

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG CHỐNG CHỊU VÀ HẤP THU CHÌ Pb, Zn CỦA DƯƠNG XỈ *PTERIS VITTATA* L.

Trần Văn Tựa, Nguyễn Trung Kiên, Đỗ Tuấn Anh, Đặng Đình Kim

Viện Công nghệ môi trường, Viện KH&CN Việt Nam

Đến Tòa soạn ngày: 17/10/2010

MỞ ĐẦU

Xử lý bằng thực vật (*Phytoremediation*) hay sử dụng thực vật để làm sạch đất bị nhiễm kim loại là một công nghệ mới được nghiên cứu trong những năm gần đây nhờ những hiểu biết về cơ chế hấp thụ, chuyển hoá, chống chịu và loại bỏ kim loại nặng của một số loài thực vật, (Salt *et al.*, 1995; Bert *et al.*, 2000, 2001). Công nghệ này ngày càng phát triển nhờ vào tính hiệu quả, kinh tế và tránh được những hậu quả phụ so với các kỹ thuật khác (Lasat, 2002). Đất sau khi được cải tạo bằng vẫn có thể trồng cây hoàn toàn bình thường [4]. Sự phát triển của thực vật tại địa điểm xử lý cũng giảm được sự sồi mòn đất do gió và nước, từ đó ngăn ngừa sự lan truyền các chất ô nhiễm [1].

Hiện nay dương xỉ, đặc biệt là loài dương xỉ *Pteris vittata* L., đang là đối tượng rất được quan tâm trong nghiên cứu nhằm loại bỏ kim loại nặng ra khỏi vùng đất ô nhiễm. Theo L.Q. Ma và cộng sự (2001), loài dương xỉ *Pteris vittata* có khả năng tích lũy 14.500 ppm As mà chưa có triệu chứng tổn thương. Cây này sinh trưởng nhanh, có sức chống chịu cao với As trong đất (As > 1500 ppm) và chỉ bị độc ở nồng độ 22.630 ppm qua 6 tuần [5]. Theo các nhà khoa học Mỹ, *Pteris vittata* có thể chứa tới 22 g As/kg lá. Họ cũng đã chứng minh rằng trong vòng 24 giờ, loài dương xỉ này giảm mức As trong nước từ 200 µg/l xuống gần 100 lần, dưới mức cho phép của Mỹ (10 µg/l).

Ở Việt Nam, kết quả điều tra thu thập và phân tích các mẫu thực vật tại một số vùng mỏ đã và đang khai thác tại Thái Nguyên cho thấy, ngoài khả năng tích lũy cao As dương xỉ *Pteris vittata* còn có khả năng tích lũy một số kim loại như Mn, Cu, Fe, Zn và Pb [3].

Tuy nhiên, nghiên cứu về khả năng tích lũy kim loại nặng của *Pteris vittata* trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng chủ yếu tập trung vào As. Trên thực tế ô nhiễm kim loại nặng trong đất không chỉ có riêng As mà còn có nhiều kim loại nguy hiểm khác. Xuất phát từ thực tế trên, bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu khả năng chống chịu và tích lũy Pb, Zn của dương xỉ *Pteris vittata*.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Dương xỉ loài *Pteris vittata* thu từ khu khai thác Pb, Zn làng Hích huyện Đồng Hỷ, Thái Nguyên. Cây sau đó được trồng và chăm sóc trong vườn thực nghiệm khoảng 1 tháng trước khi đưa vào thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Pb^{2+} , Zn^{2+} dùng trong thí nghiệm được bổ sung dưới dạng $Pb(NO_3)_2$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Trước khi bổ sung vào thí nghiệm, các hóa chất được pha thành dung dịch mẹ bằng nước cất khử ion rồi tính toán để lấy ra một lượng nhất định theo yêu cầu thí nghiệm và bổ sung vào đất. Đất sau khi trộn kim loại sẽ được ủ khoảng 1 tuần trước khi đưa cây vào thí nghiệm. Mỗi công thức được lặp lại 3 lần

– Thí nghiệm chống chịu Pb và Zn được đặt ở các nồng độ 500, 1000, 2000, 3000, 4000 mg/kg đối với Pb và 300, 600, 900, 1200, 1500 mg/kg đối với Zn. Các công thức thí nghiệm được so sánh với đối chứng không bổ sung kim loại vào đất.

