

ĐÁNH GIÁ RỦI RO CỦA CHẤT CHỐNG CHÁY TRIBUTYL PHOSPHATE (TBP) ĐỐI VỚI HỆ SINH THÁI TRONG MỘT SỐ HỒ TẠI HÀ NỘI, VIỆT NAM

ECOTOXICOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF TRIBUTYL PHOSPHATE (TBP) IN LAKES IN HANOI, VIETNAM

Trương Anh Dũng¹, Nguyễn Thị Thu Phương², Mai Thị Huyền Thương³,
Đoàn Hà Phương³, Đoàn Bích Hòa³, Nguyễn Thị Thu Hằng³,
Nguyễn Thị Hạnh³, Trịnh Thu Hà^{3,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.021>

TÓM TẮT

Tributyl Phosphate (TBP) là một chất chống cháy photpho hữu cơ loại mới. Nó được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, trong các sản phẩm tiêu dùng, vật liệu xây dựng hoặc đồ nội thất và cả trong nông nghiệp. TBP là một chất độc thần kinh, và có tác động làm tăng khả năng gây ung thư. Trong nghiên cứu này, sự tồn tại của TBP trong môi trường nước mặt đã được thực hiện nhằm đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của TBP tới hệ sinh thái tại ba hồ lớn của Hà Nội (hồ Tây, hồ Bảy Mẫu và hồ Yên Sở). TBP được tìm thấy trong tất cả các mẫu nước hồ với nồng độ dao động trong khoảng từ 2,57 tới 8,93ng/L. Hồ Yên Sở có hàm lượng TBP trong nước lớn nhất. Rủi ro sinh thái đã được đánh giá cho năm loài sinh vật nước (tảo lục, tôm, bọ chét nước, cá ngựa vằn và cá vàng). Chỉ số rủi ro môi trường (RQ) đều nằm trong khoảng dưới 0,0036. Kết quả tính toán RQ cho thấy rằng, TBP không gây ra nguy cơ ảnh hưởng đáng kể nào đến các loài sinh vật được đánh giá.

Từ khóa: Chất chống cháy; TBP; nước hồ; rủi ro sinh thái; Hà Nội.

ABSTRACT

Tributyl Phosphate (TBP) is a organophosphate flame retardant, which was an common constituent in various domestic and agriculture products, industrial prduction and building materials. However, TBP is a potential neurotoxin and can promote the risk of cancer. Therefore, in this stduy, the occurence of TBP water in three big lakes in Hanoi (West, Bay Mau and Yen So lakes) were investigated in order to determine the ecotoxicological risk of TBP to the aquatic biota. TBP was found in all the water sample with the concentration varied from 2.57 to 8.93ng/L. Yen So lake had the highest concentraion of TBP. A risk assessment were calculated for five aquatic species (Green algae, Brine shimp, Water flea, Zebra danio, and Goldfish). The calculated risk quotient (RQ) were below 0.0036, indicated that there were no significant risk from TBP in lake water to the five aquatic species in the survey areas.

Keywords: Flame retardant; TBP; lake water; ecotoxicological risk; Hanoi.

¹Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Email: trinhthuha80@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/12/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/02/2023

Ngày chấp nhận đăng: 24/02/2023

1. TỔNG QUAN

Ngày nay, các loại hóa chất đang được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực của xã hội hiện đại. Chất chống cháy được dùng làm phụ gia thêm vào nhiều loại vật liệu để làm chậm sự cháy, giúp giảm các thiệt hại do cháy gây ra [1]. Các chất này đang được ứng dụng nhiều trong hầu hết các loại vật liệu và sản phẩm như các loại nhựa, hàng dệt may, dây cáp, vật liệu xây dựng và vật liệu cách nhiệt, thiết bị điện, gỗ và các sản phẩm từ gỗ, các thiết bị phát sáng, đồ chơi,... [2-4]. Sự phổ biến của các chất chống cháy brom hóa (BFRs) như polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) đã dẫn đến nguy cơ gây ô nhiễm môi trường [1]. Do độc tính, tính bền vững cao và khả năng gây tích tụ sinh học, BFR đã bị cấm sản xuất và sử dụng ở Liên minh Châu Âu [5]. Do đó, các hợp chất mới như chất chống cháy photpho hữu cơ (OPFRs) đã được giới thiệu như một giải pháp thay thế trên thị trường. Nhờ có những đặc tính hữu ích, OPFRs đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới trong nhiều lĩnh vực, với sản lượng trên toàn cầu lên tới 680 ngàn tấn vào năm 2015 và mức tăng trưởng dự báo là 15%/năm [2].

Do các chất chống cháy OPFRs là phụ gia được trộn vào các loại vật liệu, không có liên kết hóa học với vật liệu gốc nên chúng rất dễ rò rỉ ra ngoài vật liệu và đi vào môi trường thông qua quá trình bay hơi, khuếch tán và hòa tan [3]. Đặc biệt một số OPFRs rất bền trong môi trường và có khả năng tích tụ sinh học trong cơ thể động vật [3, 4]. Sự xuất hiện của các hợp chất chống cháy OPFRs trong nhiều thành phần môi trường (nước, trầm tích, không khí và bụi) đã được báo cáo trong nhiều nghiên cứu trước đây trên thế giới [3-9]. Cùng với đó nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra rằng nhiều OPFRs có khả năng gây hại tới sức khỏe con người và động vật như: gây rối loạn nội tiết, ung thư, độc thần kinh và gây một số kích ứng da [3, 4].

Tributyl Phosphate (TBP) là một trong những OPFRs phổ biến, TBP được ứng dụng làm dung môi và phụ gia cho nhiều sản phẩm tiêu dùng và công nghiệp như: dầu thủy lực, dầu phanh, dung dịch tẩy rửa, sơn, chất kết dính, nhựa tổng hợp, chất diệt nấm mốc và thuốc diệt cỏ [10]. Tuy

nhien, một số nghiên cứu về độc tính của TBP chỉ ra rằng đây là một chất độc thần kinh [11] và có tác động làm tăng sản bào quang tiết niệu và làm tăng khả năng gây ung thư ở chuột [12]. Trong môi trường nước và trầm tích, TBP đã được báo cáo sự xuất hiện tại một số nơi trên thế giới như tại Trung Quốc [5, 6], Hàn Quốc [7], Đức [8], Hoa Kỳ [9]. Tuy nhiên, hiện nay theo tìm hiểu của nhóm tác giả, chưa có nghiên cứu nào về sự tồn tại của TBP trong môi trường nước tại Việt Nam. Các nghiên cứu về TBP tại nước ta còn rất ít và tập trung vào bụi trong không khí [13].

Với việc TBP được ứng dụng nhiều trong các sản phẩm tiêu dùng hằng ngày của con người, những khu vực có khả năng bị ảnh hưởng nhiều bởi TBP là những nơi tập trung đông dân cư như các thành phố lớn, đặc biệt là thành phố Hà Nội. Hà Nội là thủ đô và cũng là thành phố lớn nhất của Việt Nam với lượng dân cư cực kỳ đông đúc. Trong khu vực nội thành Hà Nội có 17 hồ tự nhiên và nhân tạo, hầu hết các hồ có chức năng điều hòa, tiếp nhận nước mưa từ các khu vực xung quanh. Các nghiên cứu trước đây đã báo cáo sự xuất hiện của các chất ô nhiễm hữu cơ có nguồn gốc từ công nghiệp và sinh hoạt của con người trong môi trường nước và trầm tích tại các sông và hồ tại Hà Nội [14, 15]. Tuy vậy, đối với TBP thì chưa có nghiên cứu nào được tiến hành. Từ nhu cầu thực tế trên, nghiên cứu này đã được thực hiện với mục đích nhằm xác định mức độ ô nhiễm TBP trong nước hồ tại Hà Nội và từ đó đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của TBP trong nước hồ tới hệ sinh thái thủy sinh của khu vực nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lấy mẫu

Bảy mẫu nước mặt nước mặt được lấy tại 03 hồ nước ngọt lớn tại Hà Nội: hồ Tây (3 vị trí), hồ Bảy Mẫu (2 vị trí) và hồ Yên Sở (2 vị trí). Hồ Tây nằm ở phía bắc của thành phố Hà Nội, Hồ Bảy Mẫu nằm tại vị trí giữa và hồ Yên Sở nằm tại phía Nam của thành phố. Xung quanh các vị trí nghiên cứu là các khu vực có mật độ dân cư và giao thông đông đúc.

Thời gian lấy mẫu là vào tháng năm, với thời tiết trong thời gian lấy mẫu khô ráo. Các mẫu nước hồ được lấy mẫu theo TCVN 5994:1995 (Hướng dẫn lấy mẫu ở hồ ao tự nhiên và nhân tạo) và bảo quản theo TCVN 6663-3:2016 (Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu nước). Cụ thể như sau: Mẫu nước mặt được lấy tại độ sâu 0,3 - 0,5m dưới mặt nước, sau đó được đựng trong chai thủy tinh tối màu thể 2 lít, và sau đó được bảo quản trong thùng lạnh (2°C - 5°C) trước khi đưa về phòng thí nghiệm. Sau đó các mẫu nước được lưu trữ tại điều kiện nhiệt độ 4°C trước khi tiến hành phân tích.

2.2. Chiết tách mẫu

Phương pháp xử lý mẫu được sử dụng trong nghiên cứu này được tiến hành dựa theo một nghiên cứu trước đó đã được công bố [16], trong đó quy trình chiết pha rắn như sau: 500mL nước mẫu được lọc bằng bộ lọc với giấy lọc sợi thủy tinh (GF/B, đường kính: 47mm, kích thước lỗ: 1mm, Whatman), thêm vào 5μL chất chuẩn đồng hành (d_{27} -TBP 10mg/L), sau đó mẫu nước được tải lên cột chiết pha rắn Oasis HLB (200mg) (đã hoạt hóa lần lượt với 10mL hexane,

10mL DCM, 10mL MeOH và 10mL nước cất tinh khiết để ion) với tốc độ 5mL/phút. Làm khô cột bởi hút chân không trong 40 phút. Cột chiết được rửa giải lần lượt 3mL hexane, 3mL DCM/hexane (1:1) và 3mL ethyl acetate. Sau đó dung dịch rửa giải được cô đặc bởi thổi khí N_2 đến gần 1mL, thêm vào 10mL hexane và cô đặc tiếp đến dưới 1mL. Thêm vào 100μL nội chuẩn (TPP-d15 và DIBP-d14, 1ppm), định mức đến 1mL bằng hexane, chuyển sang vial bảo quản ở -20°C đến khi phân tích. Mẫu sau đó được đo trên thiết bị GC-MS đã thiết lập các điều kiện tối ưu.

2.3. Phân tích

Nghiên cứu sử dụng hệ thống thiết bị sắc ký khí kết nối khối phổ GC-MS/MS Thermo TSQ 9000 (Triple Quadrupole Mass Spectrometer) (Thermo Scientific, Mỹ) bao gồm: bộ phận bơm dung môi, bộ loại khí, bộ phận điều nhiệt và detector MS. Cột sắc ký DB-5MS UI (chiều dài 30m, đường kính trong 0,25mm và bề dày lớp pha tĩnh 0,25μm, Agilent Technologies). Khí mang Heli với độ tinh khiết 99,9999%.

Điều kiện đo và chương trình nhiệt độ của GC-MS: mẫu được bơm với thể tích 1μL ở chế độ không chia dòng với hệ lấy mẫu tự động và bộ bơm mẫu tự động Triplus RSH (Thermo). Chất phân tích được tách trên cột sắc ký DB-5MS UI (chiều dài 30m, đường kính trong 0,25mm và bề dày lớp pha tĩnh 0,25μm, Agilent Technologies). Khí Heli được sử dụng làm khí mang với tốc độ 1mL/phút ở chế độ tuyến tính.

Chương trình nhiệt độ cột: Nhiệt độ ban đầu: 80°C, giữ 2,0 phút; Tăng đến 230°C với tốc độ 10°C/phút, giữ 5,0 phút; Tăng lên 270°C với tốc độ 5°C/phút, giữ 1,0 phút; Tăng lên 300°C với tốc độ 30°C/phút, giữ 5,0 phút. Chương trình nhiệt độ MS với nhiệt độ bơm mẫu, nhiệt độ nguồn ion và nhiệt độ detector là 290°C; 290°C và 230°C. Tổng thời gian chạy là 25 phút.

2.4. Đảm bảo QA/QC

Sử dụng mẫu trắng, mẫu lặp và hiệu chuẩn thiết bị GC-MS bằng dung dịch hiệu chuẩn PCS. Kết quả thực tế sẽ được tính bằng kết quả phân tích mẫu thực trừ đi mẫu trắng. Giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) của thiết bị GC-MS đối với TBP tương ứng là 0,2ng/L và 0,666ng/L.

2.5 Phương pháp đánh giá nguy cơ rủi ro đến hệ sinh thái nước hồ

Việc đánh giá rủi ro đối với các sinh vật thủy sinh được thực hiện dựa trên nồng độ của chất chống cháy TBP trong mẫu nước hồ. Đối với hệ sinh thái, hệ số rủi ro (RQ) được dùng để đánh giá cho các sinh vật trong nước được trình bày trong một số nghiên cứu đã công bố [17] và được tính như sau:

$$RQ = MEC/PNEC \quad (1)$$

$$PNEC = (LC_{50} \text{ hoặc } EC_{50})/f \quad (2)$$

Trong đó: RQ (Risk Quotient) hệ số rủi ro được tính bằng tỉ số của MEC và PNEC. MEC (Measured Environmental Concentration) là nồng độ đo đạc/tính toán dự báo của chất ô nhiễm trong môi trường. PNEC (Predicted No Effect

Concentration) nồng độ dự báo không gây tác động hay nồng độ ngưỡng cho phép của chất ô nhiễm trong môi trường. PNEC được tính toán theo hệ số chuyển đổi (f) và nồng độ độc chất liên quan là LC_{50} hoặc EC_{50} . f : Hệ số chuyển đổi được lấy với giá trị là 1000 [18]. LC_{50} (Lethal concentration 50) hoặc EC_{50} (Effective Concentration 50) là nồng độ của hóa chất phơi nhiễm trong cùng một thời điểm, gây ra cái chết cho 50% của một nhóm động vật dùng thử nghiệm.

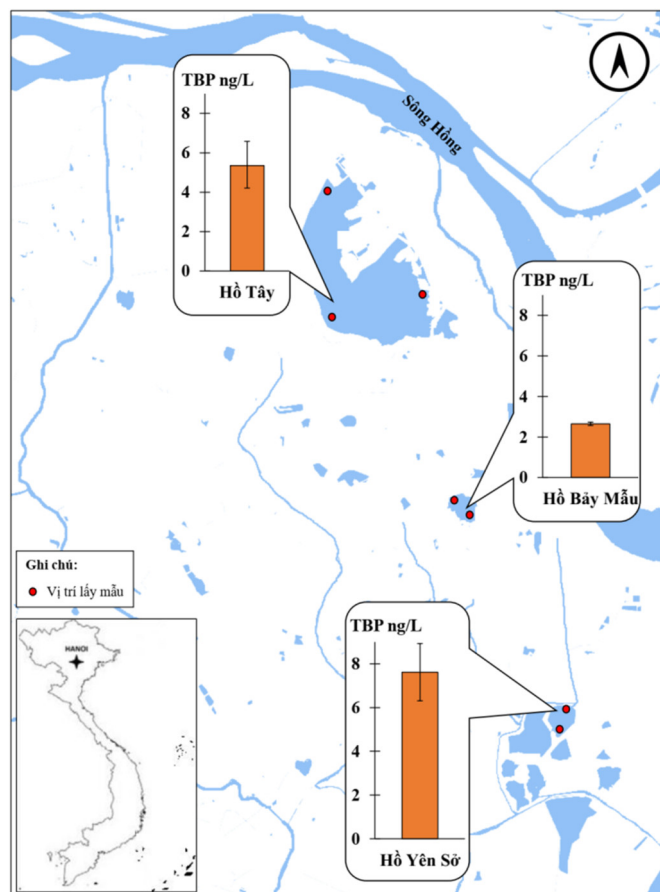
Theo quy định, mức độ rủi ro được chia thành bốn mức độ như sau $RQ < 0,1$ cho thấy rủi ro không đáng kể, $0,1 \leq RQ < 1$ cho thấy rủi ro trung bình, và $RQ \geq 1$ rủi ro cao [4, 9]. Trong nghiên cứu này, nghiên cứu đánh giá rủi ro TBP đối với hệ sinh thái hồ, các sinh vật thủy sinh được đề cập để đánh giá rủi ro bao gồm tảo, giáp xác và cá.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nồng độ TBP trong nước của một số hồ tại Hà Nội

TBP đã được phát hiện trong tất cả các mẫu nước mặt tại các vị trí nghiên cứu với nồng độ dao động trong khoảng 2,57 đến 8,93ng/L (hình 1). Mẫu nước mặt được lấy tại hồ Yên Sở có hàm lượng TBP cao nhất trong cả ba khu vực nghiên cứu (nồng độ: 6,31 - 8,93ng/L, trung bình 7,62ng/L), mẫu nước tại hồ Tây có nồng độ TBP cao thứ hai (nồng độ: 4,21 - 6,58ng/L, trung bình 5,36ng/L), và cuối cùng là hồ Bảy Mẫu (nồng độ: 2,57 - 2,73ng/L, trung bình 2,65ng/L). Nguyên nhân chủ yếu cho sự khác biệt về nồng độ TBP trong các mẫu nước hồ này có thể là do sự khác nhau về số lượng và đặc điểm các nguồn gây ô nhiễm đổ vào từng hồ.

Các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng, nước thải đô thị là nguồn gây ô nhiễm các chất hữu cơ (bao gồm cả TBP) trong môi trường nước mặt [3]. Một trong những nguồn gây ô nhiễm đáng kể cho môi trường nước mặt là nước mưa chảy tràn mang theo các chất ô nhiễm trên bề mặt từ các khu vực xung quanh đổ vào nguồn nước [19]. Mức độ ô nhiễm của nước mưa chảy tràn tùy thuộc vào đặc điểm của khu vực xung quanh nguồn nước. Hồ Yên Sở là nơi tiếp nhận một phần nước thải của sông Kim Ngưu (một dòng sông dẫn nước thải) và nước sau khi xử lý tại nhà máy nước thải Yên Sở. Cùng với đó, hồ Yên Sở có vị trí gần đường giao thông nên cũng chịu ảnh hưởng của các nguồn ô nhiễm từ giao thông khi nước mưa chảy tràn cuốn theo các chất ô nhiễm từ giao thông đi vào nước hồ (bao gồm cả TBP do chất này được ứng dụng nhiều trong nhiều linh kiện của các phương tiện giao thông [10]. Trong khi đó, tại hồ Tây không có các dòng nước thải sinh hoạt hay công nghiệp nào đổ vào nước hồ. Nguồn gây ô nhiễm chính TBP tại hồ Tây có thể là từ nguồn nước mưa chảy tràn, do xung quanh hồ là đường giao thông đông đúc. Ngược lại, hồ Bảy Mẫu không tiếp nhận dòng nước thải sinh hoạt nào, và cũng có vị trí nằm xa đường giao thông hơn so với 2 hồ trên nên ít bị ảnh hưởng bởi các nguồn ô nhiễm từ giao thông hơn. Đây có thể là lý do giải thích cho việc nồng độ TBP trong nước hồ Bảy Mẫu thấp hơn hẳn so với hồ Yên Sở và hồ Tây.



Hình 1. Nồng độ TBP trong nước mặt tại hồ Tây, hồ Bảy Mẫu và hồ Yên Sở, Hà Nội

3.2. So sánh mức độ ô nhiễm TBP trong nước hồ tại Hà Nội và một số vị trí khác trên thế giới

Kết quả so sánh giữa nồng độ TBP được tìm thấy trong các mẫu nước hồ tại Hà Nội trong nghiên cứu này với các vị trí khác trên thế giới được thể hiện trong bảng 1. Kết quả so sánh cho thấy rằng hàm lượng TBP trong nước hồ tại Hà Nội cao hơn so với Ngũ Đại Hồ (Hoa Kỳ) từ 2 đến 7 lần. Nồng độ TBP trong nước hồ tại Hà Nội cũng ở mức tương đương với Hồ Dongting, Trung Quốc và 02 hồ nằm trong khu vực đô thị tại Đức (hồ Meerfelder Maar và hồ Windsborn). Tuy nhiên khi so sánh với một số sông và hồ khác chịu ảnh hưởng nhiều từ các hoạt động của con người trên thế giới như hồ Shihwa (Hàn Quốc), một số sông/hồ tại phía bắc Trung Quốc, 1 số hồ trong thành phố tại Đức (hồ Pond Eastpark và hồ Oxbow Nidda) và sông Besòs (Tây Ban Nha), thì hàm lượng TBP trong nước hồ tại Hà Nội thấp hơn nhiều lần (2,6 - 9 lần) so với những khu vực này.

Bảng 1. Hàm lượng TBP trong nước (ng/L) tại một số sông và hồ ở Việt Nam và trên thế giới

Vị trí	Thời gian	Nồng độ TBP		Trích dẫn
Hồ Tây, Hà Nội, Việt Nam	2022	5,36	(4,21 - 6,58)	Nghiên cứu này
Hồ Bảy Mẫu, Hà Nội, Việt Nam	2022	2,65	(2,57 - 2,73)	Nghiên cứu này

Hồ Yên Sở, Hà Nội, Việt Nam	2022	7,62	(6,31 - 8,93)	Nghiên cứu này
Hồ Shihwa, Hàn Quốc	2015	24,8	(<LOQ - 72,9)	[7]
Miền bắc, Trung Quốc	2013	13,4	(<LOQ - 218)	[6]
Hồ Dongting, Trung Quốc	2017 - 2018	7,19	(1,87 - 12,5)	[5]
Hồ Pond Eastpark, Đức	2008 - 2009	32	(9 - 122)	[8]
Hồ Oxbow Nidda, Đức	2008 - 2009	17	(<LOD - 83)	[8]
Hồ Meerfelder Maar, Đức	2007 - 2009	4	(<LOD - 23)	[8]
Hồ Windsborn, Đức	2007 - 2009	5	(<LOD - 29)	[8]
Ngũ Đại Hồ, Hoa Kỳ	2011 - 2012	1,03	-	[9]
Sông Besòs, Tây Ban Nha	2012	45	(<LOD - 370)	[17]

3.3. Đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của TBP trong nước hồ tới sinh vật thủy sinh

Tác động tiêu cực đến hệ sinh thái thủy sinh của TBP trong nước hồ được đánh giá bằng chỉ số rủi ro môi trường (RQ) đối với năm loài sinh vật thủy sinh, kết quả tính toán RQ được thể hiện trong bảng 2. Các kết quả tính toán chỉ số RQ của TBP trong nước tại các vị trí nghiên cứu nằm trong khoảng từ 0,00005 đến 0,0036. So sánh các kết quả tính toán với khoảng RQ đối chiếu được trình bày tại mục 2.5, cho thấy các giá trị RQ đều nằm trong khoảng không có nguy cơ rủi ro đáng kể ($RQ < 0,1$). Điều này chỉ ra rằng lượng TBP được tìm thấy trong các mẫu nước hồ nghiên cứu đều không gây ảnh hưởng xấu tới hệ sinh thái thủy sinh tại các khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Chỉ số rủi ro môi trường (RQ) đối với năm loài sinh vật thủy sinh trong nước hồ

Sinh vật	Giống loài	L(E)C ₅₀ mg/L [20]	f	PNEC ng/mL	RQ		
					Hồ Tây	Hồ Bảy Mẫu	Hồ Yên Sở
Green algae* (Tảo lục)	<i>Chlorella emersonii</i>	10,00	1000	10000	0,0005	0,0003	0,0008
Brine shrimp** (Tôm)	<i>Artemia salina</i>	54,60	1000	54600	0,0001	0,00005	0,0001
Water flea** (Bọ chết nước)	<i>Daphnia magna</i>	2,100	1000	2100	0,0026	0,0013	0,0036
Zebra danio** (Cá ngựa vằn)	<i>Danio rerio</i>	11,40	1000	11400	0,0005	0,0002	0,0007
Goldfish** (Cá vàng)	<i>Carassius auratus</i>	8,800	1000	8800	0,0006	0,0003	0,0009

* EC50 tính cho Green algae (tảo lục), loài *Chlorella emersonii*; điều kiện: 25 °C; nồng độ: 10-50 mg/L trong 48 giờ; tác dụng: ức chế sự nhân lên của tế bào.
 ** LC50 tính cho Brine shrimp (tôm), Water flea (bọ chết nước), Zebra danio (cá ngựa vằn), Goldfish (cá vàng)

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này cung cấp những thông tin đầu tiên về mức độ ô nhiễm TBP trong môi trường nước hồ

tại ba hồ lớn của thành phố Hà Nội (hồ Tây, hồ Bảy Mẫu và hồ Yên Sở). TBP đã được phát hiện trong cả ba khu vực nghiên cứu với hàm lượng trong các mẫu nước là từ 2,57 tới 8,93ng/L. Hàm lượng TBP lớn nhất được tìm thấy tại hồ Yên Sở. Rủi ro sinh thái đã được đánh giá cho năm loài sinh vật nước (tảo lục, tôm, bọ chết nước, cá ngựa vằn và cá vàng). Kết quả tính toán chỉ số rủi ro môi trường RQ cho các sinh vật thủy sinh tại vị trí nghiên cứu đều dưới 0,0036, cho thấy rằng TBP không gây ra nguy cơ ảnh hưởng đáng kể nào tới hệ sinh vật thủy sinh tại các khu vực nghiên cứu.

Tuy nhiên, sự xuất hiện của TBP trong môi trường nước hồ cho thấy có khả năng tồn tại các chất chống cháy khác trong môi trường. Cần có những nghiên cứu tiếp theo sâu và rộng hơn về TBP và các hợp chất chống cháy photpho hữu cơ khác trong môi trường nước mặt tại Hà Nội cũng như các thành phố khác, để có thông tin đầy đủ về hiện trạng ô nhiễm của các hợp chất chống cháy photpho hữu cơ trong môi trường nước mặt và đánh giá sự ảnh hưởng của chúng tới môi trường và con người.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam theo đề tài mã số "TĐPCCC.05/21-23".

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chen G., Jin Y., Wu Y., Liu L., Fu Z., 2015. *Exposure of male mice to two kinds of organophosphate flame retardants (OPFRs) induced oxidative stress and endocrine disruption*. Environmental Toxicology and Pharmacology 40, 310-318.
- [2]. Gustavsson J., Wiberg K., Ribeli E., Nguyen M.A., Josefsson S., Ahrens L., 2018. *Screening of organic flame retardants in Swedish river water*. Science of The Total Environment 625, 1046-1055.
- [3]. Reemtsma T., Quintana J.B., Rodil R., Garcia-López M., Rodríguez I., 2008. *Organophosphorus flame retardants and plasticizers in water and air I. Occurrence and fate*. TrAC Trends in Analytical Chemistry 27, 727-737.
- [4]. Niu Z., Zhang Z., Li J., He J., Zhang Y., 2019. *Threats of organophosphate esters (OPEs) in surface water to ecological system in Haihe River of China based on species sensitivity distribution model and assessment factor model*. Environmental Science and Pollution Research 26, 10854-10866.
- [5]. Xu L., Zhang B., Hu Q., Liu Y., Shang T., Zeng X., Yu Z., 2021. *Occurrence and spatio-seasonal distribution of organophosphate tri- and di-esters in surface water from Dongting Lake and their potential biological risk*. Environmental Pollution 282, 117031.
- [6]. Wang R., Tang J., Xie Z., Mi W., Chen Y., Wolschke H., Tian C., Pan X., Luo Y., Ebinghaus R., 2015. *Occurrence and spatial distribution of organophosphate ester flame retardants and plasticizers in 40 rivers draining into the Bohai Sea, North China*. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 198, 172-178.
- [7]. Lee S., Cho H.J., Choi W., Moon H.B., 2018. *Organophosphate flame retardants (OPFRs) in water and sediment: Occurrence, distribution, and hotspots of contamination of Lake Shihwa, Korea*. Marine Pollution Bulletin 130, 105-112.
- [8]. Regnery J., Puttmann W., 2010. *Occurrence and fate of organophosphorus flame retardants and plasticizers in urban and remote surface waters in Germany*. Water Res 44, 4097-4104.

- [9]. Venier M., Dove A., Romanak K., Backus S., Hites R., 2014. *Flame retardants and legacy chemicals in Great Lakes' water*. Environmental science & technology 48, 9563-9572.
- [10]. Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology & Information Center. 2007. *Tributyl Phosphate | SIDS Initial Assessment Profile*. Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology & Information Center.
- [11]. Marklund A., Andersson B., Haglund P., 2005. *Organophosphorus flame retardants and plasticizers in Swedish sewage treatment plants*. Environmental science & technology 39, 7423-7429.
- [11]. CDC, 2018. *Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH): Tributyl phosphate*. NIOSH Publications and Products.
- [12]. Le Truong Giang, Trinh Thu Ha, Hoang Thi Tue Minh, Duong Thi Hanh, 2020. *Optimization of the extraction method for organophosphate flame retardants in indoor dust and analysis on a gas chromatography mass spectrometry (GC/MS)*. Journal of Analytical Sciences 1, 25(1).
- [13]. Quynh T.X., Toan V.D., 2019. *Endocrine Disrupting Compounds (EDCs) in Surface Waters of the KimNgon River, Vietnam*. Bulletin of environmental contamination and toxicology 103, 734-738.
- [14]. Mai P.T.N., et al., 2018. *Distribution, accumulation profile, and risk assessment of polybrominated diphenyl ethers in sediment from lake and river systems in Hanoi Metropolitan Area, Vietnam*. Environmental Science and Pollution Research 25, 7170-7179.
- [15]. Stapleton H. M., Sharma S., Getzinger G., Ferguson P. L., Gabriel M., Webster T. F., Blum A., 2012. *Novel and High Volume Use Flame Retardants in US Couches Reflective of the 2005 PentaBDE Phase Out*. Environmental Science & Technology, 46(24), 13432–13439.
- [16]. Cristale J., García Vázquez A., Barata C., Lacorte S., 2013^a. *Priority and emerging flame retardants in rivers: Occurrence in water and sediment, Daphnia magna toxicity and risk assessment*. Environment International, 59, 232–243.
- [17]. European Commission, 2003, *Technical Guidance Document on Risk Assessment in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Biocidal Products on the Market*, Part II.
- [18]. ICM (International Centre for Environmental Management), 2007. *Day/Nhue river basin pollution sources study. Improving Water Quality in the Day/Nhue River Basin, Vietnam: Capacity Building and Pollution Sources Inventory*.
- [19]. Tributyl phosphate (TBP), Ecotoxicity Values. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tributyl-phosphate#section=Ecotoxicity-Values>. (Truy cập ngày 17 tháng 2 năm 2023).

AUTHORS INFORMATION

**Truong Anh Dung¹, Nguyen Thi Thu Phuong², Mai Thi Huyen Thuong³,
Doan Ha Phuong³, Doan Bich Hoa³, Nguyen Thi Thu Hang³,
Nguyen Thi Hanh³, Trinh Thu Ha³**

¹Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

²Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry

³Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology