

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

---

**Hán Thị Ngân**

**NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN MƯA AXIT TRÊN LÃNH THỔ**  
**VIỆT NAM THÔNG QUA SỐ LIỆU QUAN TRẮC NƯỚC**  
**MƯA TỪ NĂM 2005-2015**

Chuyên ngành: Khoa học môi trường

Mã số: 9440301.01

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC MÔI TRƯỜNG**

**Hà Nội - 2020**

**Công trình được hoàn thành tại:**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN, ĐHQGHN**

Người hướng dẫn khoa học: GS.TS. Hoàng Xuân Cơ

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm  
luận án tiến sĩ họp tại ....., ĐHQGHN  
vào hồi            giờ            ngày            tháng            năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam;
- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Nước mưa là kết quả của quá trình bay hơi nước trên toàn hành tinh, trong đó nguồn bay hơi chính là nước biển và đại dương. Trong tự nhiên, sự bay hơi của nước biển ảnh hưởng sâu vào lục địa tới hàng nghìn km và quá trình di chuyển hơi nước từ biển vào đất liền tạo mưa trong lục địa. Trong quá trình vận chuyển hơi nước vào đất liền, các phần khí và gió tiếp nhận bụi trong lục địa, khí tự nhiên, hoặc khí có nguồn gốc công nghiệp đã làm thay đổi thành phần hóa học trong nước mưa.

Mưa axit là một trong những hậu quả của ô nhiễm môi trường. Nghiên cứu diễn biến tính axit của nước mưa trong nhiều năm sẽ là căn cứ quan trọng để đánh giá chất lượng môi trường không khí. Nghiên cứu thành phần hóa học trong nước mưa sẽ đánh giá được những thành phần vật chất trong khí quyển mà nước mưa hòa tan mang theo nó trong quá trình di chuyển đến bề mặt trái đất. Nghiên cứu các thành phần hóa học và sự tương tác giữa các thành phần hóa học trong nước mưa sẽ giúp chúng ta hiểu rõ hơn về chất lượng không khí. Trong mỗi điều kiện môi trường, sự tương quan giữa các ion trong thành phần hóa học của nước mưa, sự chuyển hóa hay tương tác giữa các thành phần hóa học trong nước mưa khá phức tạp do có nhiều hỗn hợp chất tham gia vào quá trình mưa.

Trong bối cảnh các vấn đề môi trường ngày càng trở lên khó giải quyết và những diễn biến càng trở nên phức tạp, những nghiên cứu về diễn biến mưa axit sẽ góp phần đánh giá rõ ràng hơn sự thay đổi của môi trường. Nghiên cứu diễn biến mưa axit có thể mở ra nhiều hướng nghiên cứu nhằm xác định, đánh giá chất lượng môi trường

không khí, môi trường nước, môi trường đất và đặc biệt trong bối cảnh hiện nay, chất lượng môi trường đã và đang tác động không nhỏ đến đời sống kinh tế xã hội từ thành thị tới nông thôn, chất lượng môi trường luôn được mọi tầng lớp người dân quan tâm. Trên cơ sở đó, NCS đã thực hiện luận án với đề tài là ***“Nghiên cứu diễn biến mưa axit trên lãnh thổ Việt Nam thông qua số liệu quan trắc nước mưa từ năm 2005-2015”***.

## **2. Mục đích và nhiệm vụ nghiên cứu**

*Mục đích:* Đánh giá được một số khía cạnh của diễn biến mưa axit trên lãnh thổ Việt Nam dựa trên các số liệu quan trắc trong giai đoạn 2005 - 2015.

*Nhiệm vụ nghiên cứu:* Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, luận án thực hiện các nhiệm vụ cụ thể sau:

- Thu thập số liệu quan trắc nước mưa.
- Nghiên cứu tổng quan tài liệu, cơ sở lý luận đánh giá diễn biến mưa axit ở Việt Nam.
- Đánh giá diễn biến mưa axit theo độ pH.
- Nghiên cứu thành phần các ion trong nước mưa.
- Phân tích mối quan hệ giữa các ion.
- Xác định khả năng trung hòa axit trong nước mưa
- Đề xuất giải pháp ứng phó với lắng đọng axit trong nước mưa và tình trạng ô nhiễm môi trường không khí

## **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu của luận án: Đánh giá diễn biến mưa axit dựa trên kết quả phân tích mẫu nước mưa.
- Phạm vi nghiên cứu theo không gian: Kết quả quan trắc tại 23 trạm quan trắc chất lượng nước mưa phân bố trên phạm vi cả nước thuộc Tổng cục Khí tượng Thủy văn quản lý.

- Phạm vi nghiên cứu theo thời gian: Mục tiêu ban đầu là đánh giá dựa trên số liệu quan trắc từ năm 2005 -2015, trong quá trình nghiên cứu NCS đã bổ sung, cập nhật dữ liệu đến năm 2018.
- Phạm vi khoa học: Những đánh giá diễn biến mưa axit mang tính đánh giá tại chỗ dựa theo những kết quả đo được từ mẫu nước mưa được lấy tại trạm. Kết quả nghiên cứu phục vụ theo dõi đánh giá diễn biến mang tính “điều tra cơ bản”, diễn biến mưa axit được đánh giá trong phạm vi số liệu cho phép.

#### **4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

Việc đánh giá phân bố và xu thế mưa axit trên toàn lãnh thổ, sử dụng chuỗi số liệu cùng quy trình quản lý quan trắc đồng bộ trong nhiều năm đưa ra được bức tranh tổng thể về hiện trạng mưa axit ở Việt Nam.

Hiện nay, việc đánh giá hệ số trung hòa axit trong nước mưa còn khá mới mẻ trong các nghiên cứu về lắng đọng axit ở Việt Nam. Nếu không tính đến hệ số trung hòa, chỉ tính theo chỉ số pH để đánh giá tình hình mưa axit thì khó giải thích hiện tượng nồng độ  $H^+$  tăng trong khi phát thải các chất ô nhiễm không khí có thể dẫn tới mưa axit gia tăng, đặc biệt là phát thải  $SO_2$  và  $NO_x$ . Việc tính toán hệ số trung hòa đã bước đầu cho câu trả lời giải thích được vấn đề này.

