

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT**



**NGUYỄN THỊ MINH SANG**

**NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP  
PHÂN TÍCH HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ ĐÁNH GIÁ SỰ  
LẮNG ĐỘNG NGUYÊN TỐ HÓA HỌC TRONG KHÔNG KHÍ  
SỬ DỤNG RÊU *BABULAR INDICA* TĂNG SINH BỞI  
CHIẾU XẠ TIA X**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ CHUYÊN NGÀNH VẬT LÝ KỸ THUẬT**

Lâm Đồng, 2024

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT**



**NGUYỄN THỊ MINH SANG**

**NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP  
PHÂN TÍCH HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ ĐÁNH GIÁ SỰ  
LÃNG ĐỘNG NGUYÊN TỔ HÓA HỌC TRONG KHÔNG  
KHÍ SỬ DỤNG RÊU *BABULAR INDICA* TĂNG SINH BỞI  
CHIẾU XẠ TIA X**

**CHUYÊN NGÀNH: VẬT LÝ KỸ THUẬT**

**Mã ngành: 9520401**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ CHUYÊN NGÀNH VẬT LÝ KỸ THUẬT**

**HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

- 1. PGS. TS. NGUYỄN AN SƠN**
- 2. GS. TS. LÊ HỒNG KHIÊM**

Lâm Đồng, 2024

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	v
LỜI CẢM ƠN .....	vi
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	vii
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	ix
DANH MỤC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT .....	x
MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	8
1.1. Ô nhiễm không khí và ảnh hưởng đến sức khỏe con người.....	8
1.1.1. Trên Thế giới .....	8
1.1.2. Ở Việt Nam.....	9
1.1.3. Ảnh hưởng của các nguyên tố hóa học đến sức khỏe con người.....	9
1.2. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học.....	14
1.2.1. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học trên Thế giới .....	15
1.2.2. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học ở Việt Nam.....	17
1.3. Kỹ thuật thu mẫu rêu và kích thích sinh trưởng .....	19
1.3.1. Phương pháp chọn lựa vị trí thu mẫu rêu và xử lý mẫu rêu.....	19
1.3.2. Kỹ thuật tạo túi rêu trong quan trắc chủ động.....	21
1.3.3. Sự thay đổi cấu trúc DNA bởi tác động bức xạ .....	24
1.3.4. Phương pháp kích thích rêu phát triển bằng bức xạ .....	28
1.4. Các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử.....	30
1.4.1. Phân tích kích hoạt neutron (NAA) .....	31
1.4.2. Kỹ thuật phân tích huỳnh quang tia X phản xạ toàn phần (TXRF).....	39

1.4.3. Kỹ thuật phân tích huỳnh quang tia X phân tán năng lượng (ED-XRF) .....	46
1.5. Tóm tắt Chương 1 .....	50
<b>Chương 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU .....</b>	<b>51</b>
2.1. Thu thập mẫu rêu theo phương pháp thụ động .....	51
2.2. Chọn lựa rêu dùng trong kỹ thuật túi rêu .....	54
2.3. Kích thích sinh trưởng rêu bằng tia X năng lượng thấp .....	56
2.3.1. Máy phát tia X để kích thích sinh trưởng rêu.....	56
2.3.2. Chiếu xạ rêu kích thích sinh trưởng .....	57
2.4. Cách treo túi rêu và quan trắc.....	58
2.5. Phương pháp INAA.....	66
2.5.1. Hệ thực nghiệm INAA.....	66
2.5.2. Chuẩn bị mẫu để phân tích bằng kỹ thuật INAA .....	67
2.6. Phương pháp TXRF.....	69
2.6.1. Hệ đo TXRF S2 PICOFOX™ .....	69
2.6.2. Chuẩn bị mẫu cho phân tích bằng kỹ thuật TXRF .....	75
2.7. Phương pháp ED-XRF .....	81
2.7.1. Hệ đo ED-XRF SPECTRO XEPOS.....	81
2.7.2. Chuẩn bị mẫu rêu cho phân tích bằng kỹ thuật ED-XRF.....	82
2.8. So sánh sự khác biệt giữa rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ bằng phép kiểm định thống kê .....	83
2.9. Tóm tắt Chương 2 .....	85
<b>Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN .....</b>	<b>86</b>
3.1. Kết quả chọn lựa rêu làm mẫu và chuẩn bị túi rêu.....	86
3.2. Kết quả kích thích sinh trưởng rêu bằng tia X năng lượng thấp.....	87
3.3. Kết quả phân tích rêu tại tỉnh Lâm Đồng.....	93

3.3.1. Kết quả phân tích bằng kỹ thuật INAA .....	94
3.3.2. Kết quả phân tích bằng kỹ thuật TXRF và ED-XRF.....	100
3.4. Kết quả phân tích mẫu rêu tại sân bay Long Thành .....	111
3.5. Đánh giá hiệu suất hấp thu lắng đọng các nguyên tố hoá học trong không khí ở 3 trường hợp: rêu tự nhiên, rêu chiếu xạ, và rêu không chiếu xạ.....	114
3.6. Đánh giá khả năng phân tích định tính và định lượng của ba phương pháp: INAA, TXRF và ED-XRF.....	121
3.6.1. Khả năng phân tích định tính.....	121
3.6.2. Khả năng phân tích định lượng.....	124
3.6.3. Đánh giá hiệu quả của việc kết hợp ba phương pháp phân tích.....	124
3.7. Tóm tắt Chương 3 .....	125
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	126
CÁC BÀI BÁO, CÔNG TRÌNH KHOA HỌC.....	128
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	130
PHỤ LỤC.....	146

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của PGS. TS. Nguyễn An Sơn – Trường Đại học Đà Lạt, và GS. TS. Lê Hồng Khiêm - Viện Vật lý. Đồng thời, tôi còn nhận được sự giúp đỡ tận tình của các đồng nghiệp trong nhóm nghiên cứu. Những số liệu và kết quả trình bày trong luận án là trung thực, phần kết quả chính cũng đã được công bố trên các tạp chí trong và ngoài nước, với sự đồng ý của các đồng tác giả cho phép sử dụng để thực hiện luận án này.

Tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung của luận án.

**Người cam đoan**



**Nguyễn Thị Minh Sang**

**ĐẠI DIỆN CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**



**PGS. TS. Nguyễn An Sơn**

**P. HIỆU TRƯỞNG**   
  


*Mai Minh Nhật*

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành luận án, trước tiên xin cho phép tôi được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Quý Thầy hướng dẫn khoa học là: PGS. TS. Nguyễn An Sơn - Trường Đại học Đà Lạt, và GS. TS. Lê Hồng Khiêm - Viện Vật lý, những người đã truyền cảm hứng cho tôi trong việc nghiên cứu, giúp tôi định hướng mục tiêu nghiên cứu và hướng dẫn tận tình suốt thời gian thực hiện luận án này.

Tôi xin cảm ơn Tập đoàn Vingroup đã cho tôi nhận học bổng của Quỹ đổi mới sáng tạo (VINIF), tạo điều kiện giúp tôi có kinh phí trang trải trong suốt quá trình nghiên cứu, học tiến sĩ.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến TS. Trần Tuấn Anh, Trưởng phòng nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật hạt nhân và đồng vị - Viện Nghiên cứu hạt nhân, ThS. Tường Thị Thu Hường, ThS. Châu Thị Như Quỳnh và ThS. Nguyễn Hữu Nghĩa đã tận tình giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi trong việc thực nghiệm phân tích kích hoạt neutron tại Viện Nghiên cứu hạt nhân.

Tôi xin gửi lời cảm ơn Quý Thầy, Cô Khoa Vật lý và Kỹ thuật hạt nhân, Trường Đại học Đà Lạt đã giảng dạy, giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi để tôi thực hiện luận án này.

Xin cảm ơn gia đình, người thân và bạn bè luôn động viên, ủng hộ và tạo điều kiện thuận lợi nhất cho tôi để hoàn thành luận án này.

**Tác giả**



**Nguyễn Thị Minh Sang**

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Số người chết do các bệnh tật và do ảnh hưởng của ô nhiễm không khí trên toàn Thế giới .....	8
Hình 1.2. Số người chết do các bệnh tật và do ảnh hưởng của ô nhiễm không khí ở Việt Nam thống kê từ năm 1990 .....	9
Hình 1.3. Một số nguyên tố có trong cơ thể .....	10
Hình 1.4. Những tác nhân và kim loại gây nguy hại đến sức khỏe con người .....	11
Hình 1.5. Các cách tiếp xúc, tác động của kim loại độc đối với sức khỏe con người và cách hạn chế rủi ro .....	12
Hình 1.6. Bức xạ tia X tác động lên ADN .....	27
Hình 1.7. Các nguyên tố trong bảng hệ thống tuần hoàn ảnh hưởng lên quá trình bắt neutron .....	33
Hình 1.8. Quá trình bắt neutron và phát bức xạ của hạt nhân bia .....	34
Hình 1.9. Bố trí hình học của hệ XRF và TXRF .....	41
Hình 1.10. Quá trình phát tia X đặc trưng khi nguyên tử bị kích thích .....	42
Hình 1.11. Khả năng xác định các nguyên tố hóa học bằng phương pháp TXRF .....	43
Hình 1.12. Diện tích đỉnh ( $N_i$ ) và diện tích phông ( $N_{BG}$ ) của nguyên tố cần quan tâm .....	44
Hình 1.13. Nguyên lý máy quang phổ năng lượng tán xạ tia X .....	48
Hình 1.14. Khả năng xác định các nguyên tố hóa học bằng phương pháp ED-XRF .....	49
Hình 2.1. Một số hình ảnh rêu <i>Babular indica</i> mọc ở Việt Nam .....	51
Hình 2.2. Một số hình ảnh thu mẫu rêu phục vụ nghiên cứu .....	52
Hình 2.3. Vị trí các điểm thu mẫu trong nghiên cứu .....	53
Hình 2.4. Sơ đồ quy trình xử lý mẫu rêu trước khi dùng tạo mẫu trong các kỹ thuật phân tích hạt nhân nguyên tử .....	54
Hình 2.5 Vị trí thu mẫu rêu tại Đưng K'Nớ, rừng Bidoup Núi Bà (Lâm Đồng) .....	55
Hình 2.6. Sơ đồ các bước tiến hành tạo túi rêu .....	55
Hình 2.7. Hình máy phát tia X MBR-1618R-BE và vùng thể tích chiếu xạ .....	56
Hình 2.8. Vị trí treo túi rêu tại các huyện, thành phố tại Lâm Đồng .....	64
Hình 2.9. Vị trí treo túi rêu tại vùng xây dựng sân bay Long Thành .....	65
Hình 2.10. Mô tả vị chiếu mẫu tại kênh 7-1 và mâm quay .....	66
Hình 2.11. Hình dạng và kích thước của container chiếu mẫu tại kênh 7-1 .....	67



Hình 2.12. Sơ đồ qui trình chuẩn bị mẫu trong phân tích kích hoạt neutron .....	68
Hình 2.13. Hệ phổ kế TXRF PICOFOX S2™ .....	69
Hình 2.14. Nhiễu xạ tia X trên bộ lọc đơn năng .....	72
Hình 2.15. Cấu tạo detector SDD theo mặt cắt ngang .....	72
Hình 2.16. Cấu tạo của bộ chuyển mẫu .....	73
Hình 2.17. Các loại vật mang mẫu .....	74
Hình 2.18. Máy phá mẫu vi sóng MARS 6 .....	79
Hình 2.19. Đường kính và độ dày tối đa của mẫu .....	80
Hình 2.20. Sơ đồ các bước chuẩn bị mẫu rêu cho kỹ thuật đo TXRF .....	80
Hình 2.21. Hệ đo ED-XRF sử dụng trong nghiên cứu .....	81
Hình 2.22. Quy trình chuẩn bị mẫu cho phân tích bằng kỹ thuật ED-XRF .....	83
Hình 3.1. Hình ảnh treo các túi rêu .....	86
Hình 3.2. Hình thái rêu được chiếu xạ với các liều chiếu tia X khác nhau .....	89
Hình 3.3. Thay đổi về trọng lượng và tổng hàm lượng chất diệp lục của rêu theo liều chiếu xạ .....	91
Hình 3.4. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại Tp. Đà Lạt .....	114
Hình 3.5. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại thị trấn Liên Nghĩa, huyện Đức Trọng .....	115
Hình 3.6. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại thị trấn Lạc Dương, thị trấn Lạc Dương .....	116
Hình 3.7. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại thị trấn Đinh Văn, huyện Lâm Hà .....	117
Hình 3.8. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm .....	118
Hình 3.9. So sánh khả năng hấp thu các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại sân bay Long Thành (Đồng Nai) .....	119
Hình 3.10. Sự đan xen trong xác định các nguyên tố của 03 phương pháp phân tích: INAA, TXRF và ED-XRF .....	123

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Các thông số của máy phát tia X Hitachi MBR-1618R-BE.....	57
Bảng 2.2. Thông tin các vị trí thu mẫu rêu sống và treo túi rêu tại tỉnh Lâm Đồng ....	59
Bảng 2.3. Thông tin các vị trí thu mẫu rêu sống và treo túi rêu tại vùng xây dựng sân bay Long Thành, tỉnh Đồng Nai.....	64
Bảng 2.4. Các thông số phổ neutron tại vị trí chiếu mẫu rêu .....	67
Bảng 2.5. Các thông số kỹ thuật cơ bản của hệ TXRF PICOFOX S2™.....	70
Bảng 2.6. Các thiết bị và dụng cụ cần thiết trong quá trình tạo mẫu bằng TXRF.....	75
Bảng 2.7. Các thông số kỹ thuật của hệ đo ED-XRF loại SPECTRO XEPOS.....	81
Bảng 3.1. Hàm lượng của các nguyên tố trong mẫu rêu trước khi dùng làm chỉ thị sinh học .....	87
Bảng 3.2. Khối lượng và diện tích của rêu không chiếu xạ và rêu sau khi chiếu xạ ....	90
Bảng 3.3. Kết quả phân tích mẫu chuẩn IAEA-392 (tảo) .....	94
Bảng 3.4. Kết quả phân tích mẫu trắng (bao bì đựng mẫu để phân tích kích hoạt neutron) .....	95
Bảng 3.5. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật NAA.....	95
Bảng 3.6. Kết quả phân tích mẫu K-raff.....	100
Bảng 3.7. Kết quả phân tích đĩa thạch anh (đĩa không mang mẫu) .....	101
Bảng 3.8. Kết quả phân tích mẫu đất ISE 921 .....	101
Bảng 3.9. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật TXRF .....	102
Bảng 3.10. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật ED-XRF .....	106
Bảng 3.11. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Long Thành bằng các kỹ thuật INAA và TXRF .....	111
Bảng 3.12. Hiệu suất hấp thụ trung bình tương đối ở các vùng quan trắc của rêu chiếu xạ, rêu không chiếu xạ so với rêu tự nhiên.....	120
Bảng 3.13. Khả năng xác định các nguyên tố trong mẫu rêu của các kỹ thuật INAA, TXRF và ED-XRF .....	121

## DANH MỤC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Nghĩa tiếng Việt</b>
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy	Phổ hấp thụ nguyên tử
CNAА	Cyclic Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron lặp vòng
DGNAA	Delayed Gamma Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt đo gamma trễ
ED-XRF	Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence	Huỳnh quang tia X phân tán năng lượng
EEA	European Environment Agency	Cơ quan Môi trường Châu Âu
EMA	European Medicines Agency	Cơ quan Y tế Châu Âu
ENAA	Epithermal Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron trên nhiệt
FAO	Food And Agriculture Organization Of The United Nations	Tổ chức Nông lương Liên Hiệp Quốc
FNAА	Fast Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron nhanh
IAEA	International Atomic Energy Agency	Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế
IC	Ion Chromatography	Sắc ký ion
ICP	Inductively Coupled Plasma	Plasma kết hợp cảm ứng
ICP Vegetation	The ICP Vegetation Is An International Research Programme Investigating The Impacts Of Air	Chương trình giám sát tác động của ô nhiễm không khí đối với cây trồng và thảm thực vật

	Pollutants On Crops And (Semi-) Natural Vegetation	
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy	Phổ kế khối lượng plasma kết hợp cảm ứng
IHME	The Institute For Health Metrics And Evaluation (American)	Viện Đo lường và Đánh giá sức khỏe (Mỹ)
INAA	Instrument Neutron activation analysis	Phân tích kích hoạt neutron dụng cụ
KEARI	Korea Atomic Energy Research Institute	Viện Nghiên cứu năng lượng nguyên tử Hàn Quốc
NAA	Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron
PGNAA	Prompt Gamma Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt đo gamma tức thời
PIXE	Particle-induced X-ray emission	Phát xạ tia X bằng kích thích nguồn proton
RNAA	Radiochemical Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron có xử lý hóa học
SDD	Silicon Drift Detector	Detector tinh thể silic uốn cong
TNAA	Thermal Neutron Activation Analysis	Phân tích kích hoạt neutron nhiệt
TXRF	Total Reflection X-ray Fluorescence	Huỳnh quang tia X phản xạ toàn phần
WHO	World Health Organization	Tổ chức Y tế thế giới
XRF	X-ray Fluorescence	Huỳnh quang tia X
XFI	X-ray Fluorescence Imaging	Kỹ thuật chụp ảnh bằng tia X

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Ô nhiễm môi trường là sự biến đổi tính chất vật lý hóa học, sinh học của thành phần môi trường không phù hợp với quy chuẩn kỹ thuật môi trường, tiêu chuẩn môi trường gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người, sinh vật và môi trường tự nhiên (Luật Bảo vệ môi trường 2020).

Các thiết bị đốt nhiên liệu ở gia đình, phương tiện lưu thông, khu sản xuất nông nghiệp, khu công nghiệp chế biến, cháy rừng là những nguồn gây ô nhiễm không khí phổ biến. Các chất ô nhiễm đáng lo ngại cho sức khỏe cộng đồng bao gồm khí carbon monoxide, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, các hạt bụi, ô nhiễm do các hạt kim loại lơ lửng (ở dạng nano dust). Thông thường, người ta đánh giá bụi qua kích thước của chúng theo đường kính 10  $\mu\text{m}$  (gọi là PM10) hoặc 2,5  $\mu\text{m}$  (gọi là PM2,5). Cả hai loại bụi này thường bắt nguồn từ các hoạt động của con người liên quan đến quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch. Các hạt vật chất, đặc biệt là PM2,5 và nhỏ hơn, có khả năng xâm nhập sâu vào phổi gây nên suy hô hấp và đi vào máu gây ra các tác hại đến tim mạch, đến mạch máu não gây nên đột quỵ.

Dữ liệu của WHO (WHO, 2022) cho thấy gần như toàn bộ dân số trên Thế giới (khoảng 99%) hít thở không khí vượt quá giới hạn tiêu chuẩn do WHO đưa ra và không khí hiện nay chứa hàm lượng chất độc hại cao, trong đó các quốc gia có thu nhập thấp và trung bình phải chịu mức ô nhiễm cao nhất. Tại các quốc gia có thu nhập cao thì ô nhiễm dạng hạt thấp hơn, nhưng hầu hết các thành phố đều gặp vấn đề với khí thải  $\text{NO}_2$ . Tại 117 quốc gia giám sát chất lượng không khí, khoảng 17% các thành phố khảo sát ở các quốc gia có thu nhập cao có chất lượng không khí dưới khuyến cáo ô nhiễm không khí của WHO đối với ô nhiễm dạng hạt PM2,5 và PM10; trong khi đó, ở các quốc gia có thu nhập thấp và trung bình, chỉ có 1% các thành phố được khảo sát có chất lượng không khí đạt chuẩn theo WHO (WHO, 2022).

Theo khuyến cáo của WHO, chính phủ các nước trên Thế giới cần cải thiện chất lượng không khí để cải thiện sức khỏe con người. Các vấn đề chính mà WHO đang kêu gọi tăng cường cải thiện chất lượng không khí là:

- Thông qua hoặc sửa đổi và thực hiện các tiêu chuẩn chất lượng không khí quốc gia theo hướng dẫn chất lượng không khí mới nhất của WHO.
- Giám sát chất lượng không khí và xác định các nguồn gây ô nhiễm không khí.
- Hỗ trợ quá trình chuyển đổi từ sử dụng các chất đốt từ các nguồn hoá thạch sang sử dụng năng lượng sạch trong gia đình để nấu ăn, sưởi ấm và chiếu sáng.
- Xây dựng hệ thống giao thông công cộng với giá cả phải chăng cũng như xây dựng đường giao thông thân thiện với người đi bộ và xe đạp.
- Thực hiện giám sát khí thải phương tiện giao thông nghiêm ngặt hơn. Thực hiện bắt buộc việc kiểm định, bảo dưỡng phương tiện giao thông.
- Cải thiện các khu công nghiệp xanh sạch hơn, và quản lý chất thải đô thị.
- Giảm đốt chất thải nông nghiệp, cháy rừng và một số hoạt động nông lâm nghiệp.
- Đưa ô nhiễm không khí vào Chương trình giảng dạy trong trường học và phổ biến tác hại ô nhiễm trên phạm vi quốc gia.

Vì thế, để kiểm soát ô nhiễm không khí thì việc giám sát chất lượng không khí là cần thiết ở bất kỳ nơi nào trên Trái đất. Nhiều quốc gia đã xây dựng các Chương trình nghiên cứu và đánh giá chất lượng không khí bằng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó trạm quan trắc môi trường được chọn lựa cho các thành phố lớn và các nước phát triển.

Ở Việt Nam, chúng ta cũng đã đặt các trạm quan trắc tại các trung tâm của một số thành phố lớn như thủ đô Hà Nội, Tp. Hồ Chí Minh, Tp. Biên Hoà, ... Tuy nhiên, hiện tại không thể triển khai khắp các vùng trên lãnh thổ do kinh phí đầu tư và bảo trì, sử dụng cho mỗi trạm quan trắc rất lớn (đầu tư vài tỉ đồng cho một trạm quan trắc, cần có người trực để thu gom phin lọc hằng ngày).

Để giảm thiểu kinh phí đầu tư trong quan trắc môi trường, ngay từ thập niên 70 của thế kỷ XX, một số nước Châu Âu đã sử dụng chỉ thị sinh học để đánh giá chất lượng không khí, đặc biệt là sử dụng rêu mọc tại vùng cần quan trắc (Rühiling và Tyler, 1968, 1970). Ưu điểm của phương pháp này là sử dụng chính những thực vật sống trong môi trường tự nhiên để quan trắc chất lượng không khí ở môi trường đó. Phương pháp này không cần đầu tư kinh phí nhiều, chỉ thực hiện quan trắc thông qua quá trình hấp thu của sinh vật bản địa hoặc sinh vật mang từ nơi khác đến, tích lũy các nguyên tố lắng đọng trong không khí thông qua đo đạc các nguyên tố hoá học có trong các mẫu rêu.

Ở Việt Nam, từ năm 2010, phương pháp nghiên cứu sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường tại một số khu vực phía Bắc đã được thử nghiệm (Nguyen Viet và cộng sự, 2010). Đến năm 2015, Việt Nam đã chính thức tham gia vào Chương trình điều tra ô nhiễm không khí chung sử dụng cây rêu bản địa. Từ đó, phương pháp nghiên cứu quan trắc môi trường không khí bằng chỉ thị sinh học trên cây rêu được thực hiện một cách hệ thống và liên tục.

Các nghiên cứu ứng dụng rêu ở Việt Nam làm chỉ thị sinh học để phân tích sự lắng đọng các nguyên tố trong không khí được thực hiện chủ yếu trên rêu tự nhiên (Nguyen Viet và cộng sự, 2010; Doan Phan Thao Tien và cộng sự, 2019; Khiem và cộng sự, 2019; Son và cộng sự, 2021). Phương pháp này có nhược điểm là thụ động vì chỉ quan trắc được ở những vùng có rêu mọc tự nhiên.

Tồn tại khác của những nghiên cứu ở trên là chỉ sử dụng đơn lẻ một phương pháp phân tích hạt nhân để phân tích định tính và định lượng các nguyên tố trong mẫu, nên có những nguyên tố quyết định đến đánh giá chất lượng không khí như Chì (Pb) và một số kim loại độc nặng khác thì không thể phát hiện.

Nhóm nghiên cứu của Lê Hồng Khiêm tiếp tục sử dụng rêu chủ động, là những túi rêu treo ở những nơi quan trắc môi trường, nơi mà không có rêu tự nhiên mọc. Ưu điểm của phương pháp này là đã mở rộng phạm vi quan trắc môi trường không

khí bằng chỉ thị sinh học rêu và bước đầu đã mang lại kết quả khả quan trong quan trắc chất lượng của môi trường (Nguyễn Hữu Quyết, 2022).

Hạn chế phải kể đến trong việc sử dụng rêu chủ động là rêu trong túi rêu phát triển rất kém khi sống trong môi trường khác với môi trường ban đầu, điều này làm cho hiệu suất hấp thụ của các nguyên tố hoá học lắng đọng trong không khí trở nên kém hơn, do đó, kết quả nghiên cứu sẽ không đầy đủ khi đánh giá chất lượng không khí tại vùng khảo sát.

Về phương pháp phân tích, hiện nay có nhiều phương pháp phân tích định tính và định lượng các nguyên tố bằng cách sử dụng các tính chất hóa học, tính chất vật lý, và nguyên tử hạt nhân. Một số kỹ thuật phân tích hạt nhân nguyên tử thường được áp dụng để đo hàm lượng nguyên tố vi lượng trong rêu như sử dụng phương pháp phân tích kích hoạt neutron (NAA), phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử (AAS), phương pháp phổ khối lượng plasma kết hợp cảm ứng (ICP-MS), phương pháp huỳnh quang tia X phân xạ toàn phần (TXRF), phương pháp phát xạ tia X bằng dùng nguồn kích thích proton (PIXE), ... Việc chọn lựa phương pháp phân tích được ưu tiên thì tùy vào đối tượng và mục đích phân tích.

Để tăng khả năng phân tích các nguyên tố trong mẫu, cũng như tăng khả năng phát triển rêu trong túi rêu, trong luận án này NCS đã chọn giải pháp sau:

- Kích thích phát triển rêu trong túi rêu, thực nghiệm đã chọn lựa kích thích phát triển rêu bằng cách chiếu xạ tia X năng lượng thấp với liều chiếu tối ưu.
- Tăng khả năng phát hiện các nguyên tố lắng đọng trong không khí qua cây rêu, nghiên cứu đã phối hợp 3 phương pháp phân tích mẫu rêu là Phương pháp phân tích kích hoạt neutron (NAA), Phương pháp huỳnh quang tia X phân xạ toàn phần (TXRF) và Phương pháp huỳnh quang tia X phân tán năng lượng (ED-XRF).

Để thực hiện hai nhiệm vụ trên, đề tài "*Nghiên cứu áp dụng một số phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử đánh giá sự lắng đọng nguyên tố hóa học trong*



không khí sử dụng rễu *Babular indica* tăng sinh bất chiếu xạ tia X " đã được NCS và tập thể các bộ hướng dẫn lựa chọn.

Các khu vực được lựa chọn khảo sát trong nghiên cứu này bao gồm: 05 vị trí huyện và thành phố tại tỉnh Lâm Đồng, bao gồm: Tp. Đà Lạt, Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm, huyện Đức Trọng, huyện Lâm Hà và thị trấn Lạc Dương; tỉnh Đồng Nai: vùng sân bay quốc tế Long Thành.

## 2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Nội dung của luận án được xây dựng trên những mục tiêu chính sau:

- Nghiên cứu khả năng sử dụng chùm tia X năng lượng thấp để kích thích khả năng phát triển của rễu trong túi rễu, ứng dụng trong kỹ thuật túi rễu.
- Nghiên cứu kết hợp các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử để tăng khả năng phát hiện các nguyên tố lắng đọng trong không khí qua chỉ thị sinh học trên cây rễu.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Rễu *Babular indica* sống tự nhiên tại vùng khảo sát; và rễu *Babular indica* thu hái từ vùng không ảnh hưởng ô nhiễm.
- Sử dụng phương pháp kích thích phát triển rễu bằng chiếu xạ tia X năng lượng thấp.
- Sử dụng phương pháp phân tích bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron dung cụ (INAA).
- Sử dụng phương pháp phân tích bằng kỹ thuật huỳnh quang tia X phân xạ toàn phần (TXRF).
- Phương pháp phân tích phổ huỳnh quang tia X phân tán năng lượng (ED-XRF).
- Phạm vi nghiên cứu tại 05 vùng của tỉnh Lâm Đồng Tp. Đà Lạt, Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm, huyện Đức Trọng, huyện Lâm Hà, Thị trấn Lạc Dương, và vùng sân bay quốc tế Long Thành thuộc tỉnh Đồng Nai.

#### 4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

##### *Ý nghĩa khoa học*

- Phương pháp kích thích sinh trưởng bằng bức xạ sẽ làm cho cây rêu phát triển hơn so với rêu không chiếu xạ, từ đó làm tăng khả năng hấp thụ các nguyên tố lắng đọng trong không khí trên cây rêu.
- Kết hợp các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử sẽ góp phần nâng cao khả năng phân tích định tính và định lượng của các nguyên tố trong mẫu, làm cho kết quả chính xác hơn, góp phần đánh giá đúng hơn các thông số ô nhiễm trong không khí.

##### *Ý nghĩa thực tiễn*

- Sử dụng tia X năng lượng thấp giúp kích thích sinh trưởng của rêu, góp phần tăng phạm vi quan trắc tại những nơi đô thị hoá, khu công nghiệp - nơi mà hầu như bị bê tông hoá nên rêu mất môi trường sống, hoặc những nơi điều kiện khí hậu nắng khô nên rêu tự nhiên khó phát triển. Phương pháp này rất phù hợp để quan trắc trên diện rộng ở Việt Nam hiện nay.
- Khi kết hợp nhiều phương pháp phân tích khác nhau, kết quả sẽ thu được một số nguyên tố rất quan trọng trong lắng đọng ở không khí để đánh giá mức độ ảnh hưởng đến sinh vật sống như nguyên tố Pb, Cd, Br, ...
- Nghiên cứu này đã phân tích, đánh giá hàm lượng các nguyên tố lắng đọng trong không khí bằng quan trắc sử dụng rêu *Babular indica* tại 05 vùng của tỉnh Lâm Đồng, và vùng sân bay quốc tế Long Thành (tỉnh Đồng Nai).

#### 5. Tính mới của luận án

- Lần đầu tiên sử dụng tia X năng lượng thấp kích thích sinh trưởng của rêu trong tài rêu, ứng dụng trong quan trắc môi trường.
- Luận án đã kết hợp 03 phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử giúp làm tăng số lượng nguyên tố phân tích được trong mẫu, tăng độ chính xác định lượng của các kết quả phân tích các nguyên tố trong mẫu.

## 6. Một số kết quả của luận án

Kết quả việc kích thích sinh trưởng bằng bức xạ tia X năng lượng thấp trên cây rêu *Babular indica* là khá quan, có thể ứng dụng trong việc tăng trưởng rêu, dùng làm chỉ thị sinh học. Điều này mở ra hướng ứng dụng dùng rêu làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường ở những nơi tầu tự nhiên khắc nghiệt.

Ngoài ra chiếu xạ còn có tiềm năng trong việc nghiên cứu sự thích nghi của các loài chỉ thị khác với điều kiện môi trường tự nhiên khắc nghiệt, mở rộng đối tượng thực vật sử dụng trong quan trắc.

Bằng việc kết hợp 03 phương pháp NAA, TXRF, ED-XRF làm cho khả năng phân tích nhiều nguyên tố hơn, độ chính xác cao hơn. Đặc biệt, với sự hỗ trợ của phương pháp TXRF đã phát hiện một số nguyên tố độc hại lắng đọng trong môi trường như: Ni, Cu, Zn, Pb mà phương pháp NAA không thể ghi nhận được trong mẫu rêu.

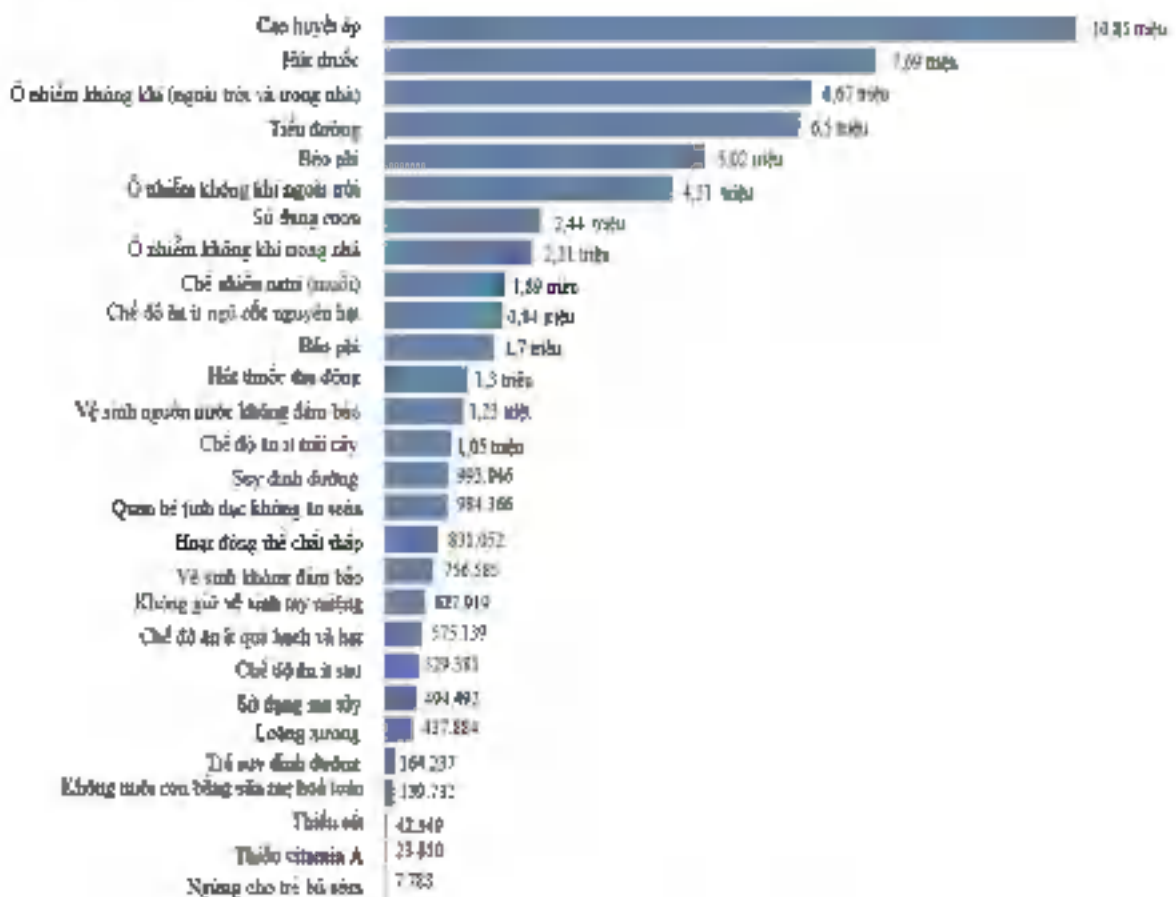
Ngoài các kết quả đã được trình bày trong nội dung luận án, kết quả nghiên cứu cũng đã đăng tải 09 công trình công bố liên quan trực tiếp đến nội dung luận án, trong đó có 01 công bố quốc tế xếp hạng Q2, 03 bài báo đăng tải ở tạp chí trong nước, 02 bài tham gia Hội nghị quốc tế tại Hàn Quốc do Hiệp hội hạt nhân Hàn Quốc tổ chức, 03 bài tham gia Hội nghị Khoa học và Công nghệ Hạt nhân toàn quốc; đồng thời còn có đăng tải một số công trình khác liên quan đến luận án.

## Chương 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 1.1. Ô nhiễm không khí và ảnh hưởng đến sức khỏe con người

#### 1.1.1. Trên Thế giới

Ô nhiễm không khí là một trong những yếu tố có nguy cơ gây tử vong hàng đầu trên Thế giới, là nguyên nhân khiến hàng triệu người chết mỗi năm. Ô nhiễm không khí là sự thay đổi không khí ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người, và sự thay đổi chất lượng tầng Ozon là nguyên nhân làm tử vong do các bệnh như bệnh tim, đột quỵ, nhiễm trùng đường hô hấp dưới, ung thư phổi, tiểu đường, bệnh phổi tắc nghẽn mãn tính,...

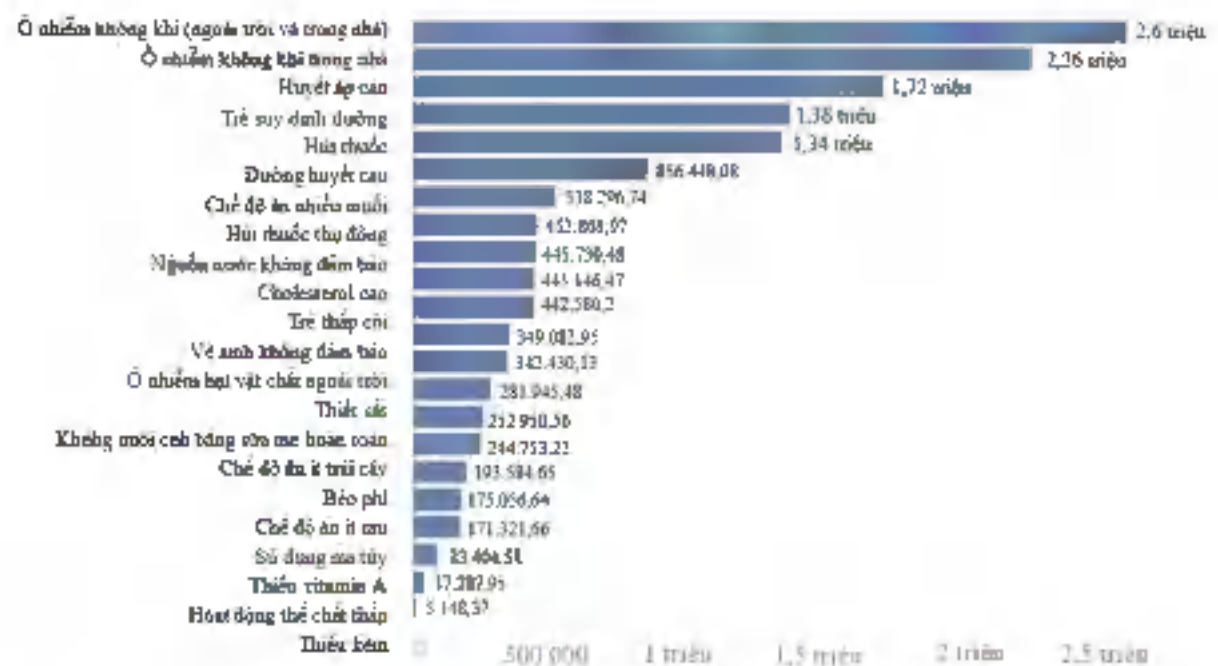


Hình 1.1. Số người chết do các bệnh tật và do ảnh hưởng của ô nhiễm không khí trên toàn Thế giới (IHME, 2019)

Viện Đo lường và Đánh giá sức khỏe IHME của Mỹ (Institute for Health Metrics and Evaluation (American)) đã tiến hành nghiên cứu toàn cầu về tác hại của bệnh tật, xác định và đánh giá số lượng ca tử vong do nhiều yếu tố rủi ro gây bệnh. Kết quả thống kê bệnh tật trên toàn thế giới năm 2019 được thể hiện ở Hình 1.1.

### 1.1.2. Ở Việt Nam

Cũng tương tự như tình hình bệnh tật trên thế giới, ở Việt Nam ô nhiễm không khí ảnh hưởng lên sức khỏe con người là đáng báo động (Hình 1.2).



**Hình 1.2.** Số người chết do các bệnh tật và do ảnh hưởng của ô nhiễm không khí ở Việt Nam thống kê từ năm 1990 (IHME, 2019)

Hình 1.2 cho thấy số người chết do các bệnh tật và do ảnh hưởng của ô nhiễm không khí ở Việt Nam thống kê năm 1990 đến 2019 (IHME, 2019). Có nhiều nguyên nhân gây tử vong, trong đó nguyên nhân lớn nhất là do không khí ô nhiễm trong nhà và ngoài trời.

### 1.1.3. Ảnh hưởng của các nguyên tố hóa học đến sức khỏe con người

Trong ô nhiễm kim loại, các nghiên cứu cho thấy, các kim loại khối s (kim loại kiềm và kiềm thổ) như natri (Na), kali (K), magiê (Mg) và canxi (Ca) thì không làm

thay đổi cấu trúc tế bào sống, tỷ lệ này có khả năng đạt tới 100% (Cvetkovic và cộng sự, 2010). Tuy nhiên, các bệnh về rối loạn do thay đổi hàm lượng một số kim loại trong cơ thể người là rất nguy hiểm (Andrews, 2002). Ví dụ, bệnh Menke và Hội chứng sừng chám, bệnh Wilson, liên quan đến sự gián đoạn trong quá trình hấp thu và bài tiết kim loại đồng (Cu) (Tuemer, 2013; Kodama và cộng sự, 2012).

Ảnh hưởng sinh học trong cơ thể con người của các nguyên tố độc hại như chì (Pb), thủy ngân (Hg), niken (Ni) và asen (As), cũng như các nguyên tố vi lượng phi kim thiết yếu như selen (Se) là rất nguy hiểm (Blindauer, 2012). Các nguyên tố kim loại như sắt (Fe), Cu, và kẽm (Zn) nếu quá hàm lượng cho phép sẽ bị mắc bệnh đa xơ cứng (Habib và cộng sự, 2010), ...

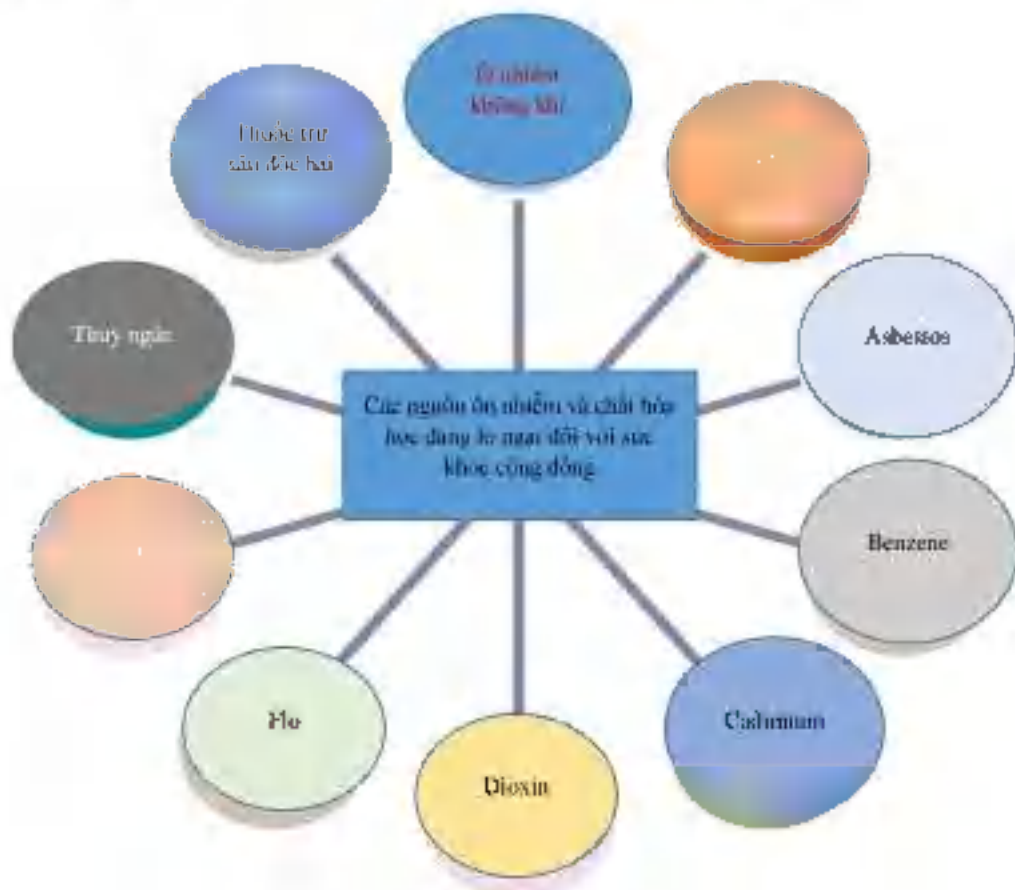


**Hình 1.3.** Một số nguyên tố có trong cơ thể (Jake Pusbie và cộng sự, 2014)



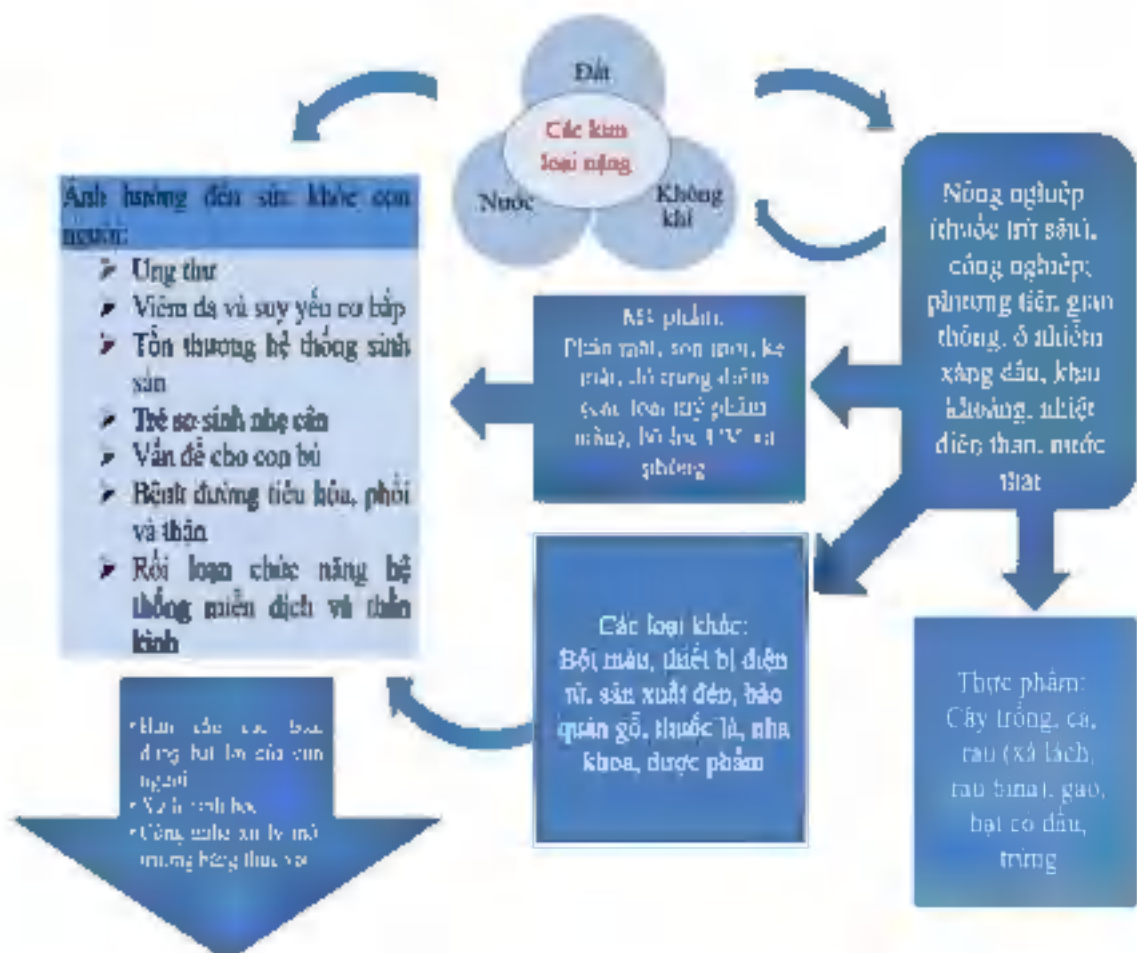
Hình 1.3 chỉ ra một số nguyên tố có lợi cho cơ thể và môi trường mà chúng xâm nhập vào cơ thể. Các nguyên tố được chia thành ba loại: màu xanh lá cây là những nguyên tố quan trọng về mặt sinh lý học, màu tím là những nguyên tố có hoạt tính được lý và màu vàng những nguyên tố độc hại hoặc có liên quan đến môi trường.

Một số ion kim loại như  $\text{Na(I)}$ ,  $\text{K(I)}$ ,  $\text{Mg(II)}$  và  $\text{Ca(II)}$ , là những chất dinh dưỡng thiết yếu cần thiết cho hoạt động của cơ thể. Các vi chất dinh dưỡng như kẽm, đồng, sắt và mangan cũng có thể gây ra tác dụng phụ khi tồn tại quá mức hoặc nếu cân bằng nội môi của chúng bị xáo trộn bởi một số yếu tố (Marchetti, 2013; Potocki và cộng sự, 2012). Ngoài các nguyên tố bao gồm cadmium (Cd), Pb, Ni, crom (Cr), Hg và á kim, như As là nhóm các kim loại độc nặng.



**Hình 1.4.** Những tác nhân và kim loại gây nguy hại đến sức khỏe con người (<https://www.who.int/news-room/photo-story/10-chemicals-of-public-health-concern>)

Kể từ ngày 1 tháng 6 năm 2020, WHO công bố 10 tác nhân và những kim loại gây lo ngại lớn cho sức khỏe cộng đồng được minh họa ở Hình 1.4. Những tác động bất lợi do hít thở không khí có các kim loại độc nặng sẽ rất nguy hiểm đến sức khỏe. Một số ion kim loại, như  $\text{Na(I)}$ ,  $\text{K(I)}$ ,  $\text{Mg(II)}$  và  $\text{Ca(II)}$ , là những chất dinh dưỡng thiết yếu cần thiết cho hoạt động của cơ thể nên khó gây nguy hiểm ngay cả ở hàm lượng cao, tuy nhiên một số khác có thể gây độc ngay cả ở nồng độ rất thấp. Một số kim loại như kẽm, đồng, sắt,... cũng có thể gây ra tác dụng phụ ngay cả với hàm lượng thấp (Marchetti, 2013; Potocki và cộng sự, 2012). Tuy nhiên, các ion này dường như đóng vai trò quan trọng và có lợi trong quá trình trao đổi chất trong cơ thể con người.



**Hình 1.5.** Các cách tiếp xúc, tác động của kim loại độc đối với sức khỏe con người và cách hạn chế rủi ro



Định nghĩa chính xác về “kim loại nặng” còn chưa được thống nhất. Nói chung, thuật ngữ này dùng để chỉ các kim loại và á kim có mật độ tương đối cao (hơn 5 g/cm<sup>3</sup>), khả năng tích lũy sinh học trong thực phẩm và thường có độc tính cao đối với sức khỏe con người. Một số nhà nghiên cứu đề nghị thay thế thuật ngữ gây tranh cãi “kim loại nặng” bằng “các nguyên tố có khả năng gây độc” (Pourret và cộng sự, 2019). Nhóm các nguyên tố này bao gồm các kim loại độc hại, như Cd, Pb, Ni, Cr, Hg, và á kim như As. Các kim loại và á kim đi vào cơ thể con người, làm tác động đến các cơ quan của con người được minh họa trong Hình 1.5.

Mức độ cho phép của các ion kim loại nặng khác nhau, do WHO và Cơ quan Y tế Châu Âu (EMA) quy định, nằm trong khoảng từ ppt (10<sup>-12</sup> g/g) đến ppm (10<sup>-6</sup> g/g). Kể từ ngày 1 tháng 6 năm 2020, As, Cd, Pb và Hg nằm trong số 10 hóa chất gây lo ngại lớn cho sức khỏe cộng đồng do WHO công bố. Mặc dù thực tế là độc tính của các nguyên tố này đã được biết đến, nhưng các ứng dụng công nghệ, y tế và nông nghiệp khác nhau của chúng vẫn gây ra mối đe dọa lớn đối với sức khỏe con người.

Bất chấp nhiều nỗ lực của các cơ quan như EMA, WHO hay Cơ quan Môi trường Châu Âu (EEA), sự phát triển nhanh của công nghiệp làm cho hàm lượng kim loại độc hại trong đất, nước và không khí tăng cao, tạo thành mối đe dọa trực tiếp hoặc gián tiếp đối với sức khỏe con người. Việt Nam thống kê từ năm 1990 (IHME, 2019).

Theo QCVN 05:2023/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí, giới hạn cho phép của một số kim loại được qui định như sau: Giá trị giới hạn tối đa của một số chất độc hại trong không khí xung quanh, cụ thể Plumbum (Pb) và các hợp chất (tính theo Pb), thời gian trung bình trong 24 giờ, giá trị giới hạn là 1,5 µg/Nm<sup>3</sup> (Nm<sup>3</sup> là mét khối khí thái ở nhiệt độ 25°C và áp suất tuyệt đối 760 mm thủy ngân); As và các hợp chất (tính theo As), thời gian trung bình trong 1 giờ, giá trị giới hạn là 0,03 µg/Nm<sup>3</sup> (QCVN 05:2023/BTNMT, 2023). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí).

## 1.2. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học

Có nhiều phương pháp để xác định hàm lượng ô nhiễm kim loại trong không khí, một trong những phương pháp truyền thống và điển hình là xây dựng các trạm quan trắc nhằm thu thập mẫu bụi khí hoặc quan trắc trực tiếp tại các khu vực quan tâm. Tuy nhiên, phương pháp này đầu tư kinh phí rất lớn cho một trạm quan trắc, đồng thời phải sử dụng nhiều pin lọc, cần bảo trì thường xuyên...

Các nghiên cứu, đánh giá ô nhiễm không khí thường cần chi phí cao và khó thực hiện, đòi hỏi việc thu mẫu trong vùng không gian rộng với thời gian dài, nên gặp nhiều khó khăn đối với các nước đang phát triển. Vì những lý do đó, trong nghiên cứu môi trường, các nhà nghiên cứu ngày càng quan tâm hơn đến việc sử dụng phương pháp quan trắc dùng chỉ thị sinh học, như sử dụng các đối tượng có thể hoạt động làm chất tích tụ sinh học. Chỉ thị sinh học trong đánh giá môi trường có những thuận lợi đáng kể như: chỉ thị sinh học thường ds đang và có mặt hầu khắp các nơi mà chúng ta quan tâm; ưu điểm của việc dùng chỉ thị sinh học sẽ mang lại chi phí đầu tư thấp (Ruhling và cộng sự, 1998).

Về ứng dụng rêu làm chỉ thị sinh học, có hai phương pháp chính được sử dụng trong quan trắc, là phương pháp quan trắc thụ động và phương pháp quan trắc chủ động.

- Phương pháp quan trắc thụ động, là phương pháp thu mẫu rêu mọc tự nhiên, nên bị phụ thuộc vào khả năng sinh trưởng của rêu, nên không thể quan trắc ở vùng rêu không mọc tự nhiên, vì thế phương pháp này bị động ở vùng cần quan trắc.
- Phương pháp quan trắc chủ động: để khắc phục nhược điểm quan trắc môi trường ở vùng không có rêu mọc tự nhiên, thì phương pháp quan trắc chủ động được tiến hành. Phương pháp này là sử dụng rêu từ nơi khác mang đến vùng cần quan trắc môi trường. Phương pháp này thường sử dụng rêu đặt trong các túi và treo tại các vùng không có rêu tự nhiên. Các túi rêu này sẽ được đặt tại các vị trí cần quan trắc trong một khoảng thời gian cụ thể.

### *1.2.1. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học trên Thế giới*

Thực vật đóng một vai trò quan trọng trong việc giám sát và duy trì sự cân bằng sinh thái, bằng cách chúng tham gia tích cực trong chu trình các chất dinh dưỡng và trao đổi khí như Carbon dioxide, Oxy. Thực vật có diện tích bề mặt lá, cành, thân lớn nếu để thực hiện quá trình trao đổi chất, hấp thu, tích tụ các chất ô nhiễm không khí nhằm giảm mức độ ô nhiễm trong môi trường không khí.

Thực vật cũng có thể đóng vai trò là chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường, bằng cách hấp thu và tích lũy chất gây ô nhiễm hoặc một số chất chuyển hóa, từ đó có thể quan trắc được ô nhiễm môi trường thông qua lắng đọng các chất trong các mô của chúng (Wolterbeek, 2003; Markert và cộng sự, 2003; Smodiš và cộng sự, 2004; Markert, 2007; Bakiyaraj và Ayyappan, 2014).

Rêu là loại thực vật thường được dùng làm chỉ thị sinh học trong nghiên cứu ô nhiễm môi trường, bởi vì rêu là thực vật cơ bộ rễ già hèn các chất dinh dưỡng được hấp thu qua lá và cành. Vì thế có thể dùng rêu để quan trắc, đánh giá sự lắng đọng các nguyên tố hoá học trong môi trường không khí (Directive 2000/60/EC, 2000; Fraenzle và Markert, 2007; Markert và cộng sự, 2008).

Rêu thường chiếm ưu thế trong số các thực vật được sử dụng làm chỉ thị sinh học nhằm đánh giá ô nhiễm do sơn khí trong khí quyển (Fraenzle và Markert, 2007; Markert và cộng sự, 2008). Thông thường, quan trắc môi trường thông qua chỉ thị sinh học được thực hiện bằng cách phân tích thành phần hóa học của rêu từ quá trình sinh trưởng của chúng trong môi trường tự nhiên (Zeichmeister và cộng sự, 2003).

Công trình nghiên cứu đầu tiên sử dụng rêu trong quan trắc môi trường được thực hiện ở thập niên 70 của thế kỷ XX (Rühling and Tyler, 1968, 1970). Nghiên cứu này cho thấy có thể sử dụng rêu làm chỉ thị trong quan trắc môi trường, kết quả nghiên cứu này cũng đã ghi nhận một số ít kim loại lắng đọng trong không khí, đặc biệt là đã phân tích được kim loại Pb.

Rêu cũng thường dùng làm chỉ thị sinh học để đánh giá sự tích tụ lâu dài của kim loại trong không khí bởi vì: (i) rêu hấp thu được hầu hết các nguyên tố hoá học từ khí quyển, và (ii) nhiều nguyên tố hoá học từ mưa được giữ lại một cách hiệu quả trong các mô rêu (Gjengedal và Steinnes, 1990). Ngoài ra, khi phân tích hàm lượng các nguyên tố lắng đọng trong rêu thì có thể tính được giá trị hàm lượng nguyên tố lắng đọng trong khí quyển khi biết hiệu suất hấp thu của từng loại rêu (Ceburnis và cộng sự, 1999). Vì thế, sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học là kỹ thuật đáng tin cậy trong việc quan trắc môi trường không khí ở phạm vi rộng (Schmidt-Grob và cộng sự, 1991; Zechmeister, 1997; Rühling và Steinnes, 1998; Zeichmeister và cộng sự, 1999; Galsomies và cộng sự, 2000).

Để chọn lựa thực vật làm chỉ thị sinh học, cần chọn lựa những loại thực vật mà trong quá trình sinh trưởng của chúng chỉ hấp thu các nguyên tố hoá học thông qua sự tích tụ các chất từ khí quyển (Rühling, 1994). Có nhiều loại rêu mọc tự nhiên được dùng làm chỉ thị sinh học, nhưng khi chọn lựa cần tuân theo các tiêu chí sau đây:

- 1) Loại rêu được chọn lựa phải phổ biến trong khu vực cần quan trắc môi trường
- 2) Loại rêu chọn lựa phải có sẵn để thu mẫu trong tất cả các mùa, nếu không thì có thể dễ dàng trồng được trong các mùa.
- 3) Loại rêu được chọn làm chỉ thị sinh học phải chịu được sự ô nhiễm không khí theo các cấp độ khác nhau.

Bên cạnh những tiêu chí cần thiết trên, các yêu cầu bổ sung khác như rêu có khả năng hấp thu độc lập các nguyên tố, không bị biểu dị sinh học trong môi trường, không có sự hấp thu đáng kể các nguyên tố hoá học từ những nguồn khác như từ phân bón, từ đất,... (Onianwa, 2001; Zeichmeister và cộng sự, 2003).

Từ các tiêu chí trên, người ta đã chọn được một số loại rêu dùng làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường. Ví dụ, ở Châu Âu thường dùng loại rêu tạo thán như *Pleurozium schreberi* (Sucharová và Suchara, 1998) và *Hylocomium splendens* (Frontasyeva và cộng sự, 2004); các loại rêu ưu tiên tiếp theo là *Hypnum*

*cupressiforme* và *Scleropodium purum* (ICP Vegetation, 2019), ... Các nghiên cứu ở Châu Âu sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường thường thực hiện trên một vùng rộng lớn, từ Bắc cực đến Thổ Nhĩ Kỳ. Nếu theo thống kê trong giai đoạn từ 1990 đến 2008 đã sử dụng các loại rêu sau theo phần trăm đóng góp, bao gồm: *Pleurozium schreberi* chiếm 40,9%, *Hylacomium splendens* chiếm (22,7%), *Hypnum cupressiforme* chiếm (18,0%), *Scleropodium purum* chiếm (11,6%), các loài khác chiếm 6,9% số rêu được thu mẫu (Harry Harmens và cộng sự, 2008). Ở Châu Á, những loại rêu này hiếm khi được tìm thấy. Thay vào đó, các loại rêu khác đã được sử dụng: *Hypnum plumaeformis* ở Trung Quốc (Lee và cộng sự, 2005), *Hypnum plumaeforme* và *Taxithelium instraum* ở Malaysia (Abdullah và cộng sự, 2011), *Thuidium tamariscellum* ở Philippines (Munar và cộng sự, 2014) và *Babular indica* ở Việt Nam (Nguyễn Vlet và cộng sự, 2010; Khiem và cộng sự, 2020).

### 1.2.2. Sử dụng rêu làm chỉ thị sinh học ở Việt Nam

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam đã dùng các máy bơm có công suất lớn, hút bụi khí qua phin lọc để đánh giá ô nhiễm bụi khí tại Tp. Hồ Chí Minh từ năm 1992. Tiếp theo trong giai đoạn 1998-2020, nhóm nghiên cứu của Phạm Duy Hiến đã có những đóng góp quan trọng trong nghiên cứu ô nhiễm môi trường (Phạm Duy Hiến, 2020). Phạm Duy Hiến cùng các cộng sự đã thực hiện đề tài cấp Nhà nước về nghiên cứu ô nhiễm môi trường. Cũng trong nhóm nghiên cứu của Phạm Duy Hiến, thành viên trong nhóm là tác giả Vương Thu Bắc đã bảo vệ thành công luận án tiến sĩ của mình năm 2013 (Vương Thu Bắc, 2013). Sau đó Vương Thu Bắc tiếp tục thực hiện đề tài cấp Bộ. Những nghiên cứu này sử dụng trạm quan trắc trong đo đạc ô nhiễm, không sử dụng chỉ thị sinh học.

Sử dụng rêu trong nghiên cứu môi trường ở Việt Nam có thể kể đến là nhóm nghiên cứu của Trần Ninh. Nghiên cứu đầu tiên thực hiện theo đề tài cấp Bộ của nhóm. Kết quả nghiên cứu cũng đã đánh giá ảnh hưởng của một số chất có chứa kim loại nặng lên sự phát triển của rêu *Babular indica* (Trần Ninh, 1995). Như vậy, nghiên cứu sử dụng rêu trong quan trắc môi trường ở Việt Nam trong giai đoạn này

chỉ phân tích lưu huỳnh và các oxit của chúng, chưa đánh giá lắng đọng các nguyên tố khác.

Từ năm 2002 đến 2007, tác giả Nguyễn Việt Hùng phối hợp với nhóm nghiên cứu tại Cộng hòa Pháp đã sử dụng rêu *Babular indica* làm chỉ thị sinh học để nghiên cứu ô nhiễm môi trường khí tại Hà Nội và Thái Nguyên (Nguyen Viet và cộng sự 2007). Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã dùng phương pháp AAS phân tích được 7 nguyên tố kim loại nặng gồm: Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Mn, và Fe với hàm lượng trung bình tương ứng là 31,9, 363, 1,2, 19,1, 37,0, 207, và 6825  $\mu\text{g/g}$ .

Nhận thấy tầm quan trọng của ảnh hưởng ô nhiễm môi trường lên sức khoẻ con người, Việt Nam đã tham gia vào một Chương trình quan trắc môi trường, tập trung vào việc theo dõi ô nhiễm không khí bằng cách sử dụng cây rêu bản địa từ năm 2015 và đã thể hiện sự cam kết của Việt Nam trong việc bảo vệ môi trường.

Các Viện nghiên cứu và các cơ sở giáo dục trong nước đã tích cực tham gia nghiên cứu và hợp tác với nước ngoài về lĩnh vực này, cụ thể: Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, Đại học Quốc gia Hà Nội, Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Đà Lạt, ... Giai đoạn này, sự hợp tác và nghiên cứu về ứng dụng rêu *Babular indica* làm chỉ thị sinh học ở Việt Nam phải kể đến là nhóm nghiên cứu của Lê Hồng Khiêm. Thông qua đề tài Nghi định thư với Liên bang Nga, tác giả Lê Hồng Khiêm đã chủ trì nhiệm đề tài cấp quốc gia; đồng thời với sự hỗ trợ của các nhóm nghiên cứu quốc tế (đặc biệt là Viện Liên hiệp Nghiên cứu hạt nhân - Dubna, Liên bang Nga). Nhóm Lê Hồng Khiêm đã thực hiện nhiều đề tài nghiên cứu ứng dụng rêu *Babular indica* trong quan trắc môi trường; đề tài cấp Bộ năm 2019 do tác giả Nguyễn An Sơn làm chủ nhiệm, đề tài trọng điểm cấp cơ sở do chính NCS làm chủ nhiệm thực hiện 2021. Cũng trong nhóm nghiên cứu này, có 02 NCS bảo vệ thành công luận án tiến sĩ của mình đó là Nguyễn Hữu Quyết và Đoàn Phan Thảo Tiên. Các nghiên cứu này tập trung đánh giá lắng đọng các nguyên tố hoá học trên rêu mọc tự nhiên lá chính, và sử dụng phương pháp phân tích NAA kết hợp với phương pháp PIXE; ở

nghiên cứu của Nguyễn Hữu Quyết bước đầu đã sử dụng túi rêu, nhưng hiệu suất hấp thụ các nguyên tố rất thấp do rêu trong túi chết nhiên. Một hạn chế nữa cần nói đến ở kết quả của các nguyên cứu này là không phát hiện được nguyên tố Pb do phương pháp NAA không phân tích được; một vài nguyên tố khác có ngưỡng phát hiện rất kém như Ca, Cu, As, ... Pb, Cu, As được xem làm những nguyên tố quan trọng đánh giá chất lượng của không khí nói riêng cũng như đánh giá ô nhiễm môi trường nói chung.

### **1.3. Kỹ thuật thu mẫu rêu và kích thích sinh trưởng**

#### **1.3.1. Phương pháp chọn lựa vị trí thu mẫu rêu và xử lý mẫu rêu**

Phương pháp thu hái và chọn mẫu rêu là cực kỳ quan trọng trong quan trắc, vì vị trí thu mẫu rêu sẽ ảnh hưởng đến hàm lượng phân tích thành phần các nguyên tố hoá học có trong mẫu rêu. Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả phân tích hàm lượng trong việc thu mẫu rêu như: độ cao của mẫu so với mặt đất (Zechmeister, 1995; Winfried Schröder và cộng sự, 2013), cách thu mẫu rêu và phương pháp ghi đo các nguyên tố lắng đọng (Markert và Weckert, 1993).

Trong nghiên cứu này, thu mẫu rêu thụ động (rêu mọc tự nhiên) theo quy chuẩn của Chương trình ICP - Vegetation (Prontasyeva and Harmens, 2015) như sau:

- 1) Trong môi trường sống có cây cối, tại mỗi điểm thu mẫu phải lấy ít nhất hai lần tại 2 cây gần nhau với khoảng cách lớn hơn 10 m (với rừng tự nhiên), và khoảng cách lớn hơn 5 m với rừng trồng. Rêu lấy làm mẫu không bị nước nhỏ giọt từ các tán cây rừng. Các điểm thu mẫu phải cách nhau tối thiểu 3 m. Tốt nhất là lấy rêu ở những tán cây nhỏ ra, hoặc trên bề mặt mục uất của gốc cây. Ở những vùng bị ô nhiễm nitơ với mật độ chân uối cao, thì khoảng cách thu mẫu giữa hai điểm tối thiểu phải lớn hơn 7 m (Mohr, 2014).
- 2) Tại những môi trường sống như vùng đồng bằng, đồng cỏ hoặc vùng than bùn, thì không nên thu mẫu dưới tán cây bụi hoặc thảo mộc lá lớn, cũng như các khu vực có dòng chảy trên các sườn dốc.
- 3) Cần cẩn thận làm sạch và loại bỏ các mẫu rêu chứa rác, xác động vật.

