

Bài báo nghiên cứu

**XÁC ĐỊNH NGUYÊN TỐ VẾT TRONG KHÔNG KHÍ
TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ LẠT QUA CHỈ THỊ TRÊN RÊU BARBULA
BẰNG PHƯƠNG PHÁP HUỖNH QUANG TIA X PHẢN XẠ TOÀN PHẦN**

Nguyễn An Sơn^{1}, Đoàn Phan Thảo Tiên², Lê Hồng Khiêm³,
Nguyễn Thị Nguyệt Hà¹, Nguyễn Thị Minh Sang¹, Phạm Thị Ngọc Hà¹, Lê Việt Huy¹,
Phạm Đăng Quyết¹, Hồ Hữu Thắng⁴, Nguyễn Trương Dương Cẩm¹*

¹Khoa Vật lý & Kỹ thuật Hạt nhân, Trường Đại học Đà Lạt, Việt Nam

²Viện Nghiên cứu và Ứng dụng Công nghệ Nha Trang, Việt Nam

³Viện Vật lý, Hà Nội, Việt Nam

⁴Viện Nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Nguyễn An Sơn – Email: sonnguyendlu@yahoo.com

Ngày nhận bài: 25-02-2020; ngày nhận bài sửa: 29-3-2020, ngày chấp nhận đăng: 12-6-2020

TÓM TẮT

Đánh giá ô nhiễm môi trường là vấn đề cần quan tâm của các quốc gia trên thế giới, đặc biệt là các quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam. Thông thường, các nguồn ô nhiễm trong không khí do 3 nguồn chính: quá trình sản xuất của các nhà máy, xí nghiệp; các nguồn ô nhiễm sử dụng hóa chất trong sản xuất nông nghiệp; các nguồn ô nhiễm từ phương tiện giao thông. Nghiên cứu này sử dụng rêu *Barbula*, xem như các trạm quan trắc sinh học. Rêu *Barbula* là thực vật bậc thấp, rễ giả, chúng hút các chất dinh dưỡng thông qua lá và thân. Rêu *Barbula* có khả năng hấp thụ kim loại trong không khí rất lớn, mọc tự nhiên tại các vùng ở thành phố Đà Lạt. Vị trí lấy mẫu rêu tại thành phố Đà Lạt là những vị trí có phương tiện xe cộ đi lại nhiều, và vị trí sản xuất nông nghiệp trọng điểm. Bằng phương pháp huỳnh quang tia X phản xạ toàn phần (TXRF), kết quả đã phân tích được 21 nguyên tố vết có trong các mẫu rêu, với hàm lượng của một số kim loại độc nặng rất thấp.

Từ khóa: ô nhiễm không khí; rêu *Barbula*; TXRF; nguyên tố vết

1. Tổng quan

Việt Nam là nước đang phát triển, không tránh khỏi tình trạng ô nhiễm kim loại trong không khí do các nhà máy, xí nghiệp, phương tiện xe cộ. Theo một nghiên cứu về môi trường do các trường đại học của Mỹ thực hiện và công bố tại Diễn đàn Kinh tế thế giới ở Davos, Việt Nam nằm trong số 10 quốc gia có không khí ô nhiễm nhất thế giới

Cite this article as: Nguyen An Son, Doan Phan Thao Tien, Le Hong Khiem, Nguyen Thi Nguyet Ha, Nguyen Thi Minh Sang, Pham Thi Ngoc Ha, Le Viet Huy, Pham Dang Quyet, Ho Huu Thang, & Nguyen Truong Duong Cam (2020). Determination of trace elements in atmosphere of Dalat city through *Barbula* moss using the total reflection X-ray fluorescence. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 17(6), 1048-1056.

(WHO, Database, 2011; Vietnam Investment Review, 2018). WHO đã khuyến cáo Việt Nam cần tăng cường tuyên truyền về các nguy cơ đối với sức khỏe do ô nhiễm không khí gây ra, xây dựng chính sách hiệu quả và kiểm soát chặt chẽ tình hình ô nhiễm không khí tại các thành phố. Từ năm 2014 đến nay, Việt Nam đã tham gia vào đề án điều tra ô nhiễm môi trường qua lắng đọng kim loại trong không khí với các nước châu Âu nhằm phát triển hướng nghiên cứu về ô nhiễm không khí trên chỉ thị của cây rêu, bước đầu đã có các công trình công bố liên quan đến ô nhiễm môi trường không khí bằng kỹ thuật rêu *Barbula* (Nguyen, et al., 2009; Doan et al., 2018; Le et al., 2020).

