

BƯỚC ĐẦU KHẢO SÁT HÀM LƯỢNG CACBON HỮU CƠ HÒA TAN (DOC) TRONG NƯỚC MƯA Ở QUẬN BẮC TỪ LIÊM, HÀ NỘI

PRELIMINARY OBSERVATION OF DISSOLVED ORGANIC CARBON CONCENTRATIONS IN BAC TU LIEM DISTRICT, HANOI CITY

Lê Như Đa¹, Nguyễn Thị Mai Hương¹, Hoàng Thị Thu Hà¹,
Đoàn Thị Oanh², Phạm Văn Lộc^{1,2}, Nguyễn Thị Phương Mai²,
Phạm Thị Mai Hương³, Dương Thị Thủy⁴, Lê Thị Phương Quỳnh^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.107>

TÓM TẮT

Hàm lượng cacbon hữu cơ hòa tan (DOC) trong nước mưa đóng vai trò quan trọng trong chu trình cacbon toàn cầu, liên quan đến biến đổi khí hậu. Bài báo trình bày các kết quả quan trắc ban đầu về hàm lượng DOC trong nước mưa trong giai đoạn từ 5/2023 đến tháng 01/2024 tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội. Kết quả phân tích cho thấy, hàm lượng DOC biến đổi trong khoảng rộng, từ 0,48 - 10,80mgC.L⁻¹, trung bình đạt 3,89mgC.L⁻¹, phụ thuộc vào thời điểm khảo sát khác nhau. Hàm lượng DOC được ghi nhận cao hơn vào các đợt mưa nhỏ, đặc biệt vào mùa khô và giảm đáng kể vào giữa mùa mưa. Các giá trị DOC trong nước mưa thu thập tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội cao hơn so với giá trị trung bình trên thế giới và tại Châu Á, có thể do tác động của mật độ giao thông lớn và khu vực đất phèn thải. Các kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở dữ liệu về chất lượng nước mưa cũng như cơ sở khoa học nhằm giảm thiểu ô nhiễm không khí ở Hà Nội.

Từ khóa: Nước mưa, chất lượng nước mưa, cacbon hữu cơ hòa tan, Hà Nội.

ABSTRACT

Dissolved organic carbon (DOC) concentrations in rainwater play an important role in the global carbon cycle, related to climate change. This article presents the preliminary monitoring results of DOC concentrations in rainwater in different sampling campaigns in both rainy and dry seasons in the period from May 2023 to January 2024 in Bac Tu Liem district, Hanoi city. The research results showed that DOC concentrations varied in a wide range, from 0.48 to 10.80mgC.L⁻¹, with an average of 3.89mgC.L⁻¹, depending on the monitoring times. DOC increased significantly in the low rainfall density, especially in the dry season, and decreased considerably in the middle of the rainy season where the high rainfall density was observed. The DOC concentrations in rainwater in Bac Tu Liem district, Hanoi city, were higher than the average values in the world and in Asia, probably due to high traffic density and waste burning. The research results contribute to the database on rainwater quality as well as the scientific basis for reducing air pollution in Hanoi.

Keywords: Rainwater, rainwater quality, dissolved organic carbon, Hanoi city.

¹Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Email: quynhltp@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/01/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/3/2024

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước mưa là một thành phần của chu trình cacbon toàn cầu mà qua đó, cacbon hữu cơ hòa tan (DOC) từ khí quyển đi vào hệ sinh thái trên cạn và dưới nước. Tải lượng lắng đọng DOC toàn cầu vào mùa mưa lên bề mặt trái đất được ước tính là 0,3 - 0,5 Pg.năm⁻¹ [1, 2], tương đương với tải lượng DOC của các hệ thống sông toàn cầu đổ ra biển là 0,2- 0,4 Pg.năm⁻¹ [3]. Cho đến nay, tải lượng lắng đọng DOC chưa được đưa vào các mô hình tính toán chu trình cacbon một cách rõ ràng [1, 2] do thiếu các số liệu về hàm lượng DOC mang tính địa phương.

