

NGHIÊN CỨU VÀ LỰA CHỌN MỘT SỐ THỰC VẬT CÓ KHẢ NĂNG HẤP THU CÁC KIM LOẠI NẶNG (Cr, Cu, Zn) TRONG Bùn NẠO VẾT KÊNH TÂN HÓA - LÒ GÓM

Đông Thị Minh Hậu⁽¹⁾, Hoàng Thị Thanh Thủy⁽²⁾, Đào Phú Quốc⁽²⁾

(1) Chi cục Bảo vệ Môi trường khu vực Đông Nam Bộ

(2) Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG - HCM

(Bài nhận ngày 15 tháng 09 năm 2007, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 01 năm 2008)

TÓM TẮT: Bài viết trình bày các kết quả nghiên cứu bước đầu khả năng sử dụng thực vật cải tạo bùn nạo vét kênh rạch bị ô nhiễm kim loại nặng (KLN). Cây Bắp (*Zea mays* L.) và Cỏ Voi (*Pennisetum purpureum*) là hai loài thực vật đã được lựa chọn để nghiên cứu khả năng hấp thu KLN trong bùn kênh Tân Hóa - Lò Gốm. Tổng hàm lượng Cr, Cu, Zn trong bùn là 2656 mg/kg, 1551 mg/kg và 2463 mg/kg. Sau 6 tuần lượng kim loại nặng (Cr, Cu và Zn) tích lũy trong Cây Bắp là 456 mg/kg, 429 mg/kg và 1327 mg/kg; còn trong Cỏ Voi là 519 mg/kg, 458 mg/kg và 1136 mg/kg. Sau 12 tuần, lượng kim loại nặng (Cr, Cu và Zn) tích lũy trong rễ Cây Bắp là 584 mg/kg, 536 mg/kg và 1669 mg/kg; còn trong Cỏ Voi là 697 mg/kg, 564 mg/kg và 1460 mg/kg. Các kim loại nặng có xu hướng tích lũy trong rễ, cao hơn 5.1÷130 lần trong thân Cỏ Voi và Bắp, thể hiện nguy cơ xâm nhập vào chuỗi thức ăn là rất hạn chế. Do đó, khả năng áp dụng giải pháp công nghệ sinh học môi trường - sử dụng thực vật (phytotechnology) để cải tạo bùn nạo vét/ đất bị ô nhiễm Cr, Cu, Zn là rất có triển vọng.

Từ khóa: bùn nạo vét, ô nhiễm kim loại nặng, công nghệ sinh học môi trường

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguồn nước kênh rạch tại Tp. Hồ Chí Minh đang chịu sự ô nhiễm nghiêm trọng phần lớn do các chất thải từ hoạt động sinh hoạt, sản xuất công nghiệp và tiểu thủ công nghiệp hầu như không được xử lý đạt tiêu chuẩn mà thải trực tiếp xuống hệ thống kênh rạch [3].

Thành phần và đặc tính của bùn lắng chủ yếu là chất hữu cơ chiếm tỷ lệ rất lớn từ 70-80% và một số KLN với nồng độ cao [2, 4]. Ô nhiễm từ bùn đáy kênh rạch là rất cao và ngày càng gia tăng vượt tiêu chuẩn cho phép nhiều lần, đặc biệt là ô nhiễm kim loại nặng nhưng chưa có biện pháp quản lý, xử lý chúng thích hợp.

Những phương pháp truyền thống hiện đang áp dụng để xử lý KLN có hại trong bùn thải bao gồm các quá trình vật lý và hóa học, xử lý nhiệt (thiêu đốt), hay phương pháp chôn lấp,... Hầu hết các phương pháp đều ứng dụng công nghệ phức tạp, tuy tốc độ xử lý các chất ô nhiễm nhanh nhưng ngược lại chúng đều khá tốn kém về kinh phí,... Phương pháp loại bỏ KLN từ những vùng bị ô nhiễm bằng giải pháp công nghệ sinh học môi trường - sử dụng các loài thực vật có khả năng chống chịu và tích lũy KLN là giải pháp thân thiện với môi trường, đơn giản, dễ triển khai và hiệu quả về kinh tế.

