

## MÔ PHỎNG CHUỖI SỐ LIỆU LƯỢNG MƯA NĂM Ở QUẢNG BÌNH THÔNG QUA TÍNH CHẤT VÒNG NĂM CÂY THÔNG NHỰA

Đình Việt Hưng<sup>1</sup>, Phạm Quang Hà<sup>1</sup>, Trần Đình Phả<sup>1</sup>,  
Đoàn Thị Hoa<sup>1</sup>, Đỗ Thị Hồng Dung<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Hiếu<sup>1</sup>

### TÓM TẮT

Biến đổi khí hậu đã có ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây rừng, cụ thể ở đây là vòng năm cây thông nhựa phản ánh sự thay đổi của môi trường trong lịch sử ở Quảng Bình. Tổng lượng mưa năm trong 50 năm qua tại Quảng Bình có mối liên quan chặt chẽ đến hàm lượng tổng carbon trong vòng năm cây Thông nhựa được trồng tại đây. Sau khi xây dựng được phương trình tương quan giữa hai yếu tố này, chúng ta có thể mô phỏng chuỗi số liệu lượng mưa năm nơi đây. Kết quả mô phỏng chuỗi số liệu lượng mưa năm từ tính chất vật lý, hóa học trong vòng năm của cây Thông nhựa ở Quảng Bình và lượng mưa năm đo đạc từ trạm khí tượng thủy văn được thể hiện trong bài báo này. Kết quả mô phỏng cho thấy không có sự sai khác về lượng mưa năm đo đạc và lượng mưa năm tính toán từ phương trình tương quan.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu, vòng năm, lượng mưa năm, cây thông nhựa

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đặc điểm chung của khí hậu Quảng Bình là nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng sâu sắc của chế độ hoàn lưu khí quyển nhiệt đới như dải hội tụ nhiệt đới, áp cao cận nhiệt đới, vừa chịu ảnh hưởng của khí hậu chuyển tiếp giữa miền Bắc và miền Nam, một mùa chịu đặc trưng nhiệt đới phía Nam và một mùa chịu đặc trưng rét đậm phía Bắc (Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Quảng Bình, Khí hậu Quảng Bình).

Do đặc điểm địa hình hẹp, giới hạn phân cách núi cao một mái dốc về phía Quảng Bình (đỉnh nằm trên giới hạn biên giới Việt - Lào), những ngọn núi nằm trong địa bàn đều không cao lắm nên mưa thường diễn biến đồng thời trên cả 4 vùng: Núi, gò đồi, đồng bằng và dải cát nội đồng ven biển. Do vậy, trong mùa mưa và trong những ngày mưa tập trung, tất cả 4 vùng địa hình đều có lượng mưa tương ứng, rất dễ gây lụt và ngập nước vì không có địa bàn tiêu úng. Trong một số thời gian, lượng mưa vùng núi có thể cao hơn (khoảng 3000mm) do phân hoá mặt đệm.

Trên thế giới đã có khá nhiều nghiên cứu về mối quan hệ giữa các chỉ tiêu hóa học và vật lý của vòng năm cây Thông, cây Sồi với các yếu tố khí tượng thủy văn như mưa, nhiệt độ, bốc hơi, hay đơn giản như mưa axit, CO<sub>2</sub> trong không khí, đạm và lân trong đất và dòng chảy ... (Woo Jung Choi *et al.*, 2012). Theo Bitvinskas (1974), khi xác định được tuổi cây gỗ và tăng trưởng hàng năm của vòng năm trong mối liên hệ với các biến động của khí hậu thì có thể khôi phục và dự báo được các hiện tượng và quá trình tự nhiên khác. Bằng phương pháp khí hậu thực vật, Vương Văn Quỳnh (1990) đã nhận thấy rằng biến động của tăng trưởng và phân hóa

cây rừng của các lâm phần thông *Pinus sylvestris* ở Varônhezơ (Nga) chịu ảnh hưởng rất rõ rệt từ các điều kiện khí hậu. Oberhuber (2002) đã thiết lập tương quan giữa biến động nhiệt độ và lượng mưa với biến động của vòng năm của loài thông *Pinus longaeva*. Ông nhận thấy rằng bề rộng vòng năm nhỏ là do ảnh hưởng của nhiệt độ thấp.