Có nhiều phương pháp để đánh giá hàm lượng ô nhiễm kim loại trong không khí, một trong những phương pháp cổ điển và điển hình là đặt các trạm quan trắc thu thập mẫu bụi khí tại các vùng ô nhiễm. Tuy nhiên, phương pháp này khá tốn kém vì phải sử dụng nhiều phin lọc, bảo trì trạm quan trắc... Ngày nay, việc dùng rêu để đánh giá ô nhiễm các nguyên tố kim loại nặng trong không khí đã và đang được triển khai rất mạnh trên thế giới, đặc biệt ở các nước châu Âu. Ưu điểm của cây rêu là phân bố ở vùng độ ẩm cao, rất tiện lợi trong việc chọn mẫu; đồng thời khi phân tích cho kết quả có độ chính xác cao. Những đặc trưng và ưu điểm của việc dùng rêu để kiểm soát ô nhiễm kim loại nặng trong không khí là:

- Cây rêu thường sinh trưởng trên thân các cây, và ở những nơi ẩm ướt. Rêu có bộ rễ giả nên nó không hấp thụ các chất dinh dưỡng từ đất. Các chất dinh dưỡng chỉ được hấp thụ từ nước mưa, không khí. Các chất gây ô nhiễm bám vào bề mặt cây rêu và được vi sinh vật trên đó chuyển hóa thành chất dinh dưỡng cho cây;
- Rêu không có lớp biểu bì như những thực vật bậc cao nên khả năng hấp thụ các nguyên tố kim loại rất cao;
- Rêu có khả năng chống chịu ô nhiễm tốt. Điều này có nghĩa nó có thể tích tụ các nguyên tố kim loại nặng với hàm lượng rất cao;
- Rêu có tỉ số diện tích bề mặt/khối lượng rất lớn nên khả năng hấp thụ kim loại từ không khí cao.

Công trình nghiên cứu đầu tiên về sử dụng cây rêu trong đánh giá môi trường được thực hiện từ thập niên 70 của thế kỷ XX (Rühling, & Tyler, 1969). Bước đầu, nhóm tác giả này đã nghiên cứu sự hấp thụ các kim loại qua chỉ thị trên cây rêu. Tiếp theo, các công trình nghiên cứu về ô nhiễm kim loại qua hấp thụ trên cây rêu được thực hiện trên các họ rêu khác nhau (Gerdol et al., 2002; Salo, Paturi, & Mäkinen, 2016). Các nghiên cứu này chủ yếu tập trung ở vùng Đông Âu, Tây Âu, và một số nghiên cứu ở châu Á. Kết quả cho thấy, các họ rêu thường dùng trong nghiên cứu là họ *Tortula muralis*. Số các kim loại tìm thấy trong mẫu rêu lên đến 36 nguyên tố từ Natri đến Uran, điều này thể hiện hiệu quả của phương pháp nghiên cứu.

Thành phố Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng, nằm từ 11°48'36" đến 12°01'07" vĩ độ Bắc và 108°19'23" đến 108°36'27" độ kinh Đông, phía Bắc giáp huyện Lạc Dương, phía Đông

và Đông Nam giáp huyện Đơn Dương, phía Tây giáp huyện Lâm Hà, phía Tây Nam giáp huyện Đức Trọng (Tran et al., 2008).

Do chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa biến thiên theo độ cao, nên khí hậu Đà Lạt được chia làm 2 mùa riêng biệt là mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa thường bắt đầu từ tháng 5 kéo dài đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Đà Lạt có khí hậu ôn đới ngay trong vùng khí hậu nhiệt đới và nằm không xa các trung tâm đô thị lớn và vùng đồng bằng đông dân. Với điều kiện địa lí như vậy, Đà Lạt được xem là một trong những thành phố của nước ta có điều kiện khí hậu thuận lợi để cây rêu phát triển ổn định.