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. Họ đã thống kê có khoảng 400 loài cây có khả năng siêu tích lũy kim loại nặng [8]. Ở Việt Nam, việc nghiên cứu dùng thực vật trong xử lý đất bị ô nhiễm cũng đã được thực hiện bởi TS. Diệp Thị Mỹ Hạnh và các cộng sự đã đạt được nhiều kết quả khả quan [1].

Phương pháp xử lý dùng thực vật được phát triển với nhiều cách thức áp dụng khác nhau trong việc làm sạch môi trường, và có thể được phân loại thành nhiều cơ chế. Trong đó, 3 cơ chế tách chiết bằng thực vật (Phytoextraction), làm ổn định bằng thực vật (Phytostabilization)

và bay hơi bằng thực vật (Phytovolatilization) thường được áp dụng để xử lý ô nhiễm KLN trong đất, trầm tích và bùn thải [5].

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp xác định khả năng hấp thu các KLN của thực vật

2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Mẫu bùn đáy kênh Tân Hóa – Lò Gốm (TH-LG) được lấy gần cầu Hậu Giang – Quận 6 và mẫu bùn không ô nhiễm (đối chứng) được lấy ở phường Long Trường – Quận 9.

Các giống cây: cây bắp (Zea mays L.), cỏ nền (Typha angustifolia L.), cây sậy (Phragmites vallisneria), cây so đũa (Sesbania grandiflora L.) và cỏ voi (Pennisetum purpureum).

2.1.2. Trồng thực vật trong môi trường nghiên cứu và lấy mẫu phân tích

Mỗi loài thực vật nghiên cứu trồng trong 6 chậu, mỗi chậu chứa 5kg bùn TH-LG. Tiến hành trồng thực nghiệm trong thời gian 6 và 12 tuần và so sánh với mẫu đối chứng (ĐC).

2.1.3. Các chỉ tiêu theo dõi

Giai đoạn 1: theo dõi khả năng sống sót của các thực vật trên môi trường bị ô nhiễm kim loại nặng. Các thông số theo dõi: chiều cao, số chồi, tỷ lệ cây sống/cây trồng.

Giai đoạn 2: xác định khả năng xử lý của loài thực vật sau 6 và 12 tuần. Các thông số theo dõi đầu và cuối chu kỳ: đất (KLN dạng tổng), thực vật (chiều cao, trọng lượng tươi, trọng lượng khô, KLN dạng tổng).

2.2. Phương pháp phân tích hàm lượng kim loại nặng

- Mẫu thực vật: giữ sạch đất, rửa sạch, tách riêng phần rễ và thân + lá, sau đó cắt nhỏ, sấy khô mẫu đến độ khô tuyệt đối, nghiền nhỏ thành bột.

- Mẫu bùn: được rây ướt qua rây có kích thước 63µm, cỡ hạt thu sau rây được phơi khô ở nhiệt độ phòng, nghiền bằng cối sứ thành bột.

- Tổng hàm lượng: cân chính xác một lượng mẫu khoảng 5g, đun nóng mẫu trong hỗn hợp 50ml axit HClđđ v HNO3đđ theo tỷ lệ 3:1. Mẫu được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp thu nguyên tử ngọn lửa (AAS) ở những bước sóng hấp thu tối ưu cho từng nguyên tố.

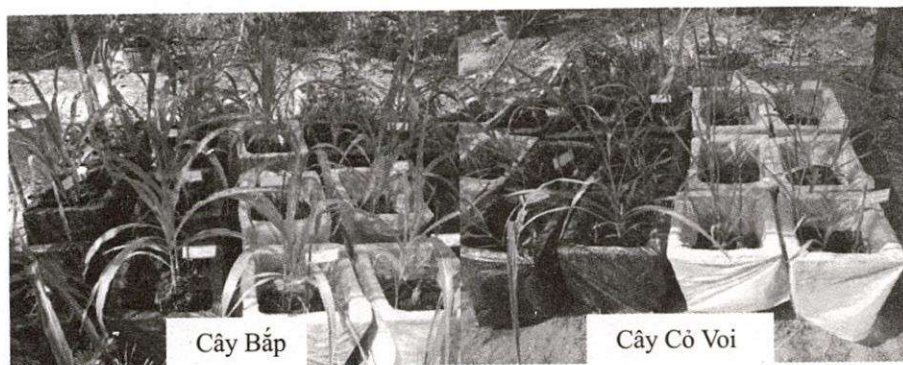
3. KẾT QUẢ

3.1. Giai đoạn 1

Sau 3 tuần trồng trực tiếp trên môi trường nghiên cứu (bùn Tân Hóa – Lò Gốm), tỷ lệ sống sót của cây bắp và cỏ voi đều đạt 100%; trong khi đó cây cỏ nền, cây sậy và cây so đũa khá thấp, chỉ đạt 66,7% và 34,6%.

Bảng 1: Kết quả nghiên cứu các chỉ tiêu sinh học của cây

	Thời gian	Bắp	Cỏ nền	Sậy	So Đũa	Cỏ Voi
Tốc độ tăng trưởng (cm)	Ban đầu	36,7	40	20	12	24,3
	3 tuần	84,7	76,5	26	20	54,8
	Tỷ lệ	2,3	1,9	1,3	1,7	2,3
Tỷ lệ sống sót (%)	3 tuần	100	66,7	66,7	34,6	100

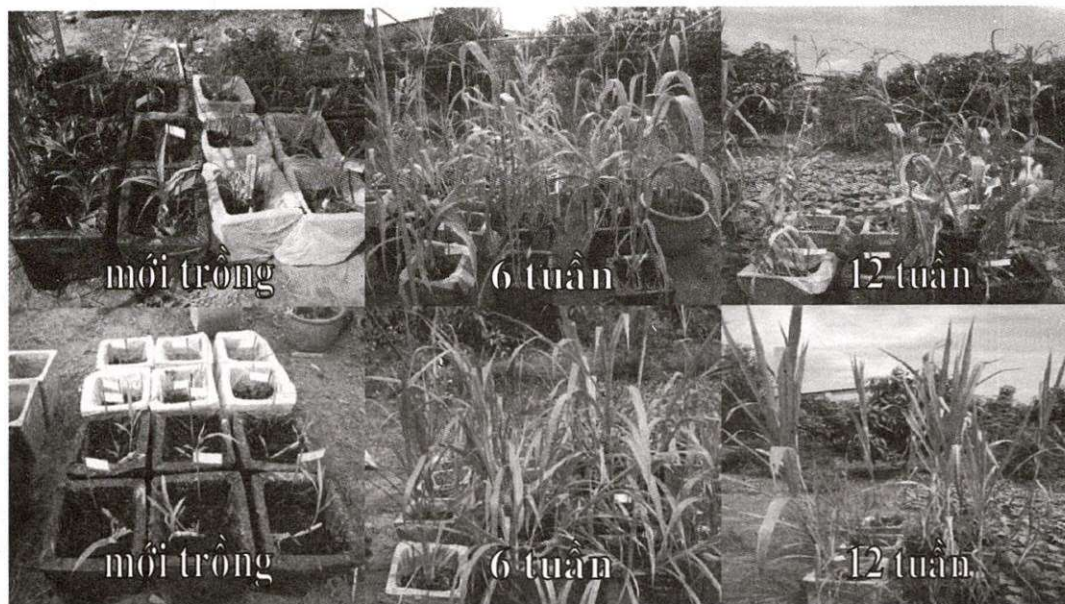


Hình 1. Bắp và Cỏ Voi sau 3 tuần trồng trên môi trường TH□LG vàĐC

Dựa vào kết quả trên, chọn 2 loài cây có tỷ lệ sống sót và tốc độ tăng trưởng cao nhất là Cây Bắp và Cây Cỏ Voi để tiến hành nghiên cứu bước tiếp theo, theo dõi hiệu quả xử lý KLN của chúng trong thời gian 12 tuần.

