

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ XU THẾ LẮNG ĐỘNG ƯỚT TẠI CÁC TRẠM THUỘC MẠNG LƯỚI EANET CỦA VIỆT NAM GIAI ĐOẠN 2000-2018

Nguyễn Thị Kim Anh⁽¹⁾, Lê Văn Quy⁽¹⁾, Lê Văn Linh⁽¹⁾, Nguyễn Trường Giang⁽¹⁾, Nguyễn Văn Tiến⁽¹⁾,
Hoàng Thị Vân⁽¹⁾, Nguyễn Phương Nhung⁽²⁾, Hán Thị Ngân⁽³⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

⁽³⁾Tổng Cục Lâm nghiệp, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn

Ngày nhận bài 2/11/2019; ngày chuyển phản biện 3/11/2019; ngày chấp nhận đăng 5/12/2019

Tóm tắt: Nghiên cứu ứng dụng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall (SMK), đánh giá xu thế lắng đọng ướt của các ion $nss-SO_4^{2-}$, $nss-Ca^{2+}$, NH_4^+ , NO_3^- và H^+ tại 4 trạm Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương và Đà Nẵng từ năm 2000-2018. Trong đó, lắng đọng H^+ có xu thế giảm do nồng độ H^+ trong nước mưa giảm tại các trạm, mức độ giảm lắng đọng trung bình năm từ 0,43%/năm đến 4,4%/năm. Lắng đọng NO_3^- và $nss-SO_4^{2-}$ có xu thế tăng tại Hà Nội, Hòa Bình và giảm tại Cúc Phương, Đà Nẵng. Bên cạnh đó, ion NH_4^+ có xu thế tăng rõ ràng tại Hà Nội và Hòa Bình với mức tăng trung bình năm từ 2,34-2,67%/năm. Ion $nss-Ca^{2+}$ có xu thế tăng rõ ràng tại Hà Nội và Đà Nẵng với mức tăng trung bình năm từ 3,52-11,03%/năm

Từ khóa: Lắng đọng ướt, Mann-Kendall, xu thế.

1. Mở đầu

Việt Nam là một thành viên của mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET) và hiện tại Việt Nam có 7 trạm giám sát lắng đọng axit thuộc mạng lưới này, bao gồm Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương, Đà Nẵng, Thành phố Hồ Chí Minh, Cần Thơ và Yên Bái. Các kết quả quan trắc về lắng đọng axit tại mạng lưới EANET gồm lắng đọng khô và lắng đọng ướt. Trong nghiên cứu này, chỉ xem xét đến xu thế lắng đọng ướt cho các trạm của Việt Nam thuộc mạng lưới EANET.

Đánh giá xu thế nồng độ và lượng lắng đọng ướt của các chất ô nhiễm đã được nghiên cứu và công bố trong nhiều công trình khoa học trước đây [14, 15, 12, 10, 11, 2], trong đó, nghiên cứu của tác giả Ngô Thị Vân Anh đã đánh giá được lắng đọng axit cho các trạm thuộc EANET với số liệu từ năm 2000-2015. Tuy nhiên, nghiên cứu này mới chỉ ra được xu thế lắng đọng của các ion đến năm 2015, chưa xem xét đến độ dốc của xu thế nồng độ các ion trong nước mưa.

Bài báo này tập trung phân tích xu thế lắng đọng ướt theo mùa đối với các ion $nss-SO_4^{2-}$,

Liên hệ tác giả: Nguyễn Thị Kim Anh

Email: nguyengkimanh1004@gmail.com

$nss-Ca^{2+}$, NH_4^+ , NO_3^- và H^+ từ chuỗi số liệu 2000-2018 tại các trạm của Việt Nam thuộc EANET. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall (SMK) và ước tính độ dốc Mann-Kendall (Sen's slope) để đánh giá xu thế lắng đọng axit trong nước mưa (lắng đọng ướt).

2. Dữ liệu và phương pháp

2.1. Dữ liệu

Dữ liệu được thu thập từ nguồn số liệu quan trắc tại các trạm thuộc mạng lưới EANET từ năm 2000-2018 đối với Hà Nội và Hòa Bình; từ năm 2009-2018 đối với Đà Nẵng và Cúc Phương. Chuỗi số liệu các trạm Thành phố Hồ Chí Minh (quan trắc từ 2014), Cần Thơ (quan trắc từ 2014) và Yên Bái (quan trắc từ 2015), không đủ điều kiện đầu vào tính toán cho SMK.