Kết quả nghiên cứu tính toán có được trong luận án, với bức tranh tổng thể và sự biện luận về **diễn biến mưa axit** trong thời gian qua sẽ là tài liệu tham khảo quan trọng cho các nhà quản lý, các nhà khoa học và những đề tài nghiên cứu sau này.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học cho việc quy hoạch, bổ sung các trạm quan trắc chất lượng môi trường không khí.

Những giải pháp mà luận án đưa ra giúp các nhà quản lý, các chuyên gia trong lĩnh vực môi trường tham khảo nhằm có những quyết sách hay tham mưu các giải pháp tối ưu trong công tác bảo vệ môi trường nói chung, giảm tác động mưa axit nói riêng.

### **5. Những đóng góp mới của Luận án**

Nghiên cứu đã chỉ ra được xu thế về nồng độ và lắng đọng  $H^+$  trong nước mưa (xu thế mưa axit) tại Việt Nam và xu thế của nồng độ, lắng đọng các ion khác tại Việt Nam. Nghiên cứu cũng đã cho thấy sự tương đồng giữa xu thế của nồng độ và xu thế của lắng đọng các ion.

Nghiên cứu cũng đã chỉ ra được sự tương quan giữa các ion trong nước mưa; Xác định được khả năng trung hòa axit đối với các ion trong nước mưa và giải thích được xu thế pH trong nước mưa không giảm trong khi tình trạng ô nhiễm môi trường không khí gia tăng.

### **6. Luận điểm bảo vệ**

Xu thế nồng độ và xu thế lắng đọng của các ion cùng với xu thế pH trong nước mưa và mối quan hệ, tương quan của chúng phản ánh được tính chất diễn biến mưa axit.

Khả năng trung hòa axit trong nước mưa được giải thích cho xu thế pH trong nước mưa không giảm trong khi tình trạng ô nhiễm môi trường không khí gia tăng.

### **7. Cấu trúc luận án**

Luận án được trình bày trong 149 trang A4 với 19 bảng số liệu; 33 hình, các bản đồ, sơ đồ. Luận án gồm 3 chương chính, ngoài phần mở đầu, kết luận, danh mục các tài liệu tham khảo và phụ lục. Các chương chính của luận án bao gồm:

Chương 1: Tổng quan về mưa axit

Chương 2: Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

Chương 3: Kết quả nghiên cứu

## CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN

### 1.1. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ MƯA AXIT

#### *1.1.1. Khái niệm mưa axit*

Mưa axit còn được gọi là kết tủa axit hoặc lắng đọng axit, mưa axit được hình thành chủ yếu từ sự phát thải  $\text{SO}_2$  và  $\text{NO}_x$  từ các hoạt động của con người, chủ yếu là từ đốt cháy nguyên liệu hóa thạch. Mưa axit được coi là một trong những yếu tố nguy hiểm nhất của ô nhiễm cục bộ.

Để xác định tính axit, giá trị pH thường được sử dụng như một thước đo. Khi độ pH bằng 7 thì được coi là trung tính. Khi  $\text{pH} > 7$  hay  $\text{pH} < 7$  thì được coi là bazơ hay axit tương ứng. Tuy nhiên, trong khí quyển luôn có mặt khí cacbonic ( $\text{CO}_2$ ) nên giá trị trung tính của nước mưa trong khí quyển thường được lấy ở  $\text{pH} = 5.6$ .

#### *1.1.2. Cơ chế hình thành mưa axit*

Hai tác nhân chính gây ra mưa axit là sunfua dioxit ( $\text{SO}_2$ ) và Nitơ oxit ( $\text{NO}_x$ ).  $\text{SO}_2$  là một chất khí không màu, nặng hơn không khí, là sản phẩm phụ của quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch có chứa lưu huỳnh. Ngoài ra  $\text{SO}_2$  cũng được sinh ra do các hoạt động của núi lửa, sự thối rữa của một số loài động thực vật và từ các phương tiện giao thông.

Nitơ oxit bao gồm các dạng như  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ...  $\text{NO}_x$  được hình thành do các hoạt động nhân tạo như giao thông, công nghiệp, nông nghiệp. Ngoài ra  $\text{NO}_x$  cũng được sinh ra từ một số các nguồn tự nhiên như: các hoạt động của vi khuẩn trong đất, cháy rừng, hoạt động của núi lửa, sét.

Các khí thải từ quá trình đốt cháy nguyên liệu như  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  phản ứng với các phân tử nước trong khí quyển để tạo thành axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  và  $\text{HNO}_3$  tương ứng.

### ***1.1.3. Nguyên nhân gây mưa axit***

Tác nhân gây ra những biến đổi nghiêm trọng thành phần hóa học trong nước mưa là do các hoạt động của con người phát thải quá mức các chất ô nhiễm ra môi trường không khí.

### ***1.1.4. Một số tác hại của mưa axit***

Mưa axit cũng ảnh hưởng đến sức khỏe con người, những báo cáo cho thấy mưa axit có ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến sức khỏe con người như những kích ứng cho da và mắt, hay biểu hiện rối loạn tim và phổi, hay hen suyễn và viêm phế quản. Mưa axit ảnh hưởng gián tiếp đến sức khỏe con người thông qua chuỗi thức ăn đặc biệt là kim loại nặng.

### ***1.1.5. Một số lợi ích của mưa axit***

Những tác hại của mưa axit đến môi trường, đến đời sống sản xuất hay cả sức khỏe của con người là không thể phủ nhận, bên cạnh đó theo quy luật cân bằng, những mặt có lợi của mưa axit cũng tồn tại nhưng ít được nhận thấy. Trong phạm vi nghiên cứu này, tác giả chỉ muốn đưa ra để nhận thức vấn đề và định hướng nghiên cứu sâu hơn trong những nghiên cứu tiếp theo.

## **1.2. CÁC NGHIÊN CỨU VỀ MƯA AXIT TRÊN THẾ GIỚI**

Trải qua hơn 100 năm, các nhà khoa học trên thế giới đã tích lũy khá nhiều nghiên cứu về mưa axit, tuy nhiên, những diễn biến thay đổi của nó theo thời gian vẫn là những mối quan tâm của những thế hệ các nhà nghiên cứu. Theo thời gian những nghiên cứu về mưa axit được chia thành nhiều nhóm nghiên cứu khác nhau như: Các nghiên cứu về chính sách cho mưa axit và ô



nhiễm không khí; các nghiên cứu ảnh hưởng của mưa axit tới hệ sinh thái; các nghiên cứu về thành phần các ion trong nước mưa nhằm xác định nguồn gốc các ion trong nước mưa; các nghiên cứu về xu thế các ion trong nước mưa bao gồm xu thế về nồng độ và xu thế lắng đọng; các nghiên cứu về khả năng trung hòa axit trong nước mưa ....

