Nghiên cứu khả năng tích lũy đa kim loại nặng từ đất của một số loài thực vật bản địa của Việt Nam

Kiều Thị Dương[1], Bùi Văn Năng[1*], Phùng Văn Khoa[1], Nguyễn Quang Huy[2]
[1]*Trường Đại học Lâm nghiệp*
[2]*Trung tâm tăng trưởng xanh và bảo tồn thiên nhiên bền vững*

Study on the multi-heavy metal accumulation capability of some native plant species in Vietnam

Kieu Thi Duong[1], Bui Van Nang[1*], Phung Van Khoa[1], Nguyen Quang Huy[2]
[1]*Vietnam National University of Forestry*
[2]*Center for green growth and sustainable nature conservation*
**Corresponding author: nangbv@vnuf.edu.vn*

https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.3.2025.108-115

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 13/12/2024
Ngày phản biện: 17/01/2025
Ngày quyết định đăng: 21/02/2025

Từ khóa:
Bãi đổ thải, kim loại nặng, thực vật bản địa, tích lũy, z-score.

Keywords:
Accumulation, dump site, heavy metals, native plants, z-score.

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày khả năng tích lũy đồng thời nhiều kim loại nặng (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr và As) từ đất của 10 loài thực vật bản địa Việt Nam, bao gồm cây thân gỗ, cây thân thảo và cây bụi. Thí nghiệm được thực hiện trong nhà lưới, với các cây trồng trong chậu chứa đất bị ô nhiễm đồng thời sáu kim loại nặng ở ba cấp nồng độ khác nhau (công thức thí nghiệm - CT). Mỗi CT được thiết kế với nồng độ kim loại nặng riêng biệt. Một thí nghiệm đối chứng không bổ sung kim loại nặng cũng được triển khai song song. Trong 2 tháng thí nghiệm, các chỉ tiêu sinh trưởng như chiều cao, số lá của cây đã được đo đếm và đánh giá. Sau thí nghiệm rễ, thân và lá của các cây được lấy mẫu và phân tích nồng độ kim loại nặng bằng ICP-MS. Dữ liệu phân tích được chuẩn hóa bằng chỉ số z-score nhằm so sánh mức độ tích lũy giữa các loài cây và các CT. Kết quả cho thấy các loài có khả năng chống chịu và tích lũy đồng thời nhiều kim loại nặng tốt nhất xếp theo thứ tự giảm dần, là: Ráng seo gà, Ráng vi lân, Si, Kim giao, Dướng, Cỏ mần trầu, Cỏ gấu, Mẫu đơn đỏ, Thanh táo và Đa lông. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học ban đầu cho việc lựa chọn các loài cây tiềm năng để trồng tại các khu vực bãi thải khoáng sản, góp phần loại bỏ kim loại nặng khỏi đất, phục hồi hệ sinh thái, gia tăng tính đa dạng sinh học và cải thiện cảnh quan môi trường.

ABSTRACT

This paper presents a study on the simultaneous accumulation of multiple heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, and As) from soil by ten native Vietnamese plant species, including woody plants, herbaceous plants, and shrubs. The research was conducted in a net house, where plants were grown in pots with soil contaminated with six heavy metals at three different concentration levels (experimental treatments - CT). The heavy metal concentration for each CT was uniquely designed. A parallel control experiment, without heavy metal supplementation, was also performed. During the two-month experiment, growth parameters such as plant height and leaf number were measured. After the experiment, the roots, stems, and leaves of the plants were sampled and analyzed for heavy metal concentrations using ICP-MS. The analytical data were standardized using the z-score index to compare the accumulation levels across species and CTs. The results indicated that the species with the highest tolerance and ability to simultaneously accumulate multiple heavy metals, in descending order of effectiveness, as Pteris multifida Poir, *Microlepia hancei* Prantl, *Ficus*

microcarpa L.f., *Nageia fleuryi* (Hickel) De Laub., *Broussonetia* papyrifera (L.) L'Hér. ex Vent., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Cyperus rotundus* L., *Ixora Coccinea* L., *Justicia gendarussa* Blanco, *and Ficus drupacea* Thunb. *This study provides a scientific foundation for selecting potential plant species for phytoremediation in mine tailing areas, aiming to remove heavy metals from soil, restore ecosystems, enhance biodiversity, and improve environmental landscapes.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô nhiễm kim loại nặng tại các bãi đổ thải khai thác khoáng sản là một thách thức nghiêm trọng đối với môi trường, ảnh hưởng không chỉ đến chất lượng đất mà còn đến sức khỏe của hệ sinh thái và con người. Các kim loại như chì (Pb), cadimi (Cd), kẽm (Zn), đồng (Cu), asen (As), và niken (Ni) thường xuất hiện đồng thời trong đất bãi thải với nồng độ vượt xa ngưỡng an toàn. Ví dụ, tại mỏ thiếc Hà Thượng (Thái Nguyên), nồng độ Pb, Zn lần lượt đạt 1.801 và 7.099 mg/kg [1]; trong khi đó, tại bãi thải làng nghề xã Chỉ Đạo (Hưng Yên), nồng độ Pb lên tới 23.462 mg/kg [2]. Những mức độ ô nhiễm này đều vượt nhiều lần giới hạn cho phép theo QCVN 03:2023/BTNMT, đòi hỏi các giải pháp quản lý và phục hồi đất hiệu quả, thân thiện với môi trường.

Thực vật đã được đề xuất như một giải pháp sinh học tiềm năng để cải tạo đất bị ô nhiễm kim loại nặng, đặc biệt là các loài có khả năng chống chịu và tích lũy kim loại. Các nghiên cứu trước đây đã xác định nhiều loài thực vật thân thảo hoặc cây bụi có khả năng tích lũy kim loại nặng từ đất, chẳng hạn như cây Thài lài (*Commelina coelestis* L.), Ngổ dại (*Enydra fluctuans* Lour.) (hấp thụ Pb, Zn) [2, 3], cây Lu lu đực (*Solanum nigrum* L.) (hấp thụ Cd, Pb) [4], và Dương xỉ (*P. vittata* L, *Pityrogramma calomelanos*, siêu tích lũy As) [5, 6]. Cây Muống Nhật (*Syngonium podophyllum* Schott), một loại cây thân thảo có khả năng bò lan, phủ kín mặt đất và cho sinh khối lớn, đã được nghiên cứu trong các thí nghiệm độc lập trên đất bị nhiễm Pb và đất bị nhiễm As. Kết quả cho thấy cây có khả năng sinh trưởng và tích lũy Pb từ đất nhiễm với nồng độ 4000 mg/kg [7], và As từ đất nhiễm với nồng độ 1500 mg/kg [8]. An Yan và cộng sự, đã tổng hợp danh sách các loài thực vật có khả năng tích lũy kim loại nặng của các nghiên cứu trên thế giới cho thấy hầu hết các loài cây thuộc loài thân thảo, cây bụi [9]. Tuy nhiên đối đất bị ô nhiễm ở tầng sâu hơn 20-30 cm thì nên sử dụng các loài cây thân gỗ [10]. Một lợi thế khác của cây thân gỗ là do chúng không được sử dụng làm thực phẩm nên giảm nguy cơ tái phát chất ô nhiễm [10].

Nhìn chung cho tới thời điểm này, các nghiên cứu ở Việt Nam chủ yếu tập trung vào các loài cây thân thảo, trong khi khả năng tích lũy kim loại nặng của cây thân gỗ vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Bên cạnh đó, ô nhiễm thực tế tại các bãi đổ thải thường phức tạp, với sự hiện diện của nhiều kim loại nặng ở các nồng độ khác nhau. Sự phân bố kim loại nặng tại các bãi đổ thải khai thác khoáng sản không chỉ ở lớp đất bề mặt như những loại đất bị ô nhiễm do hoạt động canh tác nông nghiệp mà nó còn phân bố ở cả những tầng đất có độ sâu lớn hơn. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm tuyển chọn các loài thực vật tiềm năng bao gồm cả những loài cây thân thảo, cây bụi và cây thân gỗ bằng cách thí nghiệm phơi nhiễm đồng thời với 6 kim loại nặng ở các nồng độ mô phỏng theo mức độ ô nhiễm thực tế. Sử dụng chỉ số z-score để chuẩn hóa dữ liệu và so sánh khả năng tích lũy kim loại của các loài trong điều kiện thí nghiệm, từ đó xác định những loài có tiềm năng cải tạo đất bãi thải của hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản bị ô nhiễm kim loại nặng một cách hiệu quả nhất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Các loài thực vật bản địa sử dụng trong nghiên cứu

Mười loài thực vật được lựa chọn để nghiên

cứu đều là những loài cây bản địa của Việt Nam, bao gồm cả các loài cây thân gỗ, cây bụi và cây thân thảo theo danh sách trong Bảng 1.

