

PHÂN TÍCH NGUỒN GỐC TÍCH LŨY KIM LOẠI NẶNG TRONG ĐẤT VÙNG TRỒNG CAM Ở TRÀ ÔN, VĨNH LONG

NGUYỄN VAN PHƯƠNG*

Viện Khoa học, Công nghệ & Quản lý Môi trường, Trường Đại học Công nghiệp TPHCM,

**Tác giả liên hệ: nguyenvanphuong@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Hoạt động thâm canh cây cam sành tại huyện Trà Ôn, Tỉnh Vĩnh Long có khả năng tích lũy kim loại nặng, gây bất lợi cho hệ sinh thái. Nguồn gốc tích lũy kim loại nặng trong đất có thể từ nguồn tự nhiên và nhân tạo. Mục đích nghiên cứu là đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong đất vùng trồng cam huyện Trà Ôn, Vĩnh Long và xác định nguồn gây ô nhiễm của các kim loại này trong đất. Trong nghiên cứu này, hàm lượng kim loại nặng của đất trồng cam ở huyện Trà Ôn, Tỉnh Vĩnh Long được thu thập và đã được xác định. Các phương pháp đã được sử dụng để đánh giá bao gồm so sánh với qui chuẩn chất lượng đất (QCVN 03:2023/BTNMT), sử dụng các chỉ số đánh giá dựa trên tiếp cận nền và xác định nguồn gây ô nhiễm kim loại dựa trên phân tích tương quan, phân tích thành phần chính (PCA). Kết quả cho thấy các kim loại nặng khảo sát (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Ni và Co) của các mẫu đất tại khu vực nghiên cứu đều không vượt qui chuẩn; chỉ số làm giàu EF cho thấy nguồn gốc phát sinh ô nhiễm từ hoạt động của con người; chỉ số địa hóa Igeo và chỉ số rủi ro sinh thái tiềm tàng cho thấy Cd là kim loại nặng có rủi ro cao hơn. Phân tích thống kê bao gồm phân tích mối tương quan và phân tích PCA cho thấy ô nhiễm kim loại nặng trong khu vực nghiên cứu xuất phát chủ yếu từ nguồn sử dụng phân bón và chất diệt nấm. Kết quả của nghiên cứu này cung cấp dữ liệu cơ bản cho nông dân, các nhà quản lý trong việc kiểm soát thực hành nông nghiệp tại địa phương.

Từ khóa: chỉ số EF, Igeo, phân tích PCA, kim loại nặng, đất trồng cam

1 GIỚI THIỆU

Để đáp ứng nhu cầu về sản phẩm nông nghiệp ngày càng tăng, việc quản lý quá trình tích tụ các chất ô nhiễm trong đất, trong đó có kim loại nặng là cấp bách. Nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng bao gồm sản xuất công nghiệp, khí thải xe cơ giới, nước tưới tiêu và sử dụng phân bón, đều có tác động đáng kể đến hàm lượng kim loại nặng trong môi trường đất [1, 2]. Sự hấp thu kim loại nặng của thực vật và sau đó tích lũy dọc theo chuỗi thức ăn là mối đe dọa tiềm tàng đối với sức khỏe con người. [2].

Đất bị ô nhiễm kim loại nặng đã trở thành mối quan tâm của các nhà khoa học nông nghiệp. Một số kim loại nặng phổ biến như cadmium (Cd), crom (Cr), đồng (Cu), chì (Pb) và kẽm (Zn). Những kim loại này tồn tại trên trái đất và cũng được tạo ra từ các hoạt động tự nhiên và nhân tạo [3].

Đánh giá mức độ ô nhiễm và xác định nguồn gốc gây ô nhiễm kim loại nặng trong đất là chìa khóa để kiểm soát và ngăn ngừa ô nhiễm đất. Nhiều phương pháp đã được sử dụng để phân tích nguồn gốc, cũng như đánh giá các nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng gần đây bao gồm phương pháp so sánh với các qui chuẩn, phương pháp tiệm cận nền, phương pháp đánh giá rủi ro sinh thái tiềm ẩn, phương pháp phân tích thống kê bao gồm phân tích tương quan và phân tích thành phần chính (PCA) [1]. Phân tích tương quan được sử dụng để khám phá sự tương tác giữa các yếu tố khác nhau, xem xét cho rằng hệ số tương quan cao giữa các yếu tố cho thấy các yếu tố tương ứng có chung nguồn ô nhiễm [1]. Trong khi, PCA có thể phân loại các chất ô nhiễm bằng cách trích xuất một số thành phần chính (PC) từ nhiều quan sát và đã được sử dụng rộng rãi để mô tả ô nhiễm kim loại nặng [1].

Vùng trồng cam sành tập trung nhiều nhất ở huyện Trà Ôn, tỉnh Vĩnh Long với hơn 7.200 ha, năng suất cam sành đạt bình quân từ 20-22 tấn/ha/vụ cam mùa nghịch và từ 22-25 tấn/ha/vụ cam mùa thuận. Tổng doanh thu từ 1-1,2 tỉ đồng/ha/năm đối với cam vụ thuận (lợi nhuận 40-60% doanh thu); ở vụ nghịch, lợi nhuận từ 0,8-1 tỉ đồng/ha/năm (lợi nhuận 50% doanh thu) [4]. Đây được xem là loại cây trồng chiến lược của huyện Trà Ôn, Vĩnh Long. Tuy nhiên, việc liên tục thâm canh cây trồng, sử dụng quá nhiều phân bón vô cơ (cụ thể theo điều tra có hơn nửa số vườn sử dụng phân đạm và lân cao gấp 3 lần so với khuyến cáo), [5] phân bón hữu cơ từ bùn thải không kiểm soát đã gây ra tích tụ kim loại nặng. Hơn nữa, sự phát triển hệ thống giao thông nông thôn,