### **1.3. CÁC NGHIÊN CỨU VỀ MƯA AXIT Ở VIỆT NAM**

Với các nghiên cứu trên thế giới và trong nước có thể thấy đến hiện tại ở trong nước chưa có nhiều nghiên cứu về mưa axit, lắng đọng axit. Các nghiên cứu tại Việt Nam hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu về xu thế lắng đọng ướt; chưa chỉ ra khả năng trung hòa của các cation khác nhau trong nước mưa (các nghiên cứu trước đây mới chỉ ra  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Ca}^{2+}$  đóng góp chính vào các quá trình trung hòa); các nghiên cứu về nguồn gốc các ion trong nước mưa; các nghiên cứu về tính tương quan của các ion.

## **CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU**

Với mục tiêu của luận án đánh giá được diễn biến mưa axit trên lãnh thổ Việt Nam. Đối tượng nghiên cứu của luận án là tính axit của nước mưa trên lãnh thổ Việt Nam qua số liệu quan trắc độ pH, nồng độ, phân tích thành phần các ion trong nước mưa.

### **2.2. PHẠM VI NGHIÊN CỨU**

Phạm vi nghiên cứu về mặt không gian là sự phân bố trên cả nước thông qua số liệu quan trắc nước mưa của 23 trạm bao gồm ở phía Bắc

(9 trạm) là Thái Nguyên, Việt Trì, Bắc Giang, Bãi Cháy, Phủ Liễn, Hải Dương, Hà Nội, Ninh Bình, Cúc Phương; miền Trung (7 trạm): Thanh Hoá, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Quy Nhơn, Nha Trang, Phan Thiết; khu vực Tây Nguyên (3 trạm): Pleiku, Buôn Mê Thuột, Đà Lạt; phía Nam (4 trạm): Tân Sơn Hoà, Tây Ninh, Cần Thơ, Cà Mau.

Thời gian được đặt ra trong mục tiêu là nghiên cứu trong khoảng thời gian từ năm 2005-2015, trong luận án sử dụng bộ số liệu trong phạm vi rộng hơn nhằm cập nhật những số liệu quan trắc mới là trong khoảng thời gian từ 2005-2018.

### **2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Với các nội dung nghiên cứu chính, trong luận án sử dụng các phương pháp tính toán như sau:

Tính toán lượng lắng đọng ướt các ion thông qua công thức tính toán của EANET;

Đánh giá khả năng tương quan của các cặp ion trong nước mưa với sử dụng hệ số tương quan R;

Xác định xu thế của lắng đọng cũng như xu thế nồng độ các ion bằng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann – Kendall (SMK) để xác định xu thế tăng hay giảm và mức ý nghĩa thống kê của từng yếu tố;

Luận án sử dụng phần mềm ArcGIS để xây dựng và thể hiện các kết quả nghiên cứu lên bản đồ chỉ ra một bức tranh tổng thể về các kết quả nghiên cứu.

## CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

### 3.1. ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN MƯA AXIT THEO pH

#### 3.1.1. Sự biến động của pH

Nhìn chung tại 23 trạm trong giai đoạn này, giá trị pH trong nước mưa dao động chủ yếu trong khoảng  $5,83 \pm 0,62$ . Một số trạm có xuất hiện giá trị pH rất thấp  $<4$  như: Ninh Bình, Cúc Phương, Vinh, Huế, Đà Nẵng, Nha Trang, Pleiku, Buôn Mê Thuột và Cần Thơ. Trạm Thanh Hóa có giá trị trung bình pH lớn nhất 6,3 và pH tại đây dao động trong khoảng  $6,3 \pm 0,54$ ; Trạm Huế có giá trị pH trung bình thấp nhất và pH tại Huế dao động trong khoảng  $5,44 \pm 0,74$ .

Trong giai đoạn 2005 – 2018, mưa axit (những trận mưa có giá trị pH nước mưa đo được nhỏ hơn hoặc bằng 5.6) xuất hiện trên khắp cả nước với những tần suất khác nhau. Những trạm có tần suất mưa axit cao như Cúc Phương 46,46%, Huế 46,28%, Vinh 44,55%, Thái Nguyên 42,68%. Một số trạm có tỷ lệ trên 30% như Bãi Cháy, Phan Thiết, Buôn Mê Thuột, Đà Nẵng, Pleiku, Phủ Liễn, Tây Ninh, Bắc Giang và Đà Lạt. Các trạm có tần suất mưa axit thấp nhất như: Thanh Hóa 6,62%, Tân Sơn Hòa 10,12%, Ninh Bình 12,81%, Láng 16,99% và Cà Mau 17,87%.

#### 3.1.2. Xu thế của nồng độ ion $H^+$

Với xu thế theo năm có 6 trạm có xu thế tăng, có 2 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$  là Phủ Liễn và Thanh Hóa với mức tăng lần lượt 2,96%/năm và 1,74%/năm; có 15 trạm có xu thế giảm, trong các trạm có xu thế giảm có 1 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$ , mức giảm lớn nhất - 5,35%/năm tại trạm Đà Lạt ( $p < 0,05$ ).

Các trạm có xu thế giảm có ý nghĩa là giá trị pH có xu thế tăng lên, điều này có thể hiểu là các trạm này đang có xu thế giảm mưa

axit. Và ngược lại các trạm có xu thế giảm pH thì tại đó đang có xu thế tăng mưa axit.