Các trạm có số liệu quan trắc theo từng tuần (7 ngày) và được phân tích với các thông số: pH, EC, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl⁻, NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na⁺, K⁺ [3]. Trong nghiên cứu này, xem xét đến nồng độ và lượng lắng đọng các ion: $nss-SO_4^{2-}$, $nss-Ca^{2+}$, NH_4^+ , NO_3^- và H^+ . Nồng độ và lượng lắng đọng các ion được tính toán và công bố theo các công thức của EANET.

Các ion H^+ , $nss-SO_4^{2-}$, $nss-Ca^{2+}$ được tính theo các công thức sau:

$$H^+ \left(\frac{\mu mol}{L} \right) = 10^{(6-\rho H)}$$

$$[nss-SO_4^{2-}] = [SSO_4^{2-}] - 0,06028 \times [Na^+]$$

$$[nss-Ca^{2+}] = [Ca^{2+}] - 0,02161 \times [Na^+]$$

Lượng lắng đọng ướt (Dw) được tính như sau:

$$Dw = \hat{C} \times P$$

$$\hat{C} = \frac{\sum (C_i P_i)}{\sum P_i}$$

Trong đó:

Dw : Lượng lắng đọng ướt theo tháng ($\mu mol/m^2/tháng$)

P : Tổng lượng mưa tháng (mm)

\hat{C} : Nồng độ ion trung bình tháng ($\mu mol/L$)

C_i : Nồng độ ion trung bình ngày ($\mu mol/L$)

P_i : Tổng lượng mưa ngày i (mm)

2.2. Phương pháp

Seasonal Mann-Kendall được phát triển bởi Hirsch và cộng sự (1982), nhằm mục đích phát hiện xu thế thay đổi của nồng độ các chất và các biến khí hậu, SMK đặc biệt được áp dụng để đánh giá xu thế cho các biến có ảnh hưởng bởi yếu tố mùa. Hơn nữa, SMK không nhạy cảm đối với các trường hợp bị thiếu dữ liệu và dữ liệu lỗi [10].

Ứng dụng phương pháp kiểm nghiệm phi

tham số Seasonal Mann-Kendall để đánh giá xu thế thay đổi nồng độ và mức độ lắng đọng của các chất ô nhiễm được sử dụng trong nhiều nghiên cứu trước đây [2, 5, 7]. Độ dốc xu thế SMK ước tính bằng độ dốc Theil-Sen [13] trong bài báo được quy ước là độ dốc Sen'slope.

Kitayama (2012) ước tính sự thay đổi hàng năm (tỷ lệ %/năm) trong lắng đọng ion được tính theo công thức:

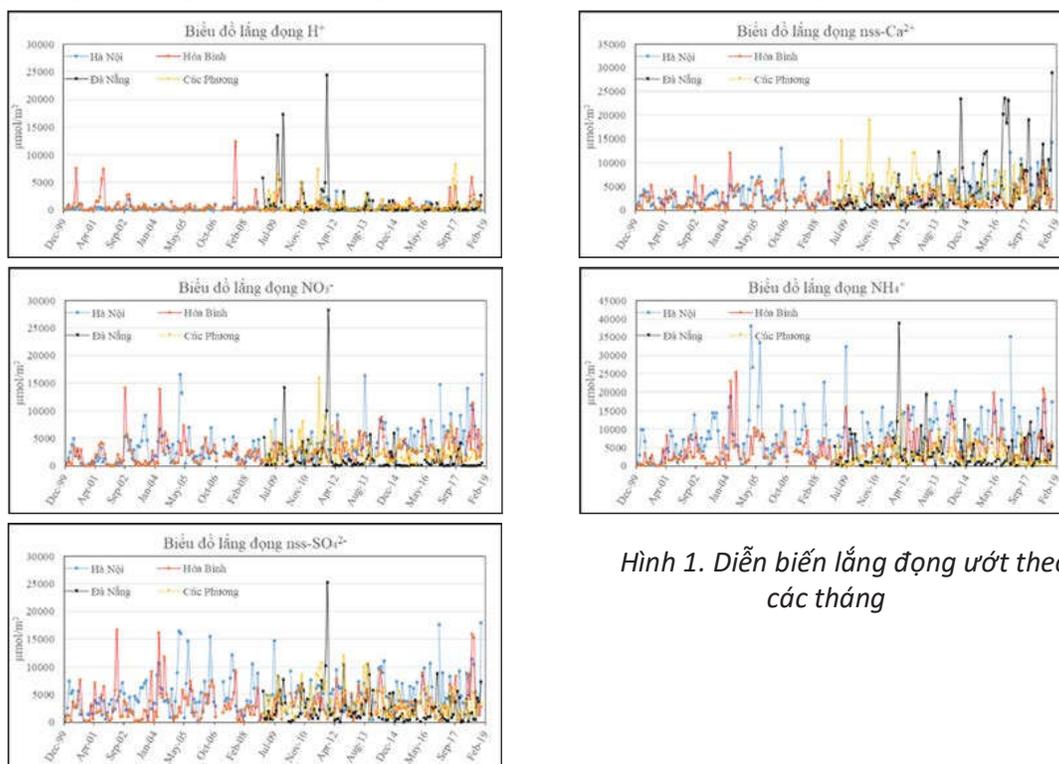
$Thay\ đổi = (Độ\ lớn\ của\ độ\ dốc\ xu\ thế) / (lắng\ đọng\ trung\ bình) \times 100\%$