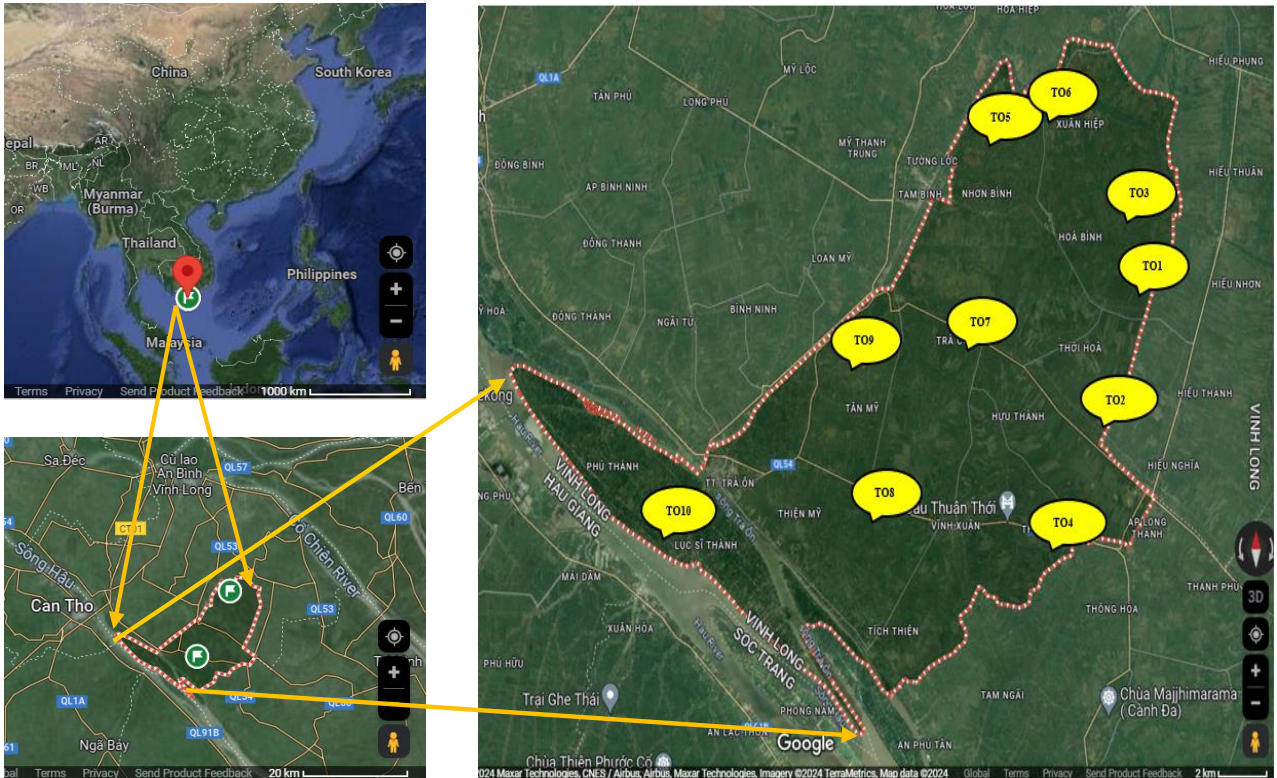
các khu công nghiệp lân cận có thể cũng góp phần gây ô nhiễm kim loại nặng thông qua lắng đọng bụi kim loại [1]. Các nghiên cứu cũng cho thấy vùng đất nông nghiệp thuộc lưu vực sông Nhuệ tại huyện Duy Tiên, tỉnh Hà Nam có Cu đã vượt tiêu chuẩn, các kim loại khác biến động lớn [6], có ô nhiễm Cu, Pb trên đất trồng cây ăn quả tỉnh Bắc Ninh [7]. Tuy nhiên các nghiên cứu tại vùng trồng cam huyện Trà Ôn, tỉnh Vĩnh Long vẫn còn thiếu thông tin.

Mục đích của nghiên cứu này là (i) đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Ni và Co) của đất vùng trồng cam dựa vào qui chuẩn Việt Nam (QCVN 03:2023/BTNMT), các chỉ số (chỉ số làm giàu EF, chỉ số tích địa hóa Igeo), (ii) phân tích thống kê bao gồm phân tích mối tương quan, phân tích thành phần chính để xác định nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thu mẫu hiện trường và xử lý mẫu

Mười vị trí lựa chọn để thu mẫu được mô tả ở, Hình 1, mỗi vị trí có diện tích khoảng 2 ha, lấy 5 mẫu ở 4 góc với tâm đường chéo và trộn lấy 1 mẫu tổ hợp. Mẫu đất lựa chọn được đánh số từ TO1 đến TO10, trong đó TO2 và TO5 khu vực vừa trồng mới đến 1 năm tuổi, các mẫu còn lại có tuổi từ 2,5 đến 5 tuổi. Thời điểm lấy mẫu sau khi bón phân 10-15 ngày, lấy vào các buổi sáng, đất khô ráo. Mẫu đất được lấy trong tháng 1 năm 2022. Lớp đất mặt có độ sâu từ 0-30 cm. Mẫu đất tổ hợp sau khi lấy cần bảo quản trong túi nilon hay polyetylen (PE) ở nhiệt độ 4°C. Dán nhãn ghi địa điểm, ngày và giờ thu mẫu. Mẫu đất được vận chuyển đến phòng thí nghiệm, làm khô trong không khí, nghiền nhỏ và rây qua rây 2 mm.



Hình 1 Vị trí thu mẫu đất

Mẫu đất dùng cho phân tích xác định hàm lượng các kim loại nặng được sấy khô ở 105°C cho đến khối lượng không đổi (khoảng 2h), nghiền, qua rây 0,5 mm, bảo quản trong túi polyetylen và sử dụng cho các phép phân tích. Cân chính xác (1,0 gam) mẫu đất được phân hủy bằng hỗn hợp của H₂O₂, HCl và HNO₃ [8] và được

bảo quản lạnh cho đến khi phân tích kim loại nặng. Phương pháp quang phổ phát xạ quang học plasma kết hợp cảm ứng điện từ (SPECTRO BLUE ICP-OES, Đức) được sử dụng để xác định hàm lượng kim loại nặng.

2.2 Phương pháp đánh giá chất lượng trầm tích

2.2.1 Đánh giá theo qui chuẩn

Hàm lượng các kim loại nặng trong đất được so sánh với qui chuẩn QCVN 03:2023/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng đất).

2.2.2 Đánh giá theo các chỉ số phương pháp tiếp cận nền:

Hệ số làm giàu EF (Enrichment Factor)

Hệ số EF hỗ trợ xác định các chất ô nhiễm có nguồn gốc tự nhiên hay nhân tạo. Chỉ số EF đã được sử dụng trong các nghiên cứu [1, 2] và được tính toán theo công thức (1). Bảng giá trị tham khảo thường được sử dụng theo hàm lượng nền theo tiêu chuẩn lớp vỏ lục địa [9], Bảng 1.

Bảng 1 Giá trị KLN trong nền địa hóa được sử dụng làm giá trị nền (mg/kg)

Tiêu chuẩn địa hóa	Fe	Zn	Pb	Cu	Cd	Cr	Al	Mn	Ni	Co
Lớp vỏ lục địa	6000	70	12,5	55	0,12	100	82300	950	75	19

$$EF = \frac{\left(\frac{C_M}{Al}\right)_{mẫu}}{\left(\frac{C_M}{Al}\right)_{nền}} \quad (1)$$

(C_M/C_{Al}) là tỉ số hàm lượng kim loại nặng và hàm lượng nhôm có trong mẫu khảo sát và có trong mẫu nền. Phân loại đánh giá EF: khi $EF < 1,5$ ô nhiễm do nguồn tự nhiên, khi $EF > 1,5$ do nguồn nhân tạo.

