

PHÂN TÍCH ĐỒNG THỜI CÁC CHẤT Ô NHIỄM HỮU CƠ TRONG NƯỚC LỤT Ở MIỀN TRUNG VIỆT NAM

Trịnh Thu Hà^{1*}, Bjarne W. Strowble², Nguyễn Quang Trung³, Lê Trường Giang⁴

¹*Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

²*Trường Đại học Copenhagen, Đan Mạch*

³*Trung tâm Đào tạo, Tư vấn và Chuyển giao công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

⁴*Ban Hợp tác Quốc tế, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Đến Tòa soạn 17-12-2015; Chấp nhận đăng 10-6-2016

Abstract

The first information on organic micro-pollutants in flooding water in central Vietnam was show in this study. Flooding water samples were collected from river, canals around village, canals in rice field, and in the rice field between flooding in 2013. A comprehensive gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) combination of an automated identification and quantification system with database (AIQS-DB) was used to analysis flooding water sample. 284 analytes were found with concentration from 0.005-7.6 µg/l and frequently detected > 10 %. Average total concentration of group compound from household is highest, after that group compound from agriculture, and at least group compound from industry. This study indicated that flooding water was polluted by domestic chemicals from the villages and pesticides from the rice field.

Keywords. AIQS-DB, organic contaminant screening, flooding water, rice field, pesticides.

1. GIỚI THIỆU

Khi có lũ hoặc lụt, nước lụt có thể đem đến các chất dinh dưỡng và trầm tích làm cải thiện chất lượng đất. Nhưng nước lụt cũng gây nên sự khuếch tán các chất ô nhiễm tồn tại trong đất và các hóa chất bảo vệ thực vật từ cây trồng và đất vào nước.... Tình trạng này càng trầm trọng hơn bởi vì các hóa chất nông nghiệp thường được sử dụng quá liều lượng, cũng như đất và trầm tích vẫn còn tích lũy các chất bảo vệ thực vật ô nhiễm bền vững như diclorodiphenyltrichloroetan (DDT), endosulfan... [1], và một số loại đất còn có hàm lượng vết các chất độc cao như asen rất độc đối với con người [2].

Những chất ô nhiễm hòa tan và phân tán phụ thuộc nhiều vào các yếu tố như đặc tính của đất, tính chất hóa học, chế độ thủy văn và dòng chảy [3]. Vì vậy, việc nghiên cứu sự phân tán, lan truyền của các chất ô nhiễm trong thời gian lũ lụt là cần thiết. Miền trung Việt Nam là nơi thường xuyên xảy ra lũ lụt hàng năm, bên cạnh đó là do tập quán sinh sống và canh tác nông nghiệp mà các khu dân cư thường ngay sát với các vùng đất canh tác nông nghiệp. Nên khi xảy ra lũ lụt, nước lụt có thể sẽ gây ra sự phân tán các chất ô nhiễm từ chất thải của các khu dân cư, các hóa chất bảo vệ thực vật từ các vùng đất nông nghiệp vào trong nước lụt. Một phương pháp phân

tích mới kết hợp giữa thiết bị sắc kí khí (GC/MS) và hệ thống định dạng và định lượng (automated identification and quantification system (AIQS-DB) để phân tích đồng thời 940 chất ô nhiễm hữu cơ bán bay hơi đã được sử dụng gần đây trong các nghiên cứu về môi trường nước và trầm tích sông ở Nhật Bản [4-7], Trung Quốc [8], và Việt Nam [9]. Kết quả đã đưa ra một bức tranh tổng thể về các loại chất gây ô nhiễm nguồn nước sông, trầm tích sông và từ đó chỉ ra các nguồn gốc phát tán các chất gây ô nhiễm đó.

Trong nghiên cứu này phần mềm AIQS-DB trên thiết bị GC/MS đã được sử dụng để phân tích các mẫu nước lụt ở khu vực nông thôn miền trung Việt nam. Để hiểu hơn về thành phần, hàm lượng và nguồn phân tán của các chất ô nhiễm trong nước lụt.

