VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences

Journal homepage: https://js.vnu.edu.vn/EES

Original Article

Assessment of the Accumulation of Polycyclic Aromatic Organic Compounds (16 PAHs) and their Pollution Sources in River Sediments of Some Northern Border Provinces of Vietnam

Nguyen Thi Hue[1,*], Dang Thi Thom[2], Do Van Manh[1], Nguyen Xuan Dat[1], Hoang Nam[1], Vu Van Tu[1], Luu Van Huyen[3], Nguyen Thi Ha[4,*]

[1]*Institute of Energy and Environmental Science and Technology, Building A30, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam*
[2]*Academy of Science and Technology, Building A28, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam*
[3]*University of Natural Resources and Environment, 41 Phu Dien, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam*
[4]*VNU University of Sciences, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 27th July 2025
Revised 10th February 2026; Accepted 26th March 2026

Abstract: This study assessed the occurrence and distribution of 16 common polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from four regional rivers in northern Vietnam: the Lo River (Ha Giang), the Da River (Lai Chau), the Red River (Lao Cai), and the Ka Long River (Quang Ninh). Twenty sediment samples were collected during the 2024 rainy season and analyzed by GC-MS using Environmental Protection Agency (EPA) standard methods (3540C and 3630C). The results detected the presence of 10 PAHs (Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Anthracene, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, Benz[a]anthracene and Chrysene), of which Naphthalene, Anthracene, and Phenanthrene were with quite high contents. Total PAH concentrations ranged from 20.25 to 48.83 µg/kg, with the highest in sediments from the Ka Long River, where Naphthalene although is significantly lower than the threshold specified in river sediments according to QCVN43:2017 BTNMT, it has levels exceeded the Canadian ISQG threshold by 1.62 times. The concentration of PAHs in the upstream sediments of the four rivers was still much lower than the regulations on PAHs in freshwater sediments according to QCVN 43: 2017 BTNMT. In addition, the Phenanthrene/Anthracene ratio was less than 4 (in the range of 0.89 - 2.85), indicating that low-temperature combustion was the main source of PAHs. The findings showed initial signs of organic pollution in river sediments and raised the need for more effective and adequate monitoring and pollution control in transboundary river systems.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); river sediment pollution; Northern Vietnam, Naphthalene, Anthracene and Phenanthrene.

* Corresponding author.
E-mail address: nguyenthiha@hus.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4997

Đánh giá sự tồn lưu các hợp chất hữu cơ thơm đa vòng (16 PAHs) và nguồn gốc ô nhiễm của chúng trong trầm tích sông của một số tỉnh biên giới phía Bắc – Việt Nam

Nguyễn Thị Huệ[1*], Đặng Thị Thơm[2], Đỗ Văn Mạnh[1], Nguyễn Xuân Đạt[1], Hoàng Nam[1], Vũ Văn Tú [1], Lưu Văn Huyền[3], Nguyễn Thị Hà[4,*]

[1]*Viện Khoa học Công nghệ Năng lượng và Môi trường, Nhà A30, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam*

[2]*Học viện Khoa học Công nghệ, Nhà A28, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam*

[3]*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, 41 Phú Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam*

[4]*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 344 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 27 tháng 6 năm 2025
Chỉnh sửa ngày 10 tháng 02 năm 2026; Chấp nhận đăng ngày 26 tháng 3 năm 2026

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá sự xuất hiện và phân bố của 16 hydrocarbon thơm đa vòng (polycyclic aromatic hydrocarbon - PAH) phổ biến trong trầm tích 4 sông khu vực miền Bắc Việt Nam: Sông Lô (Hà Giang), Sông Đà (Lai Châu), Sông Hồng (Lào Cai) và Sông Ka Long (Quảng Ninh). Các mẫu trầm tích đã được thu thập trong mùa mưa và mùa khô năm 2024 và phân tích bằng sắc ký khí ghép nối phổ khối (GC-MS) theo các phương pháp tiêu chuẩn của Cơ quan Bảo vệ môi trường (EPA) (3540C và 3630C). Kết quả đã phát hiện thấy 10 PAH (Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Anthracene, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, Benz[a]anthracene và Chrysene), trong đó Naphthalene, Anthracene và Phenanthrene xuất hiện với hàm lượng khá cao. Nồng độ tổng PAH trong khoảng 20,25 - 48,83 µg/kg, cao nhất trong trầm tích sông Ka Long, với mức Naphthalene mặc dù nhỏ hơn đáng kể ngưỡng quy định trong trầm tích sông theo QCVN43:2017 BTNMT tuy nhiên đã vượt ngưỡng ISQG của Canada 1,62 lần. Nồng độ PAHs trong trầm tích thượng lưu 4 sông vẫn thấp hơn rất nhiều quy định về PAHs trong trầm tích nước ngọt theo QCVN 43: 2017 BTNMN. Ngoài ra, tỉ lệ thành phần Phenanthrene/Anthracene nhỏ hơn 4 (trong khoảng 0,89-2,85) chứng tỏ quá trình đốt cháy ở nhiệt độ thấp là nguồn chính của các PAHs. Các phát hiện cho thấy dấu hiệu ban đầu của ô nhiễm PAHs trong trầm tích sông và đặt ra yêu cầu giám sát và kiểm soát ô nhiễm đầy đủ, hiệu quả hơn nữa đối với các hệ thống sông xuyên biên giới.

Từ khóa: Hydrocarbon thơm đa vòng (PAH); ô nhiễm trầm tích sông; miền Bắc Việt Nam, Naphthalene, Anthracene và Phenanthrene.