Chỉ số tích tụ địa chất Igeo (Geoaccumulation Index)

Chỉ số tích tụ địa chất I_{geo} được dùng để xác định mức độ của các chất ô nhiễm trong đất. Nếu giá trị $I_{geo} \leq 0$ thì địa điểm nghiên cứu không ô nhiễm. Giá trị I_{geo} nằm trong phạm vi $1 < I_{geo} < 2$ thì biểu hiện tình trạng ô nhiễm trung bình. Khi tiêu chuẩn địa hóa nằm trong phạm vi $0 < I_{geo} < 1$ thì địa điểm nghiên cứu đó có thể ở mức độ có ô nhiễm [10] và được tính toán theo công thức (2)

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5B_n} \quad (2)$$

Trong đó C_n là hàm lượng nguyên tố trong đất; B_n hàm lượng nguyên tố trong mẫu nền [9].

Đánh giá chỉ số rủi ro sinh thái.

Chỉ số rủi ro sinh thái tiềm ẩn (E_r) được sử dụng để xác định rủi ro sinh thái tiềm tàng của việc tích lũy kim loại nặng trong đất. Nó có tính đến tác động tổng hợp của các nguyên tố khác nhau, mức độ ô nhiễm và mối liên hệ môi trường với kim loại nặng [11]. Chỉ số rủi ro sinh thái tiềm tàng tổng hợp (RI) là tổng giá trị E_r^i của từng kim loại nặng. Công thức tính cụ thể như sau:

$$E_r^i = T_r^i \cdot C_f^i \quad (3)$$

$$C_f = \frac{C_{kim\ loai}}{C_{nền(vỏ\ lục\ địa)}} \quad (4)$$

Trong đó T_r^i là hệ số độc tính của kim loại nặng i trong đất được tham khảo theo Hankason [12] và C_f là hệ số ô nhiễm (phương trình 3)

E_r^i là chỉ số rủi ro sinh thái đơn nhân tố của kim loại nặng i trong đất và RI là chỉ số rủi ro sinh thái toàn diện của kim loại nặng i trong đất. T_r^i của Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Co và Ni lần lượt là 5, 1, 5, 30, 2, 1, 5 và 53 [11, 13]. Các giá trị E_r^i và RI được phân loại theo hệ thống được mô tả bởi Hakanson và cộng sự [12].

2.2.3 Phân tích nguồn ô nhiễm

Phân tích tương quan (CA – Correlation analysis) giữa các kim loại nặng có thể đánh giá sự giống nhau về nguồn gốc của chúng. Các kim loại nặng có hệ số tương quan cao ($r > 0,6$) có thể có nguồn gốc tương tự [14]. Dựa trên chấm điểm các thành phần chính, PCA có thể kiểm tra mối quan hệ đa biến và giải thích sự khác biệt trong dữ liệu đồng thời giảm số lượng biến đổi với một số nhóm riêng rẽ. Kỹ thuật này khá giống với các phương pháp phân tích tương quan hoặc hồi quy và có thể chuyển đổi tập dữ liệu, với nhiều biến, thành một tập hợp các thành phần chính đại diện. Do PCA cho phép giảm đáng kể số lượng biến và phát hiện cấu trúc trong mối quan hệ của các biến khác nhau; nó đã được áp dụng trong các lĩnh vực khác nhau bởi các nhà nghiên cứu [15].

Để phân tích nguồn ô nhiễm kim loại nặng trong đất bằng PCA, trước tiên cần xác định các thành phần chính của bộ dữ liệu, trong nghiên cứu là các kim loại Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Mn, Co, Ni. Chuẩn hóa số liệu, xác định các giá trị riêng, xác định các thành phần chính, xác định mối tương quan và phân tích thành phần chính. Các thành phần chính chứa đựng hầu hết các thông tin về các chỉ số được đánh giá, có thể thể hiện chính xác đóng góp nguồn gốc ô nhiễm kim loại nặng trong đất. Trong quá trình thực hiện PCA, tối đa hóa phương sai của tổ hợp tuyến tính của tập dữ liệu biến. Giá trị của các thành phần chính có thể được tính dựa trên hàm lượng kim loại nặng trong đất và mức độ tham gia của kim loại nặng trong đất có thể được đánh giá bằng tổng tải trọng của các giá trị thành phần chính khác nhau [15].

2.3 Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được tập hợp và xử lý bằng Excel 2016. SPSS 23 được sử dụng để xác định mối tương quan Pearson. Đánh giá ô nhiễm kim loại nặng được thực hiện bằng chỉ số làm giàu EF, chỉ số tích lũy địa lý (Igeo), phân tích nguồn ô nhiễm bằng phân tích tương quan và PCA từ SPSS 23.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Mô tả và đánh giá kim loại nặng

Hàm lượng kim loại nặng trong đất tại khu vực nghiên cứu đã được trình bày trong Bảng 2. Kết quả phân tích cho thấy tất cả các mẫu đất đều tồn lưu kim loại nặng. Hàm lượng Cd dao động từ 0,27 đến 0,33 mg/kg, trong đó mẫu TO1 phát hiện thấy hàm lượng Cd cao nhất 0,33 mg/kg; hàm lượng Cr (4,37–7,33 mg/kg) được tìm thấy cao nhất ở các mẫu TO4, TO5, TO6, TO8; Cu (3,27–8,00 mg/kg), thấp nhất ở mẫu TO2 và cao nhất ở TO3, Mn (33–77 mg/kg), thấp nhất ở TO5 và cao nhất ở TO8; Pb (6,07–8,67 mg/kg), thấp nhất ở TO1 và cao nhất ở TO5, TO8; và Zn (4,8–30,7 mg/kg), thấp nhất ở TO4 và cao nhất ở TO7. Hàm lượng kim loại nặng tồn lưu trong các mẫu đất đều thấp hơn so với qui chuẩn chất lượng đất nông nghiệp theo QCVN 03-2023/BTNMT. Nồng độ Pb và Zn tương ứng với các giá trị nghiên cứu trước đó (23–35 mg/kg và 55,13–95,23 mg/kg) được thực hiện trong lĩnh vực này. Nhìn chung, dữ liệu của nghiên cứu này tiết lộ rằng hàm lượng kim loại nặng hầu hết các kim loại nặng trong đất trồng tại Trà Ôn, Vĩnh Long nằm ở mức cho phép. Kết luận tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Thanh & Kim [16]. Hàm lượng Al trung bình là 5062 mg/kg dao động từ 527 đến 6540 mg/kg. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Cd các mẫu không có biến động lớn cho thấy nguồn gốc Cd có thể từ đất mẹ [17], từ nguồn khác như phân lân nung chảy. Phân bón sản xuất từ apatit thường chứa một lượng Cd, có thể đạt tới vài trăm ppm [18]. Tuy nhiên, kết luận cụ thể cần phải có sự hỗ trợ của các chỉ số đánh giá dựa vào chỉ số nền như EF. Hàm lượng tồn lưu các kim loại còn lại biến động khác nhau ở các mẫu cho thấy lượng kim loại nặng tích lũy từ nhiều nguồn như phát thải từ giao thông, sử dụng nhiên liệu, sử dụng phân khoáng.

