

Ảnh hưởng của vi khuẩn *Lysinibacillus sphaericus* đến sinh trưởng và hấp thụ crom của cây Lu lu đực (*Solanum nigrum* L.)

Nguyễn Thành Hưng*

Khoa Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh, 97 Võ Văn Tần, phường Võ Thị Sáu, quận 3, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 25/10/2023; ngày chuyển phản biện 28/10/2023; ngày nhận phản biện 10/11/2023; ngày chấp nhận đăng 17/11/2023

Tóm tắt:

Nghiên cứu được thực hiện tại xã Bảo Quang, TP Long Khánh, tỉnh Đồng Nai, với mục đích tìm ra giải pháp giảm thiểu ô nhiễm kim loại nặng crom (Cr) tại đây. Bằng phương pháp thí nghiệm trồng cây Lu lu đực (*Solanum nigrum* L.) vào chậu trong nhà lưới trên hai môi trường đất được khử trùng và chưa khử trùng kết hợp với vi khuẩn *Lysinibacillus sphaericus* ở 3 nồng độ 0,5; 1 và 2 g/10 kg đất ô nhiễm Cr với nồng độ $263,8 \pm 7,98$ mg/kg đất khô, để kiểm tra ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý Cr của cây Lu lu đực. Kết quả cho thấy, trong môi trường đất ô nhiễm Cr $263,8 \pm 7,98$ mg/kg đất khô chưa được khử trùng cây Lu lu đực phát triển về chiều cao và sinh khối tốt hơn môi trường đất được khử trùng ($p \leq 0,05$). Trong 3 nồng độ vi khuẩn *L. sphaericus* 0,5; 1 và 2 g/10 kg đất, nồng độ 1 g/10 kg đất khô, cây Lu lu đực đạt hiệu quả cao nhất về khả năng sinh trưởng và hấp thụ Cr vào thân, lá và rễ so với công thức đối chứng lên đến 1,71 mg/kg. Kết quả này đã chứng minh vi khuẩn *L. sphaericus* có tính khả thi cao khi bón cho cây Lu lu đực để xử lý giảm thiểu kim loại nặng Cr trong đất ô nhiễm với chi phí thấp và thân thiện môi trường.

Từ khóa: cải tạo đất ô nhiễm, hấp thụ Cr, kim loại Cr, *Lysinibacillus sphaericus*, *Solanum nigrum* L.

Chỉ số phân loại: 1.6, 4.6

1. Đặt vấn đề

Kim loại nặng Cr làm tăng rủi ro về an toàn sinh thái đất, bao gồm các hoạt động của enzym đất, cộng đồng vi sinh vật trong đất. Tất cả các hợp chất Cr (VI) đã được Cơ quan Nghiên cứu Ung thư Quốc tế (IARC) phân loại là chất gây ung thư ở người. Vì vậy, cần phải loại bỏ Cr (VI) khỏi đất [1]. Vùng đất Long Khánh, tỉnh Đồng Nai là đất canh tác nông nghiệp lâu năm, nơi trồng cây ăn quả nổi tiếng của các tỉnh Đông Nam Bộ. Tác giả đã tiến hành thu thập 50 mẫu đất ở những vị trí khác nhau, đem về phòng thí nghiệm phân tích hàm lượng kim loại nặng Cr, Zn, Cu, Cd, Pb và As theo phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử (AAS). Kết quả thu được các kim loại Zn, Cu, Cd, Pb và As đều đạt quy chuẩn, tuy nhiên 100% mẫu kim loại nặng Cr đều vượt QCVN03-MT 2015 từ 1,3 đến 2 lần ($263,8 \pm 7,98$ mg/kg đất khô) [2]. Do vậy, việc tìm các giải pháp xử lý giảm thiểu Cr cao trong đất nông nghiệp tại TP Long Khánh, tỉnh Đồng Nai để bảo đảm an toàn cho nông sản là cần thiết và cấp bách.