Các đô thị trên thế giới hiện nay đang trở thành điểm nóng về phát thải cacbon hữu cơ do ảnh hưởng của các hoạt động của con người tại các đô thị. Cacbon hữu cơ là thành phần quan trọng của các hạt bụi mịn (~30%), hình thành các hạt trong khí quyển và tiếp tục tạo ra ô nhiễm khói mù đô thị [4], đồng thời làm thay đổi cân bằng năng lượng bề mặt đô thị [5, 6], liên quan trực tiếp đến khí hậu đô thị địa phương [7, 8]. Quá trình làm sạch bằng nước mưa là cách loại bỏ chủ yếu nhất cacbon hữu cơ khô khí quyển (hình thành cacbon hữu cơ hòa tan, DOC) [1, 9]. Do đó, việc xác định hàm lượng và nguồn gốc của DOC trong nước mưa ở mức độ địa phương, đặc biệt là ở các thành phố là rất cần thiết, nhằm cải thiện các tính toán chu trình cacbon, liên quan đến biến đổi khí hậu.

Thành phố Hà Nội là trung tâm kinh tế, văn hóa của Việt Nam. Môi trường không khí ở Hà Nội đã và đang chịu tác động của các hoạt động của con người. Cho đến nay, các nghiên cứu về chất lượng nước mưa, đặc biệt là hàm lượng cacbon hữu cơ trong nước mưa còn khá

hạn chế. Bài báo trình bày các kết quả khảo sát ban đầu về hàm lượng cacbon hữu cơ hòa tan trong nước mưa tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội trong các đợt khảo sát năm 2023 - 2024. Các kết quả đóng góp cơ sở dữ liệu về hàm lượng DOC trong nước mưa, về tình trạng ô nhiễm không khí đô thị. Các kết quả nghiên cứu cũng đóng góp cơ sở khoa học nhằm hỗ trợ quản lý và phát triển bền vững đô thị ở châu Á, đồng thời giúp cải thiện việc đánh giá tính toán chu trình cacbon toàn cầu [12].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

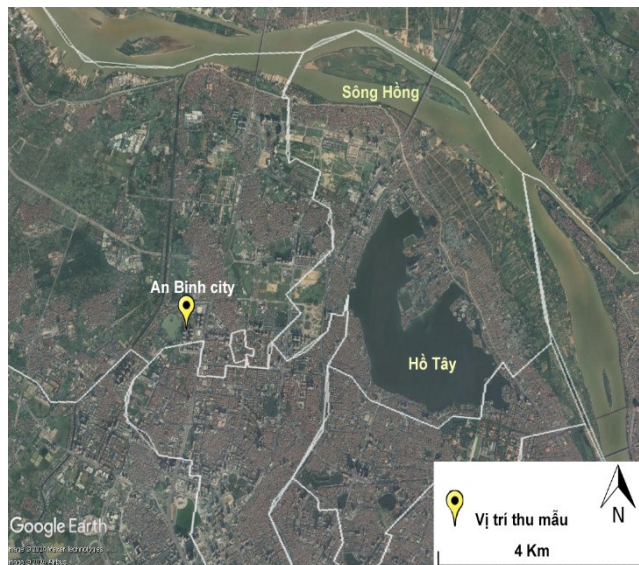
Hà Nội là thủ đô và là trung tâm kinh tế, văn hóa của Việt Nam. Hà Nội có diện tích 3.360km², với tổng dân số đạt 8,435.10⁶ người năm 2022, trong đó khoảng 49,1% là dân số thành thị [10]. Hà Nội nằm trong vùng đồng bằng sông Hồng, ở độ cao 5 - 20m so với mực nước biển. Về phương tiện giao thông, nếu không tính đến phương tiện của tỉnh thành khác lưu thông ở thành phố Hà Nội, số phương tiện giao thông đăng ký trên địa bàn thành phố đạt trên 8 triệu, bao gồm: ô tô (1,1 triệu), xe máy (> 6,7 triệu), xe đạp điện (200 nghìn) [10].