Ma trận hệ số tương quan được trình bày ở Bảng 3. Căn cứ vào phân tích tương quan có thể đánh giá sự giống nhau hay khác nhau về nguồn gốc của các nguyên tố [19]. Các nguyên tố, các kim loại nặng có hệ số

PHÂN TÍCH NGUỒN GỐC TÍCH LŨY KIM LOẠI NẶNG...

tương quan cao có thể có nguồn gốc tương tự [10]. Ngược lại khi có hệ số tương quan thấp hoặc tương quan âm có thể có nguồn gốc khác nhau [20].

Kết quả phân tích tương quan cho thấy Cd tương quan nghịch và tương quan thấp với các kim loại còn lại, chứng tỏ khả năng Cd và các kim loại khác không cùng nguồn phát sinh. Các kim loại nặng như Pb và Cr có tương quan chặt ($r=0,747$; $p<0,05$) cho thấy Pb và Cr có thể phát thải cùng 1 nguồn, chất thải sinh hoạt hay bụi kim loại lắng đọng. Nhóm các kim loại có tương quan với nhau như Cu với Mn ($r=0,62$), Zn với Mn ($r=0,839$; $p<0,01$), với Co ($r=0,794$; $p<0,01$), với Ni ($r=0,752$; $p<0,05$) có thể chúng có chung nguồn phát thải là chất diệt nấm như Mancozet loại thường dùng ở vùng cam theo quan sát thực địa. hay phân bón vi lượng. Các nguyên tố vi lượng như Cu có tương quan với Mn ($r=0,622$, $p<0,1$) cho thấy chúng có chung nguồn phát thải.

Bảng 2 Hàm lượng các kim loại nặng trong đất khu vực khảo sát (mg/kg)

	Al	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Mn	Ni	Co
TO1	3513	0,33	6,07	5,20	7,33	15,33	52,00	3,60	30,67
SD	527	0,05	0,91	0,78	1,10	2,30	7,80	0,54	4,60
TO2	4520	0,267	6,40	5,40	3,27	11,33	35,33	4,33	30,67
SD	678	0,04	0,96	0,81	0,49	1,70	5,30	0,65	4,60
TO3	4507	0,27	7,33	4,73	8,00	16,00	62,67	3,47	30,67
SD	676	0,04	1,10	0,71	1,20	2,40	9,40	0,52	4,60
TO4	5827	0,27	8,00	7,33	5,93	10,67	42,67	4,60	30,67
SD	874	0,04	1,20	1,10	0,89	1,60	6,40	0,69	4,60
TO5	4387	0,267	8,667	7,333	5,400	4,87	33,33	3,07	30,67
SD	658	0,04	1,30	1,10	0,81	0,73	5,00	0,46	4,60
TO6	6353	0,267	8,000	7,333	5,933	18,00	58,00	4,67	31,33
SD	953	0,04	1,20	1,10	0,89	2,70	8,70	0,70	4,70
TO7	5187	0,267	8,000	5,80	6,133	13,33	40,67	3,27	30,00
SD	778	0,04	1,20	0,87	0,92	2,00	6,10	0,49	4,50
TO8	6540	0,267	8,667	7,333	6,600	30,67	77,33	6,60	32,67
SD	981	0,04	1,30	1,10	0,99	4,60	11,60	0,99	4,90
TO9	4487	0,267	7,333	5,867	5,867	18,00	41,33	6,33	31,33
SD	673	0,04	1,10	0,88	0,88	2,70	6,20	0,95	4,70
TO10	5300	0,267	8,000	5,800	5,333	18,67	45,33	4,87	30,67
SD	795	0,04	1,20	0,87	0,80	2,80	6,80	0,73	4,60
Min	527	0,040	0,910	0,710	0,490	0,73	5,00	0,46	4,50
Max	6540	0,333	8,667	7,333	8,000	30,67	77,33	6,60	32,67
Trung bình	5062	0,273	7,647	6,213	5,980	15,69	48,87	4,48	30,93
QCVN 03-2023/BTNMT	-	4	200	150	150	300	-	72	-

Bảng 3 Ma trận hệ số tương quan của các kim loại.

	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Mn	Co	Ni
Cd	1							
Pb	-0,637*	1						
Cr	-0,349	0,747*	1					
Cu	0,375	0,048	-0,170	1				
Zn	-0,018	0,164	0,065	0,326	1			

Mn	0,080	0,186	0,100	0,622	0,839**	1		
Co	-0,131	0,326	0,461	0,126	0,794**	0,717*	1	
Ni	-0,253	0,193	0,299	-0,098	0,752*	0,419	0,814**	1

** . Tương quan có ý nghĩa ở mức 0,01 (2 phía).

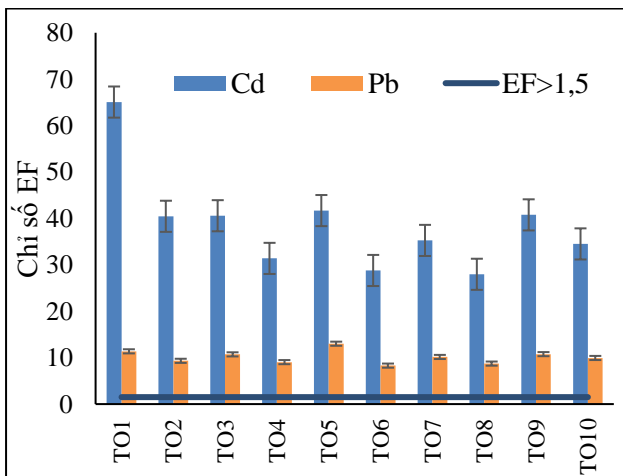
* . Tương quan có ý nghĩa ở mức 0,05 (2 phía).