Bảng 1. Danh mục các loài thực vật bản địa sử dụng trong thí nghiệm

TT	Loài cây (tên Việt Nam)	Tên loài khoa học	Tên họ khoa học	Dạng sống	Chiều cao cây TB ± SD (cm)
1	Đa lông	*Ficus drupacea* Thunb	Moraceae	Thân gỗ	43,5 ± 5
2	Cỏ gấu	*Cyperus rotundus* L.	Cyperaceae	Thân thảo	30,2 ± 2
3	Cỏ mần trầu	*Eleusine indica* (L.) Gaertn.	Poaceae	Thân thảo	35,4 ± 4
4	Mẫu đơn đỏ	*Ixora Coccinea* L.	Rubiaceae	Cây bụi	55,6 ± 10
5	Kim giao	*Nageia fleuryi* (Hickel) De Laub.	Podocarpaceae	Thân gỗ	90,3 ± 13
6	Si	*Ficus microcarpa* L.f.	Moraceae	Thân gỗ	42,5 ± 6
7	Dướng	*Broussonetia papyrifera* L'Hér. ex Vent	Moraceae	Thân gỗ	192 ± 14
8	Ráng seo gà	*Pteris multifida* Poir.	Pteridaceae	Thân thảo	32,3 ± 4
9	Ráng vi lân	*Microlepia hancei* Prantl	Dennstaedtiaceae	Thân thảo	28,5 ± 6
10	Thanh táo	*Justicia gendarussa* Blanco	Acanthaceae	Cây bụi	35,5 ± 3

2.1.2. Loại đất sử dụng trong nghiên cứu

Đất sử dụng trong thí nghiệm là đất lâm nghiệp. Trước khi thí nghiệm, đất đã được loại bỏ tạp chất thô như đá, sỏi và xác động thực vật, sau đó được đồng nhất. Nồng độ các kim loại As, Pb, Zn, Cu, Cr, Cd trong mẫu đất trước khi thí nghiệm được phân tích lần lượt là: KPH (không phát hiện); 4,3; 37; 3,1; 0,3 (mg/kg). Đất thí nghiệm được đựng trong chậu nhựa có kích thước 27cm x 20 cm x 20 cm (miệng x đáy x chiều cao). Khối lượng đất trong mỗi chậu là 7,0 kg (tính ở dạng khô kiệt) với độ ẩm đất là 60%, độ pH_{KCl} bằng 5,1. Các loài cây thân gỗ và mẫu đơn đỏ mỗi chậu trồng 01 cây. Các loài thân thảo mỗi chậu trồng 01 cụm (khóm). Thanh táo mỗi chậu trồng 3 cây.

2.1.3. Các kim loại sử dụng trong thí nghiệm

Kim loại được đưa vào chậu thí nghiệm dưới dạng dung dịch được pha từ các muối: $NaAsO_2$, $Cu(NO_3)_2.3H_2O$, $CH_3(COO)_2Pb$, $ZnCl_2$, $CdNO_3$, $Cr(NO_3)_3.9H_2O$.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Bố trí thí nghiệm

Các chậu đất sau khi trồng cây thí nghiệm được đặt trong nhà lưới có mái che cao 3 m để tránh mưa, xung quanh được quây lưới để tránh động vật. Nhìn chung nhà lưới thí nghiệm có điều kiện thông thoáng, đủ ánh sáng và môi trường cơ bản giống điều kiện ngoài tự nhiên. Các chậu đất thí nghiệm được tưới nước máy vừa đủ thường xuyên để duy trì độ ẩm. Sau 40 ngày, khi các cây đã hoàn toàn thích nghi với điều kiện sống trong chậu, chúng sẽ được bổ sung dung dịch hỗn hợp 6 kim loại nặng để đạt được các nồng độ thí nghiệm mong muốn theo Bảng 2. Pha các kim loại As, Cu, Pb, Zn, Cd, Cr trong cùng dung dịch có nồng độ lần lượt là 20, 50, 100, 100, 3 và 10 (mg/ml). Các thể tích khác nhau của dung dịch hỗn hợp các kim loại nặng này được lấy cho vào lần lượt vào các chậu thí nghiệm ở CT1, CT2 tương ứng là 20, 200 (ml). Ở CT3, khối lượng của các muối kim loại tương ứng lần lượt là 36,4; 26,4; 56; 73,3; 1,5 và 16,0 gam được cân và pha thành dung dịch làm nhiều lần để đảm bảo sự phân tán đều trong dung dịch rồi bổ sung từ từ vào các chậu cây thí nghiệm. Quá trình bổ sung đảm bảo cho dung dịch thấm đều vào đất nhưng không bị rò rỉ ra ngoài chậu. Thí nghiệm đối chứng được tiến hành trên chậu đất không bổ sung kim loại

nặng. Ở mỗi mức nồng độ thí nghiệm của mỗi loài cây công thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Sau 60 ngày kể từ khi bổ sung kim loại nặng, toàn bộ sinh khối của cây thí nghiệm được thu hoạch và tách riêng thành các bộ phận: thân, lá và rễ, sau đó rửa sạch bằng nước máy và nước cất. Mẫu cây sau đó được sấy ở nhiệt độ 60°C rồi bảo quản trước khi phân tích hàm lượng các kim loại nặng bằng phương pháp ICP-MS trên thiết bị iCAP TQ, hãng Thermo Scientific™. Quá trình phá mẫu được thực hiện trong lò vi sóng. Trong thời gian 60 ngày thí nghiệm, các chỉ tiêu sinh trưởng của cây được theo dõi, đo đếm để đánh giá khả năng chống chịu và sinh trưởng của cây trong môi trường ô nhiễm đa kim loại nặng.

Bảng 2. Nồng độ các kim loại nặng trong đất thí nghiệm

TT	Kim loại	Đơn vị	Nồng độ KLN trong đất tại các công thức thí nghiệm (CT)				QCVN 03:2023/ BTNMT
			ĐC	CT1	CT2	CT3	
1	As	mg/kg	KPH	20	200	3000	200
2	Cu	mg/kg	3,1	50	500	1000	2000
3	Pb	mg/kg	4,3	50	500	5000	700
4	Zn	mg/kg	37	100	1000	5000	2000
5	Cd	mg/kg	KPH	3	30	100	60
6	Cr	mg/kg	0,3	10	100	500	250

Trong nghiên cứu này, khả năng hấp thụ kim loại nặng của các loài thực vật được tiến hành trong các điều kiện thí nghiệm với nồng độ kim loại khác nhau. Tuy nhiên, do sự khác biệt về nồng độ kim loại ban đầu trong đất có thể dẫn đến sự biến thiên lớn trong giá trị tuyệt đối của các chỉ số hấp thụ giữa các thí nghiệm, việc so sánh trực tiếp mức độ hấp thụ giữa các loài hoặc giữa các kim loại trở nên khó khăn. Để khắc phục vấn đề này và đảm bảo tính khách quan trong phân tích, chỉ số z-score được sử dụng để chuẩn hóa dữ liệu với mục đích [11]

- Loại bỏ ảnh hưởng của sự khác biệt về thang đo do các nồng độ đầu vào khác nhau.
- Biến đổi các giá trị hấp thụ thành các thang đo chuẩn hóa, phản ánh mức độ hấp thụ tương đối của từng loài thực vật so với giá trị trung bình và độ lệch chuẩn trong mỗi điều kiện thí nghiệm.
- Tạo điều kiện thuận lợi cho việc so sánh khả năng tích lũy kim loại nặng giữa các loài thực vật, bất kể sự khác biệt về nồng độ ban đầu.

Giá trị Z-score được tính toán thông qua biểu thức [12]:

$$z_{Xi} = \frac{(x_{ni} - \mu)}{\sigma}$$

Trong đó:

z_{Xi} là chỉ số z-score của kim loại nặng n trong loài cây/bộ phận cây i;

μ và σ là giá trị trung bình nồng độ và độ lệch chuẩn nồng độ của kim loại n trong 10 loài cây/bộ phận cây thí nghiệm, mg/kg.

2. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

2.1. Khả năng chống chịu, sinh trưởng của các cây thí nghiệm

Khả năng chống chịu và sinh trưởng của 10 loài cây trong quá trình phơi nhiễm với kim loại nặng có sự khác biệt đáng kể, được tổng hợp trong Bảng 3.

Đối với Cỏ mần trầu và Cỏ gấu, hai loài này thể hiện khả năng thích nghi kém trong điều kiện trồng trong chậu tại nhà lưới khi thí nghiệm kéo dài. Sau 60 ngày, sự phát triển kém đã thể hiện rõ ngay cả trong thí nghiệm đối chứng. Ở CT1 và CT2, mức độ phát triển kém càng được thể hiện rõ hơn. Tại CT3, toàn bộ cây Cỏ mần trầu và Cỏ gấu trong các chậu thí nghiệm đều chết hoàn toàn lần lượt sau 3 ngày và 10 ngày kể từ khi bổ sung kim loại nặng.

Với cây Thanh táo, hiện tượng kém phát triển bắt đầu từ CT1 tới CT2 với hiện tượng vàng và khô lá. Đến CT3, tất cả các cây đều chết sau 7 ngày kể từ khi bổ sung kim loại nặng vào đất.

Đối với 7 loài còn lại, nhìn chung, ở CT2 chưa có hiện tượng cây chết, nhưng đối với loài Si, Đa lông và Mẫu đơn đỏ đã ghi nhận sự chậm phát triển chiều cao so với thí nghiệm đối chứng. Ngược lại, các loài khác như Kim giao, Dướng, Ráng seo gà, và Ráng vi lân vẫn phát triển bình thường, thể hiện qua sự tăng chiều cao và màu sắc lá không khác biệt so với đối chứng. Sang đến CT3, hai loài là Đa lông và Mẫu đơn đỏ đã bị chết toàn bộ số cây thí nghiệm. Các loài Si, Kim giao đã được ghi nhận sự kém phát triển so với thí nghiệm đối chứng thể hiện ở sự tăng chiều cao và hình thái lá. Ở loài Si, một vài đốm vàng trên lá đã xuất hiện. Các loài Ráng vi lân và Ráng seo gà đã xuất hiện chồi non mọc trong chậu thí nghiệm ngay cả ở mức nồng độ kim loại nặng phơi nhiễm cao nhất (CT3).

Bảng 3. Khả năng chống chịu kim loại nặng của các cây thí nghiệm

Tên loài	Tình hình sinh trưởng: sự tăng chiều cao (Δ_h), số lá (Δ_n) và tình trạng lá sau 60 ngày thí nghiệm			
	ĐC	CT1	CT2	CT3
Kim giao	Δ_h: 5-8 cm Lá xanh	Δ_h: 2-4 cm Lá xanh	Δ_h: 4-7 cm Lá xanh	Δ_h: 2-4 cm Lá xanh
Dướng	Δ_h: 10-17 cm Lá xanh	Δ_h: 10-18 cm Lá xanh	Δ_h: 7-12 cm Lá xanh	Δ_h: 7-10 cm Lá xanh
Si	Δ_h: 30-37 cm Lá xanh	Δ_h: 15-30 cm Lá xanh	Δ_h: 9-15 cm Xuất hiện một vài đốm vàng	Δ_h: 8-15 cm Xuất hiện một vài đốm vàng
Đa lông	Δ_h: 7-10 cm Lá xanh	Δ_h: 15-16 cm Lá xanh	Δ_h: 3-5 cm Lá xanh	cây chết sau 3 ngày phơi nhiễm
Ráng seo gà	Δ_n:3-4 lá (chồi non). Lá xanh	Δ_n: 3-5 (chồi non) Lá xanh	Δ_n:3-4 (chồi non) Lá xanh	Δ_n: 3-4 (chồi non). Lá xanh
Cỏ mần trầu	Δ_n: (-1)-(-2) nhánh. Lụi dần	Δ_n: (-2)-(-3) nhánh. Lụi dần	Δn: (-4) - (-6) nhánh. Lụi dần	cây chết sau 3 ngày phơi nhiễm
Thanh táo	Δ_h: 11-20 cm Lá xanh	Δ_h: 13-17 cm Hiện tượng vàng lá	Δ_h: 2-7 cm Khô lá, thối lá	cây chết sau 7 ngày phơi nhiễm
Mẫu đơn đỏ	Δ_h: 7-10 cm Lá xanh	Δ_h: 15-16 Lá xanh	Δ_h: 4-5 Rải rác bị đốm vàng	cây chết sau 15 ngày phơi nhiễm
Ráng vi lân	Δ_n: 5-7 lá (chồi non). Lá xanh	Δ_n: 5-8 lá (chồi non). Lá xanh	Δ_n: 5-6 lá (chồi non). Lá xanh	Δ: 5-7 lá (chồi non). Lá xanh
Cỏ gấu	Δ_n:(-2)-(-4) nhánh. Lụi dần	Δ_n:(-2)-(-5) nhánh. Lụi dần	Δn:(-5)-(-7) nhánh. Lụi dần	cây chết sau 3 ngày phơi nhiễm

Như vậy qua thí nghiệm có thể thấy những loài chống chịu đối với các kim loại nặng trong đất tốt nhất theo thứ tự giảm dần như sau: Ráng vi lân, Ráng seo gà, Dướng, Kim giao, Si, Đa lông, Mẫu đơn đỏ, Thanh táo, Cỏ gấu và Cỏ mần trầu. Những loài chưa xuất hiện những tổn thương về mặt hình thái ở cả 3 CT là Ráng seo gà, Ráng vi lân, Dướng và Kim giao.

2.2. Khả năng tích lũy kim loại nặng của các cây thí nghiệm

Chỉ số z-score về khả năng tích lũy đồng thời các kim loại nặng của 10 loài thực vật bản địa được thể hiện trong biểu đồ Hình 1. Kết quả cho thấy có một số sự khác nhau trong từng công thức nghiệm. Ở nồng độ thí nghiệm thấp nhất (CT1), các loài Ráng seo gà, Ráng vi lân và Thanh táo thể hiện khả năng tích lũy đồng thời nhiều kim loại nặng nhất trên toàn bộ cây. Đối với phần sinh khối trên mặt đất, ngoài 3 loài kể trên thì loài Si cũng thể hiện khả năng tích lũy đa kim loại nặng đáng kể trong phần sinh khối thân cây. Cỏ gấu cũng cho thấy có khả năng tích lũy tốt chì và crom ở trong lá so với các loài còn lại. Trong 10 loài cây thí nghiệm, Ráng seo gà tích lũy As cao nhất.

Khi nồng độ các kim loại nặng trong đất thí nghiệm tăng lên trong CT2, các loài như Ráng vi lân, Ráng seo gà, Kim giao và Thanh táo cho thấy khả năng tích lũy kim loại nặng toàn cây vượt trội hơn so với các loài còn lại. Đối với sinh khối trên mặt đất, loài Si và Cỏ gấu cũng là loài tích lũy được đồng thời nhiều kim loại nặng trong thân và lá. As và Pb được tích lũy chủ yếu bởi loài Ráng seo gà và Ráng vi lân so với các loài cây thí nghiệm còn lại. Trong khi Thanh táo, Cỏ gấu và Kim giao là những loài tích lũy Cd tốt nhất so với ác loài còn lại.

Ở nồng độ thí nghiệm cao nhất (CT3), một số loài như Thanh táo, Cỏ mầu trầu, Mẫu đơn đỏ, Đa lông và Cỏ gấu không chống chịu và sinh trưởng được. Trong các loài còn lại như Ráng seo gà, Ráng vi lân và Si thể hiện khả năng tích lũy đồng thời nhiều kim loại nặng cao nhất, phù hợp cho các ứng dụng xử lý đất ô nhiễm ở mức độ cao hoặc đất bãi đổ thải khai thác khoáng sản. Ráng seo gà, Ráng vi lân và Si có khả năng tích lũy tốt được cả ở phần sinh khối trên mặt đất là thân và lá. Kim giao thể hiện ở khả năng tích lũy tốt ở phần sinh khối rễ và lá của cây. Dướng cũng là loài cây có khả năng chống chịu và tích lũy được Cr ở công thức thí nghiệm CT3 so với các loài còn lại.

Hình 1. Chỉ số z-score khả năng tích lũy kim loại nặng của 10 loài thực vật bản địa của Việt Nam ở điều kiện thí nghiệm trong nhà lưới

Hình 1. Chỉ số z-score khả năng tích lũy kim loại nặng của 10 loài thực vật bản địa của Việt Nam ở điều kiện thí nghiệm trong nhà lưới (tiếp)

Với đặc điểm ô nhiễm tại các bãi đổ thải từ hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản, việc lựa chọn loài cây cải tạo đất cần kết hợp giữa cây bụi, cây thân thảo và cây gỗ. Các loài cây thân thảo như Ráng seo gà và Ráng vi lân có khả năng chống chịu và tích lũy kim loại nặng, khi được trồng sẽ giúp làm sạch kim loại nặng ở tầng đất mặt. Các loài cây thân gỗ như Si, Kim giao và Dướng sẽ tác động làm sạch kim loại nặng ở tầng sâu hơn. Ngoài ra, cây Kim giao là loài cây thân gỗ có giá trị sinh thái và cảnh quan. Vì vậy, việc kết hợp các loài cây thân thảo và cây gỗ trong danh sách 5 loài cây này để trồng trên các bãi đổ thải khai thác khoáng sản có thể là một giải pháp hệ thống, vừa giúp làm sạch kim loại nặng ở cả tầng mặt và tầng sâu, vừa tạo ra hệ sinh thái đa dạng, có giá trị về cảnh quan môi trường. Tuy nhiên, để áp dụng thành công những loài cây này vào thực tế, cần xem xét thêm các yếu tố môi trường tại các bãi đổ thải.

Cũng giống như nhiều nghiên cứu khác đã thực hiện [2-4, 7, 8], trong nghiên cứu này kim loại nặng đưa vào thí nghiệm ở dạng hòa tan. Trong khi đó thực tế ở các bãi đổ thải, chúng tồn tại ở nhiều trạng thái khác như trạng thái linh động hoặc oxit, muối... Bên cạnh đó các nhân tố khác như độ pH của đất, hàm lượng dinh dưỡng đất... là những nhân tố ảnh hưởng đến khả năng tích lũy, cố định kim loại nặng của thực vật. Vì vậy cần có những nghiên cứu sâu hơn để đánh giá ảnh hưởng của những nhân tố đó tới sự hấp thụ đa kim loại nặng của những loài thực trong danh mục những loài cây có tiềm năng của nghiên cứu này.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đánh giá khả năng chống chịu và tích lũy đồng thời nhiều kim loại nặng As, Cu, Pb, Zn, Cd và Cr từ đất trong khoảng nồng độ tương ứng từ KPH-3000; 3,1-1000; 4,3-5000; 37-5000; KPH-100 và 0,3-500 mg/kg

của 10 loài thực vật bản địa Việt Nam. Kết quả cho thấy, các loài Ráng seo gà, Ráng vi lân và Si không chỉ tích lũy kim loại nặng vượt trội mà còn thể hiện khả năng chống chịu tốt, ngay cả trong điều kiện ô nhiễm nồng độ cao. Kim giao và Dướng cũng có khả năng chống chịu và tích lũy ổn định ở nồng độ thấp và trung bình. Ngược lại, các loài như cỏ Mần trầu, cỏ gấu và Thanh táo cho thấy mức độ chống chịu thấp hơn, với sự suy giảm sinh trưởng rõ rệt hoặc chết khi tiếp xúc với môi trường ô nhiễm nặng. Với mức độ ô nhiễm kim loại nặng thấp hơn CT3, danh mục các loài cây được lựa chọn để trồng có thể được mở rộng ra với những loài như Mẫu đơn đỏ, Thanh táo.

Những phát hiện này cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn các loài cây phù hợp để cải tạo đất bị ô nhiễm kim loại nặng tại các bãi đổ thải khai thác khoáng sản. Trong tương lai, nghiên cứu cần mở rộng để đánh giá hiệu quả của các loài cây này trong điều kiện thực địa và xác định các yếu tố sinh thái bổ trợ nhằm tối ưu hóa quy trình phục hồi đất. Điều này sẽ góp phần tăng cường tính bền vững của các hệ sinh thái và cải thiện chất lượng môi trường.

Lời cảm ơn

Bài báo này là một trong những sản phẩm của Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ (Bộ Dân tộc và Tôn giáo), mã số: ĐTCB.UBDT.04.22-24: *Nghiên cứu giải pháp cải thiện môi trường đất vùng khai thác khoáng sản bằng các loài thực vật bản địa trên cơ sở cộng đồng ở vùng đồng bào DTTS&MN phía Bắc*.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Ngọc Sơn Hải, Nguyễn Ngọc Nông, Nguyễn Khắc Giảng, Perter Sanderson & Ravi Naidu (2020). Sự tích lũy các kim loại nặng (As, Cd, Cu, Pb, Zn) trong đất bãi thải các mỏ khai thác khoáng sản tại tỉnh Thái Nguyên. Tạp chí Khoa học Đất. 59: 16-24.

[2]. Đinh Tiến Dũng, Tạ Thị Yến, Nguyễn Thị Thu Hà & Trịnh Quang Huy (2016). Nghiên cứu tuyển chọn loài thực vật có khả năng hấp thu Pb, Zn cao trong đất trên địa bàn xã Chỉ Đạo và Đại Đồng, huyện Văn Lâm, Hưng Yên. Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam. 10(71): 66-72.

[3]. Phạm Thị Mỹ Phương, Lê Tất Khương, Đặng Thị Kim Chi & Nguyễn Mạnh Khải (2016). Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cadimi (Cd) và chì (Pb) trong đất đến khả năng sinh trưởng và hấp thu Cd, Pb của cây lu lu đực (Solanum nigrum L.). Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường. 32(4): 29-35.

[4]. Phạm Thị Mỹ Phương, Đoàn Văn Tú, Nguyễn Mạnh Khải & Đặng Thị Kim Chi (2018). Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cadimi và chì trong đất đến khả năng sinh trưởng và hấp thu các kim loại này của cây cỏ mần trầu (Eleusine indica L.). Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam. 60(2): 32-35.

[5]. Nguyễn Thị Hoàng Hà, Bùi Thị Kim Anh & Tống Thị Thu Hà (2016). Đánh giá khả năng xử lý asen trong đất của một số loài thực vật bản địa mọc xung quanh khu mỏ chì kẽm Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường. 32(2S): 1-8.

[6]. Hà Đình Nghiêm, Nguyễn Thị Huệ & Nguyễn Thanh Hải (2016). Nghiên cứu khả năng hấp thụ kim loại nặng chì và asen của cây dương xỉ (microsorum pteropus) và đơn buốt (bidens pilosa L) tại Bắc Kạn. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng. 9(106): 87-90.

[7]. Bùi Văn Năng, Nguyễn Thị Ngọc Bích, Đỗ Thị Thu Phúc & Trần Thị Đăng Thúy (2015). Nghiên cứu sử dụng cây Muống Nhật (*Syngonium podophyllum* Schott) để loại bỏ chì trong đất. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. Số chuyên san tháng 11/2015: 102-107.

[8]. Bùi Văn Năng, Trần Thị Ngọc Hải, Phạm Thị Trang & Nguyễn Thị Hương Ly (2013). Nghiên cứu sử dụng cây Muống nhật (Syngonium podophyllum Schott) để loại bỏ Asen trong đất. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 2: 83-87.

[9]. Yan A., Wang Y., Tan S. N., Mohd Yusof M. L., Ghosh S. & Chen Z. (2020). Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. Frontiers in plant science. 11: 359.

[10]. Suman J., Uhlik O., Viktorova J. & Macek T. (2018). Phytoextraction of heavy metals: a promising tool for clean-up of polluted environment. Frontiers in plant science. 9: 1476.

[11]. L. van der Zee, A. Corzo Remigio, L. W. Casey, I. Purwadi, J. Yamjabok, A. van der Ent, G. Kootstra & M. G. M. Aarts. (2021). Quantification of spatial metal accumulation patterns in Noccaea caerulescens by X-ray fluorescence image processing for genetic studies. Plant Methods. 17: 1-16.

[12]. Ayeni, A. O., & Balogun, I. I. (2012). Evaluating the performance of heavy metals in surface ponds among land-use using Z-score and coefficient of variation. 5(3): 162-169.