

ẢNH HƯỞNG CỦA HYDROGEL SIÊU GIỮ ẨM ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ KHẢ NĂNG HẤP THU CHÌ CỦA CÂY SƠN CÚC BA THÙY (*WEDELIA TRILOBATA* (L.)) TRỒNG TRÊN ĐẤT Ô NHIỄM

EFFECT OF SUPERABSORBENT HYDROGEL ON GROWTH AND LEAD ABSORPTION OF *WEDELIA TRILOBATA* (L.) HITCCH ON CONTAMINATED SOIL

Phạm Thị Huyền¹, Trần Quốc Toàn^{1,*}, Trần Minh Phương¹,
Nguyễn Quốc Dũng¹, Nguyễn Thanh Tùng²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huinh5804.2025.160>

TÓM TẮT

Hydrogel siêu giữ ẩm (SAH), là polymer siêu hấp thụ nước, đã được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp vì chúng làm tăng đáng kể hiệu quả sử dụng nước. Nghiên cứu này đánh giá tác động của (SAH) đến sự phát triển và khả năng hấp thụ chì của *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc, được trồng trên đất ô nhiễm tại bãi thải quặng chì kẽm ở tỉnh Thái Nguyên. Thí nghiệm được thiết kế với năm công thức và ba lần lặp lại, với nồng độ SAH từ 0,0 - 0,8g/kg đất. Đất không bị ô nhiễm được sử dụng làm đối chứng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở các thí nghiệm bổ sung SAH, *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc cho thấy sự phát triển mạnh mẽ và thể hiện hiệu quả khắc phục chì tốt hơn so với các nghiệm thức không có SAH. Sau 90 ngày canh tác, việc sử dụng SAH đã làm tăng khả năng chịu đựng và hấp thụ chì của cây. Hiệu quả xử lý chì tối ưu được quan sát thấy ở nồng độ SAH dao động từ 0,6 đến 0,8g/kg đất.

Từ khóa: Hydrogel; sinh trưởng; *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc; chì; hấp thụ.

ABSTRACT

Superabsorbent hydrogels (SAH), which are superabsorbent polymers, have been widely used in agriculture because they significantly increase water use efficiency. This study evaluated the effects of (SAH) on the growth and lead uptake capacity of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc, grown on contaminated soil at a lead-zinc ore tailings dump in Thai Nguyen Province. The experiment was designed with five treatments and three replications, with SAH concentrations ranging from 0.0 to 0.8g/kg of soil. Uncontaminated soil was used as the control. The results of the study showed that in the SAH-supplemented treatments, *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc exhibited strong growth and demonstrated better lead remediation efficiency than the treatments without SAHS. After 90 days of cultivation, the use of SAH increased the plant's tolerance and lead uptake capacity. The optimal lead remediation efficiency was observed at SAH concentrations ranging from 0.6 to 0.8g/kg of soil.

Keywords: Hydrogel; growth; *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc; lead; absorption.

¹Trường Đại học Sư phạm, Đại học Thái Nguyên

²Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Email: toantq@tnue.du.vn

Ngày nhận bài: 25/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

CHỮ VIẾT TẮT

SAH Superabsorbent hydrogels
(Hydrogel siêu giữ ẩm)
SCBT Sơn cúc ba thù

TCVN Tiêu chuẩn Việt Nam
CEC Cation exchange capacity
(Dung lượng cation trao đổi)
OM Organic Matter (Chất hữu cơ)

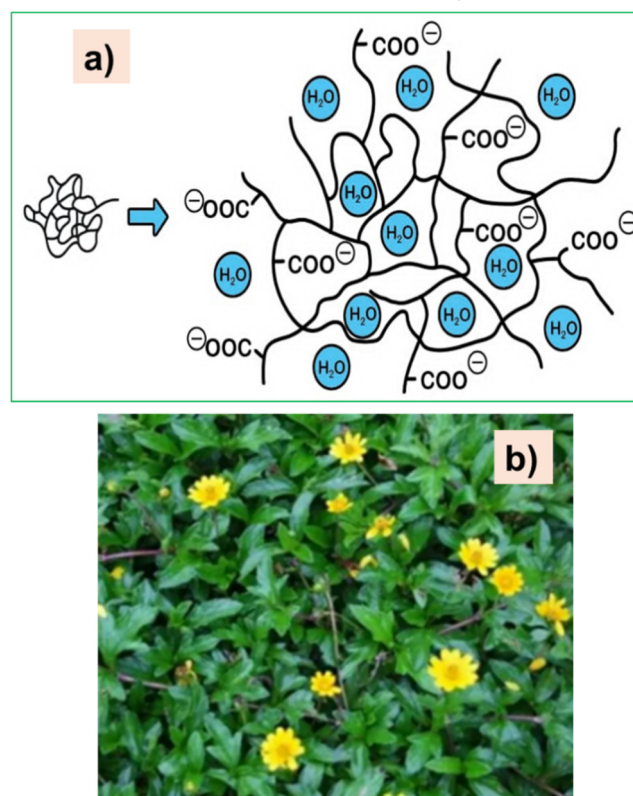
CT	Công thức
BCF	Bioconcentration factor (Hệ số tích lũy sinh học)
TF	Translocation factor (Hệ số vận chuyển)