- 4) Các điểm thu mẫu nên chọn tại các địa điểm đại diện cho các khu vực cần thu mẫu. Ở những vùng sâu, vùng xa, các điểm thu mẫu cách ít nhất phải là 300 m từ đường chính, các khu công nghiệp, khu sản xuất nông nghiệp và xa ít nhất 100 m từ các con đường nhánh và những ngôi làng.
- 5) Để có thể so sánh dữ liệu từ cuộc điều tra này với các cuộc điều tra trước đó, rêu nên thu thập từ cùng một vị trí (hoặc gần đó, tức là không quá 17 km). Ngoài ra, cần thu mẫu rêu thường xuyên tại những nơi có các trạm quan trắc lắng đọng kim loại nặng, trạm đo nitơ để so sánh trực tiếp hàm lượng của chúng với hàm lượng trong rêu.
- 6) Nên tạo một mẫu tổng hợp từ mỗi điểm thu mẫu, bao gồm mười mẫu phụ trở lên, nếu có thể, nên thu thập mẫu trong một khu vực khoảng 50 m x 50 m. Rêu ở mẫu tổng hợp chỉ nên đại diện cho một loài rêu. Cần đóng gói cẩn thận để ngăn chặn ô nhiễm trong quá trình vận chuyển.
- 7) Tốt nhất nên thu mẫu trong khoảng thời gian mùa mưa, vì ở mùa mưa rêu phát triển mạnh nên khả năng hấp thụ các nguyên tố cao hơn.
- 8) Mỗi nơi thu mẫu cần ghi đầy đủ tọa độ nhằm giúp cho việc xử lý dữ liệu sau này.
- 9) Để xác định độ biến thiên liên quan đến toàn bộ quy trình (thu mẫu + phân tích), phải thu thập nhiều mẫu rêu (ít nhất 3 mẫu mỗi địa điểm) và ít nhất hai địa điểm có mức độ ô nhiễm khác nhau.

Phương pháp chuẩn bị và xử lý mẫu rêu để phân tích lắng đọng các nguyên tố hóa học trong không khí được ICP - Vegetaiou 2010 (Frontasyeva và Harmens, 2015) đưa ra như sau:

- Thu mẫu rêu tại hiện trường: khi lấy các mẫu rêu tại hiện trường nên đeo găng tay nitrile. Tránh nhiễm bẩn từ quần áo được mặc trong quá trình thu mẫu. Các mẫu cần lấy khoảng 5 g khối lượng rêu ướt, phải được bảo quản trong lọ thủy tinh đã được rửa ít nhất ba lần bằng nước cất 2 lần. Ngoài ra, một mẫu trắng (mẫu rêu không bị ô nhiễm) nên được lấy tại mỗi địa điểm để xác định ô nhiễm trong quá trình thu mẫu và xử lý mẫu tiếp theo.



- Hết sức cẩn thận để tránh ô nhiễm từ phòng thí nghiệm. Do đó, rêu nên được lột và xử lý trên các tấm giấy sạch của phòng thí nghiệm, trong buồng chân kính, hoặc tấm polythene sạch. Nên đeo găng tay nhựa dùng một lần không chứa bột talc (talc là một loại khoáng chất có thành phần chủ yếu từ các nguyên tố magie, silicon và oxy) và không nên sử dụng dụng cụ bằng kim loại.
- Vệ sinh và bảo quản mẫu rêu: nếu mẫu rêu không thể được làm sạch ngay sau khi thu mẫu, thì nên được đưa vào túi giấy, sấy khô và bảo quản ở nhiệt độ phòng ( $20^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ ) để xử lý các bước tiếp theo.
- Rêu phải được làm sạch cẩn thận, loại bỏ tất cả các cành chết và rác thải kèm theo. Vì thế, chỉ nên lấy những phần cành xanh của rêu dùng trong phân tích.
- Các mẫu rêu dùng để phân tích phải được sấy khô đến khối lượng không đổi ở khoảng  $40^{\circ}\text{C}$ . Nên ghi lại giá trị khối lượng từ lúc bắt đầu sấy cho đến khi khối lượng không đổi ở nhiệt độ sấy. Phần còn lại của rêu chừa sử dụng trong các phân tích thì cần lưu trữ cho các phân tích sau này.

### ***1.3.2. Kỹ thuật tạo túi rêu trong quan trắc chủ động***

Kỹ thuật túi rêu đã được sử dụng hơn nửa thế kỷ qua và trở thành loại chỉ thị sinh học tích cực, phổ biến nhất để theo dõi chất lượng không khí. Mặc dù rêu bán địa phù hợp hơn cho nghiên cứu ở những khu vực rộng lớn tự nhiên, nhưng kỹ thuật túi rêu rất hữu ích để thực hiện các khảo sát chi tiết về tình trạng ô nhiễm ở các khu đô thị và khu công nghiệp, nơi rất khó thu thập được rêu mọc tự nhiên (Ares và cộng sự, 2012).

Ở các khu vực đô thị và công nghiệp, các kỹ thuật quan trắc dùng chỉ thị sinh học thường được sử dụng là những kỹ thuật sử dụng các sinh vật sống từ nơi khác có môi trường ít bị tác động bởi ô nhiễm, tức là môi trường còn nguyên sơ (Culicov và Yurukova, 2006; Kosior và cộng sự, 2010). Quá trình quan trắc được kiểm soát theo thời gian sinh trưởng của thực vật. Kết quả của quan trắc bằng chỉ thị sinh học

thường được giải thích bằng phân tích so sánh (Daillant và cộng sự, 2003; Bergamaschi và cộng sự, 2004) và các phương pháp thống kê khác.

**\*. Chọn lựa các bộ phận trên cây rêu để cấy ghép trong túi rêu**

Khi chúng ta chọn một loài rêu cụ thể sử dụng trong kỹ thuật túi rêu, thì tiếp theo là quyết định phần nào của rêu được dùng. Kết quả hấp thu lắng đọng các nguyên tố hoá học trong không khí có thể khác nhau tùy thuộc vào phần của rêu được chọn lựa, bởi vì các phần già của thân rêu sẽ hấp thu hàm lượng kém hơn so với các mô non (Vasconcelos và Tavares, 1998; Leblond và cộng sự, 2004).

Một số nhóm nghiên cứu ủng hộ việc sử dụng các phẫu đoạn của rêu, (Fernández và Carballeira, 2000; Gailey và Lloyd, 1986; Little và Martin, 1974) bởi vì việc chỉ sử dụng các phần này sẽ loại bỏ sự biến đổi trong quá trình sinh trưởng của rêu, và đảm bảo thời gian quan trắc để có thể so sánh khả năng hấp thu các nguyên tố chính xác hơn. Tuy nhiên, một số nhóm nghiên cứu khác thì không ủng hộ việc chỉ sử dụng phẫu chồi non của rêu, vì có hai nhược điểm liên quan đến việc sử dụng toàn bộ chồi non. Thứ nhất, khí kích thước của rêu thay đổi thì khả năng tích lũy các nguyên tố cũng sẽ thay đổi do tính chất không đồng nhất của rêu; thứ hai, việc chỉ chọn phần xanh của rêu là hơi chủ quan do quá trình chọn lựa có thể không đồng đều trong các mẫu.

Một vấn đề nữa khi chọn rêu sử dụng trong kỹ thuật túi rêu là rêu có thể được rửa hoặc không rửa trước khi treo. Mục đích của việc rửa là: (i) làm sạch các tạp chất bẩn sao cho hàm lượng ban đầu của các nguyên tố càng đồng nhất càng tốt (Trétiach và cộng sự, 2007; Adamo và cộng sự, 2008a), và (ii) để kích thích một phẫu các mô, bằng cách loại bỏ một số nguyên tố trao đổi cation trên thành và màng tế bào (Fernández và cộng sự, 2010). Kết quả của các lần rửa được xác định bởi nhiều thông số: (i) số lần rửa; (ii) thời gian rửa; (iii) rửa lắc hoặc không lắc; (iv) loại nước dùng để rửa; (v) mối tương quan giữa trọng lượng của rêu và khối lượng nước dùng để rửa.

Thống kê các nghiên cứu cho thấy, số lần rửa nhiều nhất từ 1 đến 7 lần rửa chiếm 53%, trong đó phổ biến nhất là 3 lần rửa (chiếm 47%) và 7 lần rửa (chiếm 22%) (Ares và cộng sự, 2012). Mục đích của việc rửa trước khi cấy vào túi rêu là để rêu được cấy ghép có đặc điểm ban đầu tương tự và được xác định rõ ràng (hình thái tương tự, hàm lượng chất gây ô nhiễm ban đầu tương tự) (Giordano và cộng sự, 2009; Gailey và Lloyd, 1986).

**\*- Chọn lựa vật liệu làm túi rêu và các dạng túi rêu**

Chuẩn bị cấy ghép rêu thường liên quan đến việc đặt rêu trong một số loại vật liệu hỗ trợ giữ rêu để treo, thường là túi lưới. Rêu cấy ghép có thể được đặt trong một khung, ví dụ khung làm bằng gỗ (Nasrudi và cộng sự, 2004), hoặc trong tấm polyetylen (Boquete và cộng sự, 2011), hoặc có thể được đặt giữa thảm thực vật bản địa mà không cần bất kỳ loại khung nào (Huttunen và cộng sự, 1981).

Khi cấy ghép rêu trong túi dạng lưới, kết quả thu được sẽ bị ảnh hưởng bởi các đặc tính của túi (Adamo và cộng sự, 2008b; Archibolli, 1985; Zechmeister và cộng sự, 2006). Những đặc điểm như vậy bao gồm các thành phần và kích thước của mắt lưới, hình thức và kích thước của túi. Thành phần của vật liệu lưới thường là các loại nhựa như ni lông (71%), polypropylen (5%), polyetylen (3%) hoặc nhựa không xác định (17%). Các vật liệu thường được sản xuất thương mại cho các mục đích sử dụng đa năng như tóc màn hoặc màn chống muỗi. Các loại túi khác như sử dụng túi bông (3%), hoặc lưới kim loại (1%).

Mặc dù có nhiều kiểu hình dạng khác nhau của túi rêu được sử dụng, thường là ba loại chính: túi rêu hình cầu (36% nghiên cứu), túi rêu hình vuông hoặc hình chữ nhật (23%) và túi rêu hình trụ (3%). Trong 38% các nghiên cứu trước, hình dạng của chiếc túi không được nói rõ. Ưu điểm của túi ba chiều (tức là hình cầu và hình trụ) là chúng cho phép rêu trong túi hấp thu các nguyên tố một cách đồng đều từ tất cả các hướng (Little và Martin, 1974). Trong khi túi hai chiều (tức là túi rêu phẳng), thì sự tiếp xúc của rêu với khí quyển đồng đều hơn, sự hấp thu các nguyên tố từ khí quyển được cải thiện bằng cách cố định nhằm ngăn rêu xê dịch bên trong túi rêu khi

quan trắc (ví dụ: bằng cách khâu túi để tạo thành các ngăn). Cách làm này ngăn rêu không bị xep ở đáy túi trong những điều kiện nhất định (ví dụ: mưa, gió, ...). Nghiên cứu duy nhất về so sánh các loại túi được thực hiện bởi Gailey và các cộng sự (Gailey và Lloyd, 1986), kết quả cho thấy rằng rêu được treo trong các túi có dạng hình cầu thu được hàm lượng kim loại cao hơn, nghĩa là hiệu suất hấp thụ tốt hơn.

### *1.3.3. Sự thay đổi cấu trúc DNA bởi tác động bức xạ*

Những thành công trong vật lý hạt nhân thực nghiệm và vật lý ứng dụng đã cho phép sử dụng các nguồn bức xạ khác nhau có thể làm kích thích sinh trưởng, kích thích nảy mầm, hoặc ức chế sinh trưởng, tạo sự thay đổi cấu trúc DNA trong thực vật nói chung và rêu nói riêng. Trong những năm gần đây, trên thế giới đã ứng dụng tính chất có lợi của đột biến trong việc chọn tạo giống, đặc biệt là các nước ứng dụng mạnh các nguồn phóng xạ như Nga, Thụy Điển, Nhật Bản, Hoa Kỳ, Ấn Độ, ...

Sự sinh trưởng của rêu có thể được kích thích bởi chiếu xạ trong khoảng liều đến vài chục gray (Gy). Bức xạ ảnh hưởng đến các đặc tính sinh học của rêu, có thể ảnh hưởng đến các cơ quan quang hợp của rêu, làm thay đổi quá trình quang hợp và khả năng của rêu hấp thụ năng lượng bức xạ... Chiếu xạ có thể được sử dụng để kích thích sự sinh trưởng của rêu một cách hiệu quả. Khi rêu được chiếu xạ với một liều bức xạ trong khoảng vài chục Gy, chúng có khả năng thích nghi với môi trường xung quanh một cách đáng kể. Bức xạ ảnh hưởng đến các đặc tính sinh học của rêu, góp phần làm thay đổi cơ quan quang hợp của chúng.

Ngoài ra, khả năng hấp thụ năng lượng bức xạ cũng là một yếu tố quan trọng. Rêu sau khi được chiếu xạ có thể hấp thụ năng lượng từ ánh sáng mặt trời và bức xạ một cách hiệu quả hơn, giúp phát triển tốt hơn và có thể thích nghi tốt hơn trong môi trường mới. Do đó, chiếu xạ có thể được sử dụng để tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của rêu. Hiệu ứng của bức xạ trên các cơ quan quang hợp và khả năng hấp thụ năng lượng của rêu giúp chúng phát triển tốt hơn trong môi trường tự nhiên.

Trong khoảng liều  $0,1 \div 1$  kGy các quá trình sinh lý như quá trình chín của trái cây có thể bị trì hoãn. Các quá trình này là kết quả của những thay đổi về enzym trong các mô thực vật. Khử trùng các loại côn trùng bằng bức xạ trong dải liều  $0,2 \div 1$  kGy nhằm ngăn ngừa tổn thất do côn trùng gây hại trong ngũ cốc, đậu, ngũ cốc, bột mì, cà phê, đậu, gia vị, trái cây sấy khô, các loại hạt khô, các sản phẩm thực phẩm khô và thực phẩm khô khác. Liều hấp thụ tối thiểu khoảng 150 Gy có thể đảm bảo chống lại các loài ruồi giấm tephretid khác nhau trong trái cây tươi và rau quả, liều tối thiểu 300 Gy có thể ngăn côn trùng của các loài khác xâm nhập vào khu vực không bị lây nhiễm. Trong hầu hết các trường hợp, chiếu xạ có thể giết chết hoặc ức chế thêm về sự phát triển các giai đoạn, vòng đời khác nhau của côn trùng gây hại. Sự bất hoạt của một số ký sinh trùng gây bệnh có ý nghĩa đối với sức khỏe cộng đồng như sán dây và trichina trong thịt có thể đạt được với liều lượng trong khoảng 0,3 kGy (Beyaz và cộng sự, 2016; Wiendi và cộng sự, 2013; Hussain và cộng sự, 2017).

Bức xạ ion hóa với một liều chiếu nhất định nào đó (tùy thuộc vào loại thực vật) có thể dẫn đến sự đứt gãy nhiễm sắc thể, cho phép liên kết chéo giữa các DNA. Trong số các tác nhân gây đột biến vật lý, tia cực tím (UV) có độ đâm xuyên thấp nên hiệu quả trong việc tạo ra chất dimer purine hoặc pyrimidine, dẫn đến đột biến điểm. Tia UV có thể được sử dụng hiệu quả để chiếu xạ phân hoa trong giai đoạn cuối hoặc giai đoạn đầu hình thành (International Atomic Energy Agency, 1977; Van Harten và Anton Marcus, 1998).

Thay đổi cấu trúc DNA bằng bức xạ ion hóa là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất để phát triển các giống đột biến, đây là phương pháp được cho là có nhiều ưu điểm hơn so với các phương pháp truyền thống như phương pháp chọn lọc tự nhiên, lai tạo. Trong số các loại bức xạ ion hóa, bức xạ tia X và gamma được sử dụng nhiều nhất để tạo đột biến cũng như kích thích sinh trưởng hay ức chế quá trình phát triển. Theo thống kê, tia gamma đã tạo 1604 giống đột biến trong khi đó tia X cũng được ứng dụng tạo ra được 561 giống mới (Oladosu và cộng sự, 2016).

Khi bị chiếu xạ, xác suất để các tổn thương ở DNA tại cùng một vị trí và tạo cùng kiểu tổn thương là vô cùng nhỏ. Khi một tế bào bị tổn thương DNA, sẽ cố gắng sửa chữa, trì hoãn quá trình phân chia hoặc tự chết. Các công bố đầu tiên về đột biến do bức xạ ion hoá bằng tia X đã được Muller và Stadler từ năm 1989. Tuy nhiên, trong số các đột biến do bức xạ ion hóa, tia gamma được sử dụng rộng rãi (Beyaz và cộng sự, 2017), trở thành tác nhân gây đột biến, được sử dụng phổ biến trong nhân giống cây trồng. Khi chiếu xạ, bức xạ ảnh hưởng đến tế bào thông qua hai cơ chế như sau:

- **Cơ chế trực tiếp:** phân tử ADN gồm cặp dây xoắn mà trong mỗi dây có một chuỗi xác định các Nucleotit. Vì cấu trúc của ADN là mạch xoắn kép nên tia bức xạ có thể tác động lên một hoặc cả hai dây và làm tổn thương chúng. Nếu tổn thương bức xạ chỉ xảy ra ở một dây của ADN thì cơ chế sửa chữa trong tế bào có thể sửa chữa và hồi phục phần hỏng của dây đó.

Có thể có hại khả năng: sửa chữa hoàn thiện, khi đó không thể hiện hiện ứng tổn thương và sửa chữa không hoàn thiện hay còn sót lại một phần không được sửa chữa, khi đó tính chất di truyền trên dây này của ADN bị thay đổi. Nếu bức xạ làm hỏng cả hai dây của ADN thì khả năng sửa chữa các chỗ hỏng là rất thấp vì trong phân tử ADN không còn sợi dây bổ sung nào để làm khuôn sửa chữa sợi dây hỏng kia. Dạng tổn thương này được xếp từ mức dưới chết đến mức chết phụ thuộc vào chuỗi trong di truyền chịu tác động.

- **Cơ chế gián tiếp:** khi photon tương tác với nguyên tử bằng hiện ứng quang điện, làm bứt electron quỹ đạo ra khỏi nguyên tử. Các electron này gây ion hóa các phân tử, nguyên tử trong quá trình di chuyển.

Trong các tế bào sống luôn luôn tồn tại một lượng nước nhất định để duy trì sự sống vì thế nước sẽ bị ion hóa bởi các photon, làm cho electron bị bứt khỏi các phân tử nước và phá vỡ các liên kết hóa học. Các sản phẩm sau đó kết hợp lại để tạo thành hydro ( $H_2$ ), gốc hydro ( $H^\bullet$ ), gốc hydroxyl ( $OH^\bullet$ ) và các gốc hydroperoxyl

( $H_2O_2$ ). Các gốc tự do có thời gian sống rất ngắn (dưới  $10^{-5}$  giây), nhưng đủ khả năng gây nên các ảnh hưởng lớn ở tế bào.

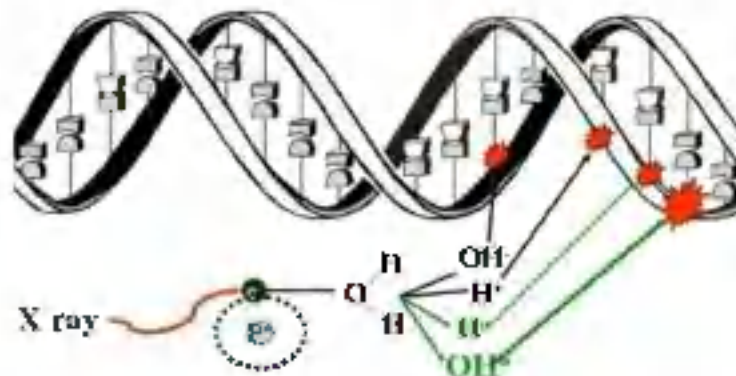
Dưới tác dụng của bức xạ, phân tử nước bị ion hóa và một electron được giải phóng theo phương trình sau:



Electron này sẽ kết hợp với một phân tử nước gần đó để tạo nên phân tử nước mang điện tích âm:



Do đó trong tế bào sẽ xuất hiện một phân tử nước mang điện tích âm và một phân tử nước mang điện tích dương. Hai phân tử này nhanh chóng phân ly thành ion và các gốc tự do:



**Hình 1.6.** Bức xạ tia X tác động lên ADN (John T. Lett, Warren K. Sinclair, 1993)

Các ion  $H^+$  và  $OH^-$  không gây hậu quả gì vì các chất lỏng trong cơ thể cũng chứa một lượng lớn các ion này. Còn  $H^\bullet$  và  $OH^\bullet$  là các gốc tự do, chúng kết hợp với các gốc tương tự hay phản ứng với các phân tử khác trong dung dịch (Hình 1.6). Thời gian tồn tại các gốc tự do vào cỡ micro giây hoặc ngắn hơn. Gốc tự do thừa electron (ví dụ gốc  $OH^\bullet$  dư 1 electron) sẽ ghép cặp nên có hoạt tính cao và chúng chuyển độc hại này sang các phân tử khác. Số lượng các gốc tự do phụ thuộc vào

điều kiện nhiệt độ, lượng oxy trong tế bào và độ pH. Chúng có thể trao đổi hoặc chiếm một electron đối với các phân tử nước khác, làm tổn thương phân tử ADN và các thành phần hữu cơ trong tế bào như các protein và lipid. Ngoài ra gốc tự do OH còn tự kết hợp với nhau tạo nên hydrogeu peroxide  $H_2O_2$ :



Hydrogen peroxide là một tác nhân oxy hóa rất mạnh nên có thể làm tổn thương các phân tử hữu cơ mạnh hơn tác dụng trực tiếp của bức xạ.

Sự thay đổi cấu trúc DNA phụ thuộc vào sự hấp thụ năng lượng bức xạ và gần đúng tỉ lệ với nồng độ năng lượng hấp thụ trong mô sinh học. Do đó đơn vị cơ bản của liều bức xạ được biểu diễn qua năng lượng hấp thụ trên một đơn vị khối lượng của mô.

#### ***1.3.4. Phương pháp kích thích rêu phát triển bằng bức xạ***

Nhược điểm của kỹ thuật tái rêu là rêu phát triển không tốt như rêu tự nhiên, làm cho khả năng tích lũy các nguyên tố hóa học từ không khí của túi rêu thấp hơn rêu tự nhiên. Trong một số trường hợp, hàm lượng các nguyên tố độc hại như Pb, As, Cd, Cu, Ni... trong túi rêu không đo được do dưới ngưỡng phát hiện, nên kết quả đánh giá không phản ánh chính xác hiệu trạng ô nhiễm không khí. Để khắc phục hạn chế này, Ares đã tham khảo một loạt các nghiên cứu liên quan đến kỹ thuật tái rêu để đề xuất một quy trình với mục đích phát triển một phương pháp tiêu chuẩn cho kỹ thuật sử dụng túi rêu (Ares và cộng sự, 2012).

Ảnh hưởng của bức xạ đối với thực vật đã được nghiên cứu khá nhiều trên Thế giới với các mục đích khác nhau, như thực hiện đột biến gen để nhân giống (FAO/IAEA, 2018; Beyaz và cộng sự, 2016), để kích thích hạt nảy mầm và tăng trưởng của cây con (Jaipo và cộng sự, 2019), tiêu diệt vi sinh vật và ức chế nảy mầm trong nông sản (Farkas, 2004; Jeong và cộng sự, 2012; Son và cộng sự, 2022). Gehrke (1999) đã sử dụng bức xạ cực tím để mô phỏng điều kiện suy giảm tầng Ozone khi nghiên cứu về sự sinh trưởng và phát triển của hai loài rêu. Nhìn chung,



những phát hiện trong các nghiên cứu như vậy về thực vật là khác nhau đáng kể. kích thích tăng trưởng ở liều chiếu xạ thấp và ức chế sự phát triển thực vật ở liều chiếu xạ cao (Mousseau và Møller, 2020).

Bức xạ ở liều cao có thể gây ra nhiều tác động ức chế đối thực vật bị chiếu xạ đã được nghiên cứu, như ức chế sự phát triển của thực vật (Sax, 1955; Fina, 2017), gây chết các tế bào và thực vật (Nawkar và cộng sự, 2013; Kusmiyati và cộng sự, 2018), hoặc gây đột biến bằng cách phá vỡ chuỗi kép và chuỗi đơn DNA (Forster và cộng sự, 2019), sự xuất hiện của các biến thể số lượng bản sao mới và chèn hoặc xóa cấu trúc DNA (Adewoye và cộng sự, 2015), và các đột biến khác (Gregersen, 2011).

Chiếu xạ liều thấp có thể gây ra hiện ứng kích thích trên thực vật đã được công bố trong nhiều nghiên cứu trước đây. Chiếu xạ với liều lượng thấp có thể nâng cao tỷ lệ nảy mầm của hạt (Beyaz và cộng sự, 2016; Jaipo và cộng sự, 2019), giảm thời gian nảy mầm (Beyaz và cộng sự, 2016; Hussain và cộng sự, 2017), và kích thích sự nảy mầm của hạt được bảo quản trong thời gian dài (Mousseau và Møller, 2020).

Cây con từ hạt được chiếu xạ với liều lượng thấp có thể sinh trưởng tốt hơn cây đối chứng về các chỉ tiêu sinh lý bao gồm số lượng, trọng lượng và kích thước các cơ quan như: trọng lượng và kích thước toàn bộ cây con, rễ, chum chồi, trụ dưới lá mầm, ... (Hussain và cộng sự, 2017; Marcu và cộng sự, 2013).

Cây được tạo ra từ các nguồn chiếu xạ liều thấp như củ, hạt, ... cũng có thể phát triển tốt hơn và nở hoa sớm hơn (Sax, 1955) với sự cải thiện về chiều cao cây, số chồi, chiều dài bông và số hạt trên bông (Maity và cộng sự, 2005), và tăng số lượng trái và tổng sản lượng (Toni A và cộng sự, 2013).

Miller và Miller (1987) đã tham khảo một loạt các nghiên cứu liên quan đến việc kích thích tăng trưởng thực vật bằng cách cho hạt giống hoặc thực vật tiếp xúc với bức xạ ion hóa liều thấp và chỉ ra rằng cường độ của các tác động thường nhỏ, chiếm khoảng 10% giá trị kiểm soát. Theo các tác giả này, vẫn chưa có những quy luật cụ thể về cơ chế của các phản ứng như vậy của các yếu tố tế bào và vật lý liên

quan đến việc gây ra các hiệu ứng đó. Tuy chiếu xạ liều thấp làm kích thích sinh trưởng, nhưng giá trị liên bao nhiêu thì tùy thuộc vào từng loại thực vật mà ta quan tâm, nên không có một giá trị liều chiếu cụ thể cho tất cả các loài thực vật.

Để giải thích rõ hơn về ảnh hưởng của bức xạ đối với sự sinh trưởng và phát triển của thực vật, kiến thức chi tiết về cơ chế của các quá trình xảy ra ở cấp độ di truyền và sinh lý, cũng như tác động qua lại của chúng là cần thiết vì đã có rất nhiều nghiên cứu chứng minh rằng bức xạ có thể ảnh hưởng đến hệ thống nội tiết tố và chất chống oxy hóa, quá trình sinh tổng hợp, quang hợp, hô hấp và điều hòa di truyền các quá trình sinh lý ở thực vật (Gudkov và cộng sự, 2019).

Rêu mọc trên cây và trên tường thuộc một trong ba nhóm thực vật trên cạn không có mạch (*Bryophytes*). Về nguyên tắc, chúng có thể bị ảnh hưởng bởi bức xạ như các loại thực vật khác. Do vậy, với bức xạ ở liều thấp, có thể kích thích sự phát triển của rêu, làm tăng khả năng sống sót khi dùng rêu bằng kỹ thuật tái rêu. Đây là ý tưởng ban đầu cho nghiên cứu, nhằm kích thích sinh trưởng và cải thiện khả năng hấp thụ các nguyên tố hóa học của rêu sử dụng trong kỹ thuật tái rêu. Trong nghiên cứu này, chỉ ứng dụng quá trình kích thích từ việc chọn lựa liều chiếu xạ tối ưu mà không đi sâu đến cơ chế của quá trình chiếu xạ.

#### **1.4. Các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử**

Một số kỹ thuật phân tích hạt nhân nguyên tử đã được áp dụng để xác định hàm lượng nguyên tố vi lượng trong rêu như: NAA, AAS, ICP-MS, TXRF, PIXE, .... Kỹ thuật XRF, NAA và PIXE đã được sử dụng ở Pháp, Âu Độ, Bồ Đào Nha, Ghana, Jamaica, Nga, Việt Nam. Kỹ thuật ICP-MS đã được sử dụng ở Pháp, Ấn Độ, Israel và Na Uy.

Trong các nghiên cứu trước đây, khoảng 20 nguyên tố có thể được phát hiện bằng kỹ thuật NAA trong các mẫu rêu (Sucharová và Sneh, 1998; Fernández và Carballeira, 2000; Aničić và cộng sự, 2009). Trong một số nghiên cứu khác, 30 đến 36 nguyên tố đã được phát hiện (Cuticov và cộng sự, 2005; Doãn Phan và cộng sự, 2019). Điển cần lưu ý là không thể phân tích được Pb.

### **1.4.1. Phân tích kích hoạt neutron (NAA)**

#### **1.4.1.1. Một số kỹ thuật phân tích NAA**

Có nhiều cách để phân loại phân tích kích hoạt neutron. Một trong số đó dựa trên các cách tạo mẫu trước hoặc sau khi chiếu xạ, phân biệt như:

\*- **Phân tích kích hoạt có xử lý hóa học (RNAA - Radiochemical neutron activation analysis):** nếu các phép tách hóa được thực hiện với các mẫu sau khi kích hoạt để loại trừ những ảnh hưởng can nhiễu của các đồng vị khác, hoặc là làm giàu đồng vị phóng xạ cần quan tâm, thì kỹ thuật này gọi là NAA có xử lý hóa (RNAA). Kỹ thuật tách được sử dụng là: chiết lỏng (Kreft, 2002; Heutig, 1998), trao đổi ion (Wildhagen, 1997), kết tủa (Cao, 2002; Shinotsuka, 1997), điện phân (Rictz, 2001), và sắc ký (Polkowska-Motrecko, 2000).

\*- **Phân tích kích hoạt neutron dụng cụ (INAA - Instrumental neutron activation analysis):** thông thường, sự phá huỷ mẫu bằng xử lý hoá trong phân tích kích hoạt neutron là không cần thiết (Orvini, 1998; Bode, 1998). Hạt nhân phóng xạ được xác định trên cơ sở sự khác biệt ở tốc độ phân rã thông qua các phép đo với các khoảng thời gian phân rã khác nhau bằng cách sử dụng các loại đầu dò bán dẫn có độ phân giải cao. Phương pháp này được dùng trong luận án và sẽ trình bày chi tiết ở phần sau.

\*- **Phân tích kích hoạt lặp vòng (CNAA- Cyclic neutron activation analysis):** Phân tích kích hoạt lặp vòng dựa trên quan điểm nâng cao độ nhạy của phương pháp kích hoạt, nhằm xác định các nguyên tố có thời gian sống ngắn bằng cách chiếu lặp lại, đo tuần hoàn và thu được phổ tổng. Phương pháp này cải thiện được số đếm thống kê của các nhân sống ngắn nhờ tăng tỉ số đỉnh/phông tạo bởi các nhân sống dài.

\*- **Phân tích kích hoạt đo gamma tức thời (PGNAA - Prompt gamma neutron activation analysis):** Hạt nhân hợp phần được tạo thành do bắt neutron, khi hạt nhân hợp phần trở về trạng thái cân bằng phát ra chiếu tia gamma tức thời, sau đó mới phát gamma trễ. Trong kích hoạt neutron đo gamma tức thời, các phép đo phổ

gamma thực hiện ngay sau khi chiếu. Phương pháp này dùng để xác định các nguyên tố có Z nhỏ như B, H, N, P, S và Si trong nhiều mẫu (mẫu địa chất, mẫu sinh học, và hợp kim) (International Atomic Energy Agency, 1999; Borsaru, 2004; Naqvi, 2003; Nunes, 2002; Nair, 2004). Các nguyên tố nhẹ thường không được xác định bằng phân tích kích hoạt neutron dụng cụ vì cho độ nhạy thấp. PGNAA cũng thường được áp dụng đối với các nguyên tố nặng như  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  (Révay, 2000; Lindstrom, 1998).

\*- *Phân tích kích hoạt đo gamma trễ (DGNAA)*: Tuỳ thuộc vào đồng vị trong mẫu khi bắt neutron có thời gian bán rã ngắn hay dài mà ta chọn cách đo gamma tức thời hay gamma trễ. Thông thường, mẫu sau khi kích hoạt được đo cả 2 loại gamma này.

Nếu mẫu sau khi kích hoạt được lưu trữ rồi mới tiến hành đo bức xạ gamma, thì quá trình đo này gọi là phân tích kích hoạt đo gamma trễ. Thông thường, kỹ thuật NAA chủ yếu sử dụng phương pháp đo gamma trễ.

Ngoài cách chia kỹ thuật NAA theo cách tạo mẫu như trên, người ta còn quan tâm ở kỹ thuật NAA qua hạt nhân của bia mẫu bắt neutron theo các năng lượng khác nhau. Khi đó, neutron tương tác với bia mẫu được phân làm các loại: neutron nhiệt, neutron trên nhiệt, neutron phân hạch (neutron nhanh). Hình 1.7 chỉ ra các nguyên tố có thể xác định trong phân tích kích hoạt neutron.

Thông thường, phương pháp NAA thường sử dụng neutron nhiệt (TNAA) để tạo ra phản ứng hạt nhân dưới dạng tạo hạt nhân hợp phần. Hơn 65 nguyên tố tự nhiên có thể tạo ra hạt nhân phóng xạ và phát bức xạ gamma bằng phản ứng ( $n, \gamma$ ). Ưu điểm chính của TNAA là tiết kiệm bất bức xạ cao và không tồn tại các phản ứng khác. Nhược điểm chính là sự can nhiễu đo thông lượng neutron nhiệt thay đổi với các mẫu hấp thụ cao (Csikai, 2002).

Neutron trên nhiệt trong phân tích kích hoạt neutron (ENAA - Epithermal neutron activation analysis): Neutron trên nhiệt chủ yếu được sử dụng để cải thiện giới hạn phát hiện và độ chính xác của việc xác định các nguyên tố như U, Th, In,

Au, Ta, Ag, Br, Co, I và Sb. ENAA được áp dụng khi các nguyên tố trong mẫu có tiết diện bắt neutron ở vùng năng lượng cộng hưởng lớn. Vì vậy, phương pháp này đặc biệt hữu ích cho các mẫu có tỉ số tích phân cộng hưởng trên tiết diện bắt neutron nhiệt cao ( $I_0/\sigma_0$  cao) (Capote Rodríguez, 1997; Landsberger, 1994).

1																	2			
1	2											3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2											3	4	5	6	7	8	9	10	
11	12											13	14	15	16	17	18	19	20	
19	20											21	22	23	24	25	26	27	28	29
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	
75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	
109	110	111	112	113																
111	112	113	114	115																
1		2										3								
Lanthanide		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71					
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Th	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
2		Actinide series																		
		88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					
		<p>Các đồng vị không phát hiện bằng kích hoạt đo gamma</p> <p>Các đồng vị phát gamma, nhưng chu kỳ bán rã ngắn hoặc cường độ phát thấp</p> <p>Các nguyên tố thường được xác định bằng kỹ thuật INAA</p>																		

**Hình 1.7.** Các nguyên tố trong bảng hệ thống tuần hoàn ảnh hưởng lên quá trình bắt neutron (Glascoek, 1996)

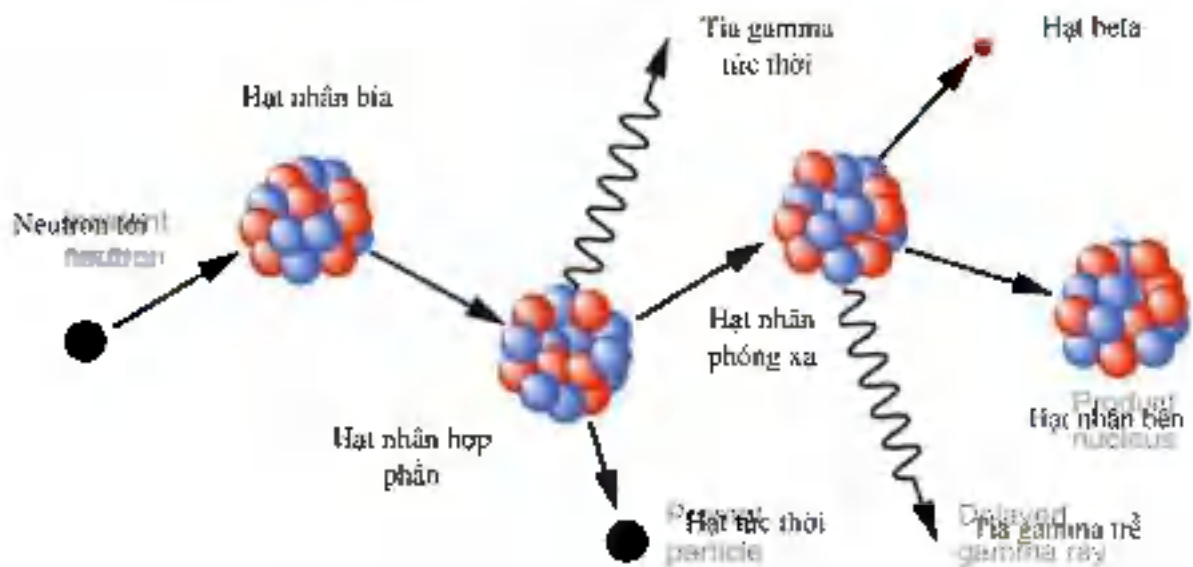
Neutron nhanh trong phân tích kích hoạt neutron (FNAA - Fast neutron activation analysis): Phân tích kích hoạt neutron nhanh, hay còn được gọi là phân tích kích hoạt neutron 14 MeV (gần bằng năng lượng neutron cực đại của quá trình phân hạch  $^{235}\text{U}$ ), không chỉ sử dụng neutron nhanh của lò phản ứng nghiên cứu, mà cả neutron nhanh được tạo ra bởi máy phát neutron hoặc bởi một nguồn đồng vị neutron (James, 2000).

#### 1.4.1.2. Kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron dụng cụ (INAA)

Sau phát hiện ra neutron của J. Chadwick năm 1932, thì phân tích kích hoạt neutron đầu tiên được phát triển bởi G. Hevesy và H. Levi vào năm 1936

(Hevesy và Levi, 1936, 1937). Ngày nay, việc áp dụng NAA trên toàn Thế giới rất phổ biến, tốc độ có khoảng 100.000 mẫu được phân tích mỗi năm.

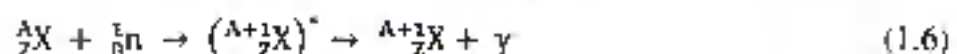
Phân tích kích hoạt neutron là sử dụng một hay nhiều neutron tương tác với hạt nhân bia. Trong các cơ chế tương tác neutron với hạt nhân, cơ chế hấp thụ. Kết quả là làm biến đổi hạt nhân bền thành các hạt nhân phóng xạ. Thông thường, trong thực nghiệm, việc đo đạc để xác định thành phần và hàm lượng trong mẫu, người ta thường sử dụng phản ứng  $X(n,\gamma)Y$ . Quá trình bắt neutron và phát các tia gamma của hạt nhân được minh họa như Hình 1.8.



**Hình 1.8.** Quá trình bắt neutron và phát bức xạ của hạt nhân bia (Kruger, P. 1971)

Các hạt nhân hợp phần có xu hướng trở về trạng thái cân bằng bằng cách phân rã phóng xạ và phát ra các tia gamma tức thời hoặc gamma trễ thông qua phân rã beta trừ. Mỗi loại hạt nhân có tiết diện bắt neutron riêng, và phát bức xạ với chu kỳ bán rã thay đổi từ cỡ giây cho đến hàng tỉ năm.

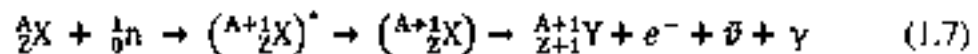
Thông thường, phản ứng  $(n, \gamma)$  được ứng dụng nhiều trong phương pháp NAA. Khi một hạt nhân  $X$  bắt một neutron, sản phẩm tạo ra là một hạt nhân hợp phần. Sau đó, hạt nhân hợp phần này giải kích thích bằng cách phát ra năng lượng dưới dạng các photon, đó chính là các tia gamma tức thời như phương trình phản ứng sau:



trong đó: A số khối của hạt nhân bia; Z số điện tích của hạt nhân bia. Ký hiệu<sup>(\*)</sup> là hạt nhân ở trạng thái hợp phần.

Với phản ứng  $(n, \gamma)$ , hệ phổ kế gamma sẽ ghi nhận năng lượng và cường độ các tia gamma, từ đó xác định được hạt nhân và hàm lượng của chúng có trong mẫu.

Trường hợp một số hạt nhân khi bắt neutron sẽ tạo ra những sản phẩm mới (tạo ra đồng vị mới). Sau đó, các hạt nhân này là những hạt nhân thừa neutron, có xu hướng làm giảm neutron bên trong hạt nhân bằng cách phân rã beta trừ, và phát bức xạ gamma. Trong trường hợp này, gamma ghi nhận là gamma trễ. Thời gian phát gamma phụ thuộc vào thời gian của hạt nhân phát beta. Phương trình mô tả cho quá trình trên được minh họa như sau:



Thông thường, phương pháp NAA sử dụng các đồng vị có tiết diện bắt neutron lớn. Nguồn neutron từ lò phản ứng được sử dụng để kích hoạt các đồng vị gồm neutron nhiệt và trên nhiệt (vùng công hưởng). Nguồn neutron từ lò phản ứng là nguồn hỗn hợp nên tốc độ phản ứng được tính thành hai phần được kích hoạt bởi các neutron nhiệt và trên nhiệt tuân theo quy ước Hogdahl, được thể hiện trong công thức (Kruger, P. 1971):

$$R = G_{th} \cdot \phi_{th} \cdot \sigma_0 + G_{epf} \cdot \phi_e \cdot I_0 \quad (1.8)$$

Vậy: 
$$\frac{N_p}{t_m} = \frac{W \cdot S \cdot N_A}{M} \cdot \epsilon \cdot I_\gamma [G_{th} \cdot \phi_{th} \cdot \sigma_0 + G_e \cdot \phi_e \cdot I_0 \cdot (\alpha)] \cdot S \cdot D \cdot C$$

Khi đó, hoạt độ riêng của hạt nhân quan tâm đo được là:

$$A_{sp} = \frac{N_p/t_m}{W \cdot S \cdot D \cdot C} \quad (1.9)$$

với:  $N_p/t_m$  là tốc độ xung đo được của đỉnh tia gamma quan tâm đã được hiệu chỉnh thời gian chết và các hiệu ứng ngẫu nhiên cũng như trùng phùng thực;  $N_p$  là số đếm trong đỉnh năng lượng toàn phần;  $t_m$  là thời gian chiếu xạ;  $t_0$  là thời gian đo;  $t_d$  là thời gian phân rã;  $N_A$  là hằng số Avogadro; W là khối lượng nguyên tố được



chiều xạ (g);  $\theta$  là độ phổ biến đồng vị của đồng vị bia;  $M$  là khối lượng nguyên tử của nguyên tố bia;  $G_{th}$  là hệ số hiệu chỉnh cho sự tù che chắn neutron nhiệt;  $G_e$ : hệ số hiệu chỉnh cho sự tự che chắn neutron trên nhiệt;  $S = (1 - e^{-\lambda t_r})$  hệ số hiệu chỉnh thời gian chiếu;  $D = (e^{-\lambda t_d})$  là hệ số hiệu chỉnh thời gian rã;  $C = \frac{(1 - e^{-\lambda t_m})}{\lambda t_m}$  là hệ số hiệu chỉnh thời gian đo;  $I_\gamma$  là xác suất phát tia gamma của năng lượng  $E_\gamma$  được đo;  $\epsilon_p$  là hiệu suất ghi tại đỉnh năng lượng  $E_\gamma$ .

Theo quy ước Hogdahl, phương trình (1.10) cho phép ta tính khối lượng (g) của nguyên tố như sau:

$$W = \frac{N_p/t_m}{S.D.C} \cdot \frac{M}{N_A \theta I_\gamma} \cdot \frac{1}{\epsilon_p} \cdot \frac{1}{G_{th} \phi_{th} \sigma_0 + G_e \phi_e(\alpha)} \quad (1.10)$$

Các thông số trong phương trình (1.11) được giải thích như trong phương trình (1.10).

Hàm lượng của nguyên tố trong mẫu được xác định như sau:

$$p(g/g) = \frac{N_p/t_m}{w.S.D.C} \cdot \frac{M}{N_A \theta I_\gamma \alpha_0} \cdot \frac{1}{\epsilon_p} \cdot \frac{1}{\phi_e G_{th} f + G_e Q_0(\alpha)} \quad (1.11)$$

w là khối lượng mẫu (g).

Phương trình (1.11) là phương trình cơ bản trong phân tích kích hoạt

Như vậy, để xác định hàm lượng của mẫu ta phải biết các thông số vị trí chiếu xạ của lò phân ứng (hoặc nguồn neutron đồng vị) như thông lượng neutron nhiệt và trên nhiệt, biết hệ số lệch phổ neutron trên nhiệt. Đối với thiết bị ghi bức xạ ta phải xác định đường cong hiện suất theo năng lượng của detector.

Phân tích định lượng được xác định cơ thể bằng cách so sánh điện tích của đỉnh năng lượng gamma cần quan tâm phát ra trên một đơn vị thời gian bởi một nguyên tố nào đó của mẫu cần phân tích với điện tích đỉnh của năng lượng bức xạ gamma phát ra trên một đơn vị thời gian của nguyên tố trong mẫu chuẩn đã biết. Trong thực tế, khối lượng nguyên tố được xác định dựa vào các phương pháp chuẩn hóa phổ biến như: phương pháp tuyệt đối, phương pháp tương đối, phương pháp chuẩn đơn và phương pháp chuẩn hóa  $k_0$  (Kruger P, 1971).



### 1.4.1.3. Độ nhạy và sai số của phương pháp NAA

#### \*- Độ nhạy của phương pháp

Độ nhạy của phương pháp NAA đối với các đồng vị phụ thuộc vào các thông số chiếu xạ (tức là thông lượng neutron, bức xạ phát ra và thời gian phân rã), điều kiện đo (tức là thời gian đo, hiệu suất của detector), thông số hạt nhân của các đồng vị cần đo (tức là độ phổ biến đồng vị, tiết diện bắt neutron, chu kỳ bán rã và hệ số rẽ nhánh của các tia gamma). Độ chính xác của một đồng vị xác định bằng phương pháp NAA thường dao động từ  $10^{-3}$  đến  $10^{-10}$  gam/một gam mẫu. Độ chính xác của phép đo bằng phương pháp NAA thường từ 2% đến 10% giá trị hàm lượng.

Độ chính xác này tùy thuộc vào nguyên tố phân tích và hàm lượng có trong mẫu. Giới hạn phát hiện trong phương pháp NAA được xác định (Kruger P, 1971):

$$C_{min} = \frac{A_e A_m(t) e^{\lambda t_d}}{60 f N t \phi \sigma (1 - e^{-\lambda t_d}) w_s} UF \quad (1.12)$$

trong đó  $A_e$  là số nguyên tử của đồng vị,  $A_m(t)$  số đếm tại đỉnh năng lượng cần quan tâm,  $t_d$  thời gian rã (tức thời gian từ lúc kết thúc chiếu xạ đến thời điểm bắt đầu đo),  $f$  là độ phổ biến của đồng vị, 60 hệ số để thay đổi số đếm/phút qua số đếm/giây,  $N$  số Avogadro,  $\phi$  là thông lượng neutron,  $n.cm^{-2}.s^{-1}$ ,  $\sigma$  là tiết diện phản ứng ( $n, \gamma$ ),  $w_s$  trọng lượng mẫu tính bằng gam, UF là hệ số chuyển đổi đơn vị (UF =  $10^6$  nếu  $C_{min}$  tính bằng ppm hoặc mg/L), UF =  $10^2$  nếu  $C_{min}$  tính bằng phần trăm).

#### \*- Sai số trong phương pháp

Trong phương pháp phân tích NAA sai số đóng góp từ các nguồn chính như: sai số khối lượng mẫu, sai số thông lượng neutron kích hoạt và hình học chiếu, sai số trong phân tích phổ, sai số hiệu suất hệ đo, sai số thời gian chiếu, rã, đo, sai số nền phóng, .... Tuy nhiên, đóng góp chính là các nguồn sai số sau, và được tính theo sai số toàn phần bằng công thức truyền sai số, ta có:

$$u_c(c_m) = c_m \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad (1.13)$$

với  $u_c(c_m)$  là sai số tương đối của hàm lượng  $c_m$ .

- Sai số  $u_1$  trong quá trình chuẩn bị mẫu: theo quy ước, sai số trong quá trình cân mẫu bằng 50% giá trị tối thiểu mà câu có thể xác định được.

Chẳng hạn, cân có độ nhạy  $10^{-4}$  gam, thì sai số sẽ là  $5 \times 10^{-5}$  gam.

- Sai số  $u_2$  trong quá trình chiếu mẫu: Sai số đo hình học chiếu: thường khoảng  $0,1 \div 1$  %; Sai số đo hiệu ứng tự che chắn, và quá trình tán xạ đàn hồi khoảng 0,1 %;

Sai số về mặt thời gian chiếu khoảng 0,3% nhưng bỏ qua vì sử dụng phương pháp tượng đối; Sai số gây ra bởi phản ứng nhiễu đo neutron nhanh khoảng 1%.

- Sai số  $u_3$  trong quá trình đo và xử lý phổ gamma: Thống kê số đếm: Tùy theo thống kê định, sai số này đóng góp đáng kể với định với số đếm thống kê thường khoảng từ  $0,2 \div 15$  %;

Sai số thời gian rã (với nhân sống ngẫu ( $< 1$  phút) khoảng 0,3%); Sai số thời gian đo từ  $0,1 \div 0,3$  %.

- Sai số  $u_4$  là sai số của quá trình đo phổ, đóng góp từ các nguồn chính là: sai số hoạt độ nguồn, sai số thống kê của quá trình đo, sai số thời gian chết, sai số cường độ phát của định quan tâm, sai số thời gian bán rã của đồng vị. Sai số hiệu suất ghi của đầu dò được xác định theo công thức:

$$u_{4=} \sqrt{\left(\frac{\partial \varepsilon}{A_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varepsilon}{N}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varepsilon}{t_c}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varepsilon}{I_\gamma}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\lambda}\right)^2} \quad (1.14)$$

trong đó:  $A_0$ : sai số hoạt độ ban đầu (cung cấp bởi nhà sản xuất),  $N$ : sai số điện tích định,  $t_c$ : sai số hằng số phân rã,  $I_\gamma$ : sai số cường độ phát,  $\lambda$ : sai số hằng số phân rã.

#### 1.4.1.4. Một số ưu điểm và nhược điểm của phương pháp INAA

Ưu điểm của phương pháp INAA là không phá hủy, không yêu cầu xử lý phức tạp. Tất cả các vấn đề liên quan đến phá hủy mẫu và tách (hòa tan, nhiễm bẩn và thất thoát mẫu) được loại bỏ. Đặc điểm này giúp cho phương pháp trở thành lựa chọn ưu tiên khi phân tích những mẫu vật hiếm, ví dụ các mẫu khoáng cổ học, các vật thể trong trường hợp vật liệu khó hòa tan, mẫu dựa trên silicon hoặc gốm sứ.

INAA là phương pháp phân tích đa nguyên tố, phù hợp với cỡ mẫu từ  $\mu\text{g}$  đến  $\text{kg}$ , khả năng phát hiện các nguyên tố ở mức ppb đến ppm, có thể phân tích đến 65 nguyên tố trong bảng hệ thống tuần hoàn. Giới hạn phát hiện các nguyên tố mong muốn có thể đạt được bằng cách tối ưu hóa các thông số chiếu xạ (năng lượng, thông lượng chùm neutron, thời gian chiếu, thời gian phân rã, và thời gian đo).

Ảnh hưởng của matrix nền thường không đáng kể, bởi vì các nguyên tố mà hầu hết chúng được cấu tạo (H, C, O, N, P và Si) thì hầu như không tạo thành bất kỳ đồng vị phóng xạ nào, điều này làm cho phương pháp có độ nhạy cao.

Độ nhạy thu được khi phân tích kích hoạt neutron là một hàm của các thông số hạt nhân với các đồng vị có trong mẫu như tiết diện bắt neutron, độ phổ biến đồng vị, chu kỳ bán rã và hệ số rẽ nhánh của tia gamma, thông lượng neutron, thời gian chiếu xạ, hiệu suất ghi của đầu dò, thành phần matrix trong mẫu, kích thước mẫu.

Tuy nhiên, NAA cũng có một số nhược điểm như:

Một số nguyên tố quan trọng trong môi trường, ví dụ, Cd, Cu, Ni và Pb rất khó hoặc không thể xác định được đối với hàm lượng thấp.

Phương pháp NAA khá tốn thời gian khi phân tích toàn bộ các đồng vị trong mẫu, mất khoảng 2 ÷ 4 tuần để có được thông tin về các nguyên tố liên quan đến các hạt nhân phóng xạ có chu kỳ bán rã dài. NAA chỉ cung cấp thông tin về hàm lượng tổng của các nguyên tố. Các thông tin về hợp chất hóa học và trạng thái vật lý không thể cho kết quả bằng phân tích NAA.

Một hạn chế nữa của phương pháp là cần thiết tiến hành thực nghiệm tại những nơi có lò phản ứng hạt nhân, các nơi có nguồn phát từ máy gia tốc hạt, hoặc những nguồn phát neutron thông lượng đủ lớn. Do vậy, vấn đề che chắn an toàn phóng xạ cần phải được quan tâm cho người làm thực nghiệm.

#### ***1.4.2. Kỹ thuật phân tích huỳnh quang tia X phân xạ toàn phần (TXRF)***

##### ***1.4.2.1. Tổng quan về phương pháp TXRF***

Vào tháng 11 năm 1895, tia X lần đầu tiên được phát hiện bởi Wilhelm Conrad

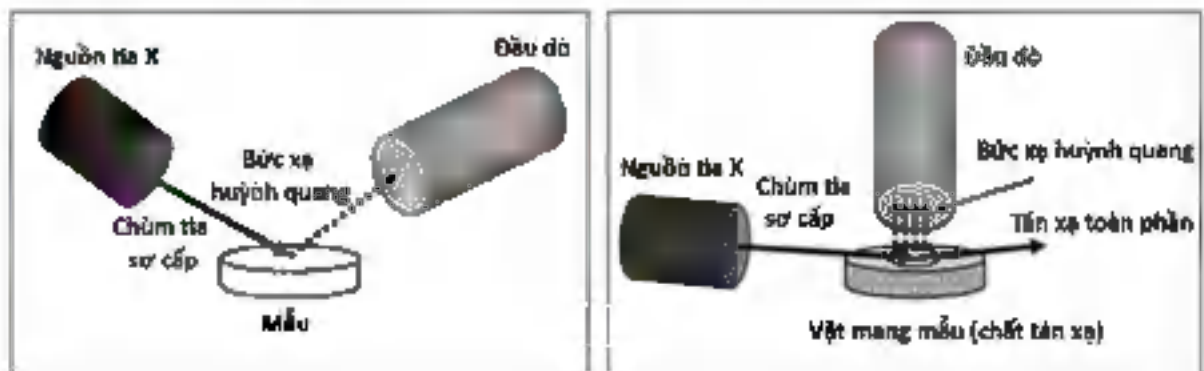
Rontgen (Rontgen, W. C., 1898), là bức xạ điện từ với bước sóng khoảng 80 nm ( $E \sim 15$  eV) đến 0,01 nm ( $E \sim 1,2$  MeV). Năm 1923 Compton (Compton, 1923) phát hiện bằng thực nghiệm hiện tượng phản xạ toàn phần tia X, chứng minh rằng hệ số phản xạ tia X của một vật liệu phẳng tăng lên nhanh chóng dưới một góc tới hạn nhất định gần  $0,1^\circ$ , nhưng phải tới năm 1971, những miêu tả đầu tiên về một hệ thực nghiệm huỳnh quang tia X phản xạ toàn phần (TXRF) mới được Yoneda công bố (Yoneda và Horiuchi, 1971). Ý tưởng chính của công trình này là áp dụng hình học phản xạ toàn phần để tạo ra huỳnh quang bức xạ kích thích tia X của những nguyên tử trong một lượng vật liệu nhỏ được đặt trên một gương phản xạ. Ý tưởng này được hiện thực hóa trong các công trình nghiên cứu vào những năm thập niên 1970s (Aiginger và Wobranscheck, 1974, 1975; Knoth và Sebwenke, 1978).

TXRF là một kỹ thuật phân tích đa nguyên tố, dải nguyên tố phân tích rộng từ Na đến U, thường được sử dụng để phân tích các nguyên tố vết. Phương pháp có các ưu điểm sau: Đầu tiên, TXRF có ngưỡng phát hiện thấp, cho phép phát hiện và phân tích các nguyên tố có trong mẫu có hàm lượng có thể đạt đến ppb, đảm bảo sự chính xác và độ nhạy trong quá trình phân tích. Thứ hai, một ưu điểm đáng chú ý khác là TXRF chỉ cần sử dụng một lượng mẫu rất nhỏ để thực hiện quy trình phân tích, tiết kiệm thời gian và nguồn lực. Hơn nữa, TXRF có khả năng đồng thời phân tích nhiều nguyên tố trong một mẫu, giúp tiết kiệm thời gian và công sức so với việc sử dụng nhiều kỹ thuật riêng biệt. Điều này không chỉ giúp tối ưu hóa quá trình phân tích mà còn giảm rõ rệt hiệu ứng matrix và hiệu ứng kích thích, làm cho kết quả phân tích trở nên chính xác hơn. Cuối cùng, TXRF còn được biết đến với chi phí thấp, giúp tạo điều kiện thuận lợi cho việc sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu và công nghiệp.

TXRF là một kỹ thuật đo phổ phát xạ tia X (X-ray fluorescence - XRF). Điểm khác nhau chủ yếu giữa TXRF và XRF là về hình dạng hình học. Ngoài ra, phương pháp TXRF khác phương pháp XRF thông thường về việc kích thích mẫu, chỉnh sửa hình học cũng như việc chuẩn bị mẫu:

- Mẫu được chuẩn bị thành một lớp mỏng trên vật mang mẫu có độ nhẵn cao.
- Chùm tia kích thích được điều chỉnh đến bề mặt của vật mang mẫu với một góc tới tối ưu, nghĩa là hầu hết các tia huỳnh quang tia X phát ra từ mẫu được ghi nhận bởi detector.
- Detector được đặt gần với vật mang mẫu và phát hiện bức xạ huỳnh quang tia X của mẫu với hiệu suất cao.

Trong kỹ thuật TXRF, góc chiếu được yêu cầu nhỏ cỡ  $0,1^{\circ}$  để thu được toàn bộ chùm tia phản xạ lên detector, thay vì góc  $45^{\circ}$  như trong XRF. Hình 1.9 mô tả cách bố trí mẫu và detector trong phương pháp XRF và TXRF.



a) Bố trí hình học của hệ XRF

b) Bố trí hình học của hệ TXRF

**Hình 1.9.** Bố trí hình học của hệ XRF và TXRF

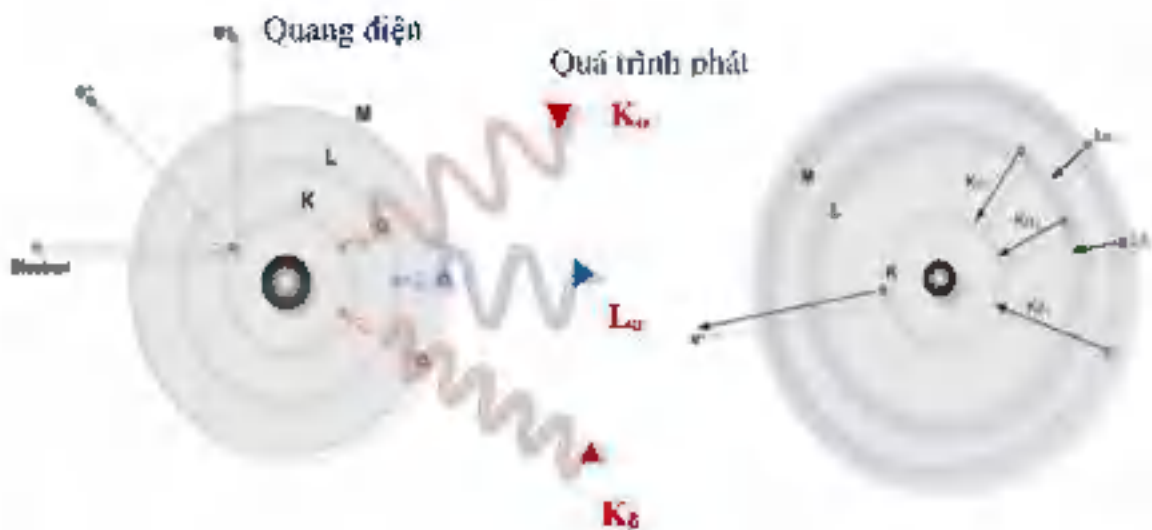
Khi bức xạ kích thích đi vào bề mặt mẫu có đủ năng lượng (lớn hơn năng lượng liên kết của electron quỹ đạo với nguyên tử), điều này dẫn đến việc electron bên trong nguyên tử bị kích thích và thoát ra khỏi nguyên tử. Khi đó đồng thời, các electron ở trạng thái năng lượng cao hơn sẽ chuyển vào để chiếm vị trí đã bỏ trống. Hình 1.10 mô tả quá trình phát tia X đặc trưng của nguyên tử bị kích thích. Trong quá trình electron nhảy từ mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp hơn, năng lượng dư thừa của cả nguyên tử sẽ bị giảm đi một lượng  $\Delta E$ , dạng năng lượng thừa này được phát ra dưới dạng photon (tia X). Công thức biểu diễn như sau:

$$\Delta E = E_k - E_l \quad (1.15)$$

trong đó:  $E_k$ ,  $E_l$ : năng lượng liên kết của electron với nguyên tử ở ở trạng thái đầu và

trạng thái cuối;  $\Delta E$ : độ chênh lệch năng lượng giữa hai mức, chính là năng lượng của tia X phát ra.

Các photon có năng lượng  $\Delta E$  phát ra sẽ đặc trưng cho từng nguyên tố hóa học bởi vì năng lượng  $E_i, E_f$  đặc trưng cho từng nguyên tố đó, và bức xạ tia X phát ra theo cơ chế này gọi là tia X đặc trưng.



**Hình 1.10.** Quá trình phát tia X đặc trưng khi nguyên tử bị kích thích (Hem Raj Verma, 2007)

**\*. Một số tính chất quan trọng của tia X đặc trưng:**

- Trạng thái kích thích và sự thay đổi electron quỹ đạo tuân theo quy luật kích thích và phát xạ nguyên tử, phổ tia X là phổ vạch, năng lượng tia X đặc trưng cho từng nguyên tố;

- Bức xạ lớp K, L, M, ... phụ thuộc vào lớp vỏ bị ion hóa. Chỉ khi bức xạ đi vào có năng lượng cao hơn năng lượng liên kết của electron trong nguyên tử thì tia X đặc trưng mới phát ra.

**1.4.2.2. Khả năng phân tích bằng phương pháp TXRF**

Trong phương pháp TXRF, sự có mặt của nguyên tố có trong mẫu được xác định bởi năng lượng của các tia X đặc trưng, còn được gọi là phép phân tích định



tính. Hàm lượng của các nguyên tố trong mẫu được xác định tỉ lệ với cường độ của các tia X đặc trưng, còn gọi là phép phân tích định lượng.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra																
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Ek	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Không thể xác định bằng TXRF  
 Rất khó xác định bằng TXRF  
 Phát tia X lớp K  
 Phát tia X lớp L

**Hình 1.11.** Khả năng xác định các nguyên tố hóa học bằng phương pháp TXRF (Erick K. Towett và cộng sự, 2013)

Phương pháp TXRF có thể phân tích hầu hết các nguyên tố trong Bảng hệ thống tuần hoàn, trừ các nguyên tố khí trơ, các nguyên tố nhóm Actini và một số nguyên tố nhẹ. Hình 1.11 chỉ ra khả năng xác định bằng phương pháp huỳnh quang tia X của các nguyên tố (Erick và cộng sự, 2013; Ramón Fernández Ruiz, 2014).

#### 1.4.2.3. Độ nhạy và sai số của phương pháp TXRF

Phương trình đặc trưng thể hiện mối quan hệ giữa cường độ tia X đặc trưng và hàm lượng nguyên tố (Bruker AXS Micro analysis, 2007):

$$I_i = S_i \times C_i \times A_i \quad (1.16)$$

trong đó:  $I_i$ : cường độ huỳnh quang tia X của nguyên tố  $i$ ;  $C_i$ : hàm lượng nguyên tố  $i$  trong mẫu phân tích;  $S_i$ : độ nhạy của hệ thống đối với nguyên tố  $i$ ;  $A_i$ : hệ số hiệu chỉnh sự suy giảm của bức xạ kích thích và tia X huỳnh quang bên trong mẫu.

Trong phương pháp TXRF, nguyên tố chuẩn nội thường được sử dụng. Nguyên

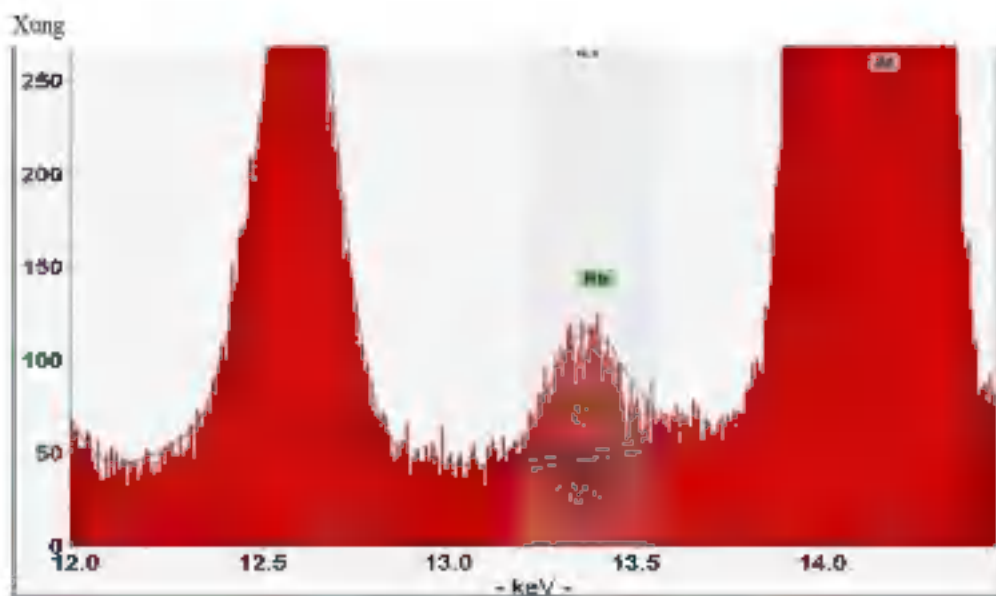
tổ chuẩn nội là những nguyên tố có năng lượng phát tia X đặc trưng nhỏ hơn năng lượng phát tia X của Anod nóng ống phát tia X, và không có trong thành phần nguyên tố đang phân tích trong mẫu. Hàm lượng của các nguyên tố tương ứng được như theo công thức:

$$C_i = \frac{C_{IS} \cdot N_i \cdot S_{IS}}{N_{IS} \cdot S_i} \quad (1.17)$$

trong đó  $N_i$  là số đếm tại đỉnh của nguyên tố cần quan tâm;  $N_{IS}$ : số đếm tại đỉnh của nguyên tố chuẩn nội;  $S_{IS}$ ,  $S_i$  lần lượt là độ nhạy tương đối của nguyên tố chuẩn nội và nguyên tố cần phân tích.

Để hạ thấp ngưỡng phát hiện, việc tăng thời gian đo sẽ bị giới hạn. Do vậy, cần nâng cao độ nhạy  $S$  của hệ thống, giảm nhiễu và xử lý matrix của mẫu để cải thiện ngưỡng phân tích.

