

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH HÓA QUÁ TRÌNH LOẠI BỎ NITƠ TRONG BÃI LỌC TRỒNG CÂY KIẾN TẠO DÒNG CHẢY NGẦM

Đỗ Thị Hồng Dung^{1,2}, Đặng Xuân Hiền^{1*}

TÓM TẮT

Nghiên cứu đã thiết lập được mô hình số mô phỏng diễn biến nồng độ nitơ trong hệ thống xử lý nước thải bằng bãi lọc trồng cây kiến tạo dòng chảy ngầm ở Việt Nam. Hệ các phương trình trong mô hình được giải bằng phương pháp Rung-Kutta bậc 4, và được code số bằng ngôn ngữ lập trình Matlab. Kết quả mô phỏng trạng thái vận hành của bãi lọc trồng cây với các bộ số liệu khác nhau cho thấy: số liệu mô phỏng và kết quả đo đạc có sai số lần lượt là 1%-6% đối với nồng độ nitơ hữu cơ, nhỏ hơn 15% đối với nồng độ nitrat và lớn hơn 15% đối với nồng độ amoni. Mặc dù sai số đối với một số thành phần là khá cao nhưng mô hình đã mô phỏng đúng xu hướng diễn biến của nồng độ nitơ trong hệ thống. Với các kết quả trên mô hình bước đầu có thể áp dụng trong việc mô phỏng diễn biến nồng độ nitơ, nhằm kiểm soát và dự báo các quá trình xảy ra trong bãi lọc trồng cây kiến tạo dòng chảy ngầm xử lý nước rỉ rác ở Việt Nam.

Từ khóa: Bãi lọc trồng cây, mô hình hóa, mô phỏng, nước rỉ rác, xử lý nước thải

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước thải giàu chất hữu cơ là một trong những loại nước thải phổ biến hiện nay, trong đó việc xử lý nitơ được coi là một trong những yếu tố cần quan tâm để thiết kế và xác định công nghệ. Các phương pháp xử lý gồm các phương pháp hóa học, sinh học và sinh thái. Công nghệ sinh thái sử dụng thực vật thủy sinh có nhiều ưu điểm so với công nghệ khác như: thân thiện với môi trường, rẻ tiền, dễ vận hành và hiệu quả cao, áp dụng được cho các quy mô khác nhau. Công nghệ sinh thái đã và đang được áp dụng ở nhiều nước trên thế giới như Mỹ, Pháp, Brazil, Ấn độ, Ai cập, Trung Quốc (Tăng Thị Chính và *ctv.*, 2020). Bãi lọc trồng cây kiến tạo dòng chảy ngầm là một trong những công nghệ sinh thái được nghiên cứu và ứng dụng cho nhiều trường hợp và cho hiệu quả xử lý cao. Các quá trình chính để chuyển hóa nitơ trong bãi lọc chủ yếu là quá trình amoni, nitrat, khử nitơ và hấp thụ sinh học của thực vật (Mayo and Bigambo, 2005). Tuy nhiên, ảnh hưởng của các điều kiện vật lý và sinh học khác nhau dẫn tới hiệu suất loại bỏ nitơ là không rõ ràng. Để có các đánh giá phù hợp, một số nhà nghiên cứu đã áp dụng phương pháp mô phỏng để thiết lập các mô hình chuyển hóa nitơ trong bãi lọc. Việc ứng dụng mô hình cho phép khảo sát được thành phần và tác động trong một hệ phức tạp, như hệ sinh thái bãi lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước (Erik, 1999). Mô phỏng

các quá trình sinh học trong bãi lọc trồng cây là phương pháp sử dụng các mối tương quan giữa các cấu tử trong mô hình để từ đó thiết lập lên các ma trận tác động tương hỗ, xác định sự tác động qua lại giữa các cấu tử; xem xét các quá trình nào diễn ra chính để từ đó thiết lập được phương trình toán học mô phỏng các quá trình sinh học trong hệ thống (Gabrijel *et al.*, 2019). Dù vậy, với các yếu tố ảnh hưởng khác nhau nên việc áp dụng các mô hình mô phỏng trên thế giới vào điều kiện của Việt Nam đòi hỏi các nghiên cứu cụ thể. Nghiên cứu này nhằm thiết lập mô hình số mô phỏng các quá trình chuyển hóa và loại bỏ nitơ trong bãi lọc trồng cây dòng chảy ngầm áp dụng trong xử lý nước rỉ rác và nước thải tại Việt Nam.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là nước rỉ rác và bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kế thừa: Kế thừa kết quả của các công trình nghiên cứu, kinh nghiệm của các chuyên gia trong và ngoài nước, kế thừa các thuật toán đã được chứng minh.