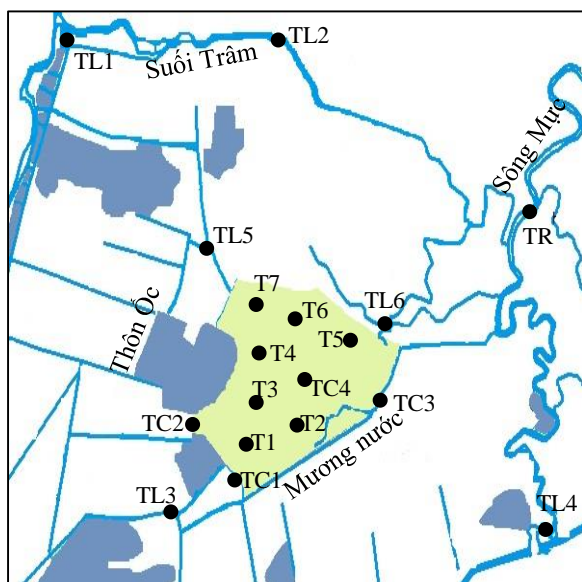
2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vị trí nghiên cứu và thu nhận mẫu

Vị trí nghiên cứu là ruộng lúa với diện tích khoảng 70 hecta thuộc khu vực xã Thăng Long, huyện Nông Công, tỉnh Thanh Hóa. Các mẫu nước được thu nhận ở các điểm trên ruộng, các mương trên ruộng và xung quanh khu vực nghiên cứu và trên sông (hình 1). Thu nhận được thực hiện trong

thời gian lượ tháng 9 năm 2013 với mực nước lượ 0,5 - 1m.

Mẫu nước được lấy cách bề mặt 5 cm vào đầy kín chai thủy tinh màu nâu đã được làm sạch trước đó bằng xà phòng, tráng nước cất, axeton và hexan. Tất cả các mẫu đều bảo quản trong thùng đá và vận chuyển về phòng thí nghiệm, bảo quản ở 4 °C đến khi phân tích.



Hình 1: Bản đồ vị trí lấy mẫu tại xã Thăng Long, huyện Nông Cống, tỉnh Thanh Hóa (TR: sông Mực. TL1, TL2. TL3, TL4, TL5, TL6: mương xung quanh làng và khu vực nghiên cứu. TC1, TC2, TC3, TC4: các mương trên ruộng. T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7: các điểm trên ruộng)

2.2. Hóa chất, dụng cụ thiết bị

Các hóa chất metanol, axeton, *n*-hexan, diclorometan đều thuộc loại tinh khiết dùng cho GC của Merck, NaCl, Na₂SO₄ với độ tinh khiết > 99,5 % của Merck. Chất nội chuẩn Naginata IS mix 3 (1,4-diclorobenzen-d₄; 4-clorotoluen-d₄; axenaphthen-d₁₀; chrysene-d₁₂; fluoranthen-d₁₀; naphthalen-d₈; perylene-d₁₂; phenanthrene-d₁₀) do Công ty Hayashi Pure chemical, Osaka, Nhật Bản cung cấp.

Thiết bị GC/MS (QP-2100 Plus, Shimadzu, Japan), máy lắc đứng, bộ cất quay chân không, và hệ thổi khí nitơ.

Một số dụng cụ thủy tinh khác như phễu chiết 1 lít, ống đong, pipet, micropipette.

2.3. Phân tích

Mẫu nước được chiết tách và phân tích trên thiết

bị GC/MS tại phòng Phân tích độc chất môi trường, Viện Công nghệ môi trường.

Các mẫu nước được chiết lỏng - lỏng theo quy trình [10]: Một lít mẫu nước và 30 g NaCl được chiết ba lần với 100, 50 và 50 ml diclorometan mỗi lần 10 phút trong phễu chiết và máy lắc đứng. Dịch chiết được loại nước bởi Na₂SO₄ (khan, đã sấy ở 700 °C trong 6 giờ). Sau đó cất quay chân không đến 5 ml, thêm vào 10 ml hexan cô đặc lại đến 5 ml, bước này được lặp lại 2 lần để loại bỏ hoàn toàn diclorometan. Cuối cùng dung dịch cô đặc được cô đặc đến 1 ml bởi thổi khí nitơ. Thêm vào 100 μl dung dịch nội chuẩn nồng độ 100 μg/ml và đem đo trên thiết bị GC/MS với phần mềm AIQS-DB.

AIQS-DB là hệ thống phần mềm phát hiện và định lượng với cơ sở dữ liệu được xây dựng sẵn trên thiết bị GC/MS nhằm phát hiện và định lượng đồng thời các chất hữu cơ bán bay hơi (SVOCs) [10]. Thời gian lưu (ReT), đường chuẩn và phổ khối của gần 950 hóa chất được đăng ký trong cơ sở dữ liệu, và thời gian lưu của các hóa chất đăng ký trong mẫu thực được dự đoán từ việc đo thời gian lưu của *n*-ankan trước khi phân tích mẫu. Sau khi thời gian lưu đã được dự đoán, một file đường chuẩn cho thiết bị GC/MS được tạo ra từ các thời gian lưu đã dự đoán, các đường chuẩn và phổ khối của các hợp chất đã được đăng ký. Với kết quả file đường chuẩn định dạng tự động tất cả các hợp chất trong mẫu thực, được thực hiện mà không cần sử dụng chất chuẩn. Phương pháp định dạng và định lượng này tin cậy như các phương pháp thông thường.

950 hợp chất trong hệ thống AIQS-DB được đo trên thiết bị GC/MS bằng phương pháp Sim/Tim với điều kiện GC/MS: Cột sắc ký DB-5 ms (Agilent Technologies, San Jose, CA, USA) (dài 30 m, đường kính trong 0,25 mm, bề dày lớp pha tĩnh 0,25 μm). Chương trình nhiệt độ cột được cài đặt ở 40 °C (2 phút), tăng đến 300 °C (8 °C/phút) và giữ ở 300 °C (4 phút). Phương pháp bơm mẫu với 1 μL, chế độ splitless mode, khí mang He với vận tốc 40 cm/giây, tốc độ dòng không đổi. Nhiệt độ cổng bơm mẫu, nguồn ion và interface tương ứng là 250, 200 và 300 °C. Hiệu chỉnh máy theo phương pháp EPA 625 [7].

2.4. Kiểm soát chất lượng

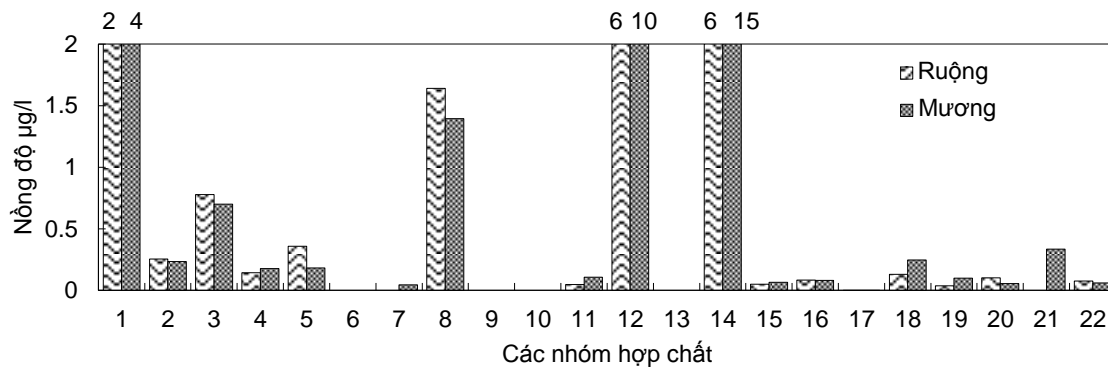
Độ chính xác của mỗi mẫu phân tích được kiểm tra bởi độ thu hồi của 38 chất chuẩn đồng hành, là các chất được chọn để đại diện cho 950 hợp chất dựa trên các tính chất hóa lý của chúng. Độ thu hồi đạt được từ 68-130 % với độ lệch chuẩn tương đối < 22 % cho hầu hết các chất, ngoại trừ một số chất không phân cực cao như các phenol và amin là những chất khó chiết với diclorometan. Mẫu trắng được sử dụng để kiểm soát sự nhiễm bẩn mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước lụt

Nghiên cứu đã xác định được các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước lụt với nồng độ từ 0,005-7,6 µg/l. Các chất này thuộc 22 nhóm như: thuốc trừ sâu, axit béo este metyl, xăng dầu, steroid, nhựa.... Tên các nhóm và trung bình tổng nồng độ mỗi nhóm được chỉ ra ở hình 2. Các nhóm hóa chất này giống như các hóa chất đã được tìm thấy trong các mẫu nước

sông trong nghiên cứu trước đây của Hạnh [11]. Các nhóm hóa chất này được phân thành ba nhóm chính dựa trên nguồn phát thải là: nông nghiệp, sinh hoạt (sinh hoạt gia đình, giao thông, thương mại) và công nghiệp. Trung bình tổng nồng độ các nhóm này được chỉ ra ở hình 3. Nhóm hóa chất nông nghiệp và sinh hoạt là nhân tố chính gây nhiễm bẩn nước lụt. Một số các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng thuốc trừ sâu dùng cho lúa là nguồn ô nhiễm phân tán gây ra ô nhiễm nguồn nước ngầm và nước mặt [12-17].



Hình 2: Các nhóm hợp chất có mặt trong nước lụt

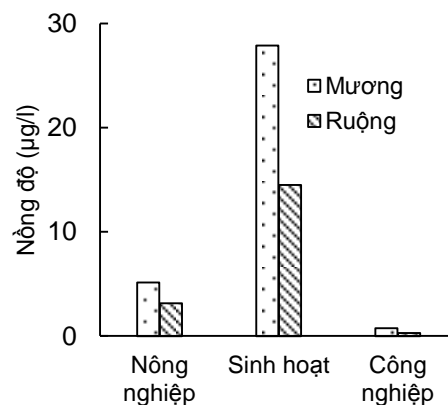
1: Thuốc diệt côn trùng, 2: Thuốc trừ cỏ, 3: Thuốc diệt nấm, 4: Các thuốc trừ sâu khác, 5: Chất chống oxy hóa, 6: Chất chống cháy, 7: Các chất sát trùng và diệt côn trùng, 8: Các axit béo, 9: Các sản phẩm chuyển hóa của chất tẩy rửa, 10: Các hương liệu dùng trong mỹ phẩm, 11: Các chất cao su rửa trôi từ lốp xe, 12: Sản phẩm có nguồn gốc dầu mỏ, 13: Các steroid của thực vật và động vật, 14: Các sản phẩm từ nhựa tổng hợp, 15: Các sản phẩm chăm sóc sức khỏe, 16: Các hợp chất khác có nguồn gốc từ sinh hoạt, 17: Sản phẩm trung gian của các chất keo tổng hợp, 18: Sản phẩm trung gian của tổng hợp hữu cơ, 19: Các hợp chất hydrocacbon mạch vòng (PAHs), 20: Dung môi, 21: Chất nổ, 22: Các hợp chất khác có nguồn gốc từ công nghiệp.

3.2. Thuốc trừ sâu

Tổng số 61 thuốc sâu bao gồm 27 thuốc diệt côn trùng và sâu bệnh, 18 thuốc trừ cỏ, và 15 thuốc trừ nấm được tìm thấy với nồng độ từ 0,005 µg/l đến 3,1 µg/l với tần suất tìm thấy trong các mẫu nước lớn hơn 10 %. Một số các thuốc trừ sâu được tìm thấy với nồng độ và tần suất cao như isoprocarb và fenobucarb được tìm thấy trong nước lụt tương ứng là (0,09 µg/l, 70 %) và (0,011 µg/l, 40 %). Ngoài ra còn có thuốc trừ cỏ oxabetrinil (0,04 µg/l, 41 %), và các thuốc trừ nấm như propamocarb (0,02 µg/l, 82 %), triadimetol (0,498 µg/l, 65 %), metalaxyl (0,02 µg/l, 35 %).

Sự đa dạng về chủng loại của các thuốc trừ sâu được tìm thấy nhiều trong nước lụt được giải thích là do hiện nay đang có một số lượng lớn thuốc trừ sâu được phép sử dụng trên thị trường với khoảng 1376 thuốc trừ sâu bệnh và nấm, và 223 thuốc trừ cỏ (MARD 2015). Bên cạnh đó là việc lạm dụng thuốc và sử dụng không đúng qui cách của người dân [18] như sử dụng quá liều, pha trộn nhiều loại thuốc, vứt bỏ bao bì trên ruộng sau khi sử dụng. Điều này cũng đã được nhìn thấy trong quá trình thực địa và trong

nghiên cứu trước đây của Thủy [19]. Kết quả trên cho thấy các hóa chất bảo vệ thực vật là những nhân tố chính gây ô nhiễm nước lụt.



Hình 3: Trung bình tổng nồng độ của ba nhóm hóa chất nông nghiệp, sinh hoạt, và công nghiệp tại các vị trí lấy mẫu

3.3. Các hợp chất khác

Các hợp chất thuộc nhóm sinh hoạt được tìm thấy với nồng độ cao như nhóm axit béo, sản phẩm

dầu mỡ, steroids, và nhóm có nguồn gốc từ sản phẩm nhựa tổng hợp... (hình 2). Nồng độ trung bình trong nước lụt trên nương và ruộng của nhóm axit béo là 1,64 và 1,39 $\mu\text{g/l}$, của nhóm sản phẩm dầu mỡ là 72 $\mu\text{g/l}$ trên nương và 48 $\mu\text{g/l}$ trên ruộng, sự có mặt của nhóm này chủ yếu là do từ nước thải sinh hoạt và từ máy nông nghiệp gây ra.

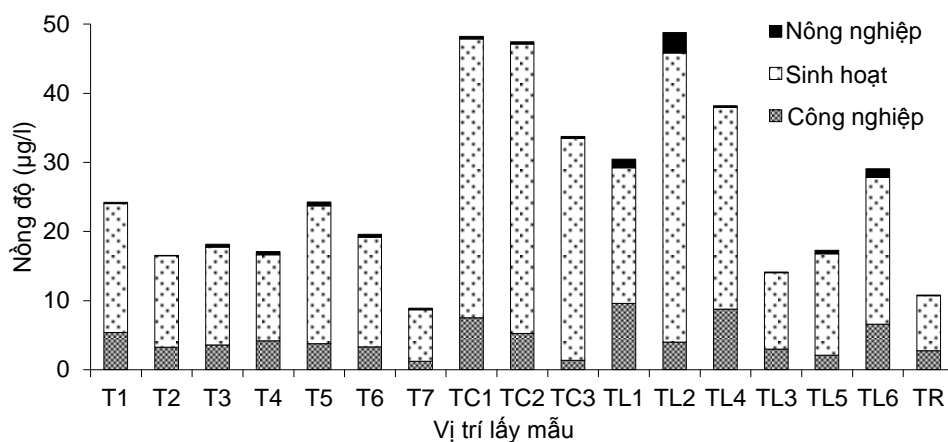
Nhóm steroid trung bình 0,7 $\mu\text{g/l}$ ở trên nương và 0,6 $\mu\text{g/l}$ ở trên ruộng. Nhóm có nguồn gốc từ sản phẩm nhựa tổng hợp được tìm thấy trong nước lụt chủ yếu là các phthalat có nồng độ từ 0,031 đến 5,1 $\mu\text{g/l}$ với tần suất xuất hiện từ 17 đến 100 %, tổng nồng độ nhóm phthalat ở trên nương và trên ruộng tương ứng là 5,2 đến 16 $\mu\text{g/l}$. Các phthalat này chủ yếu là do nước thải sinh hoạt và do việc sử dụng các nhựa nylon chất lượng thấp để bao phủ các ruộng mạ khi gieo trồng lúa trong vụ đông xuân.

Nhóm sản phẩm chăm sóc sức khỏe (PPCPs) được sử dụng cho con người và các loại thuốc khác dùng trong thủy sản [20] cũng được tìm thấy trong nước uống, nước mặt, nước ngầm, nước biển, đất và trầm tích. Nồng độ trung bình của nhóm PPCPs trong nước lụt trên nương và ruộng là 0,05 và 0,06 $\mu\text{g/l}$. Một số PPCPs với nồng độ và tần suất xác định được tìm thấy trong nước lụt là L-methol (0,07 $\mu\text{g/l}$, 82,4 %), diethyltoluamid (0,005 $\mu\text{g/l}$, 82 %). Nồng độ này cũng giống như khoảng nồng độ đã được tìm thấy trong các mẫu nước sông trong nghiên cứu [11].

Kết quả này cũng đã chỉ thị cho thấy nước thải sinh hoạt đã không được xử lý và thải trực tiếp vào các nương và ruộng.

3.4. Phân tán các chất ô nhiễm trong nước lụt

Tổng nồng độ của 3 nhóm hóa chất nông

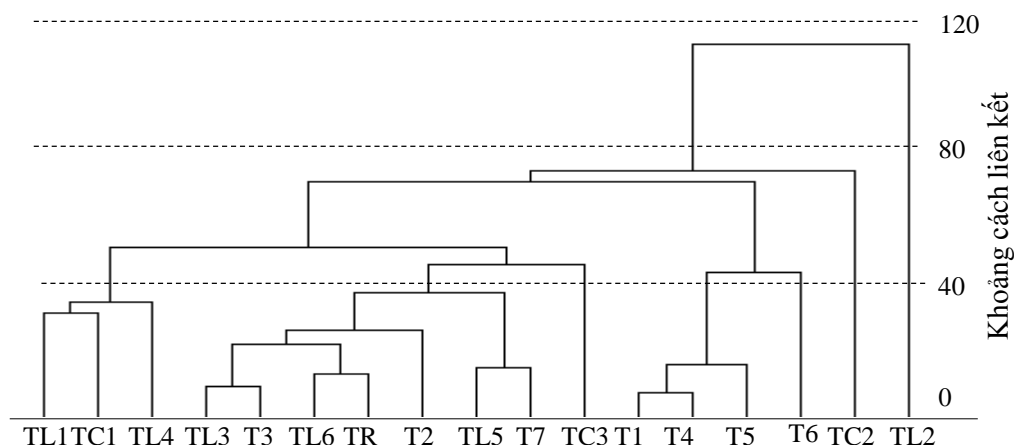


Hình 4: Trung bình tổng nồng độ của ba nhóm hóa chất nông nghiệp, sinh hoạt, và công nghiệp tại các vị trí lấy mẫu

ng nghiệp, nhóm chất thải từ sinh hoạt, và nhóm chất thải từ công nghiệp được chỉ ra ở hình 4. Kết hợp với phân tích biểu đồ phân lớp trên không gian (hình 5) có thể đánh giá sự khác nhau về mặt không gian của 22 nhóm chất trong 17 mẫu nước lụt.

Các nhóm công nghiệp, sinh hoạt có tổng nồng độ cao nhất ở trên nương TL2, nơi mà nước thải sinh hoạt từ khu dân cư xung quanh chảy vào. Kết quả phân tích phân lớp không gian cũng đánh dấu sự tách biệt của vị trí này với 16 vị trí khác. Tiếp đến là TC2 nương nước cuối làng chảy vào ruộng, nó cũng bị ô nhiễm chủ yếu bởi chất thải sinh hoạt. Nhóm thứ 3 (TC1, TL1, TL4) nhóm này khác biệt so với nhóm 1, nguồn ô nhiễm của nó là chất thải sinh hoạt và nông nghiệp. Nhóm thứ 4 là các điểm trên ruộng (T1, T4, T5, T6) tổng nồng độ các chất thải thuộc nhóm sinh hoạt giảm đi, còn nhóm hóa chất nông nghiệp tăng lên so với các nương nước vào ruộng. Nồng độ thấp nhất của các nhóm được nhìn thấy ở nương cấp nước đầu vào cho ruộng TL3, TL5, sau khi đi qua làng nồng độ các chất thải sinh hoạt tăng lên ở các nương TC1, TC2. Khi vào ruộng nồng độ các chất thải sinh hoạt giảm đi, và nồng độ các hóa chất nông nghiệp tăng lên (T1-T6). Riêng điểm T7 do ruộng nước ngập rất sâu tràn với nương nước nên nồng độ các chất đều bị pha loãng. Tại điểm TL6 là điểm cuối cùng mà các nương nước trên ruộng chảy vào nên nồng độ của các nhóm chất đều tăng lên, và khi ra đến sông TR nồng độ các chất giảm đi do sự pha loãng của nước sông.

Với các vùng trồng lúa mà các nương dẫn nước hờ đi qua khu dân, các chất thải sinh hoạt từ các khu dân cư và hóa chất bảo vệ thực vật từ các ruộng lúa là những nhân tố chính ảnh hưởng phân tán trong nước lụt, và nhiễm bản nước lụt.



Hình 5: Biểu đồ phân lớp trên không gian các vị trí lấy mẫu

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này đã cung cấp những dữ liệu cơ bản đầu tiên về phổ các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước lụt tại Việt Nam. Từ kết quả này có thể thấy nước lụt bị ô nhiễm bởi lượng lớn các hóa chất giống như ở các sông. Nước lụt bị nhiễm bản chủ yếu bởi các nhóm hóa chất có nguồn gốc sinh hoạt, giao thông và nông nghiệp. Kết quả này cũng giúp chúng ta hiểu rõ hơn về sự lan truyền, phân tán các chất ô nhiễm từ khu dân đất canh tác nông nghiệp đến nước lụt. Do đó cần phải có những nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của các nhân tố trong nước lụt đến sự hấp phụ, rửa giải của các chất ô nhiễm hữu cơ trong đất đến nước lụt và môi trường nước.

Lời cảm ơn. Nghiên cứu này được tài trợ bởi dự án ODA giữa Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt nam: Nghiên cứu công nghệ xử lý nước tiên tiến dành cho việc sản xuất nước sinh hoạt trong thời gian lũ lụt, mã số 10.PO4.VIE.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PM. Hoai, Z. Sebesvari, TB. Minh, PH. Viet, FG. Renaud. *Pesticide pollution in agricultural areas of Northern Vietnam: Case study in Hoang Liet and Minh Dai communes*, Environmental Pollution, **159(12)**, 3344-50 (2010).
2. J. Norrman, CJ Sparrenbom, M. Berg, DD Nhan, PQ. Nhan, H Rosqvist, et al. *Arsenic mobilisation in a new well field for drinking water production along the Red River, Nam Du, Hanoi*, Applied Geochemistry, **23(11)**, 3127-42 (2008).
3. JP. Gustafsson. *Arsenate adsorption to soils: Modelling the competition from humic substances*, Geoderma, **136(1-2)**, 320-30 (2006).
4. Pan S, Kadokami K, Li X, Duong HT, Horiguchi T. *Target and screening analysis of 940 micro-pollutants in sediments in Tokyo Bay, Japan*, Chemosphere, **99**, 109-16 (2014).
5. K. Kadokami, X. Li, S. Pan, N. Ueda, K. Hamada, D. Jinya, et al. *Screening analysis of hundreds of sediment pollutants and evaluation of their effects on benthic organisms in Dokai Bay, Japan*, Chemosphere, **90(2)**, 721-8 (2013).
6. K. Kadokami, S. Pan, DT. Hanh, X. Li, T. Miyazaki. *Development of a comprehensive analytical method for semi-volatile organic compounds in sediments by using an automated identification and quantification system with a GC-MS database*. Analytical sciences, The international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry, **28(12)**, 1183-9 (2012).
7. K. Kadokami. *Survey on 882 organic Micro-Pollutants in Rivers throughout Japan by Automated Identification and Quantification System with a Gas Chromatography - Mass Spectrometry*, Journal of Environmental Chemistry, **19(3)**, 10 (2009).
8. L. Kong, K. Kadokami, S. Wang, HT. Duong, HTC. Chau. *Monitoring of 1300 organic micro-pollutants in surface waters from Tianjin, North China*, Chemosphere, **122**, 125-30 (2015).
9. HT. Duong, K. Kadokami, S. Pan, N. Matsuura, TQ. Nguyen. *Screening and analysis of 940 organic micro-pollutants in river sediments in Vietnam using an automated identification and quantification database system for GC-MS*, Chemosphere (**0**), (2014).
10. K. Kadokami, K. Tanada, K. Taneda, K. Nakagawa. *Novel gas chromatography-mass spectrometry database for automatic identification and quantification of micropollutants*, Journal of Chromatography A, **1089(1-2)**, 219-26 (2005).
11. D. T. Hanh, N. Matsuura and N. Q. Trung. *Screening analysis of a thousand micro-pollutants in Vietnamese rivers*, Southeast Asian Water Environment, **5**, 195-202 (2013).
12. M. Lamers, M. Anyusheva, N. La, VV. Nguyen, T. Streck. *Pesticide Pollution in Surface- and Groundwater by Paddy Rice Cultivation: A Case Study from Northern Vietnam*, Clean-Soil, Air,

- Water, **39(4)**, 356-61 (2011).
13. M. Anyusheva, M. Lamers, N. La, V.V. Nguyen, T. Streck. *Fate of pesticides in combined paddy rice-fish pond farming systems in Northern Vietnam*, J Environ Qual, **41(2)**, 515-25 (2012).
 14. L. Comoretto, B. Arfib, S. Chiron. *Pesticides in the Rhône river delta (France): Basic data for a field-based exposure assessment*, Sci. Total Environ., **380(1-3)**, 124-32 (2007).
 15. Y. Nakano, A. Miyazaki, T. Yoshida, K. Ono, T. Inoue. *A study on pesticide run off from paddy fields to a river in rural region - 1: field survey of pesticide runoff in the Kozakura River, Japan*, Water Research, **38(13)**, 3017-22 (2004).
 16. L. Comoretto, B. Arfib, R. Talva, P. Chauvelon, M. Pichaud, S. Chiron. *Runoff of pesticides from rice fields in the Ile de Camargue (Rhône river delta, France): Field study and modeling*, Environmental pollution, **151(3)**, 486-93 (2008).
 17. DG. Karpouzas, Z. Miao. *Pesticide Risk Assessment in Rice Paddies*, Amsterdam: Elsevier, 125-254 (2007).
 18. H. Berg. *Pesticide use in rice and rice-fish farms in the Mekong Delta, Vietnam*, Crop Protection, **20(10)**, 897-905 (2001).
 19. P. Thuy, S. Van Geluwe, VA. Nguyen, B. Van der Bruggen. *Current pesticide practices and environmental issues in Vietnam: management challenges for sustainable use of pesticides for tropical crops in (South-East) Asia to avoid environmental pollution*, J. Mater. Cycles Waste Manag, **14(4)**, 379-87 (2012).
 20. N. Laville, S. Ait-Aïssa, E. Gomez, C. Casellas, JM Porcher. *Effects of human pharmaceuticals on cytotoxicity, EROD activity and ROS production in fish hepatocytes*, Toxicology, **196(1-2)**, 41-55 (2004).

Liên hệ: Trịnh Thu Hà

Viện Hóa học

Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Số 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

E-mail: trinthuha80@gmail.com; Điện thoại: 0917896119.