– Thí nghiệm hấp thu Pb và Zn theo thời gian với các nồng độ Pb và Zn trong đất tương ứng lần lượt là 1000 mg/kg và 300 mg/kg. Thời gian thu cây: lần 1: sau 1 tháng đặt thí nghiệm, lần 2: sau 1,5 tháng, lần 3: sau 2 tháng và lần 4: kết thúc thí nghiệm sau 2,5 tháng.

2.2.2. Phương pháp phân tích

– Xác định Pb và Zn theo phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

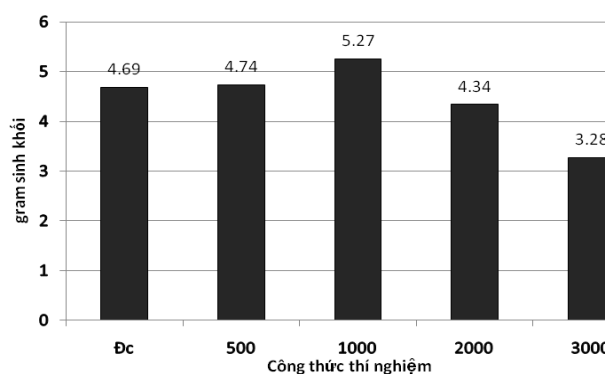
3.1. Ảnh hưởng của nồng độ Pb trong đất lên sinh trưởng và hấp thu Pb của *Pteris vittata*

Kết quả ở bảng 1 cho thấy sự khác biệt rõ ràng về sinh khối giữa các công thức thí nghiệm. Biểu hiện ở công thức đối chứng có sinh khối đạt 4,69 g /chậu, trong khi đó ở các công thức có Pb có nồng độ Pb là 500 và 1000 mg/kg, sinh khối đạt các giá trị tương ứng là 4,74 và 5,27 g / chậu. Ở các nồng độ chì này sinh trưởng của dương xỉ cao hơn đối chứng.

Bảng 1. Sinh khối và hàm lượng Pb tích lũy trong sinh khối của từng nồng độ trong thí nghiệm chống chịu

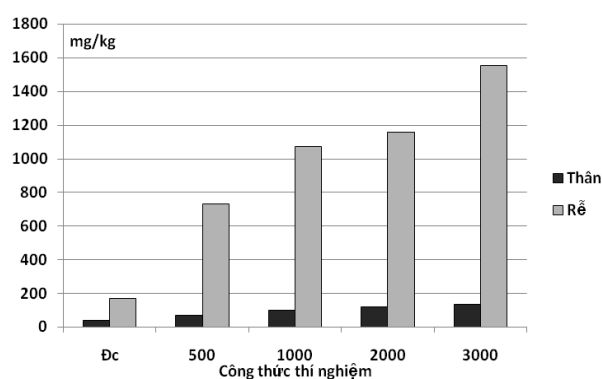
Công thức	Sinh khối (g)	Hàm lượng Pb tích lũy (mg/kg)	
		Thân	Rễ
Đc	4,69	39,286	170,630
500 mg/kg	4,74	67,979	730,519
1000 mg/kg	5,27	101,560	1075,073
2000 mg/kg	4,34	119,420	1160,714
3000 mg/kg	2,18	135,714	1553,571
4000 mg/kg	Cây chết		

Khi nồng độ Pb trong đất tăng lên 2000 mg/kg, 3000 mg/kg và 4000 mg/kg đất, Pb ức chế lên sinh trưởng của *Pteris vittata* rõ rệt. Sinh khối cây thu được sau khi kết thúc thí nghiệm ở nồng độ Pb 2000 mg/kg là 4,34 g/chậu, ở 3000mg/kg chỉ đạt 2,18 g, thấp hơn 2 lần so với sinh khối ở nồng độ 2000 mg/kg và 2,4 lần so với công thức 1000 mg Pb. Còn ở nồng độ 4000 mg/kg các cây đều chết sau một tháng thí nghiệm. Điều này chứng tỏ *Pteris vittata* có khả năng chống chịu Pb trong đất đến nồng độ 3000 mg/kg trong khi ở nồng độ 1000 mg/kg cho sinh trưởng tốt nhất.