Những thay đổi hàng năm về nồng độ ion và lượng mưa cũng được xác định tương tự.

3. Kết quả

3.1. Lắng đọng các ion theo tháng

Như miêu tả ở trên, trong nghiên cứu sử dụng số liệu 4 trạm là Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương và Đà Nẵng để đánh giá, phân tích xu thế của lắng đọng ướt. Kết quả cho thấy, lượng lắng đọng H^+ trung bình từ 307,3-1.167,5 $\mu mol/m^2/tháng$ (Bảng 1), cao nhất tại trạm Đà Nẵng và thấp nhất tại trạm Hà Nội. Lượng lắng đọng H^+ lớn nhất tại trạm Đà Nẵng và nhỏ nhất tại Hà Nội với giá trị lần lượt 24.414 $\mu mol/m^2/tháng$ và 0,08 $\mu mol/m^2/tháng$ (Hình 1).



Hình 1. Diễn biến lắng đọng ướt theo các tháng

Tổng lượng lắng đọng NO_3^- tập trung chủ yếu vào mùa hè và mùa xuân tại trạm Hà Nội và Hòa Bình; ở trạm Đà Nẵng tập trung chủ yếu vào mùa đông và mùa thu; ở trạm Cúc Phương có sự chênh lệch không đáng kể giữa các mùa. Lượng lắng đọng NO_3^- cao nhất tại trạm Hà Nội và thấp nhất tại trạm Đà Nẵng với giá trị lần lượt: $3.550,3\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ và $1.404,4\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ (Hình 1).

Lắng đọng nss-SO_4^{2-} tại trạm Đà Nẵng dao động khá lớn giữa các tháng trong năm, có giá trị lớn nhất là $25.254\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ và nhỏ nhất là $30,7\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$. Giá trị trung bình tại các trạm Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương và Đà Nẵng lần lượt là $4.815,7\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $3.228,8\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $3.400,2\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $2.624,3\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$. Như vậy, lắng đọng nss-SO_4^{2-} tại trạm Đà Nẵng thấp nhất trong

4 trạm.

Với lắng đọng nss-Ca^{2+} , giá trị lớn nhất được thấy tại trạm Đà Nẵng và giá trị nhỏ nhất tại trạm Hòa Bình với giá trị lần lượt: $28.956,7\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ và $22,6\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$. Theo giá trị trung bình, lắng đọng tại trạm Đà Nẵng có giá trị lớn nhất sau đó đến Cúc Phương, Hà Nội và Hòa Bình với giá trị lần lượt: $4.505,0\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $4.353,8\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $3.233,9\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $2.270,0\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ (Bảng 1).

Với lắng đọng NH_4^+ giá trị lớn nhất được thấy tại trạm Đà Nẵng và giá trị nhỏ nhất tại trạm Hòa Bình với giá trị lần lượt: $38933,4\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$ và $18\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$. Giá trị lắng đọng trung bình ở các trạm Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương và Đà Nẵng lần lượt là: $7.817,4\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $4.473,3\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $2.793,3\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$, $3.316\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{tháng}$.

Bảng 1. Giá trị trung bình tháng lắng đọng các ion, độ dốc Sen' slope, mức ý nghĩa p tại các trạm

Trạm		H^+	NO_3^-	nss-SO_4^{2-}	NH_4^+	nss-Ca^{2+}
Hà Nội	Trung bình	307,3	3550,3	4815,7	7817,4	3233,9
	Độ dốc Sen	-1,3	194,1	87,2	183,0	113,8
	p	0,0825	< 0,0001	0,0026	0,0003	0,0001
Hòa Bình	Trung bình	743,8	2562,9	3228,8	4473,3	2270,0
	Độ dốc Sen	-9,6	106,7	36,5	119,5	29,5
	p	0,0921	< 0,0001	0,2085	< 0,0001	0,1778
Đà Nẵng	Trung bình	925,5	2643,2	3400,2	2793,3	4353,8
	Độ dốc Sen	-10,9	-45,5	-84,1	65,8	-82,4
	p	0,6660	0,1774	0,2572	0,3880	0,6273
Cúc Phương	Trung bình	1167,5	1404,4	2624,3	3316,0	4505,0
	Độ dốc Sen	-51,3	-81,8	-47,4	4,5	496,7

Bảng 2. Mức độ thay đổi lắng đọng theo năm (%)

Trạm	H^+	NO_3^-	nss-SO_4^{2-}	NH_4^+	nss-Ca^{2+}
Hà Nội	-0,43	5,47***	1,81**	2,34***	3,52***
Hòa Bình	-1,29	4,16***	1,13	2,67***	1,30
Cúc Phương	-1,17	-1,72	-2,47	2,35	-1,89
Đà Nẵng	-4,40***	-5,82***	-1,81*	0,14	11,03***

Chú thích: * ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,05$)

** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,01$)

*** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,001$)

Bảng 3. Mức độ thay đổi nồng độ và lượng mưa theo năm (%)

Trạm	H ⁺	NO ₃ ⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	nss-Ca ²⁺	Lượng mưa
Hà Nội	-1,12**	3,83***	0,47	1,33***	0,75***	0,45
Hòa Bình	-0,85*	3,48***	0,68	2,31***	1,21*	-0,09
Cúc Phương	-3,45	-8,59*	-6,23***	0,09	-2,39**	1,80*
Đà Nẵng	-10,13***	-8,95***	-2,63*	0,72	12,67***	0,29

Chú thích: * ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,05$)

** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,01$)

*** ứng với mức ý nghĩa ($p < 0,001$)

3.2. Xu thế lắng đọng các ion

Giá trung bình lắng đọng theo tháng của các trạm, độ dốc Sen và mức ý nghĩa theo giá trị p được trình bày trong Bảng 1. Trong đó, tính toán theo SMK cho từng ion và theo các trạm, các giá trị $p > 0,05$ được cho là các kết quả tính toán không thỏa mãn theo mức ý nghĩa xem xét và sẽ bị loại bỏ. Các trạm và các ion có mức ý nghĩa $p < 0,05$ được xem xét để ước tính xu thế lắng đọng cho các ion tại các trạm. Các giá trị p nhỏ nhất xuất hiện tại các vị trí: Trạm Hà Nội với ion NO₃⁻; trạm Hòa Bình với ion NO₃⁻, NH₄⁺; trạm Đà Nẵng với các ion H⁺, NO₃⁻ và nss-Ca²⁺.

Mức độ thay đổi lắng đọng hàng năm được trình bày trong Bảng 3. Các trạm Hà Nội và Hòa Bình có xu thế tăng lắng đọng trong cả thời kỳ tính toán lần lượt là 5,47%/năm và 4,16%/năm. Nguyên nhân do sự gia tăng lượng phát thải, và đóng góp ô nhiễm không khí từ các khu vực lân cận. Theo dữ liệu phát thải từ EDGAR [18] từ năm 2000-2012 lượng phát thải NO_x tăng từ 439,59*10⁶-945,5*10⁶ kg mức tăng trung bình theo các năm là 6,66%. Dương Hồng Sơn (2013), ô nhiễm không khí từ khu vực phía Đông Bắc ảnh hưởng đến miền Bắc Việt Nam đối với NO₂ vào mùa đông và mùa hè lần lượt là: 48% và 1,5%. Đàm Duy Ân (2016), tỷ lệ lắng đọng khô NO₂ tại miền Bắc Việt Nam có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận vào các tháng 1, 2, 6 và 8 lần lượt là: 22,31%, 15,66%, 10,78% và 11,13%. Điều này giải thích xu thế tăng lắng đọng NO₃⁻ của trạm Hà Nội và Hòa Bình; tuy nhiên, chưa giải thích được xu thế giảm lắng đọng NO₃⁻ tại Cúc Phương và Đà Nẵng.