1. GIỚI THIỆU

Với sự phát triển nhanh của các ngành công nghiệp, khai khoáng và sản xuất nông nghiệp, ô nhiễm kim loại nặng trong đất đã trở thành một vấn đề môi trường toàn cầu, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người, và các sinh vật sống [1, 2]. Kim loại nặng với bản chất độc hại, có đặc tính tích tụ sinh học, tồn tại lâu dài và không phân hủy sinh học [2]. Trong các kim loại nặng, chì là kim loại nặng có hại thứ hai trong các nguyên tố kim loại, nồng độ cao của chì trong đất có thể làm cho cây trồng chậm phát triển, ức chế quang hợp, làm rối loạn cân bằng nước [3, 4]. Khi xâm nhập vào cơ thể người, chì gây mất cân bằng giữ các chất oxy hóa, làm gián đoạn các chức năng sinh lý, thúc đẩy nhiều hội chứng hô hấp như hen suyễn, ung thư phổi, rối loạn thần kinh, thận, tim mạch [4]. Ở Việt Nam và nhiều nước trên thế giới, ô nhiễm kim loại nặng trong đất xung quanh khu vực khai thác khoáng sản đang là vấn đề rất đáng lo ngại. Thái Nguyên là tỉnh miền núi phía Bắc Việt Nam, nơi tập trung nhiều mỏ khoáng sản như mỏ Vonfram ở Núi Pháo (Đại Từ), mỏ sắt ở Trại Cau (Đồng Hỷ), mỏ chì kẽm ở Làng Hích (Đồng Hỷ),... Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng đất ở các khu mỏ khai thác khoáng sản này đang bị ô nhiễm nghiêm trọng, hàm lượng các kim loại nặng trong đất như Zn, Cd, Pb,... ở mức cao, vượt nhiều lần so với tiêu chuẩn cho phép [3-6]. Để xử lý đất ô nhiễm người ta thường sử dụng các phương pháp truyền thống như: rửa đất; cố định các chất ô nhiễm bằng hoá học hoặc vật lý; xử lý nhiệt; trao đổi ion,...[1, 2]. Hầu hết các phương pháp này đều có chi phí cao, giới hạn về kỹ thuật và hạn chế về diện tích. Gần đây, nhờ những hiểu biết về cơ chế hấp thụ, chuyển hoá và loại bỏ kim loại nặng của một số loài thực vật, mà phương pháp xử lý bằng thực vật được coi là phương pháp "xanh", cho hiệu quả kinh tế cao và có tính bền vững [1, 2]. Tuy nhiên phương pháp xử lý bằng thực vật có bản chất chậm, cần thời gian dài trong quá trình khắc phục. Để cải thiện điều này, chất cải tạo đất đã được thêm vào thể nâng cao hiệu quả xử lý đất ô nhiễm. Khi áp dụng các chất cải tạo đất có thể làm tăng hàm lượng chất hữu cơ và các chất dinh dưỡng thiết yếu của đất, cải thiện các đặc tính lý hóa và sinh học, có lợi cho quá trình phát triển của thực vật,...[7-9].

Hydrogel siêu giữ ẩm (SAH) với bản chất là một polymer siêu hấp thụ nước có cấu trúc mạng lưới ba chiều

có thể hấp thụ và giữ lại khối lượng nước cực cao, đã được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp để duy trì độ ẩm, cải tạo đất, giúp cây trồng phát triển mạnh. Các hydrogel siêu giữ ẩm có khả năng tạo liên kết ngang với ion kim loại, khi được bổ sung vào đất sẽ làm tăng khả năng giữ nước của đất, làm giảm độc tính của các kim loại với cây trồng, giúp duy trì sự phát triển của cây trồng trong điều kiện khô hạn [10-12]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chất cải tạo đất hydrogel đến khả năng sinh trưởng và khả năng hấp thụ chì của cây sơn cúc ba thùy (có tên khoa học là *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc) trồng trên đất ô nhiễm. Sơn cúc ba thùy (SCBT) là loài thực vật xâm lấn mạnh, mọc hoang dại ở khắp nơi, trên mọi địa hình, xuất hiện phổ biến ở các khu vực sau khai thác khoáng sản [13, 14].



Hình 1. (a) Cơ chế hút nước của Hydrogel, (b) Hình ảnh cây sơn cúc ba thùy

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và hóa chất

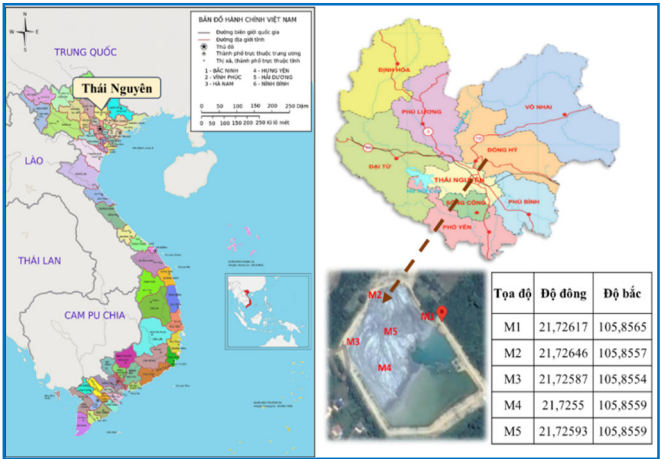
Hydrogel siêu giữ ẩm (SAH) của Việt Nam, là chất rắn có màu trắng đục, được tạo thành do quá trình trùng hợp ghép acrylic acid với tinh bột hạt mít, khả năng hấp thụ nước 400g/g.

Các hóa chất tinh khiết: HNO_3 63%, HCl 36%, H_2O_2 35% của hãng Merk (Đức).

Cây sơn cúc ba thùy (SCBT) được chọn là những cây đang phát triển khỏe mạnh, thu thập từ vườn giống, có

sự tương đồng về hình thái và kích thước, có thân dài khoảng 7cm và rễ dài khoảng 1,5cm.

Các mẫu đất được lấy ở tầng mặt đất ở 5 điểm khác nhau theo TCVN 7538-2:2005 về chất lượng đất – lấy mẫu, sau đó xử lý sơ bộ, nghiền nhỏ, trộn đều. Đất ô nhiễm chì được lấy ở khu vực bãi thải mỏ quặng Pb/Zn, làng Hích thuộc xã Tân Long, huyện Đồng Hỷ, tỉnh Thái Nguyên. Đất không ô nhiễm lấy tại khu đất vườn tại xã Tân Long, huyện Đồng Hỷ, tỉnh Thái Nguyên, Việt Nam.



Hình 2. Vị trí khu vực nghiên cứu và lấy mẫu đất ô nhiễm ở khu vực mỏ Pb/Zn làng Hích, huyện Đồng Hỷ, tỉnh Thái Nguyên, Việt Nam

Bảng 1. Một số đặc tính lí hóa của các mẫu đất nghiên cứu

Mẫu đất	pH _{KCl}	CEC	OM	Pb	Pb trong đất loại 1 theo QCVN 03:2023/BTNMT
		(mgđl/100g)	(%)	mg/kg	
Không ô nhiễm	4,85	10,90	3,20	11,65	200
Ô nhiễm	5,68	6,70	2,42	1721,92	

2.2. Bố trí thí nghiệm

SCBT được trồng trong chậu nhựa polyethylene có chiều cao 27cm, đường kính miệng 33cm, đường kính đáy 28cm, chứa 3kg đất. Mỗi chậu thí nghiệm trồng 03 cây SCBT và tưới nước cất thường xuyên để duy trì độ ẩm của đất.

Thí nghiệm được bố trí theo khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh với 5 công thức và 3 lần nhắc lại. Các công thức thí nghiệm như sau:

Công thức 1 (CT1 - Đối chứng): SCBT được trồng trên đất không ô nhiễm, không chứa SAH.

Công thức 2 (CT2): SCBT được trồng trên đất ô nhiễm, không chứa SAH.

Công thức 3 (CT3): SCBT được trồng trên đất bị ô nhiễm với 0,4g SAH /kg đất.

Công thức 4 (CT4): SCBT được trồng trên đất bị ô nhiễm với 0,6g SAH /kg đất.

Công thức 5 (CT5): SCBT được trồng trên đất bị ô nhiễm với 0,8g Hydrogel /kg đất.

Ở các công thức sử dụng SAH, ta đem trộn đều đất với lượng xác định SAH trước khi trồng.

Địa điểm thí nghiệm: khu đất vườn tại Tổ dân phố Tam Thái, Thị trấn Hóa Thượng, huyện Đồng Hỷ, tỉnh Thái Nguyên.

Thời gian thí nghiệm: từ tháng 5 năm 2024 đến tháng 8 năm 2024.

2.3. Phương pháp phân tích

a) Xác định kim loại nặng trong mẫu đất và SCBT: Mẫu đất và mẫu SCBT sau khi nghiền nhỏ với kích thước 1 mm, được phá trong lò vi sóng Microwave Digestion System speedwave (Berghof/ Đức). Hàm lượng kim loại chì được xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử trên máy Analytik Jena novAA 400P (Đức).

b) Phân tích số liệu: Các dữ liệu về sinh trưởng, hàm lượng kim loại nặng trong mẫu đất và cây được xử lý bằng phần mềm Excel, và Origin. Việc đánh giá sự khác biệt đáng kể giữa các dữ liệu khác nhau đã được thực hiện bằng phần mềm SAS 9.1 với thử nghiệm Duncan ($p \leq 0,05$).