Quận Bắc Từ Liêm là một quận thuộc thành phố Hà Nội, nằm dọc phía bờ nam của sông Hồng. Phía Đông giáp quận Tây Hồ, phía Đông Nam giáp quận Cầu Giấy, phía Tây giáp huyện Đan Phượng, Hoài Đức, phía Nam giáp quận Nam Từ Liêm và phía Bắc giáp sông Hồng. Quận Bắc Từ Liêm hiện có 13 phường: Cổ Nhuế 1, Cổ Nhuế 2, Đông Ngạc, Đức Thắng, Liên Mạc, Minh Khai, Phú Diễn, Phúc Diễn, Tây Tựu, Thượng Cát, Thụy Phương, Xuân Đình, Xuân Tảo. Quận Bắc Từ Liêm có diện tích 43,35km² trong đó đất nông nghiệp chiếm khoảng 1/3 tổng diện tích đất toàn quận với một số cây trồng đặc trưng như Hoa Tây Tựu, bưởi Diễn, hồng xiêm Xuân Đình... [11]. Tổng dân số đạt 320.414 người với mật độ dân số trung bình toàn quận đạt 7.381 người.km². Khu vực nghiên cứu có đặc điểm khí hậu miền Bắc Việt Nam, chia làm hai mùa: mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 10) và mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau). Tổng lượng mưa năm giai đoạn 2018 - 2022 đạt từ 1312 đến 2203mm, trong đó lượng mưa vào mùa mưa chiếm từ 71 đến 88% tại trạm Láng, Hà Nội [10]. Nhiệt độ không khí thay đổi từ 15,3 đến 31,7°C, trung bình khoảng 25,3°C và độ ẩm dao động từ 59% đến 85%, trung bình đạt 76% trong giai đoạn 2018 - 2022 [11].

2.2. Phương pháp thu mẫu

Các mẫu nước mưa được thu thập trong 6 đợt, vào các tháng 5, 8, 10, 11 năm 2023 và tháng 1 năm 2024.

Các mẫu nước mưa được hứng trực tiếp bằng các dụng cụ đựng mẫu, tại sân khu chung cư An Bình, Phường Cổ Nhuế 1, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội (21°03'03.6"N 105°46'40.7"E) (hình 1). Trong các đợt thu mẫu vào mùa mưa, các mẫu được thu thập trong các đợt mưa lớn trong khi các mẫu trong mùa khô được thu vào các đợt mưa nhỏ. Các mẫu nước mưa được chuyển về phòng thí nghiệm ngay sau khi thu thập.



Hình 1. Vị trí thu mẫu nước mưa tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

2.3. Phương pháp phân tích mẫu

Mẫu nước được lọc ngay bằng giấy lọc Whatman GF/F có kích thước lỗ 0,7µm (Merck, EU) sau khi giấy lọc đã được sấy khô ở 550°C trong 4h. Mẫu nước sau lọc được axit hóa bằng axit H₃PO₄ đặc và được bảo quản trong chai thủy tinh tối màu ở 4°C cho đến khi phân tích.

Cacbon hữu cơ hòa tan DOC: Hàm lượng DOC được xác định trên mẫu nước sau lọc bằng máy phân tích tổng cacbon hữu cơ (TOC-V_{CPH}, Shimadzu, Nhật Bản [13]) tại Viện Hóa học các Hợp chất thiên nhiên, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam dựa trên phương pháp NPOC (non purgeable organic carbon): oxy hóa toàn bộ các hợp chất cacbon hữu cơ không bay hơi có trong mẫu thành khí CO₂ với sự có mặt của xúc tác Pt ở nhiệt độ cao (680°C); và thể tích CO₂ thoát ra được phát hiện thông qua detector NDIR [13].

Đường chuẩn phân tích được xây dựng với các dung dịch chuẩn ở các nồng độ 0; 0,6; 1,2, và 1,8mgC.L⁻¹. Đường chuẩn có giá trị R² = 0,9995. Các mẫu được phân tích 3 lần và kết quả phân tích của từng mẫu là giá trị trung bình của ba lần phân tích. Sự khác biệt của 3 lần phân tích < 5%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng DOC trong mẫu nước mưa tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

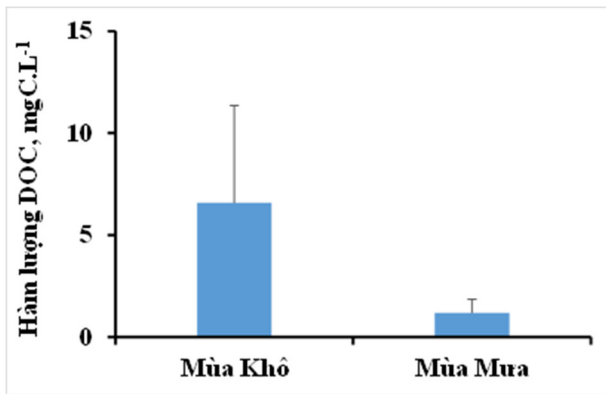
Các kết quả phân tích hàm lượng DOC trong các mẫu nước mưa thu thập giai đoạn tháng 5/2023 đến tháng 01/2024 tại chung cư An Bình, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội được trình bày trong bảng 1. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng DOC biến đổi trong khoảng rộng, từ 0,48 - 10,80mgC.L⁻¹, trung bình đạt 3,89 ± 4,24mgC.L⁻¹ (bảng 1).