### ***3.1.3. Xu thế của lắng đọng ion $H^+$***

Lượng lắng đọng ion  $H^+$  có thể nói là khả năng xuất hiện mưa axit tại từng trạm, trong giai đoạn từ năm 2005 – 2018 có thể thấy lắng đọng trung bình lớn nhất tại trạm Đà Nẵng và có lượng lắng đọng trung bình dao động chủ yếu trong khoảng  $0,239 \pm 0,256$  kg/ha/năm. Trạm Thanh Hóa có lượng lắng đọng trung bình thấp nhất, giá trị lắng đọng trung bình dao động chủ yếu trong khoảng  $0,022 \pm 0,014$  kg/ha/năm. Từ năm 2005 – 2018 có thể thấy hầu hết tất cả các trạm đều giảm lượng lắng đọng  $H^+$  tuy nhiên vẫn có 05 trạm có sự gia tăng lắng đọng ion  $H^+$ .

Xu thế của lắng đọng  $H^+$  có 6 trạm có xu thế tăng, 15 trạm có xu thế giảm và có 2 trạm không có xu thế theo SKM. Trong 6 trạm có xu thế tăng thì mức thay đổi tăng trung bình dao động từ 0,16 – 9,77%/năm; có 3 trạm có xu thế tăng thỏa mãn  $p < 0,05$  bao gồm: Việt Trì, Phú Liễn và Thanh Hóa, mức độ thay đổi theo năm lần lượt tại 3 trạm là: 9,77%/năm, 2,36%/năm và 1,16%/năm. Trong 15 trạm có xu thế giảm thì có 7 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  với mức giảm lớn nhất tại trạm Huế là -5,80%/năm. Đối với lắng đọng  $H^+$  có xu thế tăng có nghĩa là lượng pH tăng thì mưa axit tại các vị trí này có xu thế giảm và ngược lại đối với lắng đọng  $H^+$  có xu thế giảm thì khả năng xuất hiện mưa axit có xu hướng tăng.

## **3.2. NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN CÁC ION TRONG NƯỚC MƯA**

### ***3.2.1. Nồng độ trung bình các ion trong nước mưa***

Trong giai đoạn từ 2005 – 2018 nồng độ trung bình các ion thường được sắp xếp theo nồng độ từ cao đến thấp  $SO_4^{2-} > Cl^- > Ca^{2+}$

$> \text{NO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ . Với một số khu vực khác nhau có sự thay đổi về thứ tự nồng độ trung bình các ion do phụ thuộc vào các hoạt động công nghiệp tại các khu vực này.

Trong giai đoạn này nồng độ trung bình  $\text{SO}_4^{2-}$  cao nhất trong các anion và cation, nồng độ trung bình  $\text{SO}_4^{2-}$  tại 23 trạm nằm trong khoảng từ 1,05 – 8,52 mg/l; tiếp theo là  $\text{Cl}^-$  với nồng độ trung bình tại 23 trạm nằm trong khoảng 1 – 8,11 mg/l.

Có thể thấy đối với các ion  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{Ca}^{2+}$  có sự tương đồng cao với nhau về các trạm có nồng độ cao tại Việt Nam. Cả 3 ion đều có nồng độ cao tại các trạm từ Thái Nguyên đến Vinh đây là khu vực có sự phát triển công nghiệp và nhiệt điện.

Tại các trạm từ Đà Nẵng tới Phan Thiết có nồng độ ion  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  cao so với các trạm khác tại Việt Nam do các trạm này nằm ven biển và tại khu vực có số giờ nắng cao so với các trạm khác trong Việt Nam. Các trạm Đà Nẵng tới Phan Thiết, trạm Thanh Hóa và trạm Vinh có nồng độ  $\text{Mg}^{2+}$  cao so với các khu vực khác.

### ***3.2.2. Xu thế nồng độ ion trong nước mưa***

Đối với xu thế theo năm của nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  có 3 trạm không tính toán được theo SMK là trạm Phan Thiết, Pleiku và Buôn Mê Thuột. Trong 20 trạm còn lại có 6 trạm có xu thế tăng và 14 trạm có xu thế giảm. Trong các trạm có xu thế tăng, các trạm Thái Nguyên, Bắc Giang và Ninh Bình thỏa mãn  $p < 0,05$  và có mức tăng trung bình lần lượt 1,78%/năm, 2,6%/năm và 1,64%/năm. Trong số 16 trạm có xu thế giảm có 6 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$ , trạm có mức giảm lớn nhất là Tân Sơn Hòa giảm -7,04%/năm, tiếp theo là trạm Đà Nẵng giảm -4,8%/năm.

Về xu thế theo năm, cả 2 ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  đều có 7 trạm có xu thế tăng và 14 trạm có xu thế giảm. Đối với xu thế tăng, cả 2 ion

đều cùng có trạm Bãi Cháy thỏa mãn  $p < 0,05$ . Đối với xu thế giảm, ion  $\text{SO}_4^{2-}$  có 10 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$ .

Với xu thế theo năm, ion  $\text{Ca}^{2+}$  có 17 trạm có xu thế tăng, trong đó có 12 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$ , nhưng ion  $\text{nss-Ca}^{2+}$  có 16 trạm có xu thế tăng và có 11 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$ . Cả 2 ion đều không có trạm nào có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$ .

Với xu thế theo năm, nồng độ ion  $\text{NH}_4^+$  có 7 trạm có xu thế tăng và 13 trạm có xu thế giảm, đối với các xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  thì có trạm Việt Trì, Bãi Cháy và Cần Thơ thỏa mãn  $p < 0,05$  với mức tăng trung bình 2,61%/năm, 0,69%/năm và 3,56%/năm; có 3 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$  đối với xu thế giảm gồm Láng, Cúc Phương và Vinh với mức giảm lần lượt: -21,6%/năm, -0,81%/năm và -9,04%/năm.

Với tính toán xu thế theo năm, nồng độ ion  $\text{Na}^+$  có 12 trạm có xu thế tăng và 9 trạm có xu thế giảm, đối với các xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  thì có trạm Thái Nguyên, Bắc Giang và Láng thỏa mãn  $p < 0,05$  với mức tăng trung bình lần lượt 4,52%/năm 1,73%/năm và 1,56%/năm; trạm Cúc Phương có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$  với mức giảm trung bình -1,43%/năm.

Với xu thế theo năm, nồng độ ion  $\text{K}^+$  có 4 trạm có xu thế tăng và 16 trạm có xu thế giảm, đối với các xu thế tăng có 3 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  trong đó trạm Việt Trì có mức tăng trung bình lớn nhất 4,04%/năm; có 8 trạm có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$  với trạm Vinh có mức giảm nhiều nhất -5,27%/năm.