2.4. Các chỉ tiêu theo dõi thực vật

Các dữ liệu về sự phát triển (chiều dài thân chính, chiều dài rễ) của SCBT và khả năng hấp thụ chì trong các bộ phận của cây ở khoảng thời gian 30 ngày, 60 ngày và 90 ngày sau trồng được thu thập, phân tích.

2.5. Hệ số tích lũy sinh học và hệ số vận chuyển

Để đánh giá cách SCBT loại bỏ chì và lượng chì được SCBT hấp thụ từ đất tại khu vực nghiên cứu, hệ số tích lũy sinh học (BCF) và hệ số vận chuyển (TF) được tính toán.

$$BCF_{(r\sqrt{th\grave{a}n\ l\grave{a})}} = \frac{N\grave{o}ng\ \acute{d}\acute{o}\ c\acute{u}a\ Pb\ tr\acute{o}ng\ th\grave{a}n\ l\grave{a}\ ho\grave{a}c\ r\sqrt{e}}{N\grave{o}ng\ \acute{d}\acute{o}\ c\acute{u}a\ Pb\ tr\acute{o}ng\ \acute{d}\acute{a}t} \quad (1)$$

$$TF_{th\grave{a}n\ l\grave{a}} = \frac{N\grave{o}ng\ \acute{d}\acute{o}\ Pb\ tr\acute{o}ng\ th\grave{a}n\ l\grave{a}\ (b\acute{o}\ p\acute{h}\n{a}n\ tr\acute{e}n\ m\grave{a}t\ \acute{d}\acute{a}t)}{N\grave{o}ng\ \acute{d}\acute{o}\ Pb\ tr\acute{o}ng\ r\sqrt{e}} \quad (2)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài thân chính SCBT

Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài thân chính SCBT được thể hiện ở bảng 2. Kết quả cho thấy, SCBT sinh trưởng trong môi trường đất ô nhiễm; đất bổ sung SAH giúp cây phát triển mạnh, cho chiều dài thân chính tăng mạnh hơn. Sau 30 ngày trồng, CT5 (sử dụng 0,8g SAH/kg đất) cho chiều dài thân chính cao nhất ở mức có ý nghĩa thống kê 95%. Sau 60 ngày, 90 ngày trồng, công thức có

sử dụng SAH (CT3, CT4, CT5) cho chiều dài thân chính lớn hơn so với CT2 (không sử dụng SAH). Sau 90 ngày trồng SCBT trên đất ô nhiễm có áp dụng SAH với hàm lượng từ 0,4 - 0,8g/kg đất, cho chiều dài thân chính đạt khoảng 41,53 - 61,71cm, tăng 17,74% đến 74,49% so với CT2, trong đó công thức CT5 cho chiều dài thân chính cao nhất ở mức có ý nghĩa thống kê. SAH với khả năng hấp thụ nước và giữ nước cực cao, làm tăng độ xốp của đất, cải thiện hiệu quả sử dụng nước và chất dinh dưỡng, giúp cây phát triển tốt cho chiều dài thân chính tăng. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của các tác giả Liangyu Chang [10] và Nguyễn Văn Khôi [11].

Bảng 2. Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài thân chính SCBT

Công thức	Thời gian		
	30 ngày	60 ngày	90 ngày
	Chiều dài thân chính (cm)	Chiều dài thân chính (cm)	Chiều dài thân chính (cm)
CT1(ĐC)	14,03 ± 1,65 ^b	25,83 ± 1,82 ^{cd}	42,66 ± 2,34 ^c
CT2	13,47 ± 1,73 ^b	23,66 ± 1,95 ^d	35,27 ± 2,19 ^d
CT3	14,76 ± 2,03 ^b	29,13 ± 2,32 ^c	41,53 ± 3,15 ^c
CT4	16,70 ± 1,84 ^b	34,75 ± 2,46 ^b	50,81 ± 3,30 ^b
CT5	20,32 ± 2,18 ^a	43,45 ± 3,12 ^a	61,71 ± 4,68 ^a
LSD _{0,05}	3,45	4,33	5,92
CV%	11,95	7,58	7,01

Ghi chú: LSD_{0,05} là khác biệt có ý nghĩa thống kê nhỏ nhất. CV% là hệ số biến thiên. Trong cùng một cột, các chữ cái đi kèm khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95% theo phân tích Duncan ($p < 0,05$)