3.2 Đánh giá tình trạng ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích theo các chỉ số

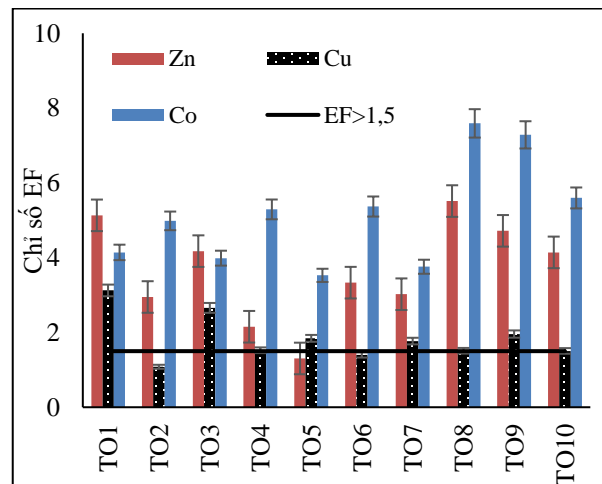
Hệ số làm giàu (EF)

Kết quả đánh giá theo chỉ số làm giàu EF được trình bày trong Hình 2. Kết quả cho thấy chỉ số EF của Cd trung bình là 40,5 dao động trong khoảng 28,8 – 65,1; với Pb là 10,3 dao động từ 8,3 đến 13,0 (Hình 2a) và đều >1,5 cho thấy nguồn gốc ô nhiễm Cd, Pb là do con người. Kết quả tương đồng với nghiên cứu của Wang et al., cho rằng mức độ tích lũy của hai kim loại nặng này so với mức nền đất tương ứng là đáng kể hơn so với các kim loại nặng khác, có thể có ảnh hưởng của nguồn phát sinh bên ngoài đến quá trình tích lũy Pb và Cd [1]. Trong trường hợp Cu, Zn, Co, Hình 2b, cho chỉ số EF trung bình của Cu là 1,9 dao động từ 1,1 đến 3,1 và của Zn là 3,2 dao động từ 1,3 đến 5,1, Co là 28,0 dao động từ 24,4 đến 37,8. Kết quả cho thấy hầu hết các giá trị EF đều > 1,5 ngoại trừ Cu ở mẫu TO2 (EF=1,3), Zn ở TO5 (EF=1,3), theo quan sát thực tế mẫu đất thu được ở 2 vị trí này vừa trồng lại cam, ít sử dụng thuốc hơn. Các trường hợp còn lại như Cr có EF trung bình là 1,0 dao động từ 0,9 đến 1,4; Mn là 0,8 dao động từ 0,6 đến 1,3; Ni là 0,9 dao động từ 0,7 đến 1,1. Các giá trị EF đều < 1,5 đã phản ánh các nguồn ô nhiễm có thể chủ yếu từ tự nhiên.

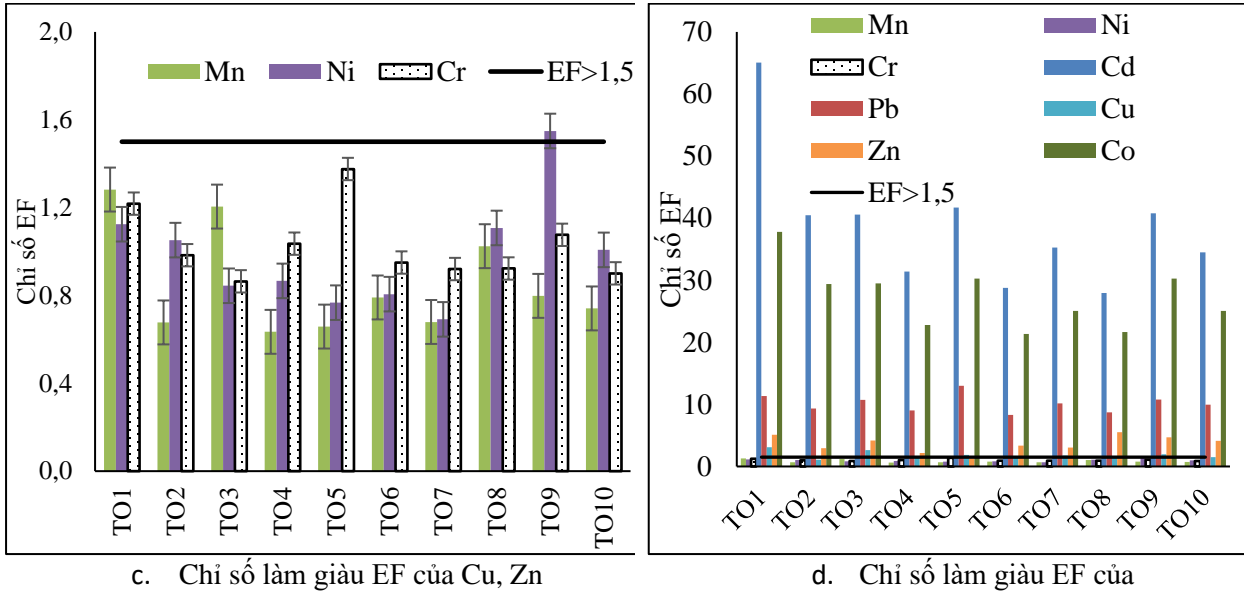
Cd được chứng minh là có EF cao nhất trong đất nông nghiệp. Ngoài yếu tố do đặc trưng đá mẹ [17] (nguồn tự nhiên) thì nguồn Cd do hoạt động con người là từ việc sử dụng phân lân nung chảy chứa Cd [18] (điều tra thực địa và trao đổi với nông dân đã khẳng định nhu cầu sử dụng lân trong quá trình làm bông các vườn cam là rất lớn). Mức độ tích lũy Pb thấp hơn một chút so với Cd và thể hiện đặc điểm phân bố tương đối đồng đều. Các kim loại nặng Cd, Pb, Zn, Cu có nguồn gốc do hoạt động con người gây ra với chỉ số EF>1,5. Nguồn ô nhiễm kim loại nặng liên quan đến các hoạt động nông nghiệp, chẳng hạn như sử dụng thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ, nước tưới bị ô nhiễm, sử dụng bùn thải đô thị cho mục đích phân bón. Các chất ô nhiễm kim loại nặng như Cu, Pb và Zn từ các chất phụ gia dùng trong xăng và dầu bôi trơn phát thải và lắng đọng trong đất. Kết quả tương tự cũng được tìm thấy trong báo cáo của Nyiramigisha [3]



a. Chỉ số làm giàu EF của Cd, Pb



b. Chỉ số làm giàu EF của Cu, Zn



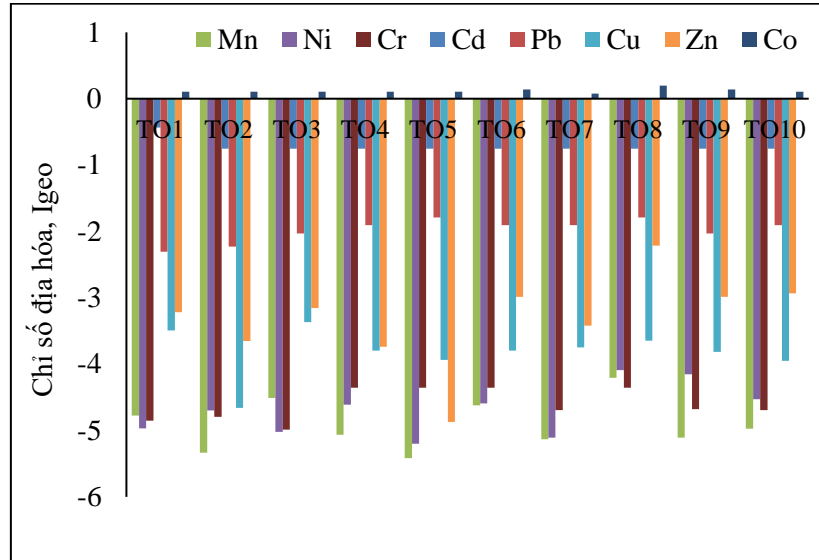
Hình 2 Chỉ số làm giàu EF của các kim loại khảo sát

Chỉ số địa hóa Igeo

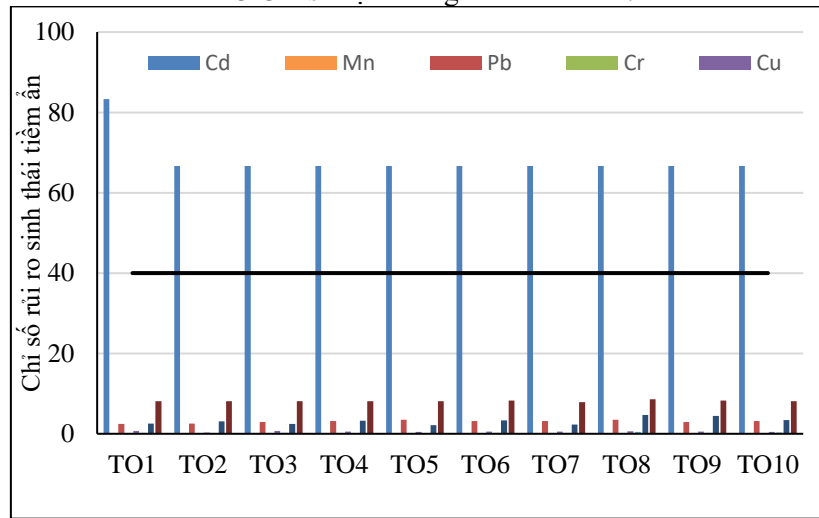
Kết quả xác định chỉ số địa hóa Igeo các kim loại nặng trong khu vực nghiên cứu được trình bày trong Hình 3. Kết quả cho thấy chỉ số Igeo của Cd có giá trị trung bình là -0,7 dao động từ -0,8 đến -0,4; với Pb là -2,0 dao động từ -2,3 đến -1,8; với Cr là -4,6 dao động -5,0 đến -4,4; với Cu là -3,8 dao động từ -4,7 đến -3,4; với Zn là -3,3 dao động từ -4,9 đến -2,2, với Mn là -4,9 dao động từ -5,4 đến -4,2, với Ni là -4,7 dao động từ -5,2 đến -4,1; với Co là 0,12 dao động từ 0,07 đến 0,20. Dựa vào giá trị chỉ số Igeo cho thấy giá trị Igeo của tất cả các kim loại nặng khảo sát đều ở mức không bị ô nhiễm, ngoại trừ Igeo của Co nằm trong khoảng 0 đến 1 là mức có ô nhiễm. Sắp xếp theo thứ tự thì Igeo của Co > Cd > Pb > Zn > Cu > Ni > Cr > Mn.

Đánh giá rủi ro sinh thái tiềm ẩn

Kết quả chỉ số đánh giá rủi ro tiềm ẩn E_r^i của các kim loại nặng được trình bày trong Hình 4. Kết quả cho thấy giá trị hệ số rủi ro sinh thái tiềm tàng của Cd trung bình 68 dao động từ 67 đến 83, với Pb là 3,1 dao động từ 2,4 đến 3,5, với Cr là 0,12 dao động từ 0,09 đến 0,15, với Cu là 0,5 dao động từ 0,3 đến 0,7; với Zn là 0,22 dao động từ 0,07 đến 0,44; Mn là 0,05 dao động từ 0,04 đến 0,08; Ni là 3,17 dao động từ 2,17 đến 4,66; với Co là 8,14 dao động từ 7,89 đến 8,60.



Hình 3 Chỉ số địa hóa Igeo các mẫu đất



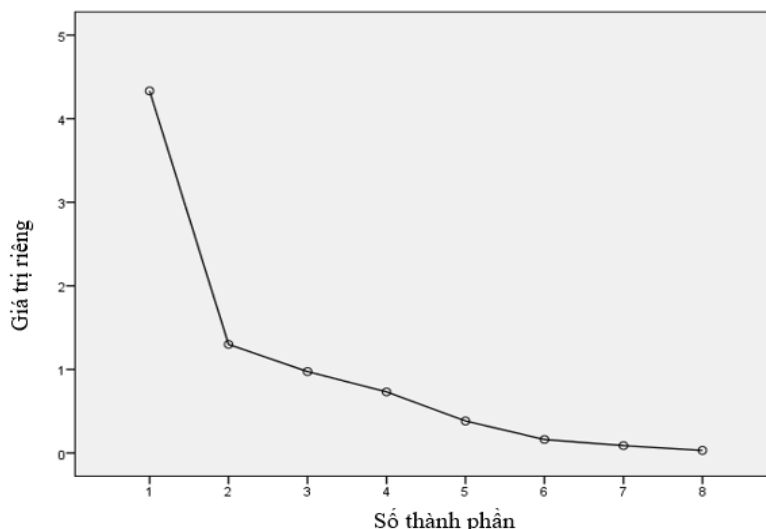
Hình 4 Chỉ số rủi ro sinh thái tiềm tàng của từng kim loại nặng

Hệ số rủi ro sinh thái (E_r^i) của Cd >40, theo Hakanson là mức rủi ro trung bình, duy nhất có mẫu TO1 có $E_r^i=83$, mức rủi ro đáng kể. Trong khi, các kim loại còn lại đều có $E_r^i < 40$ mức rủi ro thấp [12]. Nhìn chung, kim loại nặng trong lớp đất mặt ở hầu hết các vị trí khảo sát có nguy cơ sinh thái tiềm ẩn ở mức thấp hoặc trung bình [20].