Theo Eklund (1957), chỉ số tăng trưởng của loài thông *Picea excelsa* ở phía bắc Thụy Điển từ năm 1900 - 1944 có quan hệ chặt chẽ với một số yếu tố khí hậu theo dạng:

$$Y = 99,41 + 0,9188x_1 - 3,129x_2 - 2,405x_3 - 0,4282x_4$$

Trong đó:  $x_1$  là số ngày mưa từ 16 tháng 5 đến 31 tháng 7 cho những năm  $t$  có nhiệt độ trung bình cao nhất là 16°C,  $x_2$  là sản lượng hạt giống của năm  $t$ ,  $x_3$  là sản lượng hạt giống của năm  $t-1$  và  $x_4$  là nhiệt độ hàng ngày cao nhất của năm  $t-1$ . Lượng mưa cũng được đưa vào phân tích nhưng do hệ số hồi qui của nó không có ý nghĩa thống kê nên đã bị loại bỏ. Như vậy, bề rộng vòng năm gia tăng cùng với sự gia tăng số ngày mưa từ 16 tháng 5 đến 31 tháng 7. Ngược lại, khi nâng cao sản lượng hạt giống năm thứ  $t$  và  $t-1$  và nhiệt độ hàng ngày cao nhất của năm  $t-1$  thì bề rộng vòng năm sẽ giảm.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu liên quan đến vòng năm cây thông ở Việt Nam, việc xây dựng phương trình tương quan giữa lượng mưa năm và các tính chất vật lý, hóa học của cây thông, đặc biệt là cây thông nhựa ở Quảng Bình chưa được ai nghiên cứu (Đình Việt Hưng *et al.*, 2011, 2012, 2013) Bài báo này để cập tới phương trình tương quan giữa chúng và mô phỏng lại lượng mưa năm trong lịch sử ở Quảng Bình từ vòng năm cây thông nhựa.

<sup>1</sup> Viện Môi trường Nông nghiệp

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Thớt gỗ cây Thông nhựa được cắt từ độ cao 1,3m từ gốc lên với chiều dày 10cm, được lấy tại 4 hướng Đông, Tây, Nam, Bắc trong khu rừng trồng Thông nhựa tại xã Quảng Xương, huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

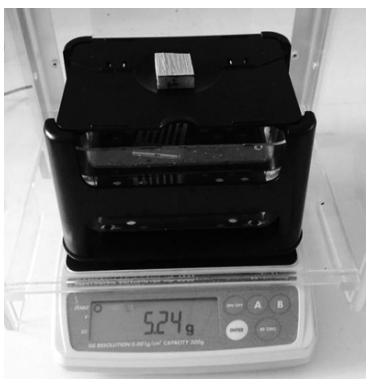
#### 2.2.1 Dùng phần mềm SPSS để tính toán hồi quy tuyến tính

- Dùng hàm Correl để tính ma trận tương quan giữa chỉ số bề rộng vòng năm (tính toán bằng phần mềm Cdendro của Thụy Điển (Đình Việt Hưng, 2011)) với chỉ số lượng mưa năm ở Quảng Bình.



Hình 1. Tính độ rộng vòng năm bằng phần mềm Cdendro

- Dùng hàm Correl để tính ma trận tương quan giữa chỉ số Tỷ trọng trong vòng năm (theo phương pháp tính tỷ trọng của Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam (Nguyễn Tử Kim, 2011-2015)) với chỉ số lượng mưa năm ở Quảng Bình.

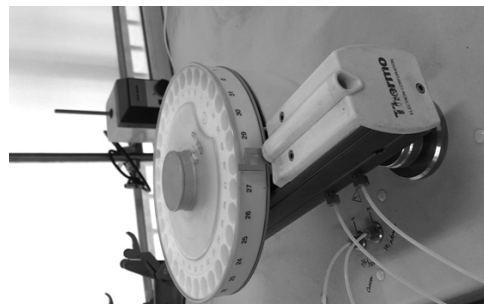


Hình 2. Xác định khối lượng của mẫu gỗ (g)

- Dùng hàm Correl để tính ma trận tương quan giữa chỉ số tổng đạm (T-N) trong vòng năm (phân tích theo phương pháp 10 TCN 451:2001 tại Trung tâm Phân tích và Chuyển giao công nghệ môi trường,

Viện Môi trường Nông nghiệp) với chỉ số lượng mưa năm ở Quảng Bình.