Bảng 1. Hàm lượng DOC trong mẫu nước mưa khảo sát tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

STT	Thời gian khảo sát	Ký hiệu mẫu	Hàm lượng DOC, mgC.L ⁻¹
1	25/5/2023	BTL1	1,78
2	17/6/2023	BTL2	1,33

3	14/9/2023	BTL3	0,48
4	12/11/2023	BTL4	1,42
5	10/1/2024	BTL5	10,80
6	14/1/2024	BTL6	7,54
Trung bình		3,89 ± 4,24	

Trung bình hàm lượng DOC khảo sát vào mùa mưa, đạt $1,20 \pm 0,66 \text{ mgC.L}^{-1}$, trong khi giá trị này vào mùa khô là $6,59 \pm 4,76 \text{ mgC.L}^{-1}$. Có thể thấy, hàm lượng DOC trong mùa mưa thấp hơn nhiều so với giá trị trung bình mùa khô (hình 2). Một số nghiên cứu trên thế giới cũng cho thấy có sự giảm mạnh hàm lượng DOC vào mùa mưa so với mùa khô. Ví dụ, kết quả khảo sát trong nghiên cứu [14] đã chỉ ra rằng hàm lượng DOC trong nước mưa ở thành phố Bắc Kinh, Trung Quốc cao hơn trong các đợt mưa có lượng mưa nhỏ và giảm mạnh vào các đợt mưa lớn. Hàm lượng DOC cũng được phát hiện thấy cao hơn trong mùa khô so với mùa mưa tại vùng vịnh phía đông của biển Hoàng Hải [9].



Hình 2. Hàm lượng DOC trung bình mùa mưa và mùa khô trong nước mưa quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội giai đoạn 2023 – 2024

3.2. So sánh với hàm lượng DOC trong mẫu nước mưa trên thế giới

Kết quả phân tích hàm lượng DOC trong một số mẫu nước mưa trên thế giới được trình bày trong bảng 2. Kết quả bảng 2 cho thấy các giá trị DOC trong nước mưa thu thập tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội cao hơn so với giá trị trung bình DOC trên thế giới và ở châu Á ($2,6 \text{ mgC.L}^{-1}$) [1].

Bảng 2. Hàm lượng DOC trong một số mẫu nước mưa trên thế giới [1]

Tên vị trí khảo sát, Quốc gia	Mô tả vị trí khảo sát	Thời gian khảo sát	Hàm lượng DOC, mg.C.L^{-1}	Tài liệu tham khảo
Quận Saharsa, bang Bihar, Ấn Độ	Đô thị	7 - 10/2018	0,77 - 4,31 (1,91)	[15]
Quận Haidian, Bắc Kinh, Trung Quốc	Nội đô, đại đô thị	7 - 8/2021	$2,75 \pm 1,87$	[14]
Vùng Mt. Yulong, tỉnh Vân Nam, Trung Quốc	Vùng núi cao, chịu tác động phát thải giao thông do phát triển du lịch	6 - 9/2014	0,74 - 1,31	[16]

Vùng núi cao Everest, Trung Quốc	Vùng núi cao Everest	-	0,09	[17]
Quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam	Nội đô vùng đồng bằng, mật độ dân số cao	5/2023 - 01/2024	0,48 - 10,80 ($3,89 \pm 4,24$)	Nghiên cứu này
Trung bình châu Á	-	-	2,65	[1]
Trung bình thế giới	-	-	2,64	

Hàm lượng DOC trong nước mưa ở quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội cao hơn so với giá trị khảo sát tại quận Saharsa, bang Bihar, Ấn Độ với giá trị DOC trong khoảng 0,77 - 4,31, trung bình đạt $1,91 \text{ mgC.L}^{-1}$ [15] và vùng núi cao Mt. Yulong, tỉnh Vân Nam, Trung Quốc ($0,74 - 1,31 \text{ mgC.L}^{-1}$) nơi chịu tác động phát thải giao thông do phát triển du lịch cũng như do vận chuyển chất ô nhiễm từ khối không khí vùng Nam Á và Đông Nam Á [16], đồng thời, vượt xa so với giá trị quan trắc tại vùng núi cao, đỉnh Everest, đạt $0,09 \text{ mgC.L}^{-1}$ nơi ít chịu tác động của con người [17].

