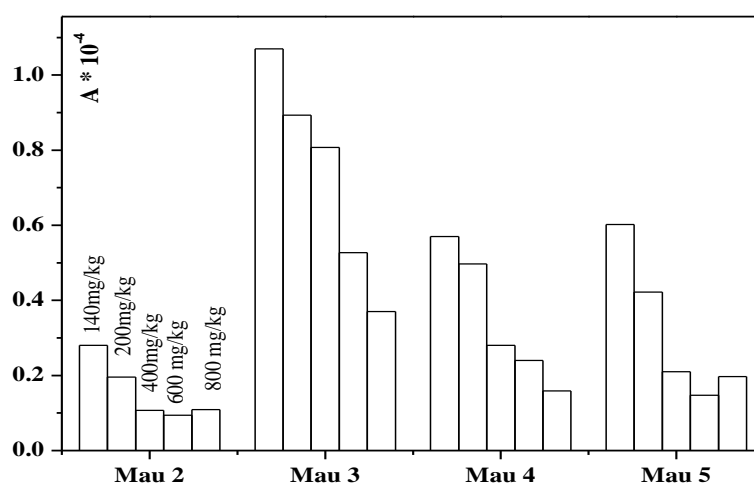
Hình 5. Sự hấp phụ kim loại nặng của thực vật qua hệ thống rễ

Ngoài những kết luận khi quan sát sự sinh trưởng của cây rau cải, trong nghiên cứu này chúng tôi cũng đã tiến hành xác định hàm lượng chì tích lũy trong cây rau cải mầm bằng phương pháp phổ hấp phụ nguyên tử. Lượng chì tích lũy trong rau tỷ lệ thuận với hàm lượng chì thêm vào đất (bảng 3).

Từ bảng 3, thấy rằng so sánh với tiêu chuẩn 99/2008/QĐ-BNN về hàm lượng kim loại nặng trong rau, có thể thấy toàn bộ các mẫu rau nghiên cứu trồng trên đất nhiễm chì đều vượt so với tiêu chuẩn cho phép. Cụ thể là, hàm lượng chì đo được trong mẫu 3 là 0,341 mg/kg rau tươi vượt quá giá trị cho phép là 0,3 mg/kg (đối với cây ăn lá). Khi thêm vào đất các phối tử khác nhau lượng chì được tích lũy nhiều hơn trong cây rau cải mầm, cụ thể là mẫu 3cây rau cải mầm tích lũy hàm lượng chì là 1,6 mg/kg cao 4,7 lần so với mẫu 2 (0,341 mg/kg) và cao gấp 2 lần so với mẫu 4 và 5. Ngoài ra, khi tăng nồng độ chì từ 200 mg/kg sang 400 mg/kg mẫu 3 tăng nhanh sự tích lũy chì từ 1,940 mg/kg lên 3,570 mg/kg so với các nồng độ còn lại.

Bảng 3. Hàm lượng chì tích lũy trong cây rau mầm cải bố xôi khi có và không sử dụng các hợp chất Trilon B, axit citric, axit succinic

$C_{Pb^{2+}}$ mg/kg đất	140	200	400	600	800
Mẫu	$C_{Pb^{2+}}$ trong thân lá cây rau cải mầm (mg/kg rau tươi)				
2	0,341	0,380	0,420	0,560	0,870
3	1,600	1,940	3,570	3,620	4,530
4	0,780	0,980	1,120	1,470	1,760
5	0,790	0,810	0,820	0,880	1,600



Hình 6. Sự phụ thuộc hệ số hấp thu sinh học của cây rau cải mầm vào các dạng phối tử khác nhau được thêm vào đất

Hình 6 thể hiện sự phụ thuộc hệ số hấp thu sinh học của cây rau mầm cải bố xôi vào các phối tử khác nhau trong các mẫu đất. Từ hình 5, nhận thấy rằng hệ số hấp thụ của cây rau cải mầm cao nhất vẫn là mẫu 3, tiếp đó là mẫu 4 và mẫu 5. Điều này là do ion Pb^{2+} tạo với Trilon B một hợp chất phức vòng bền hơn so với axit citric và axit succinic. Cụ thể là với Trilon B, phức chất được tạo thành thông qua liên kết với nguyên tử Oxy của bốn nhóm Carboxylic, và nguyên tử Nito của một nhóm NH_2 . Trong khi đó, với axit Citric ion Pb^{2+} chỉ tạo được liên kết với Oxy của hai nhóm Carboxylic và một nhóm Hydroxyl, còn axit Succinic – hai nhóm Carboxylic. Việc trong phân tử hợp chất hữu cơ có nhiều hay ít nhóm $-NH_2$, $-COOH$, $-OH$ cũng quyết định đến độ bền của phức tạo thành, tức là ảnh hưởng đến khả năng vận chuyển kim loại vào các mô tế bào của thực vật.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thử nghiệm khả năng chịu đựng và sinh trưởng của cây rau cải trên các mẫu đất nhiễm kim loại chì với 6 nồng độ khác nhau (0, 140, 200, 400, 600 và 800 mg/kg) cho thấy rằng, cây rau cải vẫn có khả năng sinh trưởng trên đất nhiễm chì với nồng độ cao hơn 800 mg/kg đất nhưng tốc độ sinh trưởng chậm và mật độ giảm nhiều. Khi thêm vào đất các các phối tử có khả năng tạo phức với ion chì càng làm tăng sự tích lũy kim loại chì trong cây rau cải mầm. Hợp chất phức tạo thành càng bền sự tích lũy kim loại càng lớn và cây sinh trưởng càng chậm, mật độ càng giảm (TrilonB > axit Citric > axit Succinic). Như vậy, phương pháp sử dụng thực vật xử lý ô nhiễm với sự hỗ trợ của các hợp chất hữu cơ là phương pháp hiệu quả và tiềm năng trong việc phục hồi lại môi trường đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Srianjata, Lead - The toxic metal to stay with human. *The journal of Toxicological Sciences*, vol. 23, pp. 237 – 240, 1997.