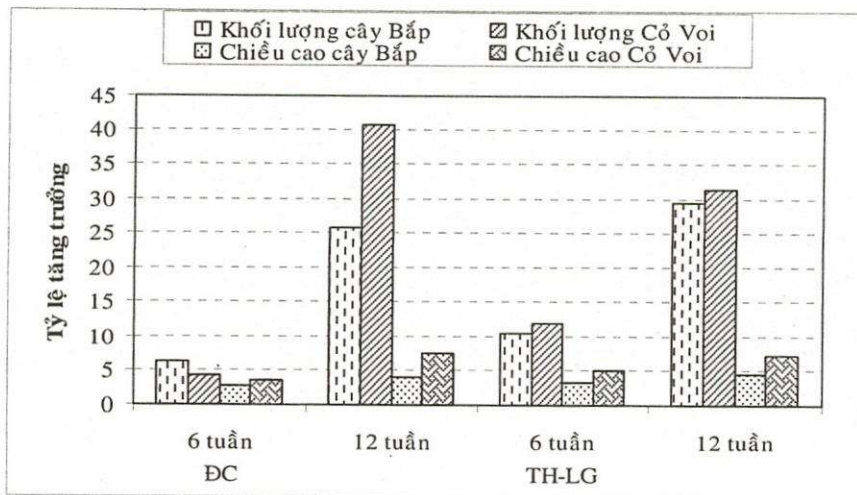
3.2. Giai đoạn 2

Để xác định khả năng hấp thu các kim loại nặng (Cr, Cu, Zn) của Cây Bắp và Cây Cỏ Voi, nhóm tác giả đã tiến hành trồng hai loại cây này trong môi trường bùn kênh Tân Hóa – Lò Gốm có chứa 2656 mg/kg Cr, 1551 mg/kg Cu và 2463 mg/kg Zn trong 6 tuần và 12 tuần, đồng thời trồng hai loại cây này trong môi trường bùn không ô nhiễm các KLN để làm đối chứng.



Hình 2. Các giai đoạn phát triển của cây Bắp và Cỏ Voi

Sau 6 tuần và 12 tuần trồng trên môi trường thí nghiệm, tốc độ phát triển của hai cây đều tăng theo thời gian. Cây Cỏ Voi có tốc độ gia tăng sinh khối trung bình và chiều cao trung bình lớn hơn cây Bắp trong cả hai môi trường (hình 3).



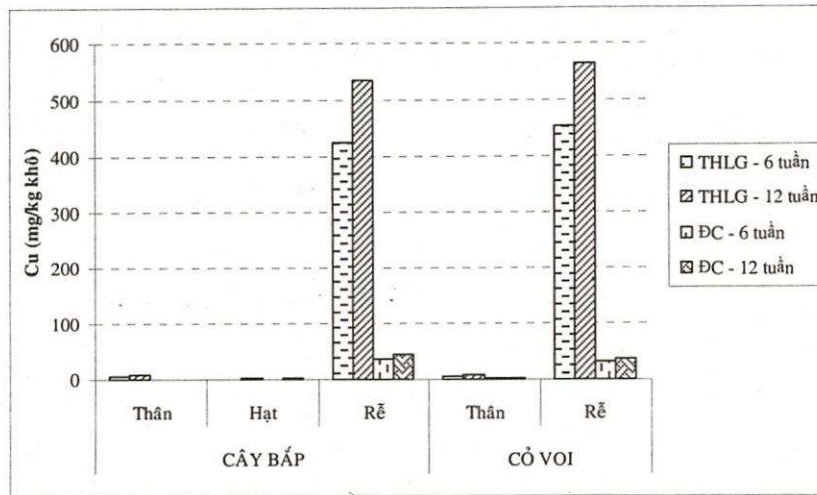
Hình 3. Tỷ lệ tăng trưởng khối lượng khô và chiều cao trung bình của cây Bắp và Cỏ Voi sau 6 tuần và 12 tuần

Kết quả sau khi trồng thực nghiệm 6 và 12 tuần (bảng 2) cho thấy có sự biến động hàm lượng Cr, Cu và Zn tích lũy trong cây, khả năng tích lũy mỗi kim loại của mỗi cây là khác nhau. Tổng hàm lượng Zn trung bình tích lũy trong cây Bắp và Cỏ Voi trên môi trường TH-LG cao hơn tổng hàm lượng Cu, Cr tích lũy từ 2,2 ÷ 4,8 lần.

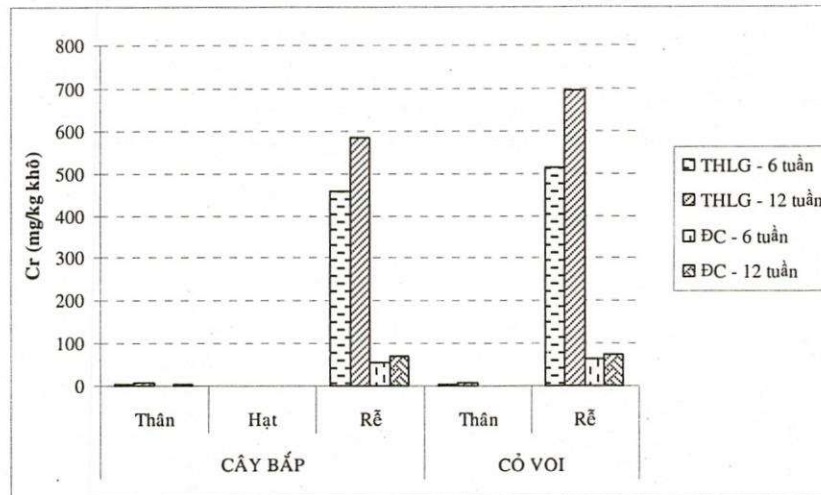
Bảng 2: Tổng hợp hàm lượng KLN tích lũy trong các bộ phận cây theo thời gian

Loài cây	Môi trường	Cu (mg/kg khô)		Cr (mg/kg khô)		Zn (mg/kg khô)	
		6 tuần	12 tuần	6 tuần	12 tuần	6 tuần	12 tuần
Cây Bắp	ĐC	37,72	49,28	57,3	73,36	115	193
	TH-LG	429	547	461	592	1587	2037
Cỏ Voi	ĐC	33,73	40,82	65,06	77,36	192	238
	TH-LG	458	572	519	703	1136	1549

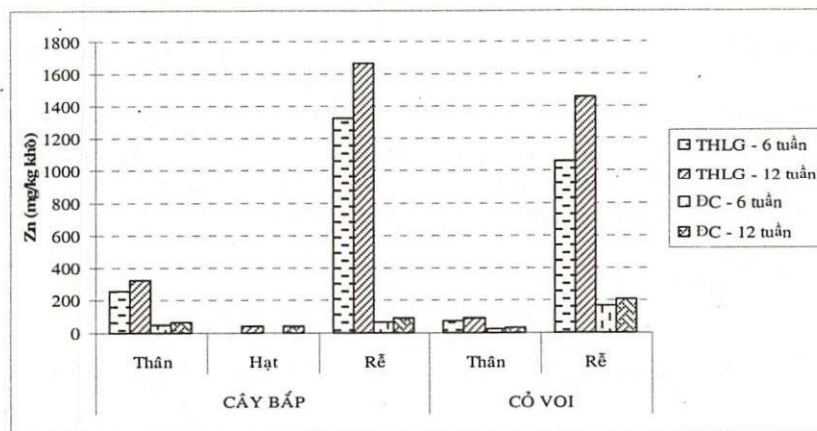
Hàm lượng Cr, Cu, Zn tích lũy trong các bộ phận cây sau 6 và 12 tuần được thể hiện trong các hình 4, 5 và 6. Hàm lượng các KLN tích lũy trong các bộ phận thân, hạt, rễ (Cây Bắp) và thân, rễ (Cỏ Voi) có xu hướng tăng dần theo thời gian. Tất cả ba kim loại đều tích lũy nhiều nhất trong rễ, rồi đến thân và hạt. Trong môi trường TH-LG, cây Bắp tích lũy các KLN trong rễ cao gấp 5,1 ÷ 100 lần trong thân, còn trong rễ cây Cỏ Voi cao gấp 13,9 – 130 lần trong thân. Tỷ lệ tích lũy trong rễ/ thân thấp nhất đối với kim loại Zn và cao nhất đối với Cr. Tỷ lệ tích lũy rễ/thân của Zn trong cây Bắp đạt giá trị nhỏ nhất cho thấy hàm lượng Zn tích lũy trong thân cây Bắp cao hơn trong Cỏ Voi và cao hơn Cu, Cr. Nguyên nhân vì Zn là một kim loại ít gây độc cho thực vật, Zn được vận chuyển từ rễ lên thân và tích lũy ở thân với nồng độ cao mà không gây ảnh hưởng đến sự phát triển của cây. Kết quả của đề tài cũng tương tự như kết quả khảo sát đã được thực hiện bởi Roger D. Reeves và Alan J. M. Baker (2000), nồng độ kim loại nặng trung bình trong lá cây của một số loài thực vật là Zn: 20 ÷ 400 mg/kg, Cu: 5÷25mg/kg và Cr: 0,2÷5mg/kg [10].



Hình 4. Hàm lượng Cu (mg/kg) tích lũy trong các bộ phận của cây theo thời gian



Hình 5. Hàm lượng Cr (mg/kg) tích lũy trong các bộ phận của cây theo thời gian



Hình 6. Hàm lượng Zn (mg/kg) tích lũy trong các bộ phận của cây theo thời gian

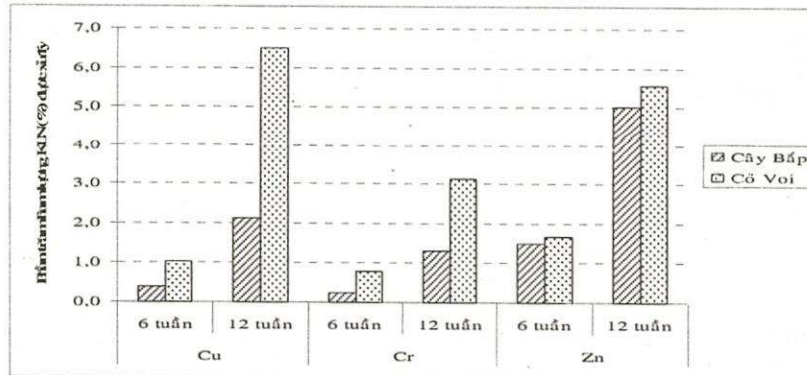
Hiệu quả xử lý Cr, Cu và Zn trong bùn TH-LG được thể hiện bằng các kết quả phân tích hàm lượng các kim loại trong môi trường trước và sau khi trồng cây.

Bảng 3: Tổng hợp hàm lượng KLN trong môi trường thí nghiệm theo thời gian

Loài cây	Môi trường	Cu (mg/kg khô)			Cr (mg/kg khô)			Zn (mg/kg khô)		
		Ban đầu	6 tuần	12 tuần	Ban đầu	6 tuần	12 tuần	Ban đầu	6 tuần	12 tuần
Cây Bắp	ĐC	32,19	31,68	31,36	45,25	44,78	43,41	97,3	95,99	93,71
	TH-LG	1551	1545	1518	2656	2650	2621	2463	2426	2339
Cỏ Voi	ĐC	32,19	31,7	27,57	45,25	44,46	35,84	97,3	94,55	68,1
	TH-LG	1551	1535	1450	2656	2635	2573	2463	2422	2326

Kết quả trong bảng trên cho thấy có sự biến đổi nồng độ các KLN trong môi trường đất theo thời gian. Lượng KLN tích lũy dần vào cây theo thời gian đã làm cho nồng độ Cr, Cu, Zn trong môi trường đất giảm.

Hình 7 biểu diễn phần trăm hàm lượng KLN được loại bỏ khỏi môi trường TH-LG sau khi trồng thực nghiệm 6 và 12 tuần. Các môi trường trồng Cỏ Voi đều cho kết quả phần trăm hàm lượng KLN (Cr, Cu, Zn) được loại bỏ cao hơn các môi trường trồng Bắp. Môi trường TH-LG trồng Cỏ Voi có hiệu quả loại bỏ Cu khỏi bùn cao nhất (6,5%).



Hình 7. Phần trăm hàm lượng (%) Cr, Cu, Zn được loại bỏ khỏi môi trường TH-LG

Mối tương quan giữa khả năng hấp thu kim loại của cây và sự giảm hàm lượng của kim loại đó trong môi trường được thể hiện qua hệ số tích lũy sinh học. Hệ số tích lũy sinh học - Bioconcentration factor (BCF) của một kim loại là hệ số giữa tổng lượng kim loại có trong cây với lượng kim loại có trong môi trường. Hệ số càng cao thì hiệu quả xử lý kim loại càng lớn.

$$BCF = \frac{\text{Hàm lượng KLN tích lũy trong cây}}{\text{Hàm lượng KLN trong đất}}$$

Hệ số tích lũy sinh học của cây Bắp và Cỏ Voi đều có sự gia tăng theo thời gian (bảng 4).

Bảng 4: Hệ số tích lũy sinh học sau 6 tuần và 12 tuần

Loài cây	Hệ số tích lũy sinh học					
	Cu (BCF-1)		Cr (BCF-2)		Zn (BCF-3)	
	6 tuần	12 tuần	6 tuần	12 tuần	6 tuần	12 tuần
Cây Bắp	0,28	0,35	0,17	0,22	0,64	0,83
Cỏ Voi	0,30	0,37	0,20	0,26	0,46	0,63

Dựa vào bảng trên cho thấy, trong cả hai giai đoạn, Cỏ Voi tích lũy Cr và Cu cao hơn Cây Bắp, ngược lại khả năng tích lũy Zn của Cỏ Voi lại thấp hơn Cây Bắp.

So sánh với kết quả đã được các tác giả trên thế giới công bố [6, 7, 9], hai loài Bắp và Cỏ Voi tích lũy KLN trong rễ nhiều hơn trong thân, điều này cũng đã được tìm thấy tương tự trong các kết quả nghiên cứu của đề tài này.

Ở Việt Nam, cây Bắp và Cỏ Voi khá phổ biến, tuy nhiên chưa có một nghiên cứu nào sử dụng trực tiếp hai loài cây này trong xử lý bùn nạo vét kênh rạch bị ô nhiễm KLN.

Với kết quả nghiên cứu đạt được của đề tài, cây Bắp và Cỏ Voi là hai thực vật rất có triển vọng trong lĩnh vực công nghệ sinh học môi trường - sử dụng thực vật (phytotechnology) để xử lý bùn và đất bị ô nhiễm KLN (Cr, Cu, Zn) ở nước ta: không những giảm các rủi ro cho sức khỏe con người từ sự ô nhiễm KLN trong môi trường mà sản phẩm sinh ra sau quá trình xử lý còn đem đến những lợi ích khác. Ví dụ, sinh khối sau khi thu hoạch có thể sử dụng trực tiếp như một nguồn nhiên liệu (thân cây) sinh năng lượng hay dùng làm nguyên liệu (hạt bắp) trong ngành sản xuất ethanol sinh học, làm giảm việc sử dụng các nhiên liệu hóa thạch.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đưa ra một số kết luận như sau:

➤ Cây Bắp và Cỏ Voi có thể sống và phát triển bình thường trên môi trường bùn nạo vét kênh Tân Hóa – Lò Gốm bị ô nhiễm các kim loại nặng (Cr, Cu, Zn).

➤ Tốc độ phát triển trên môi trường TH-LG của hai cây khá nhanh, sinh khối của Cỏ Voi cao hơn cây Bắp. Sau 6 tuần và 12 tuần, sinh khối cây Cỏ Voi là 74,8g và 197g; tương ứng cây Bắp là 47g và 133g.

➤ Khả năng tích lũy Cr và Cu của cây Cỏ Voi cao hơn cây Bắp nhưng ngược lại khả năng tích lũy Zn của Cỏ Voi lại thấp hơn: hàm lượng Cu tích lũy trong cây Cỏ Voi sau 6 và 12 tuần là 458mg/kgDW và 572 mg/kgDW, tương ứng trong cây Bắp là 429mg/kgDW và 547mg/kgDW; hàm lượng Cr tích lũy trong cây Cỏ Voi sau 6 và 12 tuần là 519mg/kgDW và 703 mg/kgDW, tương ứng trong cây Bắp là 461mg/kgDW và 592mg/kgDW; hàm lượng Zn tích lũy trong cây Cỏ Voi sau 6 và 12 tuần là 1136mg/kgDW và 1549mg/kgDW, tương ứng trong cây Bắp là 1587mg/kgDW và 2037mg/kgDW.

➤ Cây Bắp và Cỏ Voi đều không là cây siêu tích lũy, chúng tích lũy các KLN theo cơ chế ổn định bằng thực vật. Hàm lượng KLN tích lũy trong rễ cao hơn trong thân nhiều lần: cây Bắp tích lũy trong rễ cao gấp 5,1 – 100 lần trong thân, tương ứng cây Cỏ Voi là 13,9 – 130 lần. Tỷ lệ tích lũy Zn trong rễ/ thân cây Bắp là 5,1 lần - đạt giá trị nhỏ nhất. Sinh khối của hai loài cây thu được là rất lớn, cho nên có thể sử dụng cả hai loài thực vật này để xử lý bùn nạo vét và đất bị ô nhiễm kim loại nặng. Đây là một phương pháp xử lý đơn giản, thân thiện với môi trường, chi phí thấp. Ngoài ra sự vận chuyển các KLN độc hại từ rễ lên thân rất thấp nên sinh

khối sau thu hoạch không gây nguy hiểm cho chuỗi thức ăn, có thể sử dụng có ích cho các mục đích khác (thức ăn cho gia súc, sản xuất năng lượng,...).

STUDY AND SELECT PLANTS FOR PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METALS (Cr, Cu, Zn) CONTAMINATED SEDIMENT FROM TAN HOA – LO GOM CANAL

Dong Thi Minh Hau⁽¹⁾, Hoang Thi Thanh Thuy⁽²⁾, Đao Phu Quoc⁽²⁾

(1) Chi cục Bảo vệ Môi trường khu vực Đông Nam Bộ

(2) Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG -HCM

ABSTRACT: *The article presents first results of phytotechnology to remove heavy metals from dredged sediment in Tan Hoa-Lo Gom Canal, HCM City. Maize (*Zea mays* L.) and elephant grass (*Pennisetum purpureum*) were selected to assess the heavy metal absorption capacity. Total concentrations of Cr, Cu and Zn in dredged sediments were 2656 mg/kg, 1551 mg/kg, and 2463 mg/kg. After a growth period of 6 weeks, the heavy metals (Cr, Cu, Zn) concentrations were 456 mg/kg, 429 mg/kg and 1327 mg/kg in the maize, and 519 mg/kg, 458mg/kg and 1136 mg/kg in the elephant grass, respectively. After a growth period of 12 weeks, the heavy metals (Cr, Cu, Zn) concentrations were 584 mg/kg, 536 mg/kg and 1668 mg/kg in the maize root, respectively 697 mg/kg, 564 mg/kg and 1460 mg/kg in the elephant grass. Most of heavy metals (Cr, Cu and Zn) were accumulated in roots, 5.1÷130 times concentration higher than in shoots of maize and elephant grass. Results showed that these species could be used for phytotechnology of sediment/soil contaminated by Cr, Cu and Zn, with the minor risk of transferring toxic metals into the food chain.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Diệp Thị Mỹ Hạnh, *Khảo sát một số loài thực vật có khả năng tích lũy chì (Pb) và Cadmium (Cd) từ môi trường đất*, Trường Đại học Khoa học tự nhiên Tp. HCM (2003).
- [2]. Hoàng Thị Thanh Thùy, *Nghiên cứu khả năng ứng dụng cỏ vetiver vào xử lý trầm tích sông rạch bị ô nhiễm ở Tp. HCM*, Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (2005).
- [3]. Nguyễn Đình Tuấn, *Chất lượng nước kênh rạch tại Tp Hồ Chí Minh – Hiện trạng và thách thức*, Báo cáo hội thảo “Phát triển bền vững thành phố xanh trên lưu vực sông”, 5/2005, pp. 8 - 9 (2005).
- [4]. Lâm Minh Triết, *Nghiên cứu các biện pháp bảo vệ môi trường trong hoạt động nạo vét, vận chuyển và đổ bùn lắng Thành phố Hồ Chí Minh*, Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (2000).
- [5]. EPA, *Introduction to Phytoremediation*, National Risk Management Research Laboratory, EPA/600/R-99/107, pp. 14-51 (2000)

- [6]. Denaix L., *Contribution of contaminated depth soil layers on the Cd, Cu, Pb and Zn uptake by maize*, 8th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Adelaide – Australia (3-7th April 2005).
- [7]. H.P. Xia, *Ecological rehabilitation and phytoremediation with four grasses in oil shale mined land*, Chemosphere 54, pp. 345-353 (2004).
- [8]. Majeti Narasimha Vara Prasad and Helena Maria de Oliveira Freitas, *Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity prospecting for phytoremediation technology*, Electric Journal of Biotechnology, Vol. 6, No. 3 (2003).
- [9]. M. Pogrzeba, *Heavy metal removal from municipal sewage sludges by phytoextraction*, the 2001 International Containment & Remediation Technology Conference and Exhibition (2001).
- [10]. Roger D. Reeves and Alan J. M. Baker, *Metals – Accumulating Plants, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment*, Edited by Ilya Raskin and Burt D. Ensley, John Wiley & Sons, Inc, pp. 194, (2000).