3.3 Phân tích nguồn ô nhiễm kim loại

Kết quả PCA

Nguồn gốc của kim loại nặng trong các mẫu đất bao gồm nguồn tự nhiên hoặc nhân tạo được xác định dựa trên phân tích thành phần chính (PCA). PCA đã được hoàn thành dưới dạng tập dữ liệu được tiêu chuẩn hóa dạng bảng và không thứ nguyên. Tập dữ liệu thô của các kim loại nặng bao gồm Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Mn, Co và Ni có trong phân tích dữ liệu. Tập dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này đã vượt qua các bài kiểm tra độ cầu của Kaiser–Meyer–Olkin ($KMO=0,64 > 0,6$), cho thấy sự phù hợp của dữ liệu đối với PCA [1]. Các thành phần chính (PC) được giữ lại khi có giá trị riêng >1, Hình 5, Bảng 4, cho thấy có 2 có giá trị riêng được chọn đó là PC1 có giá trị riêng 4,3 và PC2 có giá trị riêng là 1,3. Hai thành phần chính (PC) này và phương sai của chúng đã giải thích 70,4 % tổng phương sai, cụ thể PC1, PC2 giải thích lần lượt là 54,2% và 16,2 %, Bảng 4.



Hình 5 Mối quan hệ giữa giá trị riêng và thành phần chính

Mối tương quan của các chỉ số được trình bày trong Bảng 5, cho thấy PC1 có tính đồng bộ cao với hầu hết các kim loại có hệ số tải $>0,5$ ngoại trừ Ni (0,33). Trong đó, Co là biến có tải trọng cao nhất (0,85), các biến liền kề cao tiếp theo là Pb (0,82), Mn (0,81) và Cu (0,77). Do Co và Pb có mối tương quan chặt ($>0,6$) nên được loại ra. Co với Mn, Cu lần lượt là 0,50 và 0,51 ($<0,6$), Bảng 6, nên được giữ lại. Do đó, chỉ Co, Mn và Cu là biến được lựa chọn đại diện cho tập dữ liệu tối thiểu từ thành phần chính PC1. Nguồn gốc Co, Mn và Cu có thể đến từ từ phân khoáng đa lượng, vi lượng và thuốc diệt nấm (hoạt chất chứa gốc Cu, Mancozeb: chứa Cu, Mn, Zn...).

Bảng 4 Phân tích các thành phần chính: Giải thích tổng phương sai

Thành phần	Các giá trị riêng ban đầu			Tổng chiết của tải trọng bình phương		
	Tổng	Biến	%	Tổng	Biến	%
1	4,333	54,158	54,158	4,333	54,158	54,158
2	1,299	16,243	70,401	1,299	16,243	70,401
3	0,974	12,179	82,580			
4	0,731	9,137	91,717			
5	0,383	4,786	96,503			
6	0,161	2,016	98,519			
7	0,088	1,094	99,614			
8	0,031	0,386	100,000			

Phương pháp chiết: Phân tích thành phần chính.

Với PC2: PC2 có tính đồng bộ cao với Zn và Mn với tải trọng liên quan, trong đó, Zn là biến có tải trọng lớn nhất (0,54), các biến liền kề Mn (0,49). Do Zn có mối tương quan cao ($>0,6$) với Mn (0,88), Bảng 4, nên được không giữ lại làm đại diện. Như vậy, chỉ có Zn là biến được lựa chọn làm đại diện cho MSD từ thành phần chính PC2. Nguồn Zn xâm nhập vào môi trường chủ yếu do hoạt động nông nghiệp, sử dụng phân bón vi lượng và thuốc diệt nấm.

Nguồn PC1 và PC2 có thể đều xác nhận nguồn kim loại gây ô nhiễm chủ yếu từ con người thông qua quá trình sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật tại khu vực nghiên cứu.

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy nguồn ô nhiễm kim loại nặng chủ yếu do hoạt động nhân tạo dựa trên các chỉ số EF. Hơn nữa, phân tích thành phần chính (PCA) cũng xác nhận nguồn ô nhiễm có từ hoạt động nông nghiệp do sử dụng phân bón đa vi lượng và hóa chất diệt nấm. Để giảm tổng lượng kim loại nặng, cần kiểm soát chặt chẽ số lượng và chất lượng phân bón sử dụng. Sự tích tụ kim loại nặng trong đất là một quá trình

động, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Cần thiết lập mạng lưới giám sát để theo dõi lâu dài những thay đổi chất lượng đất, mạng lưới này có thể cung cấp thông tin chính xác và cập nhật cho người ra quyết định. Nó đảm bảo rằng các nguy cơ của kim loại nặng đối với cơ thể con người là có thể kiểm soát được [20]

Bảng 5 Tương quan giữa các chỉ số chất lượng trong các PC

	Ma trận thành phần	
	Thành phần	
	1	2
Cd	0,745	
Pb	0,819	-0,370
Cr	0,726	-0,472
Cu	0,770	
Zn	0,705	0,543
Mn	0,811	0,490
Co	0,852	-0,377
Ni	0,328	0,357

Mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm riêng. Các chỉ số EF, Igeo, E_r^i đều xác nhận Cd là kim loại nặng đáng được quan tâm trong môi trường đất trồng vùng nghiên cứu. Tuy nhiên, phân tích PCA không cho thấy điều đó, điều này có thể được giải thích do PCA được phân tích trên tập dữ liệu tổng thể không xem xét riêng rẽ từng nguyên tố. Lý giải tương tự cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Zhiyuan et al [15]

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định hầu hết các kim loại nặng (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Ni và Co) đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 03-MT:2015/BTNMT. Các chỉ số EF của Cd, Pb, Cu, Zn, Co chỉ ra nguồn ô nhiễm xuất phát từ con người, trong đó, EF của Cd, Pb là lớn nhất. Chỉ số địa hóa Igeo cho thấy đất chưa bị ô nhiễm kim loại nặng, theo thứ tự Igeo của Cd>Pb>Zn>Cu>Ni>Cr>Mn; chỉ số đánh giá rủi ro tiềm ẩn cho thấy Cd ở mức rủi ro trung bình và đáng kể. Phân tích PCA cho thấy nguồn gốc nguồn ô nhiễm kim loại nặng chủ yếu từ quá trình sử dụng phân bón đa lượng (phân lân nung chảy), vi lượng và thuốc diệt nấm. Kết quả nghiên cứu đã cung cấp thông tin toàn diện và cập nhật hơn để góp phần quản lý thực hành nông nghiệp đất tốt hơn bao gồm ý thức sử dụng phân bón và thuốc diệt nấm.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của các sinh viên DHQLMT 14 & DHQLMT 15, Viện KHCN & QL Môi trường. Chúng tôi cảm ơn các ý kiến góp ý của các nhà khoa học phản biện để bản thảo có chất lượng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. Wang, Yu D., Wang Y., Du X., Li G., Li B., Zhao Y., Wei Y., and Xu S., *Source analysis of heavy metal pollution in agricultural soil irrigated with sewage in Wuqing, Tianjin*. Scientific Reports, 2021. **11**(1): p. 17816.
- [2]. T. Imo, Amosa B., Latu F., Jeremia R., Gese G., and Simi I., *Preliminary Assessment of Heavy Metals in Soil along the Vaisigano River in Samoa*. Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 2022. **11**(3): p. 222-230.
- [3]. P. Nyiramigisha, Komariah, and Sajidan, *Harmful impacts of heavy metal contamination in the soil and crops grown around dumpsites*. Reviews in Agricultural Science, 2021. **9**: p. 271-282.

- [4]. H. Lê, <https://baocantho.com.vn/>. 2022.
- [5]. N.N. Anh, Tư T.A., Anh V.T.V., Lợi N.V., and Gương V.T., *Đánh Giá Hiện Trạng Canh Tác Vườn Trồng Cam Sành Tại Huyện Tam Bình, Tỉnh Vĩnh Long*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam, 2018. **4**(89): p. 38-44.
- [6]. P.Q. Hưng and Thom T.T.H., *Đánh giá tính chất và mức độ ô nhiễm đất nông nghiệp thuộc lưu vực sông Nhuệ tại huyện Duy Tiên tỉnh Hà Nam*. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 2016. **14**(11): p. 1741-1752.
- [7]. N.P. Lê and Văn B.N., *02. ĐÁNH GIÁ TÌNH HÌNH Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG TRÊN ĐẤT TRỒNG CÂY ẮN QUẢ HUYỆN LỤC NGẠN, TỈNH BẮC GIANG*. Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường, 2019(26): p. 13-18.
- [8]. S.M. Saeed and Shaker I.M., *Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on Oreochromis niloticus in the Northern Delta Lakes, Egypt*. 2008.
- [9]. K.K. Turekian and Wedepohl K.H., *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust*. Geological society of America bulletin, 1961. **72**(2): p. 175-192.
- [10]. H. Zhao, Wu Y., Lan X., Yang Y., Wu X., and Du L., *Comprehensive assessment of harmful heavy metals in contaminated soil in order to score pollution level*. Scientific Reports, 2022. **12**(1): p. 3552.
- [11]. G. Zhao, Ma Y., Liu Y., Cheng J., and Wang X., *Source analysis and ecological risk assessment of heavy metals in farmland soils around heavy metal industry in Anxin County*. Scientific reports, 2022. **12**(1): p. 10562.
- [12]. L. Hakanson, *An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach*. Water research, 1980. **14**(8): p. 975-1001.
- [13]. Y. Wang, Sun W., Zhao Y., He P., Wang L., and Nguyen L., *Assessment of Heavy Metal Pollution Characteristics and Ecological Risk in Soils around a Rare Earth Mine in Gannan*. Scientific Programming, 2022. **2022**.
- [14]. C.A. Kahangwa, *Application of principal component analysis, cluster analysis, pollution index and geoaccumulation index in pollution assessment with heavy metals from gold mining operations, Tanzania*. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2022. **10**(4): p. 303-317.
- [15]. W. Zhiyuan, Dengfeng W., Huiping Z., and Zhiping Q., *Assessment of soil heavy metal pollution with principal component analysis and geoaccumulation index*. Procedia Environmental Sciences, 2011. **10**: p. 1946-1952.
- [16]. G.N. Thanh and Kim H.T.T., *Evaluating ecological risk for the occurrence of heavy metal in soil in industrial areas in An Giang Province, Vietnam*. Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường, 2022(43): p. 60-69.
- [17]. G. Mawari, Kumar N., Sarkar S., Daga M.K., Singh M.M., Joshi T.K., and Khan N.A., *Heavy metal accumulation in fruits and vegetables and human health risk assessment: findings from Maharashtra, India*. Environmental Health Insights, 2022. **16**: p. 11786302221119151.
- [18]. A. Sery, Manceau A., and Greaves G.N., *Chemical state of Cd in apatite phosphate ores as determined by EXAFS spectroscopy*. American Mineralogist, 1996. **81**(7-8): p. 864-873.
- [19]. S. Xu, Li C., Wang Y., Wu A., Gao G., and Zang F., *Characteristics and evaluation of heavy metal pollution in a soil-wheat system of an arid oasis city in northwest China*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2024. **271**: p. 115958.
- [20]. H. Zhao, Wu Y., Lan X., Yang Y., Wu X., and Du L., *Comprehensive assessment of harmful heavy metals in contaminated soil in order to score pollution level*. Sci Rep 12: 3552. 2022.

ANALYSIS OF SOURCES OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN SOIL OF ORANGE GROWING AREA IN TRA ON, VINH LONG

NGUYEN VAN PHUONG

Institute of Environmental Science, Engineering and Management

**Corresponding author: nguyenvanphuong@iuh.edu.vn*

Abstracts

Intensive cultivation of orange trees in Tra On district, Vinh Long province has the ability to accumulate heavy metals, which will be detrimental to the ecosystem. The source of heavy metal accumulation in soil can be from natural and artificial sources. The purpose of the study is to evaluate the level of heavy metal pollution in soil in orange growing areas in Tra On district, Vinh Long and determine the source of pollution of these metals in soil. In this study, the heavy metal content of orange growing soil in Tra On district, Vinh Long Province was collected and determined. Methods that have been used for assessment include comparison with soil quality standards (QCVN 03:2023/BTNMT), using assessment indices based on background approaches and identifying sources of metal pollution. based on correlation analysis, principal component analysis (PCA). The results showed that the investigated heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn, Ni and Co) of soil samples in the study area did not exceed standards; The enrichment index EF shows the source of pollution from human activities; Igeo geochemical index and potential ecological risk index showed that Cd is the higher risk heavy metal. Statistical analysis including correlation analysis and PCA analysis showed that heavy metal pollution in the study area comes mainly from the use of fertilizers and fungicides. The results of this study provide basic data for farmers and managers in controlling local agricultural practices.

Key words: EF index, Igeo, PCA analysis, heavy metals, orange growing soil

Ngày nhận bài: 13/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/8/2024