

Phân tích dòng vật chất và đánh giá khả năng thu hồi Phốt pho tại khu vực ngoại thành Hà Nội

Nguyễn Mạnh Khải^{1,*}, Nguyễn Thị Hà¹, Ngô Vân Anh¹, Đinh Thị Hiền¹,
Nguyễn Minh Phương¹, Hoàng Minh Trang¹, Hans B. Wittgren²,
Jans O. Drangert², Karin Tonderski³

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Khoa Nghiên cứu Nước và Môi trường, Trường Đại học Linköping, Thụy Điển

³Khoa Sinh học, Trường Đại học Linköping, Thụy Điển

Nhận ngày 02 tháng 11 năm 2012

Chỉnh sửa ngày 16 tháng 11 năm 2012; chấp nhận đăng ngày 15 tháng 3 năm 2013

Tóm tắt. Phốt pho là nhân tố quan trọng quyết định đến độ màu mỡ của đất, ảnh hưởng đến dinh dưỡng cây trồng. Hiện nay, tại các khu vực nông thôn, phốt pho từ chăn nuôi và nông nghiệp đang không được tận dụng hiệu quả, tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường nước, tác động đến hệ sinh thái. Nghiên cứu này được thực hiện để phân tích, đánh giá sự dịch chuyển phốt pho trong các dòng vật chất tại khu vực nông thôn ngoại thành Hà Nội (xã Thọ Xuân và Cổ Loa). Tại hai địa điểm nghiên cứu, lượng dịch chuyển phốt pho lớn nhất được xác định từ hoạt động chăn nuôi mà nguồn cung cấp chủ yếu từ khu vực thương mại trong đó tại Cổ Loa là 8,34 tấn/năm và tại Thọ Xuân là 5,26 tấn/năm. Đồng thời, lượng phốt pho phát sinh từ hoạt động chăn nuôi chuyển sang trồng trọt ước tính chỉ đạt 3,3 tấn/năm tại Thọ Xuân và 6,6 tấn/năm tại Cổ Loa. Hiệu quả thu hồi phốt pho cho trồng trọt không cao chỉ đạt 45-71% cho cả Thọ Xuân và Cổ Loa cho thấy tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường đồng thời cũng thể hiện cơ hội cho việc quản lý và tận thu nguồn phốt pho này tại khu vực ngoại thành Hà Nội.

Từ khóa: phốt pho, phân tích dòng vật chất, chăn nuôi, thu hồi.

1. Mở đầu

Phốt pho trong tự nhiên không tồn tại ở dạng đơn chất mà được phân bố rộng rãi trong các loại khoáng chất khác nhau, chủ yếu trong các loại đá phốt phat. Tuy nhiên, dự trữ phốt

pho được dự đoán có thể cạn kiệt trong vòng 50-100 năm tới [1].

Trong nông nghiệp, phốt pho được sử dụng làm phân bón để ổn định dinh dưỡng, nâng cao năng suất hoa màu. Tuy nhiên, canh tác nông nghiệp không hợp lý, sử dụng phân bón cũng như hóa chất bảo vệ thực vật không phù hợp có khả năng dẫn đến nguy cơ gây ô nhiễm môi trường đất, nước. Hiện nay, tại Việt Nam, ước

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-913369778
E-mail: khainm@vnu.edu.vn

tính có khoảng 2,5 - 3 triệu tấn phân bón vô cơ được sử dụng trong canh tác nông nghiệp, trong đó khoảng 50 - 70% không được cây trồng hấp thụ, thải ra môi trường [1]. Cùng với nitơ, phốt pho thường theo nước thải sinh hoạt, sản xuất và hoạt động nông nghiệp thải ra nguồn tiếp nhận có thể dẫn đến hiện tượng phú dưỡng. Bên cạnh đó, việc sử dụng phân bón hóa học làm gia tăng sự tích lũy các kim loại nặng và các chất hữu cơ độc hại khác vào môi trường [2]. Phân động vật có chứa hàm lượng lớn phốt pho và cũng là nguồn dinh dưỡng có giá trị cho cây trồng. Ngược lại, các chất thải nông nghiệp từ thực vật (rơm rạ, cỏ) có thể sử dụng làm thức ăn chăn nuôi, tạo nên chu trình dinh dưỡng trong hoạt động nông nghiệp và chăn nuôi [3]. Nghiên cứu này được thực hiện để phân tích, đánh giá sự dịch chuyển phốt pho trong các dòng vật chất tại khu vực nông thôn ngoại thành Hà Nội.