Tại trạm Hà Nội, có mức tăng lắng đọng nss-SO₄²⁻ lớn nhất với giá trị 1,81%/năm. Lượng phát thải SO₂ từ năm 2000-2012 tăng từ

324,15*10⁶-745,55*10⁶ kg [18] mức tăng trung bình theo các năm là 7,29%. Theo Dương Hồng Sơn (2013), vào mùa đông ô nhiễm không khí từ khu vực phía Đông Bắc ảnh hưởng đến miền Bắc Việt Nam khá lớn 55% đối với SO₂; theo Đàm Duy Ân (2016) tỷ lệ lắng đọng khô SO₂ tại miền Bắc có nguồn gốc từ các quốc gia lân cận từ 12,63-28,61%.

Xu thế lắng đọng ion NH₄⁺ chỉ tại trạm Hà Nội và Hòa Bình thỏa mãn mức ý nghĩa ($p < 0,05$). Trạm Đà Nẵng có mức tăng lắng đọng NH₄⁺ thấp nhất và nhỏ hơn khoảng 20 lần so với các trạm còn lại, lắng đọng NH₄⁺ tại Đà Nẵng có mức tăng 0,14%/năm, các trạm còn lại tăng từ 2,34-2,67%/năm.

Lắng đọng nss-Ca²⁺ có mức tăng trung bình 3,94%/năm tại 4 trạm, trạm Đà Nẵng có mức tăng cao nhất lên tới 11,03%/năm, duy nhất trạm Cúc Phương có lượng lắng đọng giảm là -1,89%/năm.

3.3. Xu thế của nồng độ các ion

Để phân tích nguyên nhân gây ra xu thế trong lắng đọng ion, trong nghiên cứu đã tiến hành phân tích xu thế của nồng độ các ion và lượng mưa (Bảng 3). Tương tự với lượng lắng đọng, kết quả tính cho nồng độ các ion và lượng mưa, với các xu thế không đạt mức ý nghĩa có khoảng giá trị p từ 0,056-0,876. Với các kết quả có xu thế ($p < 0,05$) nồng độ ion H⁺ có sự thay đổi hàng năm từ -10,13%/năm đến -0,85%/năm. Có thể giải thích nguyên nhân gây ra xu thế giảm lắng đọng ion H⁺ là do xu thế giảm nồng độ ion H⁺ trong nước mưa. Khi nồng độ ion H⁺ trong nước mưa giảm có nghĩa các khu vực này có xu thế giảm mưa axit hàng năm. Trong 4 trạm xem xét, duy nhất có trạm Cúc Phương là có xu thế không theo mức ý nghĩa ($p < 0,05$) đối với cả nồng độ

và lắng đọng ion H^+ . Trạm Hà Nội và Hòa Bình có xu thế giảm nồng độ nhưng không có xu thế giảm trong lắng đọng nên chưa thỏa mãn mức ý nghĩa ($p < 0,05$).

Với ion NO_3^- , khi nồng độ ion tại Cúc Phương và Đà Nẵng có xu thế giảm với mức giảm hàng năm khoảng -8%/năm gây ra xu thế giảm lượng lắng đọng tại 2 trạm này. Trong khi đó, trạm Hà Nội và Hòa Bình có xu thế tăng nồng độ NO_3^- từ 3,48-3,83%/năm và lắng đọng tăng từ 4,16-5,47%/năm.

Tương tự NO_3^- , ion $nss-SO_4^{2-}$ có xu thế tăng nồng độ và tăng lắng đọng tại Hà Nội, Hòa Bình, và có xu thế giảm nồng độ và giảm lắng đọng tại Cúc Phương, Đà Nẵng. Theo kết quả tính toán, trung bình 4 trạm có mức giảm nồng độ -1,93%/năm.