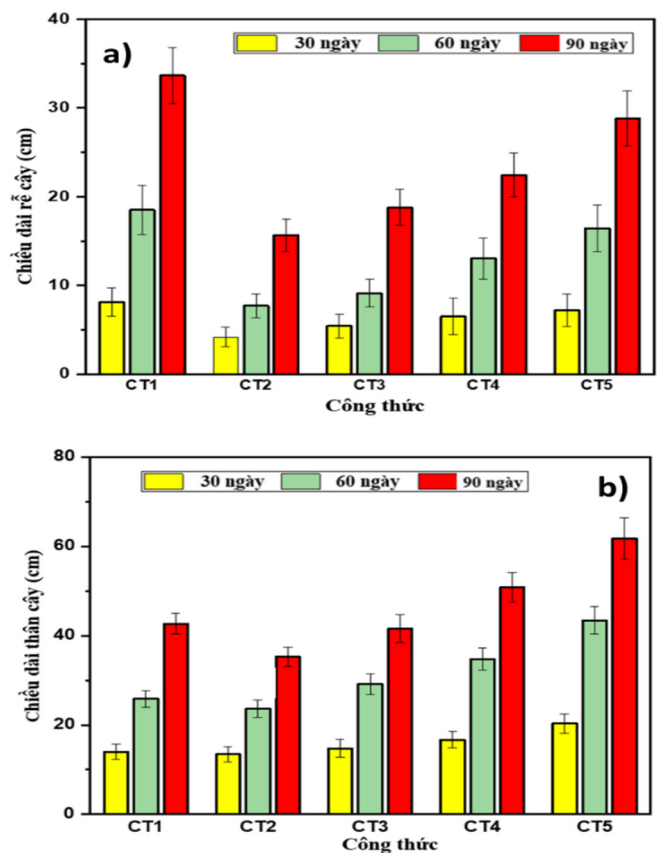
3.2. Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài rễ SCBT

Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài rễ SCBT được thể hiện ở bảng 3. Kết quả cho thấy, sau 30 ngày trồng trên đất ô nhiễm (CT2), chiều dài rễ cây SCBT không có sự khác biệt với công thức sử dụng SAH với liều lượng thấp (CT3, CT4) và công thức trồng trên đất không ô nhiễm (CT1). Ở giai đoạn cây non mới trồng, nước được tưới nhiều, trong khi bộ rễ mới bắt đầu thích nghi với môi trường sống nên sự ảnh hưởng của SAH đến cây chưa nhiều. Sau 90 ngày trồng trên đất ô nhiễm, SAH cho thấy sự ảnh hưởng tích cực đến sinh trưởng của SCBT, các công thức sử dụng SAH đều cho chiều dài rễ lớn công thức không áp dụng SAH (CT2). CT5 sử dụng SAH với liều lượng cao nhất (0,8 g SAH/kg đất) cho chiều dài rễ lớn nhất ở mức có ý nghĩa thống kê 95%. Tuy nhiên ở các công thức thí nghiệm trồng SCBT trên đất ô nhiễm đều cho chiều dài rễ ngắn hơn trồng trên đất không ô nhiễm (CT1). Điều này chứng tỏ, đất ô nhiễm chì đã ảnh hưởng rõ rệt đến sự sinh trưởng, phát triển của SCBT, chúng kìm hãm sự phát triển

của rễ. Bởi rễ là cơ quan đầu tiên của cây tiếp xúc với kim loại nặng. Quá trình hấp thụ diễn ra đầu tiên ở bộ rễ. Khi các kim loại nặng trong dung dịch đất tiếp xúc với rễ, chúng được rễ hấp thụ và liên kết với cấu trúc rễ và các thành tế bào. Khi hàm lượng chì trong đất ở nồng độ cao đã làm hỏng màng tế bào ở rễ cây, ức chế nhiều quá trình vận chuyển chất, làm lộ màng tế bào và gây chết tế bào [9, 14].

Bảng 3. Ảnh hưởng của SAH đến chiều dài rễ cây SCBT

Công thức	Thời gian		
	30 ngày	60 ngày	90 ngày
	Chiều dài rễ cây (cm)	Chiều dài rễ cây (cm)	Chiều dài rễ cây (cm)
CT1(ĐC)	8,13 ± 1,58 ^a	18,52 ± 2,76 ^a	33,66 ± 3,18 ^d
CT2	4,18 ± 1,12 ^b	7,71 ± 1,31 ^d	15,67 ± 1,83 ^c
CT3	5,46 ± 1,33 ^{ab}	9,13 ± 1,55 ^{cd}	18,81 ± 2,03 ^{bc}
CT4	6,50 ± 2,05 ^{ab}	13,05 ± 2,33 ^{bc}	22,45 ± 2,50 ^b
CT5	7,22 ± 1,85 ^a	16,45 ± 2,60 ^{ab}	28,83 ± 3,12 ^a
LSD _{0,05}	2,95	3,98	4,71
CV%	25,74	16,86	14,48



Hình 3. Chiều dài rễ và thân cây cây sài đất ba thùy theo thời gian ở các công thức

3.3. Ảnh hưởng của SAH đến khả năng tích lũy chì trong thân lá, rễ SCBT

Tích lũy kim loại nặng trong các bộ phận như thân, lá và rễ là con đường chính để loại bỏ kim loại ra khỏi đất [13]. Kết quả nghiên cứu khả năng tích lũy chì trong thân lá, rễ của cây SCBT theo các mốc thời gian được trình bày ở bảng 4, 5.

Bảng 4. Ảnh hưởng của SAH đến khả năng tích lũy chì trong rễ cây SCBT

Công thức	Hàm lượng chì trong rễ trước khi trồng (mg/kg)	Nồng độ chì trong rễ ở thời gian xử lý (mg/kg)		
		30 ngày	60 ngày	90 ngày
CT1	2,18	2,25 ± 0,07 ^e	2,92 ± 0,15 ^e	3,66 ± 0,21 ^e
CT2		134,28 ± 1,85 ^d	266,62 ± 3,08 ^d	347,25 ± 2,15 ^d
CT3		145,62 ± 2,06 ^c	295,43 ± 3,10 ^c	428,11 ± 3,86 ^c
CT4		162,38 ± 2,37 ^b	332,35 ± 3,82 ^b	496,66 ± 3,52 ^b
CT5		190,63 ± 2,13 ^a	378,94 ± 4,12 ^a	538,28 ± 5,30 ^a
LSD _{0,05}		3,44	5,79	6,30
CV%		1,24	1,03	0,75

Bảng 5. Ảnh hưởng của SAH đến khả năng tích lũy chì trong thân lá SCBT

Công thức	Hàm lượng chì trong thân lá trước khi trồng (mg/kg)	Nồng độ chì trong thân lá ở thời gian xử lý (mg/kg)		
		30 ngày	60 ngày	90 ngày
CT1	1,87	2,78 ± 0,08 ^e	3,78 ± 0,16 ^e	4,76 ± 0,11 ^e
CT2		150,68 ± 1,46 ^d	310,55 ± 2,13 ^d	422,25 ± 4,85 ^d
CT3		167,28 ± 2,32 ^c	348,15 ± 3,26 ^c	530,55 ± 5,62 ^c
CT4		190,61 ± 2,17 ^b	408,92 ± 4,20 ^b	626,15 ± 5,28 ^b
CT5		231,80 ± 2,10 ^a	478,74 ± 4,10 ^a	680,72 ± 4,20 ^a
LSD _{0,05}		3,32	5,73	8,16
CV%		1,43	1,21	1,18

Ta thấy, nồng độ chì tích lũy trong SCBT tỉ lệ thuận với khối lượng SAH áp dụng và thời gian thí nghiệm. Ở các công thức áp dụng SAH (CT3, CT4, CT5), cây SCBT có khả năng tích lũy chì trong thân lá, rễ cao hơn nhiều so với khi trồng trên đất không ô nhiễm (CT1) và đất ô nhiễm không có SAH (CT2). Trong đó SCBT ở CT5 tích lũy chì cao nhất ở mức có ý nghĩa thống kê 95%. Kết quả này được giải thích là do SAH với cấu trúc mạng lưới ba chiều, chứa các nhóm chức phân cực và ưa nước (-OH, -COOH, -CONH) trong phân tử, dễ dàng thu hút và tạo phức với các cation kim loại nặng, tại đây nồng độ cation kim loại được pha loãng nhờ lượng nước lớn có trong mạng lưới của SAH, góp

phần làm giảm nồng độ kim loại nặng khi tiếp xúc với rễ, giúp giảm độc tính kim loại nặng của thực vật [12]. Ở công thức CT1 và CT5, sau 90 ngày trồng, hàm lượng chì tích lũy trong rễ lần lượt là 1,7 lần và 246,9 lần; trong thân, lá tăng lần lượt là 2,5 lần và 364,0 lần. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, nồng độ chì tích lũy trong thân lá cao hơn trong rễ, chứng tỏ SCBT tích lũy chì trong rễ trước sau đó mới vận chuyển lên các bộ phận trên không (thân, lá, hoa). Kết quả nghiên cứu này phù hợp với các nghiên cứu của Aveiga [15].

3.4. Ảnh hưởng của SAH đến sự thay đổi hàm lượng chì trong đất

Kết quả Bảng 6 cho thấy, hàm lượng chì trong đất ô nhiễm ở các công thức giảm mạnh theo thời gian thí nghiệm, đặc biệt là ở công thức sử dụng SAH. Sau 90 ngày trồng SCBT, CT5 sử dụng SAH với hàm lượng cao nhất (0,8g SAH/kg đất) cho nồng độ chì giảm mạnh nhất ở mức có ý nghĩa thống kê 95% ($p < 0,05$). Bởi SAH đã làm tăng khả năng giữ nước của đất, cải thiện độ phì nhiêu và độ ẩm của đất; giúp vi khuẩn và nấm có lợi phát triển, thúc đẩy rễ tiết ra các enzyme đặc hiệu làm thay đổi khả năng di chuyển của chì, kích thích sự sinh trưởng và tăng khả năng chịu đựng kim loại nặng của SCBT, do đó làm giảm độc tính của kim loại nặng đối với SCBT và làm giảm đáng kể kim loại nặng trong đất. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của tác giả Hao Wang [9].