Hiện nay, có nhiều phương pháp như vật lý, hoá học, di dời..., để xử lý và loại bỏ kim loại nặng ô nhiễm ra khỏi đất nông nghiệp. Tuy nhiên, các phương pháp này đều tốn kinh phí, kỹ thuật phức tạp, khó xử lý trên diện rộng, đất sau xử lý bị thoái hoá, mất một thời gian dài mới tái sử dụng lại được [3]. Những năm gần đây, một số chất tạo phức nhân tạo đã được sử dụng như EDTA nhằm tăng cường khả năng chiết sinh học kim loại nặng khỏi đất bị ô nhiễm [4, 5]. Tuy nhiên, các chất hóa học này luôn tiềm ẩn những rủi ro cho môi trường, các chất tạo phức có thể gây nên hiện tượng rửa trôi các kim loại nặng

theo chiều sâu tầng đất xuống nước ngầm gây độc cho vi sinh vật, động vật đất và ảnh hưởng đến chức năng cũng như sự bền vững của hệ sinh thái [6].

Để giải quyết vấn đề này, theo nghiên cứu của G.I. Burd và cs (2000) [7] để thay thế một số chất tạo phức nhân tạo đóng vai trò nâng cao khả năng chiết kim loại nặng ra khỏi đất bằng thực vật có thể sử dụng vi sinh vật vùng rễ. Các vi sinh vật này có kích thước nhỏ, khả năng hoạt động mạnh và có tỷ diện cao nên có thể đóng vai trò như một chất tạo phức sinh học liên kết với thực vật trong xử lý ô nhiễm đất [8]. Nhiều nghiên cứu gần đây cho thấy, vi sinh vật vùng rễ có thể làm tăng sự linh động của kim loại nặng bởi sự thay đổi pH đất [9], đồng thời sự liên kết giữa vi sinh vật và thực vật có thể sản sinh các hoóc môn làm tăng cường quá trình cung cấp dinh dưỡng cho thực vật [10].

Trong nghiên cứu này, để xử lý lượng kim loại nặng Cr ra khỏi đất ô nhiễm, tác giả chọn giải pháp xử lý sinh học bằng thí nghiệm trồng cây Lu lu đực là thực vật bản địa có khả năng tích lũy kim loại nặng Cr cao [11], kết hợp với vi khuẩn *L. sphaericus* được sàng lọc và phân lập trong đất ô nhiễm Cr tại địa điểm nghiên cứu. Đây là hướng đi bền vững, thuận tự nhiên và thân thiện môi trường mà những năm gần đây nhiều nước phát triển trên thế giới đang sử dụng để xử lý đất nông nghiệp bị ô nhiễm kim loại nặng.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Đất trong thí nghiệm được lấy tại xã Bảo Quang, TP Long Khánh, tỉnh Đồng Nai. Đất có một số tính chất cơ bản như

*Email: hung.ngt@ou.edu.vn

Effects of bacteria *Lysinibacillus sphaericus* on growth and chromium absorption of *Solanum nigrum* L.

Thanh Hung Nguyen*

Faculty of Biotechnology, Ho Chi Minh City Open University,
97 Vo Van Tan Street, Vo Thi Sau Ward, District 3, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 25 October 2023; revised 10 November 2023; accepted 17 November 2023

Abstract:

This study was conducted in Bao Quang commune, Long Khanh city, Dong Nai province, with the aim of finding solutions to reduce chromium pollution. The author used the experimental method of growing plant black nightshade (*Solanum nigrum* L.) in pots with sterilised and unsterilised soil and the experiment was carried out in a greenhouse. By using the experimental method of growing black nightshade *Solanum nigrum* L. in pots in a greenhouse on two sterilised and unsterilised soil environments combined with *Lysinibacillus sphaericus* bacteria at 3 concentrations of 0.5, 1, and 2 g/10 kg of Cr-contaminated soil with a concentration of 263.8±7.98 mg/kg of dry soil, this study aims to check the effect of the aforementioned combination on the Cr treatment efficiency of black nightshade *Solanum nigrum* L. The results showed that in the soil contaminated with chromium 263.8±7.98 mg/kg of unsterilised dry soil, *Solanum nigrum* L. grew in height and biomass better than in the sterilised soil ($p \leq 0.05$). At three concentrations of *Lysinibacillus sphaericus*, 0.5, 1, and 2 g/10 kg of soil, with a concentration of 1 g/10 kg of dry soil, *Solanum nigrum* L. exhibited the highest efficiency in terms of growth and absorption of chromium into stems, leaves, and roots compared to the control (up to 1.71 mg/kg). This result proved that *Lysinibacillus sphaericus* is highly feasible when fertilising *Solanum nigrum* L., to reduce chromium in contaminated soil at a low cost and friendly environment.