Với NH_4^+ , cả nồng độ và lắng đọng đều có xu thế tăng có ý nghĩa ($p < 0,05$) tại trạm Hà Nội và Hòa Bình; với trạm Cúc Phương và Hòa Bình, đều không đạt mức ý nghĩa ($p < 0,05$). Theo kết quả tính toán, 4 trạm có mức tăng nồng độ từ 0,09 -2,31%/năm, dẫn tới tăng lắng đọng NH_4^+ .

Với $nss-Ca^{2+}$, mức tăng nồng độ trung bình tại Đà Nẵng là 12,67%/năm dẫn tới lượng lắng đọng tăng 11,03%/năm. Trạm Hà Nội, Hòa Bình có mức tăng nồng độ trung bình lần lượt là

0,75%/năm và 1,21%/năm dẫn tới tăng lượng lắng đọng trung bình là 3,52% và 1,3%/năm.

Cúc Phương là trạm duy nhất có xu thế tăng lượng mưa thỏa mãn ($p < 0,05$) và có mức thay đổi hàng năm 1,8%/năm, đây cũng là mức thay đổi lớn nhất trong 4 trạm. Các trạm còn lại có mức thay đổi từ -0,09%/năm đến 0,45%/năm.

4. Kết luận

Các tính toán đã đánh giá được xu thế lắng đọng các ion theo thời gian tại 4 trạm Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương và Đà Nẵng. Lắng đọng H^+ có xu thế giảm tại tất cả các trạm, mức thay đổi lắng đọng dao động từ -4,4%/năm đến -0,43%/năm. Trong khi đó, lắng đọng NO_3^- và $nss-SO_4^{2-}$ có xu thế tăng tại 2 trạm Hà Nội, Hòa Bình và giảm tại 2 trạm Cúc Phương và Đà Nẵng. Lắng đọng NO_3^- có xu thế rõ ràng tại Hà Nội, Hòa Bình và Đà Nẵng. Ion $nss-SO_4^{2-}$ có xu thế rõ ràng tại Hà Nội và Đà Nẵng. NH_4^+ có xu thế rõ ràng tại Hà Nội và Hòa Bình, $nss-Ca^{2+}$ có xu thế rõ ràng tại Hà Nội và Đà Nẵng. Trong 4 trạm tính toán, chỉ có Cúc Phương là không có xu thế rõ ràng với tất cả các ion. Như vậy, có thể nhận thấy, tại các trạm của Việt Nam thuộc mạng lưới EANET, xu thế lắng đọng của các ion phụ thuộc chủ yếu vào xu thế nồng độ các ion trong nước mưa.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Đàm Duy Ân, Lê Văn Linh, Đàm Duy Hùng, Mai Trọng Thông (2016), “Đánh giá ảnh hưởng của lan truyền xuyên biên giới đến lắng đọng khô tại miền Bắc Việt Nam sử dụng phương pháp mô hình hóa WRF-CMAQ”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 32, Số 3S, tr. 1-6
2. Ngô Thị Vân Anh, Dương Hồng Sơn, Nguyễn Thị Hằng Nga, Lê Văn Linh, Lê Ngọc Cầu, Trần Thị Diệu Hằng (2017), “Nghiên cứu xác định xu thế lắng đọng axit tại các trạm thuộc mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET)”, *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, Số 1, tr. 61-66.
3. Ngô Thị Vân Anh, Lê Văn Quy, Lê Văn Linh, Trần Thị Diệu Hằng (2018), “Rà soát, đề xuất hoàn thiện mạng lưới giám sát lắng đọng axit tại Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, Số 8, tr. 1-12.
4. Dương Hồng Sơn (2013), *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của ô nhiễm không khí xuyên biên giới đến miền Bắc Việt Nam, ứng dụng công nghệ tiên tiến*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ TNMT.