Hình 1. Biến động về sinh khối của *Pteris vittata* khi bổ sung Pb vào đất với các hàm lượng khác nhau

Xét khả năng tích lũy Pb, từ số liệu bảng 1 cho ta thấy, lượng Pb tích lũy trong thân và rễ tăng tỉ lệ thuận với hàm lượng Pb bổ sung vào đất. Đồ thị hình 7 minh họa số liệu bảng 5 cho thấy rõ nhận định trên. Nếu ở cây ĐC thì lượng Pb trong thân, rễ lần lượt là 39,268 mg/kg và 170,63 mg/kg. Thì khi đất nhiễm Pb ở nồng độ 500 mg/kg các số liệu tương ứng là 67,89 mg/kg trong thân và 730,52 mg/kg trong rễ. Tiếp tục tăng lượng Pb bổ sung vào đất lượng Pb trong cây PV cũng tăng lên và ở nồng độ 3000 mg/kg thì Pb trong thân và rễ là 135,71 mg/kg và 1553,57 mg/kg. Tuy nhiên, xét tỉ lệ của hàm lượng Pb tích lũy trong rễ với hàm lượng Pb tích lũy trong thân cho thấy, tỉ lệ này chênh lệch không nhiều giữa các nồng độ thí nghiệm và dao động trong khoảng từ $9,7 \div 11,4$. Điều này chứng tỏ sự ổn định về tương quan phân bố lượng Pb giữa rễ và thân, tương quan này của *Pteris vittata* không phụ thuộc vào nồng độ Pb trong đất.



Hình 2. Hàm lượng Pb tích lũy trong thân và rễ của *Pteris vittata*

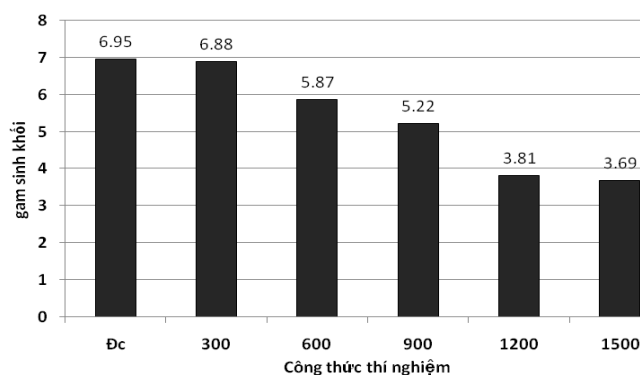
Như vậy có kết luận rằng, *Pteris vittata* có khả năng chống chịu và loại bỏ Pb tốt nhất ở nồng độ Pb 1000 mg/kg. Đây cũng là cơ sở để chúng tôi lựa chọn nồng độ Pb 1000 mg/kg cho thí nghiệm hấp thu Pb theo thời gian.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ Zn trong đất lên đến sinh trưởng và hấp thu của *Pteris vittata*

Số liệu thí nghiệm về sinh khối ở bảng 2 và hình 3 cho thấy, ảnh hưởng rõ ràng của nồng độ Zn trong đất lên sinh trưởng và phát triển của *Pteris vittata*. Thể hiện ở chỗ, khi nồng độ Zn trong đất tăng thì sinh khối giảm dần. Tuy nhiên, mức độ giảm sinh khối không tỉ lệ một cách tuyến tính với nồng độ Zn trong đất

Bảng 2. Sinh khối, hàm lượng Zn tích lũy và hiệu quả hấp thu Pb của từng nồng độ trong thí nghiệm chống chịu

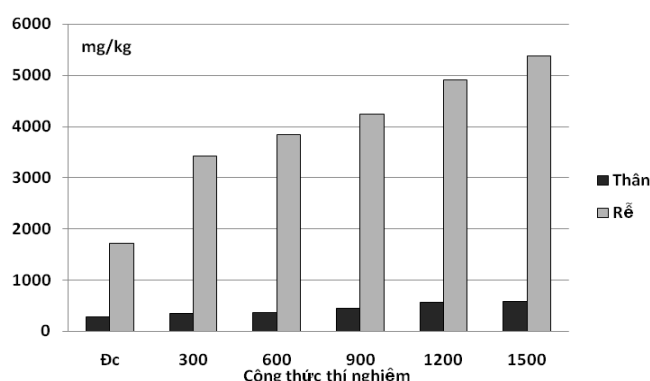
Công thức	Sinh khối (g)	Hàm lượng Zn tích lũy (mg/kg)	
		Thân	Rễ
Đc	6,95	284,848	1715,152
300 mg/kg	6,88	345,455	3430,700
600 mg/kg	5,87	364,853	3846,711
900 mg/kg	5,22	454,545	4242,700
1200 mg/kg	3,81	580,087	4909,091
1500 mg/kg	3,69	565,111	5380,172