1. Mở đầu

Hiện nay tình trạng trầm tích bị ô nhiễm các hợp chất hữu cơ đa vòng (PAHs) đang là vấn đề báo động đặc biệt ở các nước đang phát triển. PAHs tích tụ trong trầm tích gây tác động xấu đến chất lượng nước, hệ sinh thái và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Theo cơ quan nghiên

* Tác giả liên hệ.
Địa chỉ email: nguyenthiha@hus.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4997

cứu Quốc tế về ung thư (IARC), một số loại PAHs có thể gây ung thư ở người và động vật. Các PAHs có khối lượng phân tử nhỏ, cấu tạo phân tử chỉ có 1-3 vòng thơm thường rất độc, trong khi các PAHs có khối lượng phân tử lớn lại có thể gây độc hoặc đột biến gen.

Trong trầm tích từ thượng nguồn sông Hoài Hà (Đông Trung Quốc), 16 mẫu trầm tích bề mặt đã được thu thập để phân tích PAH. Kết quả cho thấy, tổng nồng độ của 16 PAH (∑16PAHs) trong khoảng 95,2-877,5 µg/kg trọng lượng khô (dw), trung bình 370,8 µg/kg dw đối với dòng chính; 85,7-935,2 µg/kg dw (trung bình 480,7 µg/kg dw) đối với các nhánh và 144,8 - 303,2 µg/kg dw (trung bình 224,0 µg/kg dw) đối với các hồ [1]. Tại châu Âu, đã phát hiện ∑16 PAHs trong khoảng 10,0-4140 µg/kg ở sông Danube và các nhánh sông. Giá trị này thấp hơn ∑PAHs trong trầm tích sông Sava (265,1-11,272 µg/kg) ở Serbia [2]. PAHs trong nước mặt và trầm tích từ 9 địa điểm ở thượng nguồn sông Danube và các nhánh sông ở Hungary vào mùa thu năm 2012 cũng được phát hiện với ∑16 PAHs trong các mẫu nước dao động từ 67-96 ng/L, chủ yếu là PAH hai và ba vòng. ∑16 PAHs trong trầm tích dao động từ 35,2-288,3 ng/g dw. PAH bốn vòng bao gồm fluoranthene và pyrene là chiếm ưu thế. Sự phân bố không gian của ∑PAHs trong trầm tích tùy theo địa điểm. Nồng độ tương đương benzo[a]pyrene cao nhất được xác định tại địa điểm gần lò đốt chất thải nguy hại. Tuy nhiên, việc so sánh ∑PAHs được xác định với các đoạn khác của sông Danube và các tiêu chuẩn chất lượng môi trường cho thấy nồng độ PAHs tương đối thấp ở thượng nguồn Hungary [3].

Qua khảo sát 96 mẫu (nước và trầm tích) sông Gomti, một nhánh chính của sông Hằng (Ấn Độ) thu thập được từ 8 địa điểm khác nhau trong 2 năm (2010-2011), ∑16 PAHs trong nước và trầm tích đáy nằm trong khoảng từ 0,06 đến 84,21 µg/L (trung bình với n = 48), 10,33 ± 19,94 µg/L) và 5,24 – 3.722,87 ng/g dw [trung bình (n = 48): tương ứng là 697,25 ± 1.005,23 ng/g dw]. Trong nước, chủ yếu là các PAH hai và ba vòng và trong khi ở trầm tích, PAH ba và bốn vòng chiếm ưu thế. Tỷ lệ anthracene (An)/[An + phenenthrene] và fluoranthene (Fla)/[Fla + pyrene] đã được tính toán trong nghiên cứu đánh giá các nguồn PAH và xác định được nhiệt phân và nguồn dầu mỏ là nguồn PAH chính [4].

Nghiên cứu thành phần của 16 PAHs về nguồn gốc và rủi ro sinh thái được thực hiện tại Phá Curonian và Đồng bằng sông Nemunas, Lithuania. Tổng nồng độ PAHs dao động từ 5,6 đến 528,4 ng/g dw ở mức ô nhiễm từ thấp đến trung bình. Các nguồn PAH chính được xác định là khí thải từ phương tiện giao thông, sinh khối, tràn dầu và đốt than [5]. Zhe Wang và nnk đã phân tích PAHs trong môi trường Karst tích tụ trầm tích sông, miền nam Trung Quốc. Kết quả cho thấy ∑PAHs trong trầm tích mặt trong khoảng 400,14-1194,69 ng/g, nằm trong ngưỡng dưới mức ô nhiễm trung bình. Nguồn thải và tính chất vật lý, hóa học của PAHs là nguyên nhân dẫn đến nồng độ PAHs giảm dần từ thượng nguồn xuống hạ nguồn, tuy nhiên tỷ lệ PAHs nhiều hơn 3 vòng có xu hướng tăng dần [6].