- [2] A. Pierart, M. Shahid, N. Séjalon-Delmas, C. Dumat, Antimony bioavailability: Knowledge and research perspectives for sustainable agricultures. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 289, pp. 219 – 234, 2015.
- [3] Z. Yao, J. Li, H. Xie, C. Yu, Review on remediation technologies of soil contaminated by heavy metals. *Procedia Environmental Science*, vol. 16, pp. 722 –729, 2012.
- [4] C. Zheng, P.P. Wang, A field demonstration of the simulation optimization approach for remediation system design. *Ground Water*, vol. 40, no. 3, pp. 258–26, 2002.
- [5] R.R. Rumer, M.E. Ryan, *Barrier Containment Technologies for Environmental Remediation Applications*, Wiley-Interscience, 1995.
- [6] E. Meers, A. Ruttan, M.J. Hopgood, D. Samson, F.M.G. Tack, Comparison of EDTA and EDDS as potential soil amendments for enhanced phytoextraction of heavy metals. *Chemosphere*, vol. 58, no. 8, pp. 1011–1022, 2005.
- [7] M.J. Blaylock, D.E. Salt, S. Dushenkov, O. Zakharova, C. Gussman, Y. Kapulnik, B.D. Ensley, I. Raskin, Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environmental Science & Technology*, vol. 31, no.3, pp. 860 – 865, 1997.
- [8] *Risk assessment guidance for superfund (Rags)*, U.S. Environmental Protection Agency, 2004.
- [9] J.L. Schnoor, Phytoremediation, *Technology Evaluation Report*, 1997.
- [10] S. Greipsson, Phytoremediation, *Nature Education Knowledge*, vol. 3, no.10, pp. 7, 2011.
- [11] D. E. Salt, R. D. Smith, I. Raskin, Phytoremediation, *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, vol 49, pp. 643 – 668, 1998
- [12] E. Lombi, F.J. Zhao, S.J. Dunham, S.P. McGrath, Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. *Journal of Environmental quality*, vol. 30, no.6, pp.1919–1926, 2001
- [13] A.J.M. Baker, R.D. Reeves, A.S.M. Hajar, Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J.& C. Presl (Brassicaceae). *New Phytol.* , vol 127, pp. 61 – 68, 1994.
- [14] S.L. Brown, R.L. Chaney, J.S. Angle, A.J.M. Baker, Phytoremediation potential of *Thlaspi caerulescens* and Bladder campion for zinc- and cadmiumcontaminated soil. *Journal of Environmental quality*, vol.23, pp. 1151 – 1157, 1994.
- [15] P.B.A.N. Kumar, V. Dushenkov, H. Motto, I. Raskin, Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science and Technology*, vol. 29, no.3, pp. 1232 – 1238, 1995.
- [16] A.J.M Baker, R.R Brooks, Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, vol. 1, pp. 81–126, 1989.
- [17] M.M. Lasat, Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanisms. *Journal of Environmental quality*, vol. 31, no.1, pp. 109 –120, 2002.
- [18] D.E. Salt, R.D. Smith, I. Raskin, Phytoremediation. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, vol. 49, pp. 643 – 668, 1998.
- [19] S. Dushenkov, Trends in phytoremediation of radionuclides. *Plant and soil*, vol. 249, no.1, pp. 167–175, 2003.
- [20] U. Schmidt, Enhancing phytoextraction: the effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation and leaching of heavy metals. *Journal of Environmental quality*, vol. 32, no. 6, pp. 1939 –1954, 2003.
- [21] Hira Amin, Basir Ahmed Arain, Taj Muhammad Hagangir, Muhammad Sadiq Abbasi and Farah Amin, Accumulation and distribution of Lead in plant tissues of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.): profitable phytoremediation with biofuel crops. *Geology, ecology, and Landscapes*, vol. 2, no. 1, pp. 51– 60, 2018.

Ngày nhận bài: 28/04/2021

Ngày chấp nhận đăng: 09/07/2021