- Dùng hàm Correl để tính ma trận tương quan giữa chỉ số tổng carbon (T-C) trong vòng năm (phân tích bằng máy Elements tại trường Đại học Quốc gia Chonnam, Hàn Quốc) với chỉ số lượng mưa năm ở Quảng Bình.



Hình 3. Máy phân tích yếu tố Elements

- Dùng phương pháp hồi quy từng bước để xác định mối quan hệ giữa các chỉ tiêu vật lý, hóa học trong vòng năm với chỉ số lượng mưa năm của Quảng Bình để tìm ra phương trình tương quan tuyến tính.

#### 2.2.2 Phương pháp mô phỏng bằng so sánh cặp

Dùng phần mềm Excel với t-Test cho cặp đôi để so sánh sự khác biệt của 2 chuỗi số liệu về lượng mưa năm thực đo và lượng mưa năm tính toán.

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Phân tích tương quan giữa tổng lượng mưa năm và số ngày mưa với từng tính chất vật lý hóa học trong vòng năm của cây Thông nhựa, ta có bảng sau:

Từ kết quả bảng 1, ta thấy tương quan giữa tổng lượng mưa năm với tổng carbon trong vòng năm rất chặt ( $R^2 = 0,77$ ;  $P < 0,005$ ), trong khi đó tương quan với độ rỗng, tỷ trọng và tổng đạm gần như là không có.

Bên cạnh đó, tương quan giữa số ngày mưa với độ rỗng vòng năm khá chặt ( $R^2 = 0,48$ ,  $P = 0,01$ ), trong khi đó tương quan với tỷ trọng, tổng đạm và tổng carbon gần như là không có.

Vậy ta có phương trình:

$$Y = 3334 - 23,8X$$

Trong đó: X là tổng carbon trong vòng năm (%); Y là tổng lượng mưa năm ở Quảng Bình.

Từ phương trình trên, khi biết được chuỗi số liệu về tổng carbon trong vòng năm của mỗi giai đoạn 5 năm trong cây thông nhựa, sẽ tính được tổng lượng mưa năm nơi đây cho mỗi giai đoạn 5 năm từ năm 1960 đến năm 2015.

**Bảng 1.** Phương trình tương quan giữa các yếu tố trong vòng năm với tổng lượng mưa năm và số ngày mưa (mỗi giai đoạn 5 năm từ 1960 đến 2015)

Yếu tố	Độ rộng	Tỷ trọng	T-N (Tổng Ni-tơ)	T-C (Tổng Các-bon)
Tổng lượng mưa năm	R <sup>2</sup> : 0,39	R <sup>2</sup> : <0,0005	R <sup>2</sup> : 0,08	Y=3334-23,8X R <sup>2</sup> : 0,77 P: 0,0002
Số ngày mưa trong năm	Y=105+12,3X R <sup>2</sup> : 0,48 P: 0,01	R <sup>2</sup> : 0,31	R <sup>2</sup> : 0,32	R <sup>2</sup> : 0,08

**Bảng 2.** Kết quả nội suy tổng lượng mưa năm tại Quảng Bình trong giai đoạn 55 năm (1960-2015)

Giai đoạn 5 năm	Tổng carbon (T-C) %	Lượng mưa năm (mm)	Nội suy lượng mưa (mm)
1960-1964	60,07	1901,70	1904,45
1965	42,00	2339,42	2334,40
1970	44,80	2207,00	2267,76
1975	58,74	1928,30	1936,11
1980	46,00	2417,52	2239,20
1985	47,00	2378,94	2215,40
1990	48,27	2137,68	2185,27
1995	44,44	2214,12	2276,23
2000	51,65	2069,94	2104,66
2005	56,34	1976,26	1993,18
2010	48,74	2128,26	2174,06
2015	40,72	2288,56	2364,82

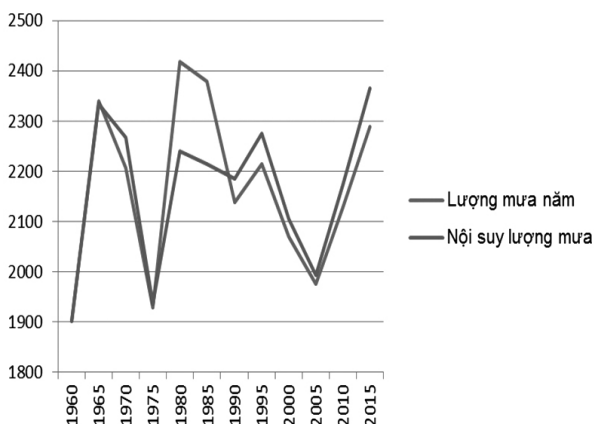
Kết quả so sánh cặp như sau:

T-Test: So sánh hai giá trị trung bình

	Giá trị 1	Giá trị 2
Giá trị trung bình	2165,641667	2166,29465
Phương sai	30137,00898	23046,73224
Số mẫu quan sát	12	12
Sự tương quan Pearson	0,874734936	
Sai khác trung bình lý thuyết	0	
df	11	
t Stat	-0,026887949	
P(T<=t) one-tail	0,489515354	
t Critical one-tail	1,795884819	
P(T<=t) two-tail	0,979030707	
t Critical two-tail	2,20098516	

Với tStat 0,027 và sự sai khác trung bình lý thuyết = 0, kết quả đã chứng minh không có sự sai khác giữa 2 chuỗi số liệu về tổng lượng mưa năm thực đo và tính toán.

Từ kết quả trên, ta có đồ thị mô phỏng lượng mưa tại Quảng Bình như sau:



**Hình 4.** Mô phỏng lượng mưa năm tại Quảng Bình cho mỗi giai đoạn 5 năm từ năm 1960 đến năm 2015

#### IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

##### 4.1. Kết luận

Y=3334 - 23,8X là phương trình tương quan tuyến tính giữa lượng mưa năm ở Quảng Bình và tính chất vòng năm cây Thông nhựa, trong đó: X là tổng carbon trong vòng năm (%); Y là tổng lượng mưa năm ở Quảng Bình

Kết quả mô phỏng và so sánh cặp cho thấy gần như không có sự sai khác giữa 2 chuỗi số liệu lượng mưa năm thực đo và tính toán.

Như vậy, phương trình này có thể được nội suy để tính mô phỏng hoặc kéo dài chuỗi số liệu lượng mưa năm từ tính chất tổng carbon trong vòng năm cây Thông nhựa. Đặc biệt với những vùng cao nguyên nơi không có trạm khí tượng thủy văn, kết quả này sẽ được coi là số liệu nền về tổng lượng mưa năm cho các nghiên cứu liên quan.

#### 4.2. Đề nghị

Tiếp tục nghiên cứu các yếu tố khí tượng ảnh hưởng khác đến sinh trưởng và phát triển của cây Thông và các cây khác.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

**Choi, W.J., Lee, K.H.**, 2012. A short overview on linking annual tree ring carbon isotopes to historical changes in atmospheric environment. *For. Sci. Technol.* 8, 73-78.

**Đ.I.Kazakevits**, 2005. *Cơ sở lý thuyết hàm ngẫu nhiên và ứng dụng trong khí tượng thủy văn*. NXB ĐHQG Hà Nội

**Đinh Việt Hưng**, 2011. *Hướng dẫn sử dụng phần mềm Cdendro tính độ rộng trong vòng năm cây*. Trường Đại học Quốc gia Chonnam, Hàn Quốc

**Đinh Viet Hung et al**, 2012. Foliar chemistry and tree ring  $\delta^{13}C$  of *Pinus densiflora* in relation to tree growth along a soil pH gradient. *Journal Plant Soil* Volume 363, Issue 1-2, pp 101-112, Online ISSN 1573-5036, Print ISSN 0032-079X DOI 10.1007/s11104-012-1301-9, Springer Netherlands, <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-012-1301-9>,

**Đinh Viet Hung et al**, 2013. Variation in carbon isotope ratio of annual rings of *Quercus variabilis* tree with different radial growth in relation with environmental changes in southern Korea. *Journal of Plant Ecology*.

**Đinh Viet Hung et al**, 2011. Tree Ring Ca/Al as an

Indicator of Historical Soil Acidification of *Pinus densiflora* Forest in Southern Korea. *Korean J Environ Agric* (2011), Online ISSN: 2233-4173, Print ISSN: 1225-3537, Vol. 30, No. 3, pp.229-233, <http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2011.30.3.229>, [http://koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=HGNNHB8\\_2011\\_v30n3\\_229](http://koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=HGNNHB8_2011_v30n3_229)

**Dương Văn Khâm, Nguyễn Văn Viêt**, 2012. *Giáo trình khí hậu nông nghiệp phục vụ sản xuất nông nghiệp Việt Nam*. Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ.

**Nguyễn Tử Kim**, 2011-2015. Dự án “Nghiên cứu cấu tạo, tính chất vật lý, cơ học và thành phần hóa học của một số loài gỗ và tre thông dụng ở Việt Nam làm cơ sở cho chế biến, bảo quản và sử dụng”. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.

**Bùi Thị Phương Loan**, 2013. Báo cáo hàng năm 2013 của dự án xử lý số liệu khí tượng thủy văn phục vụ thích ứng với biến đổi khí hậu ở Việt Nam.

**Hoàng Kim Ngũ và Phùng Ngọc Lan**, 2005. *Sinh thái rừng*. NXB Nông nghiệp.

**Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Quảng Bình**. Khí hậu Quảng Bình.

**Trần Tân Tiến và Nguyễn Đăng Quế**, 2002. *Xử lý số liệu khí tượng và dự báo thời tiết bằng phương pháp thống kê vật lý*. NXB ĐHQG Hà Nội.

**Mai Văn Trinh**, 2010. *Hướng dẫn sử dụng phần mềm SPSS trong xử lý thống kê ngành nông nghiệp*. Viện Môi trường Nông nghiệp.

### Simulation of annual rainfall by characteristics in pine tree ring (*Pinus merkusii*) in Quang Binh

Đinh Viet Hung, Phạm Quang Hà, Trần Đình Pha, Đoàn Thị Hoa, Đỗ Thị Hồng Dung, Nguyễn Đức Hiếu

#### Abstract

Environment change affects tree growth and development and pine tree ring reflects environmental changes in Quang Binh history. The total rainfall during the past 50 years was closely linked with total carbon of pine tree ring grown in Quang Binh. The annual precipitation data chain can be simulated after establishment of correlation equation between rainfall and total carbon in tree ring in Quang Binh. The result of simulation of annual precipitation data chain based on physical and chemical characteristics in pine tree ring and annual rainfall measured by the Quang Binh Hydrometeorological station was recorded in this paper. The result showed that there was no difference of annual rainfall between simulated data and measured data.

**Key words:** Climate change, tree ring, annual rainfall, *Pinus merkusii*

Ngày nhận bài: 5/11/2016  
Người phản biện: TS. Nguyễn Tử Kim

Ngày phản biện: 16/11/2016  
Ngày duyệt đăng: 21/11/2016

# ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TỪ BÃI CHÔN LẤP TRÊN ĐỊA BÀN ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

Trần Quốc Việt<sup>1</sup>, Đinh Tiến Dũng<sup>1</sup>, Đỗ Phương Chi<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Hà<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bãi chôn lấp (BCL) chất thải rắn là một trong các nguồn phát sinh khí nhà kính (KNK) đặc biệt là khí methane ( $CH_4$ ). Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá mức độ phát sinh khí nhà kính tại 15 bãi chôn lấp tại đồng bằng sông Hồng để đề xuất giải pháp giảm thiểu. Phương pháp đo được áp dụng là phương pháp lấy mẫu tĩnh theo thời gian (04 thời điểm, mỗi thời điểm cách nhau 20 phút), kết quả cho thấy tốc độ phát sinh khí trung bình đối với  $CO_2$ ,  $CH_4$  và  $N_2O$  lần lượt là: 19,1; 12,1 và 0,012 mg/m<sup>2</sup>/giờ. Tốc độ phát sinh khí nhà kính tương đương đạt 351 tấn  $CO_2eq/ha/năm$ . Thời gian sử dụng ô chôn lấp, kỹ thuật che phủ tạm thời và lớp phủ vĩnh viễn ô chôn lấp, hệ thống thu hồi khí bãi rác là những yếu tố ảnh hưởng đáng kể tới tốc độ phát sinh KNK, theo đó thời gian phát sinh khí lớn nhất là 1-2 năm đầu tại các BCL không có lớp che phủ đạt chuẩn và không có hệ thống thu khí. Do đó, việc đảm bảo tiêu chuẩn thiết kế và vận hành cho những tiêu chí này là cần thiết nhằm đảm bảo cắt giảm phát thải KNK và giảm thiểu tiềm năng biến đổi khí hậu từ hoạt động chôn lấp CTR.