2.2.2. Phương pháp mô hình hóa, mô phỏng: Các quá trình chủ yếu xảy ra trong bãi lọc trồng cây và các

¹ Viện Khoa học Công nghệ Môi trường, Đại học Bách khoa Hà Nội

² Viện Môi trường Nông nghiệp, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

* E-mail: hien.dangxuan@hust.edu.vn

cấu tử tham gia vào quá trình này được biểu thị dưới dạng các phương trình toán học, các phương trình này được giải số và được code số bằng ngôn ngữ lập trình Matlab cho phép mô phỏng các quá trình chủ yếu diễn ra trong bãi lọc trồng cây kiến tạo.

2.2.3. Phương pháp lập trình bằng ngôn ngữ lập trình máy tính

Các phương trình toán được giải số và được lập trình bằng ngôn ngữ lập trình MATLAB và việc tính toán được thực hiện trên chương trình phần mềm hay các code số.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

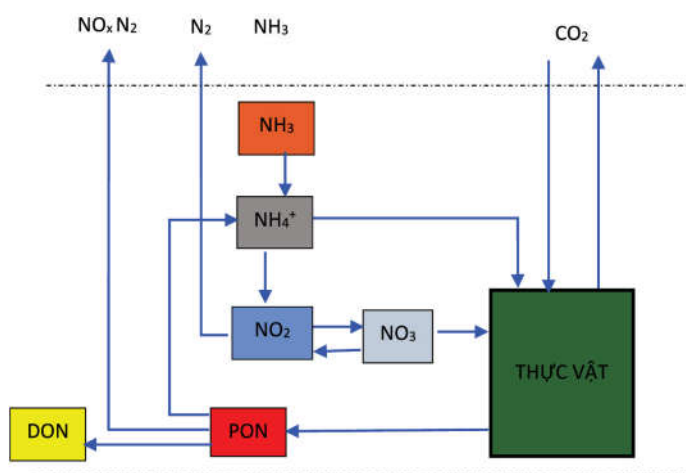
Nghiên cứu được thực hiện trong thời gian từ tháng 3/2017 đến tháng 3/2021 tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình khái niệm và ma trận tác động tương hỗ

Nghiên cứu tổng quan cho thấy Nitơ là một trong những chất ô nhiễm chính gây ra hiện tượng phú dưỡng, ảnh hưởng đến hàm lượng oxy hòa tan có trong dòng thải và có thể gây độc cho các sinh vật dưới nước. Nitơ trong nước thải tồn tại ở cả dạng vô cơ và hữu cơ, bao gồm: nitơ hữu cơ (Org-N), amoni (NH_4^+), amoniac (NH_3), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), và khí nitơ (N_2). Các dạng nitơ vô cơ cũng là các yếu tố cần thiết cho sự tăng trưởng của cây trồng trong các bãi lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước, nếu lượng nitơ ít thì sẽ hạn chế hoặc kiểm soát sự phát triển của sinh khối. Tổng nitơ (TN) thường dùng để gộp tất cả các dạng nitơ.

Từ kết quả xác định các quá trình trong mô hình khái niệm, xác định được các tham số tham gia trong mô hình. Sự tham gia của từng biến trạng thái vào các quá trình được xác định thông qua ma trận tác động tương hỗ được lập trong bảng 1.



Hình 1. Mô hình khái niệm biểu diễn các quá trình sinh học loại bỏ nitơ diễn ra trong bãi lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước

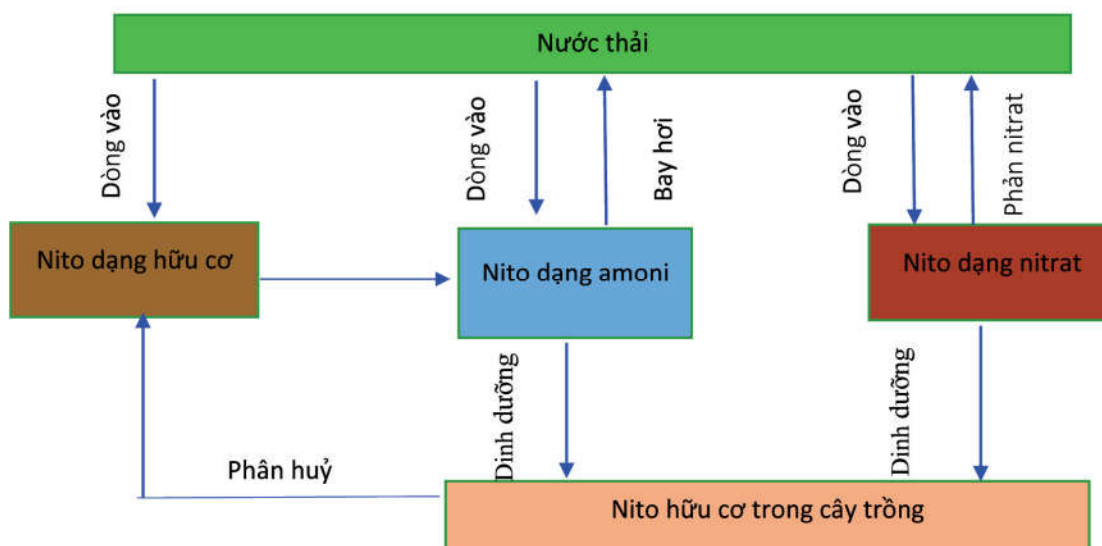
Bảng 1. Ma trận tác động tương hỗ giữa các biến trạng thái tham gia trong các quá trình loại bỏ nitơ trong bãi lọc trồng cây kiến tạo