Trong phân tích nguyên tố vết, giới hạn phát hiện thấp nhất của một nguyên tố trong mẫu là một trong những tiêu chuẩn quan trọng nhất đối với một thiết bị phân tích, điều này quyết định nguyên tố trong mẫu có thể được phát hiện hay không, với sai số thống kê nhất định.



**Hình 1.12.** Diện tích đỉnh ( $N_i$ ) và diện tích phẳng ( $N_{NiO}$ ) của nguyên tố cần quan tâm (Bruker AXS Micro analysis, 2007)



Giới hạn phát hiện được xác định dựa trên số đếm thống kê tại đỉnh và phòng (Hình 1.12). Do đó, một nguyên tố được xem là được phát hiện nếu diện tích đỉnh lớn hơn ba lần số đếm thống kê của phòng (tiêu chuẩn 3-sigma):

$$LLD_i = \frac{3 \cdot C_i \cdot \sqrt{N_{BG}}}{N_i} \quad (1.18)$$

trong đó:  $LLD_i$ : giới hạn phát hiện thấp nhất của nguyên tố  $i$ ;  $C_i$ : hàm lượng của nguyên tố  $i$ ;  $N_i$ : số đếm đỉnh của nguyên tố  $i$ ;  $N_{BG}$ : số đếm phòng dưới đỉnh.

**\*- Sai số trong phương pháp**

Sai số của phương pháp TXRF được tính như sau:

$$u_c(c_m) = c_m \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (1.19)$$

với  $u_c(c_m)$  là sai số tương đối của hàm lượng  $c_m$ ; sai số  $u_1$  trong quá trình chuẩn bị mẫu;  $u_2$  là sai số trong quá trình thêm chuẩn nội;  $u_3$  là sai số trong quá trình đo và xử lý phổ tra X theo thống kê số đếm: Tùy theo thống kê đỉnh, sai số này đóng góp đáng kể với đỉnh với số đếm thống kê thường nhỏ hơn 10%.

**1.4.2.4. Ưu và nhược điểm của phương pháp TXRF**

Dưới đây là một số ưu điểm của phương pháp TXRF:

- Chuẩn bị mẫu đơn giản, nhanh chóng, an toàn mà không có chất thải hóa học.
- Chi phí cạnh tranh.
- Phân tích ngay tại nơi sản xuất.
- Không cần phải hiệu chỉnh lại hàng ngày.

Chuẩn bị mẫu đơn giản, nhanh chóng và an toàn, các phép đo bởi TXRF được thực hiện trực tiếp trên vật liệu rắn (hoặc lỏng) với quy trình chuẩn bị mẫu khá đơn giản.

TXRF đo được mẫu với khối lượng tương đối nhỏ (1 mg đến 10 gram), với các sai số đo tính không đồng nhất mẫu được giảm thiểu đáng kể.

Khi tính đến chi phí đầu tư thiết bị và cơ sở hạ tầng, chi phí vận hành bằng khí.

axit, điện và xử lý chất thải, kỹ thuật TXRF tiết kiệm hơn rất nhiều so với ICP và AAS. TXRF không yêu cầu sử dụng khí và tủ hút đắt tiền. Yêu cầu duy nhất là nguồn điện, và trong một số trường hợp sử dụng khí heli để tăng độ nhạy cho các phân tử ánh sáng trong mẫu. Ngoài ra, các thành phần trong thiết bị đo phổ TXRF không bị ảnh hưởng bởi va chạm hoặc nhiệt độ giúp kéo dài tuổi thọ máy.

Do việc vận hành máy quang phổ TXRF không đòi hỏi chất khí, chất lỏng, axit và tủ hút, dụng cụ có thể được đặt trong cơ sở sản xuất, ngay bên cạnh dây chuyền sản xuất để kiểm soát quy trình tại chỗ. Thiết bị này dễ lắp đặt, chỉ với khóa đào tạo ngắn hạn và cơ bản về phần mềm, người sử dụng có thể vận hành thiết bị một cách dễ dàng.

Các tiến bộ mới nhất trong công nghệ kích thích và phát hiện làm cho máy quang phổ benchtop TXRF hoạt động ổn định. So với ICP và AAS, XRF không cần khí hoặc chất lỏng để vận hành. Do đó, những thay đổi trong việc hiệu chỉnh do độ tinh khiết và tính ổn định của các khí không phải là vấn đề của TXRF, không phải mất thời gian hiệu chuẩn hàng ngày thiết bị TXRF.

Đối với các máy đo phổ XRF, độ lệch chuẩn qua các năm được chỉnh sửa dễ dàng trong phần mềm và không cần phải hiệu chuẩn lại toàn bộ mỗi lần vận hành máy.

Một nhược điểm chính của phương pháp TXRF là không thể phân tích các nguyên tố nhẹ do vùng năng lượng phát tia X đặc trưng rất thấp, nằm trong vùng nhiễu của hệ đo; một vấu để nữa là hạn chế năng lượng của nguồn phát nên một số nguyên tử có năng lượng liên kết electron lớn thì không thể bắt electron ra khỏi nguyên tử, nghĩa là không phát tia X đặc trưng.

### ***1.4.3. Kỹ thuật phân tích huỳnh quang tia X phân tán năng lượng (ED-XRF)***

#### ***1.4.3.1. Tổng quan về phương pháp ED-XRF***

Mãi cho đến tận những năm 1960s và đầu những năm 1970s, các hệ thiết bị điện tử phát triển, đặc biệt là công nghệ chế tạo detector có độ phân giải cao, như

detector Lithium Silic - Si (Li), thì kỹ thuật đo ED-XRF bắt đầu phát triển và ứng dụng rộng rãi trong phân tích các nguyên tố trong mẫu.

ED-XRF là phương pháp phân tích tương đối đơn giản và đầu tư kinh phí ít so với các kỹ thuật đo khác. ED-XRF đòi hỏi nguồn tia X đơn giản chỉ là một ống tia X 50 - 60 kV và công suất khoảng 50 - 300 W. Các model ED-XRF cầm tay hoặc để bàn với chi phí thấp còn có thể sử dụng đồng vị phóng xạ như  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{57}\text{Co}$ , hoặc ống phát tia X công suất nhỏ. Thành phần quan trọng thứ hai của hệ ED-XRF là detector. Hầu hết các hệ đo ED-XRF trong phòng thí nghiệm vẫn sử dụng detector làm lạnh bằng nitơ lỏng hoặc detector Si (Li) làm lạnh bằng Peltier. Một số thiết bị cầm tay sử dụng các detector khác như Iodide thủy ngân, CdTe và CdZnTe.

Phương pháp quang phổ huỳnh quang tia X loại ED-XRF là một công cụ quan trọng trong việc xác định nhanh các nguyên tố có trong mẫu. Phương pháp này thường sử dụng trong công nghiệp, trong phân tích mẫu sản phẩm. Điều quan trọng là ED-XRF có thể cung cấp kết quả nhanh chóng, giúp tiết kiệm thời gian trong quá trình kiểm tra chất lượng và phân tích nguyên tố.

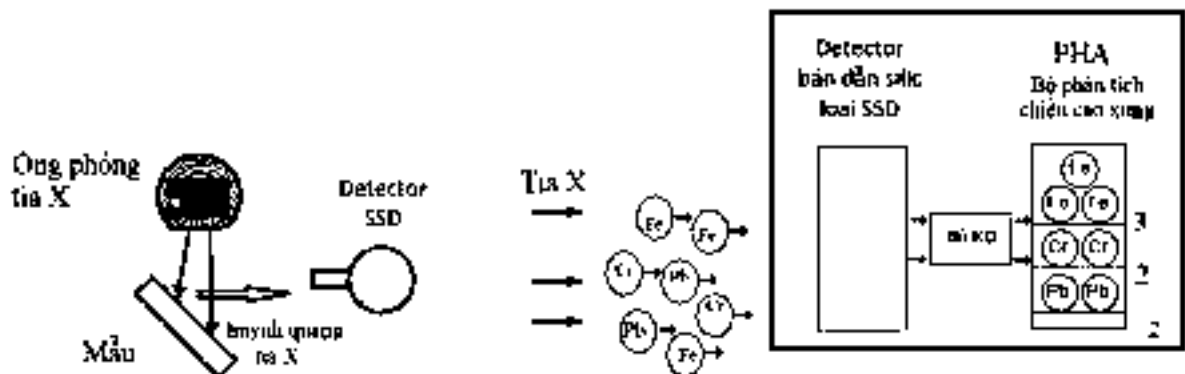
Điểm mạnh của ED-XRF là khả năng phân tích nhiều nguyên tố cùng lúc. Đây là một trong những kỹ thuật huỳnh quang tia X phổ biến, đóng vai trò quan trọng trong việc xác định sự hiện diện và lượng các nguyên tố trong mẫu một cách chính xác. Điều này làm cho phương pháp ED-XRF trở thành một công cụ quan trọng trong nghiên cứu và ứng dụng công nghệ trong các lĩnh vực khác nhau, từ ngành sản xuất đến khoa học môi trường và y học.

Với quang phổ ED-XRF, tất cả các nguyên tố trong mẫu được kích thích đồng thời và detector phân tán năng lượng kết hợp với máy phân tích đa kênh được sử dụng để ghi nhận cùng lúc các bức xạ huỳnh quang phát ra từ mẫu, và sau đó tách các năng lượng khác nhau của bức xạ tia X đặc trưng từ mỗi nguyên tố khác nhau.

Độ phân giải của hệ thống ED-XRF phụ thuộc vào detector, thường nằm trong khoảng từ 150 eV ÷ 600 eV. Ưu điểm của quang phổ ED-XRF là tính đơn giản, vận hành nhanh, không cần các bộ phận chuyển động và hiệu suất nguồn phát cao.

Kỹ thuật quang học được ứng dụng trong tán xạ tia X để tăng khả năng phân tích, cụ thể với hệ ED-XRF. Đối với hệ XRF thông thường, kích thước vùng kích thích ở bề mặt bia mẫu có đường kính từ vài trăm micromet đến vài milimét, trong khi hệ thống quang học của hệ ED-XRF sẽ hội tụ và thu nhận các tia X từ nguồn tia X phân kỳ, và hướng chúng với một chùm tia hội tụ nhỏ ở bề mặt mẫu có đường kính nhỏ tới hàng chục micromet. Nên kết quả là cường độ tăng lên và đi đến bia mẫu ở một tiêu điểm nhỏ, làm tăng độ phân giải không gian để phân tích mẫu nhỏ và nâng cao hiệu suất nhằm đo các nguyên tố vi lượng.

Các bức xạ huỳnh quang tia X phát ra từ mẫu sẽ đi vào đầu dò bán dẫn tại cùng thời điểm (Hình 1.13). Sau đó, nhờ vào thư viện năng lượng của các nguyên tố phát tia X sẽ nhận diện cho từng nguyên tố (từng năng lượng phát ra).



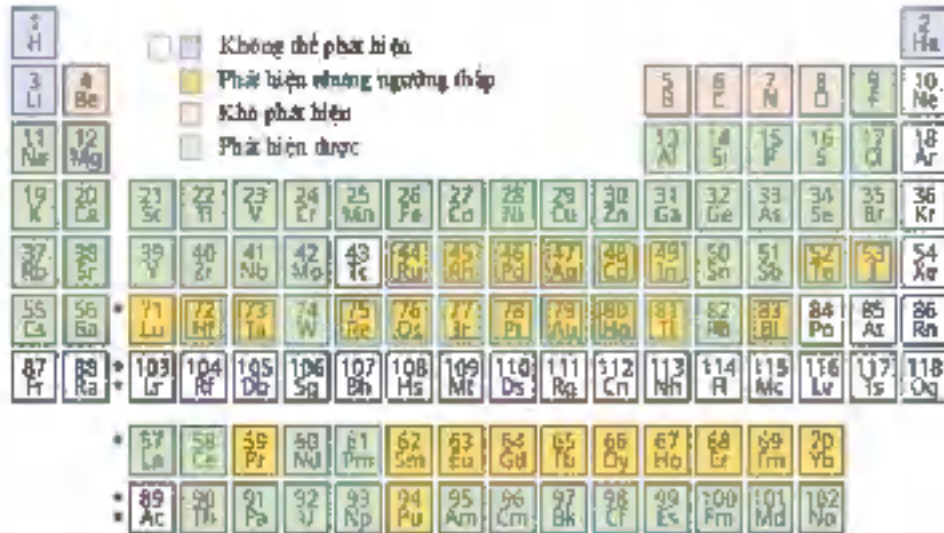
Hình 1.13. Nguyên lý máy quang phổ năng lượng tán xạ tia X

#### 1.4.3.2. Khả năng phân tích bằng phương pháp ED-XRF

ED-XRF có thể được sử dụng cho rất nhiều ứng dụng phân tích nguyên tố. Phương pháp này có thể được sử dụng để xác định hầu như mọi nguyên tố từ Na đến Pu, gồm khoảng 72 nguyên tố trong bảng tuần hoàn (Hình 1.14).

Ngưỡng phát hiện của phương pháp ED-XRF có thể đạt đến 0,5 ppm, hoặc nhỏ hơn tùy thuộc vào nguyên tố phân tích. ED-XRF có thể sử dụng để theo dõi các

thành phần chính trong một sản phẩm hoặc quá trình bổ sung các phụ gia niro. Bên cạnh đó ED-XRF rất phổ biến trong lĩnh vực địa chất.



**Hình 1.14.** Khả năng xác định các nguyên tố hóa học bằng phương pháp ED-XRF (Willis và Duncan, 2008)

#### 1.4.3.3. Giới hạn phát hiện và sai số của phương pháp ED-XRF

Giới hạn phát hiện của hệ ED-XRF được tính bởi công thức sau (Kudachi và cộng sự, 2012; Fees và cộng sự, 2019):

$$LOD = \frac{3}{S} \sqrt{\frac{I_b}{T}} \quad (1.20)$$

trong đó S là độ nhạy (ppm);  $I_b$  là số đếm nhiễu tại đỉnh; T là thời gian đo (s).

Ngưỡng phát hiện của phương pháp ED-XRF kém xa so với TXRF, thường khoảng lớn hơn 0,5 ppm.

#### \*- Sai số trong phương pháp

Sai số của phương pháp ED-XRF được tính như sau:

$$u_c(c_m) = c_m \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (1.21)$$

với  $u_c(c_m)$  là sai số tương đối của hàm fương  $c_m$ .

- Sai số  $u_1$  trong quá trình chuẩn bị mẫu.

- Sai số  $n_z$  trong quá trình đo và xử lý phổ tia X theo thống kê số đếm: Tùy theo thống kê định, sai số này đóng góp đáng kể với định với số đếm thống kê thường nhỏ hơn 15%.

#### 1.4.3.4. Ưu và nhược điểm của phương pháp ED-XRF

Dưới đây là một số ưu điểm của ED-XRF:

- ED-XRF có khả năng phân tích đa nguyên tố. Các nguyên tố hoá học có thể phân tích gần như hầu hết các nguyên tố trong hàng hệ thống tuần hoàn, trừ một vài nguyên tố nhẹ và nguyên tố nhóm khí trơ.
- Chuẩn bị mẫu đơn giản, nhanh chóng, an toàn mà không có chất thải hoá học. Có thể đo trực tiếp mà không cần pha loãng trên mẫu rắn, lỏng. Mẫu chuẩn đơn giản hơn phương pháp TXRF.
- Chi phí rẻ hơn các phương pháp phân tích khác.
- Phân tích ngay tại nơi sản xuất, phân tích trực tiếp theo dây chuyền sản xuất.

Tuy nhiên, hệ quang phổ ED-XRF có nhược điểm là độ phân giải năng lượng kém hơn hệ TXRF (độ phân giải của hệ ED-XRF khoảng vài trăm eV, trong khi với hệ TXRF cỡ vài chục eV); ED-XRF có khả năng phân tích hàm lượng chỉ khoảng ppm, nghĩa là khó phát hiện các nguyên tố vết trong mẫu hơn phương pháp TXRF.

### 1.5. Tóm tắt Chương 1

Nội dung Chương 1 đã trình bày tổng quan về ô nhiễm không khí và những ảnh hưởng của chúng lên sức khoẻ con người. Phương pháp quan trắc dùng rêu làm chỉ thị sinh học cũng được đề cập, trong đó chỉ ra các loại rêu thường dùng và những phương pháp quan trắc. Nội dung tiếp theo là tổng quan về phương pháp kích thích rêu phát niêu bằng bức xạ năng lượng thấp, kết hợp ba phương pháp phân tích: NAA, TXRF, và ED-XRF phân tích các mẫu rêu để thu được kết quả trọn vẹn hơn.

## Chương 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thu thập mẫu rêu theo phương pháp thụ động

Rêu *Babular indica* được sử dụng làm chỉ thị sinh học thụ động trong các nội dung nghiên cứu của luận áu. Lý do chọn loài rêu này làm chỉ thị sinh học là vì chúng phân bố rộng trên các tỉnh thành của Việt Nam, đồng thời có khả năng hấp thụ các nguyên tố lắng đọng trong không khí xấp xỉ các loài rêu khác có mặt ở Việt Nam, như so sánh với khả năng hấp thụ của rêu *Leucobryum (aduncum, albidum)* và rêu ở Việt Nam là phát triển mạnh theo mùa mưa, chiều dài thân rêu khoảng từ 2 ÷ 3 cm, mọc từng mảng nền cây, trên tường. Trong nghiên cứu này, chỉ có rêu *Babular indica* được thu hái từ thân cây hoặc trên tường được sử dụng làm mẫu rêu trong quan trắc thụ động nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của chất nền đến kết quả phân tích. Hình 2.1 cho thấy một số mẫu rêu *Babular indica* ở Việt Nam.



**Hình 2.1.** Một số hình ảnh rêu *Babular indica* mọc ở Việt Nam

Việc thu mẫu rêu được thực hiện theo quy trình được hướng dẫn trong tài liệu của UNECE ICP 2015 (Frontasyeva và Harmens, 2015). Cụ thể, rêu được lấy từ các thảm rêu, sau đó cho vào túi khóa zip polyethylene. Tất cả các dụng cụ sử dụng đều là loại tốt nhằm tránh ảnh hưởng từ tạp chất của vật liệu. Các điểm thu mẫu cách đường chính khoảng 300 m, cách đường địa phương khoảng 100 m, vùng thu mẫu khoảng 3×3 km<sup>2</sup>. Hình 2.2 hình ảnh mẫu rêu được thu thập trong nghiên cứu này.



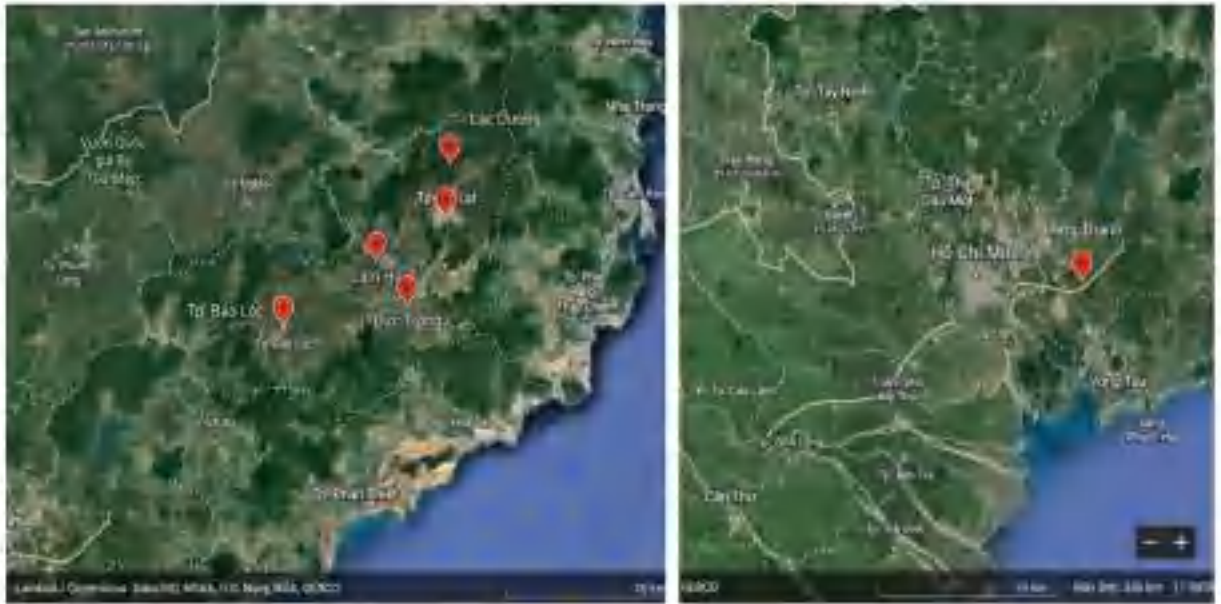


**Hình 2.2.** Một số hình ảnh thu mẫu rêu phục vụ nghiên cứu

Mẫu rêu *Babular indica* được thu thập ba đợt, gồm: từ đầu tháng 6/2020 đến tháng 8/2020, đầu tháng 6/2021 đến tháng 8/2021, và từ đầu tháng 6/2022 đến tháng 8/2022 tại một số vị trí được mô tả ở Hình 2.3, như sau:

- 05 vị trí huyện và thành phố tại tỉnh Lâm Đồng, bao gồm Tp. Đà Lạt, Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm, huyện Đức Trọng, huyện Lâm Hà và thị trấn Lạc Dương. Về khí hậu, tỉnh Lâm Đồng được đặc trưng bởi khí hậu ôn hòa, mát mẻ quanh năm do độ cao địa lý lớn. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho nhiều loại cây trồng, đặc biệt là cây cà phê và hoa màu, hoạt động sản xuất nông nghiệp được thúc đẩy mạnh mẽ. Lâm Đồng nổi tiếng với việc trồng cây cà phê và nhiều loại cây trồng khác như hoa, rau và lúa. Tuy nhiên, các hoạt động này thường sử dụng phân bón và hóa chất công nghiệp, có khả năng gây ô nhiễm môi trường không khí. Ngoài ra, các làng nghề truyền thống trong tỉnh, như làm gốm, thêu thùa và chế biến nông sản, cũng có tiềm năng gây ra ô nhiễm môi trường không khí. Thêm vào đó, Lâm Đồng còn có mỏ quặng bauxite tại Bảo Lâm, khai thác và xử lý quặng bauxite có thể dẫn đến ô nhiễm môi trường và khí thải độc hại. Cuối cùng, vị trí chiến lược của Lâm Đồng, nằm trên tuyến đường quan trọng nối liền miền Bắc và miền Nam Việt Nam, cũng đóng góp vào tình trạng ô nhiễm. Những yếu tố nêu trên đây là các yếu tố cần xem xét trong quá trình quan trắc ô nhiễm không khí và môi trường tại tỉnh Lâm Đồng. Sự phát triển của nông nghiệp, làng nghề, khai thác quặng và hạ tầng giao thông, cùng với sự đông đúc của dân cư, đều có tiềm năng tác động đến môi trường không khí của khu vực này.





**Hình 2.3.** Vị trí các điểm thu mẫu trong nghiên cứu

- Thành phố Long Thành, tỉnh Đồng Nai: nơi đang xây dựng sân bay Quốc tế Long Thành, việc quan trắc môi trường ở vùng này là góp phần cung cấp số liệu ban đầu về môi trường trước khi vận hành, khai thác sân bay. Khảo sát sự lắng đọng các nguyên tố trong không khí và môi trường nước trước và sau khi xây dựng sân bay Quốc tế Long Thành ở tỉnh Đồng Nai là một phần quan trọng của quá trình đánh giá tác động môi trường (Environmental Impact Assessment - EIA) và quản lý môi trường. Đây là những yếu tố quan trọng để đảm bảo rằng việc xây dựng và hoạt động của sân bay không gây hại đến môi trường và sức khỏe của cộng đồng dân cư xung quanh.

Tần suất thu mẫu: 3 tháng 1 lần vào mùa mưa, lặp lại cùng vị trí cho các năm sau đó, khoảng cách từ mặt đất đến vị trí lấy rêu ~1,5 m. Mẫu rêu sau khi thu thập chỉ lấy phần thân và lá xanh để phân tích. Các bước tiến hành thu thập và xử lý mẫu rêu trước khi tạo mẫu phân tích bằng các phương pháp phân tích khác nhau như sau:

*Bước 1:* Chuẩn bị dụng cụ thu mẫu rêu: thuốc nhựt, bao tay, túi zip, giấy ghi chú nổi lờn thu mẫu, ...

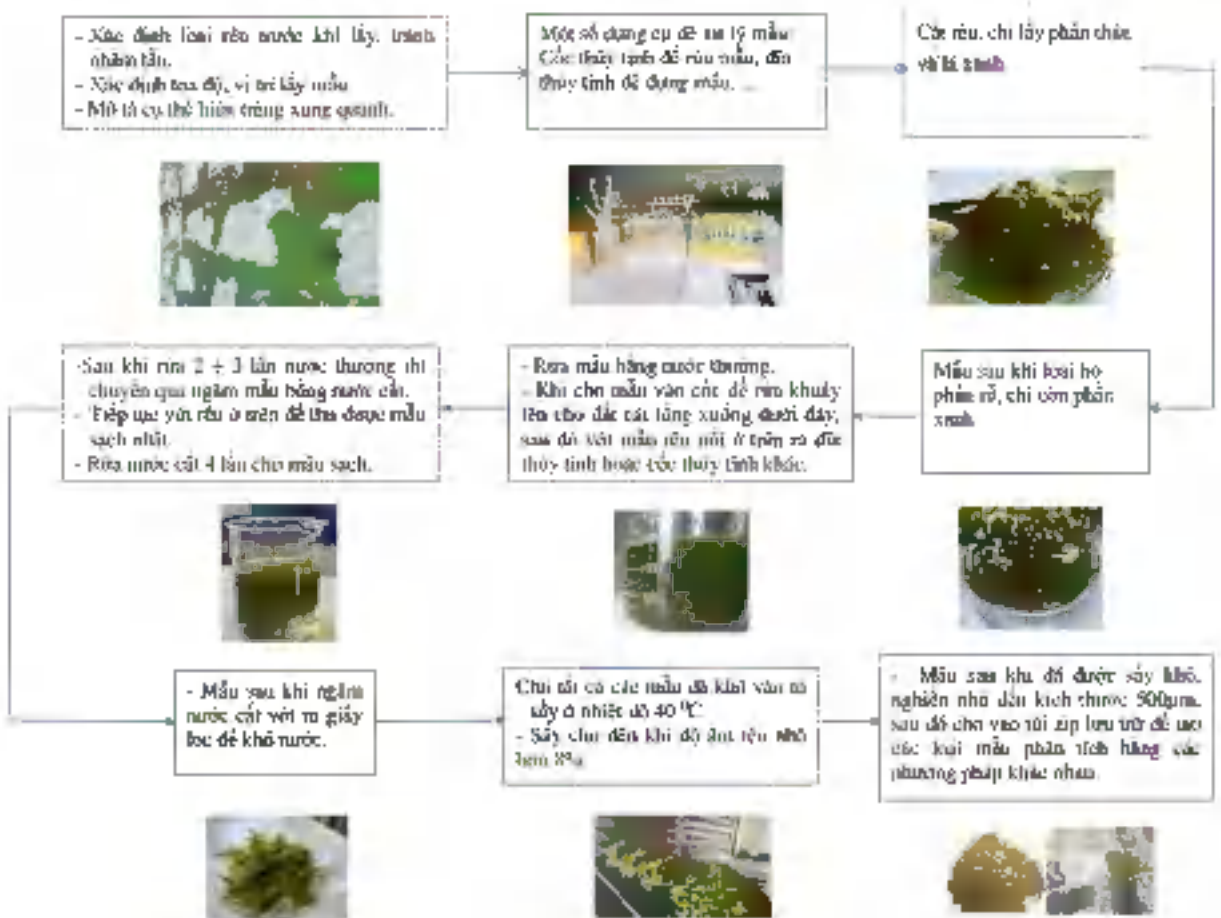
*Bước 2:* Chọn địa điểm thu mẫu rêu, thu mẫu ngẫu nhiên, nhưng khoảng cách

giữa hai trẩu gần nhất từ 3 km ÷ 5 km. Đây là cách thu mẫu không xác định được nguồn gốc ô nhiễm.

*Bước 3:* Dùng máy GPS để xác định vị trí (kinh độ, vĩ độ) tại mỗi điểm thu mẫu.

*Bước 4:* Thu mẫu rêu trên các bờ móng mục, trên thân cây.

Rêu sau khi được thu thập sẽ tiến hành xử lý trước khi đưa vào đo đạc thực nghiệm. Quy trình xử lý mẫu rêu từ khi thu hái đến khi mẫu rêu được nghiền đến độ mịn đạt khoảng 500  $\mu\text{m}$  được trình bày cụ thể ở Hình 2.4.



**Hình 2.4.** Sơ đồ quy trình xử lý mẫu rêu trước khi dùng tạo mẫu trong các kỹ thuật phân tích hạt nhân nguyên tử

## 2.2. Chọn lựa rêu đúng trong kỹ thuật túi rêu

Trong nghiên cứu này, rêu *Babular indica* được lựa chọn làm chỉ thị sinh học

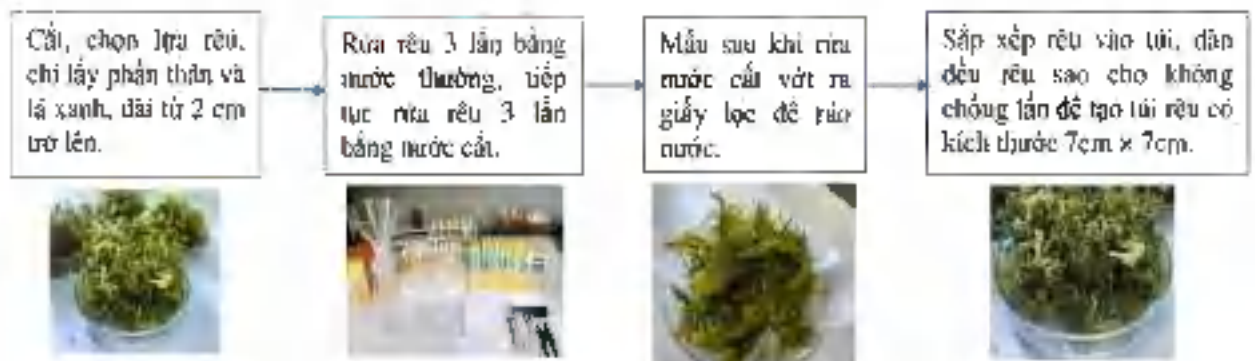
trong túi rêu, ứng dụng trong quan trắc môi trường. Quá trình tiến hành làm các túi rêu như sau: Trước tiên, chọn lựa rêu *Babular indica* ở một vùng nghiên cứu nhất định, rêu sinh trưởng tốt, ít tác động bởi ô nhiễm. Rêu được chọn lấy ở vùng núi Đưng K'Nó, nơi đây có rất nhiều rêu, nằm sâu trong rừng nguyên sinh Bidoup Núi Bà (Thị trấn Lạc Dương, Lâm Đồng, Việt Nam). Vị trí thu mẫu rêu có kinh độ 12,188447, vĩ độ 108,463527 (Hình 2.4). Sau khi lấy rêu về, rêu được xử lý theo các bước ở Hình 2.5 để tạo túi rêu.



a) Vùng lấy rêu *Babular indica* dùng trong túi rêu

b) Vị trí lấy rêu theo bản đồ

**Hình 2.5** Vị trí thu mẫu rêu tại Đưng K'Nó, rừng Bidoup Núi Bà (Lâm Đồng)



**Hình 2.6.** Sơ đồ các bước tiến hành tạo túi rêu



### 2.3. Kích thích sinh trưởng rễ bằng tia X năng lượng thấp

Rễ được sử dụng trong kỹ thuật túi rên, dùng để treo tại nơi khảo sát trước khi treo ở những nơi quan trắc là rễ còn sống. Để tăng khả năng sinh trưởng của rễ nhằm tăng khả năng hấp thu các nguyên tố lắng đọng trong không khí, trong nghiên cứu này, sử dụng tia X năng lượng thấp để kích thích sinh trưởng của rễ. Các rui rễ sau khi được chuẩn bị ở phần trên sẽ được đem đi chiếu xạ.

#### 2.3.1. Máy phát tia X để kích thích sinh trưởng rễ

Máy phát tia X dùng để chiếu xạ rễ là máy MBR-1618R-BE do hãng Hitachi (Nhật Bản), sản xuất. Hình 2.7 là máy phát tia X và vùng thể tích chiếu xạ tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Đà Lạt.



a) Máy phát tia X

b) Vùng chiếu xạ mẫu

c) Góc chiếu xạ

**Hình 2.7.** Hình máy phát tia X MBR-1618R-BE và vùng thể tích chiếu xạ

Máy phát tia X MBR-1618R-BE hoạt động ở dải điện áp của ống phát tia X từ  $35 \div 160$  kV, cường độ dòng điện của ống phát từ  $1\text{mA} \div 30$  mA (Manual for user "Operation manual X-rays irradiation system MBR-1618R-BE", 2017). Các thao tác điều khiển thiết bị được thực hiện trên máy tính bảng. Một số thông số của máy phát được trình bày ở Bảng 2.1.

**Bảng 2.1.** Các thông số cấu máy phát tia X Hitachi MBR-1618R-BE

Bộ phận	Chi tiết	Thông số kỹ thuật
Bộ phát cao thế	Điện áp đầu vào	220 V
	Điện áp đầu ra	35 ÷ 160 kV
	Cường độ dòng đầu ra	1 ÷ 30 mA
Ống phát tia X dùng Molybden (Mo) làm anod, hệ lọc bằng Cu	Hiệu điện thế tối đa	160 kV
	Cường độ dòng tối đa	30 mA
	Góc chiếu xạ	40°
	Kích thước tiêu điểm	5,5 mm
Hộp bảo vệ	Kích thước	730×800×1600 mm
	Cân nặng	650 kg
	Suất liều rò rỉ bên ngoài	1µSv/giờ trở xuống ở vị trí cách bề mặt 5 cm
Bàn xoay	Tốc độ quay	6 ÷ 7.2 vòng/phút
	Khoảng cách bàn xoay tới ống phát	150 ÷ 550 mm
Hệ thống làm mát	Đng môi được sử dụng	R441A (HFC) Hydro-Fluoro-Carbon
	Hiệu suất làm mát	4700/5100 W(50/60Hz)

### 2.3.2. Chiếu xạ rêu kích thích sinh trưởng

Các túi rêu được chiếu xạ với các liều khác nhau, dài liều từ 1,0 ÷ 20,0 Gy, mỗi bước thay đổi 1,0 Gy, suất liều 0,52 Gy/phút. Mảnh rêu được đặt cố định tại vị trí

chiếu xạ cách nguồn phát tia X là 250 mm, dòng điện 18 mA, điện áp 140 kV. Trong điều kiện nhiệt độ phòng. Để tìm liều chiếu tối ưu cho kích thích sinh trưởng rêu, mỗi liều chiếu sẽ lặp lại 3 lần với mỗi lần chiếu là 3 túi rêu. Tổng cộng 180 túi đã được chiếu xạ với các liều khác nhau, mỗi liều tương ứng là 9 túi rêu. Sau đó, các túi rêu đã chiếu xạ này cùng với 9 túi rêu không chiếu xạ sẽ được treo cùng một nơi với cùng một điều kiện sinh trưởng.

Rên chiếu xạ và rêu không chiếu xạ được so sánh với nhau để chọn giá trị tối ưu cho việc kích thích sinh trưởng trước khi đem rêu đi quan trắc, đồng thời so sánh với rêu tự nhiên tại nơi khảo sát. Trong nghiên cứu này, thực hiện so sánh theo các đại lượng là chỉ số diệp lục và khối lượng tăng trưởng. Ban đầu, khối lượng các túi rêu được cân trước khi chiếu xạ khoảng 5 g.

Quan sát, đánh giá sự sinh trưởng hằng ngày để đánh giá sự thay đổi các đặc điểm hình thái. Sau 30 ngày, rêu được đem đi quan sát bằng kính hiển vi với thang đo là 500  $\mu\text{m}$  để theo dõi sự phát triển của rêu. Kết quả xác định khả năng thay đổi khối lượng và diệp lục của rêu sẽ quyết định chọn lựa liều chiếu xạ tối ưu, dùng để kích thích rêu trước khi đưa rêu vào vùng quan trắc cụ thể.

#### 2.4. Cách treo túi rêu và quan trắc

Nguyên tắc treo túi rêu: trong thực nghiệm này, túi rêu chiếu xạ và không chiếu xạ được treo trong điều kiện môi trường tự nhiên, cũng điều kiện với môi trường của rêu mọc tự nhiên. Các túi rêu được treo tại các vị trí có độ cao trung bình 1,5 m so với mặt đất, độ cao này cũng là độ cao của các rên mọc tự nhiên khi lấy để phân tích.

Sau khi chọn lựa liều chiếu xạ tối ưu để kích thích phát triển rêu trong túi rên, tiến hành chiếu xạ túi rêu với số lượng lớn, đủ để làm chi thị sinh học trong quan trắc môi trường. Nghiên cứu này thực hiện treo túi rêu tại 3 địa điểm, cụ thể như sau:

- *Địa điểm thứ nhất:* khảo sát liều chiếu tối ưu để kích thích sinh trưởng của rêu. Nghiên cứu này chọn vị trí treo rêu tại Phòng A205, khu nhà A11, Trường Đại học Đà Lạt, có kinh độ: 11,955461, vĩ độ: 108,447509.

- *Địa điểm thứ hai và ba:* ứng dụng túi rêu trong quản trắc môi trường. Thực nghiệm chọn 40 vị trí tại Lâm Đồng. Các vị trí treo rêu ở tỉnh Lâm Đồng bao gồm: 13 vị trí tại Đà Lạt, 06 vị trí tại huyện Đức Trọng, 05 vị trí tại huyện Lâm Hà, 05 vị trí tại thị trấn Lạc Dương, 11 vị trí tại Bảo Lộc và Bảo Lâm. Các vị trí treo rêu tại Long Thành bao gồm 10 vị trí xung quanh khu vực sân bay có bán kính từ 3 km. Tọa độ tương ứng các vị trí đã được trình bày ở Bảng 2.2 và Bảng 2.3. Hình 2.8, Hình 2.9 mô tả các vị trí treo túi rêu tại tỉnh Lâm Đồng và vùng xây dựng sân bay Long Thành.

**Bảng 2.2.** Thông tin các vị trí thu mẫu rêu sống và treo túi rêu tại tỉnh Lâm Đồng

STT	Ký hiệu mẫu	Địa chỉ	Vĩ độ	Kinh độ
<b>Các điểm tại Tp. Đà Lạt</b>				
1	DL01	Gầu Nhà máy xử lý rác thải rắn Tp. Đà Lạt	11,902976	108,540691
2	DL02	Trạm xe buýt bến xe liên tỉnh	11,926683	108,446972
3	DL03	36 Trần Phú đối diện Trung tâm hành chính	11,935728	108,431734
4	DL04	Đường quốc lộ đi Cầu Đất	11,914522	108,525755
5	DL05	Đầu đường Đinh Tiên Hoàng	11,942566	108,41362
6	DL06	Trung tâm ứng dụng kỹ thuật Hạt nhân trong công nghiệp, 01 DT 7232, F12, Tp. Đà Lạt	11,980628	108,489914
7	DL07	Khuy dân cư Thái Phiên,	11,972246	108,47423

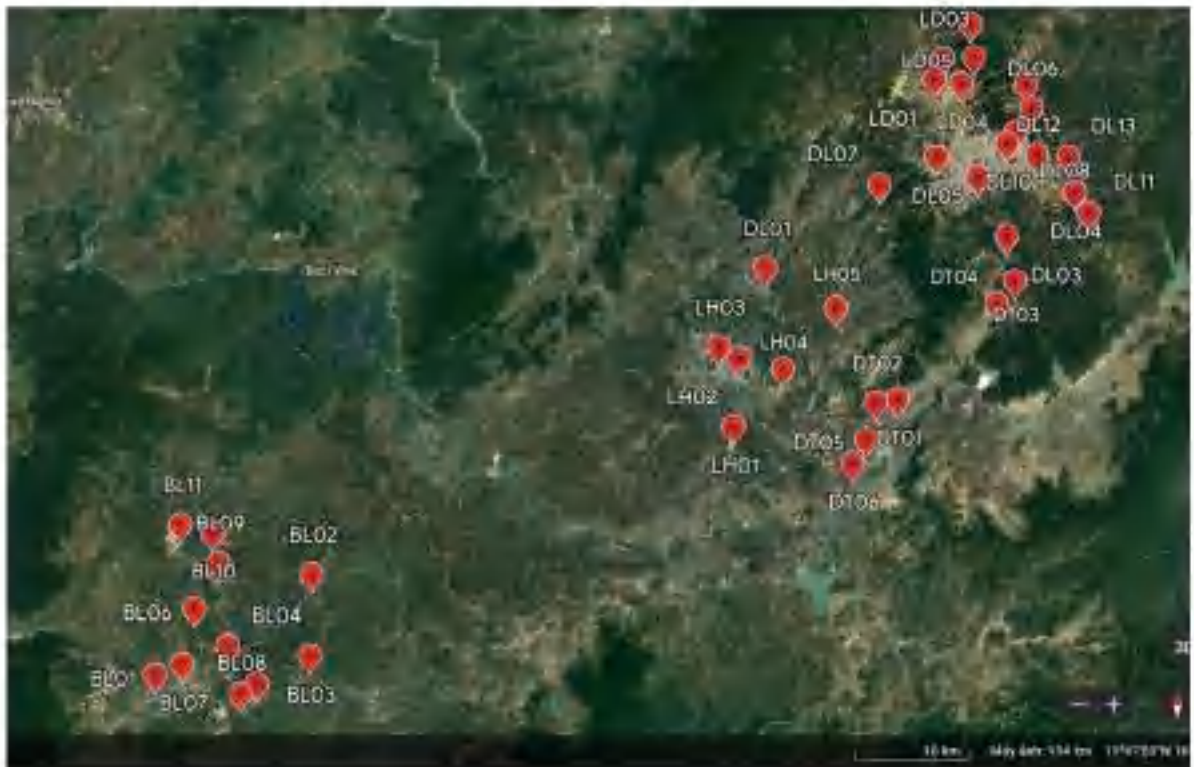
<b>STT</b>	<b>Ký hiệu mẫu</b>	<b>Địa chỉ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>Kinh độ</b>
		20/10 Ngô Gia Tự		
8	ĐL08	Hồ Than tằm, Garden September homestay	11,962071	108,477088
9	ĐL09	Đường từ Tp. Đà Lạt - Nha Trang, cách ngã 3 Thái Phiên Trại Mát 1 km	12,000178	108,4862187
10	ĐL10	Nhà lao thiếu nhi, số 6 đường Hồ Xuân Hương Lavini house (6F – Hồ Xuân Hương)	11,953532	108,470759
11	ĐL11	Cty TNHH Môi trường Năng lượng Xanh, Nhà máy xử lý chất thải rắn TP. Tp. Đà Lạt, 163B Xuân Trường	11,898908	108,536674
12	ĐL12	Khu dân cư, cách ngã 3 Trại Mát, Nhà Trang - Tp. Đà Lạt	11,943806	108,494602
13	ĐL13	Trụ sở Đảng ủy HĐND Xuân Thọ, thôn Đa Lộc, xã Xuân Thọ	11,942863	108,520584
<b>Các điểm tại thị trấn Lạc Dương - huyện Lạc Dương</b>				
14	LD01	Độc trời thị trấn Lạc Dương	12,003704	108,412293



<b>STT</b>	<b>Ký hiệu mẫu</b>	<b>Địa chỉ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>Kinh độ</b>
15	LD02	Đình Langbiang	12,046528	108,440146
16	LD03	Khu du lịch Langbian	12,020075	108,419331
17	LD04	Vườn Dâu Hoa Thắng Thịnh Thị trấn Lạc Dương	12,000362	108,434013
18	LD05	Khu quy hoạch Vạn Xuân giao với đường DT723	12,020963	108,443454
<b>Các điểm tại thị trấn Liên Nghĩa - huyện Đắc Trọng</b>				
19	DT01	Ngã 3 Liên Khương	11,751848	108,383527
20	DT02	Cảng hàng không Liên Khương	11,748897	108,365664
21	DT03	Lê Hồng Phong (ngã 3, đường đi Tp HCM và vô Lê Hồng Phong)	11,738645	108,374118
22	DT04	Chợ Liên Nghĩa (đường Lý Thường Kiệt)	11,729065	108,373045
23	DT05	Hồ Nam Sơn	11,720572	108,357790
24	DT06	Số 92 QL20 Phú Hội (cuối thị trấn Liên Nghĩa)	11,701247	108,347296
<b>Các điểm tại thị trấn Đình Văn - huyện Lâm Hà</b>				
25	LH01	Hồ thủy điện Đa Dăng 2,	11,730186	108,250822

<b>STT</b>	<b>Ký hiệu mẫu</b>	<b>Địa chỉ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>Kinh độ</b>
		Thị trấn Đình Văn		
26	LH02	Trường THPT Lâm Hà	11,784176	108,255221
27	LH03	ĐT725 giao với QL. 27. Thị trấn Đình Văn	11,793082	108,238913
28	LH04	Công Ty TNHH Cà Phê An Thái Bảo Khu Phố Văn Tám, Thị Trấn Đình Văn	11,787895	108,254551
29	LH05	Công Ty TNHH Sản Xuất Phân Bón Hữu Cơ Sinh Học Duyên Truyền, Thị trấn Đình Văn	11,792834	108,236765
<b>Các điểm tại Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm</b>				
30	BL01	Khu dân cư Beacun Pass, 1209 Trần Phú, Lộc Tiến, Tp. Bảo Lộc	11,534575	107,783515
31	BL02	Công Ty TNHH Dệt Tơ Tầm Việt Silk, Quang Trung, Phường 2, Tp. Bảo Lộc	11,557261	107,806955
32	BL03	344-378 QL20 xã Lộc Nga, Tp. Bảo Lộc	11,534407	107,857888
33	BL04	Tô Vĩnh Điện. Tp. Bảo	11,527217	107,865781

<b>STT</b>	<b>Ký hiệu mẫu</b>	<b>Địa chỉ</b>	<b>Vĩ độ</b>	<b>Kinh độ</b>
		Lộc		
34	BL05	DNTN Trà và cà phê Phương, phường Lộc Phát Tp. Bảo Lộc	11,584984	107,843806
35	BL06	Công ty Mosa Moka, Lý Thương Kiệt, phường Lộc Phát, Tp. Bảo Lộc	11,586498	107,815439
36	BL07	Nhà thờ Bảo Lộc, phường Blao, Tp. Bảo Lộc	11,542982	107,805654
37	BL08	Trung tâm đào tạo và sát hạch lái xe Bá Thiên, xã Lộc Nga, Tp. Bảo Lộc	11,519729	107,852947
38	BL09	Ban điều hành dự án nhà máy tuyển bauxite, TT. Lộc Thắng, Bảo Lâm	11,622534	107,835316
39	BL10	Công ty TNHH một thành viên nhôm Lâm Đồng, TT. Lộc Thắng, huyện Bảo Lâm (vị trí thứ nhất)	11,646577	107,829995
40	BL11	Công ty TNHH một thành viên nhôm Lâm Đồng, TT. Lộc Thắng, huyện Bảo Lâm (vị trí thứ hai)	11,652798	107,804417



**Hình 2.8.** Vị trí treo túi rêu tại các huyện, thành phố tại Lâm Đồng

**Bảng 2.3.** Thông tin các vị trí thu mẫu rêu sống và treo túi rêu tại vùng xây dựng sân bay Long Thành, tỉnh Đồng Nai

STT	Ký hiệu mẫu	Vĩ độ	Kinh độ
1	LT01	10,773756	107,050027
2	LT02	10,770096	107,022899
3	LT03	10,778462	107,023838
4	LT04	10,784347	107,029540
5	LT05	10,789381	107,038128
6	LT06	10,796258	107,046501
7	LT07	10,806839	107,061154
8	LT08	10,792890	107,064231

STT	Ký hiệu mẫu	Vĩ độ	Kinh độ
9	LT09	10.773076	107,055991
10	LT10	10.770462	107,041572



**Hình 2.9.** Vị trí treo túi rêu tại vùng xây dựng sân bay Long Thành

Về điều kiện tự nhiên, Lâm Đồng, vùng đất nằm trong vùng cao nguyên Tây Nguyên của Việt Nam, điều kiện đặc biệt thích hợp cho sự phát triển của các loại rêu. Với một độ cao trung bình từ 800 đến 1.500 mét so với mực nước biển, Lâm Đồng thường có một khí hậu mát mẻ và thoải mái, là một điều kiện lý tưởng cho sự phát triển của rêu. Nhiệt độ ở Lâm Đồng thường ổn định quanh khoảng 20°C đến 25°C, không có sự biến động nhiệt độ quá lớn trong ngày và đêm. Điều này giúp cho rêu có thể tận dụng ánh nắng mặt trời một cách hiệu quả để thực hiện quá trình quang hợp, làm cho chúng phát triển mạnh mẽ. Ngoài ra, độ ẩm cũng là yếu tố quan trọng khác giúp rêu phát triển tốt.

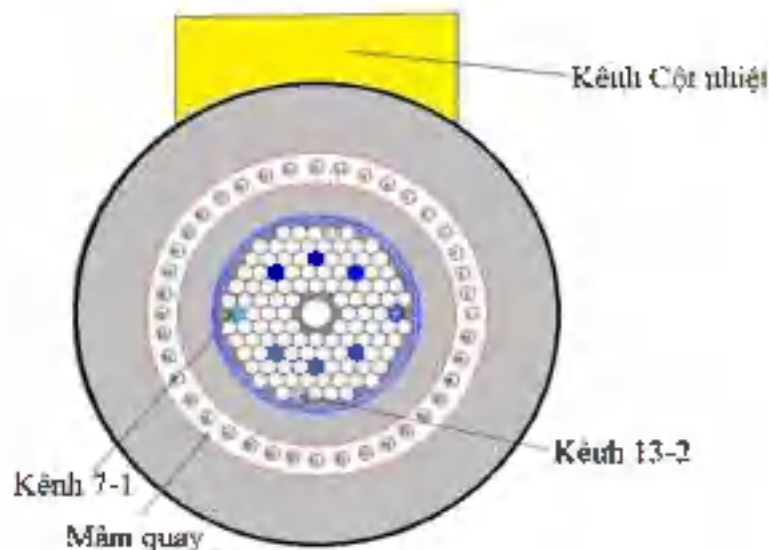
Sân bay Long Thành nằm tại tỉnh Đồng Nai, Việt Nam, nằm trong điều kiện tự nhiên của vùng Đông Nam Bộ. Với một khí hậu nhiệt đới gió mùa, sân bay Long Thành thường trải qua một biến đổi mùa rõ rệt. Mùa hè nhiệt độ có thể tăng lên

đáng kể, thường vượt qua 30°C, trong khi mùa đông thì tương đối ẩm áp với nhiệt độ trung bình dao động từ 20-25°C. Độ ẩm tại sân bay Long Thành cũng có sự thay đổi theo mùa. Mùa mưa thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11, là thời kỳ có độ ẩm cao nhất. Trong khi đó, từ tháng 12 đến tháng 4 là mùa khô, độ ẩm thấp hơn và thời tiết thường khá khô hanh.

## 2.5. Phương pháp INAA

### 2.5.1. Hệ thực nghiệm INAA

Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt được nâng cấp từ lò TRIGA MAXK II, công suất lên đến 500 kW, thông lượng neutron trung bình trong vùng hoạt khoảng  $10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>/s, là một nguồn neutron thích hợp cho phân tích NAA đối với nhiều loại đối tượng mẫu như: địa chất, khảo cổ, sinh, y học và môi trường. Ba vị trí thường được sử dụng để chiếu mẫu trong phân tích INAA tại Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt là các kênh khô ở ô 7-1, 13-2 và kênh chiếu ướt là mâm quay (Hình 2.10) (Hồ Mạnh Dũng, 2016).



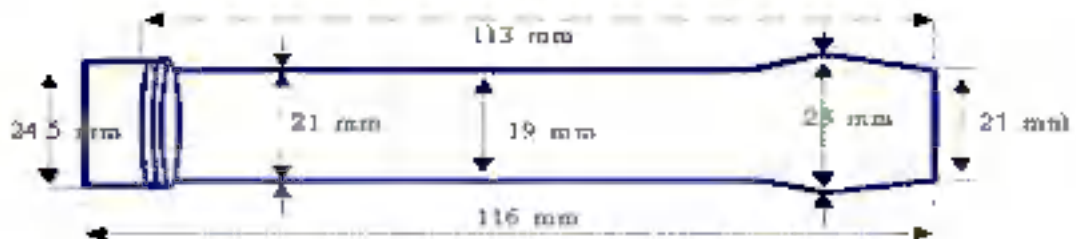
**Hình 2.10.** Mô tả vị chiếu mẫu tại kênh 7-1 và mâm quay (Hồ Mạnh Dũng, 2016)

Mâm quay nằm ở ngoài vành phản xạ có 40 hốc để chiếu mẫu, là vị trí chiếu ướt dùng cho các phép chiếu dài (> giờ), thời gian thao tác đặt và thu mẫu khoảng 10÷15 phút.



Hệ chiếu mẫu bằng khí nén kênh 7-1 chuyên dùng cho phân tích kích hoạt neutron lò phản ứng. Hệ hao gồm bốn khối chính: Khối các nguồn nước, Khối điều khiển, Khối tạo áp suất và hệ thống đường ống để chuyển mẫu.

Container sử dụng cho việc chiếu mẫu trên kênh 7-1 được làm bằng polyethylene, có khối lượng 12,5 gam, gồm hai phần thân và nắp, có kích thước và hình dạng như Hình 2.11, thời gian chuyển mẫu ~5 giây.



**Hình 2.11.** Hình dạng và kích thước của container chiếu mẫu tại kênh 7-1 (Hồ Mạnh Dũng, 2016)

Các phương pháp định lượng khác thường phải phá mẫu bằng hóa học, trong khi đó INAA là phương pháp phân tích không phá hủy mẫu, có độ nhạy và độ chính xác cao (sai số  $\pm 1$  đến 10%).

**Bảng 2.4.** Các thông số phổ neutron tại vị trí chiếu mẫu rêu (Hồ Mạnh Dũng, 2016)

STT	Vị trí	Thông lượng neutron nhiệt ( $n/cm^2/s$ )	$\alpha$	f
1	Mâm quay	$3,61 \times 10^{12}$	0,073	37,3
2	Kênh 7-1	$4,51 \times 10^{12}$	- 0,031	9,7

Bảng 2.4 thể hiện thông số tại vị trí chiếu mẫu rêu, trong đó  $\alpha$  là hệ số lệch phổ khởi quy luật  $1/E$  và f là tỉ số thông lượng neutron nhiệt/ thông lượng neutron trên nhiệt (Hồ Mạnh Dũng và cộng sự, 2016).

### 2.5.2. Chuẩn bị mẫu để phân tích bằng kỹ thuật INAA

Rêu tự nhiên sạch khi được lựa chọn, sấy khô có độ ẩm nhỏ hơn 8%, cùng các

mẫu rêu sau khi treo sẽ được xử lý, chuẩn bị tạo mẫu theo trình tự các bước ở Hình 2.12 nước khi được chiếu xạ theo các quá trình phân tích kích hoạt neutron.



**Hình 2.12.** Sơ đồ qui trình chuẩn bị mẫu trong phân tích kích hoạt neutron

Mẫu rêu sau quá trình chuẩn bị mẫu được đưa vào ống chiếu hàng nhôm với mẫu quay và bằng nhựa chuyên dụng với kênh 7-1. Các mẫu được chiếu tại mâm quay (chiều trung bình và dài) và kênh 7-1 (chiều ngắn) của lò phản ứng. Mỗi ống chiếu đem chiếu chứa các mẫu phân tích cùng với một lá dò vàng độ tinh khiết 99,99% và một mẫu chuẩn lần từ rêu (IAEA-392) để kiểm soát quy trình.

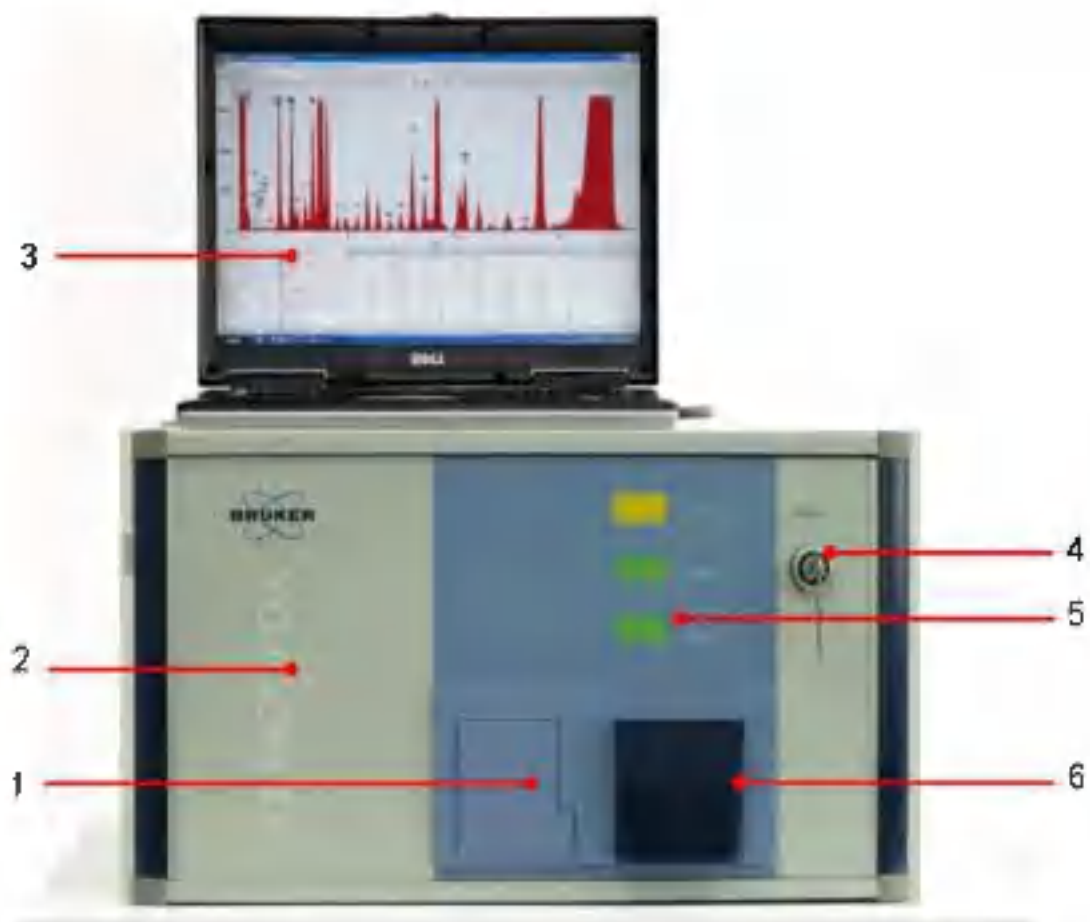
Chiều ngắn được tiến hành chiếu 120 giây nên Kênh 7-1 với thông lượng neutron nhiệt  $\sim 4.2 \times 10^{12}$  cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Để xác định các đồng vị có thời gian sống ngắn, mỗi mẫu được để rã trong 5÷10 phút và sau đó đo trong 5 ÷ 15 phút. Chiều dài được tiến hành trong 10 giờ trên mâm quay với thông lượng neutron nhiệt  $\sim 3.5 \times 10^{12}$  cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Các mẫu để rã trong 2÷4 ngày trước khi tiến hành đo trong 24 giờ.



## 2.6. Phương pháp TXRF

### 2.6.1. Hệ đo TXRF S2 PICOFOX™

Hệ phổ kế TXRF loại S2 PICOFOX™ do Bruker (Đức) sản xuất, loại đặt mẫu tự động, kết nối máy tính qua cổng USB (Hình 2.13.) được trưng bày tại Trường Đại học Đà Lạt.



1. Điều chỉnh giao diện; 2. Hệ phổ kế; 3. Phần mềm điều khiển;

4. Khóa khởi động nguồn; 5. Đèn hiển thị; 6. Cổng đặt mẫu

**Hình 2.13.** Hệ phổ kế TXRF PICOFOX S2™ (Bruker, S2 PICOFOX™, 2018)

Hệ TXRF S2 PICOFOX™ 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 Al đến U. Cấu tạo của hệ gồm: ống phát tia X (hيا

Molipden), năng lượng phát  $\sim 17,5$  keV ( $K\alpha_1 = 17,479$  keV,  $K\alpha_2 = 17,374$ ). làm việc ở điều kiện điện áp 50 kV, dòng điện 1000  $\mu$ A; hệ lọc đơn năng là tinh thể đa lớp làm bằng kim loại đồng; detector thu nhận tia X là detector bán dẫn loại SDD. Một số thông số chính của hệ phổ kế TXRF PICOFOX S2™ được trình bày ở Bảng 2.5 (Bruker, S2 PICOFOX™, 2018).

**Bảng 2.5.** Các thông số kỹ thuật cơ bản của hệ TXRF PICOFOX S2™

Tham số	Thông số
Kích thước	590 mm×450 mm× 300 mm
Thông số điện áp vào	100–240 V $\pm 10$ %, 50/60 Hz, công suất cực đại 150 W, nối đất triệt nhiễu.
Thông số hệ phổ kế	
ADC	Loại 4k, 4.096 kênh, 12bit
Detector	Bruker Nano GmbH, loại Silicon-Drift Detector (SDD), diện tích bề mặt: 30mm <sup>2</sup> , độ phân giải <160 eV tại Mn K <sub>α</sub> (5,898,8 eV), tốc độ ghi nhận tối đa > 100 kcps.
Thông số điện áp cao thế	Loại MNX 50P50/XCC Điện áp vào: 24 V, dòng cực đại 2.5 A Điện áp làm việc 50 kV, dòng 1000 $\mu$ A, công suất 50W
Ống phát tia X	Loại MCBM50-0,6G, gồm sứ mạ kim loại, Mo Góc phát 12°, đầu nôi 1,2×0,1 mm <sup>2</sup> , cửa sổ ống phát tia X: 100 $\mu$ m (Be), công suất phát 50 W, tổng thời gian làm việc $\sim 10.000$ giờ.
Thông số tia X	Phát đơn năng nhờ bộ lọc đa lớp, 17,5 keV (Mo), kích cỡ chùm tia 8×8 mm <sup>2</sup>
Thông số khay mẫu	Đặt mẫu dạng khay, điều khiển bằng mô tơ bước đo

	Chương trình máy tính, số mẫu tối đa khi đặt vào: 25.
<b>Điều kiện vận hành hệ TXRF</b>	Nhiệt độ trong dải $0 \div 29$ °C, độ ẩm tương đối: $20 \div 80\%$ , không bị ngưng tụ, đối lưu tự nhiên, không bụi.

\* **Khối phát tia X:** Khối phát tia X có công suất 50 W, hiá phát (cathode) nổi đất, anode của ống phát nối với điện áp cao thế dương. Cao thế và dòng điện của ống phát được điều chỉnh bởi giao diện XSys (thay đổi điện áp vào từ  $0 \div 10$  V).

Ống phát tia X được trang bị bộ phận bảo vệ bức xạ dày 5 mm làm bằng đồng. Theo hướng về phía hệ lọc đơn năng, có một lỗ với đường kính 3 mm để phát ra chùm tia X với năng lượng mong muốn. Để đảm bảo làm mát hiệu quả nhất, ống phát tia X được bao quanh bởi kênh thông gió với quạt.

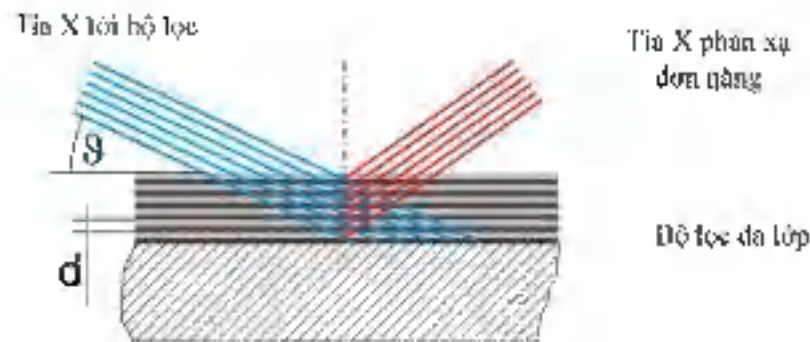
Ống phát tia X được hút chân không, tuổi thọ bị ảnh hưởng đáng kể bởi chế độ vận hành. Để đảm bảo hiệu suất cao trong thời gian vận hành dài, các thay đổi về dòng điện và điện áp được xác định bởi phần mềm theo các quy định đã được xác định chính xác. Bao gồm thời gian khởi động ống phát và phụ thuộc vào thời gian đã sử dụng cuối cùng trước đó.

Thời gian hoạt động của ống phát tia X (không phải của thiết bị) được quản sát bởi bộ đếm giờ hoạt động. Bộ đếm này nằm bên trong thiết bị và chỉ có thể truy cập bởi nhân viên dịch vụ.

\* **Bộ lọc đơn năng:** Nhiệm vụ của bộ lọc đơn năng là chỉnh sửa hình học và thay đổi phổ của bức xạ của ống phát tia X cho tối ưu theo phương pháp phân xạ toàn phần bia mẫu kích thích. Việc định vị chùm tia được thực hiện bằng hệ thống lỗ hờ và tạo ra hình dạng chùm tia trong vùng diện tích mẫu đo khoảng  $7 \times 0,1$  mm<sup>2</sup>.

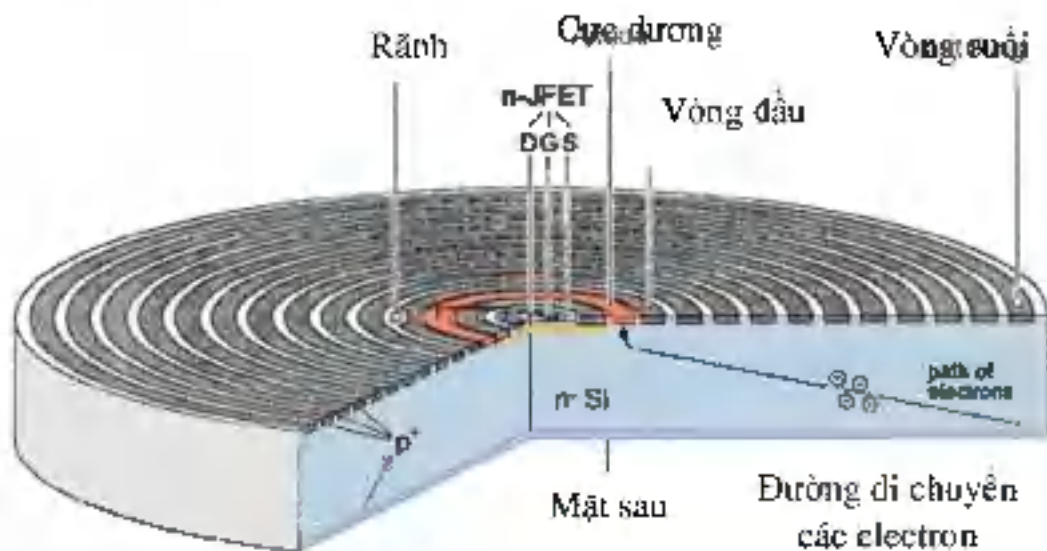
Nguyên tắc tạo đơn sắc chùm tia X thông qua hệ thống nhiễu xạ đa lớp theo quy luật nhiễu xạ Bragg. Bộ đa lớp được làm bằng các lớp xen kẽ các lớp nguyên tố nhẹ và các lớp nguyên tố nặng hoặc các hợp chất của chúng. Hình 2.14 mô tả quá trình nhiễu xạ tia X qua các lớp vật chất của hệ lọc đơn năng. Ví dụ như một hệ thống lớp làm bằng 100 lớp Nickel/Carbon với khoảng cách giữa các lớp là 2,88 nm.

Với hệ TXRF PICOFOX S2™, trong bộ lọc đơn năng, góc tới và góc phản xạ trên bộ đĩa lớp được điều chỉnh bởi hệ thống lỗ hơ theo cách mà năng lượng quan tâm của phổ tia X phản xạ. Ngoài ra, một bộ lọc làm bằng lá kim loại thường được sử dụng để loại bỏ các tia X năng lượng thấp. Cấu hình và điều chỉnh thiết bị bộ lọc đơn năng được thực hiện tại nhà máy, người dùng không thể thay đổi.



**Hình 2.14.** Nhiễu xạ tia X trên bộ lọc đơn năng (Bruker, S2 PICOFOX™, 2018)

\* **Detector:** Bức xạ tia X đặc trưng phát ra từ bia mẫu được ghi nhận bởi đầu dò bán dẫn hoạt động theo nguyên tắc buồng trời (SDD). Cấu tạo detector SDD được trình bày ở Hình 2.15.

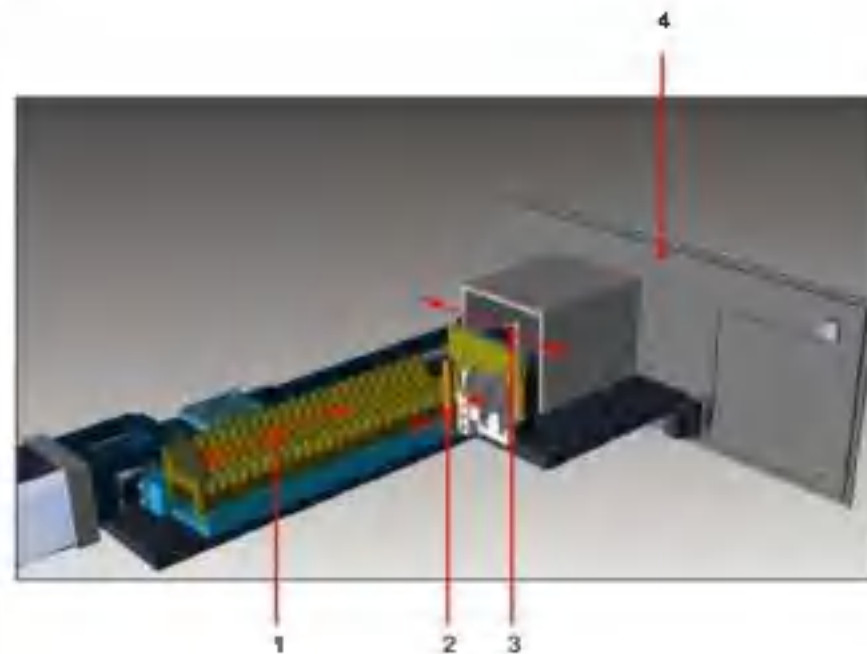


**Hình 2.15.** Cấu tạo detector SDD theo mặt cắt ngang (Bruker, 2018)

Trong vùng thể tích hoạt động của detector, mỗi lượng tử tia X tạo ra một khoảng không gian tích điện, đây chính là các điện cực, cứ như thế sẽ tạo thành một

trường thế cao bên trong detector, và là nguyên nhân tạo ra một tín hiệu điện. Xung điện này được khuếch đại bởi một bộ tiền khuếch đại và khuếch đại XSPV, sau đó đi đến bộ xử lý tín hiệu số XDSP, tiếp tục gửi tín hiệu số đến máy tính thông qua cổng RS232. Để giảm thiểu nhiễu, detector bán dẫn được làm lạnh bằng điện. Việc cung cấp điện áp phụ cũng như kiểm soát chế độ làm mát được thực hiện bởi bộ phận Xnetz.

\* **Bộ chuyển mẫu:** Bộ chuyển mẫu tự động của hệ TXRF PICOFOX S2™ có thể đặt tối đa 25 vật mang mẫu (đĩa) trong một băng. Bộ chuyển mẫu trong hệ này có những nhiệm vụ khác nhau. Một chức năng rất quan trọng là người dùng có thể đặt mẫu vào vị trí đo mà không bị ảnh hưởng bởi vùng phát bức xạ tia X. Do đó, bộ thay đổi mẫu còn có chức năng an toàn bức xạ.



1. Hướng di chuyển của khay đựng mẫu      3. Hướng di chuyển của kẹp  
2. Hướng di chuyển của mẫu      4. Bảng điều khiển phía trước

**Hình 2.16.** Cấu tạo của bộ chuyển mẫu (Brucker, 2018)

Bên cạnh định vị cơ học, bộ thay đổi mẫu cũng có một nhiệm vụ quan trọng liên quan đến việc đảm bảo các điều kiện đo có thể lặp lại (chuyển mẫu tự động). Đây là lý do tại sao việc điều chỉnh trực của tinh thể mang mẫu với detector được

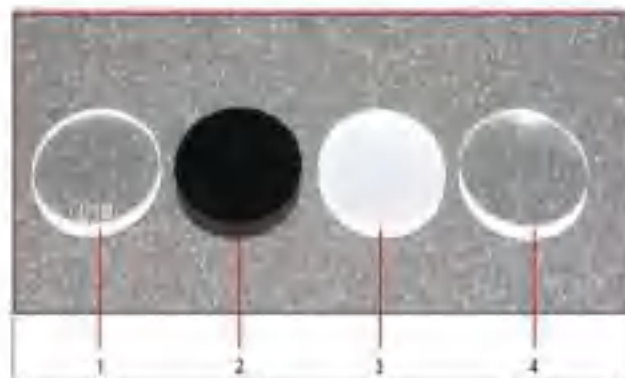


thực hiện riêng với bộ thay đổi mẫu. Hình 2.16 mô tả bên trong của bộ chuyển mẫu.

\* **Vật mang mẫu:** Trong phân tích TXRF, vật mang mẫu đóng một vai trò quan trọng trong việc xác định chính xác hàm lượng nguyên tố trong mẫu. Các loại vật liệu mang mẫu thông thường của hệ TXRF hãng Bruker được trình bày ở Hình 2.17. Các yếu tố đảm bảo má hãng Bruker đưa ra gồm:

- Bruker Nano GmbH áp dụng kích thước thể tích tiêu chuẩn cho vật mang mẫu TXRF với đường kính 30 mm và độ dày 3.0 mm  $\pm$  0.1 mm.
- Vật mang mẫu phải được loại bỏ các tạp chất, đảm bảo tinh khiết.
- Bề mặt của các vật mang mẫu phải được đánh bóng để đảm bảo chất lượng quang học, độ nhẵn phải nhỏ hơn  $\lambda/4$  ( $\lambda$  là bước sóng của tia tới).

Sau mỗi lần phân tích, các vật mang mẫu (ngoại trừ thủy tinh acrylic) phải được làm sạch cẩn thận. Mặc dù các vật mang mẫu được làm bằng vật liệu rất cứng, nhưng chúng có thể bị hư hỏng hoặc bị xước bởi việc xử lý không phù hợp, và rất dễ làm ảnh hưởng đến quá trình phân tích định lượng.



1. Thủy tinh thạch anh      3. Sapphire  
2. Carbon thủy tinh      4. Thủy tinh acrylic

**Hình 2.17.** Các loại vật mang mẫu (Bruker, S2 PICOFOX™, 2018)

Cho đến nay, các vật mang mẫu làm bằng thủy tinh thạch anh cho kết quả tốt nhất trong phân tích TXRF. Ưu điểm là vật mang mẫu bằng thủy tinh thạch anh có giá thành tương đối rẻ, có thể sử dụng nhiều lần sau khi làm sạch, để làm sạch có độ bền cao và nền phông thấp.

### 2.6.2. Chuẩn bị mẫu cho phân tích bằng kỹ thuật TXRF

Một số thiết bị và dụng cụ cần thiết sử dụng trong quá trình chuẩn bị mẫu khi phân tích bằng kỹ thuật TXRF ở phòng thí nghiệm Trường Đại học Đà Lạt được mô tả trong Bảng 2.6.

**Bảng 2.6.** Các thiết bị và dụng cụ cần thiết trong quá trình tạo mẫu bằng TXRF

Mô tả thiết bị và công năng	Hình ảnh
<p style="text-align: center;"><b>Tủ xử lý mẫu</b></p> <p>Với bộ lọc không khí để chuẩn bị và bảo quản mẫu và thiết bị không bị nhiễm bẩn. Acid hóa mẫu, rửa mẫu, hút mùi hóa chất</p>	
<p>Micropipet Eppendorf : Thể tích 0,5– 5000 <math>\mu\text{l}</math></p>	

Mô tả thiết bị và công năng	Hình ảnh
<p>Máy nghiền trộn MM 400 – Retsch dùng để phá mẫu rắn, đá, thực vật... đến kích cỡ 5 <math>\mu\text{m}</math>.</p>	
<p>Máy phá mẫu vi sóng MARS 6 của hãng CEM - Mỹ, dùng để phá mẫu rắn, đá, thực vật... đến kích cỡ 50nm.</p>	
<p>Bể rửa siêu âm RK156BH Badelin - Đức</p>	



<b>Mô tả thiết bị và công năng</b>	<b>Hình ảnh</b>
<p data-bbox="319 600 670 716">Bình định mức Pha các dung dịch chuẩn</p>	
<p data-bbox="311 1142 678 1265">Ống nhựa Dụng cụ dùng để lưu mẫu</p>	
<p data-bbox="343 1635 646 1758">Bơm chân không dùng để làm khô mẫu</p>	

Mô tả thiết bị và công năng	Hình ảnh
<p>Bếp gia nhiệt mặt ceramic C-MAG HP 4 – 35816A0 – IKA dùng để sấy các đĩa maug mẫu</p>	
<p>Cân phân tích Dùng để cân khối lượng mẫu, độ chính xác <math>10^{-4}</math>g</p>	
<p>Máy lắc tròn – Ms 3 Basic – 00036170A0 – IKA Dùng để trộn dung dịch và chống kết tủa</p>	

\*- Tạo mẫu trong phân tích TXRF

Sử dụng mẫu rắn đã nghiền thành dạng bột mịn bằng máy nghiền mẫu, độ mịn

đạt đến 500  $\mu\text{m}$ , dùng để phá mẫu bằng hệ phá mẫu vi sóng MARS 6 (Hình 2.18). Việc phá mẫu bằng vi sóng dùng axit là một kỹ thuật dùng để hòa tan mẫu rắn thành mẫu lỏng. Điều này đạt được bằng cách cho một axit thích hợp vào mẫu đựng trong một bình kín, nhiệt độ và áp suất tăng thông qua việc chiếu xạ vi sóng. Tốc độ phân hủy mẫu phụ thuộc vào nhiệt độ và độ hòa tan của các kim loại nặng trong dung dịch. Một khi các kim loại nặng đã nằm trong dung dịch, chúng có thể được định lượng thông qua các phương pháp phân tích khác nhau. MARS 6 giúp giảm thời gian chuẩn bị mẫu khoáng trên 70% so với các kỹ thuật truyền thống.

Các thao tác tiến hành trên máy phá mẫu vi sóng MARS 6 đối với mẫu rêu như sau: Trộn 0,1 g bột rêu cùng với 2 ml  $\text{HNO}_3$  và 1 ml  $\text{HCl}$  (Merck) (65%) sau đó cho vào bình phá mẫu. Thời gian phá mẫu bao gồm: thời gian gia nhiệt đến 200  $^\circ\text{C}$  là 15 phút, thời gian ủ nhiệt là 25 phút, sau đó làm nguội tự nhiên đến nhiệt độ phòng. Sau khi kết thúc quá trình phá mẫu vi sóng, mẫu rêu đã được phân hủy hoàn toàn.



**Hình 2.18.** Máy phá mẫu vi sóng MARS 6

Để phân tích trên hệ TXRF, mẫu rêu đã được phân hủy cần thêm dung dịch chuẩn nội. Trong nghiên cứu này, chuẩn nội Gallium được sử dụng, nồng độ Ga trong mẫu rêu cần phân tích là 1 ppm.

Để bề mặt mẫu đều, cần nhỏ khoảng 10  $\mu\text{l}$  silicone lên vật mang mẫu, sau đó sấy khô ở nhiệt độ 40  $^\circ\text{C}$  trong 20 phút. Vật mang mẫu được sử dụng là đĩa thủy tinh thạch anh với nhiều ưu điểm ưu độ tinh khiết cao, phẳng đều thấp, dễ dàng làm sạch. Sau khi đĩa được sấy khô, nhỏ 10  $\mu\text{l}$  mẫu dung dịch cần đo lên tâm của

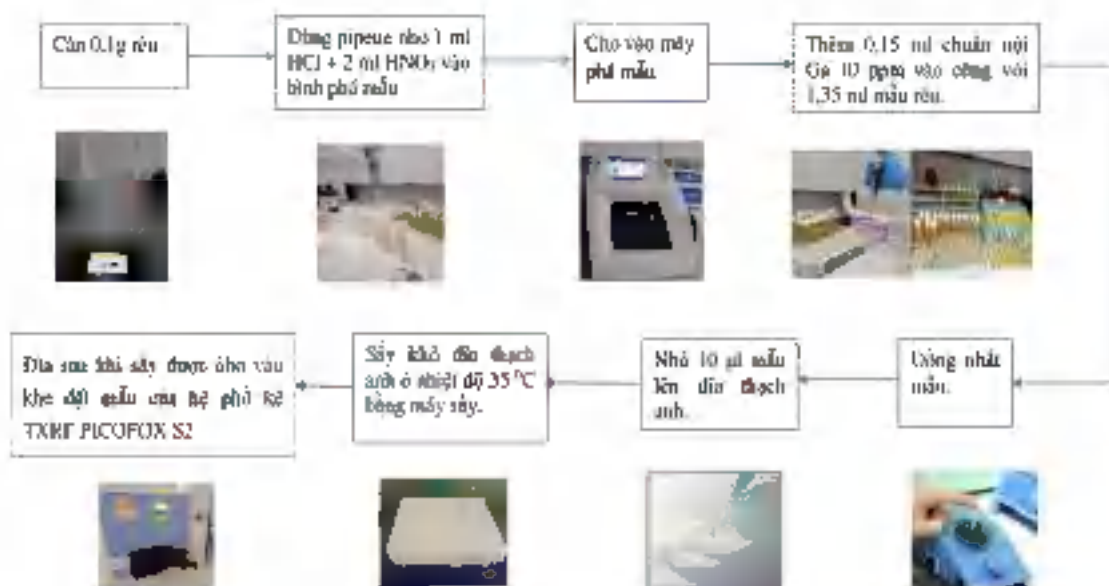
đĩa (đường kính của giọt mẫu không được vượt quá 10 mm) và tiếp tục sấy khô ở nhiệt độ 35 °C trong 40 phút.



**Hình 2.19.** Đường kính và độ dày tối đa của mẫu (Bruker, S2 PICOFOX™, 2018)

Ngoài yêu cầu về kích thước của đường kính, giọt mẫu sau khi được nhỏ lên vật mang mẫu và sấy khô còn phải đạt yêu cầu về độ dày, cụ thể là không được vượt quá 100 µm (Hình 2.19).

Sau khi hoàn tất việc nhỏ mẫu, tiếp tục để đĩa mang mẫu lên máy sấy để mẫu khô hoàn toàn. Có thể tóm tắt các bước tiến hành tạo mẫu rêu cho phương pháp phân tích TXRF từ khi tạo được mẫu rêu đã nghiền với kích cỡ 500 µm đến khi hoàn tất việc tạo mẫu TXRF như ở Hình 2.20.



**Hình 2.20.** Sơ đồ các bước chuẩn bị mẫu rêu cho kỹ thuật đo TXRF

## 2.7. Phương pháp ED-XRF

### 2.7.1. Hệ đo ED-XRF SPECTRO XEPOS

Hệ ED-XRF trong phân tích là loại SPECTRO XEPOS do hãng Ametek (Đức) sản xuất được trang bị tại Viện nghiên cứu năng lượng nguyên tử Hàn Quốc (KAERI), là hệ đo bán tự động với số mẫu tối đa cho một lần đo là 12 mẫu (Hình 2.21).



a) Hình dạng hệ ED-XRF    b) Hệ ED-XRF kết nối với máy tính    c) Bên trong hệ ED-XRF ở các vị trí đặt mẫu

**Hình 2.21.** Hệ đo ED-XRF sử dụng trong nghiên cứu

Một số thông số kỹ thuật của hệ ED-XRF loại SPECTRO XEPOS được trình bày ở Bảng 2.7.

**Bảng 2.7.** Các thông số kỹ thuật của hệ đo ED-XRF loại SPECTRO XEPOS

Mô tả	Khả năng của hệ ED-XRF loại SPECTRO XEPOS
Kích thước hệ đo	Cao (465 mm), rộng (618 mm), sâu (730 mm). Trọng lượng: ~65 kg.
Loại bức xạ phân tích	Phân tích huỳnh quang tia X phân tán năng lượng

Mô tả		Khả năng của hệ ED-XRF loại SPECTRO XEPOS
Khả năng phân tích nguyên tố trong mẫu		Hầu hết các nguyên tố từ Na đến U
Giới hạn phát hiện của một số nguyên tố		Cd, Hg, Br, Cr, Pb $\leq$ 2ppm
Hình dạng mẫu		Kích thước tùy ý, bất kỳ hình dạng nào
Loại mẫu		Nhựa, Kim loại, Phim, Chất lỏng, ...
Ống tia X	Bia phát	Mo
	Điện áp	5 ÷ 50 kV
	Dòng điện	1 ÷ 1000 $\mu$ A
Đường kính tiếp xúc mẫu		2, 5, 8 mm
Detector		Detector loại SDD, độ phân giải năng lượng 125 eV tại 5,9 keV
ADC		2.048 kênh
Bộ lọc		6 bộ lọc được tự động chọn và chuyển đổi
Quản sát mẫu		Máy ảnh màu CCD 200
Thời gian phân tích		30 - 900 giây, có thể điều chỉnh thời gian.

### 2.7.2. Chuẩn bị mẫu rắn cho phân tích bằng kỹ thuật ED-XRF

Quy trình chuẩn bị mẫu trong phân tích bằng kỹ thuật ED-XRF được trình bày ở Hình 2.22.





**Hình 2.22.** Quy trình chuẩn bị mẫu cho phân tích bằng kỹ thuật ED-XRF

## 2.8. Sự khác biệt giữa rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ bằng phép kiểm định thống kê

Các giá trị cầu kiểm định là hàm lượng diệp lục và khối lượng giữa 02 nhóm: rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ. Đặt giả thiết cần kiểm định như sau (Goodman, 1992) :

**H<sub>01</sub>:**  $\mu_r = \mu_{nr}$ , là giả thiết trị trung bình hàm lượng diệp lục trong hai nhóm rêu chiếu xạ và không chiếu xạ là bằng nhau;  $\mu_r$  là giá trị trung bình hàm lượng diệp lục rêu chiếu xạ,  $\mu_{nr}$  là giá trị trung bình của hàm lượng diệp lục rêu không chiếu xạ.  
**H<sub>02</sub>:**  $\mu_w = \mu_{nw}$ , là giả thiết khối lượng của hai nhóm rêu chiếu xạ và không chiếu xạ là bằng nhau; với  $\mu_w$  là giá trị trung bình khối lượng của rêu chiếu xạ,  $\mu_{nw}$  là giá trị trung bình khối lượng của rêu không chiếu xạ.

Để chấp nhận hay bác bỏ giả thuyết  $H_{01}$  hoặc  $H_{02}$ , cần tính trị thống kê  $Z$  theo công thức (2.1) và so sánh với giá trị  $P(Z > Z_{\alpha})$ . Với  $Z_{\alpha} = \text{Normsinv}(1 - \alpha)$  là trị số thống kê tại mức cô nghĩa  $\alpha$ .

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (2.1)$$

trong đó  $\bar{X}$  là giá trị trung bình của mẫu, được tính theo công thức (2.2):

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.2)$$

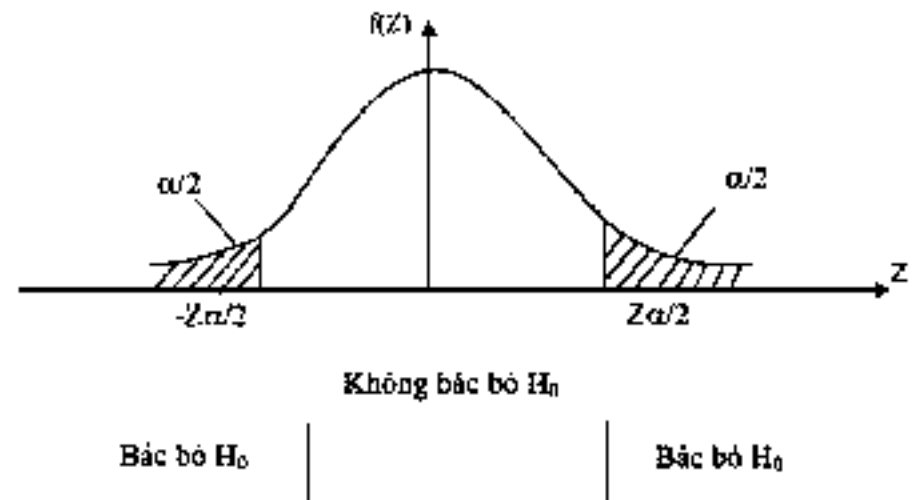
$\mu_0$  là giá trị kỳ vọng trong giả thuyết  $H_{01}$ ,  $\sigma$  là độ lệch chuẩn của không gian mẫu và được tính theo công thức (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad n \text{ là không gian mẫu.} \quad (2.3)$$

Giá trị  $Z$  được sử dụng để tính giá trị  $p$  theo công thức (2.4):

$$p = 1 - F(Z) \quad (2.4)$$

với  $F(Z)$  là hàm thống kê được sử dụng để tính giá trị của hàm phân bố chuẩn (standard normal distribution function) tại một giá trị  $Z$  cụ thể.



**Hình 2.23.** Minh họa kiểm định giả thiết thống kê

Khi kiểm định một giả thiết, chúng ta chọn một mức ý nghĩa ( $\alpha$ ), sau đó tính toán số liệu thống kê dựa trên các dữ liệu để lấy được một mức ý nghĩa quan sát



được ( $p$ ). Cuối cùng, so sánh 2 mức này ( $\alpha$  với  $p$ ) để đưa ra quyết định bác bỏ giả thuyết hoặc không bác bỏ giả thuyết (Hình 2.23).

Giá trị  $p$  là mức ý nghĩa quan sát (observed significance level), tương ứng với giá trị kiểm định thống kê. Ví dụ, khi dùng hàm kiểm định  $Z$ , giá trị  $p$  là diện tích (xác suất) của đường phân bố từ giá trị thống kê kiểm định  $Z$  đến vô cực. Hay nói cách khác, giá trị  $p$  là giá trị nhỏ nhất của mức ý nghĩa  $\alpha$  mà chúng ta từ chối giả thuyết  $H_0$ . Nếu  $\alpha$  nhỏ hơn nữa thì chúng ta chấp nhận  $H_0$  vì lực này  $X$  sẽ nhỏ  $Z_\alpha$  (và  $p$  sẽ lớn hơn  $\alpha$ ). Giá trị  $p$  cũng là giá trị lớn nhất của  $\alpha$  cho phép chúng ta chấp nhận  $H_0$ . Nếu  $\alpha$  lớn hơn giá trị này, chúng ta từ chối  $H_0$ .

Giá trị  $p$  đóng vai trò quan trọng trong kiểm định thống kê vì các phần mềm xử lý thống kê đều cho giá trị này. Hơn nữa, giá trị  $p$  rất dễ dàng tính toán và sử dụng. Khi ra quyết định từ chối hay chấp nhận một giả thuyết chỉ cần xem xét giá trị  $p$ . Nếu  $p > \alpha$  chúng ta chấp nhận  $H_0$  và nếu  $p < \alpha$  chúng ta bác bỏ  $H_0$ .

## 2.9. Tóm tắt Chương 2

Để tiến hành hoạch định và đo đạc thì xây dựng các quy trình là cần thiết - đó cũng chính là nội dung của Chương 2. Trong Chương này, quy trình tạo mẫu rêu trong phân tích rêu tự nhiên cũng như tái rêu được trình bày theo sơ đồ khối từ khâu thu hái đến tạo mẫu cho 3 phương pháp. Tùy vào phương pháp phân tích mà có những cách chuẩn bị mẫu khác nhau, ngay cả trong cùng phương pháp phân tích cũng có đến 2 cách tạo mẫu (ở phương pháp phân tích NAA). Nội dung Chương 2 cũng trình bày về các hệ thiết bị dùng trong nghiên cứu, quy trình chiếu xạ, cách thức treo rêu, thu gom để xử lý và phân tích. Việc tạo mẫu cũng như các quy trình khác đòi hỏi phải cẩn thận, tỉ mỉ, giảm thiểu sai số trong quá trình thu nhận giá trị thực nghiệm.

### Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả chọn lựa rêu làm mẫu và chuẩn bị túi rêu

Phần rêu được chọn sẽ sắp xếp vào túi rêu, mang đi chiếu xạ, và treo tại các vị trí quan trắc (Hình 3.1). Một phần nhỏ rêu này được giữ lại để phân tích hàm lượng các nguyên tố có trong rêu ban đầu. Mẫu được phân tích 03 lần bằng cả 03 phương pháp INAA, TXRF và ED-XRF. Bảng 3.1 liệt kê hàm lượng các nguyên tố có trong mẫu rêu trước khi đem đi quan trắc. Kết quả phân tích hàm lượng này sẽ được dùng để trừ đi từ kết quả phân tích hàm lượng của các nguyên tố lắng đọng trong túi rêu ở hai trường hợp là rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ.



**Hình 3.1.** Hình ảnh treo các túi rêu

**Bảng 3.1.** Hàm lượng của các nguyên tố trong mẫu rêu trước khi dùng làm chỉ thị sinh học

ST	Nguyên tố	Phương pháp phân tích					
		INAA		TXRF		ED-XRF	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Na	36,2	1,8	—		36,3	1,8
2	Mg	34,1	1,7	—		34,2	1,7
3	Al	--		63,15	3,17	64,5	3,2
4	Si	--		37,24	1,87	36,7	1,7
5	P	--		40,08	2,01	40,2	2,0
6	S	--		67,37	3,38	67,6	3,4
7	Cl	43,5	2,2	43,95	2,21	44,1	2,2
8	K	23,3	1,2	22,70	1,15	21,9	1,1
9	Cu	--		47,64	2,39	46,9	2,4
10	Ti	--		15,46	0,78	15,0	0,8
11	V	0,9	0,1	0,96	0,06	1,0	0,1
12	Cr	0,6	--	0,73	0,05	0,3	0,07
13	Mn	7,8	0,4	16,96	0,86	7,0	0,6
14	Fe	96,7	4,8	98,06	4,91	93,4	5,5

### 3.2. Kết quả kích thích sinh trưởng rêu bằng tia X năng lượng thấp

Kết quả sự sinh trưởng rêu, so sánh giữa các mẫu rêu được chiếu xạ tia X và không được chiếu xạ sau 30 ngày, được thể hiện ở Hình 3.2. Các chỉ số để đánh giá sự sinh trưởng, phát triển của rêu trong nghiên cứu này bao gồm: chỉ số diện tích và khối lượng. Chỉ số diện tích được đo đạc thông qua máy đo diện tích CCM-300 sử

dụng kỹ thuật tỷ lệ huỳnh quang đã được chứng minh để đo hàm lượng chất diệp lục. Máy đo hàm lượng chất diệp lục, lượng chất diệp lục tương đối và đưa ra ước tính về nồng độ diệp lục thực tế tính theo đơn vị khối lượng trên một diện tích bề mặt ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ).



Không chiếu xạ



1,0 Gy



2,0 Gy



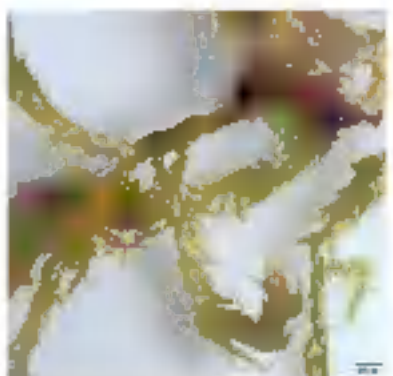
3,0 Gy



4,0 Gy



5,0 Gy



6,0 Gy



7,0 Gy



8,0 Gy





**Hình 3.2.** Hình thái rêu được chiếu xạ với các liều chiếu tia X khác nhau

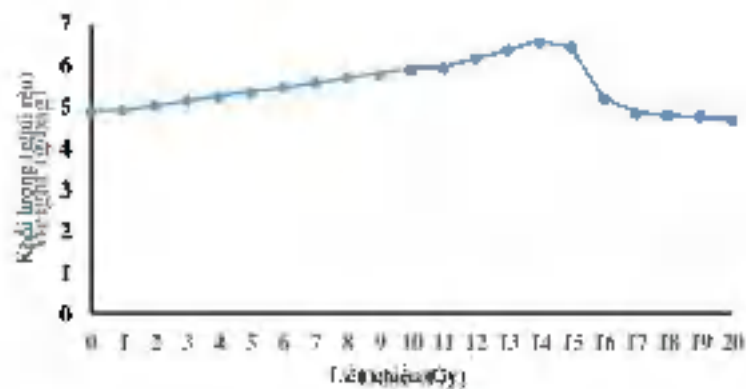
Bảng 3.2 và Hình 3.3 trình bày sự thay đổi về khối lượng và tổng hàm lượng chất diệp lục của rêu giữa các liều chiếu xạ sau 30 ngày treo rêu ở điều kiện tự nhiên tại phòng thí nghiệm Khoa Vật lý và Kỹ thuật hạt nhân (toà nhà A11), Trường Đại học Đà Lạt từ 01/10/2020 đến 01/11/2020.

**Bảng 3.2.** Khối lượng và diệp lục của rêu không chiếu xạ và rêu sau khi chiếu xạ

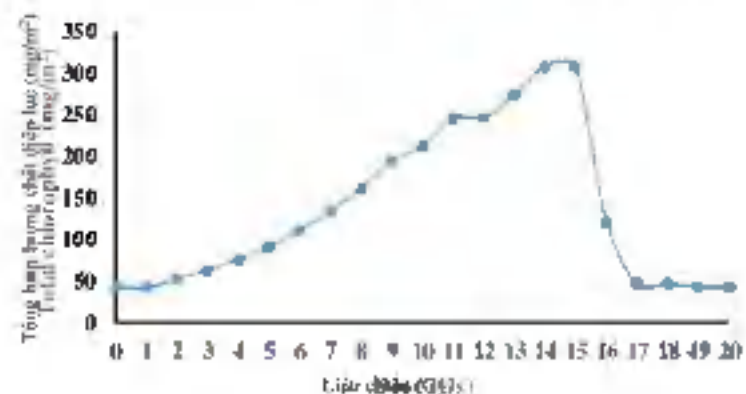
Liều chiếu (Gy)	Khối lượng (g)	Diệp lục ( $mg/m^2$ )
Mẫu không chiếu xạ	$4,91 \pm 0,25$	$43,40 \pm 2,29$
1	$4,92 \pm 0,14$	$42,77 \pm 2,29$
2	$5,04 \pm 0,14$	$52,99 \pm 2,50$
3	$5,15 \pm 0,24$	$63,84 \pm 2,71$
4	$5,26 \pm 0,25$	$76,98 \pm 3,34$
5	$5,37 \pm 0,20$	$92,84 \pm 3,96$
6	$5,48 \pm 0,30$	$111,83 \pm 4,38$
7	$5,59 \pm 0,35$	$134,77 \pm 6,68$
8	$5,71 \pm 0,44$	$162,52 \pm 7,72$
9	$5,81 \pm 0,45$	$195,69 \pm 8,55$
10	$5,92 \pm 0,40$	$212,59 \pm 11,06$
11	$5,96 \pm 0,17$	$246,39 \pm 11,47$
12	$6,17 \pm 0,25$	$247,23 \pm 12,94$
13	$6,38 \pm 0,10$	$273,72 \pm 13,14$
14	$6,59 \pm 0,28$	$307,94 \pm 14,81$
15	$6,45 \pm 0,18$	$307,52 \pm 17,11$
16	$5,21 \pm 0,15$	$121,84 \pm 4,38$

Liều chiếu (Gy)	Khối lượng (g)	Điệp lực ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )
17	$4,86 \pm 0,22$	$48,19 \pm 3,13$
18	$4,81 \pm 0,21$	$47,57 \pm 3,12$
19	$4,76 \pm 0,27$	$44,02 \pm 2,92$
20	$4,71 \pm 0,21$	$43,40 \pm 2,71$
Giá trị p	0,003	0,003

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy trong khoảng liều lượng từ 2,0 Gy đến 16,0 Gy, rêu không chiếu xạ có hệ số điệp lực thấp hơn rêu được chiếu xạ. Ở liều chiếu xạ cao hơn, từ 17,0 Gy đến 20,0 Gy, thì hệ số điệp lực của rêu chiếu xạ giảm và thấp hơn so với trường hợp không chiếu xạ.



a) Thay đổi khối lượng rêu theo liều chiếu xạ



b) Thay đổi điệp lực của rêu theo liều chiếu xạ

**Hình 3.3.** Thay đổi về trọng lượng và tổng hàm lượng chất điệp lực của rêu theo liều chiếu xạ

Có thể thấy mối tương quan chặt chẽ giữa các đặc điểm hình thái quau sát được với trọng lượng đo được và tổng hàm lượng chất diệp lục dưới ảnh hưởng của các liều chiếu xạ khác nhau. Biểu hiện hình thái của rêu ở các mẫu đối chứng, mẫu xử lý liều 1,0 Gy và mẫu xử lý liều 17,0 Gy ÷ 20,0 Gy cho thấy têu sinh trưởng kém. Về khối lượng ở các liều chiếu này, sau thời gian treo rêu, khối lượng giảm so với ban đầu. Điều này là do rêu không phát triển, rêu bị chết nhiều nên lượng nước trong rêu bị mất, làm cho khối lượng sụt giảm. Táng trưởng được cải thiện rõ rệt ở liền chiếu xạ từ 2,0 Gy đến 15,0 Gy, với liều tốt nhất là 14,0 Gy và 15,0 Gy. Tác dụng kích thích của bức xạ giảm đột ngột ở liều 16,0 Gy. Cả trọng lượng và tổng hàm lượng chất diệp lục đều giảm ở rêu được chiếu xạ ở liều 1,0 Gy đến 4 Gy và 17,0 Gy đến 20,0 Gy. Khối lượng và tổng hàm lượng diệp lục tăng dần theo liều lượng từ 2,0 Gy ÷ 15,0 Gy. Mặc dù các xu hướng chiếu xạ chung là tương tự nhau, nhưng sự thay đổi về tổng hàm lượng chất diệp lục đáng kể hơn so với sự thay đổi về trọng lượng.

Sự phát triển kém của rêu không chiếu xạ và rêu chiếu xạ với liều thấp (1,0 Gy) có thể được giải thích bằng cách chuyển môi trường sống và không đủ lực xạ để kích thích sự phát triển, nhưng sự phát triển kém của rêu được chiếu xạ ở liều lượng từ 16,0 Gy đến 20,0 Gy có thể được giải thích bởi cả hai nguyên nhân, thứ nhất do thay đổi môi trường sống ban đầu, và thứ hai do tác dụng ức chế của liều phóng xạ đủ cao (Ehrenberg và cộng sự, 1955; Fina và cộng sự, 2017; Forster và cộng sự, 2019; Kusmiyati và cộng sự, 2018; Nawkar và cộng sự, 2013).

Sự kích thích phát triển của rêu trong dải liều chiếu từ 2,0 Gy ÷ 16,0 Gy, và sự ức chế sự phát triển ở liều trên 16,0 Gy có thể được giải thích bằng hiệu ứng cảm ứng hormone (Miller and Miller, 1987). Tác dụng kích thích ở liều bức xạ thấp và tác dụng ức chế sự phát triển của rêu ở liều chiếu cao hơn được thấy trong nghiên cứu hiện tại cũng đã được mô tả ở nhiều loại thực vật trong các nghiên cứu trước đây (Gudkov và cộng sự, 2019; Mousseau and Møller, 2020).



Kết quả cho thấy chiếu tia X ở liều 14,0 Gy và 15,0 Gy có tác dụng kích thích tốt cho sự phát triển của rêu. Tuy nhiên, tổng hàm lượng diệp lục trong rêu được chiếu xạ vẫn thấp hơn so với rêu *Babular indica* mọc tự nhiên tại nơi khảo sát (tổng diệp lục là  $350,92 \pm 15,23 \text{ mg/m}^2$ ). Điều này cho thấy ngay cả khi được kích thích bởi liều lượng chiếu xạ thích hợp, nhưng sự phát triển của rêu trong kỹ thuật túi rêu không thể đạt được như sự phát triển của rêu ban địa. Do đó, ở những vùng không có rêu hoặc các nơi bị ô nhiễm hóa các túi rêu được chiếu với liều 14,0 Gy sử dụng trong khảo sát quan trắc môi trường.

### 3.3. Kết quả phân tích rêu tại tỉnh Lâm Đồng

Tại tỉnh Lâm Đồng, thực nghiệm đã chọn lựa 40 địa điểm để quan trắc bao gồm: Tp. Đà Lạt: 13 điểm thị trấn Lạc Dương: 05 điểm, thị trấn Liên Nghĩa: 06 điểm, thị trấn Đình Văn: 05 điểm và Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm: 11 điểm.

Các điểm chọn lựa thu mẫu được tuân thủ theo nguyên tắc chọn lựa vị trí như đã được trình bày ở Chương 1. Hơn nữa, vị trí khảo sát là các vùng có nguy cơ ô nhiễm từ sản xuất nông nghiệp, từ phương tiện giao thông, từ các vùng lán nghề, từ những vùng khai thác khoáng sản.

Sau khi thực hiện khảo sát các địa điểm nghiên cứu, các túi rêu chiếu xạ và không chiếu xạ được treo tại những vùng có rêu tự nhiên mọc. Quá trình treo rêu được tiến hành trong 03 tháng liên tục để quan trắc môi trường. Sau khoảng thời gian trên, các túi rêu chiếu xạ và rêu mọc tự nhiên từ các vùng nghiên cứu sẽ thu gom.

Tiếp theo, sau khi thụ thập các mẫu rêu sẽ được xử lý, chuẩn bị mẫu theo từng phương pháp cụ thể. Mỗi phương pháp sẽ đòi hỏi qui trình tạo mẫu và đo đạc riêng biệt để đảm bảo tính chính xác và tin cậy. Kết quả phân tích bằng 03 phương pháp NAA, TXRF, ED-XRF được trình bày các phần tiếp theo ở nội dung dưới đây. Chú ý rằng hàm lượng các nguyên tố trong mẫu rêu ở các bảng đã được trừ hàm lượng nguyên tố ban đầu đối với rêu chiếu xạ và không chiếu xạ. Ngoài ra, các kết quả này đã được đo và được lấy trung bình với 03 lần/vị trí quan trắc.

### 3.3.1. Kết quả phân tích bằng kỹ thuật INAA

Để phân tích hàm lượng các nguyên tố trong mẫu rêu, trước hết cần xây dựng đường chuẩn năng lượng, và đường chuẩn hiệu suất của phổ kế dùng để ghi nhận phổ gamma của các mẫu rêu sau khi được kích hoạt bằng neutron. Nguồn  $^{152}\text{Eu}$  dạng nguồn điểm, nguồn cấp 1, sai số <5% được sử dụng để chuẩn năng lượng và chuẩn hiệu suất. Để xác định hàm lượng của các nguyên tố trong các mẫu rêu, phương pháp tương đối và phương pháp Ko được sử dụng. Bảng 3.3 và 3.5 là các kết quả phân tích cho mẫu chuẩn IAEA-392 (để kiểm tra độ chính xác của quy trình phân tích) và các mẫu rêu đã thu thập tại các vị trí cần khảo sát. Kết quả phân tích bao hi đựng mẫu để phân tích kích hoạt neutron được trình bày ở Bảng 3.4.

**Bảng 3.3.** Kết quả phân tích mẫu chuẩn IAEA-392 (tào)

Nguyên tố	Giới hạn phát hiện (ppm)	Hàm lượng chuẩn (ppm)	Hàm lượng đo được (ppm)	Sự sai biệt (%)
Na	7	680	628	7,60
K	200	8.383	7.545	9,90
Cr	0,67	4,57	5,01	8,78
Fe	50,13	497	546	9,85
Co	0,05	3,33	3,32	0,30
Zn	2,36	128	150	9,37
Sc	0,15	-	-	-
Rb	2,94	-	4,57	-

**Bảng 3.4.** Kết quả phân tích mẫu trắng (bao bì đựng mẫu để phân tích kích hoạt neutron)

Nguyên tố	Hàm lượng (ppm)	Sai số (%)
Na	12,8	0,7
K	33,0	7,3
Fe	47,2	7,6
Zn	24,1	1,6

Số liệu phân tích các mẫu rêu đã thu thập được trình bày chi tiết ở các Phụ lục. Trong phần này chỉ đưa ra kết quả tính trung bình (đã trừ hàm lượng ban đầu của các nguyên tố có trong mẫu ở trường hợp túi rêu) tại 05 vùng thu mẫu ở Lâm Đồng. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật NAA được trình bày ở Bảng 3.5.

**Bảng 3.5.** Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật NAA

STT	Nguyên tố	Tp. Đà Lạt						Tbị Trám Liêch Nghim					
		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	184	9	152	8	59	3	220	11	183	10	69	7
2	Mg	217	11	182	10	61	4	257	13	207	11	72	6
3	Cl	470	23	398	23	131	8	419	21	312	19	106	6
4	K	5.943	297	4.891	268	1.610	96	5.996	300	5.015	265	1.795	165
5	Sc	1,1	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,8	--	0,6	--	0,2	--
6	V	7,7	1,1	7,6	0,4	2,3	0,1	10,6	0,5	8,6	0,5	2,9	0,3
7	Cr	5,9	1,2	5,3	0,3	2,1	0,1	7,7	0,4	6,3	0,4	2,5	0,2

STT	Nguyên tố	Tp. Bà Rịa						Thị trấn Liên Nghĩa					
		Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ		Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
8	Mn	66,2	8,4	65,8	3,6	19,2	1,1	81,3	4,1	64,4	3,7	21,0	1,9
9	Fe	2.506	125	2.065	113	738	42	1.855	93	1.430	83	488	47
10	Co	1,0	0,1	0,8	0,1	0,3	--	1,4	0,1	1,1	0,1	0,5	--
11	Zn	239	11,9	185	10,8	30,8	3,4	254	12,7	205	11,3	63	5,0
12	As	4,0	0,2	3,1	0,2	1,1	0,1	1,0	0,1	0,7	0,1	0,2	--
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
14	Br	4,0	0,2	3,4	0,2	1,3	0,1	3,1	0,2	2,5	0,1	1,0	0,1
15	Rb	17,3	0,9	13,5	0,8	3,7	0,3	8,8	0,5	7,1	0,4	2,2	0,1
16	Sb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
17	I	5,3	0,3	4,3	0,2	1,5	0,1	3,4	0,2	2,9	0,2	0,9	0,1
18	Cs	0,7	--	0,6	--	0,2	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
19	La	5,8	0,3	3,2	0,3	1,5	0,1	5,6	0,3	4,7	0,3	1,5	0,1
20	Ce	10,4	0,5	8,7	0,5	3,4	0,2	6,0	0,3	4,8	0,3	1,7	0,2
21	Sm	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,9	0,1	0,7	--	0,3	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,8	--	0,7	--	0,2	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
25	Yb	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
26	Hf	0,4	7,1	0,3	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Th	1,5	0,1	1,2	0,1	0,5	--	0,5	--	0,4	--	0,1	--
29	U	1,7	0,1	1,4	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	0,1

r	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Đình Văn					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	117	6	106	5	43	2	119	6	95	5	32	2
2	Mg	199	11	179	9	64	3	177	9	121	6	47	2
3	Cl	422	21	420	21	146	7	280	14	204	10	67	3
4	K	5.691	2x5	5.138	257	1.839	92	5.849	292	3.995	200	1.555	78
5	Sc	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	—	0,7	—	0,6	—	0,2	—
6	V	7,3	0,4	7,3	0,4	2,3	0,1	6,9	0,4	4,7	0,2	1,7	0,1
7	Cr	7,4	0,4	6,7	0,3	2,7	0,1	4,7	0,2	3,7	0,2	1,2	0,1
8	Mn	137,1	6,9	136,3	6,8	42,6	2,1	141,3	7,1	96,5	4,8	35,1	1,8
9	Fe	2.828	141	2.553	128	946	47	1.882	94	1.503	75	501	25
10	Co	1,0	0,1	0,9	0,1	0,4	—	0,6	—	0,4	—	0,2	—
11	Zn	119	6	108	5	34	2	99	5,0	75	3,8	28	1,4
12	As	3,9	0,2	3,5	0,2	1,2	0,1	3,0	0,2	2,1	0,1	0,7	—
13	Se	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,2	—	0,1	—	0,1	—
14	Br	3,5	0,2	3,2	0,2	1,3	0,1	3,6	0,2	2,6	0,1	0,9	0,1
15	Rb	16,0	0,8	14,4	0,7	4,5	0,2	16,2	0,8	12,3	0,6	4,6	0,2
16	Sb	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,2	—	0,2	—	0,1	—
17	I	5,3	0,3	4,8	0,2	1,7	0,1	3,3	0,2	2,3	0,1	1,0	0,1
18	Cs	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	—	0,6	—	0,4	—	0,1	—
19	La	9,7	0,5	9,2	0,5	2,8	0,1	1,8	0,1	1,3	0,1	0,5	—
20	Ce	15,7	0,8	14,2	0,7	5,8	0,3	3,7	0,2	2,6	0,1	1,1	0,1
21	Sm	1,8	0,1	1,7	0,1	0,6	—	0,3	—	0,2	—	0,1	—
22	Eu	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—

ST	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Đình Văn					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
23	Tb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--
24	Dy	1,3	0,1	1,1	0,1	0,4	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
25	Yb	0,5	--	0,5	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--
26	Hf	0,4	--	0,4	--	0,2	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
27	Tu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Th	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	--	0,8	0,1	0,6	--	0,3	--
29	U	1,9	0,1	1,7	0,1	0,6	--	1,8	0,1	1,3	0,1	0,4	--

ST	Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm						
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	307	15	239	12	59	3
2	Mg	691	35	579	29	153	7,68
3	Cl	703	35	521	26	143	7
4	K	923	46	774	39	205	10
5	Sc	1,9	0,1	1,4	0,1	0,3	--
6	V	5,0	0,3	3,3	0,2	1,0	0,1
7	Cr	6,7	0,3	5,0	0,3	1,3	0,1
8	Mn	112,4	5,6	74,0	3,7	23,6	1,2
9	Fe	2.915	146	2.278	114	647	32
10	Co	2,0	0,1	1,6	0,1	0,4	--

Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm							
ST	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
11	Zn	375	18,7	289	14,5	75	3,8
12	As	5,7	0,3	3,5	0,2	1,8	0,1
13	Se	0,3	—	0,2	—	—	—
14	Br	5,2	0,3	3,4	0,2	1,1	0,1
15	Rb	3,3	0,2	2,5	0,1	0,7	—
16	Sb	43,8	2,2	28,5	1,4	8,0	0,4
17	I	7,5	0,4	5,0	0,3	1,9	0,1
18	Cs	1,1	0,1	0,7	—	0,2	—
19	La	7,0	0,4	5,3	0,3	1,4	0,1
20	Ce	14,4	0,7	8,3	0,4	2,8	0,1
21	Sm	1,4	0,1	0,8	0,1	0,3	—
22	Eu	0,2	—	0,2	—	—	—
23	Tb	0,3	—	0,2	—	—	—
24	Dy	1,2	0,1	0,9	0,1	0,2	—
25	Yb	0,6	—	0,4	—	0,1	—
26	Hf	0,7	—	0,4	—	0,1	—
27	Ta	0,2	—	0,1	—	—	—
28	Th	2,3	0,1	1,6	0,1	0,4	—
29	U	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	—

Kết quả phân tích các mẫu rêu tại 05 vùng của tỉnh Lâm Đồng gồm: Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, thị trấn Đình Văn, Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm bằng kỹ thuật phân tích NAA, đã ghi nhận được 29 nguyên tố hoá học



gồm (sắp theo thứ tự tăng dần của số Z): Na, Mg, Cl, K, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, As, Se, Br, Rb, Sb, I, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Hf, Ta, Th và U. Trong khi đó, với kỹ thuật tới rêu, thì một số nguyên tố không phân tích được (có thể do thời gian treo không đủ dài) do hàm lượng dưới ngưỡng phát hiện. Các nguyên tố này là : Se, Eu, Tb, Hf, Ta.

### 3.3.2. Kết quả phân tích bằng kỹ thuật TXRF và ED-XRF

Thời gian mỗi phép đo cho cả hai phương pháp TXRF và ED-XRF là 20 phút mỗi mẫu. Các nguyên tố có trong mẫu chủ yếu đo bằng các chuyển đổi ở lớp K (cả  $K_{\alpha}$  và  $K_{\beta}$  vì độ phân giải detector không thể tách các đỉnh này), rất ít nguyên tố sử dụng vạch phát L. (chẳng hạn nguyên tố Pb). Các phần mềm thu và xử lý phổ TXRF và ED-XRF là những phần mềm chuyên dụng đi kèm với hệ đo.

Trong nghiên cứu này, để kiểm tra độ chính xác của hệ TXRF của Picofox S2™, mẫu chuẩn để kiểm chứng là mẫu K-raff. Mẫu K-raff có 11 nguyên tố với hàm lượng chuẩn cho mỗi nguyên tố là 1ppm. Để kiểm tra độ chính xác về mặt định tính và định lượng của hệ phổ kế TXRF, thì cần đo kiểm chứng hàm lượng của các nguyên tố có trong mẫu K-raff và đĩa trắng (đĩa không mang mẫu). Thông thường sai số cho phép để phân tích định lượng với hệ TXRF của Picofox S2™ là nhỏ hơn 10%, kết quả được trình bày ở Bảng 3.6 và Bảng 3.7.

**Bảng 3.6.** Kết quả phân tích mẫu K-raff

<i>n</i>	Nguyên tố	Giới hạn phát hiện(ppm)	Hàm lượng chuẩn (ppm)	Hàm lượng (ppm)	Sai biệt (%)
1	Ti	0,03	1,00	1,000	0,0
2	V	0,03	1,00	0,965	3,5
3	Cr	0,03	1,00	0,966	3,4
4	Mn	0,02	1,00	0,903	9,7
5	Fe	0,02	1,00	0,966	3,4

6	Co	0,02	1,00	0,941	5,9
7	Ni	0,02	1,00	0,945	5,5
8	Cu	0,01	1,00	0,925	7,5
9	Zn	0,01	1,00	0,927	7,3
10	Rb	0,01	1,00	0,907	9,3

**Bảng 3.7.** Kết quả phân tích địa thạch anh (địa không mang mẫu)

<i>n</i>	Nguyên tố	Hàm lượng (ppm)	Sai số (%)
1	Si	297	4,7
2	Ca	1,71	8,9
3	Fe	1,03	15,1
4	Ni	0,73	14,5
5	Ga	1,00	0,0

Đối với hệ ED-XRF, để kiểm tra độ chính xác của hệ, nghiên cứu này sử dụng phân tích định lượng trên mẫu đất của Cơ quan trao đổi phân tích đất quốc tế (ISE) (Metzger và cộng sự, 2020), kết quả được trình bày ở Bảng 3.8.

**Bảng 3.8.** Kết quả phân tích mẫu đất ISE 921

<i>n</i>	Nguyên tố	Giới hạn phát hiện(ppm)	Hàm lượng chuẩn (ppm)	Hàm lượng (ppm)	Sai biệt (%)
1	Al	0,7	56,8	59,2	4,2%
2	Ca	0,6	43,0	43,8	1,9%
3	Cu	0,5	93,8	94,2	0,4%
4	Cr	0,5	130,0	129,7	0,2%
5	Fe	0,4	31,9	32,4	1,6%

6	K	0,8	19,1	21,3	11,5%
7	Mg	0,5	11,1	11,8	6,3%
8	Mn	0,6	1190,0	1197,3	0,6%
9	Ni	0,7	42,4	43,5	2,6%
10	P	0,6	1400,0	1410,2	0,7%
11	Pb	0,9	167,0	168,2	0,7%
12	S	0,4	702,0	703,5	0,2%
13	Si	0,6	271,0	272,3	0,5%
14	Zr	0,7	522,0	524,6	0,5%

Nhằm tăng số lượng nguyên tố có thể phân tích trong các mẫu rêu, cả hai phương pháp TXRF và phương pháp ED-XRF đã được sử dụng cho việc phân tích các mẫu rêu ở các vị trí quan trắc tại tỉnh Lâm Đồng. Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố có trong mẫu rêu được trình bày ở Bảng 3.9 và Bảng 3.10.

**Bảng 3.9.** Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật TXRF

#	Nguyên tố	Tp. Đà Lạt						Thị trấn Liên Nghĩa					
		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	2.400	120	2.013	108	791	44	2.289	114	1.850	102	684	62
2	Si	5.224	261	4.987	260	1.640	90	3.191	160	2.422	144	839	66
3	P	841	42	706	38	226	14	891	45	701	40	238	21
4	S	1.161	58	968	52	324	19	1.286	64	1.024	57	362	30
5	Cl	515	85	402	23	155	9	572	29	449	26	169	9

st	Tp. Đà Lạt							Thị trấn Liên Nghĩa					
	Nguyên tố	Kẽm tự nhiên		Kẽm chiếu xạ		Kẽm không chiếu xạ		Kẽm tự nhiên		Kẽm chiếu xạ		Kẽm không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
6	K	5.313	464	4.761	264	4.353	83	5.264	263	4.369	233	1.499	153
7	Ca	870	44	727	39	247	15	939	47	759	42	271	21
8	Ti	161	8,04	139	7,26	41,60	2,28	71	3,57	51	3,25	14	1,30
9	V	8,52	0,44	7,16	0,39	2,38	0,14	10,94	0,56	9,44	0,53	2,97	0,30
10	Cr	6,79	0,35	5,63	0,33	2,10	0,13	7,62	0,39	6,25	0,35	2,47	0,19
11	Mn	68	3,41	57	3,08	22,20	1,26	84	4,20	69	3,73	27	2,07
12	Fe	2.664	133	2.424	133	862	49	1.964	98	1.597	94	488	48
13	Co	0,87	0,05	0,71	0,05	0,23	0,02	1,27	0,07	1,13	0,07	0,36	0,04
14	Ni	1,43	0,08	1,22	0,07	0,48	0,04	3,98	0,21	3,65	0,20	1,37	0,10
15	Cu	11,41	0,58	9,66	0,55	2,55	0,17	13,33	0,68	10,68	0,60	3,27	0,27
16	Zn	250	12,51	194	11,29	41,71	4,59	260	13,01	211	11,56	73	5,51
17	Br	3,75	0,20	3,27	0,19	1,01	0,07	2,75	0,15	2,23	0,13	0,76	0,06
18	Rb	16,20	0,82	12,70	0,74	4,56	0,31	8,44	0,43	6,85	0,39	2,67	0,17
19	Sr	42,64	2,14	35,93	1,93	13,41	0,79	41,72	2,10	33,63	1,87	13,02	1,03
20	Y	4,19	0,22	3,69	0,20	1,25	0,08	4,05	0,21	3,44	0,19	1,22	0,13
21	Ag	47,53	2,39	39,96	2,16	14,94	0,88	49,76	2,50	39,53	2,24	15,06	1,20
22	Sn	91,19	11,16	76,17	4,13	28,47	1,68	88,51	4,44	71,50	3,96	27,75	2,14
23	Sb	0,22	0,02	0,19	0,02	0,06	0,01	0,24	0,02	0,22	0,02	0,07	0,02
24	Ba	12,40	0,63	10,70	0,57	4,10	0,24	13,61	0,69	10,11	0,63	3,56	0,29
25	Pb	6,14	0,32	4,32	0,29	1,32	0,11	9,79	0,50	8,68	0,48	2,78	0,17

H	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Đình Văn					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	2.213	111	1.998	100	811	41	2.190	110	1.749	87	582	29
2	Si	5.207	260	5.180	259	1.804	90	4.754	238	3.467	173	1.135	57
3	P	606	30	547	27	196	10	914	46	624	31	243	12
4	S	1.004	50	906	45	336	17	1.090	55	853	43	273	14
5	Cl	457	23	413	21	168	8	280	14	224	11	75	4
6	K	4.446	222	4.423	221	1.383	69	5.861	293	4.003	200	1.457	73
7	Ca	701	35	633	32	235	12	758	38	605	30	201	10
8	Ti	148	7	134	7	42	2	133	6,65	101	5,05	38	1,89
9	V	7,63	0,39	6,89	0,35	2,41	0,13	7,14	0,37	5,07	0,26	1,70	0,10
10	Cr	7,52	0,39	7,09	0,36	2,76	0,15	4,72	0,25	3,35	0,18	1,73	0,10
11	Mn	76	3,90	68	3,43	28	1,40	45	2,25	32	1,60	11	0,55
12	Fe	3.091	155	3.076	154	1.134	57	1.939	97	1.352	68	482	24
13	Co	0,90	0,06	0,82	0,05	0,29	0,02	0,56	0,04	0,40	0,03	0,18	0,02
14	Ni	1,52	0,09	1,37	0,08	0,56	0,04	1,21	0,07	0,86	0,05	0,29	0,02
15	Cu	10,33	0,53	9,74	0,50	2,92	0,16	10,19	0,52	7,23	0,37	2,88	0,15
16	Zn	123	6,16	111	5,56	45	2,27	103	5,17	73	3,67	38	1,90
17	Br	3,17	0,17	2,98	0,16	1,00	0,06	3,38	0,18	2,40	0,13	1,07	0,06
18	Rb	15,30	0,78	13,82	0,70	5,61	0,29	14,85	0,75	10,54	0,54	3,54	0,19
19	Sr	40,27	2,02	36,36	1,83	14,77	0,75	41,72	2,10	29,01	1,49	9,96	0,51
20	Y	7,13	0,37	6,44	0,33	2,25	0,12	1,74	0,10	1,21	0,07	0,55	0,04

st	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Diên Văn					
	Nguyên tố	Kẽm tự nhiên		Kẽm chiếu xạ		Kẽm không chiếu xạ		Kẽm tự nhiên		Kẽm chiếu xạ		Kẽm không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
21	Ag	61,73	3,10	55,74	2,80	22,64	1,14	61,96	3,11	43,98	2,21	22,72	1,15
22	Sn	94,19	4,72	85,04	4,26	34,54	1,74	91,58	4,59	65,00	3,26	21,86	1,10
23	Sb	0,19	0,02	0,18	0,02	0,06	0,01	0,20	0,02	0,14	0,02	0,05	0,01
24	Ba	14,19	0,71	12,82	0,65	5,20	0,27	8,50	0,44	6,03	0,31	3,12	0,17
25	Pb	4,97	0,26	4,48	0,23	1,57	0,09	4,64	0,24	3,24	0,17	1,11	0,07

st	Tự Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm						
	Nguyên tố	Kẽm tự nhiên		Kẽm chiếu xạ		Kẽm không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	3.268	163	2.548	127	628	31
2	Si	5.598	280	4.151	208	1.135	57
3	P	668	33	560	28	148	7,43
4	S	1.700	85	1.230	62	311	16
5	Cl	705	35	531	27	135	6,78
6	K	925	46	609	30,45	194	9,71
7	Cu	863	43	674	34	192	10
8	Ti	340	17,02	263	13,14	68	3,41
9	V	5,55	0,29	3,38	0,18	0,98	0,06
10	Cr	6,38	0,33	5,12	0,27	1,12	0,07
11	Mn	103	5,17	67,23	3,37	20,91	1,06



Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm							
tt	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
12	Fe	3.136	157	2.040	102	573	29
13	Co	1,99	0,11	1,34	0,08	0,51	0,04
14	Ni	3,27	0,17	2,00	0,11	0,66	0,04
15	Cu	16,76	1,85	12,79	0,65	1,35	0,18
16	Zn	417	20,87	239,70	11,99	80,14	4,02
17	Br	3,47	0,18	2,03	0,11	0,74	0,05
18	Rb	2,94	0,16	1,95	0,11	0,52	0,04
19	Sr	41,46	2,08	24,30	1,23	7,35	0,38
20	Y	8,32	0,43	5,80	0,30	1,55	0,09
21	Ag	61,89	3,10	34,29	1,72	11,89	0,60
22	Se	89,74	4,50	55,84	2,80	15,92	0,81
23	Sb	0,31	0,03	0,18	0,02	0,06	0,01
24	Ba	36,71	1,85	26,05	1,31	6,47	0,33
25	Pb	4,18	0,22	2,56	0,14	0,74	0,05

**Bảng 3.10.** Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Lâm Đồng bằng kỹ thuật ED-XRF

Tp. Đà Lạt								Thị trấn Liên Nghĩa					
tt	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ		Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	185	9	153	8	59	3	221	11	184	10	70	7



#	Tp. Đà Lạt							Thị trấn Liên Nghĩa					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
2	Mg	218	11	183	10	61	4	258	13	208	11	72	6
3	Al	2.408	120	2.019	109	796	44	2.299	115	1.858	102	686	63
4	Si	5.240	262	5.002	261	1.645	91	3.204	160	2.432	145	842	66
5	P	844	42	708	38	227	14	895	45	704	40	239	21
6	S	1.164	58	970	53	325	19	1.291	65	1.028	58	364	30
7	Cl	516	85	403	23	155	9	575	29	451	26	169	9
8	K	5.329	465	4.775	265	1.357	83	5.286	264	4.387	234	1.506	153
9	Cu	873	44	730	39	248	15	943	47	763	42	272	21
10	Tl	161,1	8,1	139,6	7,3	41,7	2,3	71,6	3,6	51,2	3,3	14,4	1,3
11	V	8,5	0,4	7,2	0,4	2,4	0,1	11,0	0,6	9,5	0,5	3,0	0,3
12	Cr	6,8	0,4	5,6	0,3	2,1	0,1	7,7	0,4	6,3	0,4	2,5	0,2
13	Mn	68,3	3,4	57,4	3,1	22,3	1,3	84,1	4,2	68,8	3,7	27,1	2,1
14	Fe	2.514	126	2.071	114	740	42	1.863	93	1.436	84	490	47
15	Co	0,9	--	0,7	--	0,2	--	1,3	0,1	1,1	0,1	0,4	--
16	Ni	1,4	0,1	1,2	0,1	0,5	--	4,0	0,2	3,7	0,2	1,4	0,1
17	Cu	11,4	0,6	9,7	0,5	2,6	0,2	13,4	0,7	10,7	0,6	3,3	0,3
18	Zn	250,7	12,5	194,3	11,3	41,8	4,6	261,0	13,1	212,0	11,6	73,2	5,5
19	Sr	42,8	2,1	36,0	1,9	13,4	0,8	41,9	2,1	33,8	1,9	13,1	1,0
20	Zr	22,8	1,2	19,0	1,0	7,1	0,4	24,3	1,2	19,6	1,1	7,6	0,6
21	Cs	0,8	--	0,6	--	0,2	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	12,4	0,6	10,7	0,6	4,1	0,2	13,7	0,7	10,2	0,6	3,6	0,3
23	La	5,8	0,3	5,2	0,3	1,5	0,1	5,7	0,3	4,8	0,3	1,5	0,1
24	Pb	6,2	0,3	4,3	0,3	1,3	0,1	9,8	0,5	8,7	0,5	2,8	0,2
25	Th	1,5	0,1	1,2	0,1	0,5	--	0,5	--	0,4	--	0,1	--

ST	Tp. Đà Lạt							Thị trấn Liên Nghĩa					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
26	U	1,7	11,1	1,4	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	0,1

ST	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Đình Văn					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	118	6	407	5	43	2	120	6	96	5	32	2
2	Mg	200	10	180	9	65	3	178	9	121	6	47	2
3	Al	2.224	111	2.008	100	815	41	2.204	110	1.760	88	586	29
4	Si	5.234	262	5.207	260	1.810	91	4.787	239	3.488	174	1.142	57
5	P	609	30	550	27	197	10	920	46	628	31	244	12
6	S	1.009	50	911	46	338	17	1.106	55	858	43	275	14
7	Cl	459	23	415	21	168	8	282	14	225	11	75	4
8	K	4.469	223	4.446	222	1.390	70	5.897	295	4.028	201	1.466	73
9	Ca	705	35	636	32	236	12	762	38	609	30	205	10
10	Tl	149,0	7,5	134,6	6,7	42,1	2,1	133,5	6,7	111,4	5,1	37,8	1,9
11	V	7,7	0,4	6,9	0,4	2,4	0,1	7,2	0,4	5,1	0,3	1,7	0,1
12	Cr	7,6	0,4	7,1	0,4	2,8	0,1	4,8	0,2	3,4	0,2	1,7	0,1
13	Mn	76,1	3,8	68,7	3,4	27,9	1,4	45,1	2,3	32,0	1,6	10,8	0,5
14	Pb	2.842	142	2.566	128	951	48	1.894	95	1.513	76	504	25
15	Cd	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	--	0,6	--	0,4	--	0,3	--
16	Ni	1,5	0,1	1,4	0,1	0,6	--	1,2	0,1	0,9	0,1	0,3	--

H	Thị trấn Lạc Dương							Thị trấn Đình Văn					
	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ		Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
17	Cu	10,4	0,5	9,8	0,5	2,9	0,2	10,3	0,5	7,3	0,4	2,9	0,2
18	Zn	123,6	6,2	111,6	5,6	45,3	2,3	103,9	5,2	73,7	3,7	38,1	1,9
19	Sr	40,5	2,0	36,5	1,8	14,8	0,8	42,0	2,1	29,8	1,5	1,--	0,5
20	Zr	21,9	1,1	19,8	1,0	8,0	0,4	22,4	1,1	15,9	0,8	8,2	0,4
21	Cs	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
22	Ba	14,3	0,7	12,9	0,7	5,2	0,3	8,6	0,4	6,1	0,3	3,1	0,2
23	La	9,8	0,5	9,2	0,5	2,8	0,1	1,8	0,1	1,3	0,1	0,5	--
24	Pb	5,0	0,3	4,5	0,2	1,6	0,1	4,7	0,2	3,3	0,2	1,1	0,1
25	Th	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	--	0,8	0,1	0,6	--	0,3	--
26	U	1,9	0,1	1,7	0,1	0,6	--	1,8	0,1	1,3	0,1	0,4	--

H	Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm						
	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Rèn chiếu xạ		Rèn không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	309	15	241	12	59	3
2	Mg	696	35	583	29	154	8
3	Al	3.286	164	2.562	128	631	32
4	Si	5.637	282	4.179	209	1.143	57
5	P	673	34	564	28	149	7
6	S	1.711	86	1.238	62	313	16
7	Cl	709	35	535	27	136	7
8	K	929	46	611	31	195	10

STT	Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm						
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Rêu chiếu xạ		Rêu không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
9	Cu	869	43	679	34	193	10
10	Ti	342,4	17,1	264,3	13,2	68,4	3,4
11	V	5,6	0,3	3,4	0,2	1,0	0,1
12	Cr	6,4	0,3	5,2	0,3	1,1	0,1
13	Mn	103,9	5,2	67,7	3,4	21,1	1,1
14	Fe	2,932	147	2,291	115	651	33
15	Co	2,0	0,1	1,4	0,1	0,5	--
16	Ni	3,3	0,2	2,0	0,1	0,7	--
17	Cu	16,9	0,9	12,9	0,7	3,4	0,2
18	Zn	420,1	21,0	241,4	12,1	80,7	4,0
19	Sr	41,8	2,1	24,5	1,2	7,4	0,4
20	Zr	23,1	1,2	12,8	0,6	4,4	0,2
21	Cs	1,2	0,1	0,7	--	0,2	--
22	Ba	37,0	1,9	26,2	1,3	6,5	0,3
23	La	7,0	0,4	5,4	0,3	1,4	0,1
24	Pb	4,2	0,2	2,6	0,1	0,7	--
25	Tb	2,3	0,1	1,7	0,1	0,4	--
26	U	2,5	0,1	1,5	0,1	0,4	--

Khi áp dụng thêm các phương pháp phân tích TXRF và ED-XRF, chúng tôi đã phát hiện thêm 15 nguyên tố mà phương pháp NAA không phát hiện được bao gồm: Al, Si, P, S, Ca, Tr, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, Ag, Sn, Ba và Pb.

Như vậy, khi kết hợp đồng thời cả 3 phương pháp phân tích, đã tăng tối đa số nguyên tố có thể phân tích được trong các mẫu rêu, đặc biệt xác định được hàm



lượng của một số nguyên tố được xem là những chỉ thị quan trọng trong ô nhiễm không khí như Cu, Pb không phân tích được bằng phương pháp NAA.

### 3.4. Kết quả phân tích mẫu rêu tại sân bay Long Thành

Long Thành (Đồng Nai) là địa điểm đang xây dựng sân bay quốc tế. Trong nghiên cứu này chọn Long Thành là vì rêu được xem là chỉ thị sinh học dùng quan trắc biến động môi trường trước và sau khi xây dựng, vận hành các nhà máy, xí nghiệp. Do vậy, việc lựa chọn Long Thành làm nơi khảo sát có ý nghĩa thực tiễn và thiết thực.

Tại khu vực Long Thành, mẫu được thu thập tại 10 vị trí xung quanh khu vực dự kiến xây dựng sân bay. Các mẫu rêu tại khu vực này được phân tích với 2 phương pháp bao gồm NAA và TXRF. Lý do chỉ thực hiện 02 phương pháp NAA và TXRF là do tại thời điểm này, dịch covid-19 đang bùng phát mạnh. Ngoài ra, ở thời điểm này, Chương trình hợp tác giữa khoa Vật lý và Kỹ thuật Hạt nhân của Đại học Đà Lạt với Viện Nghiên cứu năng lượng nguyên tử Hàn Quốc (KEARI - Korea Atomic Energy Research Institute) cũng kết thúc nên NCS không có điều kiện phân tích bằng phương pháp ED-XRF tại - Hàn Quốc. Kết quả phân tích các mẫu rêu tại khu vực Long Thành được trình bày ở Bảng 3.11.

**Bảng 3.11.** Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong rêu tại Long Thành bằng các kỹ thuật INAA và TXRF

tt	Kỹ thuật phân tích NAA							tt	Kỹ thuật phân tích TXRF						
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ			Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Nu	275	14	171	9	50	3	1	Al	2.492	125	1.548	77	414	21
2	Mg	150	8	95	5	28	1	2	Si	2.695	135	1.695	85	454	23
3	Cl	517	26	325	16	93	5	3	P	510	26	321	16	86	4
4	K	691	35	435	22	127	6	4	S	1.296	65	815	41	218	11
5	Sc	1,8	0,1	1,1	0,1	0,3	--	5	Cl	525	73	330	17	88	4



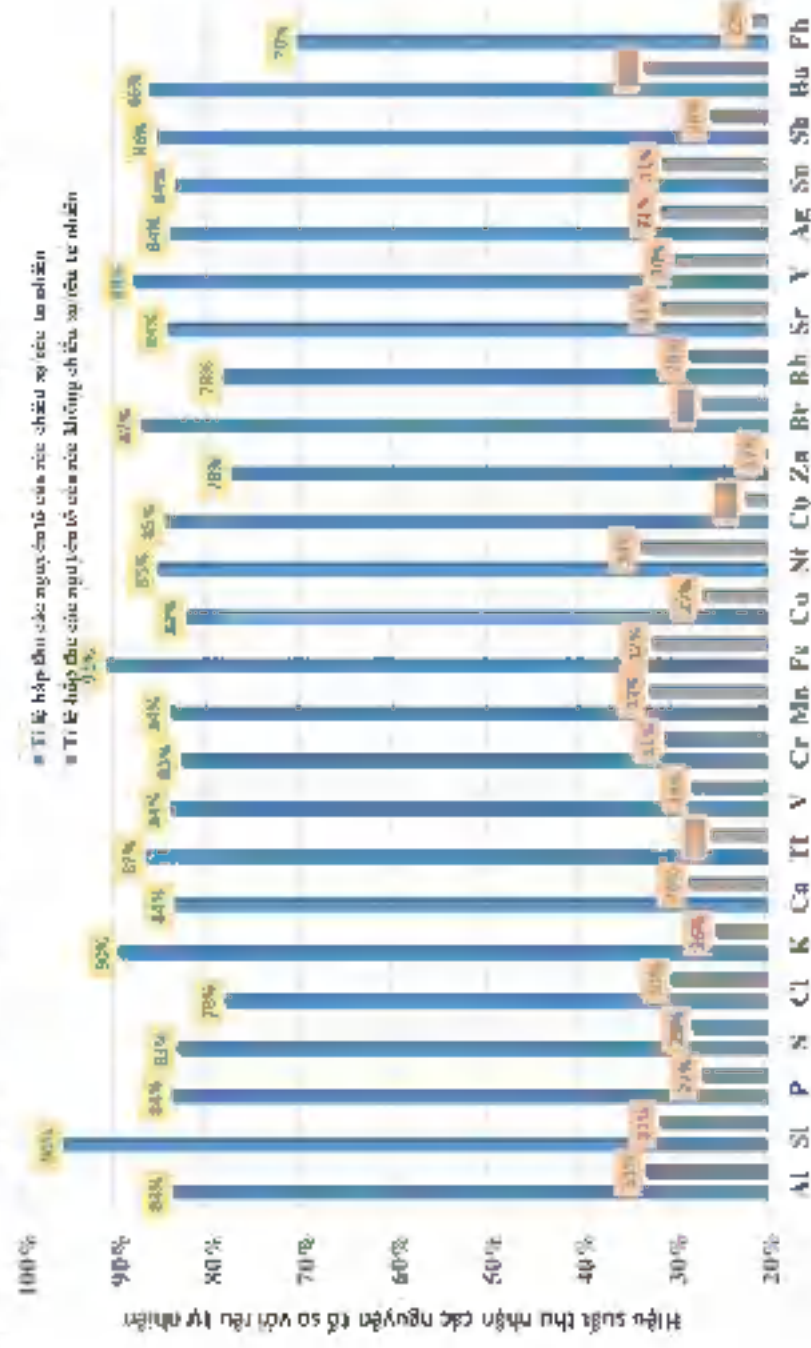
Kết quả phân tích hàm lượng cho thấy, các vị trí quan trắc ở Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, và thị trấn Đình Văn có hàm lượng các nguyên tố khá tương đồng nhau và không có sự thay đổi khác biệt lớn. Tuy nhiên, khi so sánh hàm lượng các nguyên tố trong các mẫu rêu ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm thì một số nguyên tố có hàm lượng khác biệt lớn. Cụ thể (xét tỉ số tương ứng giữa hàm lượng các nguyên tố phân tích được ở Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, và thị trấn Đình Văn trên hàm lượng ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm) các nguyên tố: K: 5,75; 5,69; 4,81 và 6,34 lần; Rb: 5,51; 2,87; 5,21 và 5,06 lần; Tuy nhiên, một số nguyên tố khác thì ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm cao hơn 04 khu vực ở Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, và thị trấn Đình Văn. Cụ thể: Ti: 2,12; 4,77; 2,29 và 2,56 lần; Mg: 3,18; 2,69; 3,48 và 3,91 lần; Co: 2,29; 1,57; 2,20 và 3,55 lần; các nguyên tố: Yb, Hf, Ta, Th và U hàm lượng tăng từ 1,44 đến 4,66 lần.

Cũng tương tự, khi so sánh hàm lượng các nguyên tố lắng đọng trong không khí qua mẫu rêu cho thấy, có sự tương đồng hàm lượng của các nguyên tố ở sân bay Long Thành với Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm, tuy nhiên có sự khác biệt lớn ở một số nguyên tố giữa sân bay Long Thành và 04 vùng là Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, và thị trấn Đình Văn. Cụ thể các nguyên tố (xét tỉ số tương ứng giữa hàm lượng các nguyên tố phân tích được ở Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, thị trấn Đình Văn, và Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm trên hàm lượng ở sân bay Long Thành) K: 7,46; 7,39; 6,24; 8,22 và 1,30 lần; Rb: 7,24; 3,77; 6,84; 6,64 và 1,31 lần. Và tương tự với phân tích trên, hàm lượng một số nguyên tố phân tích ở sân bay Long Thành có hàm lượng cao hơn nhiều so với Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương, và thị trấn Đình Văn. Cụ thể các nguyên tố: Cs, La, Ce, Sm, Eu, Th, Dy, Yb, Hf, Ta và Th tăng từ 1,8 đến 14 lần. Từ kết quả phân tích hàm lượng và các nguyên tố này đều là những nguyên tố trong lớp vỏ Trái đất, chúng ta có thể dự đoán về thành phần khoáng chất ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm có thể tương đồng với sân bay Long Thành tương tự khoáng chất tại các vùng đất ở Tp. Đà Lạt, thị trấn Liên Nghĩa, thị trấn Lạc Dương và thị trấn Đình Văn là gần giống nhau.

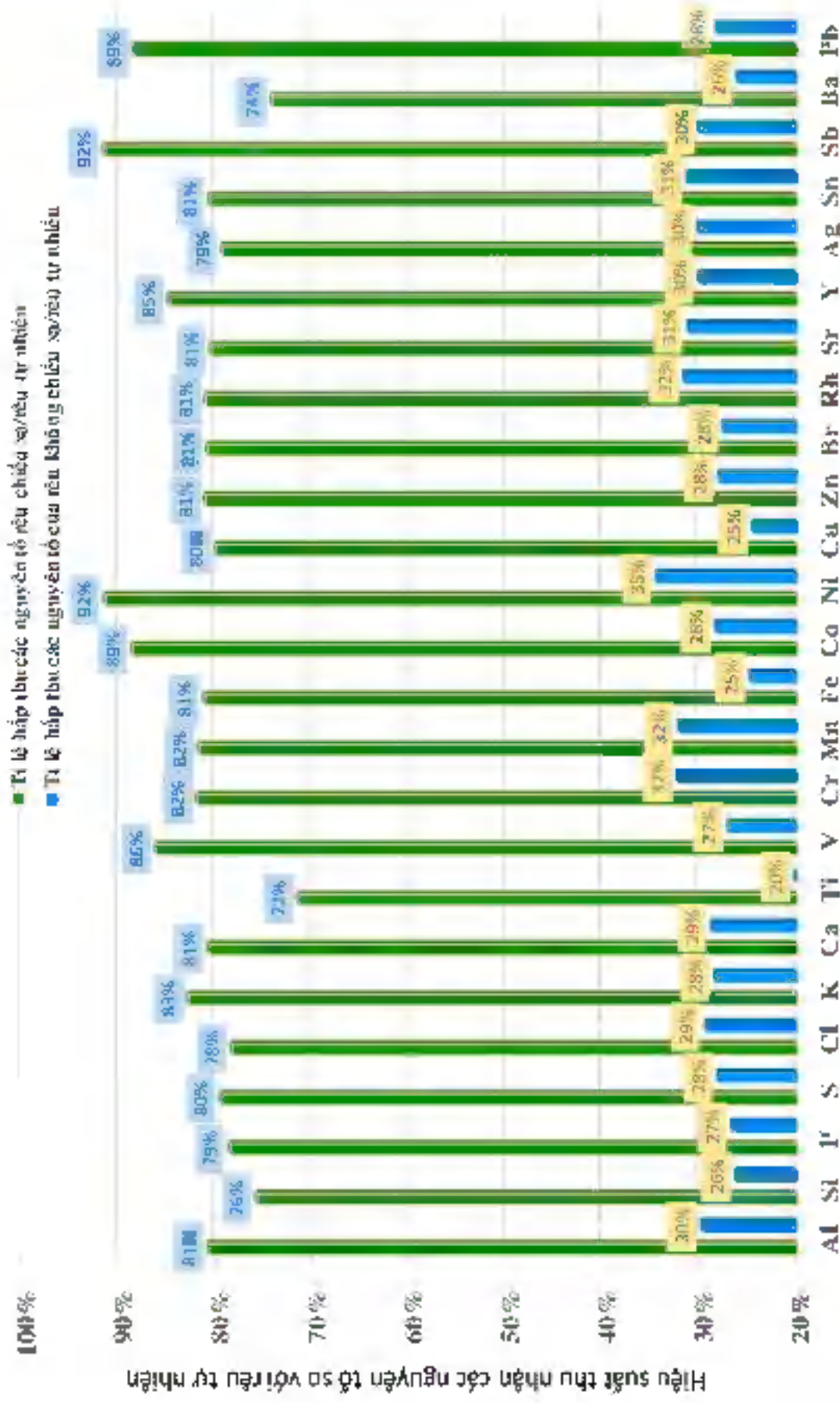


### 3.5. Đánh giá hiệu suất hấp thụ iông động các nguyên tố hoá học trong không khí ở 3 trường hợp: rêu tự nhiên, rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ

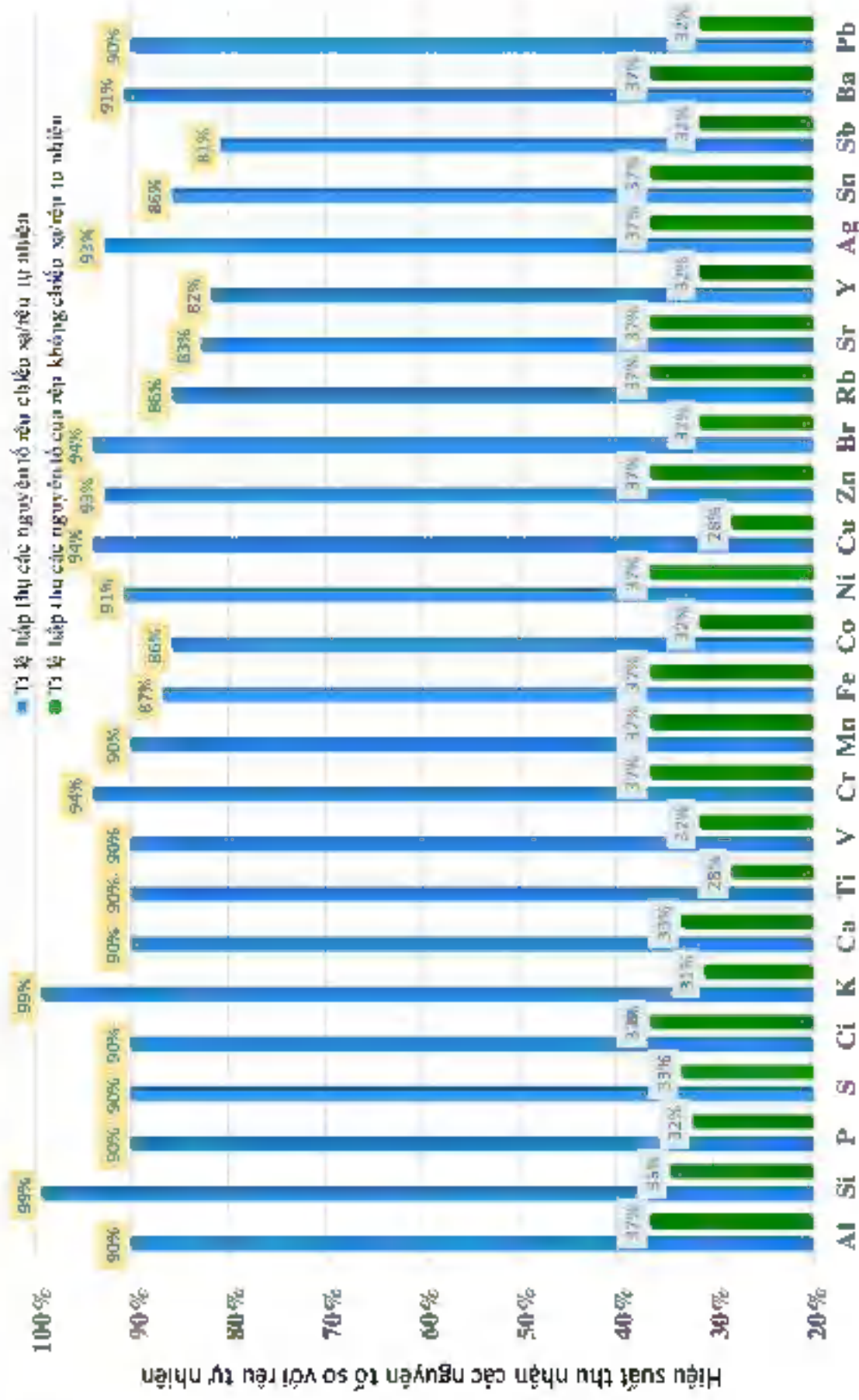
Để đánh giá khả năng quản trắc ô nhiễm không khí bằng 3 phương pháp là rêu tự nhiên, rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ, thực nghiệm đã tiến hành so sánh hàm lượng các nguyên tố phân tích bằng kỹ thuật TXRF trong các mẫu rêu thu thập bằng cả 3 phương pháp thu mẫu. Kết quả so sánh được trình bày trong các hình từ Hình 3.4 ÷ Hình 3.9.



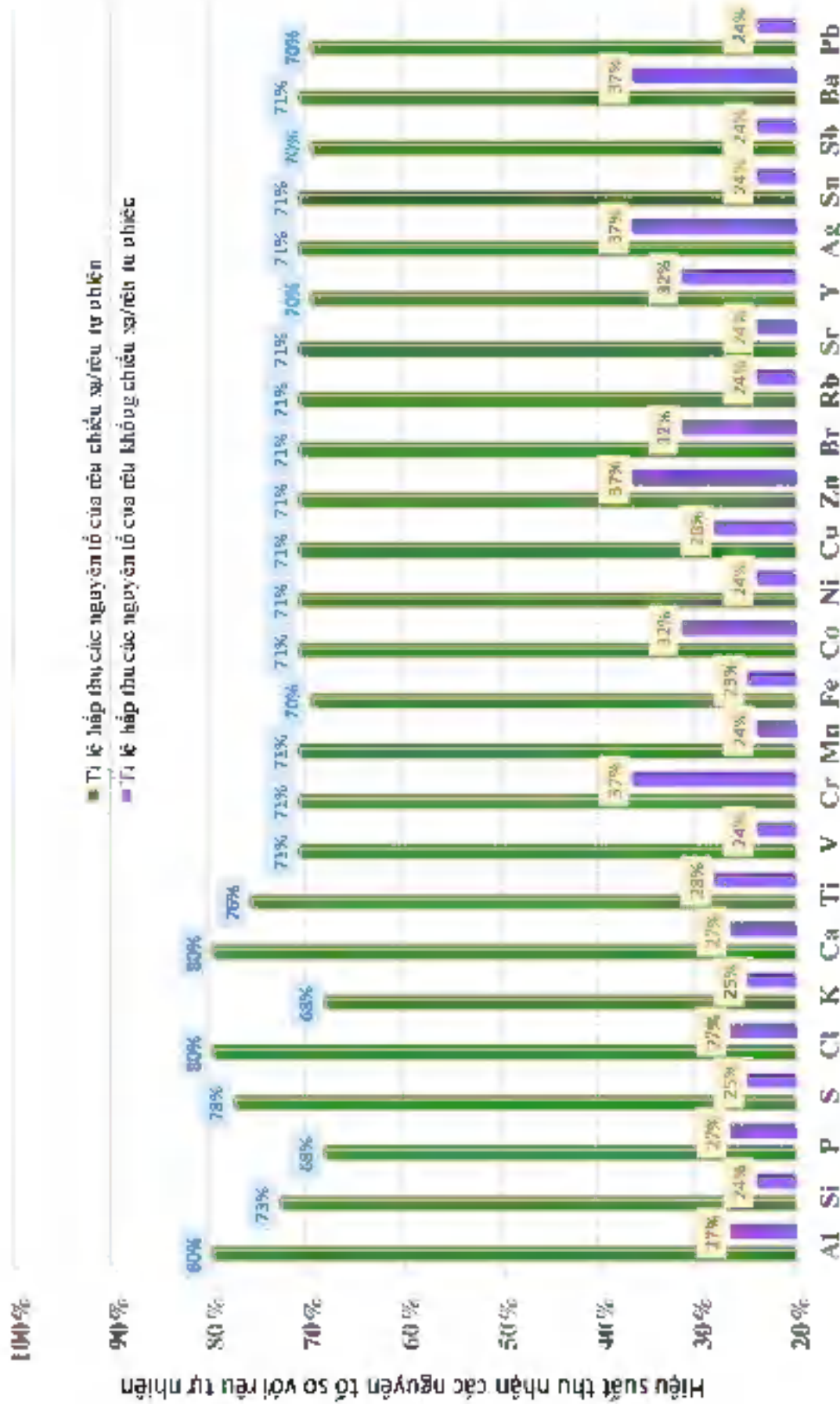
Hình 3.4. So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại T.p. Đà Lạt



**Hình 3.5.** So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở đất chiểu xa và đất không chiểu xa với đất tự nhiên tại thị trấn Liên Nghĩa, huyện Đức Trọng



**Hình 3.6.** So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở rêu chiểu xạ và rêu không chiểu xạ với rêu tự nhiên tại thị trấn Lạc Dương, thị trấn Lạc Dương



**Hình 3.7.** So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại thị trấn Đình

Vân, huyện Lâm Hà



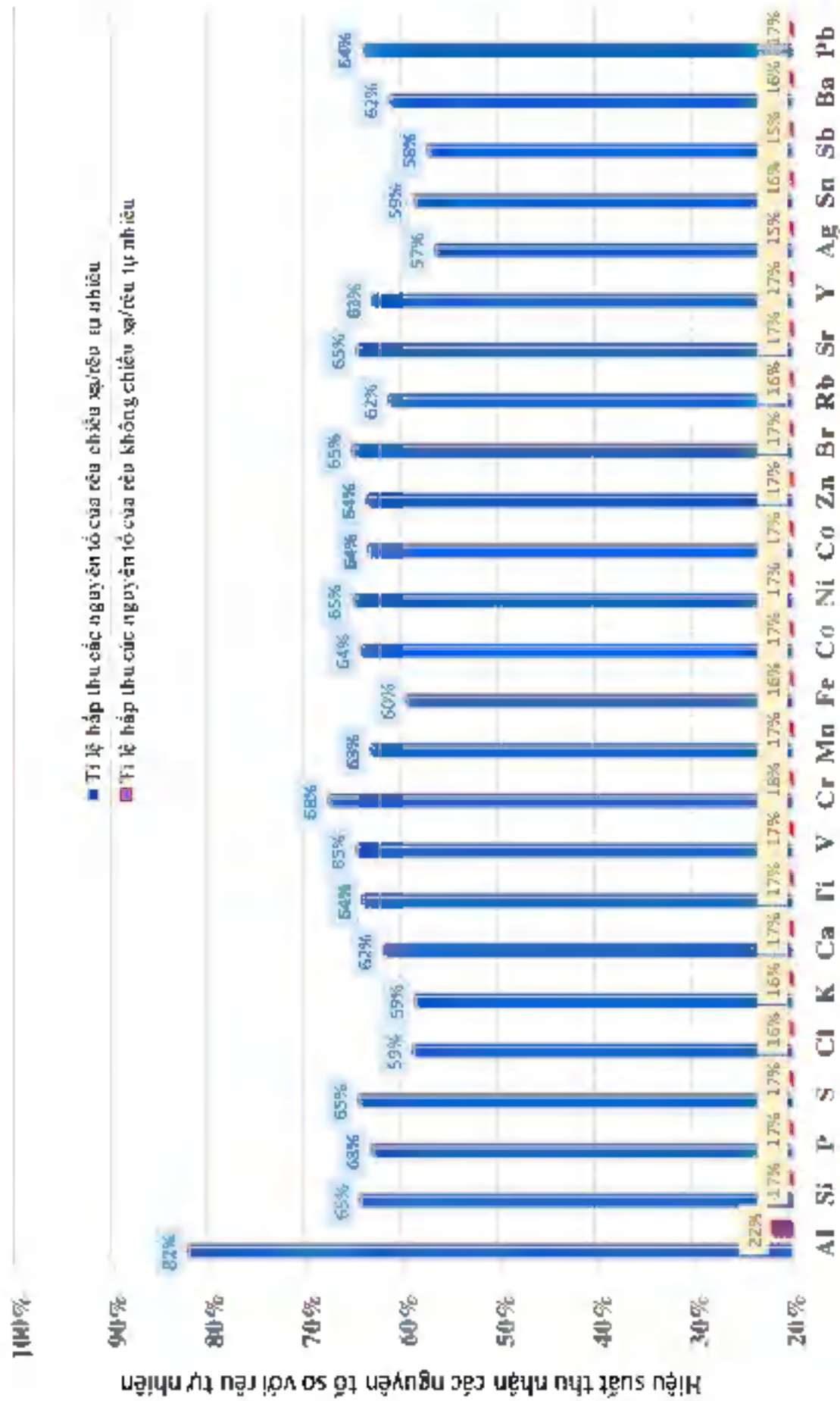
100%

■ Tỷ lệ hấp thụ các nguyên tố của rêu chiểu xạ/rêu tự nhiên  
■ Tỷ lệ hấp thụ các nguyên tố của rêu không chiểu xạ/rêu tự nhiên



Al Si P S Cl K Ca Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Br Rb Sr Y Ag Sn Sb Ba Pb

**Hình 3.8.** So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở rêu chiểu xạ và rêu không chiểu xạ với rêu tự nhiên tại Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm



**Hình 3.9.** So sánh khả năng hấp thụ các nguyên tố ở rêu chiếu xạ và rêu không chiếu xạ với rêu tự nhiên tại sân bay Long Thành (Đồng Nai)

Kết quả phân tích hàm lượng nguyên tố tại các vùng quan trắc sử dụng rêu cho cả 03 trường hợp: rêu tự nhiên, túi rêu chiếu xạ và túi rêu không chiếu xạ cho thấy:

- Về khả năng hấp thu các nguyên tố: Hầu hết các nguyên tố trong phân tích bằng phương pháp TXRF có thể tìm trong cả 3 loại rêu: tự nhiên, chiếu xạ và không chiếu xạ. Tuy nhiên, ở phương pháp NAA, một số nguyên tố có hàm lượng thấp thì không được ghi nhận trong túi rêu không chiếu xạ, như các nguyên tố Se, Eu, Th, Ta.

- Về khả năng hấp thu hàm lượng các nguyên tố trong máu: kết quả cho thấy, rêu trong túi rêu không chiếu xạ có khả năng hấp thu thấp hơn nhiều so với rêu tự nhiên và rêu trong túi rêu được chiếu xạ. Đồng thời, hiệu suất hấp thu chủ yếu phụ thuộc vào vùng treo rêu. Ở những vùng khí hậu mát mẻ, độ ẩm cao, thì hiệu suất hấp thu của túi rêu ở cả 2 trường hợp chiếu xạ và không chiếu xạ cao. Cụ thể biểu suất hấp thu trung bình các nguyên tố với trường hợp rêu chiếu xạ so với rêu không chiếu xạ được trình bày ở Bảng 3.12.

**Bảng 3.12.** Hiệu suất hấp thu trung bình tương đối ở các vùng quan trắc của rêu chiếu xạ, rêu không chiếu xạ so với rêu tự nhiên

Tp. Đà Lạt		Thị trấn Liên Nghĩa		Thị trấn Lạc Dương		Thị trấn Đình Văn		Tp. Bắc Lộc và huyện Báo Lãm		Sân bay Long Thành	
Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ	Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ	Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ	Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ	Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ	Rêu chiếu xạ	Rêu không chiếu xạ
84,2%	28,5%	81,8%	28,7%	90,1%	34,0%	72,2%	27,7%	88,0%	19,5%	63,5%	16,9%

Từ số liệu Bảng 3.12 cho thấy, hiệu suất hấp thu các nguyên tố lắng đọng trong không khí ở rêu chiếu xạ và không chiếu xạ so với rêu tự nhiên giảm dần theo vùng quan trắc theo các vùng sau: Thị trấn Lạc Dương > Tp. Đà Lạt > Thị trấn Đình Văn > Tp. Báo Lộc và huyện Báo Lãm > Sân bay Long Thành. Đáng chú ý là sân bay Long Thành trong trường hợp rêu không chiếu xạ chỉ có hiệu suất hấp thu khoảng 17% so với rêu tự nhiên.

Số liệu trong Bảng 3.12 cũng cho thấy rêu chiếu xạ có khả năng hấp thu các nguyên tố lắng đọng trong không khí khá tốt, đây được xem là triển vọng để khắc phục sự hấp thu kém khi sử dụng túi rêu trong quan trắc môi trường, nơi mà rêu tự nhiên



thường không phát triển được do điều kiện khí hậu không thuận lợi hoặc do bí bêt tổng hoá làm mất đi môi trường sống của rêu.

### 3.6. Đánh giá khả năng phân tích định tính và định lượng của ba phương pháp: INAA, TXRF và ED-XRF

Kết quả phân tích định tính và định lượng các nguyên tố lắng đọng trong không khí bằng 03 kỹ thuật phân tích đã được trình bày ở các Bảng 3.5, Bảng 3.9, Bảng 3.10, Bảng 3.12. Ở số liệu này, một số nhận xét và đánh giá như sau:

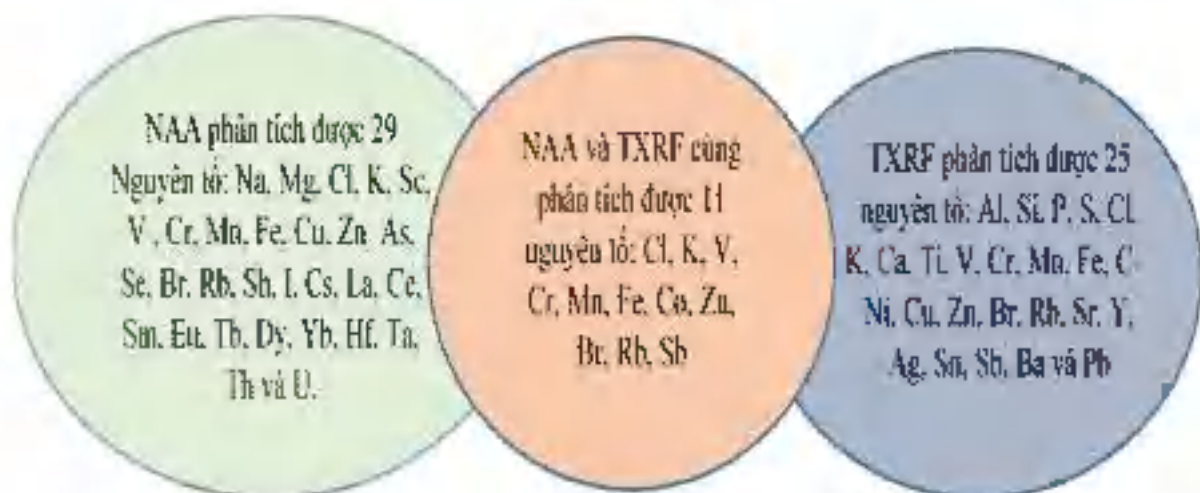
#### 3.6.1. Khả năng phân tích định tính

Cả 3 phương pháp có sự đan xen về kết quả xác định các nguyên tố trong mẫu, một số nguyên tố không thể phát hiện ở phương pháp này thì được phát hiện ở phương pháp khác. Điều này làm tăng khả năng đánh giá chính xác hơn về ô nhiễm không khí dùng chỉ thị sinh học rêu. Bảng 3.13 và sơ đồ ở Hình 3.10 chỉ ra những nguyên tố phân tích được và phương pháp xác định các nguyên tố đó.

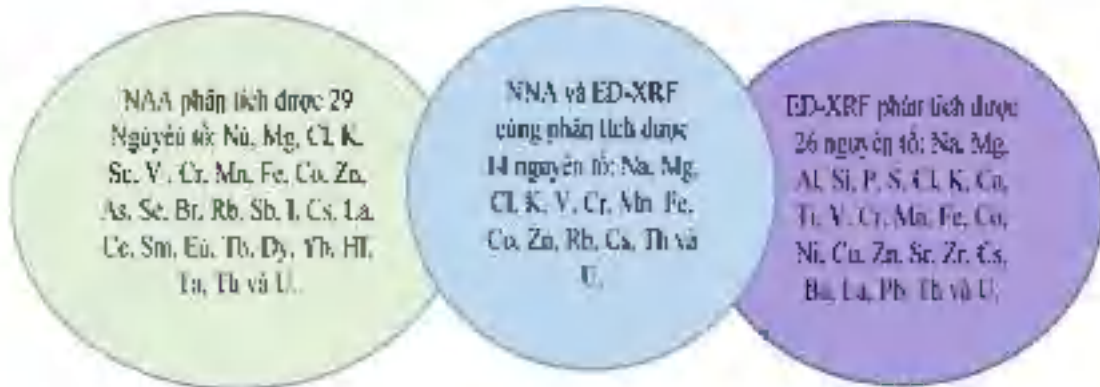
**Bảng 3.13.** Khả năng xác định các nguyên tố trong mẫu rêu của các kỹ thuật INAA, TXRF và ED-XRF

tt	Nguyên tố	Phương pháp cá khả năng phân tích			tt	Nguyên tố	Phương pháp có khả năng phân tích		
		INAA		ED-XRF			INAA		
1	Na	INAA		ED-XRF	10	Sc	INAA		
2	Mg	INAA		ED-XRF	11	Ti		TXRF	ED-XRF
3	Al		TXRF	ED-XRF	12	V	INAA	TXRF	ED-XRF
4	Si		TXRF	ED-XRF	13	Cr	INAA	TXRF	ED-XRF
5	P		TXRF	ED-XRF	14	Mn	INAA	TXRF	ED-XRF
6	S		TXRF	ED-XRF	15	Fe	INAA	TXRF	ED-XRF
7	Cl	INAA	TXRF	ED-XRF	16	Co	INAA	TXRF	ED-XRF
8	K	INAA	TXRF	ED-XRF	17	Ni		TXRF	ED-XRF
9	Ca		TXRF	ED-XRF	18	Cu		TXRF	ED-XRF

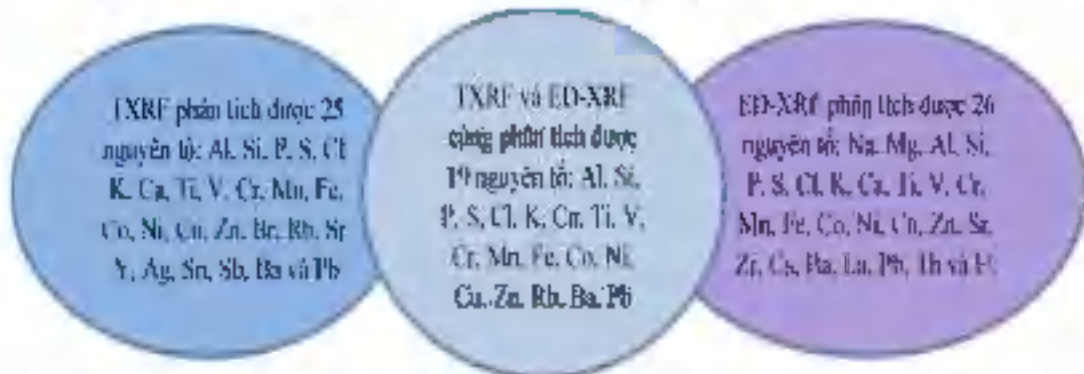
st	Nguyên tố	Phương pháp cá khả năng phân tích			st	Nguyên tố	Phương pháp có khả năng phân tích		
		INAA	TXRF	ED-XRF			INAA		ED-XRF
19	Zn	INAA	TXRF	ED-XRF	33	La	INAA		ED-XRF
20	As	INAA			34	Ce	INAA		
21	Se	INAA			35	Sm	INAA		
22	Br	INAA	TXRF		36	Eu	INAA		
23	Rb	INAA	TXRF		37	Tb	INAA		
24	Sr		TXRF	ED-XRF	38	Dy	INAA		
25	Y		TXRF		39	Yb	INAA		
26	Zr			ED-XRF	40	Hf	INAA		
27	Ag		TXRF		41	Ta	INAA		
28	Sn		TXRF		42	Pb		TXRF	ED-XRF
29	Sb	INAA	TXRF		43	Th	INAA		ED-XRF
30	I	INAA			44	U	INAA		ED-XRF
32	Ba		TXRF	ED-XRF					



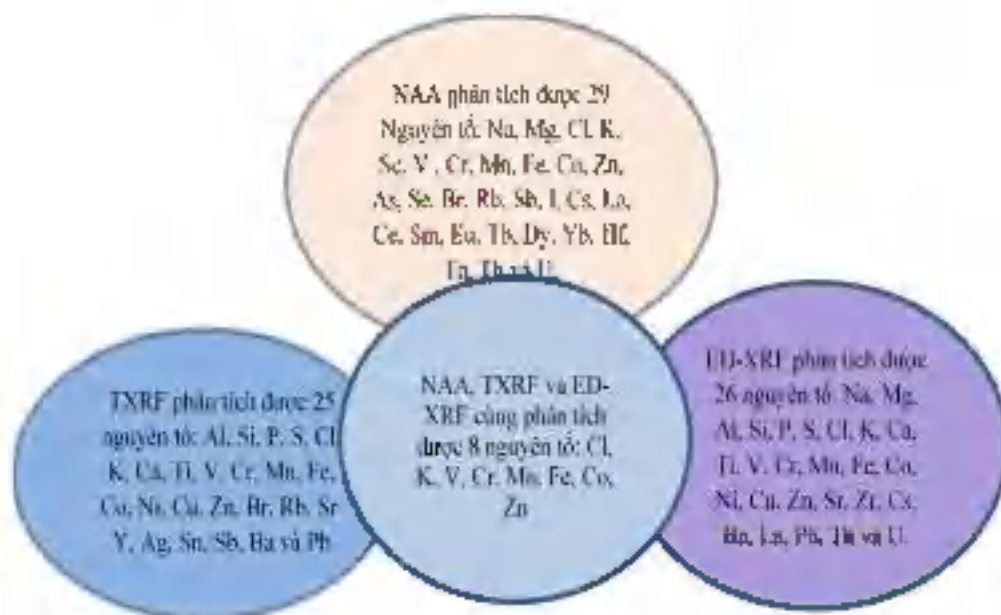
a) 43 nguyên tố phân tích được bằng phương pháp INAA kết hợp với TXRF



*b) 41 nguyên tố phân tích được bằng phương pháp INAA kết hợp với ED-XRF*



*c) 32 nguyên tố phân tích được bằng phương pháp TXRF kết hợp với ED-XRF*



*d) 44 nguyên tố phân tích được khi sử dụng kết hợp 03 phương pháp: INAA, TXRF và ED-XRF*

**Hình 3.10.** Sơ đồ xen trong xác định các nguyên tố của 03 phương pháp phân tích: INAA, TXRF và ED-XRF

### 3.6.2. Khả năng phân tích định lượng

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở cả ba phương pháp khí cũng phân tích một nguyên tố thì có sự sai khác nhỏ giữa các phương pháp, điều này có thể giải thích là do sự can nhiễu của các nguyên tố khác có trong mẫu, cũng có thể ảnh hưởng bởi quá trình xử lý phổ. Tuy nhiên sự sai khác này tương đối nhỏ (<5%) cho tất cả các nguyên tố có thể phân tích bằng cả 3 phương pháp.

Ở mức độ phân tích định lượng, thì phương pháp TXRF có ngưỡng phát hiện thấp hơn hai phương pháp NAA và ED-XRF. Ví dụ, khi so sánh hàm lượng của các nguyên tố trong túi rêu không chiếu xạ, một số nguyên tố có hàm lượng thấp không thể phát hiện bằng phương pháp NAA và ED-XRF, như: Sc, Se, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Hf, Ta, Th và U. Một vài nguyên tố phân tích bằng phương pháp TXRF có thể phân tích đến hàm lượng ppb. Như vậy TXRF có ưu điểm hơn trong việc phân tích các nguyên tố vết.

Còn phương pháp NAA và ED-XRF thì khả năng phát hiện các nguyên tố trong mẫu rêu thường ở ngưỡng phát hiện ppm. ED-XRF thì phân tích nhanh hơn NAA, nhưng một số nguyên tố không thể phát hiện được.

### 3.6.3. Đánh giá hiệu quả của việc kết hợp ba phương pháp phân tích

Từ những luận chứng khoa học được trình bày ở phần tổng quan, kết hợp với kết quả phân tích lắng đọng các nguyên tố hoá học trong không khí qua chi thị sinh học trên cây rêu trong nghiên cứu này, kết quả cho thấy các nguyên tố độc hại gồm: Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Pb (ghi nhận bằng phương pháp TXRF); Cr, Fe, Zr, As, Br (ghi nhận bằng phương pháp NAA); Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb (ghi nhận bằng phương pháp ED-XRF). Sự kết hợp này đã giúp cho việc phân tích môi trường tốt hơn, và có hướng xử lý thích hợp hơn. Sự kết hợp các phương pháp phân tích mang lại kết quả ưu việt hơn. Cụ thể, khi so sánh việc quan trắc môi trường dùng chi thị sinh học sử dụng rêu *Babular indica* ở Việt Nam, sử dụng phương pháp phân tích NAA, thì chỉ xác định được 29 nguyên tố lắng đọng trong không khí (Doan Phan Thao Tiên và cộng sự, 2022), trong khi kết quả này đã phân tích được 45 nguyên tố lắng đọng, đặc biệt nguyên tố Pb - một trong những nguyên tố quan trọng đánh giá ô nhiễm thì lại không được phát hiện ở công trình trước đây.

Về mặt định lượng, ngưỡng phát hiện của phương pháp TXRF thường tốt hơn phương pháp NAA và ED-XRF. Điển hình là khi so sánh hàm lượng của các nguyên tố trong túi rêu không chiếu xạ, một số nguyên tố có hàm lượng thấp không thể phát hiện bằng phương pháp NAA và ED-XRF như các nguyên tố: Sc, Sr, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb, Hf, Ta, Th và U.

### 3.7. Tóm tắt Chương 3

Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng kích thích sinh trưởng của bức xạ tia X năng lượng thấp ở liều chiếu thấp (~14 Gy) đối với rêu *Babular indicat*, điều này là vấn đề rất được quan tâm ở kỹ thuật túi rêu. Nghiên cứu tiếp theo thực hiện trên rêu treo ở 5 vùng khác nhau tại tỉnh Lâm Đồng và vùng sân bay Long Thành, nghiên cứu này đã kết hợp 03 phương pháp phân tích là, bao gồm NAA, TXRF, và ED-XRF, đã được kết hợp để xác định thành phần nguyên tố và hàm lượng của chúng trong mẫu rêu. Kết quả nghiên cứu cho thấy đã phân tích được 44 nguyên tố kim loại và á kim trong lắng đọng không khí. Bằng việc kết hợp 3 phương pháp NAA, TXRF, ED-XRF đã mang lại kết quả làm tăng khả năng phân tích định tính và định lượng các nguyên tố hóa học lắng đọng trong không khí. Các phương pháp phân tích được sử dụng trong nghiên cứu không chỉ có độ chính xác cao mà còn có khả năng phân tích rộng, tạo ra sự hữu ích và phù hợp để thực hiện phân tích sự lắng đọng các nguyên tố hóa học trong môi trường.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### Kết luận

Nội dung nghiên cứu của luận án thực hiện trên 03 công việc chính là:

- Sử dụng tia X năng lượng thấp để kích thích sinh trưởng rễ *Babular indica*, ứng dụng trong kỹ thuật tái rễ.
- Kết hợp 03 phương pháp phân tích: NAA, TXRF và ED-XRF nhằm tăng khả năng phân tích.
- Ứng dụng phân tích tại 05 vùng huyện, thành phố của tỉnh Lâm Đồng, và vùng sân bay Long Thành (tỉnh Đồng Nai).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, kích thích sinh trưởng bằng bức xạ tia X năng lượng thấp trên cây rễ *Babular indica* là khả quan, và có thể ứng dụng trong việc kích thích sinh trưởng rễ trong kỹ thuật tái rễ, dùng làm chỉ thị sinh học ở những khu công nghiệp, nơi thành thị với điều kiện khí hậu và bê tông hoá khó có thể sinh trưởng rễ tự nhiên – đây được xem là điều mới của luận án. Điều này mở ra hướng ứng dụng dùng rễ làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường ở những nơi rừng tự nhiên khó phát triển.

Ngoài ra, việc chiếu xạ để kích thích sự sinh trưởng của rễ, thì việc ứng dụng chiếu xạ cũng có tiềm năng trong việc nghiên cứu sự thích nghi của các loài chỉ thị khác với điều kiện môi trường tự nhiên khắc nghiệt, làm mở rộng đối tượng thực vật sử dụng trong quan trắc.

Bằng việc kết hợp 03 phương pháp phân tích thì khả năng phân tích nhiều nguyên tố hơn, độ chính xác cao hơn. Đặc biệt, với sự hỗ trợ của phương pháp TXRF và ED-XRF đã phát hiện một số nguyên tố độc hại lắng đọng trong môi trường như: Ni, Cu, Zn, Pb mà phương pháp INAA không thể ghi nhận được trong mẫu rễ.

Có thể nói, việc ứng dụng thực vật, đặc biệt là những cây bản địa làm chỉ thị sinh học trong quan trắc môi trường rất khả quan và tiện lợi, đặc biệt dành cho những nước đang phát triển như Việt Nam. Việc ứng dụng rễ làm chỉ thị trong quan trắc môi trường có thể triển khai trên diện rộng. Ít tốn kém, và dễ thực hiện.

### **Kiến nghị**

Tuy nhiên, quá trình kích thích sinh trưởng của rêu cũng cho thấy, ngoài sự ảnh hưởng tăng trưởng bởi bức xạ tia X năng lượng thấp, thì yếu tố khí hậu tại vùng treo rêu cũng tác động rất mạnh lên sự sinh trưởng của rêu trong túi rêu. Diễn hình là qua kết quả nghiên cứu ở 05 vùng tại Lâm Đồng và vùng sân bay Long Thành thì những vùng khí hậu mát như Tp. Đà Lạt và huyện Lạc Dương thì rêu trong túi rêu phát triển mạnh hơn so với những vùng khác. Điều này làm cho việc xác định sự lắng đọng các nguyên tố trong không khí chưa được đầy đủ với kỹ thuật túi rêu. Như vậy, các nghiên cứu tiếp theo có thể thực hiện quá trình phản sương hoặc tạo ẩm để kích thích phát triển rêu, nhằm khắc phục sự khác biệt của khí hậu tại những khu vực cần quan trắc.

Ở nghiên cứu này, khi phân tích bằng kỹ thuật TXRF và ED-XRF cho thấy sự tương đồng trong việc xác định các nguyên tố trong mẫu rêu, nhưng phương pháp TXRF có độ nhạy và độ chính xác cao hơn. Do vậy, chỉ cần kết hợp phương pháp NAA và TXRF là đủ, và có thể không cần dùng phương pháp ED-XRF.

Đồng thời, có thể triển khai kích thích sinh trưởng ở các loài thực vật giá rẻ, dùng làm quan trắc môi trường như địa y, nấm. Như vậy sẽ làm tăng đối tượng quan trắc để đáp ứng thích nghi cho từng vùng miền khí hậu.



## CÁC BÀI BÁO, CÔNG TRÌNH KHOA HỌC

### Các bài luận, công trình đã công bố dùng để bảo vệ luận án

- 1) Son, N., Khiem, L., Sang, N., Tien, D., and Thang, H., (2021). *Determination of elements due to atmospheric deposition on Babular indica moss at Dalat, Vietnam using NAA and TXRF techniques*. Sains Malaysiana, Q2, 50(6), 1531-1541. <https://doi.org/10.17576/jism-2021-5006-03>.
- 2) **Thị Minh Sang, N.**, Nguyen, S. A., and Hong Khiem, L., (2021). *Comparison of moss bag and native moss technique in monitoring airborne particulate and toxic elements*. Science and Technology Development Journal, 24(2).. <https://doi.org/10.32508/stdj.v24i2.2531>.
- 3) Son An Nguyen, Khiem Hong Le, **Sang Thị Minh Nguyễn**, (2022). *Combination of NAA and TXRF: an improved method to detect elements in the moss technique*. Science and Technology Development Journal, Vol 25 No 3.
- 4) Nguyen An Son, Doan Phan Thao Tien, Le Hong Khiem, **Nguyen Thị Minh Sang**, Nguyen Thi Nguyen Ha, Phạm Thị Ngọc Ha, Phạm Đăng Quyên, Nguyen Dinh Trung, Nguyen Truong Duong Cam. (2020). *Analysis Of Trace Element Atmospheric Deposition By Babular indica Moss At Bauloc Using The Total Reflection X-Ray Fluorescence Technique*, Dalat University Journal Of Science, Volume 10, Issue 3. 98-109 98.
- 5) **Nguyen Thị Minh Sang**, Le Hong Khiem, Le Nhut Hong Thieu, Truong Van Minh, and Nguyen An Son, (2022). *Survey on the ability to absorb elements in the polluted air of moss bags and lichen bags with non- irradiation and irradiated*. International Conference, Korean Nuclear Society (KNS), Korea.
- 6) **Thị Minh Sang Nguyễn**, An Sou Nguyen, and Le Anh Tin Bui, Hong Khiem Le, Van Minh Truong, Tuan Anh Tran, (2022). *Combination of NAA, TXRF, and ED-XRF to Detect Elements Deposition in the Moss*. International Conference, Korean Nuclear Society (KNS), Korea.
- 7) **Nguyen Thị Minh Sang** (2021). *Survey of X ray dose Irradiation levels to Increase moss growth for enviromental monitoring*. Hội nghị Khoa học và Công nghệ Hạ nhân toàn quốc lần thứ 14, Dalat, Vietnam.
- 8) **Nguyen Thị Minh Sang**, Nguyen An Son, Le Hong Khiem, Trần Tuan Anh, Ho Hau Thang, (2023). *Results of air pollution analysis in Lam Dong using the*

*passive moss technique*. Hội nghị Khoa học và Công nghệ Hạt nhân toàn quốc lần thứ 15, Nha Trang, Vietnam.

- 9) Sang Nguyen Thi Minh, Son Nguyen An, Khiem Le Hong, Minh Truong Van, Trieu Le Ngoc (2023). *Application of low-energy X-rays to stimulate moss applied in environmental monitoring*. Hội nghị Khoa học và Công nghệ Hạt nhân toàn quốc lần thứ 15, Nha Trang, Vietnam.

#### Các bài báo, công trình khác

- 1) Khiem, L. H., Zinicovskaia, I., My, T. T., Frontasyeva, M., My, N. T., Son, N. A., Van Trung, D., Nam, L. D., Sang, N. T.M., Dny, N. N., Hung, N. Q., Van Hai, B., Mai, N. N., Thang, D. D., and Dinh, N. T. (2022). *Investigation of airborne trace element pollution in Hai Phong city (Vietnam) using Babular indica moss and neutron activation analysis*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Q3. 331(11). 4649-4662. <https://doi.org/10.1007/s10967-022-08567-9>.
- 2) Doan Phan Thao Tien, Le Hong Khiem, Triuh Thi Thu My, Marina Vladimír Frontasyeva, Nguyen Thi Minh Sang, Nguyen An Son. (2020). *Comparing atmospheric trace element accumulation of three moss species*. Science and Technology Development Journal, 23 (4): 752 - 757. DOI: 10.32508/stdj.v23i4.2417.
- 3) Nguyễn An Sơn, Đoàn Phan Thảo Tiên, Lê Hồng Khiêm, Nguyễn Thị Nguyệt Hà, Nguyễn Thị Minh Sang, Phạm Thị Ngọc Hà, Lê Việt Huy, Phạm Đăng Quyết, Hồ Hữu Thắng, Nguyễn Trương Dương Cẩm (2020). *Xác định nguyên tố vết trong không khí tại Tp. Đà Lạt qua chi thị trên rêu Babular bằng phương pháp huỳnh quang tia X phân xạ toàn phần*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm tp Hồ chí Minh, 17 (6). 1048-1056.
- 4) Khiem, L. H., Sang, N. T., An, S. N., Minh, T. V., Anh, T. T., Thang, H. H., and Nam, L. D. (2022). *Investigation of elemental deposition in Lamdong province (Vietnam) by the moss Biomonitoring method and neutron activation analysis*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1628695/v1>

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tài liệu tiếng Việt

Hồ Mạnh Dũng, (2004). *Phân tích kích hoạt neutron (INAA) trên lò phản ứng hạt nhân*. Tuyển tập các bài thực hành nâng cao dành cho cán bộ ngành năng lượng nguyên tử.

Luật Bảo vệ môi trường 2020, số 72/2020/QH14, theo khoản 12, Điều 3.

Nguyễn Hữu Quyết, (2022). *Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân để nghiên cứu ô nhiễm kim loại nặng trong không khí tại Hà Nội dùng chi thị rêu sinh học*. Luận án tiến sĩ. Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Phạm Duy Hiền, (2020). *Ô nhiễm không khí ở Hà Nội: 20 năm nghiên cứu*. Báo Khoa học và Phát triển, 9/2020.

QCVN 05:2023/BTNMT, (2023). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí*.

Trần Ninh, (1995). *Các loài rêu phát triển tại thành phố Hà Nội và mối liên quan giữa chúng với sự ô nhiễm không khí*. Đề tài nghiên cứu KH-CN, Đại học Tổng hợp Hà Nội.

Vương Thu Bắc, (2013). *Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật phân tích hạt nhân phối hợp với một số kỹ thuật phân tích hỗ trợ góp phần giải quyết bài toán ô nhiễm bụi khí PM<sub>10</sub>*. Luận án tiến sĩ. Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam.

### Tài liệu tiếng nước ngoài

Abduliah, M.Z., Saat, A.B., Hamzah, Z.B., (2011). *Assessment of the impact of petroleum and petrochemical industries to the surrounding areas in Malaysia using mosses as bioindicator supported by multivariate analysis*. Environmental Monitoring and Assessment, 184(6), 3959-3969.

Adamo P., Bargagli R., Giordano S., Modenesi P., Monaci F., Pittao B., (2008a). *Natural and pre-treatments induced variability in the chemical composition and morphology of lichens and mosses selected for active monitoring of airborne elements*. Environ Pollut. 152:11-9

- Adamo P., Giordano S., Naimo D., Bargagli R., (2008b). *Geochemical properties of airborne particulate matter (PM10) collected by automatic device and biomonitors in a Mediterranean urban environment*. Atmos Environ. 42:346–57.
- Adewoye. A. B., Lindsay, S. J., Dubrova, Y. E., and Hurles, M. E., (2015). *The genome-wide effects of ionizing radiation on mutation induction in the mammalian germline*. Nature Communications. 6(1).
- Agency, International Atomic Energy, (1977). *Manual on mutation breeding*
- Aiginger, H. and Wobrauscheck, P., (1974). *A method for quantitative X-ray fluorescence analysis in the nanogram region*. Nucl. Instr. Meth, 114, 157-158.
- Aiginger, H. and Wobrauscheck, P., (1975). *Total- reflection X-ray fluorescence spectrometric determination of elements in nanogram amounts*. Anal. Chem. 47, 852-855.
- Andrews, N. C., (2002). *Metal transporters and disease*. Current Opinion in Chemical Biology 6, 181-185
- Aničić, M., Tasić, M., Frontasyeva, M., Tomašević, M., Rajšić, S., Mijić, Z., and Popović, A., (2009). *Active moss biomonitoring of trace elements with sphagnum girgensohnii moss bags in relation to atmospheric bulk deposition in Belgrade, Serbia*. Environmental Pollution, 157(2), 673-679.
- Archibold O.W., (1985). *The metal content of wind-blown dust from uranium tailings in Northern Saskatchewan*. Water Air Soil Pollut. 24:63–76.
- Ares, A., Aboal, J., Carballeira, A., Giordano, S., Adamo, P., and Fernández, J., (2012). *Moss bag biomonitoring: A methodological review*. Science of The Total Environment. 432, 143-158.
- Bergamaschi, L., Rizzio, E., Giaveri, G., Profumo, A., Loppi, S., and Gallorini, M., (2004). *Determination of baseline element composition of lichens using samples from high elevations*. Chemosphere. 55, 933-939.
- Beyaz. R. and Yildiz. M., (2017). *The use of gamma irradiation in plant mutation breeding*. Plant Engineering, pp. 33-46.

- Beyaz, R., Kahramanogullari, C. T., Yildiz, C., Darcio, E. S., and Yildiz, M., (2016). *The effect of gamma radiation on seed germination and seedling growth of lathyrus chrysanthus Boiss under in vitro conditions*. Journal of Environmental Radioactivity, 162-163, 129-133.
- Elindauer, C., (2012). *Homoeostasis and distribution of essential metals in cells: Principles and molecular mechanisms*. Biochemist. 34, 4
- Eqquete M.T., Fernández J.A., Aboal J.R., Carballeira A., (2011). *Are terrestrial mosses good biomonitors of atmospheric deposition of Mn*. Atmos Environ. 45:2704–10.
- Borsaru, M., Berry, M., Biggs, M., and Rojo, A., (2004). *In situ determination of sulphur in coal seams and overburden rock by PGNA*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 213, 530-534.
- Brucker, S2 PICOFOX™, (2018). *TXRF spectrometer element analysis user manual*.
- Cao, L., Tian, W., Ni, E., Wang, P., and Zhang, Y., (2002). *Radiochemical neutron-activation analysis of uncertified ultra-trace rare earth elements in two biological certified reference materials*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 372(2), 397-400.
- Capote Rodríguez, G., Rivero, A. H., Bermúdez, J. M., Guevara, S. R., Arribére, M. A., Insfrán, J. M., and Zayas, G. P., (1997). *Determination of selenium in nickel and Cobalt concentrates applying epithermal neutron activation analysis*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 223(1-2), 217-220.
- Ceburnis, D., Steinnes, E., Kviatkus, K., (1999). *Estimation of metal uptake efficiency from precipitation in mosses in Lithuania*. Chemosphere 38, 445–455.
- Compton, A. H., (1923). *The total reflexion of X-rays*. Philosophical Magazine, 45, 1121.
- Csikái, J., Király, B., Sanami, T., and Michikawa, T., (2002). *Studies on thermal neutron perturbation factor needed for bulk sample activation analysis*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 488(3), 634-641.

- Culicov, O. A., and Yurukova, L., (2006). *Comparison of element accumulation of different moss- and lichen-bags, exposed in the city of Sofia (Bulgaria)*. Journal of Atmospheric Chemistry, 55, 1–12.
- Culicov, O. A., Mocanu, R., Frontasyeva, M. V., Yurukova, L., and Steinnes, E., (2005). *Active moss biomonitaring applied to an industrial site In Romania: Relative accumulation of 36 elements in moss-bags*. Environmental Monitoring and Assessment, 108(1-3), 229-240.
- Cvetkovic, A.; Lal Menon, A.; Thorgersen, M. P.; Seott, J. W.; Poole, F. L., II; Jenney, F. E. Jr.; Lancaster, W. A.; Pralssman, J. L.; Shanmukh, S.; Vaccaro, B. J.; Trauger, S. A.; Kalisiak, E.; Apon, J. V.; Siuzdak, G.; Yannone, S. M.; Tainer, J. A.; Adams, M. W. W., (2010). *Microbial metalloproteomes are largely uncharacterized*. Nature 2010, 466, 779
- Dailant, O., Kirchner, G., Beltramo, J.L., Gueidan, C., Jaquetot, L., Joyeux, et al., (2003). *Lichens and new possibilities of bio-indication in France*. Proc. of the International Workshop—BioMAP II, (2000). (pp. 118–125).Vienna, IAEA.
- Doan Phan Thao Tien, Le Hong Khiem, Trinh Thi Thu My, Marina Vladimir Frontasyeva, Nguyen Thi Minh Sang, Nguyen An Son., (2020). *Comparing atmospheric tree element accumulation of three moss speices*. Science and Technology Development Journal, 23 (4): 752 – 757.
- Doan Phan Thao Tien, Trinh T.T.M., Khiem L.H., Frontasyeva M.V., Quyet N.H., (2019). *Study of airborne trace element pollution in central and southern Vietnam using moss (Babular Indica) technique and neutron activation analysis*. Asia-Pacific J Atmos Sei. 55:247–253.
- Doan Phao Thao Tien, Trinh Thi Thu My, Le Hong Khiem, Marina Frontasyeva, Inga Zinicovskaia, Nguyen An Son, Do Van Dung, (2022). *Studying airborne trace elements in featured areas in Red River Delta and South Central Vietnam using moss biomonitoring technique and neutron activation analysis*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 331(6), 2743-2750.

- Bhrenberg, C., Gustafsson, Å., Forshell, C. P., and Sinnak, M., (1955). *Seed quality and the principles of forest genetics*. Hereditas 41(3-4): 291-366.
- Erick K.Towett, Keith D. Shepherd, Georg Cadisch, (2013). *Quantification of total element concentrations in soils using total X-ray fluorescence spectroscopy (TXRF)*. Science of The Total Environment. 463-464, 374-388.
- European Union (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 on establishing a framework for community action in the field of water policy*. J Eur Commun L327: 1-72
- РАО/IAEA, (2018). *Manual on Mutation Breeding - Third edition*. Spencer-Lopes, M.M., Forster, B.P. and Jankuloski, L. (eds.), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 301 pp.
- Farkas, J., (2004). *Food irradiation*. In A. Mazumder, and Y. Hatano (Eds.), *Charged particle and photon interactions with matter*. New York, Basel: Marcel Dekker, Inc.
- Fecs, S., (2019). *Applied Rigaku Technologies*, Austin, TX, USA Personal communication.
- Fernández J.A., Ares A., Rey-Aseusio A., Carballeira A., Aboal J.R., (2010). *Effect of growth on active biomonitoring with terrestrial mosses*. J Atmos Chem. 63: 1-11.
- Fernández, J., and Carballeira, A., (2000). *Differences in the responses of native and transplanted mosses to atmospheric pollution: A possible role of selenium*. Environmental Pollution, 110(1), 73-78.
- Fina, J., Casadevall, R., AbdElgawad, H., Prinsen, E., Markakis, M. N., Boemster, G. T., and Casati, P., (2017). *UV-B inhibits leaf growth through changes in growth regulating factors and gibberellin levels*. Plant Physiology, 174(2), 1110-1126.
- Forster, J. C., Douglass, M. J. J., Phillips, W. M., and Bezak, E., (2019). *Stochastic multicellular modeling of X-ray irradiation, DNA damage induction, DNA free-end misrejoining and cell death*. Scientific Reports 9(1): 18888.



- Fraeuzle, S., Markert, B., (2006). *Metals in biomass: From the biological system of elements to reasons of fractionation and element use*. Environmental Science and Pollution Research, 6:404–413.
- Prontasyeva M. V. and Harmens H., (2015). *Monitoring of atmospheric deposition of heavy metals, nitrogen and pops in Europe using bryophytes. Monitoring manual 2015*. International cooperative program on effect of air pollution on natural vegetation and crops, Centre for Ecology and Hydromlogy, Bangor.
- Prontasyeva, M.V., Galinskaya, T.Y., Kirmar, M., Matavuly, M., Pavlov, S.S., Povtoreyko, E.A., Radnovic, D., Steinnes, E., (2004). *Atmespheric deposition of heavy metals in northern Serbia and Bosnia-Herzegovina studied by the moss biomonitoring, neutron activation analysis and GIS technology*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 259(1), 141-144.
- Gailey FAY, Lloyd O.L., (1986). *Methodological investigations into low technology monitoring of atmospheric metal pollution: part III. The degree of replicability of the metal concentrations*. Environ Pollut Ser B Chem Phys. 12:85-109.
- Galsomies, L., Letrouit, M.A., Deschamps, C., Savanne, D., Avnaim, M., (2000). *Atmospheric metal deposition in France: initial results on moss calibration from the 1996 biomonitoring*. The Science of the Total Environment. 232, 39-47.
- Gehrke, C. (1999). *Impacts of enhanced ultraviolet-B radiation on masses in a subarctic Heath ecosystem*. Ecology, 80(6), 1844-1851.
- Giordano S., Adamo P., Monaci F., Pittao E., Tretiach M., Eargagli R., (2009). *Bags with oven-dried moss for the active monitoring of airborne trace elements in urban areas*. Environ Pollut. 157:2798-805
- Gjengedal, E., Steinnes, E., (1990). *Uptake of metal ions from artificial precipitation*. Environmental Monitoring and Assessment 14, 77-87.
- Goodman, S. N., (1992). *A comment on replication, P-values and evidence*. Statistics in Medicine 11, 875-879.

- Gregersen, E., (2011). *The britannica guide to the atom (Vol. 10010, p. 163)*. New York, NY: Britannica Educational Publishing in association with Rosen Educational Services, LLC.
- Grodzinska, K., Szarek-Lukaszewska, G., Godzik, B., (1999). *Survey of heavy metal deposition in Poland using mosses as indicators*. The Science of the Total Environment 229, 41–51.
- Gudkov, S. V., Grinberg, M. A., Sukhov, V., and Vodencev, V., (2019). *Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants*. Journal of Environmental Radioactivity 202: 8–24.
- Habib, C.Z., W., Haacke, E., Webb, S., Nichol, H., (2010). *Year Visualizing iron deposition in multiple sclerosis cadaver brains*. In 6<sup>th</sup> International Conference on Medical Applications of Synchrotron Radiation. Melbourne (Australia).
- Harry Harmens, David Norris and the participants of the moss survey, (2008). *Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in masses in Europe (1990-2005)*. Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation
- Hem Raj Verma, 2007. *Atomic and Nuclear Analytical Methods XRF, Mossbauer, XPS, NAA and Ion-Beam Spectroscopic Techniques*. Springer
- Hevesy G., Levi H., (1936). *The action of neutrons on the rare earth elements*. Det Kgl Danske Videnskabernes Selskab, Matematisk-fysiske Meddelelser. XIV. 5, 1–34.
- Hevesy G., Levi H., (1937). *Action of slow neutrons on rare earth elements*. Nature. 137, 185.
- Ho Manh Dung et al, (2016). *Quality evaluation of the  $k_0$ -standardized neutron activation analysis at the Dalat research reactor*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 309: 135–143.
- <https://www.who.int/news-room/photo-story/10-chemicals-of-public-health-concern>  
(truy cập ngày 10/6/2023)

- Hussain, F., Iqbal, M., Shah, S. Z., Qamar, M. A., Bokhari, T. H., Abbas, M., and Younus, M., (2017). *Sunflower germination and growth behavior under various gamma radiation absorbed doses*. *Acta Ecologica Sinica*, 37(1). 48-52.
- Huttunen S., Karhu M., Kallio S., (1981). *The effect of air pollution on transplanted mosses*. *Silva Fenn.* 15: 495–504.
- IAEA (1999). *Industrial and Environmental Application of Nuclear Analytical Techniques*. Proc. Symp., Vienna, Austria, IAEA, Vienna.
- ICP Vegetation, (2019), *Monitoring of atmospheric deposition of heavy metals, nitrogen and POPs in Europe using Bryophytes: 2020 survey*
- IHME, Global Burden of Disease, (2019) (truy cập: 10/3/2023). Available online: <https://www.healthdata.org/gbd>
- Jaipo, N., Kosiwikul, M., Panpnang, N., and Prakrajang, K., (2019). *Low dose gamma radiation effects on seed germination and seedling growth of cucumber and akra*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380(1), 012-106.
- James, W. D., (2000). *14 MeV Fast Neutron Activation Analysis in the Year 2000*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 243, 119-123.
- Jeong, S., Marks, B. P., Ryser, E. T., and Harte, J. B., (2012). *The effect of X-ray irradiation on Salmonella inactivation and sensory quality of almonds and walnuts as a function of water activity*. *International Journal of Food Microbiology*, 153(3), 365-371.
- John T. Lett, Warren K. Sinclair, (1993). *DNA and Chromatin Damage Caused by Radiation*, eBook ISBN: 9781483282275
- Kadachi, A.N.; Al-Eshaikh, M.A., (2012). *Limits of detection in XRF spectroscopy*. *X-ray Spectrom.* 41, 350-354.
- Khiem, L. H., Quan, V.D., Trinh, T. T. M., Frontasyeva, M. V., Tien, D. P. T., Nam, L.D., Mai, N. N., Quyet, N. H., Hong, K.T., Son, N.A., Thanh, T.T., Trung T.D. and Thang, D.V., (2019). *The Study of Air Pollution of Metal Elements in Hanoi, Hung Yen and Dong Nai Using Babular indica Mass*. *Communications in Physics*

- Khiem, L.H., Sera, K., Hosokawa, T., Quyet, N.H., Frontasyeva, M.V., Triuh, T.T., My, N.T., Nghia, N.T., Trong, T.D., Nam, L.D., Hong, K.T., Mai, N.N., Thang, D.V., Son, N.A., Thanh, T.T., Tien, D.P., (2020), *Assessment of atmospheric deposition of metals in Hanoi using the moss bio-monitoring technique and pratan induced X-ray emission*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 324(1), 43-54.
- Knoth, J. and Schwenke, H., (1978). *An X-ray fluorescence spectrometer with totally reflecting sample support for trace analysis at the ppb level*. Fresenius Z. Anal Chem., 291, 200-204.
- Kodama, H.; Fujisawa, C.; Bhadhprasi, W. Curr. Drug Metab., (2012). 13, 237
- Kosior, G., Samecka-Cymerman, A., Kolon, K., and Kempers. A. J., (2010). *Bioindication capacity of metal pollution of native and transplanted Pleurozium schreberi under various levels of pollution*. Chemosphere, 81, 321-326.
- Krcft, I., Stibilj, V., and Trkov, Z., (2002). *Iodine and selenium contents in pumpkin (Cucurbita pepo L.) oil and oil-cake*. European Food Research and Technology, 215(4), 279-281.
- Kruger P., (1971). *Principle of Activation Analysis*. Wiley Interscience USA
- Kusmiyati, F., Sutarno, Sas, M. G. A., and Herwibawa, B., (2018). *Mutagenic effects of gamma rays on soybean (Glycine max L.) germination and seedlings*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 102: 012-059.
- Landsberger, S., Peshev, S., and Eecker, D., (1994). *Determination of silicon in biological and botanical reference materials by epithermal INAA and Compton suppression*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 353(1-3), 601-605.
- Leblond, S., Gombert, S., Colin, J.L. et al., (2004). *Biological and Temporal Variations of Trace Element Concentrations in the Moss Species Scieropodium purum (Hedw.) Limpr.*. J Atmos Chem 49, 95-110.
- Lee, C.S., Li, X., Zhang, G., Peng, X., Zhang, L., (2005). *Biomonitoring of trace metals in the atmosphere using moss (Hypnum plumaeforme) in the Nanling*

- Mountains and the Pearl River Delta, southern China*. Atmospheric Environment, 39(3), 397-407.
- Lindstrom, R. M., (1998). *Reference material certification by prompt-gamma activation analysis*. *Fresenius. Journal of Analytical Chemistry*, 360(3-4), 322-324.
- Little P., Martin M.H., (1974). *Biological monitoring of heavy metal pollution*. *Environ Pollut*, 6:1-19.
- M. Jakc Pnshic, Ingrid J. Plokering, Malgorzata Korbas, Mark J. Hackett, Graham N. George, (2014). *Elemental and Chemically Specific X-ray Fluorescence Imaging of Biological Systems*. *Chem. Rev.* 114, 17, 8499–8541.
- Maity, J.P., Mishra, D., Chakraborty, A., Saha, A., Santra, S.C. and Chanda, S., (2005). *Modulation of some quantitative and qualitative characteristics in rice (Oryza sativa L.) and mung (Phaseolus mungo L.) by ionizing radiation*. *Radiat Phys Chem*, 74(5): 391-394.
- Manual for user "*Operation manual X-rays irradiation system MBR-1618R-BE*", (2017)
- Marchetti C., (2013). *Role of calcium channels in heavy metal toxicity*. *ISRN Toxicol*, 184-360.
- Mareu, D., Cristea, V., and Daraban, L., (2013). *Dose-dependent effects of gamma radiation on lettuce (Lactuca sativavar.capitata) seedlings*. *International Journal of Radiation Biology*, 89(3), 219-223.
- Markert, B. A., Markert, B., and Zechmeister, H., (2003). *Bioindicators and Biomonitoring: Principles, concepts, and applications*. Elsevier
- Markert, B., (2007). *Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21: 77-82.
- Markert, B., and Weckert, V., (1993). *Time and Site Integrated Long-term Biomonitoring of Chemicals by Means of Mosses*. *Toxicol. Environ. Chem.* 40: 43-56.

- Markert, B., Wueeschmann S, Fraenzle S, Wappelhorst O, Weckert V, Breuhmann G, (2008). *On the road from environmental biomonitoring to human health aspects: Monitoring atmospheric heavy metal deposition by epiphytic/epigeic plants: Present status anti future needs.* International Journal of Environment and Pollution. 32:486-498.
- Metzger, K.; Zbang, C.; Ward, M.; Daly K., (2020). *Mid-infrared spectroscopy as an alternative to laboratory extraction for the determination of lime requirement in tillage soils.* Geoderma, 364, 114171
- Miller, M. W., and Miller, W. M., (1987). *Radiation Hormesis in plants.* Health Physles, 52(5), 607-616.
- Mohr, K., (2014). *Biomonitoring von Stickstoffdepositionen mit Moosen.(Biomonitoring of nitrogen deposition with mosses).* Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.
- Mousseau, T. A., and Møller, A. P., (2020). *Plants in the Light of Ionizing Radiation: What Have We Learned From Chernobyl, Fukushima, and Other "Hot" Places?* Frontiers in Plant Science, 11.
- Munar. M.P., Oreiro, R.R.B., Hipol, R.M., (2014), *Ectohydric moss, Thuidium tanuriscelium, monitors atmospheric lead (Pb) pollution in Baguio City, Philippines.* Tropical Plant Research, 1(1): 04-07
- Nair. A., Sudarshan, K., Raje, N., Reddy. A., Manobar. S., and Goswami, A., (2004). *Analysis of allays by prompt gamma-ray neutron activation.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 516(1), 143-148.
- Naqvi, A., (2003). *Prompt gamma ray analysis of Portland cement sample using keV neutrons with a Maxwellian energy spectrum - a Monte Carlo study.* Radiation Physics and Chemistry, 67(6), 695-701
- Nasrudi T, Badacsonyi A, Néraeth N, Tuba Z, Batič F, Ziuc, (2004). *Lead and cadmium content in meadow plants and mosses along the M3 motorway (Hungary).* J Atmos Chem. 49:593-603.

- Nawkar, G., Maibam, P., Park, J., Sahi, V., Lee, S., and Kang, C., (2013). *UV-induced cell death in plants*. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1), 1608-1628.
- Nguyen Viet, H., Bernard, N., Mueheli, E. A., Cortet, J., Badot, P., and Gilbert, D., (2007). *Relationship between testate amoeba (Protist) communities and atmospheric heavy metals accumulated in *Barbula indica* (Bryophyta) in Vietnam*. *Microbial Ecology*, 53(1), 53-65.
- Nguyen Viet, H., Frontasyeva M.V., Trinh Thi T. M., Gilbert D., and Bernard N., (2010). *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Vietnam: Ha Noi and Thai Nguyen case study using the moss biomonitoring technique*. *INAA and AAS, Environmental Science and Pollution Research*, 17:1045 – 1052.
- Nunes, W., Da Silva, A., Crispim, V., and Schirru, R., (2002). *Explosives detection using prompt-gamma neutron activation and neural networks*. *Applied Radiation and Isotopes*, 56(6), 937-943.
- Oladosu, Yusuff, et al., (2016). *Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review*. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 30(1), pp. 1-16.
- Onianwa, P.C., (2001). *Monitoring Atmospheric Metal Pollution: A Review of the Use of Mosses as Indicators*. *Environ. Monit. Assess.* 71: 13-50.
- Orvini, E., and Spezioli, M., (1998). *Applicability and limits of instrumental neutron activation analysis: State of the art in the year 2000*. *Microchemical Journal*, 59(1), 160-172.
- P. Bode, J. J. M. De Goeij, (1998). *Activation Analysis in Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*. R. A. MEYERS (Ed.), John Wiley and Sons.
- Polkowska-Motrenko, H., Danko, B., Dybczynski, R., Koster-Ammerlaan, A., and Bode, P., (2000). *Effect of acid digestion method on Cobalt determination in plant materials*. *Analytica Chimica Acta*, 408(1-2), 89-95.



- Potocki S., Rowinska-Zyrek M., Witkowska D., Pyrkosz M., Szebesezyk A., Krzywoszynska K., Kozlowski H. (2012). *Metal transport and homeostasis within the human body: Toxicity associated with transport abnormalities*. *Curr. Med. Chem.* 19: 2738–2759.
- Pourret O., Hursthouse A., (2019). *It's time to replace the term "heavy metals" with "potentially toxic elements" when reporting environmental research*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.16: 44-46.
- R. Bakiyaraj and D. Ayyappan, (2014). *Air pollution tolerance index of some terrestrial plants around an industrial area*. *Int. J. Modern R. and Review*. 2(1) 1-7.
- Révay, Z., Molnár, G. L., Belgyn, T., Kasztovszky, Z., and Firestone, R. B., (2000). *A new gamma-ray spectrum catalog for PGAA*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 244(2), 383-389.
- Rietz, B., Krarup-Hansen, A., and Rörth, M., (2001). *Determination of platinum by radiochemical neutron activation analysis in neural tissues from rats, monkeys and patients treated with cisplatin*. *Analytica Chimica Acta*, 426(1), 119-126.
- Routgen, W. C., (1898). *Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge*. 64 (1).
- Rühling, A., (1994). *Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe-Estimations Based on Moss Analysis*. Nordie Conneil of Ministers,(ed.) AKA Print, A/S Arhus.
- Rühling, E. and Tyler, G., (1968). *An ecological approach to the lead problem*. *Botaniska Notiser*, 121, 321-342.
- Rühling, E. and Tyler, G., (1970). *Sorption and Retention of Heavy Metals in the Woodland Moss Hylocomium Splendens*. *Oikos* 21: 92-97
- Ruhling, A., Steinnes, E., (1998). *Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996*. Nord Ministerrad NORD
- Sax, K., (1955). *The effect of ionizing radiation on plant growth*. *American Journal of Botany*, 42(4), 360-364.
- Schmidt-Grob, L., Thoni, L., Hertz, J., (1991). *Übersicht über die Deposition von Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Eisen, Kupfer, Molybden, Nickel,*

*Quecksilber, Schwefel, Thallium, Vanadium und Zink in der Schweiz mit Hilfe von Moosen als Biomonitoren.* Forschungsstelle für Umwelt, Switzerland.

- Shinotsuka, K., and Ebihara, M., (1997). *Precise determination of rare earth elements, thorium and uranium in chondritic meteorites by inductively coupled plasma mass spectrometry - a comparative study with radiochemical neutron activation analysis.* *Analytica Chimica Acta*, 338(3), 237-246.
- Smodiš, B., Pignata ML, Saiki M, Cortés E, Bangfa N, Markert B, (2004). *Validation and application of plants as biomonitors of trace element atmospheric pollution-A co-ordinated effort in 14 countries.* *Journal of Atmospheric Chemistry*. 2004;49:3-13.
- Son, N. A., Nguyet Ha, N. T., Minh Sang, N. T., Dinh Due, L. D., and Trieu, L. N., (2022). *Effects of low energy (160 Kev) X-ray on microbial inactivation, sprouting inhibition and genetic variation in potato.* *Food Bioscience*, 47, 101555. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101555>
- Sucharová, J., and Suchara, L. (1998). *Atmospheric deposition levels of chosen elements in the Czech Republic determined in the framework of the international bryomonitoring program 1995.* *Science of the Total Environment*, 223(1), 37-52.
- The Institute for Health Metrics and Evaluation, *Global Burden of Disease*, (2019). [(truy cập: 10/1/2023)]. Available online: <https://www.statista.com/statistics/1169367/worldwide-number-deaths-risk-factor/>
- Toni A., Wientil T.A., Wiendl F.W., Franco S.S.H., Franco J.G., Arthur V., Arthur P.B., (2013). *Effects of gamma radiation in tomato seeds.* *International Nuclear Atlantic Conference, Pernambuco, Brazil*, 45.
- Tretiach M., Pittao E., Crisafulli P., Adamo P., (2011). *Influence of exposure sites on trace element enrichment in moss-bags and characterization of particles deposited on the biomonitor surface.* *Sci Total Environ*. 409: 822-30.
- Tuemer. (2013). *An overview and update of ATP7A mutations leading to Menkes disease and occipital horn syndrome.* *Human Mutation*, 34, 417

- V. Hentig, R. Goldbrunner, T. V. Feilitzsch, F., and Angloher, G., (1998). *Determination of naturally occurring radionuclides in ultrapure organic liquids*. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 360(6), 664-668.
- Van Harten, Anton Marcus, (1998). *Mutation breeding: theory and practical applications*, Cambridge University Press.
- Vasconcelos M.T., Tavares H.M., (1998). *Atmospheric metal pollution (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) in Oporto city derived from results for low-volume aerosol samplers and for the moss Sphagnum auriculatum bioindicator*. Sci Total Environ. 212(1):11-20.
- Wani, Mohd Rafiq, et al., (2014). *Mutation breeding: a novel technique for genetic improvement of pulse crops particularly Chickpea (Cicer arietinum L.)*. Improvement of crops in the era of climatic changes, pp. 217-248
- WHO, (2022). *Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data over 6000 cities now monitor air quality*. News release. Geneva, Switzerland.
- Wiendl T. A., Wiendl F. W., Franco S. S. H., Franco J. G., Arthur V., and Arthur P. B., (2013). *Int. Int. Nucl. At. Conf.* 45 24-9
- Wildhagen, D., and Krivan, V., (1997). *Multi-element characterization of high-purity titanium dioxide by neutron activation analysis*. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. 359(3), 230-238.
- Willis J., Duncan A., (2008). *Understanding XRF spectrometry*, PANalytical B.V., Vol 2.
- Winfried Schröder, Roland Pesch, Anne Hertel, Simon Schonrock , Harry Hatmens , Gina Mills, Iia Iyina., (2013). *Correlation between atmospheric deposition of Cd, Hg and Pb and their concentrations in mosses specified for ecological land classes covering Europe*. Atmospheric Pollution Research. 4: 267- 274.
- Wolterbeek, B., (2003). *Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives*. Proc. of the International Workshop, Vienna. IAEA.

- World Health Organization (WHO), (2013). *10 Chemicals of Public Health Concern*. [(truy cập: 10/4/2023)]. Available online: <https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-chemicals-of-public-health-concern>
- Yoneda, Y and Horiuchi, T., (1971). *Optical Flats for the Use in X-ray Spectrochemical Microanalysis*. Rev. Sci. Instrum 42:1069-107.
- Zechmeister H.G., Dullinger S., Hohenwallner D., Riss A., Hanus-Iltnar A., Scharf S., (2006). *Pilot study on road traffic emissions (PAHs, heavy metals) measured by using masses in a tunnel experiment in Vienna, Austria*. Environ Sci Pollut Res. 13:398-405.
- Zechmeister, H., (1997). *Schwermetalldeposition in Österreich . erfasst durch Biomonitoring mit Moosen (Aufsammlung 1995)*. Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Vienna, Austria.
- Zechmeister, H.G., (1995). *Correlation between altitude and heavy metal deposition in Alps*. Environmental Pollution. 89: 73-80.
- Zeichmeister, H.G., Grodzinska, K., and Szarek-Lukaszewska, G., (2003). *Bryophytes*, Markert, BA., Breure, AM, and Zeichmeister, HG. (Eds.), Elsevier, Oxford, pp. 329-375.

## PHỤ LỤC

## PHỤ LỤC 1

Số liệu phân tích mẫu tại 13 vị trí ở Tp. Đà Lạt (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật TXRF

n	Nguyên tố	DL01						DL02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	2.108	105	1.963	95	773	396	2.146	107	1.938	97	787	39
2	Si	3.242	162	3.225	161	1.121	56	5.262	263	5.235	262	1.820	91
3	P	329	16	297	15	106	5	1.058	53	956	48	342	17
4	S	553	28	500	25	185	9	1.396	70	1.260	63	467	23
5	Cl	361	18	326	16	132	7	771	39	696	35	283	14
6	K	7.751	388	7.711	386	2.411	121	3.053	153	3.038	152	950	48
7	Ca	896	45	809	40	300	15	851	43	769	38	285	14
8	Ti	123	6,17	111	5,57	34,84	1,75	140	7,03	127	6,35	39,69	1,99
9	V	7,88	0,40	7,11	0,37	2,49	0,13	9,70	0,49	8,75	0,45	3,06	0,16
10	Cr	5,96	0,31	5,62	0,29	2,18	0,12	6,16	0,32	5,81	0,30	2,26	0,12
11	Mn	139	6,98	126	6,30	51,11	2,57	70	3,49	63	3,16	25,55	1,29
12	Fe	4.539	227	4.516	226	1.664	83	2.754	138	2.740	137	1.010	51
13	Co	1,60	0,08	1,44	0,08	0,50	0,04	0,81	0,05	0,73	0,05	0,26	0,02
14	Ni	1,09	0,06	0,98	0,06	0,40	0,03	1,47	0,08	1,33	0,08	0,54	0,04
15	Cu	12,46	0,63	11,75	0,60	3,52	0,19	12,06	0,61	11,37	0,58	3,41	0,18
16	Zn	87	4,35	78	3,93	31,89	1,60	216	10,82	195	9,77	79,25	3,97
17	Br	3,43	0,18	3,24	0,17	1,08	0,06	2,35	0,13	2,22	0,12	0,74	0,05
18	Rb	27,67	1,39	24,99	1,26	10,15	0,52	7,88	0,40	7,11	0,37	2,89	0,15
19	Sr	44,14	2,22	39,85	2,00	16,18	0,82	42,56	2,14	38,43	1,93	15,61	0,79
20	Y	28,48	1,43	25,72	1,30	9,00	0,46	1,29	0,07	1,17	0,07	0,41	0,03
21	Ag	59,57	2,99	53,79	2,70	21,84	1,10	59,71	3,00	53,91	2,71	21,89	1,10

22	Sa	87,41	4,38	78,92	3,96	32,05	1,61	88,08	4,41	79,53	3,99	32,30	1,62
23	Sb	0,37	0,03	0,34	0,03	0,12	0,02	0,08	0,01	0,07	0,01	0,03	0,01
24	Ba	2,55	0,14	2,30	0,12	0,93	0,06	26,85	1,35	24,24	1,22	9,84	0,50
25	Pb	5,47	0,28	4,94	0,26	1,73	0,10	6,30	0,33	5,69	0,29	1,99	0,11
#	Nguyên tố	D1.03						D1.04					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	4.627	231	4.178	209	1.696	85	2.035	102	1.834	92	746	37
2	Si	11.443	572	11.385	569	3.957	198	5.394	270	5.367	268	1.866	93
3	P	847	42	765	38	274	14	597	30	519	27	193	10
4	S	1.476	74	1.332	67	494	25	1.028	51	928	46	344	17
5	Cl	318	16	287	14	117	6	727	36	656	33	266	13
6	K	6.380	319	6.347	317	1.983	99	10.387	519	10.334	517	3.232	162
7	Ca	876	44	791	40	293	15	884	44	798	40	296	15
8	Ti	222	11,12	201	10,04	62,82	3,15	236	11,83	213	10,68	66,82	3,35
9	V	7,68	0,39	6,93	0,36	2,42	0,13	12,42	0,63	11,22	0,57	3,92	0,21
10	Cr	11,92	0,61	11,23	0,57	4,37	0,23	12,83	0,65	12,09	0,61	4,70	0,25
11	Mn	102	5,11	92	4,62	37,40	1,88	59	2,94	53	2,65	21,48	1,08
12	Fe	5.115	256	5.088	254	1.873	94	2.944	147	2.929	146	1.080	54
13	Co	1,42	0,08	1,29	0,07	0,45	0,03	0,66	0,04	0,59	0,04	0,21	0,02
14	Ni	3,05	0,16	2,75	0,15	1,12	0,07	2,16	0,12	1,95	0,11	0,79	0,05
15	Cu	16,44	0,83	15,50	0,78	4,65	0,24	6,83	0,35	6,43	0,33	1,93	0,11
16	Zn	178	8,90	160	8,03	65,18	3,27	60	2,99	54	2,70	21,85	1,10
17	Bc	6,95	0,36	6,55	0,34	2,19	0,12	2,61	0,14	2,46	0,13	0,82	0,05
18	Rh	17,98	0,91	16,23	0,82	6,39	0,34	19,39	0,98	17,51	0,89	7,11	0,37
19	Sr	40,52	2,04	36,59	1,84	14,86	0,75	44,82	2,25	40,47	2,03	16,44	0,83
20	Y	1,98	0,11	1,79	0,10	0,63	0,04	7,96	0,41	7,19	0,37	2,51	0,14



21	Ag	58,12	2,92	52,48	2,63	21,31	1,08	56,14	2,82	50,69	2,54	20,58	1,04
22	Sn	86,84	4,35	78,41	3,93	31,84	1,60	97,10	4,87	87,67	4,39	35,60	1,79
23	Sb	0,43	0,03	0,39	0,03	0,14	0,02	0,05	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01
24	Ba	23,01	1,16	20,77	1,05	8,44	0,43	3,64	0,19	3,28	0,17	1,33	0,08
25	Pb	7,82	0,40	7,06	0,36	2,47	0,13	5,37	0,28	4,85	0,25	1,70	0,09
R	D1.05							D1.06					
	Nguyên tử	Rêu tự nhiên		Chiều sa		Không chiều sa		Rêu tự nhiên		Chiều sa		Không chiều sa	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	1,655	83	1,495	75	607	30	2,193	110	1,980	99	804	40
2	Si	4,244	212	4,222	211	1,488	73	5,392	270	5,365	268	1,865	93
3	P	609	30	550	28	197	10	522	26	471	24	169	8
4	S	1,251	63	1,130	57	449	21	710	36	641	32	238	12
5	Cl	227	11	205	10	83	4	804	40	726	36	293	15
6	K	4,888	244	4,863	243	1,521	76	2,677	134	2,663	133	833	42
7	Cu	819	41	740	37	274	14	803	40	725	36	269	13
8	Ti	120	6,02	109	5,44	33,98	1,71	162	8,09	146	7,31	45,69	2,29
9	V	5,66	0,29	5,11	0,27	1,79	0,10	9,19	0,47	8,30	0,42	2,90	0,16
10	Cr	5,86	0,30	5,52	0,29	2,15	0,12	3,01	0,16	2,84	0,15	1,10	0,07
11	Mn	61	3,04	55	2,75	22,22	1,12	57	2,84	51	2,56	20,74	1,05
12	Fe	2,213	111	2,202	110	814	41	957	48	953	48	351	18
13	Co	0,67	0,04	0,63	0,04	0,21	0,02	0,28	0,02	0,26	0,02	0,09	0,01
14	Ni	0,87	0,03	0,78	0,03	0,32	0,03	0,87	0,05	0,78	0,05	0,32	0,03
15	Cu	10,89	0,55	10,26	0,52	3,08	0,16	7,58	0,39	7,14	0,37	2,14	0,12
16	Zn	159	7,94	143	7,17	58,14	2,92	81	4,05	73	3,66	29,63	1,49
17	Br	2,65	0,14	2,49	0,13	0,84	0,05	3,08	0,16	2,90	0,16	0,97	0,06
18	Rb	14,04	0,71	12,68	0,64	5,15	0,27	5,26	0,27	4,75	0,25	1,93	0,11
19	Sr	46,70	2,35	42,17	2,12	17,12	0,87	39,86	2,00	35,99	1,81	14,62	0,74



20	Y	0,79	0,05	0,71	0,05	0,25	0,02	1,31	0,08	1,19	0,07	0,41	0,03
21	Ag	55,68	2,79	50,27	2,52	20,42	1,03	57,24	2,87	51,68	2,59	20,99	1,06
22	Sa	88,47	90,12	79,88	4,00	32,44	1,63	93,06	4,66	84,03	4,21	34,13	1,72
23	Sb	0,16	0,02	0,15	0,02	0,05	0,01	0,17	0,02	0,16	0,02	0,05	0,01
24	Ba	24,60	1,24	22,21	1,12	9,02	0,46	19,15	0,97	17,29	0,87	7,02	0,36
25	Pb	3,25	0,17	2,94	0,16	1,03	0,06	3,09	0,16	2,79	0,15	0,98	0,06
n	D1.07							D1.08					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	3.201	160	2.890	145	1.174	59	870	43	785	39	319	16
2	Si	4.569	228	4.346	227	1.580	79	3.712	186	3.693	185	1.254	64
3	P	1.222	61	1.103	55	395	20	1.122	56	1.013	51	363	18
4	S	1.067	53	963	48	357	18	1.415	71	1.278	64	473	24
5	Cl	250	13	226	11	92	5	310	15	280	14	114	6
6	K	7.987	399	7.946	397	2.485	124	5.968	298	5.937	297	1.857	93
7	Ca	774	39	699	35	259	13	921	46	812	42	308	15
8	Yi	282	14,10	254	12,73	79,66	3,99	96	4,81	87	4,34	27,13	1,37
9	V	7,88	0,40	7,11	0,37	2,49	0,13	5,25	0,27	4,74	0,25	1,66	0,09
10	Cr	5,75	0,30	5,42	0,28	2,11	0,12	3,47	0,18	3,27	0,17	1,27	0,07
11	Mn	54	2,54	46	2,29	18,52	0,94	38	1,93	35	1,74	14,07	0,71
12	Fe	3.276	164	3.263	163	1.201	60	1.190	59	1.184	59	436	22
13	Co	1,01	0,06	0,91	0,06	0,32	0,03	0,78	0,05	0,70	0,05	0,25	0,02
14	Ni	1,29	0,07	1,17	0,07	0,47	0,03	0,69	0,04	0,62	0,04	0,25	0,02
15	Cu	10,71	0,55	10,09	0,51	3,03	0,16	16,97	0,86	15,99	0,81	4,80	0,25
16	Zn	111	5,57	100	5,03	40,74	2,05	1340	68,99	1246	62,29	505,88	25,30
17	Br	1,99	0,11	1,88	0,10	0,63	0,04	3,68	0,19	3,46	0,18	1,16	0,07
18	Rb	22,43	1,13	20,24	1,02	8,22	0,42	22,22	1,12	20,06	1,01	8,15	0,42

19	Sr	44,45	2,23	40,13	2,02	16,30	0,82	44,23	2,22	39,92	2,01	16,20	0,82
20	Y	1,47	0,08	1,33	0,06	0,47	0,03	1,58	0,09	1,42	0,08	0,50	0,03
21	Ag	50,14	2,52	45,27	2,27	18,38	0,93	48,21	2,42	43,53	2,19	17,68	0,89
22	Su	91,49	4,58	82,60	4,14	33,54	1,69	91,93	4,61	83,00	4,16	33,71	1,70
23	Sb	0,14	0,02	0,13	0,02	0,04	0,01	0,44	0,03	0,40	0,03	0,14	0,02
24	Ba	12,69	0,64	11,45	0,58	4,65	0,24	8,97	0,46	8,10	0,41	3,29	0,17
25	Pb	5,33	0,28	4,81	0,25	1,68	0,09	8,28	0,42	7,48	0,38	2,62	0,14
n	D1,09							D1,10					
	Nguyên tố	Rész törbén		Chíểu xạ		Không chíểu xạ		Rész törbén		Chíểu xạ		Không chíểu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	5,269	263	4,750	238	1,929	96	1,904	95	1,719	86	698	35
2	Si	3,793	190	3,773	189	1,312	66	9,480	474	9,431	472	3,278	164
3	P	1,437	72	1,298	65	464	23	860	43	776	39	278	14
4	S	1,508	75	1,362	68	504	25	1,235	62	1,115	56	413	21
5	Cl	804	813	726	36	295	15	361	18	326	16	132	7
6	K	2,677	2,709	2,663	133	833	42	6,087	304	6,056	303	1,894	95
7	Ca	914	46	825	41	306	15	707	35	638	32	237	12
8	Ti	108	5,41	98	4,89	30,55	1,54	183	9,15	165	8,26	51,68	2,59
9	V	9,60	0,49	8,66	0,44	3,03	0,16	12,52	0,64	11,31	0,58	3,96	0,21
10	Cr	12,32	0,63	11,61	0,59	4,52	0,24	3,90	0,20	3,67	0,19	1,43	0,08
11	Mn	61	3,04	55	2,75	22,22	1,12	47	2,38	43	2,13	17,41	0,88
12	Fe	5,116	256	5,089	254	1,876	94	1,028	51	1,023	51	377	19
13	Co	0,81	0,05	0,73	0,05	0,26	0,02	0,39	0,03	0,36	0,03	0,12	0,02
14	Ni	2,59	0,14	2,33	0,13	0,95	0,06	1,13	0,07	1,02	0,06	0,41	0,03
15	Cu	14,20	0,72	13,38	0,68	4,01	0,21	8,83	0,45	8,32	0,43	2,50	0,13
16	Zn	141	7,08	128	6,39	51,85	2,60	84	4,20	76	3,79	30,74	1,55
17	Br	4,56	0,24	4,29	0,22	1,44	0,08	6,50	0,34	6,13	0,32	2,05	0,11

18	Rb	25,55	1,29	23,07	1,16	9,37	0,48	11,21	0,57	10,12	0,52	4,11	0,22
19	Sr	46,47	2,33	41,96	2,11	17,04	0,56	41,49	2,08	37,46	1,88	15,21	0,77
20	Y	4,32	0,23	3,90	0,21	1,37	0,08	1,11	0,07	1,00	0,06	0,35	0,03
21	Ag	43,11	2,17	38,92	1,96	15,81	0,80	41,23	2,07	37,23	1,87	15,12	0,77
22	Sn	93,47	4,68	84,39	4,23	34,27	1,72	90,47	4,53	81,68	4,09	33,17	1,67
23	Sb	0,08	0,01	0,07	0,01	0,03	0,01	0,12	0,02	0,11	0,02	0,04	0,01
24	Ba	14,69	0,74	13,26	0,67	5,38	0,28	4,24	0,22	3,83	0,20	1,56	0,09
25	Pb	6,87	0,35	6,20	0,32	2,17	0,12	3,74	0,20	3,37	0,18	1,18	0,07
tr	<b>DL11</b>							<b>DL12</b>					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	1.209	60	1.092	55	443	22	2.343	117	2.116	106	859	43
2	Si	5.479	274	5.451	273	1.895	95	2.901	145	2.886	144	1.003	50
3	P	550	28	497	25	178	9	811	41	732	37	262	13
4	S	1.021	51	922	46	342	17	1.223	61	1.104	55	409	20
5	Cl	436	22	394	20	160	8	953	48	861	43	350	17
6	K	2.112	106	2.101	105	657	33	7.220	361	7.183	359	2.246	112
7	Ca	988	49	892	45	330	17	883	44	797	40	295	15
8	Ti	85	4,25	77	3,84	23,99	1,21	88	4,40	79	3,98	24,84	1,25
9	V	5,35	0,28	4,83	0,25	1,69	0,09	8,08	0,41	7,30	0,37	2,55	0,14
10	Cr	1,36	0,08	1,28	0,07	0,50	0,03	11,21	0,57	10,57	0,54	4,11	0,22
11	Mn	59	2,94	53	2,65	21,48	1,08	65	3,24	58	2,93	23,70	1,20
12	Fe	404	20	402	20	148	7	3.119	156	3.103	155	1.144	57
13	Cu	0,21	0,02	0,19	0,02	0,07	0,01	1,06	0,06	0,96	0,06	0,33	0,03
14	Ni	1,16	0,07	1,05	0,06	0,43	0,03	1,07	0,06	0,97	0,06	0,39	0,03
15	Cu	7,19	0,37	6,78	0,35	2,03	0,11	15,96	0,81	15,04	0,76	4,51	0,24
16	Zn	111	5,57	100	5,03	40,74	2,05	484	24,20	437	21,85	177,39	8,88



17	Br	2,50	0,14	2,36	0,13	0,79	0,05	3,83	0,20	3,61	0,19	1,21	0,07
18	Rb	2,98	0,16	2,69	0,14	1,09	0,06	29,29	1,47	26,45	1,33	10,74	0,55
19	Sr	42,53	2,14	38,40	1,93	15,59	0,79	38,85	1,95	35,08	1,76	14,25	0,72
20	Y	1,37	0,08	1,24	0,07	0,43	0,03	1,47	0,08	1,33	0,08	0,47	0,03
21	Ag	43,68	2,19	39,44	1,98	16,02	0,81	44,89	2,25	40,53	2,04	16,46	0,83
22	Sa	93,26	4,67	84,21	4,22	34,20	1,72	93,39	4,68	84,33	4,23	34,24	1,72
23	Sb	0,36	0,03	0,33	0,03	0,11	0,02	0,17	0,02	0,16	0,02	0,05	0,01
24	Ba	7,72	0,40	6,97	0,36	2,83	0,15	7,62	0,39	6,88	0,35	2,79	0,15
25	Pb	2,16	0,12	1,95	0,11	0,68	0,04	18,50	0,94	16,71	0,85	5,84	0,30
<b>DL13</b>													
<i>n</i>	Nguyên tố	Rắn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Al	1.652	83	1.492	75	571	29						
2	Si	3.005	150	2.989	149	1.039	52						
3	P	968	48	874	44	313	16						
4	S	1.209	60	1.092	55	404	20						
5	Cl	368	18	333	17	135	7						
6	K	1.886	94	1.877	94	587	29						
7	Ca	997	50	900	45	333	17						
8	Ti	242	12,13	219	10,95	68,53	3,46						
9	V	9,49	0,48	8,57	0,44	3,00	0,16						
10	Cr	4,55	0,24	4,28	0,22	1,67	0,09						
11	Mn	78	3,90	70	3,52	28,52	1,44						
12	Fe	1.983	99	1.972	99	727	36						
13	Cu	1,59	0,09	1,43	0,08	0,50	0,04						
14	Ni	1,11	0,07	1,00	0,06	0,41	0,03						
15	Cu	8,28	0,42	7,81	0,40	2,34	0,13						

16	Zn	159	7,941	143	7,17	58,141	2,92
17	Br	4,58	0,24	4,31	0,23	1,44	0,08
18	Rb	4,75	0,25	4,29	0,22	1,74	0,10
19	Sr	37,63	1,89	33,98	1,71	13,80	0,70
20	Y	1,31	0,08	1,19	0,07	0,41	0,03
21	Ag	0,21	0,02	0,19	0,02	0,08	0,01
22	Sa	90,47	4,53	81,68	4,09	33,17	1,67
23	Sb	0,28	0,02	0,26	0,02	0,09	0,01
24	Ba	5,53	0,29	5,00	0,26	2,03	0,11
25	Pb	3,64	0,19	3,28	0,17	1,15	0,07

## PHỤ LỤC 2

Số liệu phân tích mẫu tại 13 vị trí ở Tp. Đà Lạt (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật NAA

tr	Nguyên tố	DL01						DL02					
		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	290	15	262	13	106	5	134	7	121	6	49	2
2	Mg	238	12	215	11	77	4	235	12	212	11	76	4
3	Cl	358	18	356	18	124	6	770	38	766	38	266	13
4	K	7.674	384	6.929	346	2.480	124	3.047	152	2.751	138	985	49
5	Sc	2,4	0,1	2,2	0,1	0,8	--	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--
6	V	7,4	0,4	7,3	0,4	2,3	0,1	9,2	0,5	9,2	0,5	2,9	0,2
7	Cr	4,9	0,3	4,4	0,2	1,8	0,1	6,3	0,3	5,7	0,3	2,3	0,1
8	Mn	64,2	3,2	63,9	3,2	20,0	1,0	65,1	3,3	64,8	3,2	20,3	1,0
9	Fe	4.360	218	3.937	197	1.459	73	2.644	132	2.387	119	885	44
10	Cu	1,7	0,1	1,6	0,1	0,6	--	0,9	0,1	0,9	0,1	0,3	--
11	Zn	76	3,8	68	3,4	21,4	1,1	210	10,5	190	9,5	59,4	3,0
12	As	11,5	0,6	10,4	0,5	3,6	0,2	2,6	0,1	2,3	0,1	0,8	0,1
13	Se	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	4,2	0,2	3,8	0,2	1,5	0,1	2,9	0,2	2,6	0,1	1,1	0,1
15	Rb	28,8	1,4	26,0	1,3	8,1	0,4	8,2	0,4	7,4	0,4	2,3	0,1
16	Sb	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
17	I	6,0	--	5,4	0,3	1,9	0,1	4,1	0,2	3,7	0,2	1,3	0,1
18	Cs	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
19	La	23,5	1,2	22,2	1,1	6,7	0,3	2,3	0,1	2,2	0,1	0,7	--
20	Ce	46,1	2,3	41,6	2,1	16,9	0,9	5,7	0,3	5,1	0,3	2,1	0,1
21	Sm	5,6	0,3	5,3	0,3	1,8	0,1	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,7	--	0,7	--	0,3	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	--	0,1	--	0,1	--	--	--

24	Dy	4,6	0,2	4,1	0,2	1,4	0,1	0,3	--	0,3	--	0,1	--
25	Yb	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--
26	Hf	0,5	--	0,5	--	0,2	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
27	Ta	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Tb	3,7	0,2	3,4	0,2	1,4	0,1	0,8	--	0,7	--	0,3	--
29	U	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--
n	<b>DL03</b>							<b>DL04</b>					
	Nguyên tố	<b>Rêu tự nhiên</b>		<b>Chiều xa</b>		<b>Không chiều xa</b>		<b>Rêu tự nhiên</b>		<b>Chiều xa</b>		<b>Không chiều xa</b>	
		$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$	$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$	$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$	$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$	$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$	$\mu\text{g/g}$	$\pm \Delta$
1	Nu	389	19	351	18	143	7	269	13	243	12	99	5
2	Mg	239	12	216	11	77	4	255	13	230	12	82	4
3	Cl	314	16	312	16	109	5	725	36	721	36	251	13
4	K	6.304	315	5.692	285	2.037	102	10.367	518	9.360	468	3.350	168
5	Sc	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--	2,1	0,1	1,9	0,1	0,7	--
6	V	7,4	0,4	7,4	0,4	2,3	0,1	12,1	0,6	12,0	0,6	3,8	0,2
7	Cr	12,0	0,6	10,9	0,6	4,4	0,2	12,6	0,6	11,4	0,6	4,6	0,2
8	Mn	66,3	3,3	66,0	3,3	20,6	1,0	67,4	3,4	67,1	3,4	21,0	1,1
9	Fe	4.973	249	4.490	225	1.664	83	3.012	151	2.719	136	1.008	50
10	Cu	1,5	0,1	1,4	0,1	0,6	--	0,7	--	0,7	--	0,3	--
11	Zn	167	8,4	151	7,6	47,3	2,4	59	2,9	53	2,7	16,6	0,8
12	As	5,3	0,3	4,8	0,2	1,7	0,1	1,6	0,1	1,5	0,1	0,5	--
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	7,2	0,4	6,5	0,3	2,6	0,1	2,9	0,2	2,6	0,1	1,1	0,1
15	Rb	18,5	0,9	16,7	0,8	5,2	0,3	20,7	1,0	18,6	0,9	5,8	0,3
16	Sb	0,5	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	--	--
17	I	10,6	0,5	0,6	0,5	3,3	0,2	6,1	0,3	5,5	0,3	1,9	0,1
18	Cs	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,6	--



19	La	3,3	0,2	3,1	0,3	0,9	0,1	24,2	1,2	22,8	1,2	6,8	0,1
20	Ce	7,5	0,4	6,8	0,3	2,8	0,1	25,4	1,3	23,0	1,2	9,3	0,5
21	Sm	0,7	--	0,6	--	0,2	--	3,0	0,2	2,9	0,2	1,0	0,1
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
23	Tb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
24	Dy	0,4	--	0,3	--	0,1	--	1,7	0,1	1,6	0,1	0,5	--
25	Yb	0,5	--	0,4	--	0,2	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
26	Hf	0,6	--	0,5	--	0,2	--	0,8	--	0,7	--	0,3	--
27	Ta	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Th	3,2	0,2	2,9	0,2	1,2	0,1	1,7	0,1	1,6	0,1	0,6	--
29	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	--
n	DL05							DL06					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Nu	140	7	127	6	51	3	139	7	126	6	51	3
2	Mg	159	8	143	7	51	3	188	9	170	8	61	3
3	Cl	226	11	225	11	78	4	802	40	798	40	277	14
4	K	4.878	244	4.405	220	1.577	79	2.671	134	2.412	121	863	43
5	Sc	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--
6	V	5,5	0,3	5,4	0,3	1,7	0,1	9,0	0,5	9,0	0,5	2,8	0,2
7	Cr	6,0	0,3	5,4	0,3	2,2	0,1	3,1	0,2	2,8	0,1	1,1	0,1
8	Mn	69,5	3,5	69,1	3,5	21,6	1,1	97,6	4,9	97,1	4,9	30,4	1,5
9	Fe	1.029	51	929	46	344	17	950	48	858	43	318	16
10	Co	0,8	--	0,7	--	0,3	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
11	Zn	164	8,2	148	7,4	46,3	2,3	77	3,9	69	3,5	21,7	1,1
12	As	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--	2,8	0,2	2,5	0,1	0,9	0,1
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--

14	Br	2,6	0,1	2,3	0,1	0,9	0,1	3,6	0,2	3,2	0,2	1,3	0,1
15	Rb	14,3	0,7	12,9	0,7	4,0	0,2	5,5	0,3	4,9	0,3	1,5	0,1
16	Sb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
17	I	3,2	0,2	2,9	0,2	1,0	0,1	6,1	0,3	5,5	0,3	1,9	0,1
18	Cs	0,4	--	0,4	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
19	La	1,9	0,1	1,8	0,1	0,5	--	3,9	0,2	3,7	0,2	1,1	0,1
20	Ce	4,6	0,2	4,2	0,2	1,7	0,1	9,9	0,5	8,9	0,5	3,6	0,2
21	Sm	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	--	--	--	--
23	Tb	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24	Dy	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
25	Yb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,3	90,1	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	--	--	--	--
28	Th	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--
29	U	2,2	0,1	2,0	0,1	0,7	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--
n	<b>DL.07</b>							<b>DL.08</b>					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	154	8	139	7	56	3	97	5	88	4	36	2
2	Mg	181	9	163	8	58	3	184	9	166	8	59	3
3	Cl	249	12	248	12	86	4	309	15	307	15	107	5
4	K	7.971	399	7.197	360	2.576	129	5.956	298	5.378	269	1.925	96
5	Sc	1,3	0,1	1,1	0,1	0,4	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
6	V	7,7	0,4	7,7	0,4	2,4	0,1	5,0	0,3	5,0	0,3	1,6	0,1
7	Cr	5,5	0,3	5,0	0,3	2,0	0,1	3,6	0,2	3,2	0,2	1,3	0,1
8	Mn	60,3	3,0	60,0	3,0	18,8	0,9	62,4	3,1	62,1	3,1	19,4	1,0

9	Fe	3.189	159	2.879	144	1.067	53	1.115	56	1.007	50	373	19
10	Co	1.1	0.1	1.0	0.1	0.4	—	0.9	0.1	0.8	0.1	0.3	—
11	Zn	109	5,5	98	4,9	30,8	1,5	1.311	65,6	1.184	59,2	37,0	18,5
12	As	4,3	0,2	3,9	0,2	1,4	0,1	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	—
13	Se	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	—	—
14	Br	2,2	0,1	2,0	0,1	0,8	—	4,0	0,2	3,6	0,2	1,5	0,1
15	Rb	23,4	1,2	21,1	1,1	6,6	0,3	25,3	1,3	22,8	1,2	7,1	0,4
16	Sb	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,4	—	0,4	—	0,1	—
17	I	3,1	0,2	2,8	0,2	1,0	0,1	2,7	0,1	2,5	0,1	0,9	0,1
18	Cs	0,8	0,1	0,7	—	0,3	—	0,4	—	0,4	—	0,2	—
19	La	2,4	0,1	2,3	0,1	0,7	—	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	—
20	Ce	5,8	0,3	5,2	0,3	2,1	0,1	3,6	0,2	3,3	0,2	1,3	0,1
21	Sm	0,4	—	0,4	—	0,1	—	0,3	—	0,3	—	0,1	—
22	Eu	0,1	—	0,1	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—
23	Tb	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	Dy	0,4	—	0,4	—	0,1	—	0,2	—	0,2	—	0,1	—
25	Yb	0,2	—	0,2	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—
26	Hf	0,4	—	0,3	—	0,1	—	0,2	—	0,2	—	0,1	—
27	Ta	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	Th	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	—	0,5	—	0,5	—	0,2	—
29	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	—	2,4	0,1	2,2	0,1	0,8	—
n	<b>DL.09</b>							<b>DL.10</b>					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
	1	Ni	185	9	167	8	68	3	152	8	137	7	56
2	Mg	173	9	156	8	56	3	172	9	158	8	58	3
3	Cl	236	12	235	12	82	4	361	18	359	18	125	6

4	K	11.124	556	11.124	502	3.595	180	6.075	304	5.485	274	1.963	98	
5	Sc	1,9	0,1	1,7	0,1	0,6	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--	
6	V	9,5	9,6	9,5	0,5	3,0	0,2	12,0	0,6	11,9	0,6	3,7	0,2	
7	Cr	12,2	12,4	11,0	0,6	4,5	0,2	3,8	0,2	3,4	0,2	1,4	0,1	
8	Mn	65,2	66,0	64,9	3,3	20,3	1,0	69,1	3,5	68,7	3,4	21,5	1,1	
9	Fe	5.003	250	4.517	226	1.674	84	996	50	899	45	333	17	
10	Co	0,9	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--	
11	Zn	138	6,9	125	6,3	39,1	2,0	77	3,9	69	3,5	21,7	1,1	
12	As	6,5	0,3	5,9	0,3	2,1	0,1	4,0	0,2	3,6	0,2	1,3	0,1	
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--	
14	Br	4,9	0,3	4,4	0,2	1,8	0,1	6,9	0,4	6,3	0,3	2,5	0,1	
15	Rh	27,4	1,4	24,8	1,2	7,8	0,4	12,7	0,6	11,5	0,6	3,6	0,2	
16	Sb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--	
17	I	2,7	0,1	2,5	0,1	0,9	0,1	4,8	0,2	4,3	0,2	1,5	0,1	
18	Cs	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--	
19	La	2,8	0,2	2,7	0,1	0,8	--	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--	
20	Ce	7,1	0,4	6,4	0,3	2,6	0,1	2,2	0,1	2,0	0,1	0,8	0,1	
21	Sm	0,4	--	0,4	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--	
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23	Th	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24	Dy	0,4	--	0,4	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--	
25	Yb	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--	
26	Hf	0,7	--	0,6	--	0,3	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--	
27	Ta	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--	
28	Th	1,9	0,1	1,7	0,1	0,7	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--	
29	U	1,3	0,1	1,1	0,1	0,4	--	1,1	0,1	0,9	0,1	0,3	--	
đ	ĐL11							ĐL12						
	Nguyên	Rêu	Chiều xạ	Không				Rêu	Chiều xạ	Không				

	tố	tự nhiên		chiếu xạ		tự nhiên		chiếu xạ					
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ				
1	Na	90	5	81	4	33	2	218	11	197	10	80	4
2	Mg	295	15	266	13	95	5	215	11	194	10	70	3
3	Cl	435	22	433	22	151	8	951	48	947	47	329	16
4	K	2.108	105	1.903	95	681	34	7.205	360	6.506	325	2.329	116
5	Sc	0,2	--	0,1	--	0,1	--	1,2	0,1	1,1	0,1	0,4	--
6	V	5,2	0,3	5,2	0,3	1,6	0,1	7,9	0,4	7,9	0,4	2,5	0,1
7	Cr	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--	11,1	0,6	1-	0,5	4,1	0,2
8	Mn	88,3	4,4	87,8	4,4	27,5	1,4	77,2	3,9	76,8	3,9	24,0	1,2
9	Fe	393	20	355	18	131	7	3.004	150	2.712	136	1.005	50
10	Co	0,3	--	0,2	--	0,1	--	1,2	0,1	1,1	0,1	0,4	--
11	Zn	108	5,4	98	4,9	30,5	1,5	473	23,6	427	21,3	133,6	6,7
12	As	0,8	--	0,7	--	0,2	--	7,1	0,4	6,4	0,3	2,3	0,1
13	Se	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--
14	Br	2,6	0,1	2,4	0,1	1,0	0,1	4,1	0,2	3,7	0,2	1,5	0,1
15	Rb	3,5	0,2	3,1	0,2	1,0	0,1	31,3	1,6	28,3	1,4	8,9	0,5
16	Sb	0,5	--	0,5	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
17	I	5,3	0,3	4,8	0,2	1,7	0,1	6,8	0,3	6,1	0,3	2,1	0,1
18	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,8	--	0,7	--	0,3	--
19	La	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--	3,7	0,2	3,5	0,2	1,0	0,1
20	Ce	2,1	0,1	1,9	0,1	0,8	--	9,8	0,5	8,8	0,5	3,6	0,2
21	Sm	0,4	--	0,4	--	0,1	--	0,8	--	0,7	--	0,2	--
22	Eu	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Th	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--
24	Dy	0,1	--	0,1	--	--	--	0,7	--	0,7	--	0,2	--
25	Yb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
26	Hf	--	--	--	--	--	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--



27	Ta	--	--	--	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
28	Th	0,2	--	0,2	--	0,1	--	2,9	0,2	2,6	0,1	1,1	0,1
29	U	2,3	0,1	2,1	0,1	0,7	--	2,4	0,1	2,7	0,1	0,8	--
"	<b>DL.13</b>												
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Nu	140	7	127	6	51	3						
2	Mg	293	15	264	13	95	5						
3	Cl	368	18	366	18	127	6						
4	K	1.883	94	1.700	85	608	30						
5	Sc	0,7	--	0,6	--	0,2	--						
6	V	9,4	0,5	9,3	0,5	2,9	0,2						
7	Cr	4,7	0,2	4,2	0,2	1,7	0,1						
8	Mn	80,9	4,1	80,5	4,0	25,2	1,3						
9	Fe	1.916	96	1.730	87	641	32						
10	Co	1,7	0,1	1,6	0,1	0,6	--						
11	Zn	143	7,2	129	6,5	40,6	2,0						
12	As	2,6	0,1	2,3	0,1	0,8	0,1						
13	Se	0,2	--	0,1	--	0,1	--						
14	Br	4,5	0,2	4,1	0,2	1,7	0,1						
15	Rb	5,1	0,3	4,6	0,2	1,4	0,1						
16	Sb	0,3	--	0,3	--	0,1	--						
17	I	7,2	0,4	6,5	0,3	2,3	0,1						
18	Cs	0,3	--	0,3	--	0,1	--						
19	La	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--						
20	Ce	5,1	0,3	4,6	0,2	1,9	0,1						
21	Sm	0,3	--	0,3	--	0,1	--						

22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Th	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,3	--	0,2	--	0,1	--
25	Yb	0,2	--	0,2	--	0,1	--
26	Hf	0,4	--	0,4	--	0,1	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Th	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--
29	U	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	--



## PHỤ LỤC 3

Số liệu phân tích mẫu tại 13 vị trí ở Tp. Đà Lạt (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật ED-XRF

n	DL01							DL02					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	291	15	263	13	107	5	135	7	122	6	49	2
2	Mg	239	12	216	11	77	4	236	12	213	11	76	4
3	Al	2.114	106	1.909	95	775	39	2.153	108	1.944	97	789	39
4	Si	3.252	163	3.235	162	1.125	56	5.278	264	5.251	263	1.825	91
5	P	330	17	298	15	107	5	1.062	53	959	48	343	17
6	S	555	28	501	25	186	9	1.400	70	1.264	63	463	23
7	Cl	362	18	327	16	133	7	773	39	698	35	284	14
8	K	7.774	389	7.734	387	2.419	121	3.062	153	3.047	152	953	48
9	Ca	899	45	811	41	301	15	854	43	771	39	286	14
10	Ti	123,6	6,2	111,6	5,6	34,9	1,8	140,8	7,1	127,1	6,4	39,8	2,0
11	V	7,9	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	9,7	0,5	8,8	0,4	3,1	0,2
12	Cr	6,0	0,3	5,6	0,3	2,2	0,1	6,2	0,3	5,8	0,3	2,3	0,1
13	Mn	139,8	7,0	126,2	6,3	51,3	2,6	69,9	3,5	63,1	3,2	25,6	1,3
14	Fe	4.373	219	3.949	197	1.463	73	2.652	133	2.395	120	887	44
15	Co	1,6	—	1,4	0,1	0,5	—	0,8	0,1	0,7	—	0,3	—
16	Ni	1,3	0,1	1,0	0,1	0,4	—	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	—
17	Cu	12,5	0,6	11,8	0,6	3,5	0,2	12,1	0,6	11,4	0,6	3,4	0,2
18	Zn	87,1	4,4	78,7	3,9	31,9	1,6	216,8	10,8	195,7	9,8	79,5	4,0
19	Sr	44,3	2,2	40,0	2,0	16,2	0,8	42,7	2,1	38,5	1,9	15,7	0,8
20	Zr	21,5	1,1	19,4	1,0	7,9	0,4	22,5	1,1	20,3	1,0	8,2	0,4
21	Cs	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	—	0,4	—	0,3	—	0,1	—
22	Ba	2,6	0,1	2,3	0,1	0,9	0,1	26,9	1,4	24,3	1,2	9,9	0,5
23	La	23,6	1,2	22,3	1,1	6,7	0,3	2,4	0,1	2,2	0,1	0,7	—
24	Pb	5,5	0,3	5,0	0,3	1,7	0,1	6,3	0,3	5,7	0,3	2,0	0,1
25	Th	3,7	0,2	3,4	0,2	1,4	0,1	0,8	0,1	0,7	—	0,3	—
26	U	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	—	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	—
n	DL03							DL04					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	390	20	352	18	143	7	269	13	243	12	99	5
2	Mg	240	12	216	11	77	4	255	13	230	12	83	4

3	Al	4.641	232	4.190	210	1.702	85	2.041	102	1.843	92	748	37
4	Si	11.478	574	11.419	571	3.969	198	5.411	271	5.383	269	1.871	94
5	P	850	43	767	38	275	14	599	30	541	27	193	10
6	S	1.480	74	1.336	67	495	25	1.031	52	931	47	313	17
7	Cl	319	16	288	14	117	6	729	36	658	33	267	13
8	K	6.399	320	6.366	318	1.991	100	10.418	521	10.365	518	3.241	162
9	Ca	878	44	793	40	294	15	886	44	800	40	297	15
10	Ti	222,9	11,2	201,2	10,1	63,0	3,2	237,0	11,9	214,0	10,7	67,0	3,4
11	V	7,7	0,4	7,0	0,4	2,4	0,1	12,5	0,6	11,3	0,6	3,9	0,2
12	Cr	12,0	0,6	11,3	0,6	4,4	0,2	12,9	0,7	12,1	0,6	4,7	0,2
13	Mn	102,3	5,1	92,4	4,6	37,5	1,9	58,8	2,9	53,1	2,7	21,5	1,1
14	Fe	4.988	249	4.504	225	1.669	83	3.021	151	2.728	136	1.011	51
15	Co	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
16	Ni	3,1	0,2	2,8	0,1	1,1	0,1	2,2	0,1	2,0	0,1	0,8	--
17	Cu	16,5	0,8	15,5	0,8	4,7	0,2	6,8	0,4	6,5	0,3	1,9	0,1
18	Zn	178,3	8,9	161,0	8,1	65,4	3,3	59,8	3,0	54,0	2,7	21,9	1,1
19	Sr	40,6	2,0	36,7	1,8	14,9	0,8	45,0	2,3	40,6	2,0	16,5	0,8
20	Zr	23,6	1,2	21,3	1,1	8,6	0,4	22,9	1,2	20,6	1,0	8,4	0,4
21	Cs	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,6	--
22	Ba	23,1	1,2	20,8	1,1	8,5	0,4	3,6	0,2	3,3	0,2	1,3	0,1
23	La	3,3	0,2	3,1	0,2	0,9	0,1	24,3	1,2	22,9	1,2	6,9	0,4
24	Ph	7,8	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	5,4	0,3	4,9	0,3	1,7	0,1
25	Th	3,2	0,2	2,9	0,2	1,2	0,1	1,7	0,1	1,6	0,1	0,6	--
26	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	--
n	DL05							DL06					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Na	141	7	127	6	52	3	140	7	126	6	51	3
2	Mg	159	8	144	7	51	3	188	9	170	9	61	3
3	Al	1.660	83	1.499	75	609	30	2.199	110	1.986	99	806	40
4	Si	4.257	213	4.235	212	1.472	74	5.409	270	5.381	269	1.870	94
5	P	611	31	552	28	197	10	524	26	473	24	169	8
6	S	1.255	63	1.133	57	430	21	712	36	643	32	238	12
7	Cl	227	11	205	10	83	4	806	40	728	36	296	15
8	K	4.903	245	4.877	244	1.525	76	2.685	134	2.671	134	835	42
9	Ca	822	41	742	37	275	14	805	40	727	36	269	13

10	Ti	120,6	6,0	108,8	5,5	34,1	1,7	162,1	8,1	146,3	7,3	45,8	2,3
11	V	5,7	0,3	5,1	0,3	1,8	0,1	9,2	0,5	8,3	0,4	2,9	0,2
12	Cr	5,9	0,3	5,5	0,3	2,3	0,1	3,0	0,2	2,8	0,2	1,1	0,1
13	Mn	60,8	3,0	54,9	2,8	22,3	1,1	56,7	2,8	51,3	2,6	20,8	1,1
14	Fe	1.032	52	932	47	345	17	953	48	861	43	319	16
15	Co	0,7	--	0,6	--	0,2	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
16	Ni	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--
17	Cu	10,9	0,6	10,3	0,5	3,1	0,2	7,6	0,4	7,3	0,4	2,1	0,1
18	Zn	159,0	8,0	143,6	7,2	58,3	2,9	81,0	4,1	73,2	3,7	29,7	1,5
19	Sr	46,8	2,4	42,3	2,1	17,2	0,9	4--	2,0	36,1	1,8	14,7	0,7
20	Zr	23,1	1,2	20,9	1,1	8,5	0,4	22,0	1,1	19,8	1,0	8,1	0,4
21	Cs	0,4	--	0,4	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
22	Ba	24,7	1,2	22,3	1,1	9,0	0,5	19,2	1,0	17,3	0,9	7,0	0,4
23	La	1,9	0,1	1,8	0,1	0,5	--	4,0	0,2	3,7	0,2	1,1	0,1
24	Pb	3,3	0,2	2,9	0,2	1,0	0,1	3,1	0,2	2,8	0,1	1,0	0,1
25	Th	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--
26	U	2,2	0,1	2,0	0,1	0,7	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--
n	DL.07							DL.08					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	154	8	139	7	56	3	97	5	88	4	36	2
2	Mg	181	9	164	8	59	3	194	9	166	8	60	3
3	Al	3.210	161	2.899	145	1.177	59	872	44	788	39	320	16
4	Si	4.583	229	4.559	228	1.585	79	3.723	186	3.704	185	1.287	64
5	P	1.226	61	1.107	55	396	20	1.125	56	1.016	51	364	18
6	S	1.070	53	966	48	358	18	1.419	71	1.281	64	475	24
7	Cl	251	13	226	11	92	5	311	16	280	14	114	6
8	K	8.011	401	7.970	398	2.492	125	5.986	299	5.955	298	1.862	93
9	Ca	776	39	701	35	260	13	924	46	834	42	309	15
10	Ti	282,6	14,1	255,2	12,8	79,9	4,0	96,2	4,8	86,9	4,4	27,2	1,4
11	V	7,9	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	5,3	0,3	4,8	0,2	1,7	0,1
12	Cr	5,8	0,3	5,4	0,3	2,1	0,1	3,5	0,2	3,3	0,2	1,3	0,1
13	Mn	50,7	2,5	45,7	2,3	18,6	0,9	38,5	1,9	34,8	1,7	14,1	0,7
14	Fe	3.198	160	2.888	144	1.070	54	1.118	56	1.010	50	374	19
15	Co	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,8	--	0,7	--	0,2	--
16	Ni	1,3	0,1	1,2	0,1	0,5	--	0,7	--	0,6	--	0,3	--



17	Cu	10,7	0,5	10,1	0,5	3,0	0,2	17,0	0,9	16,0	0,8	4,8	0,3
18	Zn	111	6	101	5	41	2	1384	69	1249	62	507	25
19	Sr	44,6	2,2	40,3	2,0	16,3	0,8	44,4	2,2	4--	2,0	16,3	0,8
20	Zr	20,9	1,1	18,8	1,0	7,7	0,4	25,1	1,3	22,7	1,1	9,2	0,5
21	Cs	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	0,4	--	0,4	--	0,2	--
22	Ba	12,7	0,6	11,5	0,6	4,7	0,2	9,0	0,5	8,1	0,4	3,3	0,2
23	La	2,4	0,1	2,3	0,1	0,7	--	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--
24	Pb	5,3	0,3	4,8	0,3	1,7	0,1	8,3	0,4	7,5	0,4	2,6	0,1
25	Th	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
26	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	--	2,5	0,1	2,2	0,1	0,8	--
π	DL.09							DL.10					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xử		Không chiều xử		Rêu tự nhiên		Chiều xử		Không chiều xử	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Nu	185	9	167	8	68	3	152	8	137	7	56	3
2	Mg	173	9	156	8	56	3	172	9	155	8	56	3
3	Al	5.277	264	4.764	238	1.935	97	1.910	95	1.724	86	700	35
4	Si	3.804	190	3.784	189	1.316	66	9.508	475	9.460	473	3.288	164
5	P	1.442	72	1.302	65	466	23	862	43	778	39	279	14
6	S	1.512	76	1.366	68	506	25	1.239	62	1.119	56	414	21
7	Cl	806	816	728	36	296	15	362	18	327	16	133	7
8	K	2.685	2.717	2.671	134	835	42	6.105	305	6.074	304	1.899	95
9	Ca	917	46	828	41	307	15	709	35	640	32	237	12
10	Ti	108,4	5,4	97,9	4,9	30,6	1,5	183,4	9,2	165,6	8,3	51,8	2,6
11	V	9,6	0,5	8,7	0,4	3,0	0,2	12,6	0,6	11,3	0,6	4,0	0,2
12	Cr	12,4	0,6	11,6	0,6	4,5	0,2	3,9	0,2	3,7	0,2	1,4	0,1
13	Mn	60,8	3,0	54,9	2,8	22,3	1,1	47,6	2,4	43,0	2,2	17,5	0,9
14	Fe	5.018	251	4.530	227	1.679	84	999	50	902	45	334	17
15	Co	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--
16	Ni	2,6	0,1	2,3	0,1	1,0	0,1	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--
17	Cu	14,2	0,7	13,4	0,7	4,0	0,2	8,9	0,5	8,3	0,4	2,5	0,1
18	Zn	142	7	128	6	52	3	84	4	76	4	31	2
19	Sr	46,6	2,3	42,1	2,1	17,1	0,9	41,6	2,1	37,6	1,9	15,3	0,8
20	Zr	24,0	1,2	21,7	1,1	8,8	0,5	20,9	1,1	18,8	1,0	7,7	0,4
21	Cs	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
22	Ba	14,7	0,7	13,3	0,7	5,4	0,3	4,3	0,2	3,8	0,2	1,6	0,1
23	La	2,8	0,2	2,7	0,1	0,8	0,1	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--

24	Pb	6,9	0,4	6,2	0,3	2,2	0,1	3,7	0,2	3,4	0,2	1,2	0,1
25	Th	1,9	0,1	1,7	0,1	0,7	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
26	U	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--
n	DL.11							DL.12					
	Nguyên tử	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	90	5	81	4	33	2	219	11	198	10	80	4
2	Mg	296	15	267	13	96	5	216	11	195	10	70	3
3	Al	1.213	61	1.095	55	445	22	2.350	118	2.123	106	862	43
4	Si	5.496	275	5.468	273	1.901	95	2.909	145	2.895	145	1.006	50
5	P	552	28	498	25	178	9	813	41	734	37	263	13
6	S	1.024	51	925	46	343	17	1.227	61	1.108	55	410	21
7	Cl	437	22	395	20	160	8	956	48	863	43	351	18
8	K	2.118	106	2.108	105	659	33	7.241	362	7.204	360	2.253	113
9	Ca	991	50	895	45	331	17	885	44	799	40	296	15
10	Ti	85,1	4,3	76,8	3,9	24,1	1,2	88,1	4,4	79,6	4,0	24,9	1,3
11	V	5,4	0,3	4,8	0,3	1,7	0,1	8,1	0,4	7,3	0,4	2,6	0,1
12	Cr	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	11,2	0,6	10,6	0,5	4,1	0,2
13	Mn	58,8	2,9	53,1	2,7	21,5	1,1	64,8	3,3	58,5	2,9	23,8	1,2
14	Fe	394	20	356	18	132	7	3.013	151	2.720	136	1.008	50
15	Co	0,2	--	0,2	--	0,1	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--
16	Ni	1,2	0,1	1,1	0,1	0,4	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--
17	Cu	7,2	0,4	6,8	0,3	2,0	0,1	16,0	0,8	15,1	0,8	4,5	0,2
18	Zn	111	6	101	5	41	2	485	24	438	22	178	9
19	Sr	42,7	2,1	38,5	1,9	15,6	0,8	39,0	2,0	35,2	1,8	14,3	0,7
20	Zr	24,6	1,2	22,2	1,1	9,0	0,5	23,6	1,2	21,3	1,1	8,7	0,4
21	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,8	--	0,7	--	0,3	--
22	Ba	7,7	0,4	7,0	0,4	2,8	0,2	7,6	0,4	6,9	0,4	2,8	0,2
23	La	1,9	0,1	1,7	0,1	0,5	--	3,7	0,2	3,5	0,2	1,0	0,1
24	Pb	2,2	0,1	2,0	0,1	0,7	--	18,6	0,9	16,8	0,8	5,9	0,3
25	Th	0,2	--	0,2	--	0,1	--	2,9	0,2	2,7	0,1	1,1	0,1
26	U	2,3	0,1	2,1	0,1	0,7	--	2,4	0,1	2,2	0,1	0,8	--

N	DL13						
	Nguyên tố	Rắn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	$\pm \Delta$	ppm	$\pm \Delta$	ppm	$\pm \Delta$
1	Nu	141	7	127	6	52	3
2	Mg	294	15	265	13	95	5
3	Al	1.657	83	1.496	75	608	30
4	Si	3.014	151	2.998	150	1.042	52
5	P	970	49	876	44	314	16
6	S	1.213	61	1.095	55	406	20
7	Cl	369	18	334	17	135	7
8	K	1.892	95	1.882	94	589	29
9	Ca	1.000	50	903	45	334	17
10	Ti	243,1	12,2	219,5	11,0	68,7	3,4
11	V	9,5	0,5	8,6	0,4	3,0	0,2
12	Cr	4,6	0,2	4,3	0,2	1,7	0,1
13	Mn	78,0	3,9	70,4	3,5	28,6	1,4
14	Fe	1.922	96	1.735	87	643	32
15	Co	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	--
16	Ni	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--
17	Cu	8,3	0,4	7,8	0,4	2,3	0,1
18	Zn	159	8	144	7	58	3
19	Sr	37,7	1,9	34,1	1,7	13,8	0,7
20	Zr	22,1	1,1	2--	1,0	8,1	0,4
21	Cs	0,3	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	5,6	0,3	5,0	0,3	2,0	0,1
23	La	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--
24	Pb	3,6	0,2	3,3	0,2	1,2	0,1
25	Tb	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--
26	U	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	--



## PHỤ LỤC 4

Số liệu phân tích mẫu tại 06 vị trí ở huyện Đức Trọng (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật TXRF

n	DT01								DT02							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xa		Không chiều xa		ppm	± Δ	Rêu tự nhiên		Chiều xa		Không chiều xa		
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	
1	Al	337	17	295	15	117	6	2.146	143	1.875	94	742	37			
2	Si	2.705	135	2.363	118	935	47	5.262	141	4.597	230	1.820	91			
3	P	817	41	714	36	264	13	1.058	38	925	46	342	17			
4	S	1.496	75	1.307	65	500	25	1.396	56	1.219	61	467	23			
5	Cl	66	3	57	3	24	1	771	7	674	34	283	14			
6	K	4.566	228	3.989	199	1.421	71	3.053	235	2.667	133	950	48			
7	Cu	933	47	815	41	310	15	851	45	744	37	283	14			
8	Ti	28	1	24.71	1.25	8.00	0.41	140	1.41	122.65	6.14	39.69	1.99			
9	V	5.05	0.26	4.79	0.25	1.59	0.09	9.70	0.89	9.20	0.47	3.06	0.16			
10	Cr	9.20	0.47	8.04	0.41	3.37	0.18	6.16	0.42	5.38	0.28	2.26	0.12			
11	Mn	40	2.03	35.30	1.77	14.81	0.75	70	6.11	60.89	3.05	25.55	1.29			
12	Fe	289	14	274	14	92	5	2.754	119	2.614	131	879	44			
13	Co	0.30	0.03	0.29	0.02	0.10	0.01	0.81	0.10	0.77	0.05	0.26	0.02			
14	Ni	2.53	0.14	2.40	0.13	0.93	0.06	1.47	0.32	1.40	0.08	0.54	0.04			
15	Cu	9.30	0.48	8.13	0.42	2.63	0.14	12.06	0.64	10.54	0.54	3.41	0.18			
16	Zn	47	2.38	41.47	2.08	15.15	0.77	216	3.81	188.83	9.45	68.96	3.46			
17	Br	2.81	0.15	2.45	0.13	0.89	0.05	2.55	0.16	2.06	0.11	0.74	0.05			
18	Rb	5.52	0.29	4.83	0.25	2.03	0.11	7.88	0.17	6.88	0.35	2.89	0.15			
19	Sr	37.15	1.87	32.45	1.63	13.62	0.69	42.56	1.70	37.18	1.87	15.61	0.79			
20	Y	0.42	0.03	0.37	0.03	0.13	0.02	1.29	0.16	1.13	0.07	0.41	0.03			
21	Ag	42.14	2.12	36.82	1.85	15.45	0.78	59.71	0.02	52.17	2.62	21.89	1.10			
22	Sn	90.55	4.54	79.11	3.97	33.20	1.67	88.08	4.44	76.95	3.86	32.30	1.62			
23	Sb	0.24	0.02	0.23	0.02	0.08	0.01	0.08	0.02	0.08	0.01	0.03	0.01			
24	Ba	3.31	0.18	2.89	0.15	1.21	0.07	26.85	0.24	23.45	1.18	9.84	0.50			
25	Pb	0.83	0.05	0.79	0.05	0.26	0.02	6.30	0.18	5.98	0.31	1.99	0.11			
n	DT03								DT04							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xa		Không chiều xa		ppm	± Δ	Rêu tự nhiên		Chiều xa		Không chiều xa		
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	
1	Al	3.375	169	2.949	147	1.167	58	1.451	73	1.268	63	502	25			
2	Si	2.904	145	2.537	127	1.004	50	3.278	164	2.864	143	1.134	57			
3	P	1.117	56	976	49	361	18	1.059	53	926	46	342	17			
4	S	1.442	72	1.260	63	482	24	1.339	67	1.170	59	448	22			
5	Cl	95	5	83	4	35	2	1.110	56	970	49	407	20			
6	K	9.064	453	7.919	396	2.820	141	8.454	423	7.386	369	2.630	132			
7	Ca	912	46	797	40	303	15	906	45	792	40	301	15			
8	Ti	69	3.44	60.00	3.01	19.42	0.98	44	2.23	38.83	1.95	12.56	0.64			
9	V	16.97	0.86	16.10	0.82	5.36	0.28	10.50	0.54	9.97	0.51	3.32	0.18			
10	Cr	6.97	0.36	6.09	0.31	2.56	0.14	12.99	0.66	11.35	0.58	4.76	0.25			
11	Mn	85	4.25	74.12	3.72	31.11	1.57	80	4.00	69.71	3.50	29.26	1.47			
12	Fe	2.823	141	2.679	134	901	45	2.736	137	2.597	130	873	44			



13	Co	1,46	0,08	1,39	0,08	0,46	0,03	2,21	0,12	2,10	0,11	0,70	0,04
14	Ni	2,69	0,14	2,55	0,14	0,99	0,06	5,64	0,29	5,35	0,28	2,07	0,11
15	Cu	11,72	0,60	10,24	0,52	3,31	0,18	18,04	0,91	15,76	0,80	5,10	0,26
16	Zn	222	11,12	194,13	9,72	70,89	3,53	810	40,51	707,69	35,39	288,43	12,93
17	Br	1,96	0,11	1,71	0,10	0,62	0,04	2,17	0,12	1,90	0,10	0,69	0,04
18	Rb	2,73	0,15	2,38	0,13	1,00	0,06	23,23	1,17	20,30	1,02	8,52	0,44
19	Sr	43,90	2,21	38,36	1,93	16,10	0,81	43,01	2,16	37,57	1,89	15,77	0,80
20	Y	7,37	0,38	6,44	0,33	2,33	0,13	2,69	0,14	2,35	0,13	0,85	0,05
21	Ag	52,34	2,63	45,73	2,30	19,19	0,97	46,87	2,35	40,95	2,06	17,19	0,87
22	Sn	88,57	4,44	77,38	3,88	32,47	1,63	88,72	4,45	77,51	3,89	32,53	1,64
23	Sb	0,65	0,04	0,61	0,04	0,20	0,02	0,30	0,03	0,29	0,02	0,10	0,01
24	Ba	12,57	0,64	10,99	0,56	4,61	0,24	5,84	0,30	5,10	0,27	2,14	0,12
25	Pb	2,71	0,15	2,57	0,14	0,83	0,05	18,60	0,94	17,66	0,89	5,88	0,30
		<b>DT05</b>						<b>DT06</b>					
#	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rèn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	3.153	158	2.755	138	1.090	55	3.541	177	3.094	155	1.225	61
2	Si	2.874	144	2.511	126	994	50	2.787	139	2.435	122	964	48
3	P	571	29	499	25	184	9	857	43	749	37	277	14
4	S	980	49	856	43	328	16	1.239	62	1.083	54	415	21
5	Cl	248	12	217	11	91	5	1.242	62	1.085	54	455	23
6	K	5.587	279	4.881	244	1.738	87	1.242	62	1.085	54	386	19
7	Ca	901	45	787	39	299	15	1.239	62	1.083	54	411	21
8	Ti	88	4,40	76,77	3,85	24,84	1,25	76	3,80	66,18	3,32	21,42	1,08
9	V	5,05	0,26	4,79	0,25	1,59	0,09	18,89	0,95	17,93	0,91	5,96	0,31
10	Cr	3,15	0,17	2,75	0,15	1,16	0,07	8,05	0,41	7,03	0,36	2,95	0,16
11	Mn	72	3,60	62,65	3,14	26,29	1,32	165	8,24	143,83	7,20	60,36	3,03
12	Fe	1.234	62	1.171	59	394	20	2.087	104	1.980	99	666	33
13	Co	0,98	0,06	0,93	0,06	0,31	0,03	1,89	0,10	1,79	0,10	0,60	0,04
14	Ni	5,69	0,29	5,40	0,28	2,08	0,11	5,96	0,31	5,66	0,29	2,18	0,12
15	Cu	13,58	0,69	11,87	0,60	3,84	0,20	16,83	0,85	14,70	0,75	4,76	0,25
16	Zn	98	4,91	85,59	4,29	31,26	1,57	193	9,66	168,54	8,44	61,55	3,09
17	Br	1,64	0,09	1,43	0,08	0,52	0,04	5,86	0,30	5,12	0,27	1,85	0,10
18	Rb	2,99	0,16	2,61	0,14	1,10	0,06	9,29	0,47	8,12	0,42	3,41	0,18
19	Sr	47,01	2,36	41,07	2,06	17,24	0,87	42,06	2,11	36,74	1,85	15,42	0,78
20	Y	6,36	0,33	5,56	0,29	2,01	0,11	6,34	0,33	5,54	0,29	2,00	0,11
21	Ag	44,20	2,22	38,62	1,94	16,21	0,82	60,85	3,05	53,16	2,67	22,31	1,13
22	Sn	93,47	4,68	81,66	4,09	34,27	1,72	92,79	4,65	81,07	4,06	34,02	1,71
23	Sb	0,05	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,14	0,02	0,13	0,02	0,04	0,01
24	Ba	20,86	1,05	18,22	0,92	7,65	0,39	15,60	0,79	13,63	0,69	5,72	0,30
25	Pb	3,21	0,17	3,05	0,16	1,01	0,06	27,41	1,38	26,02	1,31	8,66	0,44

## PHỤ LỤC 5

Số liệu phân tích mẫu tại 06 vị trí ở huyện Đức Trọng (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật NAA

#	Nguyên tố	DT01						DT02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	220	11	192	10	76	4	134	12	117	6	46	2
2	Mg	419	21	366	18	135	7	235	8	206	10	76	4
3	Cl	66	3	57	3	23	1	770	7	672	34	266	13
4	K	4.557	228	3.981	199	1.473	74	3.047	237	2.662	133	985	49
5	Sc	0,1	--	0,1	--	--	--	1,0	--	0,9	0,1	0,3	--
6	V	4,9	0,3	4,3	0,2	1,5	0,1	9,2	0,9	8,1	0,4	2,9	0,2
7	Cr	9,4	0,5	8,2	0,4	3,4	0,2	6,3	0,4	5,5	0,3	2,3	0,1
8	Mn	62,6	3,1	54,7	2,7	19,5	1,0	83,1	4,7	83,4	4,2	25,9	1,3
9	Fe	287	14	251	13	95	5	2.644	116	2.310	116	877	44
10	Co	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	--
11	Zn	43	2	37,94	1,91	12,28	0,62	210	3,75	183,54	9,19	59,39	2,98
12	As	0,6	--	0,5	--	0,2	--	2,6	--	2,5	0,1	0,8	0,1
13	Se	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--
14	Br	3,0	0,2	2,6	0,1	1,1	0,1	2,9	0,2	2,5	0,1	1,1	0,1
15	Rb	5,7	0,3	5,0	0,3	1,6	0,1	8,2	0,2	7,2	0,4	2,3	0,1
16	Sb	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
17	I	4,8	0,3	4,6	0,2	1,5	0,1	4,1	0,2	3,9	0,2	1,3	0,1
18	Cs	0,1	--	0,1	--	--	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--
19	La	0,4	--	0,3	--	0,1	--	2,3	0,2	2,0	0,1	0,7	--
20	Ce	0,4	--	0,3	--	0,1	--	5,7	0,2	4,9	0,3	1,8	0,1
21	Sm	0,1	--	--	--	--	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,1	--	0,1	--	--	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
25	Yb	0,1	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--
26	Hf	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
27	Ta	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Tl	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,8	--	0,7	--	0,3	--
29	U	1,6	0,1	1,5	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--
#	Nguyên tố	DT03						DT04					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	398	20	348	17	138	7	113	6	99	5	39	2
2	Mg	342	17	299	15	111	6	190	10	166	8	61	3
3	Cl	95	5	83	4	33	2	1.108	59	968	48	383	19
4	K	9.047	452	7.904	395	2.924	146	8.438	422	7.372	369	2.727	136
5	Sc	1,8	0,1	1,6	0,1	0,6	--	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--
6	V	16,7	0,8	14,6	0,7	5,2	0,3	10,1	0,5	8,8	0,4	3,1	0,2
7	Cr	6,5	0,3	5,7	0,3	2,4	0,1	12,8	0,6	11,2	0,6	4,7	0,2
8	Mn	98,3	4,9	83,5	4,2	30,6	1,5	83,1	4,2	82,1	4,1	25,9	1,3
9	Fe	2.716	136	2.373	119	901	45	2.623	131	2.292	115	870	44
10	Co	1,6	0,1	1,4	0,1	0,6	--	2,4	0,1	2,1	0,1	0,9	0,1
11	Zn	216	11	189	9	61	3	803	40	702	35	227	11
12	As	0,7	--	0,7	--	0,2	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
13	Se	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
14	Br	2,6	0,1	2,2	0,1	0,9	0,1	2,7	0,1	2,3	0,1	1,0	0,1
15	Rb	2,9	0,2	2,5	0,1	0,8	0,1	24,3	1,2	21,2	1,1	6,9	0,4
16	Sb	0,7	--	0,7	--	0,2	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--

17	I	4,8	0,2	4,5	0,2	1,5	0,1	3,7	0,2	3,5	0,2	1,2	0,1
18	Cs	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
19	La	6,7	0,3	5,8	0,3	1,9	0,1	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	--
20	Ce	9,1	0,5	7,9	0,4	2,9	0,2	3,2	0,2	2,8	0,2	1,0	0,1
21	Sm	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--
23	Tb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	1,2	0,1	1,0	0,1	0,4	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
25	Yb	0,6	--	0,5	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--
26	Hf	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Tb	1,0	0,1	0,8	0,1	0,4	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
29	U	2,6	0,1	2,4	0,1	0,8	0,1	1,4	0,1	1,3	0,1	0,4	--
<b>DT05</b>													
N	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Na	152	8	132	7	52	3	322	16	281	14	111	6
2	Mg	165	8	144	7	53	3	220	11	192	10	71	4
3	Cl	247	12	216	11	86	4	324	16	283	14	112	6
4	K	5.576	279	4.872	244	1.802	90	5.698	285	4.977	249	1.842	92
5	Sc	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--
6	V	5,1	0,3	4,4	0,2	1,6	0,1	18,7	0,9	16,4	0,8	5,8	0,3
7	Cr	3,8	0,2	3,3	0,2	1,4	0,1	8,2	0,4	7,2	0,4	3,0	0,2
8	Mn	78,2	3,9	68,3	3,4	24,3	1,2	82,3	4,1	71,9	3,6	25,6	1,3
9	Fe	1.187	59	1.037	52	394	20	2.006	100	1.752	88	666	33
10	Co	1,1	0,1	0,9	0,1	0,4	--	1,9	0,1	1,7	0,1	0,7	--
11	Zn	93	5	81	4	26	1	187	9	163	8	53	3
12	As	0,8	--	0,7	--	0,2	--	0,9	0,1	0,9	0,1	0,3	--
13	Se	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	1,8	0,1	1,5	0,1	0,6	--	6,0	0,3	5,2	0,3	2,2	0,1
15	Rb	3,1	0,2	2,7	0,1	0,9	0,1	9,8	0,5	8,6	0,4	2,8	0,1
16	Sb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
17	I	2,1	0,1	2,0	0,1	0,7	--	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--
18	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
19	La	18,6	0,9	16,2	0,8	5,3	0,3	4,5	0,2	3,9	0,2	1,3	0,1
20	Ce	13,9	0,7	12,1	0,6	4,4	0,2	4,5	0,2	4,0	0,2	1,4	0,1
21	Sm	2,8	0,1	2,4	0,1	0,9	0,1	0,7	--	0,6	--	0,2	--
22	Eu	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
25	Yb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
27	Ta	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Tb	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
29	U	1,8	0,1	1,7	0,1	0,6	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--
<b>DT06</b>													
N	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Na	152	8	132	7	52	3	322	16	281	14	111	6
2	Mg	165	8	144	7	53	3	220	11	192	10	71	4
3	Cl	247	12	216	11	86	4	324	16	283	14	112	6
4	K	5.576	279	4.872	244	1.802	90	5.698	285	4.977	249	1.842	92
5	Sc	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--
6	V	5,1	0,3	4,4	0,2	1,6	0,1	18,7	0,9	16,4	0,8	5,8	0,3
7	Cr	3,8	0,2	3,3	0,2	1,4	0,1	8,2	0,4	7,2	0,4	3,0	0,2
8	Mn	78,2	3,9	68,3	3,4	24,3	1,2	82,3	4,1	71,9	3,6	25,6	1,3
9	Fe	1.187	59	1.037	52	394	20	2.006	100	1.752	88	666	33
10	Co	1,1	0,1	0,9	0,1	0,4	--	1,9	0,1	1,7	0,1	0,7	--
11	Zn	93	5	81	4	26	1	187	9	163	8	53	3
12	As	0,8	--	0,7	--	0,2	--	0,9	0,1	0,9	0,1	0,3	--
13	Se	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	1,8	0,1	1,5	0,1	0,6	--	6,0	0,3	5,2	0,3	2,2	0,1
15	Rb	3,1	0,2	2,7	0,1	0,9	0,1	9,8	0,5	8,6	0,4	2,8	0,1
16	Sb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
17	I	2,1	0,1	2,0	0,1	0,7	--	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--
18	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
19	La	18,6	0,9	16,2	0,8	5,3	0,3	4,5	0,2	3,9	0,2	1,3	0,1
20	Ce	13,9	0,7	12,1	0,6	4,4	0,2	4,5	0,2	4,0	0,2	1,4	0,1
21	Sm	2,8	0,1	2,4	0,1	0,9	0,1	0,7	--	0,6	--	0,2	--
22	Eu	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
25	Yb	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
27	Ta	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Tb	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
29	U	1,8	0,1	1,7	0,1	0,6	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--



## PHỤ LỤC 6

Số liệu phân tích mẫu tại 06 vị trí ở huyện Đức Trọng (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật ED-XRF

n	Nguyên tố	DT01						DT02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	221	11	193	10	76	4	135	12	118	6	47	2
2	Mg	421	21	368	18	136	7	236	8	206	10	76	4
3	Al	339	17	296	15	117	6	2.155	143	1.883	94	745	37
4	Si	2.716	136	2.373	119	939	47	5.284	141	4.617	231	1.827	91
5	P	821	41	717	36	265	13	1.063	38	929	46	344	17
6	S	1.502	75	1.312	66	503	25	1.402	56	1.225	61	469	23
7	Cl	66	3	58	3	24	1	774	7	677	34	284	14
8	K	4.585	229	4.006	200	1.427	71	3.066	235	2.679	134	954	48
9	Cu	937	47	819	41	311	16	855	45	747	37	284	14
10	Ti	28,4	1,4	24,8	1,3	8,0	0,4	141,0	1,4	123,2	6,2	39,9	2,0
11	V	5,1	0,3	4,8	0,3	1,6	0,1	9,7	0,9	9,2	0,5	3,1	0,2
12	Cr	9,2	0,5	8,1	0,4	3,4	0,2	6,2	0,4	5,4	0,3	2,3	0,1
13	Mn	40,6	2,0	35,4	1,8	14,9	0,8	7,~	6,1	61,1	3,1	25,7	1,3
14	Fe	288	14	252	13	96	5	2.655	116	2.320	116	881	44
15	Co	0,3	--	0,3	--	0,1	--	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--
16	Ni	2,5	0,1	2,4	0,1	0,9	0,1	1,5	0,3	1,4	0,1	0,5	--
17	Cu	9,3	0,5	8,2	0,4	2,6	0,1	12,1	0,6	10,6	0,5	3,4	0,2
18	Zn	48	2	42	2	15	1	217	4	190	9	69	3
19	Sr	37,3	1,9	32,6	1,6	13,7	0,7	42,7	1,7	37,3	1,9	15,7	0,8
20	Zr	23,1	1,2	20,2	1,0	8,5	0,4	24,2	--	21,2	1,1	8,9	0,5
21	Cs	0,1	--	0,1	--	--	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--
22	Ba	3,3	0,2	2,9	0,2	1,2	0,1	27,0	0,2	23,6	1,2	9,9	0,5
23	La	0,4	--	0,3	--	0,1	--	2,4	0,2	2,1	0,1	0,7	--
24	Pb	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	6,3	0,2	6,0	0,3	2,0	0,1
25	Th	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,8	--	0,7	--	0,3	--
26	U	1,6	0,1	1,5	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--

n	DT03						DT04						
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	400	20	349	17	138	7	114	6	99	5	39	2
2	Mg	344	17	300	15	110	6	191	10	167	8	62	3
3	Al	3.390	169	2.961	148	1.172	59	1.457	73	1.273	64	504	25
4	Si	2.916	146	2.548	127	1.008	50	3.292	165	2.876	144	1.139	57
5	P	1.122	56	980	49	363	18	1.064	53	930	46	344	17
6	S	1.448	72	1.265	63	485	24	1.345	67	1.175	59	450	23
7	Cl	96	5	83	4	35	2	1.115	56	974	49	409	20
8	K	9.103	455	7.953	398	2.832	142	8.490	424	7.417	371	2.641	132
9	Cu	916	46	800	40	304	15	910	45	795	40	302	15
10	Ti	69,0	3,5	60,3	3,0	19,5	1,0	44,6	2,2	39,0	2,0	12,6	0,6
11	V	17,0	0,9	16,2	0,8	5,4	0,3	10,5	0,5	1-	0,5	3,3	0,3
12	Cr	7,0	0,4	6,1	0,3	2,6	0,1	13,0	0,7	11,4	0,6	4,8	0,2
13	Mn	85,2	4,3	74,4	3,7	31,2	1,6	80,1	4,0	7-	3,5	29,4	1,5
14	Fe	2.727	136	2.383	119	905	45	2.634	132	2.301	115	874	44
15	Co	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	-	2,2	0,1	2,1	0,1	0,7	-
16	Ni	2,7	0,1	2,6	0,1	1,0	0,1	5,7	0,3	5,4	0,3	2,1	0,1
17	Cu	11,8	0,6	10,3	0,5	3,3	0,2	18,1	0,9	15,8	0,8	5,1	0,3
18	Zn	223	11	195	10	71	4	813	41	710	36	260	13
19	Sr	44,1	2,2	38,5	1,9	16,2	0,8	43,2	2,2	37,7	1,9	15,8	0,8
20	Zr	26,0	1,3	22,7	1,1	9,5	0,5	24,8	1,2	21,6	1,1	9,1	0,5
21	Cs	0,9	0,1	0,8	0,1	0,3	-	0,3	-	0,3	-	0,1	-
22	Ba	12,6	0,6	11,0	0,6	4,6	0,2	5,9	0,3	5,1	0,3	2,1	0,1
23	La	6,7	0,3	5,9	0,3	1,9	0,1	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	-
24	Pb	2,7	0,1	2,6	0,1	0,9	0,1	18,7	0,9	17,7	0,9	5,9	0,3
25	Th	1,0	0,1	0,9	0,1	0,4	-	0,3	-	0,3	-	0,1	-
26	U	2,6	0,1	2,4	0,1	0,8	0,1	1,4	0,1	1,3	0,1	0,4	-

ST	Nguyên tố	DT05						DT06					
		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	152	8	133	7	53	3	324	16	283	14	112	6
2	Mg	165	8	144	7	53	3	221	11	193	10	71	4
3	Al	3.166	158	2.766	138	1.095	55	3.556	178	3.107	155	1.230	61
4	Si	2.887	144	2.523	126	998	50	2.798	140	2.445	123	968	48
5	P	573	29	501	25	185	9	861	43	752	38	278	14
6	S	984	49	860	43	329	16	1.244	62	1.087	54	416	21
7	Cl	249	12	218	11	91	5	1.247	62	1.089	54	457	23
8	K	5.611	281	4.902	245	1.746	87	1.247	62	1.089	54	388	19
9	Cu	905	45	790	40	300	15	1.244	62	1.087	54	413	21
10	Tl	88,2	4,4	77,1	3,9	24,9	1,3	76,1	3,8	66,5	3,3	21,5	1,1
11	V	5,1	0,3	4,8	0,3	1,6	0,1	19,0	1,0	18,0	0,9	6,0	0,3
12	Cr	3,2	0,2	2,8	0,1	1,2	0,1	8,1	0,4	7,1	0,4	3,0	0,2
13	Mn	72,0	3,6	62,9	3,2	26,4	1,3	165,3	8,3	144,4	7,2	60,6	3,0
14	Fe	1.192	60	1.041	52	395	20	2.014	101	1.760	88	668	33
15	Co	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--	1,9	0,1	1,8	0,1	0,6	--
16	Ni	5,7	0,3	5,4	0,3	2,1	0,1	6,0	0,3	5,7	0,3	2,2	0,1
17	Cd	13,6	0,7	11,9	0,6	3,9	0,2	16,9	0,9	14,8	0,7	4,8	0,2
18	Zn	98	5	86	4	31	2	194	10	169	8	62	3
19	Sr	47,2	2,4	41,2	2,1	17,3	0,9	42,2	2,1	36,9	1,9	15,5	0,8
20	Zr	23,1	1,2	20,2	1,0	8,5	0,4	27,6	1,4	24,1	1,2	10,1	0,5
21	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	20,9	1,1	18,3	0,9	7,7	0,4	15,7	0,8	13,7	0,7	5,7	0,3
23	La	18,7	0,9	16,3	0,8	5,3	0,3	4,5	0,2	3,9	0,2	1,3	0,1
24	Pb	3,2	0,2	3,1	0,2	1,0	0,1	27,5	1,4	26,1	1,3	8,7	0,4
25	Th	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
26	U	1,8	0,1	1,7	0,1	0,6	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--



## PHỤ LỤC 7

Số liệu phân tích mẫu lại 05 vị trí ở thị trấn Lạc Dương (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật TXRF

n	LD01							LD02					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	1.855	93	1.675	84	680	34	1.889	94	1.705	85	693	35
2	Si	2.853	143	2.839	142	987	49	4.631	232	4.607	230	1.602	80
3	P	290	15	262	13	94	5	931	47	841	42	301	15
4	S	487	24	440	22	163	8	1.228	61	1.109	55	411	21
5	Cl	488	24	440	22	179	9	679	34	613	31	249	12
6	K	488	24	485	24	152	8	2.687	134	2.673	134	836	42
7	Cu	487	24	440	22	163	8	749	37	677	34	251	13
8	Ti	108	5,41	98	4,89	30,55	1,54	123	6,17	111	5,57	34,84	1,75
9	V	6,93	0,36	6,26	0,32	2,19	0,12	8,53	0,44	7,71	0,40	2,70	0,14
10	Cr	5,24	0,27	4,94	0,26	1,92	0,11	5,42	0,28	5,11	0,27	1,99	0,11
11	Mn	122	6,12	110	5,53	44,81	2,25	62	3,09	56	2,79	22,59	1,14
12	Fe	3.995	200	3.974	199	1.465	73	2.424	121	2.412	121	889	44
13	Co	1,40	0,08	1,27	0,07	0,44	0,03	0,71	0,05	0,64	0,04	0,22	0,02
14	Ni	0,96	0,06	0,87	0,05	0,35	0,03	1,29	0,07	1,17	0,07	0,47	0,03
15	Cu	10,97	0,56	10,34	0,53	3,10	0,17	10,62	0,54	10,00	0,51	3,00	0,16
16	Zn	76	3,83	69	3,46	28,03	1,41	190	9,52	172	8,60	69,74	3,50
17	Br	3,02	0,16	2,85	0,15	0,95	0,06	2,07	0,11	1,95	0,11	0,65	0,04
18	Rb	24,35	1,23	21,99	1,11	8,93	0,46	6,93	0,36	6,26	0,32	2,54	0,14
19	Sr	40,27	2,02	36,36	1,83	14,77	0,75	37,92	1,91	34,23	1,72	13,90	0,71
20	Y	25,07	1,26	22,63	1,14	7,92	0,41	1,14	0,07	1,03	0,06	0,36	0,03
21	Ag	61,65	3,09	55,66	2,79	22,61	1,14	61,19	3,07	55,24	2,77	22,43	1,13
22	Sn	93,94	4,71	84,82	4,25	34,44	1,73	93,80	4,70	84,69	4,24	34,39	1,73
23	Sb	0,33	0,03	0,30	0,03	0,11	0,02	0,07	0,04	0,06	0,04	0,02	0,01
24	Ba	2,24	0,12	2,02	0,11	0,82	0,05	23,62	1,19	21,33	1,08	8,66	0,44
25	Pb	4,82	0,25	4,35	0,23	1,52	0,09	5,54	0,29	5,01	0,26	1,75	0,10
n	LD03							LD04					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	4.071	204	3.676	184	1.493	75	1.791	90	1.617	81	657	33
2	Si	10.070	503	10.018	501	3.482	174	4.747	237	4.723	236	1.642	82
3	P	745	37	673	34	241	12	525	26	474	24	170	8
4	S	1.299	65	1.173	59	435	22	905	45	817	41	303	15
5	Cl	279	14	252	13	102	5	640	32	577	29	235	12
6	K	5.615	281	5.586	279	1.747	87	9.140	457	9.094	455	2.844	142
7	Cu	771	39	696	35	258	13	778	39	702	35	260	13
8	Ti	196	9,81	177	8,86	55,39	2,78	208	10,41	188	9,40	58,82	2,95
9	V	6,76	0,35	6,10	0,32	2,13	0,12	10,93	0,56	9,87	0,50	3,45	0,18
10	Cr	10,48	0,53	9,88	0,50	3,84	0,20	11,29	0,57	10,64	0,54	4,14	0,22
11	Mn	90	4,50	81	4,07	32,96	1,66	52	2,59	47	2,34	18,89	0,95
12	Fe	4.501	225	4.477	224	1.650	83	2.591	130	2.577	129	950	48
13	Co	1,25	0,07	1,13	0,07	0,40	0,03	0,58	0,04	0,52	0,04	0,18	0,02
14	Ni	2,69	0,14	2,43	0,13	0,99	0,06	1,90	0,10	1,71	0,10	0,70	0,04

15	Cu	14,47	0,73	13,64	0,69	4,09	0,21	6,01	0,31	5,66	0,29	1,70	0,09
16	Zn	156	7,83	141	7,07	57,36	2,88	52	2,63	47	2,38	19,23	0,97
17	Br	6,11	0,32	5,76	0,30	1,93	0,11	2,29	0,13	2,16	0,12	0,72	0,03
18	Rb	15,82	0,80	14,28	0,72	5,80	0,30	17,07	0,86	15,41	0,78	6,26	0,32
19	Sr	38,93	1,96	35,15	1,77	14,27	0,72	41,66	2,09	37,62	1,89	15,28	0,77
20	Y	1,74	0,10	1,57	0,09	0,55	0,04	7,00	0,36	6,32	0,33	2,21	0,12
21	Ag	62,76	3,15	56,67	2,84	23,01	1,16	63,53	3,19	57,36	2,88	23,29	1,17
22	Sn	95,17	4,77	85,93	4,31	34,90	1,75	95,04	4,76	85,81	4,30	34,85	1,75
23	Sb	0,38	0,03	0,35	0,03	0,12	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01
24	Ba	20,25	1,02	18,28	0,92	7,43	0,38	3,20	0,17	2,89	0,15	1,17	0,07
25	Pb	6,88	0,35	6,21	0,32	2,17	0,12	4,73	0,25	4,27	0,22	1,49	0,08
<b>1.005</b>													
<i>n</i>	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Al	1.456	73	1.315	66	534	27						
2	Si	3.735	187	3.716	186	1.292	65						
3	P	536	27	484	24	173	9						
4	S	1.101	55	994	50	368	18						
5	Cl	199	10	180	9	73	4						
6	K	4.301	215	4.279	214	1.338	67						
7	Ca	721	36	651	33	241	12						
8	Ti	106	5,31	96	4,80	29,98	1,51						
9	V	4,98	0,26	4,50	0,23	1,57	0,09						
10	Cr	5,15	0,27	4,85	0,25	1,89	0,10						
11	Mn	54	2,69	48	2,43	19,63	0,99						
12	Fe	1.947	97	1.937	97	714	36						
13	Cu	0,59	0,04	0,53	0,04	0,19	0,02						
14	Ni	0,77	0,05	0,69	0,04	0,28	0,02						
15	Cu	9,58	0,49	9,03	0,46	2,71	0,15						
16	Zn	140	6,99	126	6,31	51,17	2,57						
17	Br	2,33	0,13	2,20	0,12	0,74	0,05						
18	Rb	12,35	0,63	11,15	0,57	4,53	0,24						
19	Sr	42,60	2,14	38,47	1,93	15,62	0,79						
20	Y	0,70	0,04	0,63	0,04	0,22	0,02						
21	Ag	59,54	2,99	53,76	2,70	21,83	1,10						
22	Sn	92,99	4,66	83,96	4,21	34,10	1,71						
23	Sb	0,14	0,02	0,13	0,02	0,04	0,01						
24	Ba	21,65	1,09	19,55	0,99	7,94	0,41						
25	Pb	2,86	0,15	2,58	0,14	0,90	0,06						

## PHỤ LỤC 8

Số liệu phân tích mẫu tại 05 vị trí ở thị trấn Lạc Dương (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật NAA

n	Nguyên tố	LD01						LD02					
		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	119	6	108	5	44	2	117	6	106	5	43	2
2	Mg	210	11	190	9	68	3	207	10	187	9	67	3
3	Cl	315	16	314	16	109	5	678	34	674	34	234	12
4	K	6.753	338	6.097	305	2.182	109	2.682	134	2.421	121	867	43
5	Sc	2.1	0.1	1.9	0.1	0.7	--	0.9	0.1	0.8	--	0.3	--
6	V	6.5	0.3	6.5	0.3	2.0	0.1	8.1	0.4	8.1	0.4	2.5	0.1
7	Cr	4.3	0.2	3.9	0.2	1.6	0.1	5.5	0.3	5.0	0.3	2.0	0.1
8	Mn	148.5	7.4	147.7	7.4	46.2	2.3	162.5	8.1	161.7	8.1	50.6	2.5
9	Fe	3.837	192	3.464	173	1.284	64	2.327	116	2.101	105	778	39
10	Co	1.5	0.1	1.4	0.1	0.5	--	0.8	0.1	0.8	--	0.3	--
11	Zn	67	3	60	3	19	1	185	9	167	8	52	3
12	As	10.1	0.5	9.1	0.5	3.2	0.2	2.3	0.1	2.1	0.1	0.7	--
13	Se	0.3	--	0.3	--	0.1	--	0.1	--	0.1	--	0.1	--
14	Br	3.7	0.2	3.4	0.2	1.4	0.1	2.6	0.1	2.3	0.1	0.9	0.1
15	Rb	25.3	1.3	22.8	1.2	7.2	0.4	7.2	0.4	6.5	0.3	2.0	0.1
16	Sb	0.3	--	0.3	--	0.1	--	0.1	--	0.1	--	--	--
17	I	5.2	0.3	4.7	0.2	1.7	0.1	3.6	0.2	3.3	0.2	1.2	0.1
18	Cs	1.6	0.1	1.4	0.1	0.6	--	0.3	--	0.3	--	0.1	--
19	La	20.7	1.0	19.5	1.0	5.9	0.3	2.1	0.1	1.9	0.1	0.6	--
20	Ce	40.5	2.0	36.6	1.8	14.9	0.8	5.0	0.3	4.5	0.2	1.8	0.1
21	Sm	4.9	0.3	4.6	0.2	1.6	0.1	0.3	--	0.3	--	0.1	--
22	Eu	0.7	--	0.6	--	0.2	--	0.1	--	0.1	--	--	--
23	Th	0.8	--	0.7	--	0.3	--	0.1	--	0.1	--	--	--
24	Dy	4.0	0.2	3.6	0.2	1.3	0.1	0.3	--	0.2	--	0.1	--
25	Yb	1.6	0.1	1.4	0.1	0.6	--	0.1	--	0.1	--	--	--
26	Hf	0.5	--	0.4	--	0.2	--	0.2	--	0.2	--	0.1	--
27	Ta	0.2	--	0.2	--	0.1	--	0.1	--	0.1	--	--	--
28	Th	3.3	0.2	3.0	0.2	1.2	0.1	0.7	--	0.6	--	0.3	--
29	U	3.2	0.2	2.8	0.2	1.0	0.1	1.7	0.1	1.5	0.1	0.5	--
n	Nguyên tố	LD03						LD04					
		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	110	6	99	5	40	2	110	6	99	5	40	2
2	Mg	212	11	192	10	69	3	224	11	202	10	72	4
3	Cl	279	14	277	14	96	5	638	32	635	32	221	11
4	K	5.603	280	5.059	253	1.811	91	9.122	456	8.237	412	2.948	147
5	Sc	1.3	0.1	1.2	0.1	0.4	--	1.9	0.1	1.7	0.1	0.6	--
6	V	6.6	0.3	6.6	0.3	2.1	0.1	10.6	0.5	10.6	0.5	3.3	0.2
7	Cr	10.7	0.5	9.7	0.5	3.9	0.2	11.1	0.6	10	0.5	4.1	0.2
8	Mn	119.2	6.0	118.6	5.9	37.1	1.9	143.8	7.2	143.1	7.2	44.7	2.2
9	Fe	4.420	221	3.991	200	1.479	74	2.650	133	2.393	120	887	44
10	Co	1.4	0.1	1.3	0.1	0.5	--	0.7	--	0.6	--	0.3	--



11	Zn	148	7	134	7	42	2	52	3	47	2	15	1
12	As	4,7	0,2	4,2	0,2	1,5	0,1	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	6,4	0,3	5,8	0,3	2,3	0,1	2,5	0,1	2,3	0,1	0,9	0,1
15	Rb	16,5	0,8	14,9	0,8	4,7	0,2	18,2	0,9	16,4	0,8	5,1	0,3
16	Sb	0,4	--	0,4	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
17	I	9,4	0,5	8,5	0,4	3,0	0,2	5,3	0,3	4,8	0,3	1,7	0,1
18	Cs	0,7	--	0,7	--	0,3	--	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--
19	La	2,9	0,2	2,8	0,1	0,8	0,1	21,3	1,1	20,1	1,0	6,0	0,3
20	Ce	6,7	0,3	6,0	0,3	2,4	0,1	22,4	1,1	20,2	1,0	8,2	0,4
21	Sm	0,6	--	0,6	--	0,2	--	2,7	0,1	2,5	0,1	0,8	0,1
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
23	Tb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--
24	Dy	0,3	--	0,3	--	0,1	--	1,5	0,1	1,4	0,1	0,5	--
25	Yb	0,4	--	0,4	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
26	Hf	0,5	--	0,5	--	0,2	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
27	Ta	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
28	Th	2,8	0,2	2,6	0,1	1,0	0,1	1,5	0,1	1,4	0,1	0,6	--
29	U	1,2	0,1	1,1	0,1	0,4	--	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--
<b>1.D05</b>													
n	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Na	130	7	118	6	48	2						
2	Mg	139	7	126	6	45	2						
3	Cl	199	10	198	10	69	3						
4	K	4.293	215	3.876	194	1.387	69						
5	Sc	0,8	--	0,7	--	0,3	--						
6	V	4,8	0,3	4,8	0,2	1,5	0,1						
7	Cr	5,3	0,3	4,8	0,2	1,9	0,1						
8	Mn	111,3	5,6	110,7	5,5	34,6	1,7						
9	Fe	906	45	818	41	303	15						
10	Co	0,7	--	0,7	--	0,3	--						
11	Zn	144	7	130	7	41	2						
12	As	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--						
13	Se	0,1	--	0,1	--	0,1	--						
14	Br	2,3	0,1	2,0	0,1	0,8	0,1						
15	Rb	12,6	0,6	11,4	0,6	3,6	0,2						
16	Sb	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
17	I	2,8	0,2	2,6	0,1	0,9	0,1						
18	Cs	0,4	--	0,4	--	0,1	--						
19	La	1,7	0,1	1,6	0,1	0,5	--						
20	Ce	4,1	0,2	3,7	0,2	1,5	0,1						
21	Sm	0,3	--	0,3	--	0,1	--						
22	Eu	0,1	--	--	--	--	--						
23	Tb	--	--	--	--	--	--						
24	Dy	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
25	Yb	0,1	--	0,1	--	--	--						
26	Hf	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--						
28	Th	0,7	--	0,6	--	0,3	--						
29	U	2,0	0,1	1,8	0,1	0,6	--						

## PHỤ LỤC 9

Số liệu phân tích mẫu tại 05 vị trí ở thị trấn Lạc Dương (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật ED-XRF

#	LD01								LD02							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ				
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			
1	Na	120	6	108	5	44	2	118	6	106	5	43	2			
2	Mg	211	11	191	10	68	3	208	10	188	9	67	3			
3	Al	1.865	93	1.684	84	684	34	1.898	95	1.714	86	696	35			
4	Si	2.868	143	2.853	143	992	50	4.654	233	4.631	232	1.610	80			
5	P	291	15	263	13	94	5	936	47	845	42	302	15			
6	S	489	24	442	22	164	8	1.234	62	1.115	56	413	21			
7	Cl	490	25	443	22	180	9	683	34	616	31	250	13			
8	K	490	25	488	24	153	8	2.701	135	2.687	134	840	42			
9	Ca	489	24	442	22	164	8	753	38	680	34	252	13			
10	Ti	108,6	5,4	98,1	4,9	30,7	1,5	123,8	6,2	111,8	5,6	35,0	1,8			
11	V	7,0	0,4	6,3	0,3	2,2	0,1	8,6	0,4	7,7	0,4	2,7	0,1			
12	Cr	5,3	0,3	5,0	0,3	1,9	0,1	5,5	0,3	5,1	0,3	2,0	0,1			
13	Mn	122,8	6,2	110,9	5,6	45,0	2,3	61,9	3,1	55,9	2,8	22,7	1,1			
14	Fe	3.857	193	3.482	174	1.290	63	2.339	117	2.112	106	782	39			
15	Co	1,4	0,1	1,3	0,1	0,4	—	0,7	—	0,6	—	0,2	—			
16	Ni	1,0	0,1	0,9	0,1	0,4	—	1,3	0,1	1,2	0,1	0,3	—			
17	Cu	11,0	0,6	10,4	0,5	3,1	0,2	10,7	0,5	10,1	0,5	3,0	0,2			
18	Zn	77	4	69	3	28	1	191	10	173	9	70	4			
19	Sr	40,5	2,0	36,5	1,8	14,8	0,8	38,1	1,9	34,4	1,7	14,0	0,7			
20	Zr	24,2	1,2	21,9	1,1	8,9	0,5	22,2	1,1	2—	1,0	8,1	0,4			
21	Cs	1,6	0,1	1,4	0,1	0,6	—	0,3	—	0,3	—	0,1	—			
22	Ba	2,3	0,1	2,0	0,1	0,8	0,1	23,7	1,2	21,4	1,1	8,7	0,4			
23	La	20,8	1,1	19,6	1,0	5,9	0,3	2,1	0,1	2,0	0,1	0,6	—			
24	Pb	4,8	0,3	4,4	0,2	1,5	0,1	5,6	0,3	5,0	0,3	1,8	0,1			
25	Th	3,3	0,2	3,0	0,2	1,2	0,1	0,7	—	0,6	—	0,3	—			
26	U	3,2	0,2	2,9	0,2	1,0	0,1	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	—			
#	LD03								LD04							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ				
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			
1	Na	111	6	100	5	41	2	111	6	100	5	41	2			
2	Mg	213	11	192	10	69	3	225	11	203	10	73	4			
3	Al	4.092	205	3.695	185	1.500	75	1.800	90	1.625	81	660	33			
4	Si	10.121	506	10.069	503	3.500	175	4.771	239	4.747	237	1.650	83			
5	P	749	37	676	34	242	12	528	26	477	24	171	9			
6	S	1.305	65	1.179	59	437	22	910	45	821	41	304	15			
7	Cl	281	14	253	13	103	5	643	32	580	29	236	12			
8	K	5.643	282	5.614	281	1.756	88	9.187	459	9.140	457	2.858	143			
9	Ca	775	39	699	35	259	13	782	39	706	35	261	13			
10	Ti	196,9	9,9	177,8	8,9	55,7	2,8	209,1	10,5	188,8	9,5	59,1	3,0			
11	V	6,8	0,3	6,1	0,3	2,1	0,1	11,0	0,6	9,9	0,5	3,5	0,2			
12	Cr	10,5	0,5	9,9	0,5	3,9	0,2	11,3	0,6	10,7	0,5	4,2	0,2			
13	Mn	90,3	4,5	81,6	4,1	33,1	1,7	51,8	2,6	46,7	2,3	19,0	1,0			

14	Fe	4.442	222	4.011	201	1.486	74	2.664	133	2.405	120	891	45
15	Co	1.3	0.1	1.1	0.1	0.4	--	0.6	--	0.5	--	0.2	--
16	Ni	2.7	0.1	2.4	0.1	1.0	0.1	1.9	0.1	1.7	0.1	0.7	--
17	Cu	14.5	0.7	13.7	0.7	4.1	0.2	6.0	0.3	5.7	0.3	1.7	0.1
18	Zn	157	8	142	7	58	3	53	3	48	2	19	1
19	Sr	39.1	2.0	35.3	1.8	14.3	0.7	41.9	2.1	37.8	1.9	15.4	0.8
20	Zr	20.9	1.1	18.8	1.0	7.7	0.4	21.6	1.1	19.5	1.0	7.9	0.4
21	Cs	0.8	--	0.7	--	0.3	--	1.5	0.1	1.3	0.1	0.5	--
22	Ba	20.4	1.0	18.4	0.9	7.5	0.4	3.2	0.2	2.9	0.2	1.2	0.1
23	La	2.9	0.2	2.8	0.1	0.8	0.1	21.4	1.1	20.2	1.0	6.0	0.3
24	Pb	6.9	0.4	6.3	0.3	2.3	0.1	4.8	0.2	4.3	0.2	1.5	0.1
25	Th	2.9	0.2	2.6	0.1	1.0	0.1	1.5	0.1	1.4	0.1	0.6	--
26	U	1.2	0.1	1.1	0.1	0.4	--	1.5	0.1	1.3	0.1	0.5	--

		LD85					
#	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	131	7	118	6	48	2
2	Mg	140	7	126	6	45	2
3	Al	1.464	73	1.323	66	537	27
4	Si	3.754	188	3.735	187	1.298	65
5	P	539	27	487	24	174	9
6	S	1.107	55	999	50	370	19
7	Cl	200	10	181	9	73	4
8	K	4.323	216	4.301	215	1.345	67
9	Ca	725	36	654	33	242	12
10	Ti	106.6	5.3	96.2	4.8	30.1	1.5
11	V	5.0	0.3	4.5	0.2	1.6	0.1
12	Cr	5.2	0.3	4.9	0.3	1.9	0.1
13	Mn	53.8	2.7	48.6	2.4	19.7	1.0
14	Fe	911	46	822	41	305	15
15	Co	0.6	--	0.5	--	0.2	--
16	Ni	0.8	--	0.7	--	0.3	--
17	Cu	9.6	0.5	9.1	0.5	2.7	0.1
18	Zn	140	7	127	6	51	3
19	Sr	42.8	2.2	38.7	1.9	15.7	0.8
20	Zr	20.6	1.0	18.6	0.9	7.6	0.4
21	Cs	0.4	--	0.4	--	0.1	--
22	Ba	21.8	1.1	19.7	1.0	8.0	0.4
23	La	1.7	0.1	1.6	0.1	0.5	--
24	Pb	2.9	0.2	2.6	0.1	0.9	0.1
25	Th	0.7	--	0.6	--	0.3	--
26	U	2.0	0.1	1.8	0.1	0.6	--



## PHỤ LỤC 10

Số liệu phân tích mẫu tại 05 vị trí ở huyện Lâm Hà (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật TXRF

#	LB01								LB02							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ				
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			
1	Al	2.817	141	2.250	112	749	37	766	38	611	31	204	10			
2	Si	4.021	201	2.930	147	960	48	3.266	163	2.380	119	779	39			
3	P	1.076	54	735	37	286	14	988	49	675	34	263	13			
4	S	938	47	728	36	233	12	1.245	62	966	48	310	15			
5	Cl	220	11	175	9	58	3	272	14	217	11	72	4			
6	K	7.028	351	4.800	240	1.748	87	5.251	263	3.587	179	1.306	65			
7	Cu	681	34	544	27	181	9	811	41	648	32	216	11			
8	Ti	248	12,43	189	9,44	70,24	3,52	85	4,25	64	3,23	23,99	1,21			
9	V	6,93	0,36	4,92	0,26	1,65	0,09	4,63	0,24	3,28	0,17	1,10	0,07			
10	Cr	5,06	0,26	3,59	0,19	1,86	0,10	3,06	0,16	2,17	0,12	1,12	0,07			
11	Mn	44	2,23	31,54	1,59	10,61	0,54	33	1,68	23,66	1,19	7,95	0,41			
12	Fe	2.884	144	2.011	101	717	36	1.047	52	730	37	260	13			
13	Co	0,89	0,05	0,63	0,04	0,28	0,02	0,69	0,04	0,49	0,03	0,22	0,02			
14	Ni	1,14	0,07	0,81	0,05	0,27	0,02	0,61	0,04	0,43	0,03	0,14	0,02			
15	Cu	9,42	0,48	6,69	0,34	2,66	0,14	14,93	0,76	10,59	0,54	4,22	0,22			
16	Zn	98	4,90	69,39	3,48	35,85	1,80	122	6,13	86,84	4,35	44,86	2,25			
17	Br	1,75	0,10	1,24	0,07	0,55	0,04	3,23	0,17	2,29	0,12	1,02	0,06			
18	Rb	19,74	1,00	14,01	0,71	4,71	0,25	19,55	0,99	13,88	0,70	4,67	0,24			
19	Sr	40,94	2,06	29,05	1,46	9,77	0,50	42,09	2,11	29,87	1,50	10,04	0,51			
20	Y	1,29	0,07	0,90	0,06	0,41	0,03	1,38	0,08	0,97	0,06	0,44	0,03			
21	Ag	57,54	2,89	40,84	2,05	21,10	1,06	64,21	3,22	45,57	2,29	23,54	1,19			
22	Sn	94,68	4,74	67,20	3,37	22,59	1,14	91,95	4,61	65,26	3,27	21,94	1,11			
23	Sb	0,12	0,02	0,08	0,01	0,03	0,01	0,39	0,03	0,27	0,02	0,09	0,01			
24	Ba	11,16	0,57	7,92	0,41	4,09	0,21	7,89	0,40	5,60	0,29	2,89	0,15			
25	Pb	4,70	0,24	3,28	0,17	1,12	0,07	7,29	0,37	5,09	0,26	1,74	0,10			
#	LB03								LB04							
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ				
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ			
1	Al	4.630	232	3.698	185	1.231	62	1.676	84	1.338	67	446	22			
2	Si	3.337	167	2.432	122	796	40	8.343	417	6.079	304	1.991	100			
3	P	1.265	63	864	43	336	17	756	38	517	26	201	10			
4	S	1.327	66	1.029	51	330	17	1.087	54	843	42	270	14			
5	Cl	208	10	166	8	55	3	318	16	254	13	84	4			
6	K	9.808	490	6.699	335	2.439	122	5.357	268	3.659	183	1.332	67			
7	Cu	804	40	642	32	214	11	622	31	497	25	165	8			
8	Ti	95	4,76	72	3,61	26,84	1,35	161	8,04	122	6,11	45,40	2,28			
9	V	8,44	0,43	5,99	0,31	2,01	0,11	11,02	0,56	7,82	0,40	2,63	0,14			
10	Cr	10,85	0,55	7,70	0,39	3,98	0,21	3,43	0,18	2,44	0,13	1,26	0,07			
11	Mn	54	2,69	37,99	1,91	12,77	0,65	41	2,08	29,39	1,48	9,88	0,50			
12	Fe	4.502	225	3.139	157	1.119	56	905	45	631	32	225	11			
13	Co	0,71	0,05	0,50	0,04	0,22	0,02	0,34	0,03	0,24	0,02	0,11	0,02			
14	Ni	2,27	0,12	1,61	0,09	0,54	0,04	1,00	0,06	0,71	0,05	0,24	0,02			
15	Cu	12,49	0,63	8,87	0,45	3,53	0,19	7,77	0,40	5,51	0,29	2,30	0,12			

16	Zn	124	6,23	88,31	4,43	45,63	2,29	74	3,70	52,36	2,63	27,05	1,36
17	Br	4,01	0,21	2,85	0,15	1,27	0,07	5,73	0,30	4,06	0,21	1,81	0,10
18	Rb	22,48	1,13	15,96	0,81	5,37	0,28	9,87	0,50	7,00	0,36	2,35	0,13
19	Sr	44,01	2,21	31,23	1,57	10,50	0,54	43,00	2,16	30,52	1,54	10,26	0,52
20	Y	3,81	0,20	2,66	0,14	1,20	0,07	0,98	0,06	0,68	0,04	0,31	0,03
21	Ag	64,76	3,25	48,96	2,31	23,78	1,20	62,80	3,15	44,57	2,24	23,03	1,16
22	Sn	88,46	4,43	62,78	3,15	21,11	1,07	89,45	4,48	63,48	3,18	21,34	1,08
23	Sb	0,07	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,11	0,02	0,08	0,01	0,03	0,01
24	Ba	12,93	0,66	9,18	0,47	4,74	0,25	3,74	0,20	2,65	0,14	1,37	0,08
25	Pb	6,04	0,31	4,21	0,22	1,44	0,08	3,29	0,17	2,30	0,12	0,79	0,05
<b>LH05</b>													
n	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xa		Không chiều xa							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Al	1.064	53	849	42	283	14						
2	Si	4.822	241	3.514	176	1.151	58						
3	P	485	24	331	17	129	6						
4	S	899	45	697	35	224	11						
5	Cl	384	19	306	15	102	5						
6	K	1.859	93	1.270	63	462	23						
7	Cu	870	43	695	35	231	12						
8	Ti	75	3,75	57	2,85	21,13	1,07						
9	V	4,71	0,25	3,34	0,18	1,12	0,07						
10	Cr	1,20	0,07	0,85	0,05	0,44	0,03						
11	Mn	52	2,59	36,56	1,84	12,29	0,62						
12	Fe	356	18	248	12	88	4						
13	Co	0,18	0,02	0,13	0,02	0,06	0,01						
14	Ni	1,02	0,06	0,72	0,05	0,24	0,02						
15	Cu	6,33	0,33	4,49	0,23	1,79	0,10						
16	Zn	98	4,90	69,39	3,48	35,85	1,80						
17	Br	2,26	0,12	1,56	0,09	0,70	0,04						
18	Rb	2,63	0,14	1,86	0,10	0,63	0,04						
19	Sr	38,59	1,94	27,39	1,38	9,21	0,47						
20	Y	1,21	0,07	0,85	0,05	0,38	0,03						
21	Ag	60,49	3,03	42,93	2,16	22,18	1,12						
22	Sn	93,39	4,68	66,29	3,32	22,29	1,12						
23	Sb	0,32	0,03	0,23	0,02	0,08	0,01						
24	Ba	6,79	0,35	4,82	0,25	2,49	0,13						
25	Pb	1,90	0,10	1,32	0,08	0,45	0,03						

## PHỤ LỤC 11

Số liệu phân tích mẫu tại 05 vị trí ở huyện Lâm Hà (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật NAA

H	LH01							LH02					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Nu	135	7	108	5	36	2	85	4	68	3	23	1
2	Mg	160	8	109	5	42	2	162	8	110	6	43	2
3	Cl	219	11	160	8	52	3	272	14	198	10	65	3
4	K	7.014	351	4.791	240	1.865	93	5.241	262	3.580	179	1.394	70
5	Sc	1,1	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
6	V	6,8	0,3	4,6	0,2	1,7	0,1	4,4	0,2	3,0	0,2	1,1	0,1
7	Cr	4,9	0,3	3,9	0,2	1,3	0,1	3,1	0,2	2,5	0,1	0,8	0,1
8	Mn	134,7	6,7	92,0	4,6	33,5	1,7	144,6	7,2	98,8	4,9	36,0	1,8
9	Fe	2.806	140	2.241	112	746	37	982	49	784	39	261	13
10	Co	0,9	0,1	0,7	--	0,3	--	0,8	--	0,5	--	0,3	--
11	Zn	96	5	73	4	27	1	115	6	88	4	33	2
12	As	3,8	0,2	2,7	0,1	0,9	0,1	1,3	0,1	0,9	0,1	0,3	--
13	Se	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
14	Br	1,9	0,1	1,4	0,1	0,5	--	3,5	0,2	2,5	0,1	0,8	0,1
15	Rb	20,6	1,0	15,6	0,8	5,8	0,3	22,2	1,1	16,9	0,9	6,3	0,3
16	Sb	0,2	--	0,1	--	--	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
17	I	2,8	0,1	2,0	0,1	0,9	0,1	2,4	0,1	1,7	0,1	0,8	--
18	Cs	0,7	--	0,5	--	0,2	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
19	La	2,1	0,1	1,5	0,1	0,6	--	1,1	0,1	0,8	--	0,3	--
20	Ce	5,1	0,3	3,6	0,2	1,9	0,1	3,1	0,2	2,2	0,1	1,1	0,1
21	Sm	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23	Tb	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24	Dy	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--
25	Yb	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28	Th	1,2	0,1	0,9	0,1	0,5	--	0,4	--	0,3	--	0,2	--
29	U	1,6	0,1	1,1	0,1	0,4	--	2,2	0,1	1,5	0,1	0,5	--
H	LH03							LH04					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Na	163	8	130	7	43	2	133	7	106	5	35	2
2	Mg	152	8	103	5	40	2	152	8	103	5	40	2
3	Cl	208	10	152	8	50	2	317	16	231	12	76	4
4	K	9.789	489	6.686	334	2.603	130	5.346	267	3.651	183	1.421	71
5	Sc	1,7	0,1	1,3	0,1	0,4	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
6	V	8,4	0,4	5,7	0,3	2,1	0,1	10,6	0,5	7,2	0,4	2,6	0,1
7	Cr	10,7	0,5	8,6	0,4	2,9	0,2	3,3	0,2	2,7	0,1	0,9	0,1
8	Mn	137,5	6,9	93,9	4,7	34,2	1,7	152,1	7,6	103,9	5,2	37,8	1,9
9	Fe	4.403	220	3.516	176	1.171	59	877	44	700	35	233	12
10	Co	0,8	0,1	0,6	--	0,3	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
11	Zn	122	6	93	5	35	2	68	3	51	3	19	1



12	As	5,7	0,3	4,1	0,2	1,4	0,1	3,5	0,2	2,5	0,1	0,8	0,1
13	Se	0,2	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--
14	Br	4,3	0,2	3,1	0,2	1,0	0,1	6,1	0,3	4,3	0,2	1,5	0,1
15	Rb	24,1	1,2	18,3	0,9	6,8	0,4	11,2	0,6	8,5	0,4	3,2	0,2
16	Sb	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
17	I	2,4	0,1	1,7	0,1	0,8	--	4,2	0,2	3,0	0,2	1,3	0,1
18	Cs	1,2	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
19	La	2,5	0,1	1,8	0,1	0,7	--	1,5	0,1	1,1	0,1	0,4	--
20	Ce	6,2	0,3	4,4	0,2	2,3	0,1	2,0	0,1	1,4	0,1	0,7	--
21	Sm	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23	Tb	0,1	--	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24	Dy	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
25	Yb	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,6	--	0,4	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
27	Ta	0,2	--	0,1	--	--	--	0,1	--	--	--	--	--
28	Th	1,7	0,1	1,2	0,1	0,6	--	0,6	--	0,4	--	0,2	--
29	U	1,9	0,1	1,3	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,1	0,1	0,4	--
<b>LÀ05</b>													
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ						
1	Na	79	4	63	3	21	1						
2	Mg	260	13	177	9	69	3						
3	Cl	383	19	279	14	91	5						
4	K	1.855	93	1.267	63	493	25						
5	Sc	0,1	--	0,1	--	--	--						
6	V	4,6	0,2	3,1	0,2	1,1	0,1						
7	Cr	1,3	0,1	1,0	0,1	0,3	--						
8	Mn	137,6	6,9	94,0	4,7	34,2	1,7						
9	Fe	345	17	276	14	92	5						
10	Co	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
11	Zn	95	5	72	4	27	1						
12	As	0,7	--	0,5	--	0,2	--						
13	Se	0,1	--	0,1	--	--	--						
14	Br	2,3	0,1	1,6	0,1	0,5	--						
15	Rb	3,0	0,2	2,3	0,1	0,9	0,1						
16	Sb	0,4	--	0,3	--	0,1	--						
17	I	4,6	0,2	3,3	0,2	1,5	0,1						
18	Cs	0,2	--	0,1	--	--	--						
19	La	1,6	0,1	1,2	0,1	0,5	--						
20	Ce	1,8	0,1	1,3	0,1	0,7	--						
21	Sm	0,4	--	0,3	--	0,1	--						
22	Eu	--	--	--	--	--	--						
23	Tb	--	--	--	--	--	--						
24	Dy	0,1	--	0,1	--	--	--						
25	Yb	0,1	--	--	--	--	--						
26	Hf	--	--	--	--	--	--						
27	Ta	--	--	--	--	--	--						
28	Tb	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
29	U	1,9	0,1	1,3	0,1	0,5	--						

## PHỤ LỤC 12

Số liệu phân tích mẫu tại 05 vị trí ở huyện Lâm Hà (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật ED-XRF

n	LH01							LH02					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	136	7	109	5	36	2	85	4	68	3	23	1
2	Mg	161	8	110	5	43	2	163	8	111	6	43	2
3	Al	2.834	142	2.264	113	754	38	770	39	615	31	205	10
4	Si	4.046	202	2.948	147	965	48	3.287	164	2.395	120	784	39
5	P	1.082	54	739	37	288	14	994	50	679	34	264	13
6	S	944	47	732	37	235	12	1.253	63	972	49	312	16
7	Cl	221	11	176	9	59	3	274	14	219	11	73	4
8	K	7.072	354	4.830	242	1.758	88	5.284	264	3.609	180	1.314	66
9	Ca	685	34	547	27	182	9	816	41	652	33	217	11
10	Ti	25	12,5	189,8	9,5	70,7	3,5	85,4	4,3	64,8	3,3	24,1	1,2
11	V	7,0	0,4	4,9	0,3	1,7	0,1	4,7	0,2	3,3	0,2	1,1	0,1
12	Cr	5,1	0,3	3,6	0,2	1,9	0,1	3,1	0,2	2,2	0,1	1,1	0,1
13	Mn	44,7	2,2	31,7	1,6	10,7	0,5	33,5	1,7	23,8	1,2	8,0	0,4
14	Fe	2.823	141	2.255	113	754	38	988	49	789	39	263	13
15	Co	0,9	0,1	0,6	--	0,3	--	0,7	--	0,5	--	0,2	--
16	Ni	1,1	0,1	0,8	0,1	0,3	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
17	Cu	9,5	0,5	6,7	0,3	2,7	0,1	15,0	0,8	10,7	0,5	4,2	0,2
18	Zn	98	5	70	4	36	2	123	6	87	4	45	2
19	Se	41,2	2,1	29,2	1,5	9,8	0,5	42,3	2,1	30,1	1,5	10,1	0,5
20	Zr	24,2	1,2	17,1	0,9	8,9	0,5	23,5	1,2	16,7	0,8	8,6	0,4
21	Cs	0,7	--	0,5	--	0,2	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	11,2	0,6	8,0	0,4	4,1	0,2	7,9	0,4	5,6	0,3	2,9	0,2
23	La	2,1	0,1	1,5	0,1	0,6	--	1,1	0,1	0,8	--	0,3	--
24	Pb	4,7	0,2	3,3	0,2	1,1	0,1	7,3	0,4	5,1	0,3	1,8	0,1
25	Th	1,3	0,1	0,9	0,1	0,5	--	0,4	--	0,3	--	0,2	--
26	U	1,6	0,1	1,1	0,1	0,4	--	2,2	0,1	1,5	0,1	0,5	--
n	LH03							LH04					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	164	8	131	7	44	2	134	7	107	5	36	2
2	Mg	152	8	104	5	41	2	152	8	104	5	41	2
3	Al	4.659	233	3.721	186	1.239	62	1.686	84	1.346	67	448	22
4	Si	3.358	168	2.447	123	801	40	8.394	420	6.117	306	2.003	100
5	P	1.272	64	869	43	338	17	761	38	520	26	202	10
6	S	1.335	67	1.036	52	332	17	1.093	55	848	42	272	14
7	Cl	210	10	168	8	56	3	320	16	255	13	85	4
8	K	9.869	493	6.741	337	2.454	123	5.390	269	3.681	184	1.340	67
9	Ca	809	40	646	32	215	11	626	31	500	25	166	8
10	Ti	95,5	4,8	72,5	3,6	27,0	1,4	161,6	8,1	122,7	6,1	45,7	2,3
11	V	8,5	0,4	6,0	0,3	2,0	0,1	11,1	0,6	7,9	0,4	2,6	0,1
12	Cr	10,9	0,6	7,7	0,4	4,0	0,2	3,5	0,2	2,5	0,1	1,3	0,1
13	Mn	53,9	2,7	38,2	1,9	12,9	0,7	41,7	2,1	29,6	1,5	9,9	0,5
14	Fe	4.430	222	3.538	177	1.178	59	882	44	704	35	235	12

15	Co	0,7	--	0,5	--	0,2	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
16	Ni	2,3	0,1	1,6	0,1	0,5	--	1,0	0,1	0,7	--	0,2	--
17	Cu	12,6	0,6	8,9	0,5	3,6	0,2	7,8	0,4	5,5	0,3	2,2	0,1
18	Zn	125	6	89	4	46	2	74	4	53	3	27	1
19	Sr	44,3	2,2	31,4	1,6	10,6	0,5	43,3	2,2	30,7	1,5	10,3	0,5
20	Zr	22,9	1,2	16,2	0,8	8,4	0,4	20,6	1,0	14,6	0,7	7,5	0,4
21	Cs	1,3	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	13,0	0,7	9,2	0,5	4,8	0,2	3,8	0,2	2,7	0,1	1,4	0,1
23	La	2,5	0,1	1,8	0,1	0,7	--	1,6	0,1	1,1	0,1	0,4	--
24	Pb	6,1	0,3	4,2	0,2	1,5	0,1	3,3	0,2	2,3	0,1	0,8	--
25	Th	1,7	0,1	1,2	0,1	0,6	--	0,6	--	0,4	--	0,2	--
26	U	1,9	0,1	1,3	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,1	0,1	0,4	--
<b>LH05</b>													
tt	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Na	79	4	63	3	21	1						
2	Mg	261	13	178	9	69	3						
3	Al	1.070	54	855	43	285	14						
4	Si	4.852	243	3.535	177	1.158	58						
5	P	488	24	333	17	130	6						
6	S	904	45	702	35	225	11						
7	Cl	386	19	308	15	103	5						
8	K	1.871	94	1.278	64	465	23						
9	Cu	875	44	699	35	233	12						
10	Ti	75,2	3,8	57,1	2,9	21,3	1,1						
11	V	4,7	0,2	3,4	0,2	1,1	0,1						
12	Cr	1,2	0,1	0,9	0,1	0,4	--						
13	Mn	51,8	2,6	36,8	1,8	12,4	0,6						
14	Fe	348	17	278	14	92	5						
15	Co	0,2	--	0,1	--	0,1	--						
16	Ni	1,0	0,1	0,7	--	0,2	--						
17	Cu	6,4	0,3	4,5	0,2	1,8	0,1						
18	Zn	98	5	70	4	36	2						
19	Sr	38,8	2,0	27,6	1,4	9,3	0,5						
20	Zr	21,1	1,1	15,0	0,8	7,7	0,4						
21	Cs	0,2	--	0,1	--	--	--						
22	Ba	6,8	0,4	4,8	0,3	2,5	0,1						
23	La	1,6	0,1	1,2	0,1	0,5	--						
24	Pb	1,9	0,1	1,3	0,1	0,5	--						
25	Th	0,2	--	0,2	--	0,1	--						
26	U	1,9	0,1	1,3	0,1	0,5	--						



## PHỤ LỤC 13

Số hiệu phân tích mẫu tại 11 vị trí ở Tp. Đào Lộc và huyện Tân Lâm (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật TXRF

#	Nguyên tố	BL01						BL02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	6.435	323	5.017	251	1.236	63	7.845	392	6.116	306	1.507	75
2	Si	11.565	578	8.575	429	2.344	117	6.404	320	4.749	237	1.298	65
3	P	447	22	375	19	99	5	481	24	403	20	107	5
4	S	1.634	82	1.183	59	299	15	1.713	86	1.240	62	313	16
5	Cl	525	26	396	20	101	5	452	23	341	17	87	4
6	K	601	30	396	20	126	6	440	22	290	15	92	5
7	Cu	885	44	691	35	196	10	870	44	680	34	193	10
8	Ti	1170	59	903	45,18	234	11,70	590	30	455	22,78	118	5,90
9	V	12,52	0,64	7,63	0,39	2,22	0,12	13,84	0,70	8,43	0,43	2,45	0,13
10	Cr	11,51	0,59	9,25	0,47	2,03	0,11	13,74	0,70	11,03	0,56	2,42	0,13
11	Mn	111	5,56	72,34	3,63	22,50	1,14	56	2,80	36,40	1,83	11,32	0,58
12	Fe	6.823	341	4.440	222	1.247	62	7.256	363	4.721	236	1.326	66
13	Co	2,14	0,12	1,44	0,08	0,54	0,04	2,00	0,11	1,35	0,08	0,51	0,04
14	Ni	7,07	0,36	4,33	0,23	1,43	0,08	4,75	0,25	2,91	0,16	0,96	0,06
15	Cu	15,05	0,76	11,49	0,58	3,01	0,16	12,73	0,65	9,72	0,50	2,54	0,14
16	Zn	919	46	527,93	26,41	176,51	8,84	638	32	366,40	18,33	122,50	6,14
17	Br	3,43	0,18	2,01	0,11	0,73	0,05	6,95	0,36	4,07	0,21	1,49	0,08
18	Rb	3,39	0,18	2,25	0,12	0,60	0,04	1,88	0,10	1,25	0,07	0,33	0,03
19	Sr	39,94	2,01	23,41	1,18	7,08	0,36	38,07	1,91	22,31	1,13	6,75	0,35
20	Y	13,74	0,70	9,58	0,49	2,56	0,14	2,32	0,13	1,62	0,09	0,43	0,03
21	Ag	47,56	2,39	26,35	1,33	9,13	0,47	58,94	2,96	32,65	1,64	11,32	0,58
22	Sn	93,09	4,66	57,92	2,91	16,51	0,84	90,68	4,54	56,42	2,83	16,08	0,81
23	Sb	0,34	0,03	0,20	0,02	0,06	0,01	0,36	0,03	0,21	0,02	0,07	0,01
24	Ba	2,32	0,13	1,65	0,09	0,41	0,03	15,76	0,80	11,18	0,57	2,78	0,15
25	Pb	4,21	0,22	2,58	0,14	0,75	0,05	3,36	0,18	2,06	0,11	0,60	0,04
#	Nguyên tố	BL03						BL04					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	6.564	328	5.118	256	1.261	63	2.998	150	2.337	117	576	29
2	Si	4.951	248	3.671	184	1.004	50	5.827	291	4.320	216	1.181	59
3	P	794	40	666	33	176	9	430	22	361	18	95	4,70
4	S	3.037	152	2.198	110	555	28	773	39	559	28	141	7
5	Cl	333	17	251	13	64	3	362	18	273	14	70	3,49
6	K	831	42	547	27	174	9	278	14	183	9	58	2,93
7	Cu	896	45	700	35	199	10	851	43	665	33	189	9
8	Ti	433	22	334	16,73	87	4,31	354	18	273	13,67	71	3,54
9	V	9,49	0,48	5,78	0,30	1,68	0,09	3,86	0,20	2,35	0,13	0,68	0,04
10	Cr	8,08	0,41	6,49	0,33	1,42	0,08	3,23	0,17	2,60	0,14	0,57	0,04
11	Mn	170	8,52	110,92	5,56	34,50	1,73	25	1,26	16,33	0,83	5,08	0,26

12	Fe	5.685	284	3.699	185	1.039	52	2.807	140	1.826	91	513	26
13	Cn	1.03	0.06	0.69	0.04	0.26	0.02	1.39	0.08	0.94	0.06	0.35	0.03
14	Ni	5.15	0.27	3.15	0.17	1.04	0.06	1.52	0.09	0.93	0.06	0.31	0.02
15	Cu	54.84	2.75	41.87	2.10	10.95	0.56	6.16	0.32	4.70	0.25	1.23	0.07
16	Zn	315	16	180.91	9.06	60.48	3.03	117	6	67.36	3.38	22.52	1.14
17	Br	2.65	0.14	1.55	0.09	0.57	0.04	1.99	0.11	1.17	0.07	0.43	0.03
18	Rh	3.97	0.21	2.63	0.14	0.70	0.05	1.42	0.08	0.94	0.06	0.25	0.02
19	Sr	43.21	2.17	25.32	1.28	7.66	0.39	43.08	2.16	25.25	1.27	7.64	0.39
20	Y	4.65	0.24	3.24	0.17	0.87	0.05	1.21	0.07	0.85	0.05	0.23	0.02
21	Ag	61.15	3.07	33.87	1.70	11.74	0.60	62.19	3.12	34.45	1.73	11.94	0.61
22	Sn	89.65	4.49	55.78	2.80	15.90	0.81	87.74	4.40	54.59	2.74	15.56	0.79
23	Sb	0.28	0.02	0.16	0.02	0.05	0.01	0.41	0.03	0.24	0.02	0.07	0.01
24	Ba	56.66	2.84	40.21	2.02	9.98	0.51	110.19	5.52	78.21	3.92	19.41	0.98
25	Pb	4.99	0.26	3.06	0.16	0.88	0.05	6.23	0.32	3.82	0.20	1.11	0.07
<b>BL05</b>													
<i>n</i>	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
		1	Al	1.996	100	1.556	78	383	19	948	47	739	37
2	Si	4.771	239	3.538	177	967	48	3.850	193	2.855	143	780	39
3	P	471	24	395	20	104	5.23	1.130	56	947	47	251	12.55
4	S	1.318	66	954	48	241	12	3.430	171	2.483	124	627	31
5	Cl	456	23	344	17	88	4.39	329	16	248	12	63	3.17
6	K	244	12	161	8	51	2.57	2.142	107	1.410	71	450	22.49
7	Ca	876	44	684	34	194	10	884	44	691	35	196	10
8	Ti	215	11	166	8.31	43	2.16	49	2	38	1.91	10	0.50
9	V	3.27	0.17	1.99	0.11	0.58	0.04	4.92	0.26	3.00	0.16	0.87	0.05
10	Cr	2.12	0.12	1.70	0.10	0.37	0.03	1.21	0.07	0.97	0.06	0.21	0.02
11	Mn	45	2.26	29.29	1.47	9.11	0.47	36	1.80	23.37	1.18	7.27	0.37
12	Fe	2.481	124	1.614	81	453	23	572	29	372	19	105	8
13	Co	1.07	0.06	0.72	0.05	0.27	0.02	1.26	0.07	0.85	0.05	0.32	0.03
14	Ni	3.33	0.18	2.04	0.11	0.68	0.04	1.41	0.08	0.87	0.05	0.29	0.02
15	Cu	16.46	0.83	12.57	0.64	3.29	0.17	13.03	0.66	9.95	0.51	2.60	0.14
16	Zn	512	26	294.34	14.73	98.41	4.93	408	20	234.46	11.73	78.39	3.93
17	Br	3.68	0.19	2.15	0.12	0.79	0.05	4.56	0.24	2.67	0.14	0.97	0.06
18	Rh	1.25	0.07	0.83	0.05	0.22	0.02	5.17	0.27	3.43	0.18	0.92	0.06
19	Sr	42.57	2.14	24.95	1.26	7.55	0.39	41.28	2.07	24.19	1.22	7.32	0.28
20	Y	3.74	0.20	2.61	0.14	0.70	0.04	7.68	0.39	5.35	0.28	1.43	0.08
21	Ag	62.77	3.15	34.78	1.75	12.06	0.61	63.78	3.20	35.33	1.78	12.25	0.62
22	Sn	89.95	4.51	55.97	2.81	15.95	0.81	83.81	4.20	52.15	2.62	14.86	0.75
23	Sb	0.31	0.03	0.18	0.02	0.06	0.01	0.29	0.02	0.17	0.02	0.05	0.01
24	Ba	13.33	0.68	9.46	0.48	2.35	0.13	73.33	3.68	52.04	2.61	12.92	0.66
25	Pb	5.29	0.27	3.24	0.17	0.94	0.06	5.01	0.26	3.07	0.16	0.89	0.05
<b>BL07</b>													
<i>n</i>	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
		1	Al	4.638	232	3.616	181	891	45	2.258	113	1.761	88



2	Si	4.253	213	3.154	158	862	43	8.822	441	6.542	327	1.788	89
3	P	1.236	62	1.037	52	274	13,73	940	47	788	39	209	10,45
4	S	2.246	112	1.626	81	410	21	2.074	104	1.501	75	379	19
5	Cl	1.405	70	1.060	53	270	13,51	535	27	404	20	103	5,15
6	K	4.679	234	3.081	154	982	49,10	287	14	189	9	60	3,03
7	Ca	819	41	640	32	182	9	803	40	627	31	178	9
8	Ti	385	19	297	14,87	77	3,85	267	13	206	10,33	53	2,68
9	V	5,98	0,31	3,64	0,19	1,06	0,06	2,86	0,15	1,74	0,10	0,51	0,04
10	Cr	0,91	0,06	0,73	0,05	0,16	0,02	13,84	0,70	11,11	0,57	2,44	0,13
11	Mn	135	6,76	88,01	4,41	27,37	1,38	263	13,18	171,61	8,59	53,38	2,68
12	Fe	3.299	165	2.146	107	603	30	2.300	115	1.496	75	420	21
13	Co	1,39	0,08	0,94	0,06	0,35	0,03	2,71	0,15	1,82	0,10	0,69	0,04
14	Ni	2,63	0,14	1,61	0,09	0,53	0,04	3,74	0,20	2,29	0,12	0,76	0,05
15	Cu	12,32	0,63	9,41	0,48	2,46	0,13	24,95	1,26	19,05	0,96	4,98	0,26
16	Zn	171	9	98,11	4,92	32,80	1,65	667	33	383,11	19,17	128,09	6,41
17	Br	3,83	0,20	2,24	0,12	0,82	0,05	4,58	0,24	2,68	0,14	0,98	0,06
18	Rh	12,56	0,64	8,33	0,43	2,23	0,12	0,65	0,04	0,43	0,03	0,11	0,02
19	Sr	40,08	2,01	23,49	1,18	7,11	0,37	41,77	2,10	24,48	1,23	7,41	0,38
20	Y	24,75	1,25	17,26	0,87	4,61	0,24	17,98	0,91	12,54	0,64	3,35	0,18
21	Ag	63,77	3,20	35,33	1,78	12,25	0,62	65,19	3,27	36,11	1,82	12,52	0,64
22	Sn	85,64	4,29	53,29	2,67	15,19	0,77	89,56	4,49	55,72	2,80	15,88	0,80
23	Sb	0,37	0,03	0,21	0,02	0,07	0,01	0,33	0,03	0,19	0,02	0,06	0,01
24	Ba	29,19	1,47	20,72	1,05	5,14	0,27	32,62	1,64	23,15	1,17	5,75	0,30
25	Pb	4,97	0,26	3,04	0,16	0,88	0,05	1,96	0,11	1,20	0,07	0,35	0,03
		BI.09						BI.10					
#	Nguyên tố	Rèn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rèn tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Al	806	40	628	31	155	8	644	32	502	25	124	6
2	Si	5.267	263	3.905	195	1.068	53	2.943	147	2.182	109	597	30
3	P	615	31	516	26	137	6,84	510	26	428	21	113	5,67
4	S	828	41	599	30	151	8	975	49	706	35	178	9
5	Cl	137	7	103	5	26	1,32	1.585	79	1.195	60	304	15,23
6	K	348	17	229	11	73	3,66	194	10	128	6	41	2,05
7	Ca	773	39	604	30	172	9	921	46	720	36	205	10
8	Ti	118	6	91	4,55	23	1,18	40	2	31	1,54	7,91	0,41
9	V	1,97	0,11	1,20	0,07	0,35	0,03	1,18	0,07	0,72	0,05	0,21	0,02
10	Cr	3,13	0,17	2,51	0,14	0,55	0,04	0,91	0,06	0,73	0,05	0,16	0,02
11	Mn	85	4,24	55,16	2,77	17,16	0,87	39	1,96	25,41	1,28	7,90	0,41
12	Fe	1.085	54	706	35	198	10	860	43	559	28	157	8
13	Co	2,24	0,12	1,51	0,09	0,57	0,04	3,32	0,18	2,24	0,12	0,84	0,05
14	Ni	1,41	0,08	0,87	0,05	0,29	0,02	3,13	0,17	1,92	0,11	0,63	0,04
15	Cu	7,47	0,38	5,71	0,30	1,49	0,08	15,05	0,76	11,49	0,58	3,01	0,16
16	Zn	161	8	92,66	4,64	30,98	1,56	408	20	234,63	11,74	78,45	3,93
17	Br	1,96	0,11	1,15	0,07	0,42	0,03	2,17	0,12	1,27	0,07	0,46	0,03
18	Rh	0,93	0,06	0,62	0,04	0,16	0,02	0,55	0,04	0,36	0,03	0,10	0,01
19	Sr	43,30	2,17	25,38	1,28	7,68	0,39	44,54	2,24	26,11	1,32	7,90	0,40
20	Y	3,74	0,20	2,61	0,14	0,79	0,04	6,16	0,32	4,30	0,22	1,15	0,07

21	Ag	65,77	3,30	36,44	1,83	12,63	0,64	66,91	3,36	37,07	1,86	12,85	0,65
22	Sn	85,82	4,30	53,40	2,68	15,22	0,77	95,60	4,79	59,48	2,98	16,96	0,86
23	Sb	0,94	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,23	0,02	0,13	0,02	0,04	0,01
24	Ba	19,09	0,96	13,55	0,69	3,36	0,18	19,09	0,96	13,55	0,69	3,36	0,18
25	Pb	1,38	0,13	1,46	0,08	0,42	0,03	1,19	0,37	4,41	0,23	1,28	0,07
<b>BL11</b>													
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ							
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ						
1	Al	822	41	641	32	158	8						
2	Si	2.921	146	2.166	108	592	30						
3	P	296	15	249	12	66	3,30						
4	S	670	33	485	24	122	6						
5	Cl	1.632	82	1.231	62	314	16						
6	K	127	6	83	4	27	1,34						
7	Ca	914	46	714	36	203	10						
8	Ti	121	6	94	4,69	24,25	1,22						
9	V	1,13	0,07	0,69	0,04	0,20	0,02						
10	Cr	11,51	0,59	9,25	0,47	2,03	0,11						
11	Mn	170	8,50	110,72	5,55	34,44	1,73						
12	Fe	1.326	66	863	43	242	12						
13	Cu	3,34	0,18	2,25	0,12	0,85	0,05						
14	Ni	1,82	0,10	1,11	0,07	0,37	0,03						
15	Cu	6,26	0,32	4,78	0,25	1,25	0,07						
16	Zn	273	14	156,77	7,85	52,41	2,63						
17	Br	2,35	0,13	1,38	0,08	0,50	0,04						
18	Rb	0,55	0,04	0,36	0,03	0,10	0,01						
19	Sr	38,27	1,92	22,43	1,13	6,79	0,35						
20	Y	5,56	0,29	3,87	0,20	1,03	0,06						
21	Ag	62,77	3,15	34,78	1,75	12,06	0,61						
22	Sn	95,62	4,79	59,50	2,98	16,96	0,86						
23	Sb	0,40	0,03	0,23	0,02	0,07	0,01						
24	Ba	32,22	1,62	22,87	1,15	5,68	0,29						
25	Pb	0,38	0,03	0,24	0,02	0,07	0,01						

## PHỤ LỤC 14

Số liệu phân tích mẫu tại 11 vị trí ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật NAA

#	Nguyên tố	BL01						BL02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Nu	435	22	339	17	84	4	591	30	461	23	113	6
2	Mg	661	33	554	28	147	7	629	31	328	26	140	7
3	Cl	524	26	388	19	106	5	451	23	334	17	91	5
4	K	600	30	503	25	133	7	439	22	368	18	98	5
5	Sc	3,6	0,2	2,6	0,1	0,7	--	2,3	0,1	1,6	0,1	0,4	--
6	V	10,8	0,6	7,1	0,4	2,3	0,1	12,1	0,6	8,0	0,4	2,5	0,1
7	Ct	12,7	0,6	9,6	0,5	2,4	0,1	11,4	0,6	8,6	0,4	2,2	0,1
8	Mn	209,5	10,5	137,9	6,9	44,0	2,2	153,3	7,7	100,9	5,1	32,2	1,6
9	Fe	5.899	295	4.609	230	1.310	65	6.607	330	5.162	258	1.467	73
10	Co	2,4	0,1	1,9	0,1	0,4	--	2,1	0,1	1,7	0,1	0,4	--
11	Zn	793	40	612	31	158	8	492	25	380	19	98	5
12	As	17,2	0,9	10,5	0,5	3,1	0,2	8,0	0,4	4,9	0,3	1,4	0,1
13	Se	0,5	--	0,4	--	0,1	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	5,3	0,3	3,4	0,2	1,0	0,1	10,4	0,5	6,8	0,4	2,1	0,1
15	Rb	3,7	0,2	2,8	0,2	0,7	--	1,7	0,1	1,3	0,1	0,3	--
16	Sb	45,8	2,3	29,8	1,5	8,4	0,4	39,4	2,0	25,7	1,3	7,2	0,4
17	I	9,0	0,5	6,0	0,3	2,3	0,1	16,1	0,8	10,8	0,6	4,1	0,2
18	Cs	2,7	0,1	1,6	0,1	0,5	--	1,3	0,1	0,8	--	0,3	--
19	La	35,4	1,8	27,0	1,4	7,1	0,4	5,0	0,3	3,8	0,2	1,0	0,1
20	Ce	69,2	3,5	39,8	2,0	13,3	0,7	11,4	0,6	6,5	0,3	2,2	0,1
21	Sm	8,4	0,4	4,9	0,3	1,8	0,1	1,0	0,1	0,6	--	0,2	--
22	Eu	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	1,4	0,1	0,8	--	0,2	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	6,9	0,4	4,8	0,2	1,3	0,1	0,5	--	0,4	--	0,1	--
25	Yb	2,7	0,1	1,5	0,1	0,5	--	0,7	--	0,4	--	0,1	--
26	Hf	0,8	0,1	0,5	--	0,1	--	0,9	0,1	0,6	--	0,2	--
27	Ta	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--
28	Th	5,6	0,3	4,0	0,2	1,0	0,1	4,9	0,3	3,4	0,2	0,9	0,1
29	U	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--
#	Nguyên tố	BL03						BL04					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	211	11	165	8	41	2	231	12	180	9	44	2
2	Mg	627	31	526	26	139	7	586	29	491	25	130	6,51
3	Cl	332	17	247	12	67	3	361	18	268	13	73	4
4	K	829	41	695	35	184	9	278	14	233	12	62	3,09
5	Sc	1,3	0,1	0,9	0,1	0,2	--	1,9	0,1	1,4	0,1	0,3	--
6	V	8,8	0,5	5,8	0,3	1,8	0,1	3,2	0,2	2,1	0,1	0,7	--



7	Cr	8,3	0,4	6,3	0,3	1,6	0,1	2,9	0,2	2,2	0,1	0,6	--
8	Mn	126,3	6,3	83,1	4,2	26,5	1,3	75,9	3,8	5,--	2,5	15,9	0,8
9	Fe	4.043	202	3.159	158	898	45	2.752	138	2.150	108	611	31
10	Co	1,0	0,1	0,8	0,1	0,2	--	1,5	0,1	1,2	0,1	0,3	--
11	Zn	238	12	184	9	48	2	99	5	76	4	20	1
12	As	1,9	0,1	1,2	0,1	0,3	--	6,5	0,3	3,9	0,2	1,1	0,1
13	Se	0,2	--	0,2	--	--	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	4,0	0,2	2,6	0,1	0,8	0,1	3,1	0,2	1,9	0,1	0,6	--
15	Rb	4,2	0,2	3,2	0,2	0,8	0,1	1,5	0,1	1,2	0,1	0,3	--
16	Sb	43,0	2,2	28,0	1,4	7,9	0,4	32,5	1,6	21,2	1,1	5,9	0,3
17	I	4,9	0,3	3,3	0,2	1,2	0,1	4,7	0,2	3,2	0,2	1,2	0,1
18	Cs	0,7	--	0,4	--	0,1	--	1,2	0,1	0,8	--	0,3	--
19	La	2,9	0,2	2,2	0,1	0,6	--	3,6	0,2	2,8	0,1	0,7	--
20	Ce	7,0	0,4	4,0	0,2	1,3	0,1	8,7	0,4	5,0	0,3	1,7	0,1
21	Sm	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,6	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,1	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
25	Yb	0,2	--	0,1	--	--	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
26	Hf	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
27	Ta	0,1	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,1	--	--	--
28	Th	1,2	0,1	0,9	0,1	0,2	--	2,1	0,1	1,5	0,1	0,4	--
29	U	3,4	0,2	2,1	0,1	0,6	--	2,1	0,1	1,2	0,1	0,3	--
		<b>BL05</b>						<b>BL06</b>					
N	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	146	7	114	6	28	1	278	14	217	11	53	3
2	Mg	617	31	518	26	137	6,86	718	36	602	30	159	7,98
3	Cl	455	23	338	17	92	5	328	16	243	12	66	3
4	K	243	12	204	10	54	2,71	2.138	107	1.793	90	475	23,75
5	Sc	0,7	--	0,5	--	0,1	--	2,9	0,2	2,1	0,1	0,5	--
6	V	3,1	0,2	2,0	0,1	0,6	--	4,2	0,2	2,7	0,1	0,9	0,1
7	Cr	5,2	0,3	3,9	0,2	1,0	0,1	1,3	0,1	1,0	0,1	0,2	--
8	Mn	154,9	7,8	102,0	5,1	32,5	1,6	143,5	7,2	94,5	4,7	30,1	1,5
9	Fe	1.788	89	1.397	70	397	20	691	35	540	27	153	8
10	Co	1,2	0,1	0,9	0,1	0,2	--	1,2	0,1	1,0	0,1	0,2	--
11	Zn	516	26	398	20	103	5	346	17	267	13	69	3
12	As	2,3	0,1	1,4	0,1	0,4	--	9,8	0,5	6,0	0,3	1,7	0,1
13	Se	0,2	--	0,1	--	--	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	5,5	0,3	3,6	0,2	1,1	0,1	6,8	0,4	4,5	0,2	1,4	0,1
15	Rb	1,9	0,1	1,5	0,1	0,4	--	5,8	0,3	4,5	0,2	1,2	0,1
16	Sb	44,0	2,2	29,0	1,5	8,1	0,4	54,0	2,7	35,1	1,8	9,9	0,5
17	I	4,1	0,2	2,8	0,1	1,0	0,1	4,1	0,2	2,8	0,1	1,0	0,1
18	Cs	0,6	--	0,4	--	0,1	--	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--
19	La	1,9	0,1	1,4	0,1	0,4	--	4,3	0,2	3,2	0,2	0,8	0,1



20	Ce	5,3	0,3	3,1	0,2	1,0	0,1	10,6	0,5	6,1	0,3	2,0	0,1
21	Sm	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,6	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,1	--	--	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,7	--	0,5	--	0,1	--
25	Yb	0,2	--	0,1	--	--	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
26	Hf	0,3	--	0,2	--	--	--	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--
27	Ta	0,1	--	--	--	--	--	0,3	--	0,2	--	--	--
28	Th	0,8	--	0,5	--	0,1	--	2,9	0,2	2,1	0,1	0,5	--
29	U	3,7	0,2	2,3	0,1	0,7	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--
<b>B1.07</b>													
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	328	16	256	13	63	3	211	11	164	8	40	2
2	Mg	598	30	501	25	133	6,65	885	44	742	37	196	9,83
3	Cl	1.403	70	1.040	52	284	14	534	27	396	20	108	5
4	K	4.670	234	3.917	196	1.037	51,85	287	14	241	12	64	3,19
5	Sc	1,8	0,1	1,3	0,1	0,3	--	1,1	0,1	0,8	--	0,2	--
6	V	5,1	0,3	3,4	0,2	1,1	0,1	3,1	0,2	2,0	0,1	0,6	--
7	Cr	1,1	0,1	0,8	0,1	0,2	--	6,8	0,4	5,1	0,3	1,3	0,1
8	Mn	97,8	4,9	64,4	3,2	20,5	1,0	36,7	1,8	24,2	1,2	7,7	0,4
9	Fe	3.751	188	2.931	147	833	42	2.153	108	1.682	84	478	24
10	Co	1,6	0,1	1,3	0,1	0,3	--	2,4	0,1	1,9	0,1	0,4	--
11	Zn	159	8	122	6	32	2	573	29	442	22	114	6
12	As	10,7	0,5	6,5	0,3	1,9	0,1	3,9	0,2	2,4	0,1	0,7	--
13	Se	0,2	--	0,2	--	--	--	0,2	--	0,2	--	--	--
14	Br	5,8	0,3	3,8	0,2	1,2	0,1	6,9	0,4	4,5	0,2	1,4	0,1
15	Rb	12,0	0,6	9,3	0,5	2,4	0,1	0,9	0,1	0,7	--	0,2	--
16	Sb	32,0	1,6	20,8	1,1	5,8	0,3	71,6	3,6	46,6	2,3	13,1	0,7
17	I	10,2	0,5	6,9	0,4	2,6	0,1	10,8	0,5	7,3	0,4	2,7	0,1
18	Cs	1,2	0,1	0,7	--	0,2	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
19	La	3,5	0,3	4,2	0,2	1,1	0,1	2,7	0,1	2,1	0,1	0,5	--
20	Ce	14,7	0,7	8,5	0,4	2,8	0,2	7,6	0,4	4,4	0,2	1,5	0,1
21	Sm	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,1	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,2	--	0,1	--	--	--	0,1	--	0,1	--	--	--
24	Dy	1,1	0,1	0,8	--	0,2	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
25	Yb	0,8	--	0,4	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
26	Hf	0,9	0,1	0,6	--	0,2	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
27	Ta	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
28	Th	4,4	0,2	3,1	0,2	0,8	--	1,2	0,1	0,9	0,1	0,2	--
29	U	3,6	0,2	2,2	0,1	0,6	--	1,7	0,1	1,0	0,1	0,3	--
<b>B1.09</b>													
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
<b>B1.10</b>													
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	

		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	598	30	466	23	115	6	170	8	132	7	33	2
2	Mg	820	41	688	34	182	9,11	729	36	612	31	162	8,10
3	Cl	137	7	101	5	28	1	1.582	79	1.173	59	321	16
4	K	347	17	291	15	77	3,87	194	10	163	8	43	2,16
5	Sc	2,8	0,1	2,0	0,1	0,5	--	1,3	0,1	1,0	0,1	0,2	--
6	V	2,0	0,1	1,3	0,1	0,4	--	1,2	0,1	0,8	0,1	0,3	--
7	Cr	2,4	0,1	1,8	0,1	0,5	--	1,2	0,1	0,9	0,1	0,2	--
8	Mn	73,0	3,7	48,1	2,4	15,3	0,8	76,0	3,8	5,1	2,5	15,9	0,8
9	Fe	1.257	63	982	49	279	14	1.466	73	1.145	57	325	16
10	Co	2,2	0,1	1,8	0,1	0,4	--	3,3	0,2	2,7	0,1	0,6	--
11	Zn	186	9	143	7	37	2	462	23	356	18	92	5
12	As	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--	0,7	--	0,5	--	0,1	--
13	Se	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
14	Br	2,9	0,2	1,9	0,1	0,6	--	3,2	0,2	2,1	0,1	0,7	--
15	Rb	1,6	0,1	1,2	0,1	0,3	--	2,2	0,1	1,7	0,1	0,4	--
16	Sb	41,2	2,1	26,8	1,4	7,5	0,4	40,7	2,0	26,5	1,3	7,4	0,4
17	I	7,2	0,4	4,8	0,3	1,8	0,1	5,6	0,3	3,8	0,2	1,4	0,1
18	Cs	1,3	0,1	0,8	--	0,3	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
19	La	1,1	0,5	7,7	0,4	2,0	0,1	2,6	0,1	2,0	0,1	0,5	--
20	Ce	13,7	0,7	7,9	0,4	2,6	0,1	4,9	0,3	2,8	0,1	0,9	0,1
21	Sm	1,5	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,2	--	0,1	--	--	--
24	Dy	1,8	0,1	1,2	0,1	0,3	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
25	Yb	0,9	0,1	0,5	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--	--	--
26	Hf	1,3	0,1	0,8	0,1	0,2	--	0,3	--	0,2	--	--	--
27	Ta	0,2	--	0,1	--	--	--	0,2	--	0,1	--	--	--
28	Tm	1,5	0,1	1,0	0,1	0,3	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
29	U	2,5	0,1	1,5	0,1	0,4	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--

B1.11

#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều sạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	179	9	139	7	34	2
2	Mg	729	36	612	31	162	8,10
3	Cl	1.629	81	1.208	60	330	17
4	K	126	6	106	5	28	1,41
5	Sc	1,4	0,1	1,0	0,1	0,3	--
6	V	1,3	0,1	0,7	--	0,2	--
7	Cr	20,1	1,0	15,2	0,8	3,9	0,2
8	Mn	89,0	4,5	58,6	2,9	18,7	0,9
9	Fe	1.661	83	1.298	65	369	18
10	Co	3,4	0,2	2,7	0,1	0,6	--
11	Zn	257	13	198	10	51	3
12	As	0,8	--	0,5	--	0,1	--

13	Se	0,2	--	0,1	--	--	--
14	Br	3,4	0,2	2,2	0,1	0,7	--
15	Rb	0,9	0,1	0,7	--	0,2	--
16	Sb	36,9	1,9	24,0	1,2	6,7	0,3
17	I	5,8	0,3	3,9	0,2	1,5	0,1
18	Cs	0,5	--	0,3	--	0,1	--
19	La	2,7	0,1	2,0	0,1	0,5	--
20	Ce	5,0	0,3	2,9	0,2	1,0	0,1
21	Sm	0,6	--	0,3	--	0,1	--
22	Eu	0,2	--	0,1	--	--	--
23	Tb	0,2	--	0,1	--	--	--
24	Dy	0,5	--	0,4	--	0,1	--
25	Yb	0,3	--	0,1	--	--	--
26	Hf	0,3	--	0,2	--	0,1	--
27	Ta	0,2	--	0,1	--	--	--
28	Tl	0,5	--	0,3	--	0,1	--
29	U	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--

## PHỤ LỤC 15

Số hiệu phân tích mẫu tại 11 vị trí ở Tp. Bảo Lộc và huyện Bảo Lâm (Lâm Đồng) bằng kỹ thuật ED-XRF

#	BL01							BL02					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	291	15	263	13	107	5	135	7	122	6	49	2
2	Mg	239	12	216	11	77	4	236	12	213	11	76	4
3	Al	2.114	106	1.909	95	775	39	2.153	108	1.944	97	789	39
4	Si	3.252	163	3.235	162	1.125	56	5.278	264	5.251	263	1.825	91
5	P	330	17	298	15	107	5	1.062	53	959	48	343	17
6	S	555	28	501	25	186	9	1.400	70	1.264	63	468	23
7	Cl	362	18	327	16	133	7	773	39	698	35	284	14
8	K	7.774	389	7.734	387	2.419	121	3.062	153	3.047	152	953	48
9	Ca	899	45	811	41	301	15	854	43	771	39	286	14
10	Ti	123,6	6,2	111,6	5,6	34,9	1,8	140,8	7,1	127,1	6,4	39,8	2,0
11	V	7,9	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	9,7	0,5	8,8	0,4	3,1	0,2
12	Cr	6,0	0,3	5,6	0,3	2,2	0,1	6,2	0,3	5,8	0,3	2,3	0,1
13	Mn	139,8	7,0	126,2	6,3	51,3	2,6	69,9	3,5	63,1	3,2	25,6	1,3
14	Fe	4.373	219	3.949	197	1.463	73	2.652	133	2.395	120	887	44
15	Co	1,6	--	1,4	0,1	0,5	--	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--
16	Ni	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--
17	Cu	12,5	0,6	11,8	0,6	3,5	0,2	12,1	0,6	11,4	0,6	3,4	0,2
18	Zn	87,1	4,4	78,7	3,9	31,9	1,6	216,8	10,8	195,7	9,8	79,5	4,0
19	Sr	44,3	2,2	4--	2,0	16,2	0,8	42,7	2,1	38,5	1,9	15,7	0,8
20	Zr	21,5	1,1	19,4	1,0	7,9	0,4	22,5	1,1	20,3	1,0	8,2	0,4
21	Cs	1,8	0,1	1,6	0,1	0,7	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
22	Ba	2,6	0,1	2,3	0,1	0,9	0,1	26,9	1,4	24,3	1,2	9,9	0,5
23	La	23,6	1,2	22,3	1,1	6,7	0,3	2,4	0,1	2,2	0,1	0,7	--
24	Pb	5,5	0,3	5,0	0,3	1,7	0,1	6,3	0,3	5,7	0,3	2,0	0,1
25	Th	3,7	0,2	3,4	0,2	1,4	0,1	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--
26	U	1,6	0,1	1,4	0,1	0,5	--	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	--
#	BL03							BL04					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	390	20	352	18	143	7	269	13	243	12	99	5
2	Mg	240	12	216	11	77	4	255	13	236	12	83	4
3	Al	4.641	232	4.190	210	1.702	85	2.041	102	1.843	92	748	37
4	Si	11.478	574	11.419	571	3.969	198	5.411	271	5.383	269	1.871	94
5	P	850	43	767	38	275	14	599	30	541	27	193	10
6	S	1.480	74	1.336	67	495	25	1.031	52	931	47	345	17
7	Cl	319	16	288	14	117	6	729	36	658	33	267	13
8	K	6.399	320	6.366	318	1.991	100	10.418	521	10.365	518	3.241	162
9	Ca	878	44	793	40	294	15	886	44	800	40	297	15



10	Ti	222,9	11,2	201,2	10,1	63,0	3,2	237,0	11,9	214,0	10,7	67,0	3,4		
11	V	7,7	0,4	7,0	0,4	2,4	0,1	12,5	0,6	11,3	0,6	3,0	0,2		
12	Cr	12,0	0,6	11,3	0,6	4,4	0,2	12,9	0,7	12,1	0,6	4,7	0,2		
13	Mn	102,3	5,1	92,4	4,6	37,5	1,9	58,8	2,9	53,1	2,7	21,5	1,1		
14	Fe	4.988	249	4.504	225	1.669	83	3.021	151	2.728	136	1.011	51		
15	Cu	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--		
16	Ni	3,1	0,2	2,8	0,1	1,1	0,1	2,2	0,1	2,0	0,1	0,8	--		
17	Cu	16,5	0,8	15,5	0,8	4,7	0,2	6,8	0,4	6,5	0,3	1,9	0,1		
18	Zn	178,3	8,9	161,0	8,1	65,4	3,3	59,8	3,0	54,0	2,7	21,9	1,1		
19	Sr	40,6	2,0	36,7	1,8	14,9	0,8	45,0	2,3	40,6	2,0	16,5	0,8		
20	Zr	23,6	1,2	21,3	1,1	8,6	0,4	22,9	1,2	20,6	1,0	8,4	0,4		
21	Cs	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,6	--		
22	Ba	23,1	1,2	20,8	1,1	8,5	0,4	3,6	0,2	3,3	0,2	1,3	0,1		
23	La	3,3	0,2	3,1	0,2	0,9	0,1	24,3	1,2	22,9	1,2	6,9	0,4		
24	Pb	7,8	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	5,4	0,3	4,9	0,3	1,7	0,1		
25	Th	3,2	0,2	2,9	0,2	1,2	0,1	1,7	0,1	1,6	0,1	0,6	--		
26	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,5	0,1	0,5	--		
		<b>BI.05</b>								<b>BI.06</b>					
tr	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ			
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ		
1	Na	141	7	127	6	52	3	140	7	126	6	51	3		
2	Mg	159	8	144	7	51	3	188	9	170	9	61	3		
3	Al	1.666	83	1.499	75	609	30	2.199	110	1.986	99	806	40		
4	Si	4.257	213	4.235	212	1.472	74	5.409	270	5.381	269	1.870	94		
5	P	611	31	552	28	197	10	524	26	473	24	169	8		
6	S	1.255	63	1.133	57	420	21	712	36	643	32	238	12		
7	Cl	227	11	205	10	83	4	806	40	728	36	296	15		
8	K	4.903	245	4.877	244	1.525	76	2.685	134	2.671	134	835	42		
9	Ca	822	41	742	37	275	14	805	40	727	36	269	13		
10	Ti	120,6	6,0	108,8	5,5	34,1	1,7	162,1	8,1	146,3	7,3	45,8	2,3		
11	V	5,7	0,3	5,1	0,3	1,8	0,1	9,2	0,5	8,3	0,4	2,9	0,2		
12	Cr	5,9	0,3	5,5	0,3	2,2	0,1	3,0	0,2	2,8	0,2	1,1	0,1		
13	Mn	60,8	3,0	54,9	2,8	22,3	1,1	56,7	2,8	51,2	2,6	20,8	1,1		
14	Fe	1.032	52	932	47	345	17	953	48	861	43	319	16		
15	Cu	0,7	--	0,6	--	0,2	--	0,3	--	0,3	--	0,1	--		
16	Ni	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--	0,9	0,1	0,8	--	0,3	--		
17	Cu	10,9	0,6	10,3	0,5	3,1	0,2	7,6	0,4	7,2	0,4	2,1	0,1		
18	Zn	159,0	8,0	143,6	7,2	58,3	2,9	81,0	4,1	73,2	3,7	29,7	1,5		
19	Sr	46,8	2,4	42,3	2,1	17,2	0,9	4--	2,0	36,1	1,8	14,7	0,7		
20	Zr	23,1	1,2	20,9	1,1	8,5	0,4	22,0	1,1	19,8	1,0	8,1	0,4		
21	Cs	0,4	--	0,4	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,1	--		
22	Ba	24,7	1,2	22,3	1,1	9,0	0,5	19,2	1,0	17,3	0,9	7,0	0,4		
23	La	1,9	0,1	1,8	0,1	0,5	--	4,0	0,2	3,7	0,2	1,1	0,1		
24	Pb	3,3	0,2	2,9	0,2	1,0	0,1	3,1	0,2	2,8	0,1	1,0	0,1		
25	Th	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--	0,6	--	0,5	--	0,2	--		

26	U	2,2	0,1	2,0	0,1	0,7	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--
#	Nguyên tố	BL07						BL08					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	154	8	139	7	56	3	97	5	88	4	36	2
2	Mg	181	9	164	8	59	3	184	9	166	8	60	3
3	Al	3.210	161	2.899	145	1.177	59	872	44	788	39	320	16
4	Si	4.583	229	4.559	228	1.585	79	3.723	186	3.704	185	1.287	64
5	P	1.226	61	1.107	55	396	20	1.125	56	1.016	51	364	18
6	S	1.070	53	966	48	358	18	1.419	71	1.281	64	475	24
7	Cl	251	13	226	11	92	5	311	16	280	14	114	6
8	K	8.011	401	7.970	398	2.492	125	5.986	299	5.955	298	1.862	93
9	Ca	776	39	701	35	260	13	924	46	834	42	309	15
10	Ti	282,6	14,1	255,2	12,8	79,9	4,0	96,2	4,8	86,9	4,4	27,2	1,4
11	V	7,9	0,4	7,1	0,4	2,5	0,1	5,3	0,3	4,8	0,2	1,7	0,1
12	Cr	5,8	0,3	5,4	0,3	2,1	0,1	3,5	0,2	3,3	0,2	1,3	0,1
13	Mn	50,7	2,5	45,7	2,3	18,6	0,9	38,5	1,9	34,8	1,7	14,1	0,7
14	Fe	3.198	160	2.888	144	1.070	54	1.118	56	1.019	50	374	19
15	Co	1,0	0,1	0,9	0,1	0,3	--	0,8	--	0,7	--	0,2	--
16	Ni	1,3	0,1	1,2	0,1	0,5	--	0,7	--	0,6	--	0,3	--
17	Cu	10,7	0,5	10,1	0,5	3,0	0,2	17,0	0,9	15,0	0,8	4,8	0,3
18	Zn	111	6	101	5	41	2	1384	69	1249	62	507	25
19	Sr	44,6	2,2	40,3	2,0	16,3	0,8	44,4	2,2	4--	2,0	16,3	0,8
20	Zr	20,9	1,1	18,8	1,0	7,7	0,4	25,1	1,3	22,7	1,1	9,2	0,5
21	Cs	0,8	0,1	0,8	--	0,3	--	0,4	--	0,4	--	0,2	--
22	Ba	12,7	0,6	11,5	0,6	4,7	0,2	9,0	0,5	8,1	0,4	3,3	0,2
23	La	2,4	0,1	2,3	0,1	0,7	--	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--
24	Pb	5,3	0,3	4,8	0,3	1,7	0,1	8,3	0,4	7,5	0,4	2,6	0,1
25	Th	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,5	--	0,5	--	0,2	--
26	U	1,4	0,1	1,2	0,1	0,4	--	2,5	0,1	2,2	0,1	0,8	--
#	Nguyên tố	BL09						BL10					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	185	9	167	8	68	3	152	8	137	7	56	3
2	Mg	173	9	156	8	56	3	172	9	155	8	56	3
3	Al	5.277	264	4.764	238	1.935	97	1.910	95	1.724	86	700	35
4	Si	3.804	190	3.784	189	1.316	66	9.508	475	9.460	473	3.288	164
5	P	1.442	72	1.302	65	466	23	862	43	778	39	279	14
6	S	1.512	76	1.366	68	506	25	1.239	62	1.119	56	414	21
7	Cl	806	816	728	36	296	15	362	18	327	16	133	7
8	K	2.685	2.717	2.671	134	835	42	6.105	305	6.074	304	1.899	95
9	Ca	917	46	828	41	307	15	709	35	640	32	237	12
10	Ti	108,4	5,4	97,9	4,9	30,6	1,5	183,4	9,2	165,6	8,3	51,8	2,6
11	V	9,6	0,5	8,7	0,4	3,0	0,2	12,6	0,6	11,3	0,6	4,0	0,2



12	Cr	12,4	0,6	11,6	0,6	4,5	0,2	3,9	0,2	3,7	0,2	1,4	0,1
13	Mn	60,8	3,0	54,9	2,8	22,3	1,1	47,6	2,4	43,0	2,2	17,5	0,9
14	Fe	5.018	251	4.530	227	1.679	84	999	50	902	45	334	17
15	Co	0,8	0,1	0,7	--	0,3	--	0,4	--	0,4	--	0,1	--
16	Ni	2,6	0,1	2,3	0,1	1,0	0,1	1,1	0,1	1,0	0,1	0,4	--
17	Cu	14,2	0,7	13,4	0,7	4,0	0,2	8,9	0,5	8,3	0,4	2,5	0,1
18	Zn	142	7	128	6	52	3	84	4	76	4	31	2
19	Sr	46,6	2,3	42,1	2,1	17,1	0,9	41,6	2,1	37,6	1,9	15,3	0,8
20	Zr	24,0	1,2	21,7	1,1	8,8	0,5	20,9	1,1	18,8	1,0	7,7	0,4
21	Cs	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--	0,5	--	0,4	--	0,2	--
22	Ba	14,7	0,7	13,3	0,7	5,4	0,3	4,3	0,2	3,8	0,2	1,6	0,1
23	La	2,8	0,2	2,7	0,1	0,8	0,1	1,8	0,1	1,7	0,1	0,5	--
24	Pb	6,9	0,4	6,2	0,3	2,2	0,1	3,7	0,2	3,4	0,2	1,2	0,1
25	Th	1,9	0,1	1,7	0,1	0,7	--	0,7	--	0,6	--	0,2	--
26	U	1,3	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,1	0,1	1,0	0,1	0,3	--

BI.11

tr	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	90	5	81	4	33	2
2	Mg	296	15	267	13	96	5
3	Al	1.213	61	1.095	55	445	22
4	Si	5.496	275	5.468	273	1.901	95
5	P	552	28	498	25	178	9
6	S	1.024	51	925	46	343	17
7	Cl	437	22	395	20	160	8
8	K	2.118	106	2.108	105	659	33
9	Ca	991	50	895	45	331	17
10	Ti	85,1	4,3	76,8	3,9	24,1	1,2
11	V	5,4	0,3	4,8	0,3	1,7	0,1
12	Cr	1,4	0,1	1,3	0,1	0,5	--
13	Mn	58,8	2,9	53,1	2,7	21,5	1,1
14	Fe	394	20	356	18	132	7
15	Co	0,2	--	0,2	--	0,1	--
16	Ni	1,2	0,1	1,1	0,1	0,4	--
17	Cu	7,2	0,4	6,8	0,3	2,0	0,1
18	Zn	111	6	101	5	41	2
19	Sr	42,7	2,1	38,5	1,9	15,6	0,8
20	Zr	24,6	1,2	22,2	1,1	9,0	0,5
21	Cs	0,2	--	0,2	--	0,1	--
22	Ba	7,7	0,4	7,0	0,4	2,8	0,2
23	La	1,9	0,1	1,7	0,1	0,5	--
24	Pb	3,2	0,1	2,9	0,1	0,7	--
25	Th	0,2	--	0,2	--	0,1	--
26	U	2,3	0,1	2,1	0,1	0,7	--

## PHỤ LỤC 16

Số liệu phân tích mẫu tại 10 vị trí ở sân bay Long Thành (Đồng Nai) bằng kỹ thuật TXRF

#	Nguyên tố	LT01						LT02					
		Rêu tự nhiên		Chiều 14		Không chiều 14		Rêu tự nhiên		Chiều 14		Không chiều 14	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	3.105	155	1.928	96	525	26	3.005	150	1.867	93	439	22
2	Si	3.357	168	2.112	106	575	29	3.250	162	2.044	102	481	24
3	P	635	32	400	20	109	5	615	31	387	19	91	5
4	S	1.615	81	1.016	51	277	14	1.563	78	983	49	231	12
5	Cl	654	33	412	21	112	6	634	32	398	20	94	5
6	K	888	44	558	28	152	8	859	43	541	27	127	6
7	Ca	819	41	515	26	140	7	793	40	499	25	117	6
8	Ti	323	16	203	10	55	3	313	16	197	10	46	2
9	V	5,28	0,27	3,32	0,18	0,90	0,06	5,11	0,27	3,22	0,17	0,76	0,05
10	Cr	6,06	0,31	3,81	0,20	1,04	0,06	5,87	0,30	3,69	0,19	0,87	0,05
11	Mn	97,97	4,91	61,62	3,09	16,78	0,85	94,83	4,75	59,65	2,99	14,04	0,71
12	Fe	2.980	149	1.874	94	510	26	2.884	144	1.814	91	427	21
13	Co	1,89	0,00	1,19	0,07	0,32	0,03	1,83	0,10	1,15	0,07	0,27	0,02
14	Ni	3,11	0,17	1,96	0,11	0,53	0,04	3,01	0,16	1,89	0,10	0,45	0,03
15	Cu	15,92	0,81	10,01	0,51	2,73	0,15	15,41	0,78	9,69	0,49	2,28	0,12
16	Zn	396	20	249	12	68	3	383	19	241	12	57	3
17	Br	3,29	0,17	2,07	0,11	0,56	0,04	3,19	0,17	2,00	0,11	0,47	0,03
18	Rb	2,79	0,15	1,75	0,10	0,48	0,03	2,70	0,14	1,70	0,09	0,40	0,03
19	Sr	44,14	2,22	27,76	1,40	7,56	0,39	42,72	2,15	26,87	1,35	6,32	0,33
20	Y	7,91	0,41	4,97	0,26	1,35	0,08	7,66	0,39	4,82	0,25	1,13	0,07
21	Ag	58,58	2,94	36,85	1,85	10,03	0,51	56,71	2,85	35,67	1,79	8,39	0,43
22	Sn	87,87	4,40	55,27	2,77	15,05	0,76	85,06	4,26	53,50	2,69	12,59	0,64
23	Sb	0,34	0,03	0,21	0,02	0,06	0,01	0,33	0,03	0,21	0,02	0,05	0,01
24	Ba	43,60	2,19	27,43	1,38	7,47	0,38	42,21	2,12	26,55	1,34	6,25	0,32
25	Pb	3,97	0,21	2,50	0,13	0,68	0,04	3,84	0,20	2,42	0,13	0,57	0,04
#	Nguyên tố	LT03						LT04					
		Rêu tự nhiên		Chiều 14		Không chiều 14		Rêu tự nhiên		Chiều 14		Không chiều 14	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	2.598	130	1.614	81	439	22	2.610	131	1.621	81	441	22
2	Si	2.809	140	1.767	88	481	24	2.822	141	1.775	89	483	24
3	P	532	27	334	17	91	5	534	27	336	17	91	5
4	S	1.351	68	850	43	231	12	1.358	68	854	43	232	12
5	Cl	548	27	344	17	94	5	550	28	346	17	94	5
6	K	743	37	467	23	127	6	746	37	470	23	128	6
7	Ca	685	34	431	22	117	6	689	34	433	22	118	6
8	Ti	270	14	170	9	46	2	272	14	171	9	47	2
9	V	4,12	0,23	2,78	0,15	0,76	0,05	4,44	0,23	2,79	0,15	0,76	0,05
10	Cr	5,07	0,26	3,19	0,17	0,87	0,05	5,10	0,26	3,20	0,17	0,87	0,05
11	Mn	81,98	4,11	51,56	2,59	14,04	0,71	82,37	4,13	51,81	2,60	14,10	0,72
12	Fe	2.493	125	1.568	78	427	21	2.505	125	1.576	79	429	21
13	Co	1,58	0,09	0,99	0,06	0,27	0,02	1,59	0,09	1,00	0,06	0,27	0,02
14	Ni	2,60	0,14	1,64	0,09	0,45	0,03	2,62	0,14	1,65	0,09	0,45	0,03
15	Cu	13,32	0,68	8,38	0,43	2,28	0,12	13,38	0,68	8,42	0,43	2,29	0,12
16	Zn	331	17	208	10	57	3	333	17	209	10	57	3



17	Br	2,76	0,15	1,73	0,10	0,47	0,03	2,77	0,15	1,74	0,10	0,47	0,03
18	Rb	2,33	0,13	1,47	0,08	0,40	0,03	2,34	0,13	1,47	0,08	0,40	0,03
19	Sr	36,93	1,86	23,23	1,17	6,32	0,33	37,11	1,87	23,34	1,18	6,35	0,33
20	Y	6,62	0,34	4,16	0,22	1,13	0,07	6,65	0,34	4,18	0,22	1,14	0,07
21	Ag	49,02	2,46	30,83	1,55	8,39	0,43	49,25	2,47	30,98	1,56	8,43	0,43
22	Sn	73,53	3,69	46,25	2,32	12,59	0,64	73,88	3,70	46,47	2,33	12,65	0,64
23	Sb	0,28	0,02	0,18	0,02	0,05	0,01	0,29	0,02	0,18	0,02	0,05	0,01
24	Ba	36,48	1,83	22,95	1,16	6,25	0,32	36,66	1,84	23,06	1,16	6,28	0,32
25	Pb	3,32	0,18	2,09	0,11	0,57	0,04	3,34	0,18	2,10	0,11	0,57	0,04
		<b>LT05</b>						<b>LT06</b>					
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Al	2.333	117	1.449	72	394	20	2.355	118	1.463	73	398	20
2	Si	2.522	126	1.586	79	432	22	2.547	127	1.602	80	436	22
3	P	477	24	300	15	82	4	482	24	303	15	83	4
4	S	1.213	61	763	38	208	10	1.225	61	771	39	210	10
5	Cl	492	25	309	15	84	4	497	25	312	16	85	4
6	K	667	33	420	21	114	6	674	34	424	21	115	6
7	Cu	615	31	387	19	105	5	621	31	391	20	106	5
8	Ti	243	12	153	8	42	2	245	12	154	8	42	2
9	V	3,97	0,21	2,50	0,13	0,68	0,04	4,01	0,21	2,52	0,14	0,69	0,04
10	Cr	4,55	0,24	2,86	0,15	0,78	0,05	4,60	0,24	2,89	0,15	0,79	0,05
11	Mn	73,61	3,69	46,30	2,32	12,60	0,64	74,33	3,73	46,75	2,35	12,73	0,65
12	Fe	2.239	112	1.408	70	383	19	2.260	113	1.422	71	387	19
13	Co	1,42	0,08	0,89	0,05	0,24	0,02	1,43	0,08	0,90	0,06	0,25	0,02
14	Ni	2,34	0,13	1,47	0,08	0,40	0,03	2,36	0,13	1,48	0,08	0,40	0,03
15	Cu	11,96	0,61	7,52	0,39	2,05	0,11	12,08	0,61	7,60	0,39	2,07	0,11
16	Zn	297	15	187	9	51	3	300	15	189	9	51	3
17	Br	2,47	0,13	1,56	0,09	0,42	0,03	2,50	0,13	1,57	0,09	0,43	0,03
18	Rb	2,09	0,11	1,32	0,08	0,36	0,03	2,11	0,12	1,33	0,08	0,36	0,03
19	Sr	33,16	1,67	20,86	1,05	5,68	0,29	33,49	1,68	21,06	1,06	5,73	0,30
20	Y	5,94	0,31	3,74	0,20	1,02	0,06	6,00	0,31	3,77	0,20	1,03	0,06
21	Ag	44,01	2,21	27,68	1,39	7,54	0,39	44,44	2,23	27,95	1,41	7,61	0,39
22	Sn	66,02	3,34	41,53	2,09	11,30	0,58	66,66	3,34	41,93	2,11	11,41	0,58
23	Sb	0,26	0,02	0,16	0,02	0,04	0,01	0,26	0,02	0,16	0,02	0,04	0,01
24	Ba	32,76	1,65	20,61	1,04	5,61	0,29	33,08	1,66	20,81	1,05	5,66	0,29
25	Pb	2,98	0,16	1,88	0,10	0,51	0,04	3,01	0,16	1,89	0,10	0,52	0,04
		<b>LT07</b>						<b>LT08</b>					
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Al	2.491	125	1.547	77	421	21	2.080	104	1.292	65	352	18
2	Si	2.694	135	1.694	85	461	23	2.248	112	1.414	71	385	19
3	P	510	25	321	16	87	4	426	21	268	13	73	4
4	S	1.296	65	815	41	222	11	1.082	54	680	34	185	9
5	Cl	525	26	330	17	90	5	438	22	276	14	75	4
6	K	712	36	448	22	122	6	595	30	374	19	102	5
7	Cu	657	33	413	21	113	6	549	27	345	17	94	5
8	Ti	259	13	163	8	44	2	216	11	136	7	37	2
9	V	4,24	0,22	2,67	0,14	0,73	0,05	3,54	0,19	2,23	0,12	0,61	0,04
10	Cr	4,86	0,25	3,06	0,16	0,83	0,05	4,06	0,21	2,55	0,14	0,69	0,04

11	Mn	78,61	3,94	49,45	2,48	13,46	0,68	65,62	3,29	41,27	2,07	11,24	0,57
12	Fe	2,391	120	1,504	75	409	20	1,996	100	1,255	63	342	17
13	Co	1,52	0,09	0,95	0,06	0,26	0,02	1,27	0,07	0,80	0,05	0,22	0,02
14	Ni	2,50	0,13	1,57	0,09	0,43	0,03	2,08	0,11	1,31	0,08	0,36	0,03
15	Cu	12,77	0,65	8,03	0,41	2,19	0,12	10,66	0,54	6,71	0,35	1,83	0,10
16	Zn	318	16	200	10	54	3	265	13	167	8	45	2
17	Br	2,64	0,14	1,66	0,09	0,45	0,03	2,21	0,12	1,39	0,08	0,38	0,03
18	Rb	2,24	0,12	1,41	0,08	0,38	0,03	1,87	0,10	1,17	0,07	0,32	0,03
19	Sr	35,42	1,78	22,28	1,12	6,06	0,31	29,56	1,49	18,59	0,94	5,06	0,26
20	Y	6,35	0,33	3,99	0,21	1,09	0,06	5,30	0,27	3,33	0,18	0,91	0,06
21	Ag	47,00	2,36	29,57	1,49	8,05	0,41	39,24	1,97	24,68	1,24	6,72	0,35
22	Sn	70,51	3,54	44,35	2,23	12,07	0,61	58,85	2,95	37,02	1,86	10,08	0,51
23	Sb	0,27	0,02	0,17	0,02	0,05	0,01	0,23	0,02	0,14	0,02	0,04	0,01
24	Ba	34,99	1,76	22,01	1,11	5,99	0,31	29,20	1,47	18,37	0,93	5,00	0,26
25	Pb	3,18	0,17	2,00	0,11	0,55	0,04	2,66	0,14	1,67	0,09	0,46	0,03
		<b>I/T09</b>						<b>I/T10</b>					
#	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Al	2.327	116	1.445	72	393	20	2.038	101	1.253	63	341	17
2	Si	2.516	126	1.582	79	431	22	2.182	109	1.372	69	374	19
3	P	476	24	299	15	82	4	413	21	260	13	71	4
4	S	1.210	61	761	38	207	10	1.050	52	660	33	180	9
5	Cl	490	496	309	15	84	4	425	21	268	13	73	4
6	K	665	673	419	21	114	6	577	29	363	18	99	5
7	Ca	614	31	386	19	105	5	532	27	335	17	91	5
8	Ti	242	12	152	8	41	2	210	11	132	7	36	2
9	V	3,96	0,21	2,49	0,13	0,68	0,04	3,43	0,18	2,16	0,12	0,59	0,04
10	Cr	4,54	0,24	2,86	0,15	0,78	0,05	3,94	0,21	2,48	0,13	0,67	0,04
11	Mn	73,42	3,68	46,18	2,32	12,57	0,64	63,68	3,19	40,05	2,01	10,90	0,56
12	Fe	2.233	112	1.405	70	382	19	1.937	97	1.218	61	332	17
13	Co	1,42	0,08	0,89	0,05	0,24	0,02	1,23	0,07	0,77	0,05	0,21	0,02
14	Ni	2,33	0,13	1,47	0,08	0,40	0,03	2,02	0,11	1,27	0,07	0,35	0,03
15	Cu	11,93	0,61	7,50	0,39	2,04	0,11	10,35	0,53	6,51	0,34	1,77	0,10
16	Zn	297	15	187	9	51	3	257	13	162	8	44	2
17	Br	2,47	0,13	1,55	0,09	0,42	0,03	2,14	0,12	1,35	0,08	0,37	0,03
18	Rb	2,09	0,11	1,31	0,08	0,36	0,03	1,81	0,10	1,14	0,07	0,31	0,03
19	Sr	33,08	1,66	20,81	1,05	5,66	0,29	28,69	1,44	18,05	0,91	4,91	0,26
20	Y	5,93	0,31	3,73	0,20	1,01	0,06	5,14	0,27	3,23	0,17	0,88	0,05
21	Ag	43,90	2,21	27,61	1,39	7,52	0,39	38,08	1,91	23,95	1,21	6,52	0,34
22	Sn	65,85	3,30	41,42	2,08	11,28	0,57	57,11	2,87	35,93	1,81	9,78	0,50
23	Sb	0,25	0,02	0,16	0,02	0,04	0,01	0,22	0,02	0,14	0,02	0,04	0,01
24	Ba	32,68	1,64	20,55	1,04	5,60	0,29	28,34	1,43	17,83	0,90	4,85	0,25
25	Pb	2,97	0,16	1,87	0,10	0,51	0,04	2,58	0,14	1,62	0,09	0,44	0,03



## PHỤ LỤC 17

Số liệu phân tích mẫu tại 10 vị trí ở sâu hay Long Thành (Đồng Nai) bằng kỹ thuật NAA

#	Nguyên tố	LT01						LT02					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	342	17	212	11	62	3	331	17	206	10	60	3
2	Mg	187	9	118	6	34	2	181	9	114	6	33	2
3	Cl	643	32	399	20	117	6	622	31	392	20	114	6
4	K	860	43	541	27	158	8	832	42	524	26	153	8
5	Sc	2,2	0,1	1,4	0,1	0,4	--	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--
6	V	5,1	0,3	3,2	0,2	0,9	0,1	4,9	0,3	3,1	0,2	0,9	0,1
7	Cr	6,0	0,3	3,7	0,2	1,1	0,1	5,8	0,3	3,6	0,2	1,1	0,1
8	Mn	100	5	63	3	18	1	97	5	61	3	18	1
9	Fe	2.897	145	1.799	90	526	26	2.804	140	1.764	88	515	26
10	Co	1,7	0,1	1,0	0,1	0,3	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--
11	Zn	390	19	242	12	71	4	377	19	237	12	69	3
12	As	8,9	0,5	5,6	0,3	1,6	0,1	8,6	0,4	5,4	0,3	1,6	0,1
13	Se	0,6	--	0,4	--	0,1	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
14	Br	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--	3,1	0,2	1,9	0,1	0,6	--
15	Rb	2,8	0,2	1,7	0,1	0,5	--	2,7	0,1	1,7	0,1	0,5	--
16	Sb	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
17	I	5,8	--	3,6	0,2	1,1	0,1	5,6	0,3	3,5	0,2	1,0	0,1
18	Cs	4,3	0,2	2,7	0,1	0,8	--	4,2	0,2	2,6	0,1	0,8	--
19	La	20,2	1,0	12,5	0,6	3,7	0,2	19,5	1,0	12,3	0,6	3,6	0,2
20	Ce	15,2	0,8	9,6	0,5	2,8	0,1	14,7	0,7	9,3	0,5	2,7	0,1
21	Sm	4,2	0,2	2,6	0,1	0,8	--	4,1	0,2	2,6	0,1	0,8	--
22	Eu	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	--	2,3	0,1	1,5	0,1	0,4	--
23	Th	1,3	0,1	0,8	0,1	0,2	--	1,3	0,1	0,8	--	0,2	--
24	Dy	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--	2,0	0,1	1,3	0,1	0,4	--
25	Yb	0,9	0,1	0,6	--	0,2	--	0,9	0,1	0,5	--	0,2	--
26	Hf	0,8	0,1	0,5	--	0,1	--	0,8	--	0,5	--	0,1	--
27	Ta	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--
28	Th	3,4	0,2	2,1	0,1	0,6	--	3,3	0,2	2,1	0,1	0,6	--
29	U	0,7	--	0,4	--	0,1	--	0,7	--	0,4	--	0,1	--
#	Nguyên tố	LT03						LT04					
		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	320	16	199	10	58	3	322	16	200	10	58	3
2	Mg	175	9	110	6	32	2	176	9	111	6	32	2
3	Cl	603	30	379	19	111	6	605	30	381	19	111	6
4	K	806	40	507	25	148	7	810	40	509	25	149	7
5	Sc	2,0	0,1	1,3	0,1	0,4	--	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--
6	V	4,8	0,2	3,0	0,2	0,9	0,1	4,8	0,3	3,0	0,2	0,9	0,1

7	Cr	5,6	0,3	3,5	0,2	1,0	0,1	5,6	0,3	3,5	0,2	1,0	0,1
8	Mn	94	5	59	3	17	1	94	5	59	3	17	1
9	Fe	2.715	136	1.707	85	499	25	2.728	136	1.716	86	501	25
10	Co	1,5	0,1	1,0	0,1	0,3	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--
11	Zn	365	18	230	11	67	3	367	18	231	12	67	3
12	As	8,3	0,4	5,2	0,3	1,5	0,1	8,4	0,4	5,3	0,3	1,5	0,1
13	Se	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	3,0	0,2	1,9	0,1	0,5	--	3,0	0,2	1,9	0,1	0,6	--
15	Rb	2,6	0,1	1,7	0,1	0,5	--	2,6	0,1	1,7	0,1	0,5	--
16	Sb	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
17	I	5,4	0,3	3,4	0,2	1,0	0,1	5,5	0,3	3,4	0,2	1,0	0,1
18	Cs	4,0	0,2	2,5	0,1	0,7	--	4,0	0,2	2,5	0,1	0,7	--
19	La	18,9	1,0	11,9	0,6	3,5	0,2	19,0	1,0	11,9	0,6	3,5	0,2
20	Ce	14,2	0,7	9,0	0,5	2,6	0,1	14,3	0,7	9,0	0,5	2,6	0,1
21	Sm	4,0	0,2	2,5	0,1	0,7	--	4,0	0,2	2,5	0,1	0,7	--
22	Eu	2,2	0,1	1,4	0,1	0,4	--	2,3	0,1	1,4	0,1	0,4	--
23	Th	1,2	0,1	0,8	--	0,2	--	1,2	0,1	0,8	--	0,2	--
24	Dy	2,0	0,1	1,2	0,1	0,4	--	2,0	0,1	1,2	0,1	0,4	--
25	Yb	0,8	0,1	0,5	--	0,2	--	0,8	0,1	0,5	--	0,2	--
26	Hf	0,7	--	0,5	--	0,1	--	0,8	--	0,5	--	0,1	--
27	Ta	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--
28	Tb	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--
29	Li	0,7	--	0,4	--	0,1	--	0,7	--	0,4	--	0,1	--
		<b>L105</b>						<b>L106</b>					
N	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ		Rêu tự nhiên		Chiều xạ		Không chiều xạ	
		ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ	ppm	±Δ
1	Nu	288	14	179	9	52	3	257	13	160	8	47	2
2	Mg	137	8	99	5	29	1	141	7	88	4	26	1
3	Cl	541	27	340	17	99	5	483	24	304	15	89	4
4	K	724	36	455	23	133	7	647	32	407	20	119	6
5	Sc	1,8	0,1	1,2	0,1	0,3	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--
6	V	4,3	0,2	2,7	0,1	0,8	--	3,8	0,2	2,4	0,1	0,7	--
7	Cr	5,0	0,3	3,2	0,2	0,9	0,1	4,5	0,2	2,8	0,2	0,8	0,1
8	Mn	84	4	53	3	15	1	75	4	47	2	14	1
9	Fe	2.437	122	1.533	77	448	22	2.178	109	1.370	69	400	20
10	Co	1,4	0,1	0,9	0,1	0,3	--	1,2	0,1	0,8	--	0,2	--
11	Zn	328	16	206	10	60	3	293	15	184	9	54	3
12	As	7,5	0,4	4,7	0,2	1,4	0,1	6,7	0,3	4,2	0,2	1,2	0,1
13	Se	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	2,7	0,1	1,7	0,1	0,5	--	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	--
15	Rb	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	--	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--
16	Sb	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--
17	I	4,9	0,3	3,1	0,2	0,9	0,1	4,4	0,2	2,7	0,1	0,8	0,1
18	Cs	3,6	0,2	2,3	0,1	0,7	--	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--



19	La	17,0	0,9	10,7	0,5	3,1	0,2	15,1	0,8	9,5	0,5	2,8	0,1
20	Ce	12,8	0,6	8,0	0,4	2,4	0,1	11,4	0,6	7,2	0,4	2,1	0,1
21	Sm	3,6	0,2	2,2	0,1	0,7	--	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--
22	Eu	2,0	0,1	1,3	0,1	0,4	--	1,8	0,1	1,1	0,1	0,3	--
23	Tb	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--	1,0	0,1	0,6	--	0,2	--
24	Dy	1,8	0,1	1,1	0,1	0,3	--	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--
25	Yb	0,8	--	0,5	--	0,1	--	0,7	--	0,4	--	0,1	--
26	Hf	0,7	0,1	0,4	--	0,1	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
27	Ta	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
28	Tb	2,9	0,2	1,8	0,1	0,5	--	2,6	0,1	1,6	0,1	0,5	--
29	U	0,6	--	0,4	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
α	LT07							LT08					
	Nguyên tố	Rêu tự nhiên		Chiến xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiến xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	260	13	161	8	47	2	240	12	149	7	44	2
2	Mg	142	7	89	4	26	1	131	7	83	4	24	1
3	Cl	488	24	307	15	90	4	452	23	284	14	83	4
4	K	653	33	411	21	120	6	604	30	380	19	111	6
5	Sc	1,7	0,1	1,0	0,1	0,3	--	1,5	0,1	1,0	0,1	0,3	--
6	V	3,9	0,2	2,4	0,1	0,7	--	3,6	0,2	2,3	0,1	0,7	--
7	Cr	4,5	0,2	2,9	0,2	0,8	0,1	4,2	0,2	2,6	0,1	0,8	--
8	Mn	76	4	48	2	14	1	70	4	44	2	13	1
9	Fe	2.199	110	1.383	69	404	20	2.034	102	1.280	64	374	19
10	Co	1,3	0,1	0,8	--	0,2	--	1,2	0,1	0,7	--	0,2	--
11	Zn	296	15	186	9	54	3	274	14	172	9	50	3
12	As	6,8	0,3	4,3	0,2	1,2	0,1	6,2	0,3	3,9	0,2	1,1	0,1
13	Se	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
14	Br	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	--	2,2	0,1	1,4	0,1	0,4	--
15	Rb	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--	2,0	0,1	1,2	0,1	0,4	--
16	Sb	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--
17	I	4,4	0,2	2,8	0,1	0,8	0,1	4,1	0,2	2,6	0,1	0,7	--
18	Cs	3,3	0,2	2,1	0,1	0,6	--	3,0	0,2	1,9	0,1	0,6	--
19	La	15,3	0,8	9,6	0,5	2,8	0,2	14,1	0,7	8,9	0,5	2,6	0,1
20	Ce	11,5	0,6	7,3	0,4	2,1	0,1	10,7	0,5	6,7	0,3	2,0	0,1
21	Sm	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--	3,0	0,2	1,9	0,1	0,5	--
22	Eu	1,8	0,1	1,1	0,1	0,3	--	1,7	0,1	1,1	0,1	0,3	--
23	Tb	1,0	0,1	0,6	--	0,2	--	0,9	0,1	0,6	--	0,2	--
24	Dy	1,6	0,1	1,0	0,1	0,3	--	1,5	0,1	0,9	0,1	0,3	--
25	Yb	0,7	--	0,4	--	0,1	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--

26	Hf	0,6	--	0,4	--	0,1	--	0,6	--	0,4	--	0,1	--
27	Ta	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
28	Th	2,6	0,1	1,6	0,1	0,5	--	2,4	0,1	1,5	0,1	0,4	--
29	U	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
n	L.T09							L.T10					
	Nguyên tử	Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ		Rêu tự nhiên		Chiếu xạ		Không chiếu xạ	
		ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ	ppm	± Δ
1	Na	208	10	129	6	38	2	181	9	112	6	33	2
2	Mg	114	6	72	4	21	1	99	5	62	3	18	1
3	Cl	392	20	246	12	72	4	340	17	214	11	62	3
4	K	524	26	329	16	96	5	454	23	286	14	83	4
5	Sc	1,3	0,1	0,8	0,1	0,2	--	1,2	0,1	0,7	--	0,2	--
6	V	3,1	3,1	2,0	0,1	0,6	--	2,7	0,1	1,7	0,1	0,5	--
7	Cr	3,6	3,7	2,3	0,1	0,7	--	3,2	0,2	2,0	0,1	0,6	--
8	Mn	61	62	38	2	11	1	53	3	33	2	10	0
9	Fe	1.764	88	1.110	55	324	16	1.530	77	962	48	281	14
10	Co	1,0	0,1	0,6	--	0,2	--	0,9	0,1	0,5	--	0,2	--
11	Zn	237	12	149	7	44	2	206	10	129	6	38	2
12	As	5,4	0,3	3,4	0,2	1,0	0,1	4,7	0,2	3,0	0,2	0,9	0,1
13	Se	0,4	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	0,1	--
14	Br	1,9	0,1	1,2	0,1	0,4	--	1,7	0,1	1,1	0,1	0,3	--
15	Rb	1,7	0,1	1,1	0,1	0,3	--	1,5	0,1	0,9	0,1	0,3	--
16	Sb	0,3	--	0,2	--	0,1	--	0,3	--	0,2	--	--	--
17	I	3,5	0,2	2,2	0,1	0,6	--	3,1	0,2	1,9	0,1	0,6	--
18	Cs	2,6	0,1	1,6	0,1	0,5	--	2,3	0,1	1,4	0,1	0,4	--
19	La	12,3	0,6	7,7	0,4	2,3	0,1	10,6	0,5	6,7	0,3	2,0	0,1
20	Ce	9,3	0,5	5,8	0,3	1,7	0,1	8,0	0,4	5,1	0,3	1,5	0,1
21	Sm	2,6	0,1	1,6	0,1	0,5	--	2,2	0,1	1,4	0,1	0,4	--
22	Eu	1,5	0,1	0,9	0,1	0,3	--	1,3	0,1	0,8	--	0,2	--
23	Tb	0,8	--	0,5	--	0,1	--	0,7	--	0,4	--	0,1	--
24	Dy	1,3	0,1	0,8	0,1	0,2	--	1,1	0,1	0,7	--	0,2	--
25	Yb	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,5	--	0,3	--	0,1	--
26	Hf	0,5	--	0,3	--	0,1	--	0,4	--	0,3	--	0,1	--
27	Ta	0,2	--	0,2	--	--	--	0,2	--	0,1	--	--	--
28	Th	2,1	0,1	1,3	0,1	0,4	--	1,8	0,1	1,1	0,1	0,3	--
29	U	0,4	--	0,3	--	0,1	--	0,4	--	0,2	--	0,1	--