Ở Việt Nam đã có các nghiên cứu liên quan như Phạm Thị Kha (2015) đã tìm thấy hàm lượng 8 PAHs trong trầm tích đầm Thị Nại, hàm lượng dao động trong khoảng 3,03 -113,77 µg/kg dw, trung bình là 23,66 µg/kg dw. Hàm lượng PAHs thường cao hơn ở khu vực đỉnh đầm, giữa đầm và thấp hơn ở khu vực cửa đầm. Trong các mẫu trầm tích, các PAHs 4-5 vòng chiếm chủ yếu (35,66-90,56%). Kết quả ban đầu cho thấy các PAHs đầm Thị Nại có nguồn gốc chủ yếu từ xăng dầu [7]. PAHs trong trầm tích sông Kim Ngưu, 33 chất thuộc họ PAHs với nồng độ từ 3,708-74,580 µg/kg dw. Nguồn phát thải các PAHs chủ yếu là do xăng dầu sử dụng trong giao thông và sinh hoạt. Nhận định này tương đối phù hợp do sông Kim Ngưu là sông thoát nước thải của Hà Nội. Nguy cơ sinh thái do các PAHs còn lại trong trầm tích đang ở mức thấp [8]. Le Thảo Thanh Xuân và nnk (2020) đã phân tích 16 PAHs trong trầm tích mặt sông Mê Kông và phát hiện nồng độ ∑PAHs dao động từ 53,66 đến 1205,35 ng/g dw, trung bình là 281,08 ± 391,13 ng/g dw. Trong số 16 hợp chất PAH được phân tích, Pyrene (Pyr) và Fluoranthene (Flu) được phát hiện trong tất cả các mẫu trầm tích. Naphthalene (Nap) có nồng độ cao nhất trong số các PAH

được phát hiện. Căn cứ theo chỉ số rủi ro (RQ), PAH được đánh giá gây rủi ro sinh thái ở mức thấp đến trung bình [9].

Những số liệu về ô nhiễm PAHs trong trầm tích tại thượng nguồn 4 con sông từ Trung Quốc đổ về Việt Nam như Sông Lô (Hà Giang), sông Đà (Lai Châu), sông Hồng (Lào Cai) và sông Ka Long (Quảng Ninh) hầu như vẫn còn thiếu, chưa thấy rõ sự xuất hiện cũng như nguy cơ ô nhiễm của chúng trong môi trường trầm tích sông. Mặc dù các khu vực này thưa dân cư, ít có hoạt động công nghiệp nhưng chất lượng trầm tích của các con sông lại phụ thuộc nhiều vào trầm tích đầu nguồn. Do vậy, cần có nghiên cứu tổng thể về chất lượng trầm tích của các con sông này.

2. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu là 16 PAHs trong trầm tích thượng nguồn các sông Lô (Tuyên Quang), sông Đà (Lai Châu), sông Hồng (Lào Cai) và sông Ka Long (Quảng Ninh), gồm: anthracene, benzo (a) anthracene, benzo (a) pyrene, benzo (g,h,i) perylene, benzo (k) fluoranthene, benzo (j&b) fluoranthene, chrysene, dibenzo (a,h) anthracene, fluoranthene, fluorene, indeno (l,2,3-c,d) pyrene, phenanthrene, pyrene, naphthalene, acenaphthylene và acenaphthene.

Phương pháp thu mẫu: theo QCVN 43: 2012/BTNMT quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích. Số lượng mẫu trầm tích là 24 mẫu trên thượng nguồn 4 sông vào mùa mưa và khô năm 2024. Vị trí lấy mẫu tập trung vào một số địa danh tiếp giáp và khu vực có nhiều nguồn thải đổ vào sông. Mỗi vị trí lấy 3 mẫu (Bảng 1).

Thu mẫu bằng gầu chuyên dụng (thiết bị lấy mẫu bùn trầm tích tầng sâu kiểu gầu Ponar 3-1728 – G40 hãng Wild, Mỹ). Mẫu được lấy vào chai thuỷ tinh đậy nắp kín, ghi kí hiệu mẫu và bảo quản lạnh, chuyển mẫu về phòng thí nghiệm, phơi mẫu trên giấy nhôm đến khi khô. Nghiền mẫu bằng bộ nghiền mẫu và rây mẫu qua rây kích thước 1 mm. Lấy khối lượng mỗi mẫu 10 g.

Bảng 1. Vị trí và số lượng mẫu trầm tích

Địa danh sông	Kí hiệu mẫu Địa điểm/đợt /vị trí/lần lấy	Kí hiệu mẫu Địa điểm/đợt/vị trí/lần lấy	Toạ độ
Sông Lô - Tuyên Quang	SL/1/1/1	SL/2/1/1	22°52'46"B - 104°54'28"Đ
	SL/1/1/2	SL/2/1/2	22°52'46"B - 104°54'28"Đ
	SL/1/1/3	SL/2/1/3	22°52'46"B - 104°54'28"Đ
Sông Đà-Lai Châu	SD/1/1/1	SD/2/1/1	22°21'24"B - 102°46'48"Đ
	SD/1/1/2	SD/2/1/2	22°21'24"B - 102°46'48"Đ
	SD/1/1/3	SD/2/1/3	22°21'24"B - 102°46'48"Đ
Thượng lưu Sông Hồng - Lào Cai	SH/1/1/1	SH/2/1/1	22°29'7"B - 103°58'47"Đ
	SH/1/1/2	SH/2/1/2	22°29'7"B - 103°58'47"Đ
	SH/1/1/ 3	SH/2/1/ 3	22°29'7"B - 103°58'47"Đ
Sông Ka Long - Quảng Ninh	KL/1/ 1/1	KL/2/ 1/1	21°30'20"B- 107°57'51"Đ
	KL/1/1/2	KL/2/1/2	21°30'20"B- 107°57'51"Đ
	KL/1/1/3	KL/2/1/3	21°30'20"B- 107°57'51"Đ

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Hóa chất, thiết bị: Các dung môi n-Hexane, Acetone, Methylene Chloride chất dùng làm khô Na_2SO_4; làm sạch mẫu florisil, silicagel (được hoạt hóa 130 °C/16 h) của hãng Merck, Đức. Dung dịch chuẩn PAHs Mix ((M-8270-13-ASL) 2000 µg/L, Accustandard) và nội chuẩn ASM-182 có nồng độ 100 ppb. Pha từ dung dịch chuẩn thành các nồng độ 0, 25, 50, 100, 200, 400 µg/L trong n-hexane để dùng trong nghiên cứu. Thiết bị sắc ký khí GC-MS Agilent 8890 (Mỹ), thiết bị khối phổ Agilent 5977B. Cột phân tích HP 5-MS: 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm, cột VF5-MS:

30 m x 0,25 mm x 0,25 mm, cột DB5-MS: 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm.