Tài liệu tiếng Anh

5. Aldo Marchetto, Michela Rogora, Silvia Arisci (2013), *Trend analysis of atmospheric deposition data: A comparison of statistical approaches*, *Atmospheric Environment* 64, 95-102.
6. EANET (2018), *Data report 2017*.
7. Gregory van der Heijden, Arnaud Legout, Manuel Nicolas, Erwin Ulrich, Dale W. Johnson, Etienne Dambrine (2011), *Long-term sustainability of forest ecosystems on sandstone in the Vosges*

- Mountains (France) facing atmospheric deposition and silvicultural change, Forest Ecology and Management*, vol.261, issue.3, pp.730-740.
8. Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A (1982), *Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water Resour. Res.* 18(1), 107-121.
 9. Kitayama, K., Seto, S., Sato, M., and Hara (2012), *Increases of wet deposition at remote sites in Japan from 1991 to 2009, J. Atmos. Chem.*, 69, 33-46.
 10. Kitayama, K., Seto, S., Sato, M., and Hara (2012), *Increases of wet deposition at remote sites in Japan from 1991 to 2009, J. Atmos. Chem*, 69, 33-46.
 11. Lei Liu, Xiuying Zhang, Xuehe Lu (2016), *The composition, seasonal variation, and potential sources of the atmospheric wet sulfur (S) and nitrogen (N) deposition in the southwest of China. Environmental Science and Pollution Research*, 23:6363-6375.
 12. Noguchi, I., Hayashi, K., Aikawa, M., Ohizumi, T., Minami, Y., Kitamura, M., Takahashi, A., Tanimoto, H., Matsuda, K., Hara, H. (2007), *Temporal trends of non-sea salt sulfate and nitrate in wet deposition in Japan. Water Air Soil Pollut.* 7, 67-75 (2007). doi:10.1007/s11267-006-9095-5.
 13. Sen, P.K, (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, J. Am. Stat. Assoc.* 63, 1379-1389.
 14. Seto, S., Hara, H., Sato, M., Noguchi, I., Tonooka, Y. (2004), *Annual and seasonal trends of wet deposition in Japan. Atmospheric Environment*, doi:10.1016/j.atmosenv.2004.03.037.
 15. Seto, S., Nakamura, A., Noguchi, I., Ohizumi, T., Fukuzaki, N., Toyama, S., Maeda, M., Hayashi, K., Hara, H., (2002), *Annual and seasonal trends in chemical composition of precipitation in Japan during 1989–1998, Atmospheric Environment* 36(21), 3505-3517.
 16. Te Chang C, Wang CP, Chuan JH và cộng sự (2017), *Trends of two decadal precipitation chemistry in a subtropical rainforest in East Asia. Sci Total Environ* 605–606:88–98. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.158>.
 17. www.eanet.asia/
 18. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=432_AP

ASSESSMENT ON WET DEPOSITION TRENDS AT THE STATIONS UNDER EANET MONITORING NETWORK DURING THE PERIOD OF 2000-2018

Nguyen Thi Kim Anh⁽¹⁾, Le Van Quy⁽¹⁾, Le Van Linh⁽¹⁾, Nguyen Truong Giang⁽¹⁾, Nguyen Văn Tien⁽¹⁾,
Hoàng Thi Van⁽¹⁾, Nguyen Phuong Nhung⁽²⁾, Han Thi Ngan⁽³⁾

⁽¹⁾Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

⁽²⁾University of Transport Technology

⁽³⁾Viet Nam Administration of Forestry, Ministry of Agriculture and Rural Development

Received: 2/11/2019; Accepted: 29/11/2019

Abstract This paper presents the non-parametric test method Seasonal Mann-Kendall (SMK) to evaluate the tendency of wet deposition of $nss-SO_4^{2-}$, $nss-Ca^{2+}$, NH_4^+ , NO_3^- and H^+ ions at four stations in Ha Noi, Hoa Binh, Cuc Phuong and Da Nang during the period from 2000 to 2018. According to this, the deposition of H^+ tends to decrease caused by the reduction of H^+ concentration in rainwater, the average annual reduction of deposition ranges from 0.43%/year to 4.4%/year. The deposition of NO_3^- and $nss-SO_4^{2-}$ tend to increase in Ha Noi and Hoa Binh; conversely, they decrease in Cuc Phuong and Da Nang. Besides, the ion NH_4^+ has a clear tendency to increase in Ha Noi and Hoa Binh with an average annual increase from 2.34-2.67%/year. The $nss-Ca^{2+}$ also has a clear increased trend in Hanoi and Da Nang with an average annual rate at 3.52-11.03%/year.

Keywords: Wet deposition, Mann-Kendall, trend.