Phương pháp TXRF là phương pháp hiện đại trong phân tích định tính, định lượng các nguyên tố vết trong mẫu, là phương pháp đã được công bố từ những năm 1990 (Wobroschek, Strelí, Kregsamer, Ladisich, & Rieder, 1996). So với phương pháp huỳnh quang tia X (XRF) thì phương pháp TXRF cho độ chính xác cao (đến ~ppb), dải phân tích rộng, đa nguyên tố, sai số thấp. Vì mẫu mỏng, nên có thể bỏ qua hiện tượng hấp thụ và kích thích thứ cấp bên trong mẫu, quan hệ giữa cường độ tia X đặc trưng và khối lượng nguyên tố được xác định bởi:

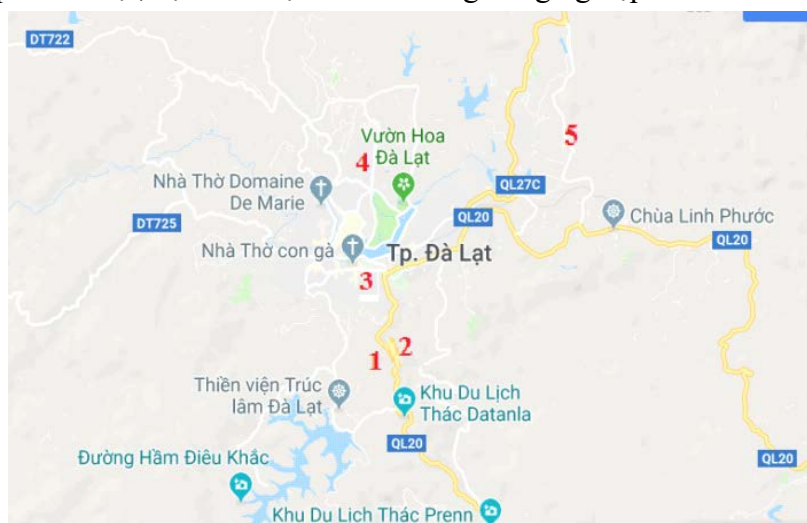
$$I_i = S_i \times m_i \quad (1)$$

trong đó, I_i (cps) là cường độ tia X đặc trưng của nguyên tố, tương ứng với tốc độ đếm đỉnh phổ; S_i (cps/ng/mA) là độ nhạy hệ thống của nguyên tố i ; m_i (ng) là khối lượng nguyên tố.

2. Vật liệu và phương pháp

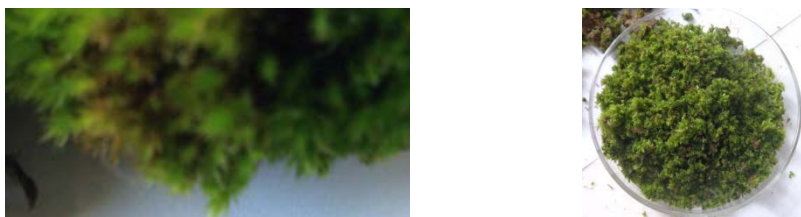
2.1. Vật liệu

Mẫu rêu *Barbula* bắt đầu thu thập từ tháng 5/2019 đến tháng 9/2019 tại thành phố Đà Lạt. Vị trí lấy mẫu rêu tại thành phố Đà Lạt được trình bày ở Hình 1. Tiến hành lấy rêu theo 5 vị trí (từ 1-5). Các vị trí 1, 2, 3, 4 là những vị trí phương tiện giao thông đi lại nhiều nhất ở thành phố Đà Lạt, vị trí 5 được xem là vùng nông nghiệp lớn của Thành phố.



Hình 1. Các vị trí lấy mẫu rêu

Mẫu rêu sau khi thu thập được cắt bỏ phần rễ, giữ lại phần thân và lá. Hình 2 là hình ảnh rêu *Barbula* qua xử lí cắt bỏ phần rễ.



Hình 2. Trái: mẫu rêu *Barbula* thu hái tại Thành phố Đà Lạt. Phải: mẫu rêu nghiền thô

Phần thân và lá được rửa sạch bằng nước cất, sấy khô ở nhiệt độ 60 °C, cho vào túi nhựa bảo quản nhằm tránh can nhiễu các chất từ môi trường bên ngoài. Sau đó, mẫu được nghiền bằng cối chày mã nã, tiếp theo đồng nhất mẫu bằng hệ phá mẫu vi sóng. Phương pháp đồng nhất mẫu như sau: lấy 0,2 gram rêu đã được nghiền và qua bộ ray lọc (~ 1 mm) cho vào 10 mL dung dịch HNO₃ (14N). Hỗn hợp này được đặt trong hệ phá mẫu vi sóng Mars6 như Hình 3. Độ đồng đều của mẫu sau khi sử dụng máy phá mẫu nhỏ hơn 5 µm.