Keywords: chromium absorption, chromium metal, *Lysinibacillus sphaericus*, remediation of contaminated soil, *Solanum nigrum* L.

Classification numbers: 1.6, 4.6

sau: pH (5,02±1,07), N (0,11±0,01%), P₂O₅ (0,43±0,18%), K₂O (0,10±0,02%), carbon hữu cơ (1,56±0,11%), kali dễ tiêu (9,74±4,93 mg/100 g), lân dễ tiêu (23,5±17,7 mg/100 g), Cr (263,8±7,98).

Đất sau khi lấy được vận chuyển về cơ sở 5 của Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh để làm thí nghiệm. Đất được phơi khô trong môi trường tự nhiên, đập nhỏ và loại bỏ một số tạp chất để đồng nhất về kích thước hạt, tính chất hóa lý và sinh học. Sau đó chia thành 2 phần; phần một để nguyên (đất chưa được khử trùng), phần hai được sấy trong tủ sấy ở 100°C, kiểm tra lại hàm lượng vi sinh vật trên môi trường thạch sau khi sấy (đất được khử trùng), để nguội và bảo quản trong túi nilon kín.

Cây Lu lu đực con và vi khuẩn *L. sphaericus* được sàng lọc và phân lập tại TP Long Khánh, tỉnh Đồng Nai [11]. Chậu nhựa cao 30 đường kính 20 cm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thiết kế thí nghiệm

Thí nghiệm được thiết kế như ở bảng 1.

Bảng 1. Nồng độ Cr (mg/kg đất khô) kết hợp với *Lysinibacillus sphaericus* (g/10 kg đất khô).

Thứ tự	Tên công thức	Nồng độ Cr (g) + <i>Lysinibacillus sphaericus</i> (g) + loại đất
1	ĐC	263,8 + 0,0 + đất chưa khử trùng
2	T1	263,8 + 0,5 + đất chưa khử trùng
3	T2	263,8 + 1,0 + đất chưa khử trùng
4	T3	263,8 + 2,0 + đất chưa khử trùng
5	ĐC1	263,8 + 0,0 + đất được khử trùng
6	T4	263,8 + 0,5 + đất được khử trùng
7	T5	263,8 + 1,0 + đất được khử trùng
8	T6	263,8 + 2,0 + đất được khử trùng

ĐC và ĐC1 là công thức đối chứng, không bổ sung *Lysinibacillus sphaericus*.

Mỗi chậu chọn 3 cây Lu lu đực non có cùng chiều cao (5 cm), số lá (4 lá) trồng vào chậu đất được bố trí nồng độ Cr và *L. sphaericus* như ở bảng 1, mỗi ngày tưới nước một lần đảm bảo đủ độ ẩm 70% trong đất để tránh rửa trôi Cr trong chậu, thí nghiệm được lặp lại ngẫu nhiên 3 lần như ở bảng 2.

Bảng 2. Mô hình thí nghiệm thực tế trong nhà lưới.

Đất chưa khử trùng	Đất được khử trùng	Số lần lặp lại thí nghiệm
ĐC T2 T3 T1 T4	ĐC1 T5 T6	Lần 1
ĐC T3 T1 T2	ĐC1 T4 T5 T6	
T1 T2 ĐC T3 T4	T6 T5 ĐC1	
T1 T2 T3 ĐC T5 T4	ĐC1 T6	Lần 2
ĐC T3 T1 T2	ĐC1 T4 T5 T6	
T1 T2 ĐC T2 T6 T4 T5	ĐC	
ĐC T3 T1 T2	ĐC1 T4 T5 T6	Lần 3
T1 T2 ĐC T3 T4 T6 T5	ĐC1	
T1 T3 T2 ĐC T5 T4	ĐC1 T6	

2.2.2. Ảnh hưởng của *Lysinibacillus sphaericus* đến khả năng sinh trưởng và hấp thụ crom của cây Lu lu đực

Sau 90 ngày trồng thí nghiệm thì tiến hành thu hoạch mẫu, khi thu mẫu, phần rễ được rửa cẩn thận bằng vòi nước tưới để duy trì tính toàn vẹn của hệ thống rễ, đo chiều dài rễ và chiều cao của cây (cm). Chia thành thân, lá (phần trên mặt đất) và rễ (phần dưới mặt đất), mỗi thành phần được rửa bằng nước máy để loại bỏ bụi bẩn còn lại trên bề mặt, và rửa cẩn thận bằng nước khử ion. Các mẫu tươi được cân sau khi nước khử ion trên bề mặt đã bay hơi hoàn toàn, và sau đó được sấy khô ở 105°C trong 30 phút, sau đó sấy ở 70°C cho đến khi thu được khối lượng không đổi, nghiền mịn mẫu, bỏ mẫu vào túi nilon, ghi ký hiệu nhãn như trong bảng 3 để đưa đi phân tích.