Với xu thế theo năm, nồng độ ion  $\text{Mg}^{2+}$  có 17 trạm có xu thế tăng và 4 trạm có xu thế giảm, đối với các xu thế tăng có 14 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  trong đó trạm Thái Nguyên có mức tăng trung bình lớn nhất 6,41%/năm; có trạm Tây Ninh có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$  với mức giảm trung bình -2,6%/năm.

### 3.2.3. Sự biến động lắng đọng các ion

Có thể nhận thấy các tỉnh khu vực Miền Bắc đến Đà Nẵng là những nơi có tổng lượng lắng đọng  $\text{NO}_3^-$  khá cao so với các khu vực khác, mức độ lắng đọng tại khu vực này dao động từ 13,08 – 21,79 kg/ha/năm. Khu vực Tây Nguyên và Duyên Hải Nam Trung Bộ có lượng lắng đọng thấp nhất, dao động từ 1,68 – 6,88 kg/ha/năm. Các tỉnh Nam Bộ có lượng lắng đọng trung bình dao động từ 8,71 – 27,29 kg/ha/năm.

Các trạm có tổng lượng lắng đọng  $\text{SO}_4^{2-}$  cao tập trung tại các thành phố lớn, các khu vực tập trung nhiều khu công nghiệp. Khu vực các tỉnh phía Bắc đến Đà Nẵng và khu vực TP Hồ Chí Minh, Cà Mau có tổng lượng lắng đọng cao, lượng lắng đọng trung bình tại các khu vực này lên trên 37,93 kg/ha/năm. Các tỉnh khu vực Nam Trung Bộ và Tây Nguyên có tổng lắng đọng trung bình thấp nhất nước, lượng lắng đọng tại khu vực này dao động từ 11,38 – 35,65 kg/ha/năm.

Phân bố lắng đọng ion  $\text{Ca}^{2+}$  trung bình từ năm 2005 – 2018 cho thấy khu vực Tây Nguyên có lượng lắng đọng nhỏ nhất, trung bình tại 3 trạm Pleiku, Buôn Mê Thuột và Đà Lạt có lượng lắng đọng trung bình 7,99 kg/ha/năm. Trạm Pleiku là trạm có lượng lắng đọng trung bình thấp nhất, lượng lắng đọng tại trạm có dao động chủ yếu trong khoảng  $4,71 \pm 1,43$  kg/ha/năm; trạm Cà Mau là trạm có lượng lắng đọng ion  $\text{Ca}^{2+}$  lớn nhất, trung bình lắng đọng tại trạm dao động chủ yếu trong khoảng  $43,59 \pm 20,24$  kg/ha/năm.

Từ năm 2005 – 2018 có thể thấy phân bố lắng đọng  $\text{NH}_4^+$  trung bình tại các trạm không có sự chênh lệch nhau nhiều. Khu vực duyên hải Nam Trung bộ và Tây Nguyên là 2 khu vực có lượng lắng đọng trung bình thấp nhất, có sự dao động trong khoảng 1,78 – 5,64

kg/ha/năm. Khu vực đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửu Long là 2 khu vực có lượng lắng đọng  $\text{NH}_4^+$  tập trung cao, do đây là 2 khu vực có sự phát triển nông nghiệp lớn. Trạm Tân Sơn Hòa có lượng lắng đọng trung bình lớn nhất, lượng lắng đọng tại trạm dao động chủ yếu trong khoảng  $13,3 \pm 8,91$  kg/ha/năm; trạm Pleiku có lượng lắng đọng trung bình thấp nhất, dao động chủ yếu trong khoảng  $1,78 \pm 1,13$  kg/ha/năm.

Tổng lượng lắng đọng  $\text{Na}^+$  trung bình từ năm 2005 – 2018 cho thấy, lượng  $\text{Na}^+$  tập trung lớn nhất tại các trạm ven biển. Trạm Đà Nẵng có lượng lắng đọng  $\text{Na}^+$  cao nhất, có sự dao động trong khoảng  $58,03 \pm 23,77$  kg/ha/năm. Trạm Pleiku có lượng lắng đọng trung bình thấp nhất, lượng lắng đọng tại đây dao động trong khoảng  $5,64 \pm 3,31$  kg/ha/năm.

Tổng lượng lắng đọng trung bình  $\text{K}^+$  trong giai đoạn 2005 – 2018 cho thấy 3 trạm Đà Nẵng, Quy Nhơn và Cần Thơ có lượng lắng đọng trung bình lớn gấp đôi so với các trạm còn lại. Lượng lắng đọng tập trung chủ yếu tại 3 trạm Đà Nẵng, Quy Nhơn và Cần Thơ lần lượt là:  $11,33 \pm 5,67$  kg/ha/năm,  $14,98 \pm 18,61$  kg/ha/năm và  $10,86 \pm 8,08$  kg/ha/năm. Khu vực Tây Nguyên có lượng lắng đọng trung bình nhỏ nhất trong cả nước.

Tổng lượng lắng đọng trung bình  $\text{Mg}^{2+}$  trong giai đoạn 2005 – 2018 tại các trạm cho thấy các trạm khu vực Tây Nguyên có lượng lắng đọng trung bình nhỏ nhất, trạm Đà Nẵng có lượng lắng đọng trung bình lớn nhất  $7,9$  kg/ha/năm, trạm Quy Nhơn có lượng lắng đọng cao thứ 2 đạt giá trị  $7,09$  kg/ha/năm, trạm Pleiku có lượng lắng đọng thấp nhất  $1,54$  kg/ha/năm.



### **3.2.4. Xu thế lắng đọng ướt**

Theo dữ liệu tính toán cho cả thời kỳ, với xu thế của lắng đọng  $\text{NO}_3^-$  có 3 trạm không tính toán được với phương pháp SKM, có 10 trạm có xu thế tăng trong đó có 4 trạm có xu thế tăng thỏa mãn  $p < 0,05$ ; 10 trạm có xu thế giảm trong đó có 7 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$ .

Với dữ liệu theo năm của ion  $\text{SO}_4^{2-}$ , có thể nhận thấy có 8 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  trong đó có 4 trạm có xu thế tăng và 4 trạm có xu thế giảm. Trạm Bãi Cháy có xu thế tăng ( $p < 0,05$ ) với mức độ tăng trung bình lớn nhất, mức tăng trung bình 3,72%/năm với  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Đối với ion  $\text{Ca}^{2+}$  có 18 trạm có xu thế tăng trong đó 10 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$ , có 3 trạm có xu thế giảm trong đó có 1 trạm thỏa mãn  $p < 0,05$  (trạm Việt Trì)

Với xu thế lắng đọng theo năm của ion  $\text{NH}_4^+$  có 7 trạm có xu thế tăng trong đó có 2 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$ ; 13 trạm có xu thế giảm trong đó có 4 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$ .

Xu thế lắng đọng theo năm của ion  $\text{Na}^+$  cho thấy có 12 trạm có xu thế tăng, 9 trạm có xu thế giảm và có 2 trạm không xác định được xu thế theo SMK. Trong các trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$  thì có 6 trạm có xu thế tăng, trong đó trạm Thái Nguyên có mức tăng cao nhất 4,39%/năm; có 2 trạm có xu thế giảm trong đó trạm Pleiku có mức giảm lớn nhất -3,93%/năm.

Với xu thế theo năm của  $\text{K}^+$  có thể thấy có 8 trạm có xu thế tăng trong đó có 4 trạm có xu thế tăng thỏa mãn  $p < 0,05$ ; có 12 trạm có xu thế giảm và có 7 trạm có xu thế thỏa mãn  $p < 0,05$ . Trong các trạm có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$  thì trạm Vinh có mức độ giảm trung bình lớn nhất -5,18%/năm; trạm Việt Trì có mức tăng trung bình lớn nhất 4,61%/năm.



**Hình 3.23. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $NO_3^-$  theo năm**



**Hình 3.24. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $SO_4^{2-}$  theo năm**



**Hình 3.5. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $H^+$  theo năm**



**Hình 3.25. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $Ca^{2+}$  theo năm**



**Hình 3.27. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $NH_4^+$  theo năm**



**Hình 3.28. Xu thế tăng giảm lắng đọng ion  $Na^+$  theo năm**

Với xu thế lắng đọng theo năm của ion  $Mg^{2+}$  có 17 trạm có xu thế tăng trong đó có 13 trạm có xu thế tăng thỏa mãn  $p < 0,05$ ; có 4 trạm có xu thế giảm nhưng không có trạm nào có xu thế giảm thỏa mãn  $p < 0,05$ ; có 2 trạm không có xu thế thỏa mãn với tính toán theo SMK.

### 3.3. PHÂN TÍCH MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC ION

#### 3.3.1. Tương quan giữa các cặp ion trong nước mưa

Tương quan giữa các ion chính tại các trạm được tính toán từ chuỗi dữ liệu quan trắc tại 23 trạm trong giai đoạn 2005 – 2018. Các giá trị tương quan thể hiện sự tương đồng giữa các ion trong một trạm nhất định. Sự tương quan càng cao chứng tỏ chúng có nguồn gốc tương tự với nhau trong mưa và lượng phát thải ra chúng.

**Bảng 3.11 Hệ số tương quan trung bình giữa các cặp ion tại các trạm**

	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
Na <sup>+</sup>	1								
K <sup>+</sup>	0,46	1							
Ca <sup>2+</sup>	0,59	0,42	1						
Mg <sup>2+</sup>	<b>0,71</b>	0,46	0,65	1					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,37	0,53	0,38	0,39	1				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,67	0,46	0,66	0,64	0,55	1			
Cl <sup>-</sup>	<b>0,82</b>	0,56	0,54	<b>0,69</b>	0,40	0,62	1		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,46	0,25	0,49	0,43	0,41	0,58	0,43	1	
pH	0,20	0,23	0,36	0,25	0,17	0,09	0,17	0,06	1

Cặp ion có mức độ tương quan cao tiếp theo là Na<sup>+</sup> và Mg<sup>2+</sup> có R=0,71 với giá trị cao nhất tại trạm Phan Thiết (R=0,98) và thấp nhất tại trạm Đà Lạt (R=0,4).

Tương quan Ca<sup>2+</sup> với Mg<sup>2+</sup> trung bình tại 23 trạm có R=0,65 và nằm trong khoảng R=0,46(Trạm Đà Lạt) đến R=0,93(Trạm Hải Dương). Những trạm có tương quan giữa 2 ion càng cao có thể nói chúng càng có chung nguồn gốc từ sự hiện diện của đá canxit, đá vôi dolomit và đá vôi tại các khu vực; đây cũng là chỉ thị cho thấy có nguồn gốc từ các mỏ đá hay nhà máy xi măng.

Tương quan pH với các ion trung bình 23 trạm dao động từ  $R=0,06$  (với ion  $\text{NO}_3^-$ ) tới  $R=0,36$  (với ion  $\text{Ca}^{2+}$ ) cho thấy không có mối tương quan rõ ràng giữa pH với các ion này.

Cặp 4 ion  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  có tỷ lệ tương quan trung bình với  $R = 0,6$  cho thấy các ion được hình thành từ phản ứng các muối có gốc cacbonat với  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### ***3.3.2. Mối quan hệ giữa nồng độ trung bình ion và lượng phát thải***

Do sự khó khăn về dữ liệu phát thải tại Việt Nam, trong luận án NCS sử dụng dữ liệu phát thải từ EDGAR để so sánh từ năm 2005 – 2012 đối với 2 chất  $\text{SO}_2$  và  $\text{NO}_x$  với 2 ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{NO}_3^-$ . Với dữ liệu phát thải được lấy tại từng ô lưới có kích thước  $0.1^0 \times 0.1^0$  và trùng với vị trí các trạm.

Trong 23 trạm có thể thấy trạm Bắc Giang và Cúc Phương là có sự tương quan giữa nồng độ ion và lượng phát thải ở mức cao nhất, xu thế của lắng đọng (SMK) và xu thế nồng độ (SMK) của 2 trạm này được giải thích rõ ràng nhất thông qua số liệu phát thải. Các trạm khác chưa giải thích được nhiều có thể do nồng độ lắng đọng các chất từ các khu vực lân cận chuyển đến gây ra sự sai khác giữa nồng độ các ion và lượng phát thải tại khu vực.

### ***3.3.3. Mối quan hệ giữa xu thế lắng đọng và xu thế nồng độ ion***

Các kết quả cho thấy có sự tương đồng cao giữa xu thế của lắng đọng và xu thế của nồng độ các ion, điều này cũng giải thích được nguyên nhân gây ra xu thế lắng đọng thông qua xu thế của các ion. Các kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ tương đồng giữa xu thế lắng đọng cùng xu thế nồng độ đối với các ion  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  và  $\text{Mg}^{2+}$  lần lượt là: 83,48%, 76,58%, 85,59%, 76,58%, 86,11%, 68,47%, 84,4% và 81,08%.

### 3.4. XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG TRUNG HÒA AXIT TRONG NƯỚC MƯA

Nghiên cứu lại dùng hệ số trung hòa NF (neutralisation factors) để đánh giá khả năng trung hòa của các ion:  $NF_i = \frac{[X_i]}{[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-]}$  trong đó  $[X_i]$  là nồng độ đương lượng các ion  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ .

Các giá trị trung bình  $NF_{\text{NH}_4^+}$ ,  $NF_{\text{Ca}^{2+}}$ ,  $NF_{\text{K}^+}$ ,  $NF_{\text{Mg}^{2+}}$  lần lượt từ cao đến thấp là:  $NF_{\text{Ca}^{2+}} > NF_{\text{Mg}^{2+}} > NF_{\text{NH}_4^+} > NF_{\text{K}^+}$  với giá trị trung bình lần lượt là: 1,199; 0,451; 0,403 và 0,192. Các kết quả cho thấy ion  $\text{Ca}^{2+}$  đóng góp chính vào các quá trình trung hòa axit trong nước mưa, tiếp theo là ion  $\text{Mg}^{2+}$ , tiếp theo là ion  $\text{NH}_4^+$ , cuối cùng là  $\text{K}^+$ . Với ion  $\text{Ca}^{2+}$  luôn đóng vai trò trung hòa axit cao nhất tại tất cả các trạm; tùy từng trạm khác nhau các ion  $\text{Mg}^{2+}$  và  $\text{NH}_4^+$  có vai trò trung hòa axit cao tiếp theo sau đó. Ion  $\text{K}^+$  có vai trò ít nhất trong khả năng trung hòa axit trong nước mưa.

Từ khả năng trung hòa axit trong nước mưa, có thể đưa ra phân tích thêm được nguyên nhân xu thế của lắng đọng  $\text{H}^+$  cũng có sự đóng góp của khả năng trung hòa axit trong nước mưa. Các kết quả cho thấy sự phù hợp giữa xu thế của  $\text{H}^+$  và xu thế của các cation.

### 3.5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

Luận án đã đưa ra một số giải pháp về việc tăng cường giám sát thông qua mạng lưới quan trắc; các giải pháp ứng phó với tình trạng lắng đọng axit tại Việt Nam; các giải pháp truyền thông.

### ***Luận án cũng đã đề xuất các hướng nghiên cứu tiếp theo:***

- Đánh giá xác định nguồn gốc ô nhiễm gây lắng đọng axit tại các khu vực cụ thể, cần xác định lượng ô nhiễm từ đâu di chuyển đến và lượng ô nhiễm di chuyển đi đâu.
- Cần có một bộ dữ liệu phát thải của Việt Nam theo các thời kỳ để đưa ra những kết luận chính xác hơn nữa và những đánh giá cụ thể cho vấn đề ô nhiễm không khí.
- Tác động của mưa axit đến các loại hệ sinh thái rừng Việt Nam.
- Tương quan mức độ lắng đọng axit trong nước mưa đến suy thoái đất lâm nghiệp.
- Nghiên cứu các giải pháp cây trồng ứng phó với tình hình ô nhiễm môi trường không khí hiện nay.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

### **KẾT LUẬN**

Kết luận của luận án được tập trung vào 4 mục chính: lượng lắng đọng các ion; xu thế tăng giảm lắng đọng và sự tương đương của xu thế lắng đọng với xu thế nồng độ; Sự tương quan giữa thành phần các ion trong nước mưa; Khả năng trung hòa axit trong nước mưa.

Luận án cũng đã chỉ ra được xu thế về nồng độ và lắng đọng ion  $H^+$  từ đó có thể xác định được các trạm có xu thế tăng hay giảm mưa axit. Về xu thế mưa axit đã được giải thích thông qua khả năng trung hòa axit trong nước mưa. Các trạm có xu thế tăng các cation  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{2+}$  và  $K^+$  sẽ làm giảm xu thế của  $H^+$  từ đó xu thế mưa axit tại các khu vực có xu hướng giảm.

Tổng lượng lắng đọng trung bình các ion chính được nghiên cứu gồm:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  cho thấy các ion như  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  có tổng lượng lắng đọng trung bình các năm cao tập trung tại các thành phố lớn, các khu vực tập trung nhiều khu công nghiệp. Ion  $\text{Na}^+$  có giá trị lắng đọng cao tập trung chủ yếu tại các trạm ven biển do ion có nguồn gốc chủ yếu từ muối biển. Ion  $\text{NH}_4^+$  tập trung chủ yếu tại các khu vực có diện tích nông nghiệp lớn, nguyên nhân do  $\text{NH}_4^+$  có nguồn gốc chủ yếu từ nông nghiệp và quá trình bón phân. Ion  $\text{H}^+$  đặc trưng cho khả năng xuất hiện mưa axit tại các khu vực, sự phân bố lắng đọng ion  $\text{H}^+$  cao tại những khu vực có tỷ lệ xuất hiện mưa axit lớn. Sự lắng đọng ướt các ion có sự tương tự với một số nước trong mạng lưới giám sát lắng đọng Đông Á (EANET).

Luận án cũng đánh giá được xu thế lắng đọng cũng như xu thế nồng độ các ion chính thông qua phương pháp SMK theo năm và theo mùa. Để giải thích nguyên nhân gây ra xu của lắng đọng đối với các ion, luận án cũng đã so sánh sự tương quan của xu thế lắng đọng và xu thế nồng độ; ngoài ra còn so sánh mức độ tương quan giữa nồng độ trung bình ion các năm với dữ liệu phát thải  $\text{SO}_2$  và  $\text{NO}_x^-$  theo các năm.

Các kết quả cho thấy có sự tương đồng cao giữa xu thế của lắng đọng và xu thế của nồng độ các ion, điều này cũng giải thích được nguyên nhân gây ra xu thế lắng đọng thông qua xu thế của các ion. Các kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ tương đồng giữa xu thế lắng đọng cùng xu thế nồng độ đối với các ion  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  và  $\text{Mg}^{2+}$  lần lượt là: 83,48%, 76,58%, 85,59%, 76,58%, 86,11%, 68,47%, 84,4% và 81,08%.

So sánh đường phát thải  $\text{SO}_2$  và  $\text{NO}_x$  đối với nồng độ trung bình các ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{NO}_3^-$  tại 23 trạm có thể thấy trạm Bắc Giang và Cúc Phương là có sự tương quan giữa nồng độ ion và lượng phát thải có tỷ lệ cao nhất, xu thế của lắng đọng (SMK) và xu thế nồng độ (SMK) của 2 trạm này được giải thích rõ ràng nhất thông qua số liệu phát thải. Một số trạm khác bước đầu nhận định do nồng độ lắng đọng các chất từ các khu vực lân cận chuyển đến đến gây ra sự sai khác giữa nồng độ các ion và lượng phát thải tại khu vực.

Đối với mức độ tương quan của các cặp ion trong nước mưa cho thấy một số cặp ion có chung nguồn gốc khá cao với nhau trong khí quyển như: cặp 3 ion  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$  có tỷ lệ tương quan lẫn nhau trên 0,71 nên có thể kết luận tại Việt Nam có 3 ion này chung nguồn gốc hay có sự hiện diện của nhiều muối  $\text{NaCl}$  và  $\text{KCl}$  tại Việt Nam. Cặp 4 ion  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  có tỷ lệ tương quan trung bình cao thứ 2 với  $R = 0,6$  cho thấy các ion được hình thành từ phản ứng các muối có gốc cacbonat với  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Tương quan pH với các ion trung bình 23 trạm dao động từ  $R = 0,06$  (với ion  $\text{NO}_3^-$ ) tới  $R = 0,36$  (với ion  $\text{Ca}^{2+}$ ) cho thấy không có mối tương quan rõ ràng giữa pH với các ion này.

Với sự trung hòa axit trong nước mưa, với các nghiên cứu trước đây mới chỉ sử dụng đánh giá tính trung hòa đối với 2 ion  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{Ca}^{2+}$ ) mà chưa xem xét đến khả năng của các cation khác. Đánh giá khả năng trung hòa axit đối với các ion khác nhau cho thấy ion  $\text{Ca}^{2+}$  đóng góp chính vào các quá trình trung hòa axit trong nước mưa, tiếp theo là ion  $\text{Mg}^{2+}$ , tiếp theo là ion  $\text{NH}_4^+$ , cuối cùng là  $\text{K}^+$ . Với ion  $\text{Ca}^{2+}$  luôn đóng vai trò trung hòa axit cao nhất tại tất cả các trạm; tùy từng trạm khác nhau các ion  $\text{Mg}^{2+}$  và  $\text{NH}_4^+$  có vai trò trung



hòa axit cao tiếp theo sau đó. Ion  $K^+$  có vai trò ít nhất trong khả năng trung hòa axit trong nước mưa.

Với kết quả đánh giá về sự biến động lắng đọng ướt và biến động lắng ion cho thấy, tầm quan trọng của việc đo đạc đánh giá chất lượng nước mưa, sự cần thiết tăng cường cả về chất và lượng cho các trạm điều tra cơ bản, nghiên cứu kế hoạch hoạt động, phân cấp thực hiện đối với hệ thống quan trắc tác động dành cho những trường hợp mang tính thời vụ, tức thời.

Các giải pháp về cây trồng được cho là bài toán tối ưu nhằm thích ứng với tình trạng mưa axit như hiện nay ở Việt Nam nói riêng và tình trạng ô nhiễm môi trường không khí nói chung.

### **KIẾN NGHỊ**

Thông qua các các quả nghiên cứu luận án có đưa ra một số kiến nghị cho các nghiên cứu về mưa axit tại Việt Nam như sau:

- Cần có những nghiên cứu đánh giá quan trắc và chất lượng số liệu lắng đọng ướt.
- Cần có một bộ cơ sở dữ liệu kiểm kê phát thải cho Việt Nam để phục vụ cho các nghiên cứu về ô nhiễm không khí và dự báo ô nhiễm không khí cũng như khả năng mưa axit trên lãnh thổ Việt Nam
- Cần có những nghiên cứu về xác định nguồn gốc ô nhiễm không khí ở Việt Nam, bao nhiêu phần trăm có nguồn gốc từ các khu vực lân cận, các quốc gia lân cận.
- Cần có các nghiên cứu sâu hơn về tác hại của mưa axit cũng như các tác dụng có lợi của nó đối với các lĩnh vực như nông nghiệp, công nghiệp....

- Tăng cường kiểm soát ô nhiễm không khí, phát thải không khí trên lãnh thổ Việt Nam để giảm thiểu tác hại do ô nhiễm không khí mang lại.
- Nghiên cứu các giải pháp ứng phó với tình hình ô nhiễm môi trường không khí hiện nay.

## **DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN**

1. Hán Thị Ngân, Hoàng Xuân Cơ, Lê Văn Linh, Trần Thị Diệu Hằng (2019), “Đánh giá xu thế các thành phần hóa học trong nước mưa tại Việt Nam bằng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendal”, *Tạp chí Môi trường*, Chuyên đề III, tr.101-107.
2. Hán Thị Ngân, Hoàng Xuân Cơ, Lê Văn Linh, Đàm Duy Ân (2019), “Đánh giá diễn biến theo mùa của lắng đọng axit (lắng đọng ướt) tại Việt Nam trong giai đoạn hiện nay”, *Tạp chí Môi trường*, Chuyên đề IV, tr.71-79.
3. Nguyễn Thị Kim Anh, Lê Văn Quy, Lê Văn Linh, Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Văn Tiến, Hoàng Thị Vân, Nguyễn Phương Nhung, Hán Thị Ngân (2019), “Nghiên cứu xu thế lắng đọng ướt tại các trạm thuộc mạng lưới EANET của Việt Nam giai đoạn 2000-2018”, *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, số 12, tr.83-87