Hình 1. Vị trí xã Cổ Loa và Thọ Xuân trong bản đồ Hà Nội.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành tại hai khu vực ngoại thành Hà Nội, gồm xã Cổ Loa và xã Thọ Xuân. Cổ Loa là một xã nông nghiệp thuộc huyện Đông Anh, Hà Nội, cách trung tâm Hà Nội 17 km về phía Đông Bắc. Thọ Xuân là một xã nông nghiệp thuộc huyện Đan Phượng, Hà Nội, cách trung tâm Hà Nội về phía Tây 20 km. Cổ Loa là địa điểm nghiên cứu đại diện cho khu vực ngoại ô được đô thị hóa. Thọ Xuân là địa điểm đang có xu hướng đô thị hóa trong tương lai. Vị trí 2 xã được thể hiện trong Hình 1.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tổng quan thu thập tài liệu

Thu thập các thông tin, tài liệu gồm các tài liệu có liên quan đến kinh tế - xã hội, tài nguyên môi trường của khu vực nghiên cứu. Ngoài ra số liệu thống kê và các số liệu liên quan đến đặc điểm dinh dưỡng, phân bón, lương thực, thực phẩm cũng được thu thập từ các nguồn tài liệu có giá trị và được sử dụng như tài liệu thứ cấp để phục vụ cho việc phân tích dòng vật chất.

2.2.2. Phương pháp điều tra khảo sát thực địa, phỏng vấn bán chính thức

Khảo sát thực địa để đánh giá các hoạt động tại 2 điểm nghiên cứu bao gồm: dân số, tình hình sử dụng đất, cơ cấu kinh tế, tình hình sử dụng nước, phân bón, hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt của người dân, vệ sinh môi trường... Việc thu thập thông tin được thực hiện qua điều tra thực địa để lấy được thông tin một cách chính xác về những vấn đề cần quan tâm, bổ sung thêm được những vấn đề mới thông qua phiếu câu hỏi. Việc phỏng vấn bán chính thức giúp có được thông tin một cách xác thực và mang tính khách quan.

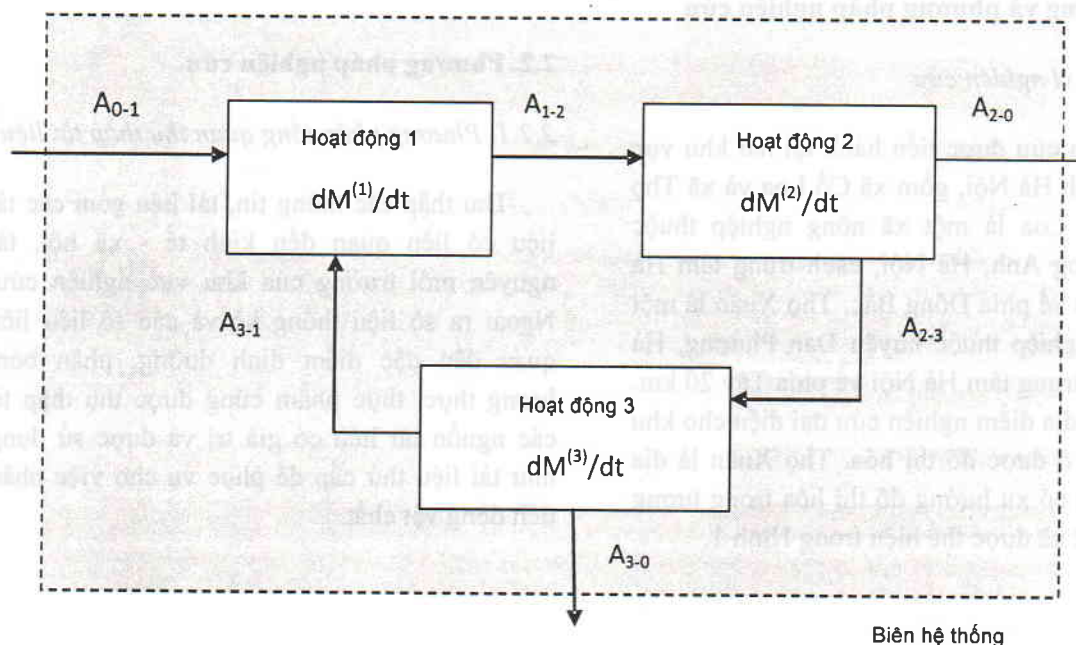
2.2.3. Phương pháp phân tích dòng vật chất

Nguyên tắc cơ bản của phương pháp phân tích dòng vật chất là dựa vào định luật bảo toàn khối lượng. Phương pháp này cho phép xác

định lượng, xác định các tác động tiềm tàng đối với ô nhiễm môi trường làm cơ sở đề xuất các giải pháp mang tính khả thi.

Phân tích dòng vật chất bao gồm các bước chủ yếu dưới đây và được thực hiện theo hướng dẫn của Brunner và Rechberger (2004) [4] và được mô phỏng trong sơ đồ của Hình 2:

1. Xác định các vấn đề cơ bản (dòng vật chất liên quan);
2. Phân tích hệ thống dòng phát pho của hai xã Cổ Loa và Thọ Xuân (lựa chọn các vấn đề có liên quan, quy trình, chất chỉ thị, và ranh giới của hệ thống);
3. Định lượng dòng khối lượng của vật chất và các chất chỉ thị;
4. Xác định các điểm yếu trong hệ thống dòng phát pho của hai xã Cổ Loa và Thọ Xuân;
5. Phát triển, đánh giá các sơ đồ và giải thích các kết quả.



Hình 2. Sơ đồ phân tích dòng vật chất.

Phương trình cân bằng phốt pho được tính cho một quá trình như sau.

$$\frac{dM(1)}{dt} = A_{01} + A_{31} - A_{12}$$

Trong đó:

$dM(1)/dt$: Cân bằng phốt pho trong hoạt động 1

A_{01}, A_{31} : Các dòng phốt pho đầu vào của hoạt động 1

A_{12} : Dòng phốt pho đầu ra của hoạt động 1.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Một số đặc điểm của hai xã Cổ Loa và Thọ Xuân

Xã Cổ Loa có 4.533 hộ gia đình, với 15.437 người, trong đó tỷ trọng lao động trong ngành nông nghiệp đạt 64,4%. Tổng diện tích đất tự nhiên là 806,9 ha, trong đó: diện tích đất sản xuất nông nghiệp là 454,3 ha; đất phi nông nghiệp: 316,1 ha; đất chuyên dùng: 138,8 ha. Bên cạnh trồng trọt và chăn nuôi, xã tham gia hoạt động công nghiệp làm bún quy mô nhỏ. Hiện tại toàn xã có 2.130 giếng khoan, tất cả các giếng khoan đều có bề lọc và còn tốt, 27 hộ vẫn dùng nước giếng đào. Điều kiện vệ sinh môi trường xã Cổ Loa chịu ảnh hưởng lớn bởi tình trạng thải bỏ rác thải, lượng rác thải và nước thải trên địa bàn rất lớn. Rác thải sinh hoạt phát sinh bình quân 1,5 tấn/ngày. Khối lượng nước thải 7.200m³/ngày (3.500m³ nước thải sinh hoạt và 3700 m³ nước thải sản xuất). Xã đã có hệ thống thu gom rác trong các thôn và vận chuyển đến bãi rác Nam Sơn để xử lý [5].

Tổng dân số của xã Thọ Xuân là 9.276 người (1.990 hộ gia đình). Tổng diện tích đất tự nhiên của xã là 451,0 ha trong đó đất nông nghiệp là 252,3 ha và đất phi nông nghiệp là 198,7 ha. Về sản xuất nông nghiệp, xã có tổng diện tích lúa xuân gieo trồng được 70 ha, năng suất bình quân đạt 63,9 tạ/ha, sản lượng đạt 447,3 tấn và tổng diện tích lúa mùa gieo trồng được 80,2 ha với năng suất bình quân đạt 63,4 tạ/ha, sản lượng đạt được 508,8 tấn. Bên cạnh đó, xã phát triển về canh tác cây ngô và đậu tương với tổng diện tích gieo trồng tương ứng là 156,0 ha và 154,0 ha. Xã có 226 con bò, trên 3500 con lợn và trên 8.500 con gà. Đây là nguồn phát sinh chất thải từ phân động vật tương đối lớn trong xã. Lượng rác thải sinh hoạt bình quân tại xã Thọ Xuân là 1,8 tấn/ngày. Khối lượng nước thải 1257m³/ngày (1.057m³ nước thải sinh hoạt và 200m³ nước thải từ chợ). Toàn bộ rác thải đã được tổ chức thu gom và chuyển đến khu xử lý chất thải rắn Nam Sơn, Sóc Sơn [6].

3.2. Đặc điểm dòng phốt pho và đánh giá khả năng thu hồi

Qua khảo sát, thống kê các dòng vật chất chính liên quan đến phốt pho tại khu vực 2 xã Thọ Xuân và Cổ Loa. Các dòng này đã được định lượng thực tế hoặc tham khảo từ các nguồn tài liệu đã được công bố, kết quả được mô tả thống kê trong Bảng 1.

Bảng 1. Dòng vật chất và hàm lượng P tương ứng

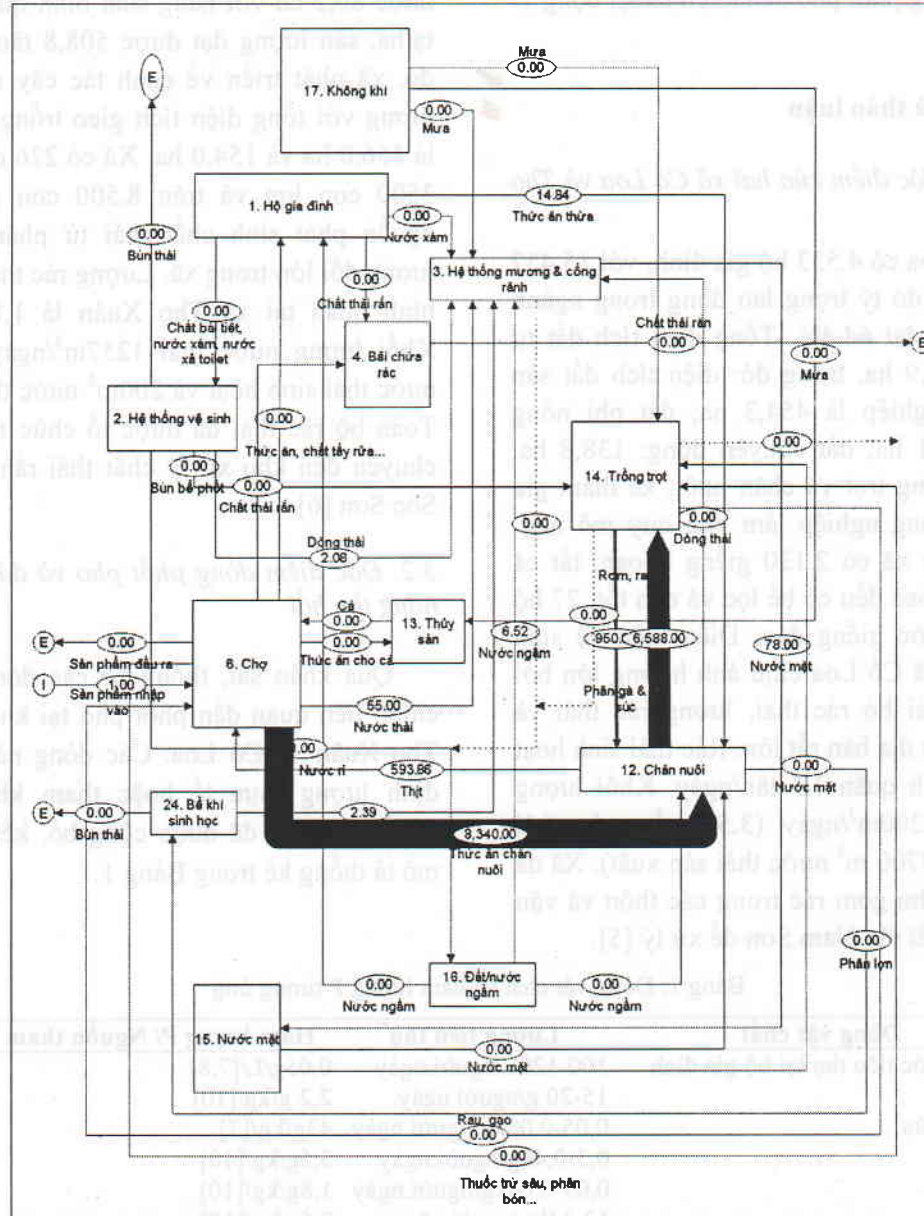
Dòng vật chất	Lượng tiêu thụ*	Hàm lượng P/ Nguồn tham khảo
Lượng nước tiêu thụ tại hộ gia đình	100-120L/người.ngày	0,05g/L/[7,8]
Trứng	15-20 g/người.ngày	2,2 g/kg/[10]
Chất tẩy rửa	0,05-0,08kg/người.ngày	43g/kg/[7]
Gạo	0,3-0,4kg/người.ngày	3,5g/kg/[10]
Thủy sản	0,03-0,04kg/người.ngày	1,8g/kg/[10]
Ngũ cốc	13-14kg/người.năm	2,5g/kg/[10]
Thịt gia cầm	0,01-0,02kg/người.ngày	2g/kg/[10]

Rau	0,3-0,4kg/người.ngày	0,4g/kg/[10]
Hoa quả	44-45kg/người.năm	0,2g/kg/[10]
Nước xám	80-100L/người.ngày	0,5g/người.ngày/[7]
Chất bài tiết	1,0-1,5kg/người.ngày	0,86g/người.ngày/[11]
Phân bón	430 tấn/năm	0,4kg/tấn/[12]

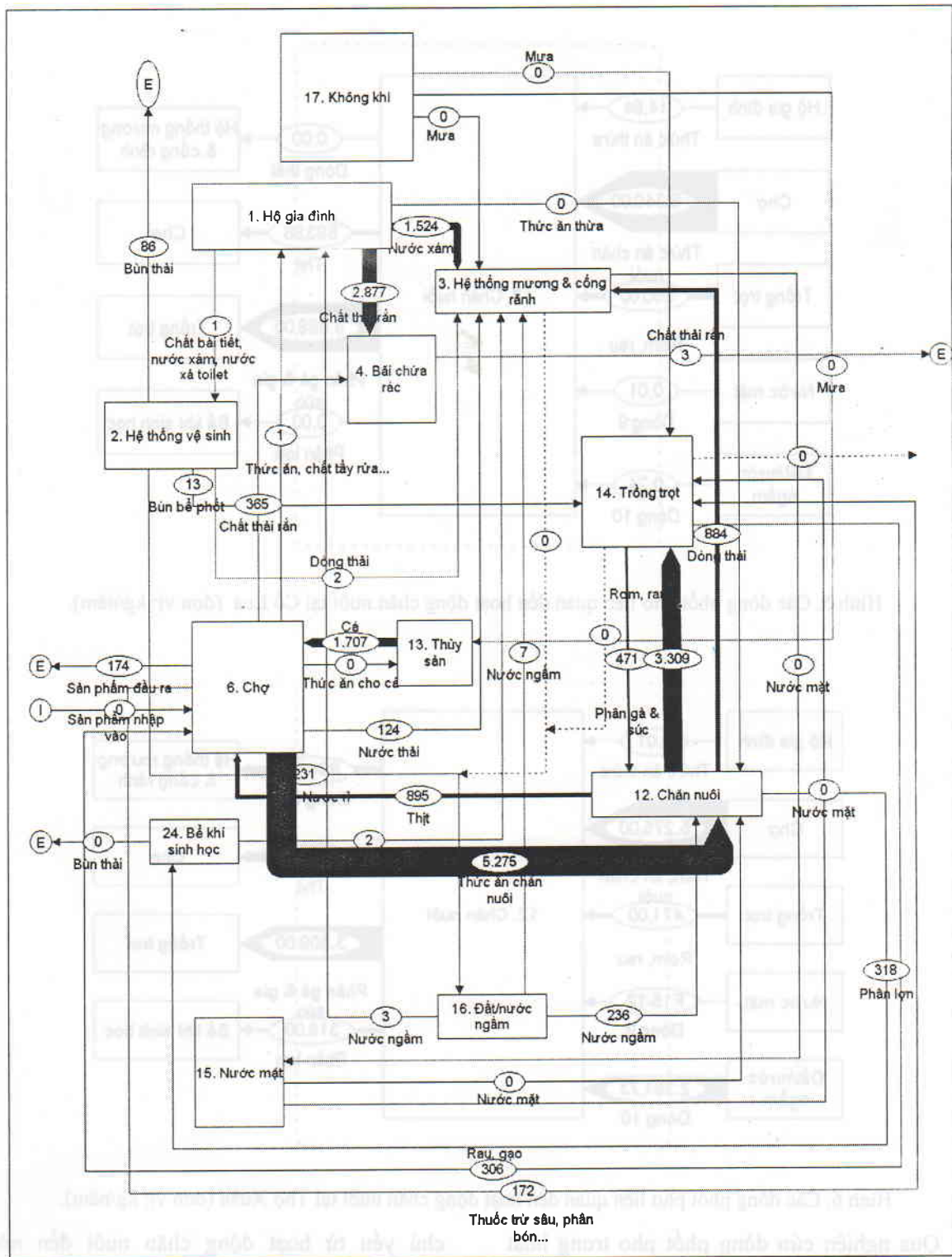
Kết quả khảo sát ngoài thực địa

Dòng phát pho cho toàn xã Cổ Loa và Thọ Xuân lần lượt được thể hiện trên hình 3 và hình 4. Nhìn chung, đường đi của các dòng phát pho

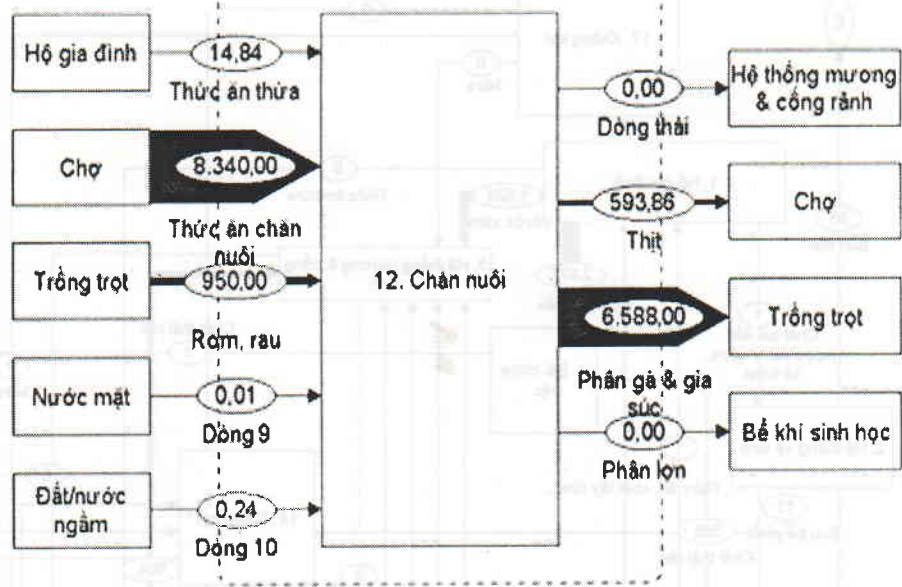
ở cả hai xã tương đối giống nhau. Tuy nhiên, tại Cổ Loa, hoạt động công nghiệp (làm bún) là điểm khác biệt lớn nhất giữa hai xã.



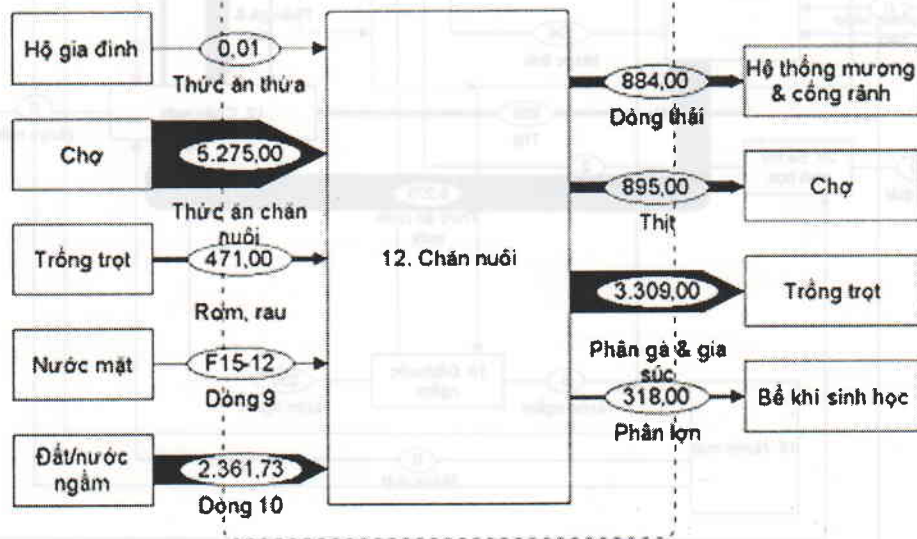
Hình 3. Dòng phát pho xã Cổ Loa (đơn vị: kg/năm).



Hình 4. Dòng phát pho xã Thọ Xuân (đơn vị: kg/năm).



Hình 5. Các dòng phốt pho liên quan đến hoạt động chăn nuôi tại Cổ Loa (đơn vị: kg/năm).



Hình 6. Các dòng phốt pho liên quan đến hoạt động chăn nuôi tại Thọ Xuân (đơn vị: kg/năm).

Qua nghiên cứu dòng phốt pho trong hoạt động chung của hai xã Cổ Loa và Thọ Xuân (Hình 3, 4) cho thấy sự dịch chuyển phốt pho

chủ yếu từ hoạt động chăn nuôi đến nông nghiệp và đi ra khỏi hệ thống bởi dòng nước thải.

Dòng phốt pho liên quan đến hoạt động chăn nuôi tại Cổ Loa và Thọ Xuân lần lượt được thể hiện trong hình 5 và hình 6. Trong phân tích hệ thống các dòng phốt pho vào và ra liên quan đến hoạt động chăn nuôi ở Cổ Loa và Thọ Xuân, có 8 thành phần chính liên quan đến các dòng phốt pho, cụ thể là: Chăn nuôi, hộ gia đình, chợ, trồng trọt, nước mặt, đất/nước ngầm, hệ thống thoát nước và hệ Biogas.

Có thể dễ dàng nhận ra rằng phốt pho chủ yếu tồn tại trong thức ăn chăn nuôi công nghiệp, chất thải từ chợ được đưa vào hệ thống chăn nuôi với khối lượng khoảng 5,27 tấn P/năm (2,65 kg P/hộ.năm) ở xã Thọ Xuân và 8,34 tấn P/năm (1,83 kg P/hộ.năm) ở xã Cổ Loa. Trong khi đó, dòng phốt pho từ hoạt động chăn nuôi đến trồng trọt tại xã Cổ Loa đạt tới 6,588 tấn P/năm (1,45 kg P/hộ.năm). Tại Thọ Xuân, phốt pho chứa trong phân gà ở đầu ra của hệ thống chăn nuôi đến nông nghiệp là 3,3 tấn/năm (1,65kg P/hộ.năm) và phân lợn tới hầm biogas là 318 kg P/năm (0,16 kg P/hộ.năm). Lượng phân này được cả hai xã sử dụng như phân hữu cơ cho nông nghiệp. Bên cạnh đó, lượng phốt pho từ trồng trọt đến chăn nuôi tại Cổ Loa và Thọ Xuân tương ứng là 2,09 kg P/ha.năm và 1,86 kg P/ha.năm. Lượng phốt pho trong các dòng khác là không đáng kể. Lượng phốt pho trong dòng từ nước mặt đến hoạt động chăn nuôi chỉ đạt 0,01 kg P/năm và lượng phốt pho trong dòng từ đất/nước ngầm đến hoạt động chăn nuôi là 0,24 kg P/năm.

Như vậy, hiệu suất thu hồi phốt pho cho trồng trọt của xã Cổ Loa đạt 71% và 45% ở xã Thọ Xuân. Trung bình, mỗi năm khoảng hơn 3,5 tấn phốt pho tại Thọ Xuân và 2,1 tấn phốt pho tại Cổ Loa bị thất thoát vào đất hoặc ra khỏi hệ thống vào dòng nước mặt. Theo nghiên cứu của Nguyễn Thị Ánh Tuyết và cộng sự [12], khả năng thu hồi phốt pho là rất cao từ các

nguồn trong chất thải rắn hoặc nước thải. Đối với việc thu hồi phốt pho trong chất thải rắn có thể áp dụng phương pháp xử lý hóa lý, thủy phân. Phương pháp hóa học cũng có thể được dùng để thu hồi phốt pho trong chất thải rắn dưới dạng canxi phốt phát $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Trong phương pháp này, NaHS được thêm vào trước khi đông tụ bùn tại bể lắng sơ cấp sử dụng hóa chất FeCl_2 , FeS và H_3PO_4 . Muối canxi được thêm vào để tạo kết tủa thu hồi dạng $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Trường hợp đối với thu hồi phốt pho trong nước thải có thể áp dụng hấp thụ với hiệu suất thu hồi cao.

4. Kết luận

Kết quả phân tích dòng phốt pho cho thấy lượng phốt pho chứa chủ yếu trong phân bón phốt phát. Hàm lượng P lớn nhất nằm trong dòng từ các chợ đến chăn nuôi dưới dạng thức ăn chăn nuôi công nghiệp (8,34 tấn/năm) tại Cổ Loa và 5,275 tấn/năm tại Thọ Xuân. Tại Cổ Loa, dòng P lớn thứ hai từ hoạt động chăn nuôi đến trồng trọt đạt tới 6,588 tấn/năm.

Hiệu suất thu hồi phốt pho cho trồng trọt đạt 45-71%. Tuy ở Thọ Xuân đã sử dụng hầm ủ phân Biogas thu hồi khí đốt phục vụ sinh hoạt hộ gia đình nhưng không đáng kể.

Lời cảm ơn

Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ về kinh phí trong khuôn khổ dự án “Đóng góp cho sự phát triển bền vững và bình đẳng của các thành phố Nam Á – Nghiên cứu điển hình cho Hà Nội đến năm 2030”; hợp tác giữa Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Xây dựng và Trường Đại học Linköping, Thụy Điển, các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Đỗ Khắc Uẩn, Đặng Kim Chi, Tình trạng khan hiếm Phốt pho và sự cần thiết của việc tái sử dụng nguồn thải chứa phốt pho, *Tạp chí Khoa học và phát triển*, tập VI, số 6 (2008) 570-577.
- [2] Khai, N.M., Ha, P.Q., Oborn, I. Nutrient flows in small-scale peri-urban vegetable farming systems in South East Asia – A case study in Hanoi. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 122 (2007) 192 - 202.
- [3] Nguyễn Mạnh Khải, Phạm Quang Hà, Đặng Thanh Xuân, Nguyễn Thị Huệ, Ingrid Öborn, Nghiên cứu cân bằng N, P, K tại một số vùng thâm canh rau ngoại thành Hà Nội. *Khoa học đất*, 24, 42-50.
- [4] Brunner, P.H., Rechberger, H., (2003), *Practical Handbook of Material Flow Analysis*, CRC Press.
- [5] UBND xã Cổ Loa (2010), Báo cáo tình hình kinh tế xã hội xã Cổ Loa năm 2009
- [6] UBND xã Thọ Xuân (2011), Báo cáo tình hình kinh tế xã hội xã Thọ Xuân năm 2010
- [7] Büsser S (2006), Characteristics of domestic wastewater flows in urban and peri-urban households in Vietnam. ETHZ practical training report, Duebendorf, Switzerland: Eawag/Sandec.
- [8] Hanoi CERWASS (2004), Survey on Rural Environmental Sanitation. Centre for Rural Water Supply and Environmental Sanitation (CERWASS), Hanoi, Vietnam.
- [9] P.W. Anton Perera, Zhi-Ying Han, Ying-Xu Chen, and Wei-Xiang Wu (2007), "Recovery of nitrogen and phosphorous as struvite from swine waste biogas digester effluent", *Biomedical and Environmental Sciences*, 20, p. 343-350
- [10] FAO (1972) <http://www.fao.org> Fertilizer use by crop
- [11] Håkan Jönsson, Andras Baky, Ulf Jeppsson, Daniel Hellström and Erik Kärrman (2005), Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model, Chalmers university of technology, Gothenburg, Sweden
- [12] Nguyễn Thị Ánh Tuyết, Nguyễn Thị Hà, Nguyễn Mạnh Khải, Phạm Hoàng Giang, Nguyễn Phương Hồng, Trần Văn Thạch, Nguyễn Thị Hải Yến, Wittgren Hans Bertil, Drangert Jan Olof, Tonderski Karin (2012), Đánh giá khả năng thu hồi phốt pho trong nước thải sản xuất tinh bột sắn ở làng nghề Dương Liễu, Hà Nội, *Tạp chí Khoa học, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 28, 223-229.

Phosphorus flow analysis and assessment of recovery possibility at peri urban in Hanoi

Nguyễn Mạnh Khải¹, Nguyễn Thị Hà¹, Ngô Vân Anh¹, Đinh Thị Hiền¹,
Nguyễn Minh Phương¹, Hoàng Minh Trang¹, Hans B. Wittgren²,
Jans O. Drangert², Karin Tonderski³

¹*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science,
334 Nguyễn Trãi Str., Thanh Xuân Dist., Hanoi, Vietnam*

²*Water and Environmental Studies, Linköping University, Sweden*

³*Faculty of Biology, Linköping University, Sweden*

Phosphorus is an important factor determining the fertility of the soil, affecting nutrition for plants. Currently, in rural areas, phosphorus from livestock and agriculture are not being utilized efficiently, potentially causes water pollution and impacts on ecosystems. This study was implemented to analyze and evaluate the movement of phosphorus in material flow in rural areas outside Hanoi (Tho Xuan and Co Loa). At two study sites, the largest amount of phosphorus movement is determined from activities related to livestock supplied mainly from the commercial sector: 8.34 tons/year in Co Loa and 5.26 tons/year in Tho Xuan. Meanwhile, the amount of phosphorus derived from livestock activities to crops estimated at 3.3 tons/year in Tho Xuan and 6.6 tons / year at Co Loa. The recovery efficiency of phosphorus for crops was 45-71% for both Tho Xuan and Co Loa, showing potentially environmental pollution as well as representing opportunity for management and recovery of phosphorus in the suburbs of Hanoi.

Keywords: Phosphorus, livestock, crop, MFA.