Phân tích kim loại nặng Cr trong đất và cây: cân 0,20-0,25 g mẫu cho vào ống phân hủy PTFE 25 ml, thêm 9 ml HNO₃ và 3 ml HClO₄, cho vào tủ sấy ở 130°C để phân hủy, sau khi đun sôi trong 1 giờ, dung dịch được thêm 5 ml HF tiếp tục phân hủy cho đến khi trong ống xuất hiện dung dịch màu vàng hoặc không màu. Dùng nước cất 2 lần chuyển toàn bộ dung dịch trong ống PTFE sang ống nhựa 10 ml, lắc đều. Hàm lượng Cr 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 [2].

2.2.3. Xác định hệ số TF và BF

Xác định khả năng tích lũy Cr dựa trên hệ số vận chuyển TF (TF: Translocation factor: Được tính bằng tỷ lệ nồng độ kim loại nặng tích lũy ở phần trên mặt đất của cây so với nồng độ kim loại nặng tích lũy trong rễ). Nếu TF>1 được xem là loài thực vật có khả năng vận chuyển kim loại nặng cao [12]. Hệ số tích lũy BF (BF: Bioconcentration factor: Được tính bằng tỷ lệ giữa nồng độ kim loại nặng tích lũy ở phần trên mặt đất của cây so với nồng độ kim loại nặng 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” [13-15].

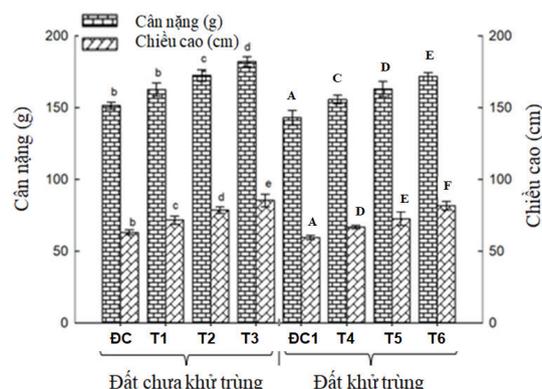
2.3. Xử lý số liệu

Dữ liệu được đánh giá theo giá trị trung bình, sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm được đánh giá bằng phân tích phương sai (ANOVA) dựa trên sự khác biệt bình phương nhỏ nhất (LSD) với độ tin cậy p<0,05 (thử nghiệm của Duncan). Các mối tương quan Pearson được tính toán để kiểm tra các mối quan hệ với khoảng tin cậy 95%, sử dụng phần mềm IBM SPSS 20 và dùng Sigma Plot 12.5 vẽ biểu đồ.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của vi khuẩn *Lysinibacillus sphaericus* đến khả năng sinh trưởng và phát triển của cây *Solanum nigrum* L.

Kết quả hình 1 cho thấy, trong môi trường đất ô nhiễm Cr 263,8±7,98 mg/kg đất khô chưa được khử trùng cây *S. nigrum* L., phát triển về chiều cao và sinh khối tốt hơn môi trường đất được khử trùng (p≤0,05). Sự khác biệt này có thể là do trong môi trường đất được khử trùng, các vi sinh vật trong đất đã bị chết, trong đó có vi khuẩn *L. sphaericus* nên không thể sinh chất kích thích sinh trưởng thực vật IAA, là chất điều tiết sinh trưởng, thúc đẩy sự phân chia tế bào và hình thành rễ nhánh, rễ và lá giúp cây sinh trưởng và phát triển, nên cây phát triển kém hơn trong môi trường đất chưa khử trùng. Nhận định này phù hợp với kết quả nghiên cứu của A.M.A. Monroy và cs (2019) [16]: *L. sphaericus* là vi khuẩn gram dương, ưa nhiệt, được sử dụng để cải tạo đất trong quá trình tái canh, nhờ khả năng cố định nitơ, nitrát hóa và hòa tan photpho, tăng chất dinh dưỡng cho đất, sản sinh axit indole acetic (IAA) giúp cây trồng sinh trưởng và phát triển.