Xử lý chuẩn bị mẫu: quy trình chiết mẫu theo tiêu chuẩn US EPA 3540C [10] và làm sạch Silica Gel, US EPA 3630C [11], cụ thể như sau: Trộn 10 g mẫu với 10 g Na_2SO_4, thêm 1mL dung dịch chuẩn đồng hành 2-Fluorobiphenyl (100 µg/L). Tiến hành chiết Soxhlet với 300 mL acetone/n-hexane (1:1) trong 16-24 h. Sau đó, cô dịch chiết rồi định mức về 1mL bằng n-hexane.

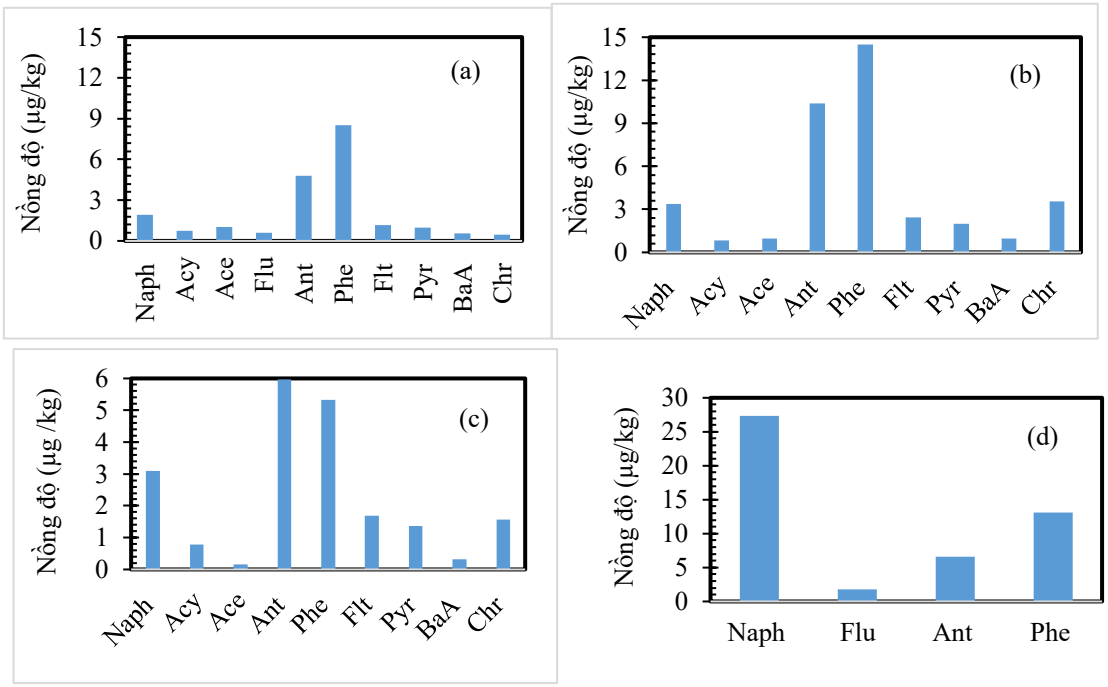
Điều kiện tối ưu cho GCMS Agilent 8890 như sau: nhiệt độ đầu (280 °C), nâng nhiệt độ từ 60 °C lên 320 °C (6 °C/phút), giữ 10 phút. Sử dụng khí mang Helium, có độ tinh khiết 99,95%, tốc độ dòng 30 cm/s.

Nồng độ PAHs (µg/kg) = (XS × Vt × D) / (Vi × Ws), trong đó: XS: nồng độ thành phần 16 PAHs (µg/L); Vt: thể tích cuối (L); D: hệ số pha loãng; Vi: thể tích tiêm (µL); Ws: khối lượng mẫu (kg). Giới hạn phát hiện đối với mẫu trắng (LB): <0,1 µg/kg và độ thu hồi của mẫu chuẩn đồng hành 2-Fluorobiphenyl trong khoảng: 80-120%. Mẫu được phân tích 3 lần và lấy kết quả trung bình.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. PAHs phân bố theo không gian

Nồng độ 16 PAHs trong trầm tích ở thượng lưu 4 sông nghiên cứu thu mẫu vào mùa mưa được đưa ra ở Hình 1.