**Từ khóa:** Bãi chôn lấp, phát thải khí nhà kính, Đồng bằng sông Hồng

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây với tốc độ phát triển kinh tế, xã hội và tốc độ đô thị hoá nhanh, Đồng bằng sông Hồng với mật độ dân số cao là vùng phát sinh chất thải rắn (CTR) đô thị với khối lượng đặc biệt lớn so với cả nước (9.346 tấn/ngày - Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia, 2011). Phần lớn chất thải rắn chưa được phân loại tại nguồn, được thu gom và vận chuyển về các bãi chôn lấp. Quá trình phân huỷ yếm khí hoặc thiếu khí ở đây là nguyên nhân dẫn đến việc phát sinh lớn các khí nhà kính. Trong đó,  $CO_2$ ,  $CH_4$  và  $N_2O$  là các chất khí quan trọng lần lượt chiếm vị trí số 1, 3 và 4 trong các chất khí gây hiệu ứng nhà kính. Theo Nguyễn Văn Phước (2010),  $CH_4$  và  $CO_2$  chiếm gần hầu hết thành phần khí phát sinh từ bãi rác, trong đó  $CH_4$  từ 45 - 60% về thể tích. Phát sinh khí thải bãi chôn lấp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như thành phần, độ ẩm rác, nhiệt độ, lượng mưa, chế độ vận hành bãi chôn lấp... trong đó, một số yếu tố có thể chủ động khống chế được. Dưới áp lực phải cắt giảm khí nhà kính để bảo vệ môi trường bền vững, để tài được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng của 15 bãi chôn lấp được quy hoạch trên địa bàn đồng bằng sông Hồng và đề xuất giải pháp giảm thiểu phát thải.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

Trung tâm Phân tích và Chuyển giao công nghệ môi trường kết hợp với Trung tâm Tư vấn và Công nghệ môi trường (thuộc Tổng cục Môi trường) đã tiến

hành lựa chọn ra 15 bãi chôn lấp (BCL) trên địa bàn các tỉnh/thành phố Đồng bằng sông Hồng (Bảng 1).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp lấy mẫu: Lấy mẫu bằng phương pháp buồng tĩnh, thời gian lấy mẫu 20 phút/lần chia làm 4 thời điểm sau khi đặt thiết bị: 0, 20, 40, 60 phút. Vị trí lấy mẫu ngẫu nhiên tại 4 vị trí/bãi chôn lấp. Tổng số vị trí lấy mẫu là 60, tổng số mẫu đã lấy là 240 mẫu. Trong quá trình lấy mẫu có theo dõi yếu tố nhiệt độ bên trong và bên ngoài của thiết bị lấy mẫu. Mẫu được lấy vào các lọ chân không có thể tích 5ml, sau đó chuyển về phòng phân tích môi trường thuộc Trung tâm Phân tích và Chuyển giao công nghệ môi trường phân tích.

- Phương pháp phân tích: Phân tích các khí  $CO_2$ ,  $CH_4$  và  $N_2O$  bằng phương pháp sắc ký khí trên máy sắc ký khí chuyên dụng của Hãng Shimadzu (GC-2014).

- Phương pháp xử lý số liệu:

Các luồng khí được tính toán bằng cách sử dụng phương trình sau đây của Smith và Conen (2004):

$$F = \left(\frac{\Delta C}{\Delta t}\right) * \left(\frac{V}{A}\right) * \left(\frac{M}{V}\right) * \left(\frac{P}{P_0}\right) * \left(\frac{273}{T}\right)$$

Trong đó,  $\Delta C$  là sự thay đổi nồng độ khí quan tâm trong khoảng thời gian  $\Delta t$ ;  $V$  và  $A$  là thể tích buồng và diện tích bề mặt của đất;  $M$  là khối lượng nguyên tử của khí đó;  $V$  là thể tích chiếm bởi 1 mol khí ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn (22,4 L);  $P$  là áp suất khí quyển (mbar),  $P_0$  là áp suất tiêu chuẩn (1013 mbar);  $T$  là nhiệt độ Kelvin ( $^{\circ}K$ ).

<sup>1</sup> Trung tâm Phân tích và Chuyển giao công nghệ môi trường - Viện Môi trường Nông nghiệp

<sup>2</sup> Bộ môn Công nghệ môi trường, Khoa Môi trường - Học viện Nông nghiệp Việt Nam