Hình 1. Ảnh hưởng của *Lysinibacillus sphaericus* đến sinh trưởng và phát triển của cây *Solanum nigrum* L.. Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình ±SD (n=3). Các chữ cái A, B, C... a, b, c... cho thấy sự khác biệt đáng kể so với nghiệm thức không bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* (ANOVA một chiều, phương pháp so sánh Duncan).

Nhận xét này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của tác giả khi so sánh 2 công thức đối chứng (ĐC và ĐC1) không bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* đều có chiều cao và sinh khối thấp hơn các công thức còn lại (T1, T2, T3, T4, T5 và T6). Đồng thời, trong cùng một liều lượng vi khuẩn như nhau (0,5, 1 và 2 g/kg đất khô), trong môi trường đất chưa khử trùng chiều cao và sinh khối cây *S. nigrum* L., luôn cao hơn trong môi trường đất khử trùng (hình 1). Kết quả này chứng minh rằng, vi khuẩn *L. sphaericus* đã góp phần thúc đẩy quá trình sinh trưởng và phát triển của cây *S. nigrum* L. làm tăng sinh khối, tăng khả năng tích lũy sinh học.

Ngoài ra, cây *S. nigrum* L. và vi khuẩn *L. sphaericus* là loài bản địa, có thời gian dài thích nghi trên đất có hàm lượng ô nhiễm Cr cao, đã thích nghi hoàn toàn với điều kiện sống bất lợi và hình thành cơ chế để tồn tại được trên đất ô nhiễm Cr nên ảnh hưởng đến khả năng xử lý cũng như cơ chế vận chuyển kim loại Cr trong cây. Nhận xét này phù hợp với kết quả nghiên cứu của J. Pratas và cs (2013) [17], đó là đất tại các vị trí có chất ô nhiễm kim loại nặng cao, thực vật bản địa thường sẽ trở nên thích nghi theo thời gian. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong việc áp dụng thực vật để xử lý ô nhiễm kim loại nặng vì các cây bản địa không cần tưới nước, bón phân và phun thuốc trừ sâu thường xuyên nhưng vẫn sinh trưởng và phát triển tốt, là một trong những điều kiện cần thiết trong công nghệ dùng thực vật xử lý kim loại nặng.

3.2. Ảnh hưởng của *Lysinibacillus sphaericus* đến khả năng hấp thụ crom của cây *Solanum nigrum* L.

Sau 90 ngày trồng thí nghiệm, tác giả thu mẫu và phân tích, kết quả sau khi xử lý bằng phần mềm IBM SPSS 20 được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của *Lysinibacillus sphaericus* đến khả năng hấp thụ crom của cây *Solanum nigrum* L.

Công thức	Nồng độ vi khuẩn (g/10 kg đất khô)	Hàm lượng crom tích lũy trong cây (mg/kg)			Hệ số		
		Thân	Lá	Rễ	Trung bình	TF	BF
ĐC	0	20,70 ^a ±0,10	21,70 ^a ±0,10	18,57 ^a ±0,12	20,32 ^a	2,28	0,16
T1	0,5	22,13 ^a ±0,49	22,37 ^a ±0,21	19,20 ^a ±0,10	21,23 ^a	2,32	0,17
T2	1	23,83 ^a ±0,32	22,90 ^a ±0,10	19,30 ^a ±0,30	22,01 ^a	2,42	0,18
T3	2	23,40 ^a ±0,26	23,37 ^a ±0,25	19,33 ^a ±0,25	22,03 ^a	2,42	0,18
ĐC1	0	19,80 ^a ±0,36	20,77 ^a ±0,12	17,60 ^a ±0,17	19,3 ^a	2,30	0,15
T4	0,5	20,83 ^a ±0,06	21,80 ^a ±0,10	18,43 ^a ±0,47	20,36 ^a	2,31	0,16
T5	1	22,43 ^a ±0,64	21,87 ^a ±0,06	18,50 ^a ±0,53	20,93 ^a	2,39	0,17
T6	2	22,53 ^a ±0,32	22,60 ^a ±0,20	18,63 ^a ±0,38	21,26 ^a	2,42	0,17

TF: hệ số vận chuyển; BF: hệ số tích lũy sinh học. Các chữ cái (a, b, c...) khác nhau trong mỗi cột chỉ ra sự khác biệt đáng kể giữa các nồng độ vi khuẩn khác nhau ($p < 0,05$, thử nghiệm Duncan).