Hình 3. Biến động về sinh khối của *Pteris vittata* khi bổ sung Zn vào đất với các hàm lượng khác nhau

Nếu như ở công thức đối chứng và 300 mg/kg, sự chênh lệch về sinh khối của hai công thức này không đáng kể khoảng 0,07 g. Cho thấy nồng độ Zn 300 mg/kg không ảnh hưởng mấy đến sự sinh trưởng và phát triển của *Pteris vittata*. Thì khi tăng nồng độ Zn lên 600 mg/kg sinh khối giảm 1,08 g so với đối chứng, ở nồng độ 900 mg/kg sinh khối giảm chậm hơn (1,73 g so với đối chứng). Sinh khối cây giảm mạnh nhất ở nồng độ 1200 mg/kg kém hơn đối

chúng 1,89 lần (3,14 g). Nhưng đến công thức 1500 mg/kg sinh khối giảm so với công thức 1200 mg/kg chỉ là 0,12 g.



Hình 4. Hàm lượng Zn tích lũy trong thân và rễ của *Pteris vittata*

Xét khả năng tích lũy và loại bỏ Zn của *Pteris vittata* ở các nồng độ thí nghiệm (bảng 2) cho thấy. Khả năng tích lũy Zn trong thân và rễ của cây tăng khi hàm lượng Zn trong đất tăng. Tuy nhiên mức độ tăng không tỉ lệ tuyến tính với nồng độ Zn có trong đất. Khi nồng độ Zn trong đất tăng từ 300 ÷ 1500 mg/kg thì khả năng tích lũy Zn của cây chỉ tăng từ 345,46 ÷ 580,09 mg/kg đối với thân và từ 3430,70 ÷ 5380,17 mg/kg đối với rễ. Cũng giống như với thí nghiệm chống chịu Pb, khi xét tỉ lệ tích lũy Zn giữa rễ và thân của *Pteris vittata* trong các nồng độ thí nghiệm cho thấy con số này dao động không nhiều (trong khoảng 8,5 ÷ 10,5). Điều này chứng tỏ nồng độ Zn trong đất ảnh hưởng không nhiều đến tương quan tỉ lệ nồng độ Zn trong các phần của *Pteris vittata*.

Như vậy, *Pteris vittata* có khả năng chịu được với nồng độ Zn trong đất đến 1500 mg/kg. Tuy nhiên khả năng chống chịu và loại bỏ Zn tốt nhất là ở nồng độ 300 mg/kg. Vì vậy chúng tôi lựa chọn nồng độ 300 mg/kg là nồng độ sử dụng cho thí nghiệm hấp thu theo thời gian.

3.3. Khả năng tích lũy Pb và Zn theo thời gian của dương xỉ *Pteris vittata*

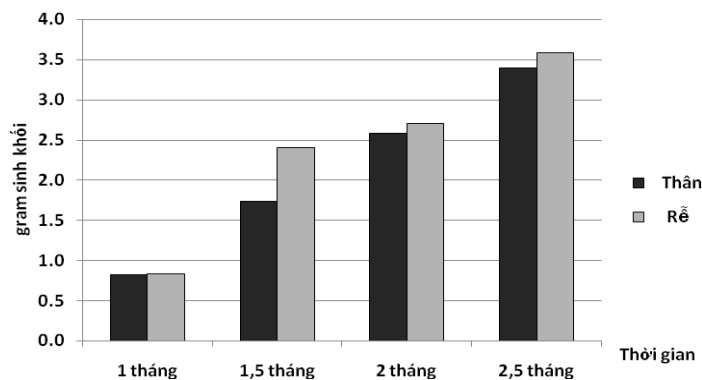
3.3.1. Khả năng tích lũy Pb theo thời gian

Bảng 3. Biến động về sinh khối, khả năng tích lũy và hiệu quả loại bỏ Pb theo thời gian của *Pteris vittata*

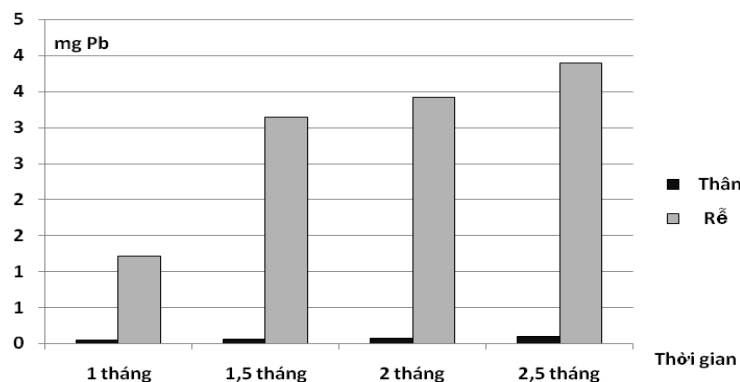
Thời gian	Sinh khối (g)		Hàm lượng Pb tích lũy (mg/kg)	
	Thân	Rễ	Thân	Rễ
1 tháng	0,83	0,84	248,377	3601,190
1,5 tháng	1,74	2,41	147,342	3267,857
2 tháng	2,58	2,71	112,500	3157,895
2,5 tháng	3,40	3,59	108,036	2714,286

Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 3 và các hình 5 cho thấy. Trong thí nghiệm này sinh khối của *Pteris vittata* tăng theo thời gian gieo trồng. Sinh khối thân và rễ thu được sau 2,5 tháng đều cao hơn 4 lần so với sinh khối của một tháng thí nghiệm. Trung bình mỗi giai đoạn thí nghiệm sinh khối thân và rễ tăng gần bằng nhau (0,86 g với thân và 0,92 g với rễ). Nhưng khi xét đến biến động về mức độ tăng sinh khối thân và rễ của mỗi giai đoạn thí nghiệm lại rất khác nhau. Nếu như sinh khối thân tăng khá đều dao động trong khoảng $0,82 \div 0,92$ g. Thì biến động về sinh khối rễ lại tăng không đều, dao động về sự tăng sinh khối trong mỗi giai đoạn thí nghiệm lớn (trong khoảng $0,3 \div 1,57$ g).

Ngược lại với quá trình tăng sinh khối, khả năng tích lũy Pb của *Pteris vittata* lại giảm dần theo thời gian. Khả năng tích lũy lớn nhất trong khoảng một tháng đầu của thí nghiệm (đạt 248,28 mg/kg với thân và 3601,19 mg/kg với rễ). Sau đó ở giai đoạn 1,5 tháng, khả năng tích lũy giảm còn 147,342 mg/kg với thân và 3267,857 mg/kg với rễ (giảm 101,04 mg/kg ở thân và 333,33 mg/kg ở rễ). Những giai đoạn tiếp theo khả năng tích lũy của *Pteris vittata* vẫn tiếp tục giảm, tuy nhiên khả năng Pb tích lũy ở thân giảm chậm và có xu hướng chững lại ở giai đoạn $2 \div 2,5$ tháng. Trong khi đó khả năng tích lũy Pb ở rễ lại giảm mạnh nhất ở giai đoạn này.



Hình 5. Biến động về sinh khối của *Pteris vittata* trong thí nghiệm hấp thu Pb theo thời gian



Hình 6. Hiệu quả loại bỏ Pb theo thời gian

Mặc dù khả năng tích lũy Pb giảm dần theo thời gian nhưng lượng Pb được loại bỏ khỏi đất (hay hiệu quả hấp thu Pb của *Pteris vittata*) lại tăng dần do sự tăng trưởng về sinh khối của

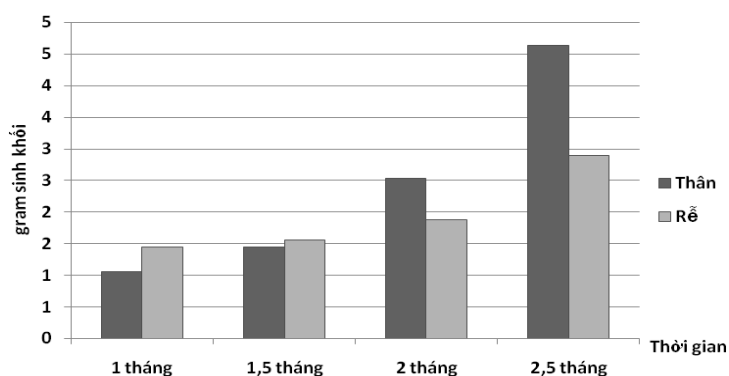
cây. Tuy nhiên lượng Pb tập trung ở trên thân ít hơn rất nhiều so với lượng Pb ở trong rễ. Tỉ lệ giữa lượng Pb trong rễ với lượng Pb trong thân tăng từ 14,76 lần ở tháng thứ nhất đến 30,07 lần ở tháng thứ 2 và kết thúc thí nghiệm tỉ lệ này là 25,47 lần.

