

***Solanum nigrum* L., THỰC VẬT CÓ KHẢ NĂNG XỬ LÝ ĐẤT Ô NHIỄM CADMIUM**

Nguyễn Thành Hưng

Khoa Tài nguyên và Môi trường, Đại học Thủ Dầu Một, Bình Dương

Email: hungphuocan@gmail.com

Ngày gửi bài: 15.03.2016

Ngày chấp nhận: 15.07.2016

TÓM TẮT

Thí nghiệm được tiến hành từ tháng 3 - 6 năm 2015 trên đối tượng *Solanum nigrum* L. (*S. nigrum*) về khả năng xử lý kim loại nặng (KLN) Cadmium (Cd) thông qua thí nghiệm trồng cây trong chậu. Kết quả thu được ở nồng độ Cd 10 - 25 mg/kg đất, sinh khối *S. nigrum* so với CK (đối chứng) không có sự sai khác đáng kể ($P < 0,05$) đồng thời nồng độ KLN Cd phần trên mặt đất lớn hơn 100 mg/kg sinh khối khô, hệ số TF > 1 và BF > 10. Kết quả nghiên cứu này đã chứng minh *S. nigrum* là cây siêu tích lũy Cd. Đây là một phát hiện quan trọng góp phần giải quyết các vấn đề ô nhiễm Cd và làm cơ sở cho việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ thực vật xử lý ô nhiễm vào tình hình cụ thể.

Từ khoá: *Solanum nigrum* L., xử lý đất ô nhiễm, thực vật siêu tích lũy, cadmium.

Solanum nigrum* L., A Plant Capable of Treating Cadmium Contaminated Soil*ABSTRACT**

A study of Cadmium (Cd) absorption by *Solanum nigrum* L. (*S. nigrum*) was conducted through using outdoor pot- culture experiments from March to June 2015. Results showed that *S. nigrum* biomass compared with the control was not significantly different ($P < 0.05$) under the concentration of 10 - 25 mg/kg of Cd in soil. The ability to accumulate Cd in the above-ground parts was greater than 100 mg/kg dry biomass; TF and BF coefficient was greater than 1. The results of this study demonstrated that *S. nigrum* is a Cd-hyperaccumulator. This is an important finding that may contribute to solve heavy metal pollution problems as well as to apply phytoremediation in specific situations.

Keywords: *Solanum nigrum* L., remediation of contaminated soils, hyperaccumulator, cadmium.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề ô nhiễm môi trường đất bởi kim loại nặng (KLN) Cd đang thu hút sự quan tâm của nhiều quốc gia trên thế giới bởi những tác hại nguy hiểm đến sinh vật nói chung và con người nói riêng. Sau khi thâm nhập vào cơ thể Cd tồn tại ở dạng Cd^{2+} liên kết với các protein tạo thành metalthionein rồi được giữ lại trong thận khoảng 1% và thải ra ngoài 99%. Phần còn lại này được tích lũy tăng dần theo tuổi và đến một lúc nào đó lượng Cd^{2+} này đủ lớn có thể thay thế Zn^{2+} trong các enzym và gây ra rối loạn trao đổi chất. Ở nồng độ cao Cd gây các bệnh thiếu máu, đau thận và phá hủy tủy xương. Những năm

đầu 1970 tại một huyện của Nhật Bản, hàng loạt người bị bệnh "Itai Itai" gây đau và biến dạng xương dẫn đến chết do ăn phải gạo chứa Cd ở mức 0,5 - 1 mg/kg (Alloway *et al.*, 1993).

Gần đây, nhờ những hiểu biết về cơ chế hấp thụ, chuyển hoá, chống chịu và loại bỏ KLN của một số loài thực vật, người ta đã bắt đầu chú ý đến khả năng sử dụng thực vật để xử lý đất ô nhiễm. Một trong những công nghệ dùng thực vật để xử lý ô nhiễm KLN hứa hẹn nhất là thực vật hút (phytoextraction), sử dụng cây siêu tích lũy để xử lý KLN trong đất bị ô nhiễm. Đến nay, hơn 400 cây siêu tích lũy (hyperaccumulators) đã được báo cáo nhưng cây siêu tích lũy Cd thì còn ít (Brooks *et al.*, 1977). Gần đây đã có một

số công trình công bố khả năng hấp thụ Cd của một số loài thực vật như cây *B. juncea* (Salt et al., 1997), cây *Arabidopsis hallerii* (Kupper, 2000), cây *T. cearulescens* (Lombi, 2001). Cho đến nay, công nghệ dùng thực vật để xử lý đất ô nhiễm Cd vẫn chưa được áp dụng rộng rãi, một phần nguyên nhân là do hiệu quả hấp thụ Cd trong đất ô nhiễm của các cây siêu tích lũy còn thấp. Vì vậy, việc xác định cây siêu tích lũy Cd hiệu quả hơn vẫn là một bước quan trọng trong việc áp dụng công nghệ thực vật xử lý ô nhiễm (Phytoremediation) (Hatice, 2004) KLN vào thực tiễn để từng bước thay thế các phương pháp truyền thống với chi phí đầu tư cao, hiệu quả xử lý thấp và ít thân thiện với môi trường.

S. nigrum L., ở nước ta là loại thực vật mọc quanh năm, sinh trưởng và phát triển tốt trong điều kiện canh tác đơn giản nhưng cây này chưa được nghiên cứu nhiều và rất ít người biết đến trong xử lý đất ô nhiễm Cd. Vì vậy nghiên cứu này đã góp phần nhỏ vào việc giải quyết vấn đề ô nhiễm Cd trong đất, đồng thời làm cơ sở khoa học cho những nghiên cứu tiếp theo để việc ứng dụng công nghệ thực vật xử lý ô nhiễm KLN ngày càng đạt hiệu quả.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng và vật liệu nghiên cứu

Tất cả các thí nghiệm được tiến hành tại Đồng Nai từ tháng 03 đến tháng 06 năm 2015 trên đối tượng nghiên cứu là *Solanum nigrum* L.. Tên Việt Nam của cây này là Thù lù đục, Cà đen, Nụ áo, Nút áo. Đặc điểm thực vật: cao 30 - 100 cm, lá đơn mọc cách, cỡ 3 - 11 x 1,5 - 6,5 cm, chóp nhọn, gốc hình nêm thót dần tới cuống, cuống lá dài 1 - 1,5 cm. Cụm hoa dạng tán, mọc ở ngoài nách lá, cuống hoa dài 5 - 10 mm, đài hình chén, dài 1,5 - 2 mm, chỉ nhị dài 0,5 - 0,7 mm, có lông tơ, bao phấn dài 1 - 2mm, vòi nhụy dài 1,5 - 2,2 mm, có lông tơ ở phía gốc, quả chín mọng đen, hình cầu, đường kính 5 - 8 mm, hạt dẹt, hình thận, đường kính 1mm. Mùa hoa quả tháng 6 đến tháng 11, mọc rải rác trên các bãi hoang, ruộng hoang, ven đường (Vũ Văn Hợp và Nguyễn Thị Nhan, 2005).

Kim loại nặng nghiên cứu là Cd được bổ sung vào đất dưới dạng các muối $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$.

Chuẩn bị các chậu nhựa thí nghiệm ($\phi = 45$ cm, H = 35 cm) để trồng cây, mỗi chậu chứa khối lượng 10 kg đất.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định loài thực vật có khả năng hấp thụ Cd cao

Tại các vùng đất có khả năng bị nhiễm KLN cao ở hai tỉnh Đồng Nai và Bình Dương như khu công nghiệp Visip 1 và 2, khu công nghiệp Sóng Thần, khu công nghiệp Biên Hòa 1 và 2, khu công nghiệp Amata, tuyến đường chính từ thành phố Biên Hòa đến Thủ Dầu Một, làng nghề sơn mài Thanh Lễ và các khu vực khai thác mỏ khoáng sản tại Bình Dương và Đồng Nai, chúng tôi tiến hành thu mẫu đất và thực vật. Mẫu sau khi thu về phòng thí nghiệm được định tên khoa học và phân tích hàm lượng KLN. Tiếp theo, chúng tôi chọn loài thực vật có khả năng hấp thụ Cd trong thân và rễ cao, sinh trưởng mạnh để thực hiện các nghiên cứu về cơ chế hấp thụ. Sau khi xác định được loài *S. nigrum* có khả năng hấp thụ Cd tốt hơn so với các loài khác, cây *S. nigrum* được chọn trồng để tiếp tục nghiên cứu khả năng hấp thụ Cd.

2.2.2. Bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu khả năng sinh trưởng, điểm tới hạn và khả năng tích lũy KLN Cd của *S. nigrum* L., bằng cách sử dụng thử nghiệm gradient nồng độ thông qua các chỉ tiêu tăng trưởng như: chiều cao (cm), sinh khối (g), khả năng tích lũy Cd trong rễ, thân, lá, chồi, hoa (mg/kg) dưới ảnh hưởng của các nồng độ Cd khác nhau.

Thí nghiệm được thiết kế trong chậu ở điều kiện ngoài trời. Đất thí nghiệm được thu thập từ bề mặt (0 - 20 cm) tại một số vùng trồng rau xanh ở tỉnh Đồng Nai. Phân tích hóa học cho thấy tổng số C, N, P, K, Cd và pH là 1,8%, 0,15%, 0,068%, 0,915%, 0,192% và 6,84. Đất sau khi sàng lọc qua một cái rây 4 mm, trộn với KLN Cd theo tỉ lệ CK (đối chứng): T1: T2: T3:

T4: T5 = 0: 10: 25: 50: 100: 200 mg/kg (Cơ sở lựa chọn nồng độ Cd thí nghiệm dựa theo QCVN03/2015BTNMT đối với đất nông nghiệp ô nhiễm KLN Cd, đồng thời có tham khảo ngưỡng giới hạn chống chịu Cd của một số loài cỏ dại theo công bố của Wei and Zhou (2004), trộn đều, đổ vào chậu (10 kg đất/chậu), cát được trộn lẫn với đất để ngăn chặn đất cứng, để cân bằng trong 2 tuần trước khi trồng. Các cây con cùng tuổi (20 ngày) và chiều cao (5 cm) có bộ rễ (4 cm) và số lá (5 lá) như nhau được trồng vào chậu, mỗi chậu trồng 3 cây con. Tổng số chậu cho 3 lần lặp lại trong nghiên cứu là 18 chậu, tổng số cây trong nghiên cứu là 18 chậu x 3 cây/1 chậu = 54 cây.

Hai ngày tiến hành tưới nước một lần (nước máy không ô nhiễm Cd) đảm bảo duy trì 80% khả năng giữ ẩm của đất. Tất cả các thí nghiệm bố trí ngẫu nhiên và được lặp lại 3 lần.

2.2.3. Đánh giá kết quả thí nghiệm

a. Thu mẫu và phân tích hàm lượng Cd

Sau 3 tháng nghiên cứu, tiến hành thu mẫu. Lấy mẫu đất, cân khối lượng và đo chiều dài thân, rễ, chia rễ, thân, lá và chùm hoa riêng lẻ, cẩn thận rửa sạch với nước máy sau đó dùng nước cất rửa lại một lần nữa. Các mẫu này được sấy ở 105°C trong 30 phút, sau đó sấy ở 70°C cho đến khi khô kiệt và nghiền thành bột. Mẫu đất được sấy khô trong điều kiện tự nhiên và nghiền nhỏ sau đó sàng qua một cái rây có đường kính lỗ rây 0,149 mm.

Mẫu đất và cây được xử lý phá mẫu bằng dung dịch HNO₃ 87% và HClO₄ 13%. Hàm lượng Cd được xác định bằng phổ nguyên tử (AA-400, PerkinElmer, Mỹ). Để kiểm soát chất lượng, vật liệu tiêu chuẩn (GBW- 08.505 cho cây và GBW-08.303 cho đất) được mua từ Trung tâm nghiên cứu vật liệu tiêu chuẩn, Bắc Kinh, Trung Quốc.

Xác định khả năng tích lũy Cd dựa trên hệ số TF (Translocation factor, được tính bằng tỉ lệ nồng độ KLN tích lũy ở phần trên mặt đất của cây so với nồng độ KLN tích lũy trong rễ. Nếu TF > 1 được xem là loài thực vật có khả năng vận chuyển KLN cao) (Tu and Ma, 2002) và hệ số BF (Bioconcentration factor,

được tính bằng tỉ lệ giữa nồng độ KLN tích lũy ở phần trên mặt đất của cây so với nồng độ KLN trong môi trường đất. Nếu BF > 1 loài thực vật đó thuộc dòng “thực vật tích tụ”, BF < 1 loài thực vật đó thuộc dòng “thực vật ngăn chặn” và BF > 10 loài thực vật đó được xếp vào “dòng siêu tích tụ”) (Baker *et al.*, 1994; Ma *et al.*, 2011) để đánh giá khả năng hấp thụ KLN của *S. nigrum*. Các chất hữu cơ trong đất được xác định bằng phương pháp của Lu (2000). Nồng độ pH được xác định bằng máy đo pH (PHS-3B) tỷ lệ đất nước 1: 2,5.

b. Phân tích thống kê

Dữ liệu được thể hiện $\pm$ SD, ý nghĩa thống kê về sự khác biệt giữa các nhóm được đánh giá bằng phân tích phương sai (ANOVA), và so sánh sử dụng sự khác biệt đáng kể nhất (LSD) với $p < 0,05$. Các mối tương quan Pearson được tính toán để kiểm tra các mối quan hệ với khoảng tin cậy 95%, sử dụng phần mềm Microsoft Excel, SPSS 16.0 và Sigma Plot 12.5.

3. KẾT QUẢ

3.1. Xác định loài thực vật có khả năng hấp thụ Cd cao

Kết quả bảng 1 cho thấy, trong số các địa điểm điều tra, hàm lượng Cd trong đất ở các mẫu đều trên ngưỡng cho phép (QCVN 03:2015/BTNMT, hàm lượng kim loại nặng Cd cho đất dân sinh là ≤ 2 mg/kg sinh khối khô), đặc điểm hình thái phẫu diện đất tại các điểm lấy mẫu như sau; lớp trên cùng (0 - 20 cm) có màu nâu xám, khô, có nhiều rễ cỏ, chuyển lớp từ từ; lớp tiếp theo (20 - 40 cm) có màu vàng, khô. Trong số các loài thực vật mọc tại các điểm thu mẫu, chỉ có hai loài có hàm lượng Cd tích lũy cao trong cây, đó là *Cynodon dactylon* (L) Pers, với nồng độ Cd tích lũy trong thân và rễ là 4,9 và 37,8 mg/kg (BD6) và loài *Solanum nigrum* L., nồng độ Cd tích lũy trong thân và rễ là 61,7 và 27,8 mg/kg. So với *Cynodon dactylon* (L) Pers. được tìm thấy tại địa điểm thu mẫu, chúng tôi nhận thấy loài *Solanum nigrum* L., có khả năng sinh trưởng nhanh, chống chịu tốt. Do đó, chúng tôi chọn thực hiện các thí nghiệm tiếp theo để xác định cơ chế hấp thụ KLN.

Bảng 1. Hàm lượng KLN Cd trong đất và trong thực vật ở những điểm thu mẫu nghiên cứu

Vùng nghiên cứu	Ký hiệu mẫu	Loài thực vật khảo sát	Hàm lượng Cd (mg/ kg)			
			Đất	Thực vật		BF
				Thân	Rễ	
Tỉnh Đồng Nai	DN.1	<i>Fimbristylis acuminata</i> Vahl	5,1	0,5	7,8	0,24
	DN.2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	3,6	0,4	0,9	0,15
	DN.3	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	33,4	4,1	2,9	0,06
	DN.4	<i>Blechnum orientale</i> L.	4,0	1,5	1,8	0,38
	DN.5	<i>Eleocharis dulcis</i> (Burm.f.) Hensch	1,8	0,6	0,5	0,75
Tỉnh Bình Dương	BD.6	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	38,4	4,9	37,8	0,08
	BD.7	<i>Cyperus rotundus</i> L.	34,9	7,0	9,7	0,09
	BD.8	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.)	2,8	1,1	1,2	0,6
	BD.9	<i>Saccharum spontaneum</i> L.	4,2	0,4	0,6	0,09
	BD.10	<i>Solanum nigrum</i> L.	10,9	61,7	27,8	18,42

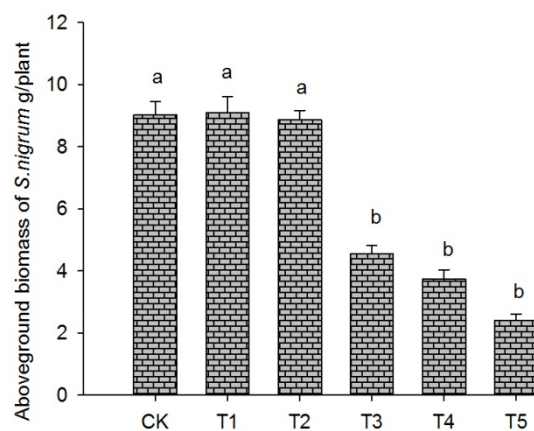
Ghi chú: Theo QCVN 03:2015/BTNMT, hàm lượng kim loại nặng Cd cho đất dân sinh là ≤ 2 mg/kg sinh khối khô.

BF: Hệ số tích lũy sinh học.

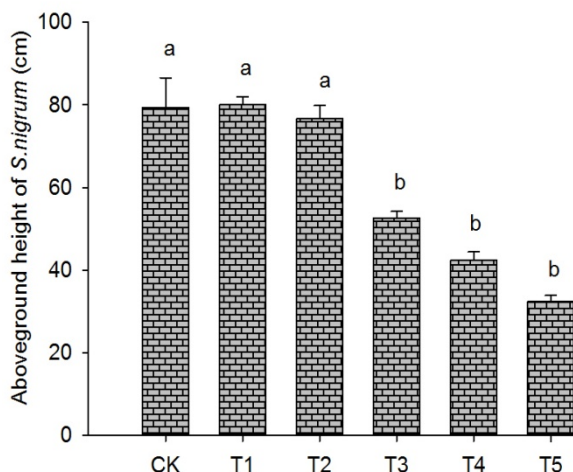
3.2. Ảnh hưởng của nồng độ Cd đến khả năng sinh trưởng của *S. nigrum* L.

Thông thường, khi nồng độ của một KLN trong đất không cao hơn giá trị tối hạn chống chịu của thực vật thì không ảnh hưởng đến khả năng tăng trưởng, vì vậy sinh khối trên mặt đất của thực vật sẽ không giảm. Một khi nồng độ KLN trong đất vượt giá trị tối hạn, sự tăng trưởng của thực vật sẽ bị ức chế và biểu hiện ra trạng thái bên ngoài như vàng lá, giảm chiều cao và sinh khối (Sun *et al.*, 2001; Wei *et al.*, 2004).

Kết quả thí nghiệm cho thấy (Hình 1 và 2), ở nồng độ 10 - 25 mg/kg Cd, so với CK, *S. nigrum* sinh trưởng tốt cả về chiều cao và sinh khối. Qua quan sát, ghi chép chúng tôi nhận thấy màu sắc lá, chiều cao và sinh khối của *S. nigrum* phát triển trong nghiệm thức T1 và T2 không khác so với CK ($P < 0,05$). Điều này phù hợp với nghiên cứu của Lehoczy (Cd là một trong những KLN linh động trong hệ thống đất - cây, vì vậy dễ dàng bị thực vật hấp thụ, tích lũy trong cây mà không có dấu hiệu ngộ độc) (Lehoczy, 2000), nhưng Cd có vai trò gì đối với thực vật thì chưa được biết đến (Alkorta, 2004).



Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ Cd đến sinh khối của *S. nigrum*



Hình 2. Ảnh hưởng của nồng độ Cd đến chiều cao của *S. nigrum*

Khi nồng độ Cd trong đất tăng lên 50 - 200 mg/kg, *S. nigrum* có dấu hiệu vàng lá, chiều cao và sinh khối so với CK giảm rõ rệt (T3: 52,67 cm, 4,55 g; T4: 42,33 cm, 3,74 g và T5: 32,33 cm, 2,41 g < CK: 79,33 cm, 9,03 g). Việc giảm sinh khối và chiều cao của *S. nigrum* trong môi trường đất có nồng độ Cd ≥ 50 mg/kg được coi là điểm tối hạn.

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh, trong môi trường đất ô nhiễm Cd từ 10 - 25 mg/kg, trồng *S. nigrum* để xử lý đất ô nhiễm đạt hiệu quả cao nhất, vì ở nồng độ đất ô nhiễm Cd này, hệ số BF > 10, đạt tiêu chuẩn cây siêu tích lũy Cd (T1: 10 mg Cd/kg, hệ số BF = 18,42; T2: 25 mg Cd/kg, hệ số BF = 12,89) (Wei, 2004).

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ Cd đến khả năng hấp thụ Cd của *S. nigrum* L.

Loài thực vật có tiềm năng xử lý KLN phải đáp ứng được ít nhất hai điều kiện sau: thứ nhất, có khả năng tích lũy một lượng lớn chất ô nhiễm (lớn hơn 100 lần so với cây bình thường); thứ hai, có khả năng tạo ra sinh khối lớn trong điều kiện canh tác đơn giản nhất.

Kết quả bảng 2 cho thấy, hàm lượng Cd tích lũy trong *S. nigrum* rất cao. Nhìn chung, phần sinh khối trên mặt đất (thân, lá, hoa, chồi) tích lũy nhiều Cd hơn phần dưới mặt đất (rễ).

Trong nghiệm thức T1, nồng độ Cd tích lũy trong phần trên và dưới mặt đất lần lượt là 61,7

(thân), 75,8 (lá), 11,1 (hoa), 35,6 (chồi), và 27,8 (rễ) mg/kg sinh khối khô, hệ số TF = 6,63 > 1 và hệ số BF = 18,42 > 10. Kết quả này đã chứng minh *S. nigrum* là loài thực vật có hiệu quả vận chuyển Cd cao và thuộc loài siêu tích lũy Cd (hyperaccumulator) (Ma *et al.*, 2001).

Ở công thức T2 lượng Cd được tích lũy trong thân và lá của *S. nigrum* là 104,8 và 125,6 mg/kg đều lớn hơn 100 mg/kg sinh khối khô (nồng độ tối thiểu cho một cây siêu tích lũy KLN), và hệ số vận chuyển TF = 5,39 > 1 và hệ số BF = 12,89 > 10. Với kết quả này, một lần nữa chứng minh *S. nigrum* đã có đầy đủ đặc trưng cơ bản của cây siêu tích lũy Cd (Wei *et al.*, 2004).

Khi nồng độ Cd trong đất tăng vọt lên 50, 100, 200 mg/kg (T3, T4, T5), sự tích lũy Cd ở phần trên và dưới mặt đất của *S. nigrum* cũng tăng lên (Bảng 2). Kết quả bảng 2 cho thấy phần lớn ở các công thức thí nghiệm nồng độ Cd tích lũy trong thân và lá đều lớn hơn 100mg/kg và nồng độ Cd trong chồi luôn cao hơn trong rễ (TF > 1).

Như vậy, với khả năng thích nghi đặc biệt này, *S. nigrum* không chỉ sống được trong môi trường ô nhiễm Cd mà chúng còn tích lũy Cd rất cao. Lượng Cd tích lũy lớn hơn rất nhiều lần so với cây bình thường. Từ kết quả mà chúng tôi nghiên cứu được, một lần nữa khẳng định *S. nigrum* là một cây siêu tích lũy KLN Cd.

Bảng 2. Nồng độ Cd khác nhau ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ Cd của *S. nigrum* L. (mg/kg sinh khối khô)

Công thức	Sinh khối tươi/g	Trên mặt đất (mg/kg)				Dưới mặt đất (mg/kg) (Rễ)	Tổng lượng Cd	TF	BF
		Thân	Lá	Hoa	Chồi				
CK	9,03 ± 0,42a	0,4 ± 0,02	0,5 ± 0,04	0,3 ± 0,05	0,3 ± 0,09	0,1 ± 0,01	1,6	-	-
T1	9,10 ± 0,51a	61,7 ± 2,35b	75,8 ± 2,59a	11,1 ± 0,61e	35,6 ± 1,62c	27,8 ± 1,57d	212,0	6,63	18,42
T2	8,86 ± 0,30a	104,8 ± 3,40b	125,6 ± 1,63a	24,7 ± 1,43e	67,3 ± 1,44c	59,8 ± 1,17d	382,2	5,39	12,89
T3	4,55 ± 0,27b	137,5 ± 3,50b	196,3 ± 4,73a	33,4 ± 0,62d	102,1 ± 1,89c	96,4 ± 2,42c	565,7	4,87	9,39
T4	3,74 ± 0,29b	205,6 ± 3,67b	264,7 ± 1,21a	40,4 ± 0,92e	132,3 ± 4,93c	131,9 ± 0,66d	774,9	4,87	6,43
T5	2,41 ± 0,20b	253,4 ± 2,22b	292,4 ± 1,15a	45,4 ± 0,16e	166,2 ± 5,73c	156,8 ± 5,64d	914,2	4,81	3,79

Ghi chú: TF: Hệ số vận chuyển, BF: Hệ số tích lũy sinh học.

4. THẢO LUẬN

Để đánh giá khả năng siêu tích lũy KLN của thực vật, tiêu chuẩn quan trọng nhất là xác định được điểm tới hạn và khả năng tích lũy KLN phần trên và dưới mặt đất. Hiện nay, các tiêu chuẩn một cây siêu tích lũy KLN cơ bản đã được thống nhất.

Căn cứ khả năng chống chịu và tích lũy KLN ở các bộ phận trên và dưới mặt đất của *S. nigrum* trồng trên đất ô nhiễm KLN Cd, các kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy *S. nigrum* đã hội đủ tiêu chí cây siêu tích lũy KLN Cd (Sun *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2001).

Từ con đường xác định cây siêu tích lũy đến thực tiễn dùng thực vật xử lý ô nhiễm thành công là rất xa. Chúng tôi nghĩ rằng việc áp dụng các công nghệ nông nghiệp hiện đại kết hợp với thực vật xử lý ô nhiễm sẽ là một sự cắt ngắn cho ứng dụng thương mại dùng công nghệ thực vật xử lý ô nhiễm KLN.

Mặc dù *S. nigrum* được xác định là cây siêu tích lũy Cd trong nghiên cứu này nhưng những nghiên cứu về các công nghệ phù hợp có liên quan đến cây siêu tích lũy Cd thì cần thiết trong tương lai. Phát hiện mới trong nghiên cứu này của chúng tôi là trong môi trường đất ô nhiễm Cd 10 - 25 mg/kg, *S. nigrum* sống và phát triển rất tốt. Đây là phát hiện quan trọng trong việc dùng đối tượng *S. nigrum* trong công nghệ dùng thực vật xử lý đất ô nhiễm Cd tiến đến dần thay thế các công nghệ truyền thống với chi phí cao và ít thân thiện với môi trường.

5. KẾT LUẬN

Trong điều kiện canh tác bình thường, *S. nigrum* sinh trưởng, phát triển và cho sinh khối tốt, đây là ưu điểm để chọn đối tượng này trong công nghệ dùng thực vật xử lý đất ô nhiễm.

S. nigrum sống và sinh trưởng được trong điều kiện đất ô nhiễm Cd từ 0 - 200 mg/kg, trong môi trường đất ô nhiễm Cd từ 10 - 25 mg/kg, trồng *S. nigrum* đạt hiệu quả xử lý Cd cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alkorta J (2004). Recent finding on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc. Cadmium, lead and arsenic. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 3: 71 - 90.
- Alloway B. and D. Ayres (1993). Chemical Principles of Environmental pollution. Blackie Academy and Profesional, 127: 60 - 69.
- Baker, A. J. M., Brooks, R. R (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: A review of their distribution, ecology and phytochemistry, Biorecovery, 1: 811 - 826.
- Brooks, R. R. Chambers, M. F. Nicks, L. J (1998). Phytomining, Trends Plant Sci., 3(9): 359 - 362.
- Brooks, R. R., Lee, J., Reeves, R. D (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium species of indicator plants, J. Geochem. Explor., 7: 49 - 77.
- Brooks, R. R., Radford, C. C (1978). Nickel accumulation by European species of the genus

- Alyssum, Proc. Roy. Socl. Lond., Sec. B, pp. 197 - 204.
- Chaney, R. L., Malik, M., Li, Y. M (1997). Phytoremediation of soil metals, Curr. Opin. Biotechn., 8: 279 - 284.
- Hatice Daghan (2004). Phytoextraction of Heavy Metal from Comtaminated Soils Using Genetically Modified Plants. Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar. Adana, Türkei, 9(9): 301 - 309.
- Kayser (1999). Phytoextraction of Cd abd Zn with *Salix viminalis* in field trials. Soil Use Manage, 19: 187 - 195.
- Liu, W., Shu, W. S., Lan, C. Y (2004). *Viola baoshanensis* a plant that hyperaccumulates cadmium, Chinese Science Bulletin, 1: 29 - 34.
- Lombi, E., Zhao, F. J., Dunham, S. J (2000). Cadmium accumulation in population of *Thlaspi caerulescens* and *Thlaspi goesingense*, New Phytologist, 145: 11 - 20.
- Lu, R. K (2000). Analysis Methods on Soil Agro - chemistry, Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 4: 181 - 190.
- Ma, L. Q., Komar, K. M., Tu, C (2001). A fern that hyperaccumulates arsenic, Nature, pp. 409 - 579
- Malaisse, B (1978). *Aeolanthus biformifolius* De wild: A hyperaccumulator of copper from Zaire, Science, 199: 887 - 888.
- Sun, T. H., Zhou, Q. X., Li, P. J (2011). Pollution Ecology, Beijing: Science Press, pp. 401 - 410.
- Tu, C., and Ma, L (2002). Effect of Arsenic concentrations and Forms on Arsenic Uptake by Hyperaccumulator *Pteris vittata* L. under hydroponic conditions. Environmental and Experiental Botany, 50: 243 - 251.
- Turgut, C., Pepe, M. K., Cutright, T. J (2004). The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus*, Environ. Poll., 131(1): 147 - 154.
- Vũ Văn Hợp và Nguyễn Thị Nhan (2005). “Solanaceae Juss. 1789 - Họ Cà”, Danh lục các loài thực vật Việt Nam, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 27.
- Wei, S. H., and Zhou, Q. X (2004). Identification of weed species with hyperaccumulative characteristics of heavy metals, Prog. Natl. Sci., 14(6): 495 - 503. Aboveground biomass of *S. nigrum* g/plant-1.
- Wenzel, W. W., and Jockwer, F (1999). Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralized soils of the Austrian Alps, Environ. Poll., 104: 145 - 155.
- Zhou, Q. X., Song, Y. F (2004). Remediation of contaminated soils principles and methods, Beijing: Science Press, 5: 130 - 139.