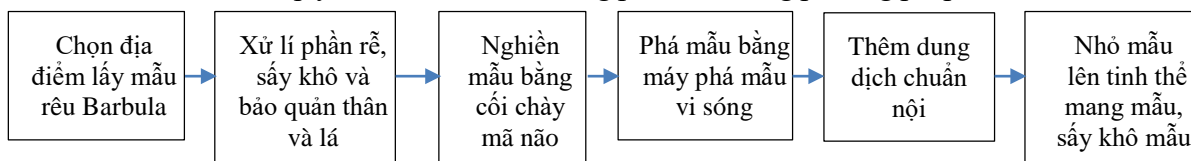
Hình 3.a. Máy phá mẫu vi sóng MARS6 **Hình 3.b.** Bình đựng mẫu đặt trên giá xoay

Sau 30 phút phá mẫu, để mẫu nguội tự động bên trong máy phá mẫu khoảng 1 giờ, tiếp theo nhỏ dung dịch chuẩn nội Galium (1ppm) vào trong mẫu; sau đó, đồng nhất mẫu lần nữa bằng máy lắc tự động khoảng 5 phút. Hình 4 là máy lắc mẫu tự động và các mẫu được nhỏ lên tinh thể mang mẫu (loại tinh thể thạch anh), sau cùng, mẫu được sấy ở nhiệt độ 30⁰C cho đến khi khô mẫu.



Hình 4.a. Máy lắc mẫu tự động **Hình 4.b.** Nhỏ mẫu trên tinh thể mang mẫu và sấy mẫu

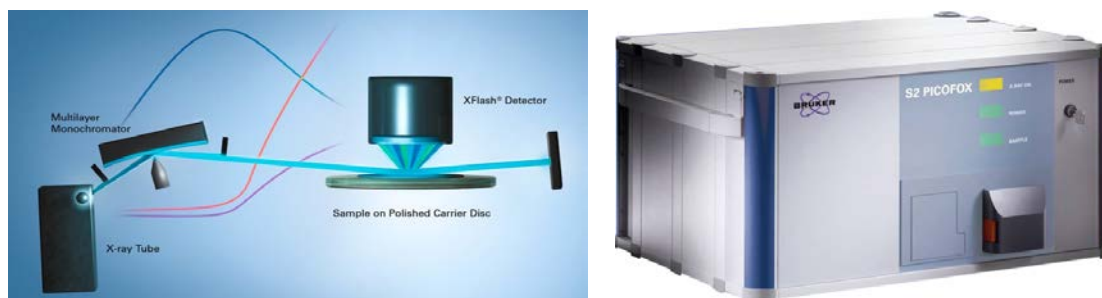
Có thể tóm tắt quy trình tạo mẫu rêu trong phân tích bằng phương pháp TXRF như Hình 5:



Hình 5. Quy trình tạo mẫu rêu trong phân tích TXRF

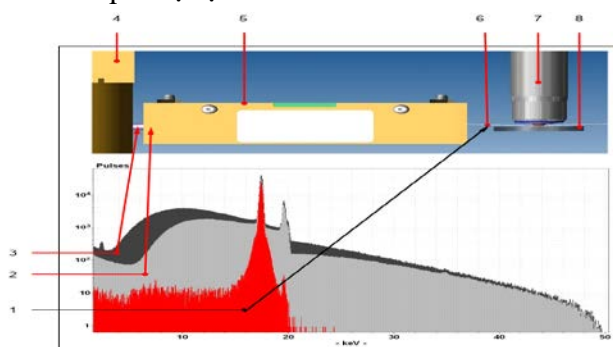
2.2. Phương pháp phân tích

Hệ TXRF loại S2 PICOFOX™ (Bruker, 2018) của Trường Đại học Đà Lạt là hệ thống phân tích bán tự động, phân tích định tính và định lượng nhiều nguyên tố, ngưỡng phát hiện đến ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$), phân tích dải rộng các nguyên tố, từ nhôm đến Uranium. Cấu tạo của hệ gồm: ống phát tia X (bia Molipden) làm việc ở điều kiện điện áp 50kV, dòng điện 1000 μA ; bộ lọc đơn năng là tinh thể đa lớp làm bằng kim loại đồng; detector thu nhận tia X là detector bán dẫn loại SDD. Hình 6 trình bày nguyên lí phản xạ toàn phần của hệ TXRF.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lí phản xạ toàn phần của hệ TXRF và hình dạng hệ TXRF S2 Picofox™

Để giảm thiểu phần bức xạ tia X năng lượng liên tục (bức xạ hãm), hệ phổ kế TXRF thường được trang bị bộ lọc đơn năng để cắt phần năng lượng này. Hình 7 mô tả phổ liên tục trước và sau khi qua bộ lọc.



1. Phổ tia X dùng để kích thích bia mẫu; 2. Phổ tia X từ ống phát tia X đi qua bộ lọc;
3. Phổ tia X phát ra từ ống phát tia X; 4. Ống phát tia X; 5. Bộ lọc đơn năng lượng;
6. Chùm tia X đơn năng qua cửa sổ hẹp; 7. Detector; 8. Vị trí đặt vật mang mẫu.

Hình 7. Phổ tia X phát ra từ máy phát tia X trước và sau bộ lọc (bia Mo)

Thông thường, các hệ TXRF cắt bức xạ hãm bằng các tinh thể có độ rộng khe hẹp (khoảng cách các nút mạng tinh thể) phù hợp với bước sóng tia X đặc trưng của vật liệu làm cathode của máy phát. Việc chọn lựa vật liệu tuân theo định luật Bragg:

$$2d\sin\theta = k\lambda \tag{2}$$

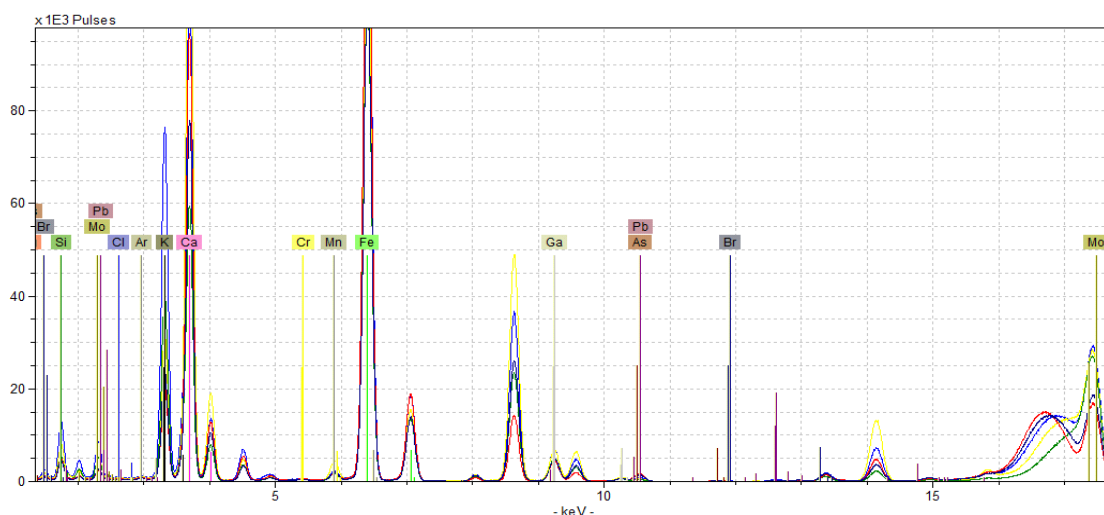
với d là khoảng cách giữa các nguyên tử tinh thể nhiễu xạ, θ là góc nhiễu xạ, k là bậc nhiễu xạ, λ là bước sóng của tia X.

Hệ TXRF loại S2 PICOFOX™ vật liệu làm cathode là Mo, năng lượng tia X đặc trưng cần quan tâm là năng lượng lớp K (17,5 keV), vật liệu nhiễu xạ được chọn có $d = 2,88$ nm (kim loại đồng), góc nhiễu xạ bậc nhất là $0,7^\circ$, điều này rất dễ dàng để cắt các năng lượng trên và dưới mức 17,5 keV (năng lượng ống phát tia X loại Molipden).

Khả năng phân tích của hệ TXRF phụ thuộc nhiều vào năng lượng của ống phát tia X, đồng thời phụ thuộc vào nguyên tố trong mẫu. Theo Erick và cộng sự (Erick et al., 2013), với hệ TXRF S2 PICOFOX spectrometer, các nguyên tố có thể phân tích bằng năng lượng tia X phát ra ở lớp K gồm: Al, Si, P, Se, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Es, Fm, Md, No, Lr; phân tích theo năng lượng lớp L gồm: Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Fr, Ra, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ac, Th, Pa, U; những nguyên tố còn lại gồm: Na, Mg, Ar, Kr, Xe, Rn, Np, Pu, Am, Cm, Ek, Cf, H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Zr, Nb, Mo, Tc không thể đo đạc hoặc ngưỡng phát hiện rất cao.

3. Kết quả và thảo luận

Bằng phương pháp phân tích TXRF trên hệ S2 PICOFOX™ tại năm vị trí lấy mẫu, kết quả thu phổ được chỉ ra ở Hình 8. Bảng 1 trình bày kết quả phân tích của các nguyên tố kim loại có trong mẫu rêu Babula tại thành phố Đà Lạt. Kết quả phân tích đã tìm ra 24 nguyên tố vết, bao gồm: Na, Mg, Al, P, Ar, K, Ca, Sc, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Cd, Sb, Ba, La, Tb, Yb, Pb, Th.



Các màu của phổ: ____ vị trí 1, ____ Vị trí 2, ____ Vị trí 3, ____ Vị trí 4, ____ Vị trí 5

Hình 8. Phổ TXRF đo mẫu rêu tại các vị trí lấy mẫu tại thành phố Đà Lạt

Bảng 1. Kết quả phân tích một số nguyên tố trong mẫu rêu *Barbula* thu thập tại thành phố Đà Lạt

S T T	Nguyên tố	Vị trí 1		Vị trí 2		Vị trí 3		Vị trí 4		Vị trí 5						
		C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)	C (mg/kg)					
1	Na	2052,00	289,55	6,01	2183,35	250,00	5,28	2165,70	213,65	3,49	787,75	225,30	1,78	2413,45	244,85	10,83
2	Mg	ND			264,65	69,30	0,93	128,80	58,85	1,11	286,70	64,80	1,49	ND		
3	Al	1914,55	42,05	1,44	727,70	32,25	4,29	2236,50	33,80	1,02	3407,35	40,90	1,90	1502,05	34,70	1,10
4	P	381,70	8,50	2,01	1163,40	11,35	2,34	556,25	7,35	3,01	1489,45	11,45	4,53	324,90	7,20	2,81
5	Ar	21,55	1,90	1,95	15,30	1,60	1,37	5,00	1,35	1,85	4,40	1,50	1,17	22,75	1,60	1,38
6	K	2205,90	9,40	8,66	3849,80	14,20	10,44	2171,70	7,50	11,96	5538,60	16,70	21,80	2319,85	9,40	9,74
7	Ca	6997,35	24,10	6,52	3864,25	13,80	8,12	7102,35	19,65	34,14	5089,75	15,10	26,53	5277,70	18,10	29,67
8	Sc	14,20	0,55	8,43	5,95	0,40	4,75	14,40	0,40	21,45	7,35	0,40	10,66	17,55	0,45	6,77
9	Cr	5,10	0,25	4,92	0,20	0,20	3,87	0,40	0,15	3,63	ND		1,75	0,20	3,31	
10	Mn	30,80	0,35	7,09	30,20	0,30	4,54	66,15	0,40	5,85	27,45	0,25	9,59	37,45	0,35	5,30
11	Fe	3088,45	10,00	3,45	2024,60	6,50	2,90	1664,55	4,60	10,13	2095,30	5,80	19,75	2089,60	6,75	30,88
12	Cu	8,45	0,10	4,60	9,50	0,10	6,05	9,80	0,10	5,16	11,55	0,10	5,23	14,00	0,15	3,14
13	Zn	173,55	0,75	6,65	265,45	1,00	4,62	406,45	1,20	2,36	305,35	1,00	4,23	303,95	1,15	5,06
14	As	14,50	0,10	2,59	1,75	0,05	1,39	1,35	0,05	2,24	2,50	0,05	2,21	10,70	0,10	1,36
15	Rb	13,05	0,10	8,47	9,55	0,05	4,94	5,75	0,05	4,90	10,85	0,05	1,70	15,55	0,10	18,41
16	Sr	43,35	0,20	14,46	16,45	0,10	33,33	78,45	0,30	67,66	42,90	0,20	49,13	29,20	0,15	18,44
17	Cd	4,60	2,25	3,15	9,45	2,00	5,46	ND			6,05	1,90	10,84	ND		
18	Sb	124,45	2,00	4,00	33,90	1,35	2,94	100,50	1,45	8,59	32,00	1,25	10,30	78,20	1,55	19,42
19	Ba	465,20	2,80	778,70	274,20	1,85	505,10	251,80	1,50	655,90	426,20	2,15	898,20	264,65	1,85	453,30
20	La	29,10	0,75	187,50	20,55	0,60	118,50	13,70	0,45	145,10	24,50	0,55	247,09	19,20	0,60	116,50
21	Tb	4087,40	0,20	8,92	0,35	0,15	3,81	ND			ND			ND		
22	Yb	381,70	0,10	17,54	1,95	0,10	7,80	2,40	0,05	6,48	1,90	0,05	9,39	3,15	0,10	14,12
23	Pb	ND			3,10	0,05	1,50	3,70	0,05	2,16	5,80	0,05	1,97	5,05	0,05	1,21
24	Th	30,80	0,05	2,31	0,20	0,05	2,45	0,15	0,05	2,74	0,40	0,05	2,94	2,65	0,05	5,21

Chú thích: phần số liệu in nghiêng là kết quả phân tích định lượng không tin cậy; ND (None detected): là nguyên tố khi phân tích dưới ngưỡng phát hiện, không thu nhận được.

Theo tiêu chuẩn đánh giá của nhà sản xuất (Brucker, 2018), kết quả phân tích định lượng các nguyên tố trong mẫu phân tích bằng hệ S2 PICOFOX™ có phương sai nhỏ hơn 10% ($\chi^2 < 10\%$) thì được chấp nhận để đánh giá định lượng. Kết quả ở Bảng 1 cho thấy, một số nguyên tố xuất hiện trong mẫu tuy nhiên có sai số lớn, kết quả xác định định lượng không đáng tin cậy như Sr, Ba, La ở tất cả các điểm lấy mẫu, có thể do ảnh hưởng can nhiễu của những nguyên tố có trong mẫu phát ra tia X gần với năng lượng phát của các

nguyên tố này – đây cũng là hạn chế của phương pháp TXRF bởi tính chất phát tia X khi nguyên tử bị kích thích có mức năng lượng các vạch rất gần, khoảng vài eV đến vài keV.

Cũng theo kết quả phân tích, một số nguyên tố độc hại như Cr, Mn, As, Cd với sai số dưới 10%. Tuy nhiên, kết quả cho thấy hai nguyên tố Cr và Cd có hàm lượng rất thấp, ngay cả một số nơi không thể xác định do dưới ngưỡng phát hiện. Điều này cho thấy không khí ở thành phố Đà Lạt ít bị ô nhiễm, an toàn. Các ô nhiễm từ khí thải xe cộ (biểu hiện như Pb) cũng rất thấp. Một số nguyên tố có hàm lượng cao như Al, Fe, Ca, Zn là do chính môi trường bản địa, đây là vùng cao nguyên với các quặng kim loại nhẹ khá phổ biến.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã sử dụng rêu *Barbula* làm chỉ thị sinh học để đánh giá ô nhiễm không khí tại thành phố Đà Lạt, đây được xem là phương pháp nghiên cứu ít tốn kém, thích hợp cho những vùng rêu phát triển trong điều kiện độ ẩm cao, lượng mưa trung bình hằng năm lớn. Bằng phương pháp TXRF, nghiên cứu đã xác định được 21 nguyên tố vết có trong các mẫu rêu với hàm lượng đáng tin cậy, bao gồm: Na, Mg, Al, P, Ar, K, Ca, Sc, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Rb, Cd, Sb, Tb, Yb, Pb, Th.

Kết quả phân tích định lượng cho thấy hàm lượng của các kim loại độc nặng rất thấp, thấp hơn nhiều lần so với công trình nghiên cứu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Huế và Hội An của Doan và cộng sự (Doan et al., 2019). Điều này cho phép khẳng định không khí tại thành phố Đà Lạt khá trong lành, ít bị ảnh hưởng ô nhiễm so với các thành phố nói trên tại Việt Nam.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã cung cấp kinh phí đề tài số B2019-DLA-04 để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Brucker, S2 PICOFOX™ (2018). *TXRF spectrometer element analysis user manual*.
Database: Outdoor air pollution in cities. (n.d.). WHO | World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities-2011/en/
- Doan, P. T. T., Trinh, T. T., Khiem, L. H., Frontasyeva, M. V., & Nguyen, H. Q. (2018). Study of airborne trace element pollution in central and southern Vietnam using moss (*Barbula indica*) technique and neutron activation analysis. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55(2), 247-253. <https://doi.org/10.1007/s13143-018-0065-4>
- Erick K.Towett, Keith D. Shepherd. (2013). Quantification of total element concentrations in soils using total X-ray fluorescence spectroscopy (TXRF). *Science of The Total Environment*, 463-464, 374-388. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.068>
- Gerdol, R., Bragazza, L., Marchesini, R., Medici, A., Pedrini, P., Benedetti, S., Bovolenta, A., & Coppi, S. (2002). Use of moss (*Tortula muralis* Hedw.) for monitoring organic and inorganic air pollution in urban and rural sites in northern Italy. *Atmospheric Environment*, 36(25), 4069-4075. [https://doi.org/10.1016/s1352-2310\(02\)00298-4](https://doi.org/10.1016/s1352-2310(02)00298-4)

- Le, H. K., Sera, K., Hosokawa, T., Nguyen, H. Q., Frontasyeva, M. V., Tran, T. T. M., Nguyen, T., Tran, N. N., Tran, D. T., Dang, L. N., Tran, K. H., Mai, N. N., Vo, D. T., Nguyen, A. S., Tran, T. T., & Doan, P. T. T. (2020). Assessment of atmospheric deposition of metals in ha NOI using the moss bio-monitoring technique and proton induced X-ray emission. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 324(1), 43-54. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07066-z>
- Nguyen, V. H., Frontasyeva, M. V., Trinh, T. T. M., Gilbert, D., & Bernard, N. (2009). Atmospheric heavy metal deposition in northern Vietnam: Hanoi and Thainguyen case study using the moss biomonitoring technique, INAA and AAS. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(5), 1045-1052. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0258-6>
- Rühling, Å., & Tyler (1969). G. Ecology of Heavy Metals—A Regional and Historical Study. *Botaniska Notiser*, 22, 248-259.
- Salo, H., Paturi, P., & Mäkinen, J. (2016). Moss bag (*Sphagnum papillosum*) magnetic and elemental properties for characterising seasonal and spatial variation in urban pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(6), 1515-1524. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-0998-z>
- Tran, S. T., Nguyen, H. T., Dang, Q. K., Truong, T., Nguyen, T. X., Nguyen, T. T., Nguyen, D. H., Nguyen, V. T., Le, V. D. (2008). *Dia chi Da lat [Location of Dalat]*. Ho Chi Minh City General Publishing House, 52.
- Vietnam Investment Review - VIR. (2018, February 26). *Air pollution is Vietnam's silent killer*. Retrieved from <https://www.vir.com.vn/air-pollution-is-vietnams-silent-killer-56542.html>
- Wobrauschek, P., Strel, C., Kregsamer, P., Ladisich, W., & Rieder, R., J. (1996). *Trace and Microprobe Techn*, 14(1), 103.

DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS IN ATMOSPHERE OF DALAT CITY THROUGH BARBULA MOSS USING THE TOTAL REFLECTION X-RAY FLUORESCENCE

**Nguyen An Son^{*}, Doan Phan Thao Tien², Le Hong Khiem³,
Nguyen Thi Nguyet Ha¹, Nguyen Thi Minh Sang¹, Pham Thi Ngoc Ha¹,
Le Viet Huy¹, Pham Dang Quyet¹, Ho Huu Thang⁴, Nguyen Truong Duong Cam¹**

¹Physics and Nuclear Engineering Department, Dalat University, Vietnam

²Nhatrang Institute of Technology Research and Application, Vietnam

³Institute of Physics, Hanoi, Vietnam

⁴Nuclear Research Institute, Vietnam

^{*}Corresponding author: Nguyen An Son – Email: sonna@dlu.edu.vn

Received: February 25, 2020; Revised: March 29, 2020; Accepted: June 12, 2020

ABSTRACT

An assessment of environmental pollution is a concern for all countries in the world, especially developing countries, including Vietnam. Air pollution are mainly from three sources: the production process of factories and enterprises; pollution from chemicals in agricultural production; and pollution from vehicles. This research used Barbula moss, which is considered as a bio-monitor. Barbula moss is a short plant without true root, so it absorbs nutrients through leaves and stems. Barbula moss can absorb metals in the air. Barbula moss is very large and grows naturally in Dalat city. Moss sampling in this study was collected from areas with vehicles and agricultural production. Using the total reflectance X-ray fluorescence (TXRF) method, 21 trace elements were found in moss samples with a very low concentration of some heavy metals.

Keywords: Air pollution; Barbula moss; TXRF; trace element