Bảng 6. Kết quả xác định hàm lượng chì trong đất theo thời gian xử lý

Công thức	Hàm lượng Pb ban đầu trong đất (mg/Kg)	Nồng độ Pb cuối cùng trong đất theo thời gian xử lý (mg/kg)		
		30 ngày	60 ngày	90 ngày
CT2	1721,92	1396,42 ± 10,20 ^a	1032,29 ± 11,10 ^a	675,33 ± 5,22 ^a
CT3		1335,65 ± 11,31 ^b	904,13 ± 8,31 ^b	592,67 ± 4,15 ^b
CT4		1248,10 ± 9,23 ^c	819,56 ± 7,22 ^c	498,16 ± 3,12 ^c
CT5		1136,25 ± 8,15 ^c	725,23 ± 5,60 ^d	420,76 ± 4,34 ^d
LSD _{0,05}		18,43	15,63	8,05
CV%		0,77	0,95	0,78

3.5. Kết quả xác định hệ số tích lũy sinh học và hệ số vận chuyển

Hệ số tích lũy sinh học (BCF) phản ánh khả năng xử lý kim loại nặng từ đất vào cây, khi BCF càng lớn thì hiệu quả xử lý kim loại nặng càng lớn.

Kết quả tính hệ số BCF ở bảng 7 cho thấy, các công thức thí nghiệm đều có hệ số BCF < 1, và BCF có xu hướng tăng lên khi tăng hàm lượng áp dụng SAH vào đất. Như

vậy SAH đã làm tăng khả năng tích lũy chì từ đất vào cây, giúp tăng khả năng xử lý chì trong đất ô nhiễm. Trong đó công thức CT5 sử dụng SAH với hàm lượng cao nhất cho giá trị BCF lớn nhất; sau 90 ngày nghiên cứu, BCF của chì trung bình là 0,48. Ngoài ra, BCF trong thân lá cao hơn trong rễ, do chì được hấp thu đầu diễn ở rễ, sau đó được vận chuyển nhanh đến các bộ phận phía trên của cây như thân, lá.

Bảng 7. Hệ số tích lũy sinh học theo thời gian

Công thức	30 ngày		60 ngày		90 ngày		Trung bình
	BCF _{rễ}	BCF _{thân lá}	BCF _{rễ}	BCF _{thân lá}	BCF _{rễ}	BCF _{thân lá}	
CT1	0,19	0,24	0,25	0,32	0,31	0,41	0,58
CT2	0,08	0,09	0,15	0,18	0,20	0,25	0,32
CT3	0,08	0,10	0,17	0,20	0,25	0,31	0,37
CT4	0,09	0,11	0,19	0,23	0,29	0,36	0,43
CT5	0,11	0,13	0,22	0,28	0,31	0,40	0,48

Bảng 8. Hệ số vận chuyển chì của WTH theo thời gian

Công thức	30 ngày	60 ngày	90 ngày	Trung bình
CT1	1,24	1,29	1,31	1,28
CT2	1,12	1,16	1,22	1,17
CT3	1,15	1,18	1,24	1,19
CT4	1,17	1,23	1,26	1,22
CT5	1,22	1,26	1,26	1,25

Mặt khác, hệ số TF của chì trong SCBT lớn hơn 1 (bảng 8) cho thấy sự di chuyển hiệu quả của chì từ rễ lên các bộ phận phía trên như thân, lá, tạo điều kiện cho việc thu hồi sinh khối. Hơn nữa, TF>1 cho thấy SCBT có khả năng chống chịu và tích lũy sinh học đối với chì, kết quả này phù hợp với nghiên cứu của L Nanga Nzinga [13].

4. KẾT LUẬN

SCBT là loài thực vật xâm lấn có khả năng hấp thụ và tích lũy chì trong các bộ phận của cây (thân lá và rễ). SAH có ảnh hưởng tích cực đến sinh trưởng và khả năng xử lý chì trong đất ô nhiễm của SCBT. Sau 90 ngày thí nghiệm thấy, SAH giúp SCBT sinh trưởng mạnh, làm tăng khả năng chống chịu và hấp thụ chì. Khi áp dụng SAH với hàm lượng từ 0,6 - 0,8g/kg đất, SCBT sinh trưởng và hấp thụ chì mạnh nhất. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở cho việc tăng cường sử dụng chất cải tạo đất SAH thân thiện với môi trường trong xử lý kim loại bằng phương pháp thực vật. Đây là một phương pháp “xanh” có nhiều triển vọng phục hồi đất ô nhiễm kim loại nặng ở các khu vực khai thác khoáng sản ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tufail Shakeel, Ghulam Mujtaba Shah, Bibi Saima Zeb, Iram Gul, Sumera Bibi, Zahid Hussain and Muhammad Irshad, “Phytoremediation potential and vegetation assessment of plant species growing on multimetals contaminated coal mining site,” *Environmental Research Communications*, 6(5), 055006, 2024.

[2]. Mohammed Oujdi, Yassine Chafik, Azzouz Boukroute, Sylvain Bourgerie, Marta Sena-Velez, Domenico Morabito, Mohamed Addi, “Exploring Phytoremediation Potential: A Comprehensive Study of Flora Inventory and Soil Heavy Metal Contents in the Northeastern Mining Districts of Morocc,” *Plants*, 13(13), 1811, 2024.