Tham số	Thực vật	Nitrat (NO_3)	Amoni (NH_4)	Nitơ hữu cơ hòa tan (DON)	Nitơ hữu cơ dạng hạt (PON)
Thực vật	+	+	+	+	-
Nitrat (NO_3)	-	+	+	+	-
Amoni (NH_4)	-/+	-	+	+	+
Nitơ hữu cơ hòa tan (DON)	+		+	+	
Nitơ hữu cơ dạng hạt (PON)	+			-	+

Ghi chú: “-” Không có sự tương tác giữa các biến trạng thái; “+” Có sự tương tác giữa các biến trạng thái.

Sơ đồ chuyển hoá Nitơ trong bài lọc trồng cây được biểu diễn trong hình 2. Từ sơ đồ cho thấy, đối với chuyển hóa nitơ trong bài lọc trồng cây gồm các quá trình: (i) Ammon hóa, chuyển đổi nitơ hữu cơ thành amoni trong quá trình phân hủy chất

hữu cơ; (ii) Nitrat hóa, quá trình amoni thành nitơ nitrat bằng vi khuẩn; (iii) Khử nitrat hóa, quá trình nitơ oxit tạo thành nitơ nitrat; (iv) Hấp thụ thực vật và đồng hóa nitơ vô cơ.



Hình 2. Sơ đồ cân bằng sinh khối cho chuyển hóa và loại bỏ Nitơ trong bài lọc trồng cây (Yanhua Wang *et al.*, 2009)

3.2. Thiết lập các phương trình toán học mô phỏng các quá trình loại bỏ nitơ trong bài lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước

Các quá trình chủ yếu liên quan đến các quá trình chuyển đổi của nitơ trong các bài lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước bao gồm: nitrat

hóa, khử nitrat, hấp thụ nitrat, amoni của thực vật, amoni hóa và sự phân hủy của thực vật. Trên cơ sở xét các quá trình chủ yếu ở trên và các cấu tử tham gia vào các quá trình này, thiết lập các phương trình cân bằng vật liệu của các cấu tử chủ yếu trong bài lọc trồng cây như sau:

$$\frac{d(x_1)}{dt} = \frac{1}{\delta} (In_{organic} - x_1) + d_p x_4 - r_a x_1 \quad (1)$$

$$\frac{d(x_2)}{dt} = \frac{1}{\delta} (In_{Ammonia} - x_2) + r_a x_1 - r_n x_2 - r_v x_2 - r_{p1} x_4 \quad (2)$$

$$\frac{d(x_3)}{dt} = \frac{1}{\delta} (In_{nitrate} - x_3) + r_n x_2 - r_d x_3 - r_{p2} x_4 \quad (3)$$

$$\frac{d(x_4)}{dt} = r_{p1} x_4 + r_{p2} x_4 - d_p x_4 \quad (4)$$

Trong đó các ký hiệu và biến được định nghĩa như sau: x_1 : Nồng độ nitơ hữu cơ (mg/L); x_2 : Nồng độ NH_4-N (mg/L); x_3 : Nồng độ NO_3-N (mg/L); x_4 : Lượng nitơ hữu cơ trong thực vật (mg/L); δ : Thời gian lưu nước trong bài lọc (ngày).

$In_{organic}$, $In_{ammonia}$, $In_{nitrate}$: Nồng độ đầu vào của nitơ hữu cơ, NH_4-N và NO_3-N (mg/L); d_p : Tốc độ phân hủy của thực vật ($ngày^{-1}$); r_a : Tốc độ ammon hóa nitơ hữu cơ ($ngày^{-1}$); r_n : Tốc độ nitrat hóa NH_4-N ($ngày^{-1}$); r_v : Tốc độ bay hơi của amoni ($ngày^{-1}$); r_{p1} , r_{p2} : Tỷ lệ nitơ được sử dụng do sự hấp thụ bởi thực vật, p_1 và p_2 tương ứng với NH_4-N và NO_3-N ($ngày^{-1}$); r_d : Tốc độ khử nitrat của NO_3-N ($ngày^{-1}$).

Amôn hoá là quá trình chuyển hóa của nitơ hữu cơ đất thành NH_4^- -N nhờ vi sinh vật. Quá trình amôn hoá có tầm quan trọng rất lớn trong bãi lọc trồng cây, nơi nitơ được cho là chất dinh dưỡng giới hạn đối với sự phát triển của cây.

Một số tốc độ amon hóa đã được nghiên cứu, với các giá trị nằm trong khoảng từ 0,004 đến 0,53 g N.m⁻² ngày⁻¹. Tốc độ amôn hóa tùy thuộc vào nhiệt độ vật liệu lọc của bãi lọc và nồng độ nitơ hữu cơ, có dạng công thức sau:

$$r_a = \alpha T \quad (5)$$

Trong đó: α - hệ số tương quan, nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,125 và T- nhiệt độ nước.

Nitrat hóa là một quá trình hiếu khí trong đó sản phẩm cuối cùng là NO_3^- -N. Trong quá trình nitrat hóa, NH_4^- -N bị biến đổi thành NO_3^- -N do sự chuyển hóa của vi khuẩn tự dưỡng và một số loài vi sinh vật dị dưỡng (Reddy and Patrick, 1984). Nitrat hóa bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, giá trị pH, độ ẩm, quần thể vi sinh vật, nồng độ NH_4^- -N và oxy hòa tan. Nhiệt độ tối ưu cho quá trình nitrat hóa trong vật liệu lọc của bãi dao động từ 30°C đến 40°C. Tốc độ nitrat hóa được xác định bởi phương trình.

$$r_n = \frac{\mu_n}{Y_n} \left(\frac{1}{K_1 + x_2} \right) \left(\frac{DO}{K_2 + DO} \right) C_T C_{pH} \quad (6)$$

Trong đó: $\mu_n = (0,33 - 2,21)$: Tốc độ tăng trưởng tối đa của *Nitrosomonas* (ngày⁻¹); $Y_n = (0,03 - 0,13)$: Hệ số năng suất của vi khuẩn *Nitrosomonas* (mg VSS/mgN); K_2 : Hằng số bán bão hòa đối với oxy.

K_1 : Hằng số bán bão hòa đối với amoniac, phụ thuộc vào nhiệt độ:

$$K_1 = e^{(0,051(T-1,58))} \quad (7)$$

Hệ số phụ thuộc nhiệt độ C_T được cho bởi công thức sau:

$$C_T = e^{0,098(T-15)} \quad (8)$$

C_{pH} : Yếu tố giới hạn tăng trưởng *Nitrosomonas*, phụ thuộc các giá trị pH, như trong biểu thức sau:

$$C_{pH} = \begin{cases} 1 - 0,833(7,2 - pH) & pH < 7,2 \\ 1 & pH \geq 7,2 \end{cases} \quad (9)$$

Sự bay hơi amoniac là một quá trình hóa lý. Reddy và Patrick (1984) chỉ ra rằng, tổn thất NH_3 do bay hơi là không lớn nếu giá trị pH dưới 8,0.

Nhưng nếu giá trị pH tăng lên đến 8,5 thì tỷ lệ NH_3 có thể tăng lên 20 - 25% ở 20°C. Ở pH 9,3 tỷ lệ giữa các ion NH_3 và amoni là 1:1 và tổn thất do bay hơi là rất đáng kể. Do đó, tốc độ bay hơi của amoniac được xác định bởi các giá trị của nhiệt độ và giá trị pH. Công thức sau mô tả tốc độ bay hơi của NH_3 trong bãi lọc trồng cây:

$$r_v = \frac{1}{1 + 10^{(10,068 - 0,033T - pH)}} \quad (10)$$

Khử nitrat là quá trình chuyển hóa nitrat thành khí nitơ, được thực hiện bởi các vi sinh vật dị dưỡng trong điều kiện thiếu khí. Quá trình này phụ thuộc vào các điều kiện môi trường như: độ ẩm của vật liệu lọc trong bãi, nồng độ NO_3^- -N và nhiệt độ. Công thức sau được sử dụng để mô hình hóa tốc độ khử nitrat:

$$r_d = e^{(0,71 + 0,5x_2) + (0,1w + 0,1T - 8,3)} \quad (11)$$

Trong đó: w: Độ ẩm của vật liệu lọc trong bãi, chiếm khoảng 50 - 100% không gian lỗ rỗng chứa nước (WFPS).

Thực vật trong bãi sẽ đồng hóa nitơ, là một phần quan trọng trong quá trình trao đổi chất của chúng. Các dạng nitơ vô cơ được chuyển đổi, các hợp chất nitơ hữu cơ được sử dụng cho cấu trúc thực vật. NH_4^- -N và NO_3^- -N thường được đồng hóa bởi thực vật. Tốc độ hấp thụ nitơ của thực vật bị giới hạn bởi tốc độ tăng trưởng của thực vật và nồng độ NH_4^- -N và NO_3^- -N. Những yếu tố này được kết hợp trong phương trình dưới đây, phương trình này mô tả sự đồng hóa của thực vật trong bãi lọc:

$$r_{pi} = r_g \left(\frac{x_{i+1}}{x_2 + x_3} \right) \quad (i = 1, 2) \quad (12)$$

Trong đó: r_g là tốc độ tăng trưởng của thực vật.

Các tham số r_d và r_p có tầm quan trọng trong việc mô phỏng chuyển đổi nitơ liên quan đến ảnh hưởng của nhiệt độ, bức xạ mặt trời và chất thải nitơ.

3.3. Phương pháp giải hệ các phương trình

Hệ phương trình vi phân được thiết lập không thể giải được bằng phương pháp giải tích thông thường mà phải giải gần đúng bằng phương pháp số như phương pháp xấp xỉ Pica, phương pháp chuỗi Taylor, phương pháp chuỗi lũy thừa, phương pháp Euler, phương pháp Runge-Kutta. Trong số các phương pháp này thì phương pháp Runge-Kutta là phương pháp hiệu quả nhất do vừa có độ

chính xác cao, thuật toán không quá phức tạp, được áp dụng rộng rãi để giải các phương trình vi phân.

Phương pháp giải hệ phương trình vi phân bằng thuật toán Runge Kutta:

Xét bài toán Cauchy: $y' = f(x,y); y(x_0) = \alpha; x_0 \leq x \leq X$. Muốn tìm nghiệm gần đúng $y(x)$ chia đoạn $[x_0, X]$ thành n đoạn con bằng nhau bởi các điểm $x_i = x_0 + ih; x_n = X; h = \frac{x-x_0}{n}$. Tập hợp các điểm x_i tạo thành lưới sai phân, mỗi điểm x_i gọi là một nút của lưới, h gọi là bước của lưới.

Công thức Runge Kutta bậc 4 giải hệ phương trình vi phân:

Xét hệ phương trình vi phân bậc nhất:

$$\frac{dx_1}{dt} = f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = f_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\frac{dx_n}{dt} = f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Các điều kiện ban đầu tại thời điểm $t = t_0$ của hệ đã xác định với $x_k(t_0) = x_{k,0}$ với $k = 1, n$. Gọi h là bước nhảy thời gian trong khoảng đang khảo sát, giả sử $x_{k,i}$ là giá trị của biến thứ k tại thời

điểm t_i , khi đó giá trị của biến thứ k tại thời điểm $(t_i + h)$ là $x_{k,i+1}$ được xác định bằng công thức:

$$x_{k,i+1} = x_{k,i} + \frac{h}{6} (a_{k,i} + 2b_{k,i} + 2c_{k,i} + d_{k,i})$$

Trong đó:

$$a_{k,i} = f_k(t_i, x_{1,i}, x_{2,i}, \dots, x_{n,i})$$

$$b_{k,i} = f_k(t_i + \frac{h}{2}, (x_{1,i} + \frac{h}{2}A_{1,i}), (x_{2,i} + \frac{h}{2}A_{2,i}), \dots, (x_{n,i} + \frac{h}{2}A_{n,i}))$$

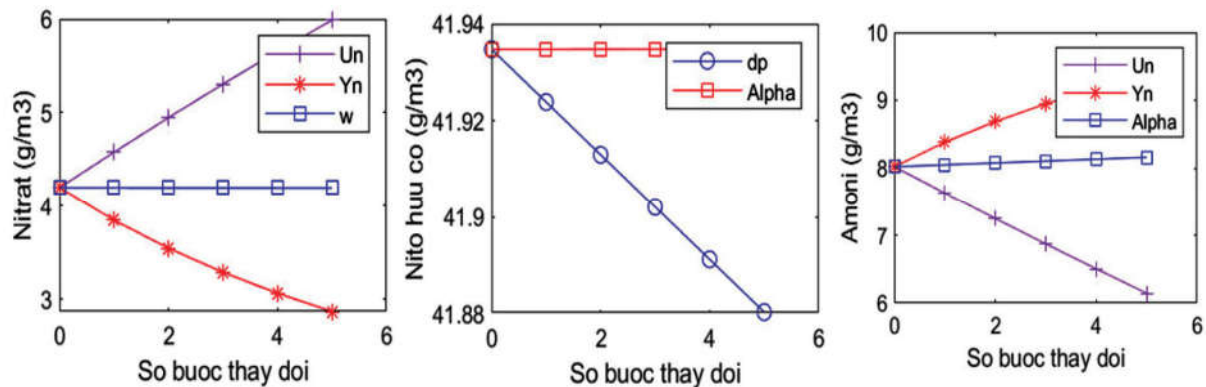
$$c_{k,i} = f_k(t_i + \frac{h}{2}, (x_{1,i} + \frac{h}{2}B_{1,i}), (x_{2,i} + \frac{h}{2}B_{2,i}), \dots, (x_{n,i} + \frac{h}{2}B_{n,i}))$$

$$d_{k,i} = f_k(t_i + h, (x_{1,i} + hA_{1,i}), (x_{2,i} + hA_{2,i}), \dots, (x_{n,i} + hA_{n,i}))$$

Hệ các phương trình trong mô hình được giải số bằng phương pháp Runge-Kutta bậc 4 và được code số bằng ngôn ngữ lập trình Matlab.

3.4. Kết quả phân tích độ nhạy

Để xác định các các thông số có ảnh hưởng lớn tới kết quả mô phỏng, tiến hành thực hiện phân tích độ nhạy của các thông số tham gia trong mô hình, phục vụ việc lựa chọn tham số hiệu chỉnh. Kết quả phân tích độ nhạy của các thông số tham gia trong mô hình với biến đổi các thành phần nitơ như hình 3.



Hình 3. Biến thiên nồng độ nitơ trong bãi lọc trồng cây khi thay đổi các tham số

Từ hình 3, có thể thấy tốc độ tăng trưởng tối đa của vi khuẩn *Nitrosomonas* (Un) tiếp tục giữ ảnh hưởng lớn tới thay đổi nồng độ nitrat, sau đó là thông số độ ẩm của vật liệu bãi lọc trong khoảng 50 - 100% không gian lỗ rỗng chứa đầy nước (WFPS). Tương tự như amoni, vi khuẩn *Nitrosomonas* tham gia vào quá trình chuyển hóa amoni thành nitrat, tốc độ tăng trưởng của vi khuẩn thúc đẩy quá trình tạo nitrat.

Đồ thị mô phỏng biến thiên nitơ hữu cơ cho thấy với cùng một bước thời gian thay đổi, giá trị của hệ số tương quan giữa nhiệt độ của vật liệu bãi lọc và nồng độ nitơ hữu cơ (alpha) làm cho nồng độ của nitơ hữu cơ biến đổi lớn hơn khi thay đổi giá trị của thông số tốc độ phân hủy của thực vật (dp). Hệ số tương quan giữa nhiệt độ của đất và nồng độ nitơ hữu cơ (alpha) cho thấy khi nhiệt độ càng lớn

(trong khoảng tối ưu cho phép), nồng độ nitơ hữu cơ tỷ lệ thuận với quá trình cân bằng nitơ hữu cơ diễn ra trong bãi lọc.

Từ kết quả phân tích độ nhạy trên, xác định được các thông số tác động đến mô hình và thực hiện hiệu chỉnh.

3.5. Hiệu chỉnh và xác nhận mô hình

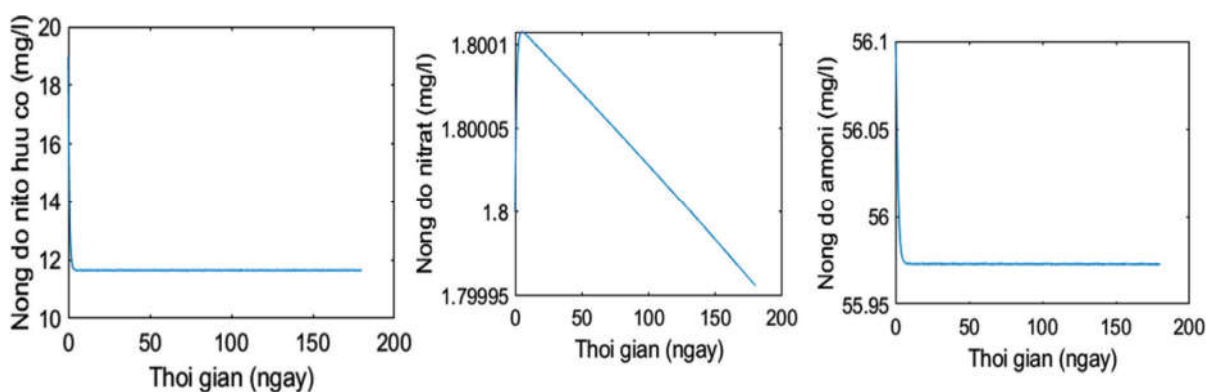
Giá trị các thông số động học của mô hình được tham khảo từ các bộ số liệu của nước ngoài đã được minh chứng. Kết quả hiệu chỉnh được trình bày trong bảng sau:

Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh các thông số trong mô hình

Tham số	Mô tả	Đơn vị	Khoảng giá trị	Nguồn	Giá trị hiệu chỉnh
dp	Tốc độ phân hủy của thực vật	1/ngày	-	Mayo and Bigambo, 2005	0,002
Alpha	Hệ số tương quan giữa nhiệt độ và nồng độ nito hữu cơ	-	0,0005 - 0,148	Jorgensen <i>et al.</i> , 1991; Mayo and Bigambo, 2005	0,0036
Un	Tốc độ tăng trưởng tối đa của vi khuẩn <i>Nitrosomonas</i>	1/ngày	0,33 - 2,21	Jorgensen <i>et al.</i> , 1991; Mayo and Bigambo, 2005	0,12
Yn	Hệ số năng suất tối đa của vi khuẩn <i>Nitrosomonas</i>	-	0,03 - 0,13	Mayo and Bigambo, 2005	0,13
K2	Hằng số oxi bán bão hòa của vi khuẩn <i>Nitrosomonas</i>	g N/m ²	0,13 - 1,3	Jorgensen <i>et al.</i> , 1991; Mayo and Bigambo, 2005	0,8

Sau khi hiệu chỉnh, sẽ sử dụng các thông số đã hiệu chỉnh này để chạy mô hình. Bộ số liệu để chạy mô hình được tham khảo từ kết quả nghiên cứu của đề tài KC08.05 và KC08.DA02. Số liệu

đầu vào: OrgN-in = 19,0 mg/L, NH₄⁺-in = 56,1 mg/L, NO₃⁻-in = 1,8 mg/L, HRT = 1,05 giờ. Kết quả mô phỏng được trình bày trong các hình 4.



Hình 4. Đồ thị mô phỏng cân bằng nitơ trong bãi lọc trồng cây

Hình 4 thể hiện diễn biến nồng độ nitơ hữu cơ theo thời gian, kết quả mô phỏng cho thấy nồng độ nitơ hữu cơ giảm mạnh ngay những ngày đầu tiên sau đó duy trì ở mức trên 11 mg/L. Kết quả tính toán nồng độ nitơ hữu cơ và số liệu đo đạc cho kết quả khá tương đồng, sai số chênh lệch giữa đo đạc và mô phỏng trong khoảng 1 - 6%.

Trong diễn biến nồng độ nitrat, ban đầu nitrat có xu hướng tăng sau đó giảm theo thời gian; thời gian càng dài thì hiệu quả xử lý càng cao. Kết quả đo đạc thực tế cũng cho thấy nồng độ nitrat có xu hướng tăng lên ở thời gian đầu và giảm dần ở các thời điểm khi hệ thống ổn định. Kết quả mô phỏng nồng độ nitrat khi so với số liệu đo đạc có sai số < 15%, có thể chấp nhận được, tuy nhiên mô hình mô phỏng phân

ánh đúng xu thế diễn biến tăng giảm theo thời gian đối với thông số nitrat trong bãi lọc.

Đối với biến thiên nồng độ amoni, theo đó, cân bằng amoni đạt mức độ ổn định nhanh. Tuy nhiên kết quả mô phỏng nồng độ amoni vẫn có sai số tương đối lớn so với số liệu đo đạc (> 15%), do vậy cần có các nghiên cứu kiểm chứng thêm.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được các mô hình khái niệm, mô hình cấu trúc và thiết lập được các phương trình toán học liên quan đến quá trình chuyển đổi và loại bỏ nitơ trong bãi lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước. Nghiên cứu tập trung vào việc xây dựng mô hình số tính toán các quá trình chuyển đổi của nitơ, cacbon, photpho theo động học bậc nhất. Hệ các phương trình trong mô hình được giải số bằng phương pháp Runge-Kutta bậc 4 và được code số bằng ngôn ngữ lập trình Matlab.

Việc phân tích độ nhạy được thực hiện nhằm xác định tham số có ảnh hưởng lớn nhất đến từng quá trình xảy ra trong bãi lọc trồng cây kiến tạo. Kết quả phân tích độ nhạy đã xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến từng quá trình và tiến hành hiệu chỉnh các thông số trong mô hình để phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bằng bộ số liệu đo đạc tại Việt Nam.

Kết quả tính toán nồng độ nitơ hữu cơ và số liệu đo đạc cho kết quả khá tương đồng, sai số chênh lệch giữa đo đạc và mô phỏng trong khoảng 1% - 6%. Kết quả mô phỏng nồng độ nitrat khi so với số liệu đo đạc có sai số < 15%, có thể chấp nhận được, tuy nhiên mô hình mô phỏng phản ánh đúng xu thế diễn biến tăng giảm theo thời gian đối với thông số nitrat trong bãi lọc. Số liệu mô phỏng nồng độ amoni vẫn có sai số tương đối lớn so với số liệu đo đạc (> 15%), do vậy cần có các nghiên cứu kiểm chứng thêm. Mô hình bước đầu có thể kiểm soát và

dự báo các quá trình xảy ra trong bãi lọc trồng cây kiến tạo theo thời gian.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự tài trợ kinh phí cho nghiên cứu thông qua các đề tài KC08.05 và KC08.DA02 của Bộ KHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tăng Thị Chính, Đặng Thị Mai Anh, Phùng Đức Hiếu, Nguyễn Minh Thư, Nguyễn Sĩ Nguyên**, 2020. Ứng dụng mô hình sinh thái để xử lý nước thải làng nghề chăn nuôi bò sữa tại Gia Lâm - Hà Nội. *Tạp chí hoạt động Khoa học công nghệ An toàn - Sức khỏe và Môi trường lao động*. Số 1, 2 và 3-2020: 103-108.
- Erik Ryan Lee**, 1999. *Set-wet: A wetland simulation model to optimize NPS pollution control*. Master thesis. State University. Blacksburg, Virginia: 248 pages.
- Gabrijel Ondrasek, Helena Bakic Begic, Monika Zovko, Lana Filipovic, Cristian Merino Gergichevich, Radovan Savic, Zed Rengel**, 2019. Biogeochemistry of soil organic matter in agoroecosystems & environmental implications. *Science Total Environment*, 658: 1559-1573.
- Jorgensen, S.E, Nielsen, S.N., Jorgensen, L.A.**, 1991. *Handbook of Ecological Parameters and Ecotoxicology*. Elsevier, Amsterdam.
- Mayo, A.W., Bigambo, T.**, 2005. Nitrogen transformation in horizontal subsurface flow constructed wetlands I: model development. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30: 673-679.
- Reddy K.R. and W.H. Patrick**, 1984. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, 13(4): 273-309
- Yanhua Wang, Jixiang Zhang, Hainan Kong, Yuhei Inamori, Kaiqin Xu, Ryuhei Inamori, Takashi Kondo**, 2009. A simulation model of nitrogen transformation in reed constructed wetlands. *Desalination*, 235: 93-101.

Study on modeling of nitrogen removal process in subflow constructed wetland

Do Thi Hong Dung, Dang Xuan Hien

Abstract

The study established a numerical model to simulate nitrogen concentration in the subflow constructed wetland for treatment of landfill leachate in Vietnam. The system of equations in the model was solved by the 4th degree Rung-Kutta method, and numerically coded in the Matlab programming language. The results of simulation of the operating state of subflow constructed wetland with different data sets showed that: the difference in error between measurement data and simulation data was in the range of 1 - 6% for organic nitrogen concentration, less than 15% for nitrate concentration and more than 15% for ammonium concentration. Although the difference in error between measurement data and simulation data was quite high, but the simulation model correctly reflects the trend of increasing and decreasing over time for the nitrate parameter in subflow constructed wetland. The obtained results showed that the model can initially be applied in simulating the evolution of nitrogen concentration, in order to control and predict the processes occurring in the subflow constructed wetland to treat landfill leachate and wastewater in Vietnam.

Keywords: Subflow constructed wetland, modeling, simulation, landfill leachate, wastewater treatment

Ngày nhận bài: 09/01/2022

Người phản biện: PGS.TS. Vũ Đình Tiến

Ngày phản biện: 15/01/2022

Ngày duyệt đăng: 15/02/2022

XÂY DỰNG MÔ HÌNH LIÊN KẾT SẢN XUẤT VÀ TIÊU THỤ RAU THEO HƯỚNG HỮU CƠ TẠI ĐỒNG NAI

Ngô Minh Dũng^{1*}, Mai Bá Nghĩa¹,
Đặng Thị Phương Lan²

TÓM TẮT

Mô hình sản xuất rau theo hướng hữu cơ được thực hiện tại tỉnh Đồng Nai từ năm 2019 đến năm 2021 với tổng diện tích 29 ha. Kết quả đã chỉ ra rằng: (i) Mô hình thực hiện trên cây cải xanh, cải ngọt, mùng tơi, rau dền, hành lá và mướp đắng trên đất cát pha (phường Trảng Dài) và đất xám (xã Vĩnh Tân) theo quy trình của dự án đạt năng suất từ 13,6 - 18,3 tấn/ha tùy từng loại rau. Chất lượng rau đạt chuẩn hữu cơ theo giấy chứng nhận số TQC.19.3278.01 và TQC 19.2885; (ii) Sản phẩm rau hữu cơ của mô hình đã được kết nối tiêu thụ trong khuôn khổ nội dung liên kết sản xuất với tiêu thụ sản phẩm của dự án bằng hình thức liên kết tổ hợp tác và hợp tác xã với công ty thu mua. Kết quả liên kết cho hiệu quả kinh tế cao hơn so với sản xuất rau theo VietGAP tại địa phương (đối chứng) với lợi nhuận trung bình trên 20% và tỷ số lợi nhuận cận biên (MBCR) đạt trên 1,5.

Từ khóa: Sản xuất rau hữu cơ, mô hình liên kết, sản xuất và tiêu thụ, Đồng Nai

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sản xuất hữu cơ đã và đang trở thành xu hướng tất yếu của nông nghiệp thế giới. Ngành nông nghiệp Việt Nam đã từng bước đẩy mạnh phát triển nông nghiệp hữu cơ, coi đây là hướng đi bền vững góp phần giải quyết những vấn đề còn tồn tại như tiêu chuẩn chất lượng, quy trình sản xuất... tiến tới

đưa nông sản nước ta chiếm lĩnh những thị trường lớn, giàu tiềm năng. Sản phẩm nông nghiệp hữu cơ được xem là thân thiện với môi trường, sạch, an toàn và chất lượng đáp ứng yêu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng trong nước và thị trường xuất khẩu (Nguyễn Văn Bộ và Ngô Doãn Đảm, 2013). Theo Nguyễn Xuân Trường và Trương Thị Hồng

¹ Trung tâm Nghiên cứu Chuyển giao TBKT Nông nghiệp - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam

² Viện Môi trường Nông nghiệp

* E-mail: dung.nm@iasvn.org