3.3.2. Khả năng tích lũy Zn theo thời gian

Bảng 4. Biến động về sinh khối, khả năng tích lũy và hiệu quả loại bỏ Zn theo thời gian của *Pteris vittata*

Thời gian	Sinh khối (g)		Hàm lượng Zn tích lũy (mg/kg)	
	Thân	Rễ	Thân	Rễ
1 tháng	1,06	1,45	730,838	5673,009
1,5 tháng	1,45	1,56	525,108	5209,397
2 tháng	2,53	1,88	336,364	4451,350
2,5 tháng	4,64	2,90	242,424	3475,936

Từ kết quả bảng 4 và hình 7 cho thấy sinh khối của *Pteris vittata* trong thí nghiệm tích lũy Zn tăng theo thời gian. Tốc độ tăng sinh khối trên thân khá nhanh, nếu như trong giai đoạn từ 1 ÷ 1,5 tháng sinh khối thân tăng không đáng kể (0,39 g). Thì đến giai đoạn 2 tháng đã tăng được 1,09 g và khi kết thúc thí nghiệm sinh khối thu được đạt 4,64 g, gấp gần 2 lần sinh khối thu được ở tháng thứ 2 và gấp 4,4 lần sinh khối ở tháng thứ nhất. Trái với sự tăng nhanh sinh khối ở thân, sinh khối ở rễ lại tăng chậm. Trong giai đoạn từ 1 ÷ 2 tháng sinh khối rễ chỉ tăng được 0,43 g. Chỉ đến giai đoạn từ 2 ÷ 2,5 tháng sinh khối rễ mới tăng đáng kể (cao hơn 1,12 g so với sinh khối ở tháng thứ hai và gấp 2 lần so với sinh khối ở tháng thứ nhất). Tuy nhiên, khi kết thúc thí nghiệm thì sinh khối rễ vẫn thấp hơn so với sinh khối thân 1,6 lần.

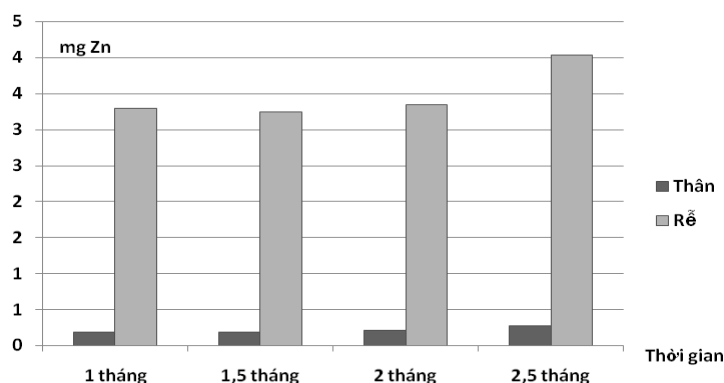


Hình 7. Biến động về sinh khối của *Pteris vittata* trong thí nghiệm hấp thu Zn theo thời gian

Xét đến khả năng tích lũy và loại bỏ Zn, có thể nhận thấy khả năng tích lũy Zn giảm dần theo thời gian, quá trình giảm khá đều và rõ ràng hơn so với thí nghiệm đối với Pb. Tốc độ giảm cũng khá nhanh, nếu như ở tháng đầu của thí nghiệm khả năng tích lũy là 730,838 mg/kg đối với thân và 5673,009 mg/kg đối với rễ thì đến tháng thứ hai con số này là 336,364 mg/kg

và 4451,35 mg/kg. Khi kết thúc thí nghiệm khả năng tích lũy ở thân chỉ còn 242,424 mg/kg và ở rễ là 3475,936 mg/kg (kém 3 lần so thân và 1,6 lần với rễ của tháng đầu thí nghiệm).

Giống như ở thí nghiệm Pb, hiệu quả loại bỏ Zn trong thân và rễ cũng tăng theo thời gian. Hiệu quả loại bỏ rõ ràng nhất trong giai đoạn 1,5 ÷ 2,5 tháng với thân (lượng Zn tăng 0,190 ÷ 0,281 mg) và 2 ÷ 2,5 tháng với rễ (lượng Zn tăng 3,341 ÷ 4,037 mg). Xét tỉ lệ Zn tích lũy trong rễ với lượng Zn trong thân ở các giai đoạn thí nghiệm cho thấy, con số này khá ổn định và dao động trong khoảng 9,0 ÷ 10,7. Điều này chứng tỏ khả năng hấp thu và vận chuyển Zn lên thân của *Pteris vittata* ít thay đổi theo thời gian thí nghiệm



Hình 8. Hiệu quả loại bỏ Zn theo thời gian

Kết quả nghiên cứu thu được cho thấy khả năng chống chịu và hấp thu Pb và Zn của dương xỉ *P. Vittata* là khá tốt, bên cạnh khả năng hấp chống chịu và hấp thu As rất tốt của loài cây này.

4. KẾT LUẬN

Pteris vittata có khả năng chống chịu Pb trong đất đến nồng độ 3000 mg/kg đất, trong đó khả năng hấp thu và tích lũy Pb tốt nhất ở nồng độ < 1000 mg/kg đất.

Đối với thí nghiệm chống chịu Zn, *Pteris vittata* có khả năng chống chịu đến nồng độ 1500 mg Zn/kg đất. Khả năng hấp thu và tích lũy Zn tốt nhất ở nồng độ 300 mg/kg.

Khả năng tích lũy Pb, Zn đều giảm theo thời gian, tuy nhiên hiệu quả loại bỏ Pb, Zn lại tăng do sinh khối tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tiến Cư, Trần Văn Tựa, Đặng Đình Kim, Đỗ Tuấn Anh, Lê Thu Thủy - Nghiên cứu khả năng xử lí chì (Pb) trong đất ô nhiễm bằng cây cỏ Vetiver zizanioides, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học Công nghệ môi trường-Nghiên cứu và ứng dụng. Kỉ niệm 5 năm thành lập Viện công nghệ môi trường, Viện KH &CN Việt Nam, Hà Nội, 29-30/10/2007, 2007, pp. 308-312.
2. Diệp Thị Mỹ Hạnh, E. Garnier Zarli, Lantana Camara L. - Thực vật có khả năng hấp thụ Pb trong đất để giải ô nhiễm, Tạp chí Phát triển khoa học và Công nghệ **10** (1) (2007).

3. Trần Văn Tựa, Đỗ Tuấn Anh, Nguyễn Trung Kiên, Lưu Thị Thu Giang, Đặng Đình Kim, Trần Ngọc Ninh - Một số dẫn liệu về khả năng tích lũy Asen của cây dương xỉ, Hội nghị khoa học toàn quốc những vấn đề nghiên cứu cơ bản trong khoa học sự sống, Đại học Quy Nhơn, 18/8/2007.
4. Burns R. G., Rogers S., and McGhee I. - In Contaminants and the Soil Environment in the Australia Pacific Region– Kluwer Academic Publishers, London, 1996, pp. 361-410.
5. Ma J. Q., M. Komar, C. Tu, W. Zhang, Y. Cai, and E. D. Kenelley - A fern that hyperaccumulates Arsenic, Nature **409** (2001) 509.

SUMMARY

Phytoremediation is a new treatment technique in pollution which has been studying and developing in recent years. In comparison to the other techniques, this is proved to be more effective, economical and be able to prevent negative consequences. The results from the experiment named “the study about the resistibility and absorptivity of the *Pteris vittata* fern to Pb and Zn” have shown that *Pteris vittata* can be able to resist Pb contained in the earth at a concentration of 3000 mg/kg, despite the fact that its best level of Pb resistance and absorptivity is less than 1000 mg/kg of earth. In the case of Zn, this fern species can withstand to a concentration of 1500 mg/kg of earth. Whereas, *Pteris Vittata* can absorb and store up the most when the Zn concentration in earth is 300 mg/kg. The content of Pb and Zn in fronds and roots of *Pteris Vittata* increases when the concentration of these two elements in earth rises up.

Pteris vittata’s ability to store Pb and Zn is reduced by time, however, the effectiveness to eliminate these two elements increases as a consequence of increasing its biomass.