[3]. Pan Pan, Mei Lei, Pengwei Qiao, Guangdong Zhou, Xiaoming Wan, Tongbin Chen, “Potential of indigenous plant species for phytoremediation of metal(loid)-contaminated soil in the Baoshan mining area, China,” *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 23583-23592, 2019.

[4]. Nan Lu, Gang Li, Yingying Sun, Yang Wei, Lirong He, Yan Li, “Phytoremediation Potential of Four Native Plants in Soils Contaminated with Lead in a Mining Area,” *Land*, 10(11), 1129, 2021.

[5]. Irfan Ullah Khan, Shan-Shan Qi, Farrukh Gul, Sehrish Manan, Justice Kipkorir Rono, Misbah Naz, Xin-Ning Shi, Haiyan Zhang, Zhi-Cong Dai and Dao-Lin Du, “A Green Approach Used for Heavy Metals ‘Phytoremediation’ Via Invasive Plant Species to Mitigate Environmental Pollution: A Review,” *Plants*, 12(4), 725, 2023.

[6]. Vuong Trung Xuan, Phan Thanh Phuong, Duong Thi Tu Anh, Duong Tuan Hung, Nguyen Ngoc Tung, “Analyzing the content of Cu, Pb, Cd, and Zn in soil in the Pb/Zn miningzone, Hich village, Thai Nguyen provinceby using ICP-MS method,” *Journal of Analytical Sciences*, 26(4B), 105 -109, 2021.

[7]. Tran Quoc Toan, Tran Thi Hue, Nguyen Quoc Dung, Nguyen Thanh Tung, Nguyen Trung Duc, Nguyen Van Khoi, Dang Van Thanh, Ha Xuan Linh, “Combination of superabsorbent polymer and vetiver grass as a remedy for lead-polluted soil,” *Geography, Environment, Sustainability*, 16(1), 181-188, 2023.

[8]. Sheng Cheng, Tao Chen, Wenbin Xu, Jian Huang, Shaojun Jiang, Bo Yan, “Application Research of Biochar for the Remediation of Soil Heavy Metals Contamination: A Review,” *Molecules*, 25(14), 3167, 2020.

[9]. Hao Wang, Hui Liu, Rongkui Su and Yonghua Chen, “Phytostabilization of Heavy Metals and Fungal Community Response in Manganese Slag under the Mediation of Soil Amendments and Plants,” *Toxics*, 12, 333, 2024.

[10]. Liangyu Chang, Liju Xu, Yaohu Liu, Dong Qiu, “Superabsorbent polymers used for agricultural water retention,” *Polymer Testing*, 94, 107021, 2021.

[11]. Nguyen Van Khoi, Nguyen Thanh Tung, Pham Thi Thu Ha, Nguyen Trung Duc, Pham Thu Trang, Tran Vu Thang, Nguyen Thu Huong, Nguyen Thi Lien Phuong, “Superabsorbent polymers - an innovative solution for improving water usage efficiency and agriculture productivity,” *Vietnam Journal of Science and Technology*, 60 (3), 314 - 332, 2022.

[12], Md. Manik Hossain, Md. Manik Hossain, Most. Kulsum Khatun, Khan Rajib Hossain, "Hydrogel-based superadsorbents for efficient removal of heavy metals in industrial wastewater treatment and environmental conservation," *Environmental Functional Materials*, 2, 142 - 158, 2023.

[13]. L. Nanga Nzinga, A. O. Mayabi, B. K. Kakoi, "Evaluation of sphagneticola trilobata and amaranthus hypochondriacus on the phytoremediation of soils polluted by heavy metals," *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 8(84), 1490 -1500, 2021.

[14]. Irfan Ullah Khan, Yi-Fan Zhang, Xin-Ning Shi, Shan-Shan Qi, Hai-Yan Zhang, Dao-Lin Du, Farrukh Gul, Jia-Hao Wang, Misbah Naz, Syed Waqas Ali Shah, Hui Jia, Jian Li, Zhi-Cong Dai, "Dose dependent effect of nitrogen on the phyto extractability of Cd in metal contaminated soil using Wedelia trilobata," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 264, 115419, 2023.

[15]. Ana Aveiga, Cruz Pinargote, Fabián Peñarrieta, Jorge Teca, Francisco Alcántara, "Adsorption of Mercury and Zinc in Agricultural Soils by Sphagneticola trilobata," *Journal of Ecological Engineering*, 23(3), 230 - 235, 2022.

[16]. Ana Aveiga, Carlos Banchón, Roxanna Sabando, María Delgado, "Exploring the Phytoremediation Capability of Athyrium filix-femina, Ludwigia peruviana and Sphagneticola trilobata for Heavy Metal Contamination," *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 165 - 174, 2023.

AUTHORS INFORMATION

**Pham Thi Huyen¹, Tran Quoc Toan¹, Tran Minh Phuong¹,
Nguyen Quoc Dung¹, Nguyen Thanh Tung²**

¹TNU-Thai Nguyen University of Education, Vietnam

²Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology,
Vietnam