

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA TÁI SỬ DỤNG CHẤT THẢI CHĂN NUÔI LÊN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG GIAI ĐOẠN 2000 - 2020

Đỗ Thu Nga

Trường Đại học Điện lực

Tóm tắt

Đồng bằng Sông Hồng là vựa lúa lớn thứ hai của Việt Nam và cũng là vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ, do đó áp lực lên môi trường tại đây rất lớn. Thêm vào đó, ngành chăn nuôi cũng có sự tăng trưởng khá cao và ổn định với tốc độ tăng trưởng trung bình khoảng 5 - 6 %/năm. Do đó, việc quản lý chất thải từ chăn nuôi cũng là một vấn đề đáng quan tâm ở đồng bằng Sông Hồng. Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình phân tích dòng chảy vật chất (MFA) nhằm định lượng dòng chảy nitơ trên đồng bằng Sông Hồng trong giai đoạn 2000 - 2020, từ đó đánh giá tác động của thói quen tái sử dụng chất thải chăn nuôi lên chất lượng môi trường nước ở đồng bằng Sông Hồng. Kết quả mô hình cho thấy các nguồn phát thải nitơ lớn nhất vào môi trường nước là canh tác lúa, chăn nuôi và nước thải từ các hộ gia đình. Đồng thời, nghiên cứu cũng đánh giá được tỷ lệ đóng góp của các nguồn nitơ khác nhau vào đồng ruộng và sự thay đổi tỷ trọng giữa các nguồn này từ năm 2000 - 2020.

Từ khóa: Đồng bằng Sông Hồng; Mô hình MFA; Môi trường nước; Nitơ; Nông nghiệp.

Abstract

Evaluating impacts of livestock waste reuse on water environment in the Red river delta during 2000 - 2020

The Red river delta is the second largest rice bowl of Vietnam and also the key economic region of the North, so its pressure on environmental protection is huge. In addition, the livestock sector also has a fairly high and stable growth with an average growth rate of about 5 - 6 % per year. Therefore, livestock waste management is also a matter of concern in the Red river delta. This study applied the Material Flow Analysis (MFA) model to quantify the nitrogen flows in the Red river delta in the period 2000 - 2020, thereby, assessing the impact of the habit of reusing livestock wastes on the quality of the surface water environment. The modeling results showed that the biggest sources of nitrogen emissions into the aquatic environment were rice paddy fields, livestock farming and domestic wastewater. At the same time, the study also assessed the contribution rates of different nitrogen sources to the rice paddy field and the proportion changes among these sources during the 20 years.

Keywords: Red river delta; Material Flow Analysis (MFA); Water environment; Nitrogen; Agriculture.

1. Giới thiệu chung

Nông nghiệp là một trong những ngành có đóng góp quan trọng vào nền kinh tế Việt Nam, chiếm tỷ trọng 13,97 % GDP năm 2021 [1]. Ngành nông nghiệp bao gồm trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp và thủy sản. Trong số này, trồng trọt đóng một vai trò quan trọng trong an ninh lương thực quốc gia, xóa đói giảm nghèo và tạo cơ hội sinh kế cho người dân địa phương cũng như thu nhập từ xuất khẩu. Tuy nhiên, các hoạt động nông nghiệp, đặc biệt là canh tác lúa và chăn nuôi, cũng đồng thời đem đến các vấn đề môi trường như ô nhiễm môi trường không khí, nước và đất [2].

Với lượng gia súc, gia cầm ngày càng tăng thì vấn đề xử lý chất thải chăn nuôi ngày càng được chú trọng. Theo Cục Chăn nuôi, Bộ NN&PTNT, ngành chăn nuôi mỗi năm thải ra 73 triệu tấn chất thải rắn và 23 - 30 triệu m³ nước thải, bao gồm cả nước tiểu của lợn, nước tắm lợn và nước rửa chuồng [3]. Trong số đó, khoảng 50 % chất thải rắn và 80 % lượng nước thải đổ trực tiếp ra môi trường mà không qua xử lý [3, 4]. Đáng chú ý là chất thải chăn nuôi chứa một hàm lượng nitơ rất lớn, mỗi đầu vật nuôi một ngày thải ra khoảng 12 - 64 gam nitơ [5]. Như vậy, hiện nay một lượng nitơ đáng kể đang chưa được tận dụng hợp lý, mà ngược lại, đem tới nguy cơ ô nhiễm môi trường.

Ngoài ra, việc sử dụng phân bón hóa học quá liều lượng cho phép trong canh tác lúa diễn ra rất phổ biến. Nguyên nhân chính là chế độ bón phân vẫn dựa trên kinh nghiệm và thói quen của người nông dân từ trước tới nay. Một yếu tố khác là do chất lượng kém của các sản phẩm phân

bón hiện có trên thị trường trong nước. Khoảng 54 % phân NPK trên thị trường không đạt tiêu chuẩn chất lượng, hiệu quả sử dụng phân bón cũng thấp, chỉ khoảng 60 % đối với N, 40 % đối với P và 50 % đối với K [6]. Theo ước tính, hàng năm có tới 50 - 70 % lượng phân bón vô cơ không được cây trồng hấp thụ và thoát ra ngoài môi trường, gây ô nhiễm không khí, nước và đất [7].

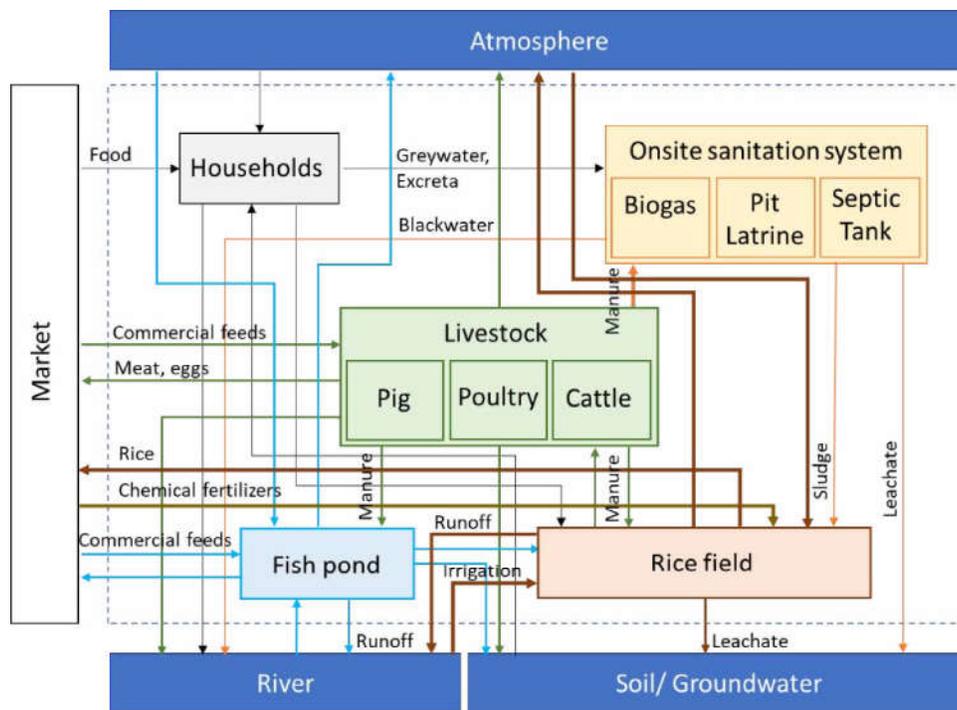
Đồng bằng Sông Hồng (ĐBSH) được biết tới là vựa lúa lớn thứ hai của Việt Nam. Khoảng 47 % diện tích được sử dụng làm đất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản [4]. Đáng chú ý là có tới gần 80 % dân số tại ĐBSH vẫn làm việc trong lĩnh vực nông nghiệp và nguồn thu nhập chính của người dân địa phương đều đến từ nông nghiệp. Mặt khác, ĐBSH có tốc độ đô thị hóa nhanh và là vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ. Trong vòng thập kỷ qua (2010 - 2020), mật độ dân số bình quân của ĐBSH tăng từ 952 người/km² năm 2011 lên 1078 người/km² năm 2020 [8]. Trong khi đó, cơ sở hạ tầng yếu kém dẫn đến tỷ lệ thu gom nước thải thấp, chỉ 13 % nước thải sinh hoạt ở khu vực đô thị có thể được xử lý [9]. Các sông nội thành Hà Nội, như sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu là những ví dụ điển hình về các dòng sông ô nhiễm với hàm lượng chất hữu cơ và chất dinh dưỡng cao, do tiếp nhận một lượng lớn nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý [9]. Như vậy, nguy cơ về ô nhiễm các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng đến từ các hoạt động nông nghiệp và dân sinh ở ĐBSH cần được kiểm soát chặt chẽ.

Nghiên cứu này sử dụng mô hình phân tích dòng chảy vật chất (Material

Flow Analysis - MFA) để đánh giá tải lượng chất dinh dưỡng (nitơ) vào môi trường nước mặt (hệ thống sông) từ các hoạt động của con người trên đồng bằng Sông Hồng trong giai đoạn từ 2000 - 2020. Kết quả từ mô hình sẽ giúp 1) đánh giá xu thế phát thải và tái sử dụng nitơ trong các hoạt động nông nghiệp trong hai thập kỷ trở lại đây, 2) định lượng được dòng chảy nitơ giữa các hoạt động của con người trên ĐBSH và nguồn nitơ chủ yếu vào môi trường.

2. Mô hình phân tích dòng chảy vật chất (Material Flow Analysis - MFA)

MFA là mô hình đánh giá vòng tuần hoàn của vật chất trong một hệ thống xác định theo không gian và thời gian [10]. Nguyên lý áp dụng trong mô hình MFA dựa trên định luật bảo toàn vật chất, đó là đặc trưng riêng biệt của MFA làm cho phương pháp này được sử dụng rộng rãi như một công cụ hỗ trợ quyết định trong quản lý nguồn gốc, quản lý chất thải và quản lý môi trường [11, 12, 13].



Hình 1: Mô hình MFA đánh giá dòng chảy nitơ trên ĐBSH [14]. Hình chữ nhật nằm trong đường nét đứt mô tả các hoạt động của con người ('quá trình') và mũi tên mô tả sự vận chuyển nitơ giữa các hoạt động đó và tới môi trường ('dòng nitơ')

Mô hình MFA gồm 3 bước chính:

Bước 1: Xây dựng mô hình dòng chảy vật chất: Thông qua việc tìm hiểu sơ bộ về điều kiện kinh tế - xã hội của nơi nghiên cứu, các hoạt động của con người được hệ thống hoá và mô tả bằng các 'quá trình' (Nhà ở, khu vệ sinh, chăn nuôi, ao cá, đồng lúa). Các quá trình này được

liên kết với nhau bằng các 'dòng chảy vật chất' (nitơ) (Hình 1).

Bước 2: Định lượng dòng chảy: Từ hệ thống tạo lập được ở Bước 1 và các số liệu thu thập, các phương trình mô phỏng sẽ được thiết lập. Mô hình được xây dựng dựa trên hai loại phương trình phương trình bảo toàn (1) và phương trình mô phỏng (2):

Nghiên cứu

$$\frac{dM_i^j}{dt} = \sum_r A_{i,r-j} - \sum_s A_{i,j-s} \quad (1)$$

Trong đó:

$\frac{dM_i^j}{dt}$ là biến thiên lượng vật chất i trong quá trình j theo thời gian;

$\sum_r A_{i,r-j}$ là tổng lượng chất i từ các quá trình r khác nhau đi vào quá trình j ;

$\sum_s A_{i,j-s}$ là tổng lượng chất i từ các quá trình r khác nhau đi ra khỏi quá trình j , tới các quá trình s khác.

$$\sum_r A_{i,r-j} = f(p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (2)$$

Trong đó: p_1, p_2, \dots, p_n là các thông số của mô hình, được thu thập từ các tài liệu tham khảo (chủ yếu là số liệu thống kê [8], đó là số liệu dân số các tỉnh thuộc ĐBSH, số lượng vật nuôi, số liệu về đặc tính của chất thải chăn nuôi) và khảo sát thực địa, kết hợp phỏng vấn [15].

Bước 3: Đánh giá mô hình: Kết quả từ mô hình được đánh giá bằng phương pháp phân tích tính bất định, bao gồm đánh giá độ tin cậy và đánh giá độ nhạy [15]. Từ đó, các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả của mô hình (chất lượng mô hình, chất lượng của số liệu đầu vào) sẽ được hiệu chỉnh. Mặt khác, mô hình cũng được đánh giá bằng cách so sánh kết quả tính toán với kết quả thực đo và các nghiên

cứu trước đây [14]. Kết quả thực đo (tải lượng nitơ) dùng để đánh giá kết quả từ mô hình MFA được tính toán dựa trên số liệu đo lưu lượng (Q , m^3/s) và số liệu đo nồng độ nitơ có trong nước sông tại các điểm đo lưu lượng (C , mg/L). Tải lượng nitơ (L , tấn/năm) được tính toán dựa trên công thức sau:

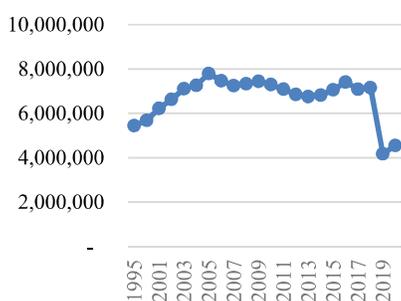
$$L = Q \times C \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 10^{-9} \quad (3)$$

Nghiên cứu này sử dụng mô hình MFA đã được hiệu chỉnh và áp dụng thành công cho lưu vực Sông Đáy - Nhuệ [14, 15, 16].

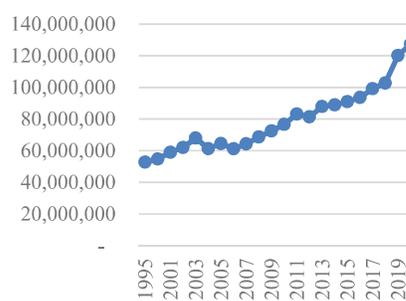
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xu hướng phát triển nông nghiệp ở ĐBSH và thói quen tái sử dụng chất thải

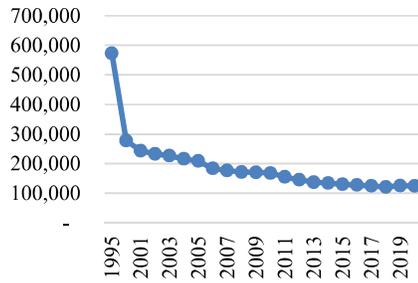
Theo báo cáo của Bộ NN&PTNT năm 2021, sau 10 năm thực hiện “Chiến lược phát triển ngành chăn nuôi đến năm 2020” [17], ngành chăn nuôi cơ bản đã đạt được sự tăng trưởng khá cao và ổn định với tốc độ tăng trưởng trung bình khoảng 5 - 6%/năm, trong đó giai đoạn 2011 - 2015 đạt 4,5 - 5%, giai đoạn 2016-2018 đạt trung bình 6%/năm [18]. Điều này cho thấy sự tăng trưởng về số lượng gia súc gia cầm trong giai đoạn 10 năm vừa qua là rất lớn. Hình 2 mô tả số lượng vật nuôi giai đoạn 1995 - 2020 ở ĐBSH [8].



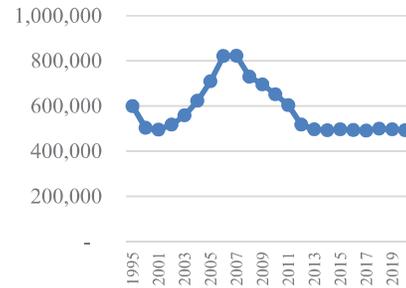
a)



b)



c)



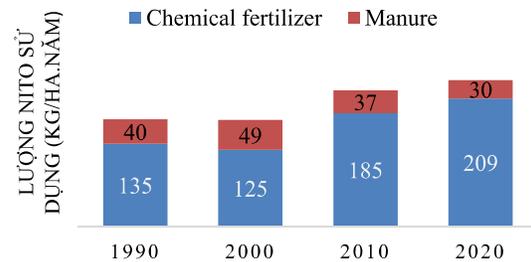
d)

Hình 2: Số lượng gia súc, gia cầm trên đồng bằng Sông Hồng giai đoạn 1995 - 2020
a) Lợn, b) Gia cầm, c) Trâu, d) Bò

Số liệu này cho thấy số lượng lợn trong giai đoạn trước năm 2005 có xu hướng tăng nhanh. Tuy nhiên, số lượng lợn giảm mạnh vào năm 2019 do dịch tả lợn châu Phi và đã có dấu hiệu phục hồi từ năm 2020. Số lượng gia cầm thì tăng mạnh, từ khoảng 5 triệu con năm 1995 đã lên tới gần 130 triệu con vào năm 2020. Ngược lại, số lượng trâu giảm mạnh từ hơn 600 nghìn con vào năm 1995, xuống còn hơn 100 nghìn con vào năm 2020, do nhu cầu về sức kéo trong nông nghiệp đã giảm so với thời kỳ trước 1995. Cũng tương tự, số lượng bò ở ĐBSH cũng có chiều hướng giảm trong giai đoạn 10 năm trở lại đây. Nhìn chung, số lượng vật nuôi có xu hướng tăng trong giai đoạn 25 năm trở lại đây, đặc biệt là số lượng lợn và gia cầm chiếm một tỷ trọng lớn trong tổng số đàn vật nuôi. Trong khi đó, diện tích lúa lại chỉ giảm rất ít, 0,9 %/ năm, trong giai đoạn từ 1995 - 2020 [8]. Như vậy có thể thấy phân chuồng là một nguồn nitơ dồi dào cho trồng trọt và canh tác lúa, đồng thời tái sử dụng phân chuồng là giải pháp tiềm năng nhằm giảm chất thải từ chăn nuôi vào môi trường.

Vào những năm 1980 - 1990, phân chuồng được sử dụng rất nhiều trong canh tác lúa [19], khoảng 35 - 40 kgN/ha.năm,

tương đương với 85 % lượng phân chuồng phát sinh trong chăn nuôi (Hình 3).



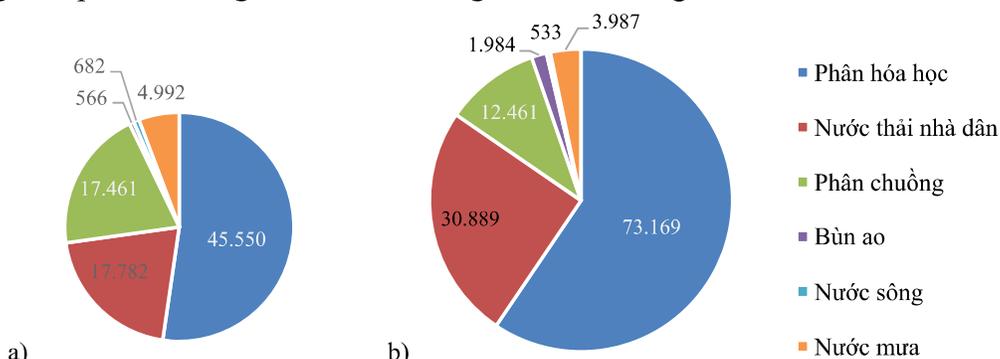
Hình 3: Lượng phân bón hóa học và phân chuồng được sử dụng trong canh tác lúa trong giai đoạn 1990 - 2020

Trong giai đoạn những năm 2000, lượng phân chuồng được sử dụng tăng thêm khoảng 9 kgN/ha.năm, đồng thời, lượng phân bón hóa học giảm đi khoảng 10 kg/ha.năm. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với thống kê về số lượng vật nuôi cũng tăng lên trong giai đoạn này, cung cấp một lượng phân bón lớn cho trồng trọt. Sau năm 2000, lượng phân chuồng được sử dụng trong nông nghiệp giảm đi, cùng với tăng tỷ lệ sử dụng phân bón hóa học trên đồng ruộng. Mặc dù trong giai đoạn 2010 - 2020, nhà nước có chính sách thúc đẩy phát triển chăn nuôi, số lượng đầu vật nuôi tăng, nhưng lại chỉ có 31 % lượng phân gia súc được sử dụng cho canh tác lúa [20].

3.2. Đánh giá tải lượng nitơ từ các nguồn khác nhau vào đồng ruộng

Hình 1 mô tả các nguồn nitơ chính vào đồng ruộng, gồm có phân hóa học, nước thải từ nhà dân (bao gồm nước xám - nước thải sinh hoạt thông thường và nước đen - nước từ nhà vệ sinh và hầm khí sinh học) không được thu gom, một lượng nhỏ phân chuồng được tái sử dụng

để bón cho đồng ruộng, bùn ao cá cũng là một nguồn dinh dưỡng được sử dụng trên đồng ruộng và nước dùng để tưới cho đồng ruộng gồm nước sông và nước mưa. Áp dụng mô hình MFA, tải lượng của nitơ (tấn/ năm) từ các nguồn khác nhau vào đồng ruộng ở ĐBSH được tính toán cho giai đoạn 20 năm, từ 2000 - 2020. Hình 4 mô tả tỷ lệ các nguồn nitơ vào ruộng lúa ở ĐBSH trong năm 2000 và 2020.



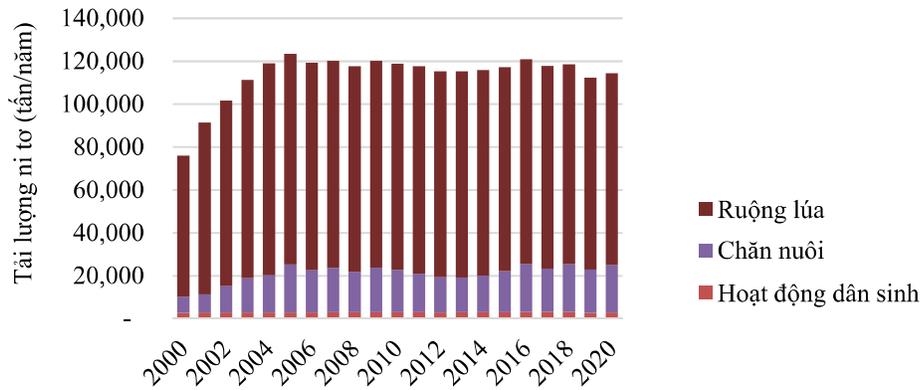
**Hình 4: Thành phần các nguồn nitơ (tấn/năm) vào ruộng lúa ở ĐBSH
a) năm 2000; b) năm 2020**

Tổng lượng nitơ được sử dụng trên đồng ruộng trong năm 2000 là 87.033 tấn và tăng lên 123.023 tấn vào năm 2020, tương đương với tăng 41 %. Trong đó, lượng phân bón hóa học được sử dụng đã tăng lên gấp hơn 1,6 lần sau 20 năm. Nguồn nitơ đến từ nước thải dân sinh (bao gồm cả nước thải từ nhà vệ sinh) cũng đóng góp một phần lớn trong tổng lượng nitơ vào đồng ruộng, chiếm tới 20 % vào năm 2000 và tăng lên 25 % vào 2020. Đặc biệt đáng chú ý là lượng nước thải này tăng 1,7 lần sau 20 năm. Nguyên nhân có thể đến từ sự gia tăng dân số và việc xử lý phân chuồng (bằng hệ thống biogas) không đúng tiêu chuẩn [21]. Diện tích các khu đô thị tập trung đông dân xen lẫn và thay thế cho các vùng canh tác trên ĐBSH, chất thải nông

nghiệp chưa được quản lý chặt chẽ, hệ thống cơ sở hạ tầng thu gom và xử lý nước thải còn nhiều hạn chế, dẫn tới khó tránh được nước thải chưa qua xử lý thoát vào kênh mương, từ đó được sử dụng để tưới tiêu trong nông nghiệp. Năm 2000, lượng phân chuồng được sử dụng trong canh tác lúa bằng 38 % so với lượng phân bón hóa học, tới năm 2020 thì tỷ lệ này giảm chỉ còn 17 %.

3.3. Đánh giá lượng nitơ thất thoát ra ngoài môi trường từ những nguồn khác nhau

Kết quả của mô hình MFA tính toán tải lượng nitơ từ các hoạt động của con người ra môi trường nước mặt trên ĐBSH trong giai đoạn 2000 - 2020 được trình bày ở Hình 5.



Hình 5: Tải lượng các nguồn nitơ vào môi trường nước ở ĐBSH giai đoạn 2000 - 2020

Kết quả trên được so sánh với kết quả tính tổng tải lượng nitơ của Minh và cộng sự [22] vào năm 2006. Nghiên cứu [22] cho kết quả là 129.500 tấn nitơ trong khi đó mô hình MFA tính toán cho kết quả là 120.932 tấn nitơ. Sự sai khác giữa hai kết quả tính toán nằm trong khoảng nhỏ hơn 10 %, sai số cho phép của mô hình MFA [15]. Điều này cho thấy, mô hình MFA cho kết quả tính toán tải lượng nitơ khá thống nhất với kết quả từ nghiên cứu trước đây.

Hình 5 cho thấy tải lượng nitơ thoát ra ngoài môi trường từ các hoạt động nông nghiệp và sinh hoạt của con người tại ĐBSH tăng đặc biệt nhanh trong giai đoạn 2000 - 2005. Giai đoạn này cũng trùng khớp với thời kỳ ngành chăn nuôi, đặc biệt là chăn nuôi lợn và gia cầm có bước tăng trưởng lớn. Cùng với đó, mặc dù tỷ lệ phân chuồng được sử dụng nhiều hơn, nhưng tải lượng nitơ thải ra ngoài môi trường nước mặt từ hoạt động chăn nuôi vẫn rất lớn. Trong giai đoạn từ 2005 - 2020, tổng tải lượng nitơ ra ngoài môi trường chỉ có chút biến động nhẹ, nhưng về tỷ lệ đóng góp từ nông nghiệp vào tổng tải lượng nitơ ra ngoài môi trường nước vẫn là chủ yếu. Trong giai đoạn từ 2000 - 2020, nitơ từ ruộng lúa đóng góp tới 61 - 75 % tổng lượng nitơ vào môi trường.

Điều này là hệ quả của việc sử dụng phân bón hóa học quá lượng cho phép. Đáng chú ý là tổng tải lượng nitơ vào nước mặt của năm 2020 đã tăng 53 % so với trước đó 20 năm. Điều này cho thấy phân chuồng từ chăn nuôi và phân bón hóa học trong canh tác lúa là các nguồn ô nhiễm rất lớn ra ngoài môi trường. Mặc dù đã có những chính sách về quản lý chất thải chăn nuôi nhưng kết quả mô hình cho thấy, chất thải từ nông nghiệp vẫn là vấn đề rất cần được quan tâm.

Nước thải từ hộ gia đình là nguồn nitơ lớn thứ ba đóng góp vào tổng tải lượng nitơ vào môi trường nước mặt. So với tải lượng nitơ từ nông nghiệp kể trên, tỷ lệ đóng góp từ thành phần nước thải này không đáng kể, bởi một lượng lớn nước thải này đã theo hệ thống cống rãnh, kênh mương vào trực tiếp ruộng lúa. Tải lượng nitơ này vào đồng ruộng gấp tới 8 lần so với lượng thải ra môi trường nước. Điều này cho thấy nguy cơ tiềm năng từ việc không thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt đúng cách sẽ dẫn tới ô nhiễm nguồn nước dùng cho mục đích tưới tiêu.

4. Kết luận

Đồng bằng Sông Hồng là vựa lúa lớn thứ hai của Việt Nam, cũng đồng thời là vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ và có tốc

Nghiên cứu

độ đô thị hóa nhanh, do đó áp lực lên môi trường tại đây rất lớn. Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình phân tích dòng chảy vật chất (MFA) để tính toán tải lượng phát thải nitơ ra ngoài môi trường từ các hoạt động của con người tại ĐBSH trong giai đoạn 2000 - 2020. Kết quả mô hình cho thấy lượng phát thải nitơ vào môi trường nước mặt từ các hoạt động chăn nuôi và canh tác lúa, cũng như nước thải từ các hộ gia đình là những nguồn nitơ lớn nhất. Đồng thời, nghiên cứu cũng đánh giá được tỷ lệ đóng góp của các nguồn nitơ khác nhau vào đồng ruộng và sự thay đổi tỷ trọng giữa các nguồn trong năm trong khoảng cách 20 năm, từ 2000 - 2020. Nghiên cứu cho thấy lượng chất thải từ chăn nuôi là một nguồn dinh dưỡng tiềm năng cho canh tác lúa và có một lượng nước thải rất lớn từ các hộ gia đình chưa qua xử lý vẫn đang được xả ra ngoài môi trường nước mặt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tổng cục Thống kê (2022). *Tăng trưởng khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản bệ đỡ cho nền kinh tế và “tầm nệm” cho công tác an sinh xã hội năm 2021*. Truy cập ngày 26/10/2022.
- [2]. L. X. Cảnh (2022). *Ô nhiễm môi trường trong sản xuất nông, lâm, thủy sản ảnh hưởng tới đa dạng sinh học và các giải pháp giảm thiểu tác động*. Tạp chí Môi trường, Chuyên đề Tiếng Việt I/2022, tr. 22 - 26.
- [3]. H. Roubík, J. Mazancová, L. D. Phung, D. V. Dung (2017). *Quantification of biogas potential from livestock waste in Vietnam*. Agronomy Research, tập X, số 15, p. 540 - 552.
- [4]. Tổng cục Thống kê (2017). *Số liệu Tổng điều tra nông thôn, nông nghiệp và thủy sản*.
- [5]. M. Schaffner, H.-P. Bader, R. Scheidegger (2010). *Modeling the contribution of pig farming to pollution of the Thachin River*. Clean Techn Environ Policy, tập 12, p. 407- 425.
- [6]. P. T. Thuy, S. V. Geluwe, V.-A. Nguyen, B. V. d. Bruggen (2012). *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*. Journal of Material Cycles and Waste Management, tập 14, p. 379 - 387.
- [7]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016 - 2020*.
- [8]. Tổng cục Thống kê (2022). Đã truy cập 27/10/2022.
- [9]. Tổng cục Môi trường (2022). *Xử lý dứt điểm các điểm nóng môi trường: Giải bài toán ô nhiễm cục bộ trên các lưu vực sông*. Đã truy cập 27/10/2022.
- [10]. P. Brunner, H. Rechberger (2004). *Practical handbook of material flow analysis. Advance Methods in Resource and Waste Management.*, Lewis Publishers.
- [11]. A. Montangero, C. N. Le, V. A. Nguyen, D. T. Vu, T. N. Pham, H. Belevi (2007). *Optimising water and phosphorus management in the urban environmental sanitation system of Hanoi, Vietnam*. Science of The Total Environment, tập 384, số 1 - 3, p. 55 - 66.
- [12]. L. N. Cau (2003). *Nutrient budget analysis and its implications as an indicator of urban sustainability: A case study on Hanoi, Vietnam*. Asian Institute of Technology, Thailand., Master Thesis.
- [13]. A. Montangero, H. Belevi, T. Nguyen (2004). *Material flow analysis as a tool for environmental sanitation planning in Viet Tri, Vietnam*. 30th WEDC International Conference, Vientiane, Lao PDR.
- [14]. T. N. Do, V. B. Tran, A. D. Trinh, K. Nishida (2019). *Quantification of nitrogen load in a regulated river system in Vietnam by material flow analysis*. Journal of Material Cycles and Waste Management, tập 21, p. 974 - 983.

- [15]. D. T. Nga, T. A. Duc, N. Kei (2014). *Modification of uncertainty analysis in adapted material flow analysis: Case study of nitrogen flows in the Day - Nhue River basin, Vietnam*. Resources, Conservation and Recycling, tập 88, tr. 67 - 75.
- [16]. D. T. Nga, N. Kei (2014). *A nitrogen cycle model in paddy fields to improve material flow analysis: the Day - Nhue River basin case study*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, tập 100, tr. 215 - 226.
- [17]. Thủ tướng Chính phủ Nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2008). *Chiến lược chăn nuôi tới năm 2020*. Quyết định số: 10/2008/QĐ-TTg, Hà Nội, ngày 16 tháng 01 năm 2008.
- [18]. Cục Chăn nuôi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2014). *Báo cáo công tác bảo vệ môi trường ngành chăn nuôi - Những khó khăn vướng mắc và giải pháp khắc phục*.
- [19]. G. P. Huong, H. Hidro, F. Suzuky, L. N. P. Hanh, H. H. Thanh, A. P. N. Nhat, T. Suzu (2015). *Transition of fertilizer application and agricultural pollution loads: A case study in the Nhue - Day River basin*. Water Science & Technology, tập 72, số 7, tr. 1072 - 1081.
- [20]. T. X. Chinh (2022). *Quản lý chất thải chăn nuôi: quy định pháp luật, thực trạng và định hướng trong chiến lược phát triển chăn nuôi giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2045*. Chương trình hội nghị quốc tế chuyên đề khí sinh học, phát triển khí sinh học tại Việt Nam góp phần thực hiện COP26-Tiềm năng và thách thức, Hà Nội, ngày 18 - 19/10/2022.
- [21]. L. T. Thoa, Đ. T. Nga, Đ. Đ. Trường (2021). *Phân tích tiềm năng và rào cản trong phát triển công nghệ khí sinh học xử lý chất thải chăn nuôi lợn tại Việt Nam*. Tạp chí Môi trường, tập Chuyên đề I, tr. 78 - 82.
- [22]. T. N. M. Luu, J. Garnier, G. Billen, L. T. P. Quynh, J. Nemery, D. Orange, L. A. Le (2012). *N, P, Si budgets for the Red River Delta (northern Vietnam): How the delta affects river nutrient delivery to the sea*. Biogeochemistry, số 107, tr. 241 - 259.
- BBT nhận bài: 16/11/2022; Phản biện xong: 22/11/2022; Chấp nhận đăng: 28/3/2023