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, 100% các công thức có bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* đều có khả năng hút thu kim loại nặng Cr cao hơn so với công thức không bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* (ĐC, ĐC1 < T1, T2, T3, T4, T5, T6), trong cùng một nồng độ *L. sphaericus*, khả năng tích lũy kim loại nặng Cr trong các bộ phận của cây ở các công thức đất chưa khử trùng luôn lớn hơn các công thức đất đã khử trùng (T1, T2, T3 > T4, T5, T6) và có hàm lượng Cr tích lũy trong thân, lá (phần trên mặt đất) luôn cao hơn trong rễ (phần dưới mặt đất) (TF > 1). Theo P.B. Kumar và cs (1995) [18] và C.Y. Wei và cs (2006) [19], loài thực vật có khả năng vận chuyển kim loại nặng cao khi có hệ số TF > 1. Kết quả nghiên cứu này đã chứng minh cây *S. nigrum* L. là loài thực vật có khả năng vận chuyển Cr cao vào các bộ phận thân,

lá và rễ, kết hợp với *L. sphaericus* là loài vi khuẩn có khả năng sản sinh chất kích thích sinh trưởng thực vật IAA, là chất điều tiết sinh trưởng, thúc đẩy sự phân chia tế bào và hình thành rễ nhánh, rễ và lá giúp cây sinh trưởng và phát triển [16].

Khi so sánh nồng độ vi khuẩn *L. sphaericus* được bổ sung vào các công thức thí nghiệm, tác giả nhận thấy, hàm lượng kim loại nặng Cr tích lũy vào các bộ phận thân, lá và rễ của cây tỷ lệ thuận với hàm lượng *L. sphaericus* bổ sung vào và dao động trung bình từ 19,39 đến 22,03 mg/kg đất khô, thấp nhất ở công thức ĐC1 (19,39 mg/kg) và cao nhất ở công thức T3 (22,03 mg/kg).

Trong cùng một nồng độ vi khuẩn *L. sphaericus* được bổ sung vào các công thức thí nghiệm, hệ số TF và BF trong môi trường đất chưa khử trùng luôn cao hơn trong môi trường đất đã khử trùng (ĐC, T1, T2, T3 > ĐC1 T4, T5, T6), công thức có hệ số TF và BF nhỏ nhất là ĐC1 (TF: 2,30, BF: 0,15) lớn nhất là T2=T3 (TF: 2,42, BF=0,18). Tuy nhiên, xét về mặt hiệu quả kinh tế, tại công thức T3 cần bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* nhiều gấp đôi so với công thức T2 nhưng hệ số TF và BF vẫn bằng nhau và không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê về khả năng tích lũy kim loại nặng Cr vào cây (bảng 3). Vì vậy, nếu sử dụng cây *S. nigrum* L., có bổ sung vi khuẩn *L. sphaericus* để xử lý đất ô nhiễm Cr ở nồng độ 263,8±7,98 mg/kg đất khô tại xã Bảo Quang, TP Long Khánh, tỉnh Đồng Nai cần bổ sung thêm 1 g *L. sphaericus*/10 kg đất khô là đạt hiệu quả cả về kinh tế và kỹ thuật xử lý cao nhất.

Khi so sánh kết quả nghiên cứu của tác giả với nhóm nghiên cứu của H.S. Hussein (2008) [20] về mối liên hệ giữa 3 chủng vi khuẩn thuộc giống *Bacillus* là *Bacillus licheniformis*, *Bacillus thuringiensis* và *Bacillus biosubtyl* về khả năng tích lũy Cr của cây mù tạt Ấn Độ, kết quả cho thấy, cả 3 chủng đều có khả năng tăng sự tích lũy nguyên tố Cr trong cây với mức tăng lần lượt cho 3 chủng vi khuẩn là 0,93; 0,76 và 0,24 mg/kg so với đối chứng. Trong khi đó, kết quả của tác giả khi so công thức đối chứng ĐC1 với công thức T3 tăng đến 1,71 mg/kg. Kết quả chứng minh, vi khuẩn *L. sphaericus* có vai trò rất quan trọng và có tính khả thi cao khi bón cho cây *S. nigrum* L. để xử lý đất ô nhiễm Cr, mở ra triển vọng trong quá trình xử lý đất ô nhiễm kim loại nặng bằng thực vật với chi phí thấp và thân thiện với môi trường.

3.3. Đặc tính lý hoá của đất trước và sau khi thí nghiệm

Để đánh giá hiệu quả cải tạo đất của phương pháp dùng *L. sphaericus* kết hợp với cây *S. nigrum* L. trong xử lý đất ô nhiễm Cr, tác giả tiến hành xác định đặc tính lý hoá của đất trước và sau khi thí nghiệm. Kết quả sau xử lý được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Đặc tính lý hoá môi trường đất trước và sau khi thí nghiệm.

Đặc tính lý hoá môi trường đất	Trước thí nghiệm	Sau thí nghiệm	% so với ban đầu
pH	5,02±1,07	5,05±0,03	100,6
N (%)	0,11±0,01	0,13±0,04	118,2
OC (%)	1,56±0,11	1,78±0,09	114,1
K ₂ O ₅ (mg/100 g)	9,74±4,93	8,74±0,65	89,7
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	23,5±17,7	20,77±2,21	88,4

Đất sau thí nghiệm, hàm lượng chất hữu cơ (OC) và nitơ tổng số (N) đều tăng đáng kể (OC tăng 14,1%, N tăng 18,2% so với ban đầu). Kết quả này cho thấy, nhờ *Lysinibacillus sphaericus* đã thúc đẩy khả năng phát triển cây *S. nigrum* L. tại địa điểm thí nghiệm, trong khi các chất hữu cơ không bị rửa trôi, đồng thời rễ, thân, lá của cỏ khô vùi trong đất làm tăng hàm lượng hữu cơ và nitơ trong đất. Nhận định này phù hợp với nghiên cứu của N. Chomchalow (2000) [21]. Ngược lại, K₂O₅ và P₂O₅ đều giảm so với ban đầu (K₂O₅ giảm 10,3% và P₂O₅ giảm 11,6%). Điều này có thể giải thích do thời gian phân huỷ K₂O₅ và P₂O₅ trong đất chậm, cây *S. nigrum* L. đã hút một lượng lớn K₂O₅ và P₂O₅ để phát triển. Với những đặc điểm trên cho thấy, việc trồng cây *S. nigrum* L. kết hợp với *L. sphaericus* có xu hướng cải thiện tính chất lý hoá của đất theo hướng tích cực. Kết quả này một lần nữa khẳng định hiệu quả của phương pháp sử dụng *L. sphaericus* kết hợp với cây *S. nigrum* L. để xử lý và cải tạo đặc tính lý hoá của đất ô nhiễm kim loại nặng Cr.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh vi khuẩn *L. sphaericus* có tính khả thi cao khi bón cho cây *S. nigrum* L. để xử lý giảm thiểu đất ô nhiễm Cr với chi phí thấp và thân thiện với môi trường.

Trong môi trường đất ô nhiễm Cr 263,8±7,98 mg/kg đất khô, dùng vi khuẩn *L. sphaericus* với nồng độ 1 g/10 kg đất khô bón cho cây *S. nigrum* L. đạt hiệu quả cao nhất về kinh tế và khả năng xử lý loại bỏ kim loại nặng Cr ra khỏi đất ô nhiễm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh tài trợ thông qua đề tài mã số E2022.02.2. Tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M. Shahid, S. Shamshad, M. Rafiq, et al. (2017), "Chromium speciation, bioavailability, uptake, toxicity and detoxification in soil-plant system: A review", *Chemosphere*, **178**, pp.513-533, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.03.074.

[2] H.N. Thanh (2021), "Assessment of heavy metal contamination (As, Pb, Cd, Cu, Zn, Cr) in agricultural land in Long Khanh city, Dong Nai province", *Vietnam Soil Science Journal*, **63**, pp.60-64 (in Vietnamese).

[3] H.N. Thanh, T.N. Ha (2021a), "Current status and solutions to reduce heavy metals in agricultural soil in Long Khanh City, Dong Nai", *Journal of Agriculture and Rural Development*, **22**, pp.21-27 (in Vietnamese).

[4] B. Mark, N. Bougher, B. Dell, et al. (1996), *Working with Mycorrhiza in Forestry and Agriculture*, Australian Centre for International Agricultural Research, pp.187-201, DOI: 10.22004/ag.econ.119356.

[5] I. Raskin, B.D. Ensley (1999), *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment*, Wiley, 304pp.

[6] P. Romkens, L. Bouwman, J. Japenga, et al. (2002), "Potentials and drawbacks of chelate-enhanced phytoremediation of soils", *Environ. Pollut.*, **116(1)**, pp.109-121, DOI: 10.1016/S0269-7491(01)00150-6.

[7] G.I. Burd, D.G. Dixon, B.R. Glick (2000), "Plant growth promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants", *Can. J. Microbiol.*, **46(3)**, pp.237-245, DOI: 10.1139/w99-143.

[8] S. Karenlampi, H. Schat, J. Vangronsveld, et al. (2000), "Genetic engineering in the improvement of plants for phytoremediation of metal polluted soils", *Environ. Pollut.*, **107(2)**, pp.225-231, DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00141-4.

[9] X. Hu, G.L. Boyer (1996), "Siderophore-mediated aluminum uptake by *Bacillus megaterium* ATCC 19213", *Appl. Environ. Microbiol.*, **62(11)**, pp.4044-4048, DOI: 10.1128/aem.62.11.4044-4048.1996.

[10] C.L. Patten, R.B. Glick (1996), "Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid", *Can. J. Microbiol.*, **42(3)**, pp.207-220, DOI: 10.1139/m96-032.

[11] H.N. Thanh, T.M. Huong (2021b), "Investigation and selection of indigenous plants for potential treatment of soil contaminated with chromium in Long Khanh city, Dong Nai province", *Vietnam J. Agri. Sci.*, **19(1)**, pp.110-118 (in Vietnamese).

[12] C. Tu, L.Q. Ma (2002), "Effect of arsenic concentrations and forms on arsenic uptake by the hyperaccumulator ladder brake", *Journal of Environmental Quality*, **31(2)**, pp.641-647, DOI: 10.2134/jeq2002.6410.

[13] A.J.M. Baker, R. Brooks (1989), "Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: A review of their distribution, ecology and phytochemistry", *Biorecovery*, **1**, pp.81-126.

[14] A.J.M. Baker, R.D. Reeves, A.S.M. Hajar (1994), "Heavy metal accumulation and tolerance in British population of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl (Brassicaceae)", *New Phytologist*, **127(1)**, pp.61-68, DOI: 10.1111/j.1469-8137.1994.tb04259.x.

[15] L.Q. Ma, K.M. Komar, C. Tu (2001), "A fern that hyperaccumulates arsenic", *Nature*, **409**, DOI: 10.1038/35078151.

[16] A.M.A. Monroy, J.C.S. Martínez, J. Dussán (2019), "Lysinibacillus sphaericus as a nutrient enhancer during fire-impacted soil replantation", *Applied and Environmental Soil Science*, **2019**, pp.1-8, DOI: 10.1155/2019/3075153.

[17] J. Pratas, P.J.C. Favas, R. D'Souza, et al. (2013), "Phytoremediation assessment of flora tolerant to heavy metals in the contaminated soils of an abandoned Pb mine in Central Portugal", *Chemosphere*, **90(8)**, pp.2216-2225, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.09.079.

[18] P.B. Kumar, V. Dushenkov, H. Motto, et al. (1995), "Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metal from soils", *Environmental Science and Technology*, **29(5)**, pp.1232-1238, DOI: 10.1021/es00005a014.

[19] C.Y. Wei, T.B. Chen (2006), "Arsenic accumulation by two brake ferns growing on an arsenic mine and their potential in phytoremediation", *Chemosphere*, **63(6)**, pp.1048-1053, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2005.09.061.

[20] H.S. Hussein (2008), "Optimisation of plant-bacteria complex for phytoremediation of contaminated soils", *International Journal of Botany*, **4(4)**, pp.437-443, DOI: 10.3923/ijb.2008.437.443.

[21] N. Chomchalow (2000), *Manual of The International Training Course on The Vetiver System*, ORDPB, Bangkok, Thailand, https://www.vetiver.org/PRNV_TCM.pdf, accessed 5 May 2023.