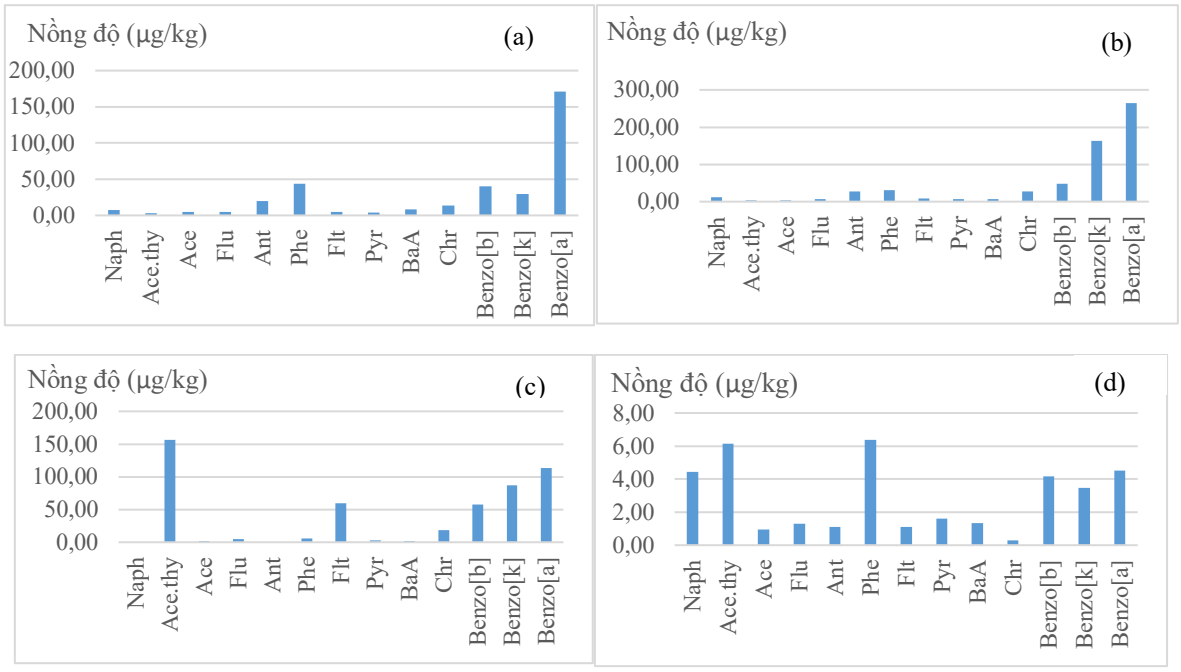
Hình 1. PAHs trong trầm tích khu vực thượng lưu sông Hồng (a), sông Lô (b), sông Đà (c) và sông Ka Long (d) vào mùa mưa.

Hình 1 cho thấy, tổng nồng độ 16 PAHs tại thượng lưu sông Hồng trong khoảng 18,6-22,8 µg/kg (Hình 1a); sông Lô khoảng 18-24 µg/kg (Hình 1b); sông Đà 20-22 µg/kg và sông Ka Long khoảng 95-120 µg /kg (Hình 1c, d). có 10 PAHs xuất hiện trong tổng số 16 PAH nghiên cứu gồm Naphthalene (Naph), Acenaphthylene (Acy), Acenaphthene (Ace), Fluorene (Flu), Anthracene (Ant), Phenanthrene (phe), Fluoranthene (Flt), Pyrene (Py), Chrysene (Chr)

và Benz[a]anthracene (BaA). Nồng độ lớn nhất là Phe (8,51 µg/kg) sau đó đến Ant (4,81 µg/kg), thấp nhất là Chr (0,45 µg/kg).

Ant và Phe có hàm lượng lớn nhất so với các PAHs còn lại ở cả 4 sông. Ở thượng lưu sông Hồng và sông Đà, nồng độ trong khoảng 6-9 µg/kg, trong đó ở sông Lô và sông Ka Long cao hơn một chút (5-25 µg/kg). Khác với Ant và Phe, các hợp chất Ace, Acy hầu như không có trong cả 4 con sông, nếu có chỉ xuất hiện cỡ vài microgam/kg. Trầm tích khu vực thượng lưu sông Lô có 9 PAHs xuất hiện gồm Naph, Acy, Ace, Ant, Phe, Flt, Pyr, BaA và Chr, trong đó lớn nhất là Phe (14,48 µg/kg) và thấp nhất là Acy (0,83 µg/kg) (Hình 1b). Tương tự hình 1c, d là các PAHs trong mẫu trầm tích thượng lưu sông Đà và sông Ka Long, Phe và Ant vẫn thuộc nhóm có nồng độ cao, tiếp đến là Naph. Riêng trầm tích vùng thượng lưu sông Ka Long chỉ xuất hiện 4 hợp chất Naph, Flu, Ant và Phe, lớn nhất là Naph (27,38 µg/kg), thấp nhất là Flu (1,77 µg/kg). Kết quả cho thấy hàm lượng các PAHs ở địa điểm nghiên cứu thấp hơn đáng kể so với tổng hàm lượng 18 PAHs trong trầm tích lưu vực sông Mê Kông (Tiền Giang, Bến Tre, Đồng Tháp, An Giang) với khoảng dao động từ 53,66 đến 1205,35 µg/kg. Trong đó các PAHs không gây ung thư (≤622 µg/kg) và nhóm PAHs gây ung thư (≤560 µg/kg, gồm BaP, BaA, BbF, Chr) [12].

Naphthalene được phát hiện trong trầm tích của cả 4 sông với hàm lượng trong khoảng 9-56 µg/kg. Nồng độ Naphthalene được tìm thấy trong trầm tích các sông tăng dần theo thứ tự sông Ka long > sông Hồng > sông Đà > sông Lô. Nồng độ Anthracene cũng có trong tất cả các mẫu dao động từ 13-27 µg/kg. Nồng độ Acenaphthene thấp nhất (1 µg/kg). Nồng độ Anthracene giảm dần theo thứ tự trong trầm tích các sông Ka Long > Sông Hồng > Sông Đà > Sông Lô. Phenanthrene, Chrysene, Fluoranthene và Pyrene có nồng độ tương đương ở cả 4 sông. Naphthalene, Anthracene và Phenanthrene xuất hiện với nồng độ khá cao trong trầm tích sông Ka Long so với các trầm tích của các sông khác.



Hình 2. PAHs trong trầm tích khu vực thượng lưu các sông khảo sát vào mùa khô: Sông Hồng (a); Sông Lô (b): Sông Ka Long (c) và Sông Đà (d).

Mùa khô, PAHs trong trầm tích các sông được mô tả trong Hình 2 (a-d). Từ Hình 2 có thể thấy, nồng độ tổng 16 PAHs vào mùa khô của 4 sông là khoảng 295-540 µg/kg (thượng lưu sông

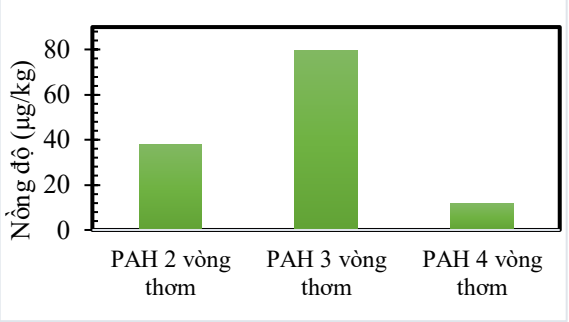
Hồng); 720-1235 µg/kg (sông Lô); 440-880 µg/kg (sông Đà) và 8800-3545 µg/kg (sông Ka Long). Nhóm benzo[a,b,k] xuất hiện với hàm lượng tương đối cao đối với tất cả các mẫu trầm tích của cả 4 sông, trong đó benzo[a] trong trầm tích sông Lô lớn nhất (230 µg/kg), sau đó đến trầm tích thượng lưu sông Hồng (170 µg/kg, tiếp đến sông Ka Long (100 µg/kg) và thấp nhất là sông Đà khoảng 4 µg/kg. Acenaphthylene trong trầm tích sông Ka Long và sông Đà cao hơn nhiều so với các sông Hồng và Lô. Nhóm các chất như Naph, Ace, Flu, Flt, Pyr và BaA có xuất hiện ở sông Đà với hàm lượng cỡ vài µg/kg nhưng ở các sông còn lại là không đáng kể.

Khi so sánh hai mùa mưa và khô, kết quả trong Hình 1 và Hình 2 thấy rõ mùa khô hàm lượng các PAHs lớn hơn nhiều so với mùa mưa. Sông Ka Long vào cả 2 mùa mưa và khô đều có giá trị tổng nồng độ 16 PAHs cao hơn các sông khác trong khu vực nghiên cứu. Điều này có thể giải thích do mùa mưa nồng độ các PAHs giảm do bị pha loãng đáng kể. Acenaphthylene trong trầm tích khu vực thượng lưu sông Ka Long vào mùa khô cao hơn quy chuẩn 1,2 lần. Điều này có thể do dòng chảy, sông Ka Long ở phía dưới thấp hơn so với các sông khác nên chịu ảnh hưởng, tác động của các nguồn nhiều hơn.

Như vậy, tất cả các mẫu trầm tích thuộc thượng lưu các sông nghiên cứu chứa chủ yếu là các PAHs có thành phần là Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Anthracene, Phenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, và Chrysene. Riêng Benz[a,b,k] anthracene có mặt ở tất cả các mẫu trầm tích của 4 sông Trầm tích sông Ka Long chỉ xuất hiện một số hợp chất như Naphthalene, Fluorene, Ancenaphthylen, và Phenanthrene nhưng ở tỉ lệ khá cao so với trầm tích ở các sông khác. So sánh với quy chuẩn QCVN 43:2017/BTNMT về ngưỡng nồng độ cho phép các PAHs trong trầm tích sông thì các PAHs trong trầm tích 4 sông này vẫn dưới ngưỡng cho phép.

3.2. Phân bố theo cấu trúc

Theo cấu tạo PAHs thì nhóm có nhiều hơn sáu vòng thơm gọi là các PAHs phân tử lớn, còn lại là các PAHs phân tử nhỏ. Trầm tích 4 sông nghiên cứu vào mùa mưa tồn tại hầu hết là các PAHs vòng 3 (Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Anthracene, Phenanthrene) và vòng 4 (Benz[a]anthracene, Pyrene, Chrysene) (Hình 3). Mùa khô hàm lượng các PAHs lớn hơn nhiều so với mùa mưa. Điều này rất phù hợp với nhận định của [13], có 10 PAH được phát hiện trong trầm tích thượng lưu 4 sông biên giới phía Bắc là các PAH có 2, 3 và 4 vòng thơm trong cấu tạo phân tử: Các PAH có 2 vòng thơm: Naphthalene (Naph) và Acenaphthene (Ace). Các PAH có 3 vòng thơm: Acenaphthylene (Acy), Fluorene (Flu), Anthracene (Ant), Phenanthrene (Phe) và Fluoranthene (Flt). Còn lại các PAH có 4 vòng thơm trong phân tử: Pyrene (Pyr), Benz[a]anthracene (BaA) và Chrysene (Chr).



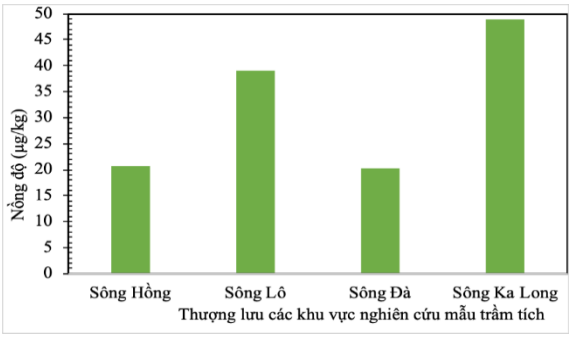
Hình 3. Nồng độ của các PAHs có số vòng thơm khác nhau trong các mẫu trầm tích khảo sát.

3.3. Đánh giá nguồn gốc PAHs trong môi trường

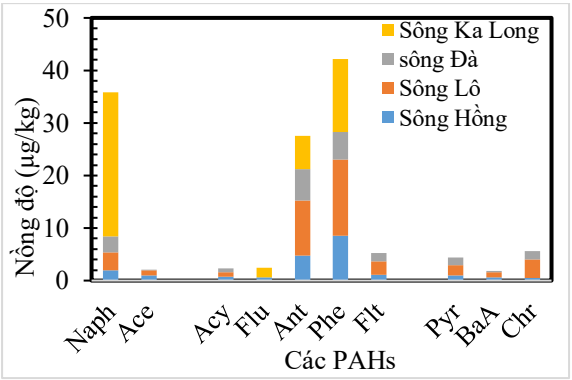
Để xác định nguồn gốc các PAHs thường dựa vào việc đánh giá các tỉ lệ của từng PAHs khác nhau. Các PAHs có khối lượng phân tử cao (Fluoranthene, Pyrene, Benzo (a) anthracene, Chrysene, Benzo (a) Pyrene, Perylene) có nguồn gốc từ quá trình đốt cháy. Các PAHs có nguồn gốc từ dầu mỏ chủ yếu là các PAHs có khối lượng phân tử thấp (2-3 vòng) [14]. PAHs thuộc nhóm có khối lượng phân tử nhỏ được chú ý nhiều hơn về nguồn gốc cũng như tác động của chúng đối với sức khỏe con người và môi trường [15]. Sự tồn tại các hợp chất này có thể là có nguồn gốc từ quá trình đốt chất thải sinh hoạt và chất thải công nghiệp (lò đốt) hoặc từ dầu mỏ [16].

Dựa theo tỉ lệ hàm lượng 2 PAHs có khối lượng phân tử bằng nhau cũng có thể đánh giá nguồn gốc PAHs. Tỉ lệ Fluoranthene/Pyrene lớn hơn 1 (8/7; khối lượng phân tử đều là 202 đvC) chỉ ra nguồn ô nhiễm PAHs là từ quá trình đốt cháy, khi tỉ lệ này nhỏ hơn 1 đặc trưng cho nguồn ô nhiễm từ xăng dầu [17]. Tại 4 thượng nguồn sông Hồng, sông Đà, sông Lô và sông Ka Long đã xác định được tỉ lệ Phenanthrene/Anthracene nhỏ hơn 4. Các tỉ lệ này dao động trong khoảng 0,89 -2,85. Điều này chứng tỏ đây là các PAHs bị đốt cháy ở nhiệt độ thấp [18]. Do vậy, PAHs trong trầm tích sông phía Bắc Việt Nam có nguồn gốc từ quá trình đốt cháy [19].

3.4. Mối tương quan giữa các thành phần PAHs trong trầm tích 4 sông thượng nguồn phía bắc Việt Nam



Hình 4. Tổng nồng độ các PAHs trong trầm tích thượng lưu các sông khảo sát.



Hình 5. Tương quan giữa các PAHs thuộc khu vực đã khảo sát vào mùa mưa.

Từ kết quả nghiên cứu, nồng độ PAHs trong trầm tích tại thượng nguồn các sông dao động từ 20,25 đến 48,83 µg/kg. Nồng độ PAHs thấp nhất ở thượng nguồn sông Hồng – Lào Cai và cao nhất tại thượng nguồn sông Ka Long tại Quảng Ninh (Hình 4). Điều này có thể do ở khu vực thượng nguồn sông Ka Long, các hoạt động kinh tế sôi động diễn ra trên biên giới Việt - Trung, lượng dân cư đông đúc, nhu cầu sinh hoạt, sản xuất và dịch vụ cao khiến lượng phát thải các chất ô nhiễm cao hơn đáng kể so với 3 vị trí còn lại [20].

4. Kết luận

PAHs xuất hiện trong trầm tích 4 sông thượng nguồn phía Bắc (sông ka Long, sông Đà, sông Lô, sông Hồng) đang diễn ra với nồng độ PAHs dao động trong mùa mưa từ 20,25 đến 48,83 µg/kg. Giá trị thu được thấp nhất ở thượng nguồn sông Hồng (Lào Cai) và cao nhất tại thượng nguồn sông Ka Long (Quảng Ninh). Mùa khô hàm lượng có thay đổi khá nhiều, xuất hiện nhóm benzo[a,b,k] hàm lượng từ 4-170 µg/kg, acenaphthylene từ vài µg/kg đến 150 µg/kg. Các kết quả PAHs trong trầm tích thượng lưu 4 sông thấp hơn rất nhiều quy định về PAHs trong trầm tích nước ngọt theo QCVN 43: 2017 BTNMT. Dù các PAH xuất hiện với nồng độ nhỏ nhưng đây cũng là dấu hiệu cho thấy sự ô nhiễm hữu cơ đang hiện diện tại khu vực biên giới phía Bắc. Với các tỉ lệ thành phần như Phenanthrene/ Anthracene nhỏ hơn 4 dao động trong khoảng 0,89 -2,85 đã chứng tỏ các PAHs bị đốt cháy ở nhiệt độ thấp. PAHs trong trầm tích sông phía Bắc Việt Nam có nguồn gốc từ quá trình đốt cháy nhiên liệu và chất thải rắn sinh hoạt đô thị.

Lời cảm ơn

Bài báo này được hoàn thành nhờ kinh phí hỗ trợ từ đề án "*Nghiên cứu, đánh giá sự hiện diện và ô nhiễm vi nhựa (Microplastics) trong trầm tích khu vực phía Bắc - Việt Nam*" (hợp phần 2), mã số TĐĐGVN.02/24-26. Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn tới Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

[1] J. Feng, M. Zhai, J. Sun, Q. Liu, Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediment from the Upper Reach of Huaihe River, East China, 2011.

[2] D. Crnković, Z. Sekulić, D. Antonović, A. Marinković, S. Popović, J. Nikolić, S. Drmanić, Origins of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from the Danube and Sava Rivers and Their Tributaries in Serbia, 2020.

[3] A. S. Nagy, J. Szabó, I. Vass, Occurrence and Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Water and Sediments of the Danube River and Its Tributaries, Hungary, 2014.

[4] A. Malik, P. Verma, A. K. Singh, K. P. Singh, Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water and Bed Sediments of the Gomti River, India, 2010.

[5] R. Stakėnienė, K. Jokšas, A. Galkuset al., Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments from the Curonian Lagoon and the Nemunas River Delta (Lithuania, Baltic Sea): Distribution, Origin, and Suggestions for the Monitoring Program, Environ Monit Assess, Vol. 191, No. 212, 2019, https://doi.org/10.1007/s10661-019-7367-6.

[6] Z. Wang, J. Li, L. Lu, J. Cao, L. Zhao, S. Luan. Source, Partition and Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Karst Underground River Environment, Southern China, Water, Vol. 13, No. 19, 2021, pp. 2655, https://doi.org/10.3390/w13192655.

[7] T. K. Pham, Content of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) in the Sediment of Thi Nai Lagoon (Binh Dinh Province), Vietnam Journal of Marine Science and Technology, Vol. 15, No. 3, 2015 (in Vietnamese).

[8] D. Q. Phan, T. V. Phung, T. M. Tran, T. N. Nguyen, T. K. D. Truong, L. H. B. Dang, H. V. Pham, H. T. Le, Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Several Fish Species Collected from Some Lakes in Hanoi Area, Vietnam Journal of Science and Technology, Vol. 22. No. 11, 2017 (in Vietnamese).

[9] T. T. X. Le, L. T. Nguyen, L. D. Huynh, U. T. Nguyen, M. T. Nguyen, T. D. Nguyen, N. D. Vu, T. M. Le, T. T. Luu, T. V. Nguyen, D. M. Van, The Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Surface Sediments of the Mekong River for Ecological and Human Health: Case Study of Vietnam. Bull Environ Contam Toxicol, Vol. 115, No. 2, 2015, https://doi.org/10.1007/s00128-025-04089-8.

[10] US-EPA, Method 3540C: Soxhlet Extraction, Part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, 1996.

[11] US-EPA, Method 3630C: Silica Gel Cleanup, 1996.

[12] T. H. Nguyen, T. M. C. Vu, D. M. Le, Q. T. Mai, D. T. Nguyen, T. L. T. Tran, M. T. Le, N. P. Nguyen, L. K. P. Nguyen, Monitoring and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Lower Mekong Basin Sediments, Tropical Science and Technology Journal, Vol. 37, 2025, pp. 92-103, https://doi.org/10.1007/s00128-025-04089-8.

[13] P. P. Gao, H. G. Ni, Emission Characteristics of Parent and Halogenated PAHs in Simulated Municipal Solid Waste Incineration, Science of the Total Environment, Vol. 665, 2019, pp. 11-17.

[14] Z. Wang, M Fingas, Y. Y. Shu, L. Sigouin, M. Landriault, P. Lambert, R. Turpin, P. Campagna, J. Mullin, Quantitative Characterization of PAHs in Burn Residue and Soot Samples and Differentiation of Pyrogenic PAHs from Petrogenic PAHs, Environmental Science and Technology, Vol. 33, No. 3, 1999, pp. 100-109.

[15] E. Sarkar, J. George, K. Jyoti, P. Dutta, L. C. Ram, PAHs and Potentially Toxic Elements in the Fly Ash and Bed Ash of Biomass Fired Power Plants, Fuel Processing Technology, Vol. 132, 2018, pp. 139-152.

[16] T. H. Nguyen, Q. V. Pham, V. H. Chu, N. Hoang, V. T. Vu, H. L. Pham, T. P. M. Nguyen, Composition and Emission of PAHs in PM_{10} Dust and Waste Ash from some Incinerators in the North of Vietnam, Journal of Analytical Sciences, Vol. 28, No. 4, 2022, pp. 68-73 (in Vietnamese).

[17] J. S. Khim, K. Kannan, D. L. Villeneuve, C. H. Koh, J. P. Giesy, Characterization and Distribution of Trace Organic Contaminants in Sediments from Masan Bay, Korea, Environmental Sicence and Technology, Vol. 33, No. 23, 1999, pp. 4199-4205.

[18] S. Dahle, G. Savinov, A. Batova, J. T. Savinov, G. Batova, A. Kursheva, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Norvegian and Russian Artic Marine Sediments: Concentration, Geographical Distribution and Sources, Norwegian Journal of Geology, Vol. 86, 2006, pp. 41-50.

[19] T. K. Pham, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Coastal Sediments in the North of Vietnam, Vietnam Journal of Marine Science and Technology, Vol. 12, No. 3, 2013, pp. 284-288 (in Vietnamese).

[20] Prime Minister, Approval the Border Gates Planning Along the Vietnam - China Land Border for Period 2021-2030, with a Vision to 2050, 2023 (in Vietnamese).