Các giá trị thu được trong nghiên cứu này cao hơn so với hàm lượng DOC trong nước mưa trong các đợt mưa lớn tại quận Haidian, Bắc Kinh, Trung Quốc (trung bình đạt $2,75 \pm 1,87 \text{ mgC.L}^{-1}$) [14]. Các tác giả này [14] cũng cho thấy hàm lượng DOC có sự thay đổi theo không gian và thời gian và các hoạt động của con người (chất thải thành phố, phát thải từ nông nghiệp và giao thông) đã là nguyên nhân gây gia tăng DOC trong nước mưa ở thành phố Bắc Kinh, cao hơn từ 12 đến 95 lần so với các giá trị thu được trong vùng núi cao Everest ($0,09 \text{ mgC.L}^{-1}$) [17].

Như vậy, các nghiên cứu trước đây trên thế giới đã chỉ ra rằng các nguồn đóng góp DOC trong nước mưa có sự khác biệt ở các khu vực khác nhau. Nhìn chung, đốt nhiên liệu hóa thạch đóng góp đáng kể DOC trong nước mưa ở các khu vực đô thị [9], trong khi đốt sinh khối và sản xuất nông nghiệp được coi là nguồn chủ yếu cung cấp DOC trong nước mưa ở các vùng nông nghiệp [18]. Kết quả nghiên cứu này cho thấy hàm lượng DOC khá cao trong khu vực quan trắc, có thể do vị trí lấy mẫu nằm trong khu vực có mật độ dân số và giao thông cao. Ngoài ra, quận Bắc Từ Liêm cũng là vùng canh tác nông nghiệp (trồng hoa) và việc đốt sinh khối cùng với các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội ở vùng đồng bằng sông Hồng cũng có thể là nguồn đóng góp quan trọng DOC trong nước mưa [11, 12]. Tuy nhiên, để có các đánh giá chuyên sâu về nguồn cung cấp DOC trong nước mưa tại Hà Nội, các nghiên cứu tiếp theo sử dụng kết quả phân tích đồng vị phóng xạ (¹⁴C) cũng như các chỉ tiêu chất lượng nước khác là cần thiết.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả khảo sát hàm lượng DOC trong nước mưa thu thập vào mùa mưa và mùa khô tại quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội giai đoạn năm 2023 - 2024. Các kết quả cho thấy hàm lượng DOC trong nước mưa tại quận

Bắc Từ Liêm biến đổi trong khoảng rộng, từ 0,48 - 10,80mgC.L⁻¹, trung bình đạt $3,89 \pm 4,24$ mgC.L⁻¹. Mật độ dân số cao, phát thải từ giao thông lớn cùng với việc đốt rác trong khu vực có thể là các nguyên nhân gây gia tăng hàm lượng DOC trong nước mưa. Tuy nhiên, các kết quả trong nghiên cứu này mới chỉ là các khảo sát ban đầu về hàm lượng DOC trong nước mưa ở một quận nội đô thành phố Hà Nội. Cần mở rộng tần suất thời gian khảo sát và các vị trí khảo sát, cũng như các đánh giá sâu hơn về nguyên nhân gây ô nhiễm DOC trong nước mưa để có thể đưa ra các chính sách bảo vệ môi trường và hệ sinh thái, cũng như đóng góp vào nghiên cứu chu trình cacbon toàn cầu liên quan đến biến đổi khí hậu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) cho nhiệm vụ hợp tác quốc tế mã số QTKR01.02/24-25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Iavorivska L., Boyer E.W., DeWalle D.R., "Atmospheric deposition of organic carbon via precipitation," *Atmospheric Environment*, 146, 153-163, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.06.006>
- [2]. Willey J.D., Kieber R.J., Eyman M.S., Avery G.B., "Rainwater dissolved organic carbon: concentrations and global flux," *Glob. Biogeochem. Cycles*, 14 (1), 139-148, 2000. <https://doi.org/10.1029/1999GB900036>.
- [3]. Dai M., Yin Z., Meng F., Liu Q., Cai W.J., "Spatial distribution of riverine DOC inputs to the ocean: an updated global synthesis," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4 (2), 170-178, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.03.003>.
- [4]. Fang W., Andersson A., Zheng M., Lee M., Holmstrand H., Kim S.W., Du K., Gustafsson Ö., "Divergent Evolution of Carbonaceous Aerosols during Dispersal of East Asian Haze," *Scientific Reports*, 7, 10422, 2017.
- [5]. An Z., Huang R.J., Zhang R., Tie X., Li G., Cao J., Zhou W., Shi Z., Han Y., Gu Z., Ji Y., "Severe haze in northern China: A synergy of anthropogenic emissions and atmospheric processes," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 8657-8666, 2019.
- [6]. Cao J., Pan Y., Yu S., Zheng B., Ji D., Hu J., Liu J., "Rapid decline in atmospheric organic carbon deposition in North China between 2016 and 2020," *Atmospheric Environment*, 119030, 2022.
- [7]. Bahadur R., Praveen P.S., Xu Y., Ramanathan V., "Solar absorption by elemental and brown carbon determined from spectral observations," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 17366-17371, 2012.
- [8]. Li C., Yan F., Kang S., Chen P., Hu Z., Han X., Zhang G., Gao S., Qu B., Sillanpää M., "Deposition and light absorption characteristics of precipitation dissolved organic carbon (DOC) at three remote stations in the Himalayas and Tibetan Plateau, China," *Science of The Total Environment*, 605-606, 1039-1046, 2017.
- [9]. Xing J., Song J., Yuan H., Li X., Li N., Duan L., Qi D., "Atmospheric wet deposition of dissolved organic carbon to a typical anthropogenic-influenced semi-enclosed bay in the western Yellow Sea, China: Flux, sources and potential ecological environmental effects," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182, 109371, 2019.

[10]. Hanoi-GSO, *Hanoi City Statistical Yearbook 2022*. Statistical Publishing House, Hanoi, 2023.

[11]. <https://bactuliem.hanoi.gov.vn/>

[12]. <https://www.thudo.gov.vn/>

[13]. Shimazdu, 2023. *Excellent in Science*. TOC Application Handbook, 79 pages. file:///E:/TOC_application_handbook_12K_Low.pdf. Access on January 2023.

[14]. Zeng J., Guilin H., Shitong Z., Xuhuan X., Yikai L., Xi G., Di W., Rui Q., "Response of dissolved organic carbon in rainwater during extreme rainfall period in megacity: Status, potential source, and deposition flux," *Sustainable Cities and Society*, 88, 104299, 2023.

[15]. Akanksha R., Umesh K., "Interlinkages Between Total Nitrogen and DOC Levels at an Urban Site of Saharsa District of Bihar (India)," *Current World Environment*, 16 (1), 62-71, 2021.

[16]. Niu H., Kang S., Shi X., Zhang G., Wang S., Pu T., "Dissolved organic carbon in summer precipitation and its wet deposition flux in the Mt. Yulong region, southeastern Tibetan Plateau," *J Atmos Chem*. 76, 1-20, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10874-019-9385-8>.

[17]. Li C., Chen P., Kang S., Yan F., Li X., Qu B., Sillanpää M., "Carbonaceous matter deposition in the high glacial regions of the Tibetan Plateau," *Atmospheric Environment*, 141, 203-208, 2016.

[18]. Godoy-Silva D., Nogueira R.F.P., Campos M.L.A.M., "A 13-year study of dissolved organic carbon in rainwater of an agro-industrial region of São Paulo state (Brazil) heavily impacted by biomass burning," *Sci. Total Environ*. 609, 476-483, 2017.

AUTHORS INFORMATION

Le Nhu Da¹, Nguyen Thi Mai Huong¹, Hoang Thi Thu Ha¹, Doan Thi Oanh², Pham Van Loc^{1,2}, Nguyen Thi Phuong Mai², Pham Thi Mai Huong³, Duong Thi Thuy⁴, Le Thi Phuong Quynh¹

¹Institute of Natural Product Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

²Hanoi University of Natural Resources and Environment, Vietnam

³Hanoi University of Industry, Vietnam

⁴Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam