

PHÂN TÍCH SỰ BIẾN ĐỔI THEO MÙA CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI SỰ SINH TRƯỞNG CỦA TẢO Ở MỘT HỒ NỘI ĐÔ HÀ NỘI SỬ DỤNG MÔ HÌNH PHÚ DƯỠNG

Tạ Đăng Thuần¹, Bùi Quốc Lập²

Tóm tắt: Sự sinh trưởng của tảo trong hồ đô thị ở Hà Nội chịu tác động lớn bởi sự biến đổi theo mùa của các yếu tố nồng độ chất dinh dưỡng, nhiệt độ nước và cường độ bức xạ mặt trời. Sử dụng công cụ mô hình mô phỏng phú dưỡng hồ để mô tả cũng như đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố dưới dạng các hàm mô phỏng giới hạn sự phát triển của tảo. Kết quả trong bài báo chỉ ra mức độ ảnh hưởng của mỗi yếu tố cũng như sự tích hợp giữa chúng đối với từng nhóm tảo là khác nhau. Sự biến đổi theo mùa các thành phần sản xuất (gồm khuếch tán từ trầm tích, khí quyển và bài tiết từ tảo) và tiêu thụ (quá trình quang hợp) của photpho vô cơ hòa tan (Dissolved Inorganic Phosphorous-DIP) cũng được lượng hóa. Mặt khác, công cụ mô hình phú dưỡng hứa hẹn sẽ trở thành một công cụ hữu ích để mô phỏng mối quan hệ giữa sinh khối tảo và nồng độ chất dinh dưỡng, cũng như dự báo những thay đổi về thành phần, mật độ tảo trong hồ trong thời đoạn ngắn.

Từ khóa: Mô hình phú dưỡng, biến đổi theo mùa, vi khuẩn lam, hồ Hà Nội

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhiều hồ nông ở Hà Nội đang phải đối mặt với các vấn đề chất lượng nước, đặc biệt là hiện tượng phú dưỡng gây ra sự nở hoa của tảo (Ngọc và nnk, 2017). Để quản lý cũng như duy trì hệ sinh thái trong hồ cần phải hiểu rõ cơ chế của các chất dinh dưỡng cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của tảo theo mùa. Những vấn đề này có thể được giải quyết khi sử dụng mô hình phú dưỡng. Đó là một công cụ mạnh để đưa ra quyết định khi mô phỏng tổ chức, chức năng cũng như sự thay đổi của hệ sinh thái để nâng cao sự hiểu biết cũng như đánh giá khả năng tương tác để điều khiển hệ sinh thái (Odum H.T, Odum E.P, 2000) (Dowd, 2005).

Trong thực tế, quần thể tảo ở bất kỳ thời điểm nào bao gồm nhiều loài, cho thấy sự phản ứng khác nhau với các yếu tố môi trường như ánh sáng, nhiệt độ nước và chất dinh dưỡng. Khi phân tích quá trình động học của môi trường thủy sinh liên quan đến phú dưỡng, tập

trung vào các nhóm tảo chiếm ưu thế và sự thay đổi của chúng theo mùa. Vì thế, sự phát triển của một mô hình hệ sinh thái kết hợp các nhóm tảo khác nhau sẽ đưa ra lý giải rõ hơn về sự tương tác giữa chu kỳ dinh dưỡng nội tại và tác động của các yếu tố môi trường lên thay đổi theo mùa trong thành phần tảo (Harada et al., 2013).

Trong nghiên cứu này, một mô hình phú dưỡng đã được phát triển mô phỏng các nhóm tảo có mật độ chiếm ưu thế là tảo lục, vi khuẩn lam và tảo silic ở một hồ nông, đang bị phú dưỡng. Mô hình được hiệu chỉnh với chuỗi dữ liệu thực đo từ tháng 5 đến tháng 9 năm 2017.

Ngoài ra, đặc tính động học của DIP có sự thay đổi theo mùa bởi sự tăng trưởng của tảo và các yếu tố môi trường liên quan như nhiệt độ nước, bức xạ mặt trời và nồng độ chất dinh dưỡng cũng được đánh giá.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu

Hồ Cự Chính là một hồ nằm trong nội thành Hà Nội có vị trí địa lý nằm ở 21^{00'} độ vĩ bắc, 105^{48'} độ kinh đông. Là một hồ nhỏ, nông có

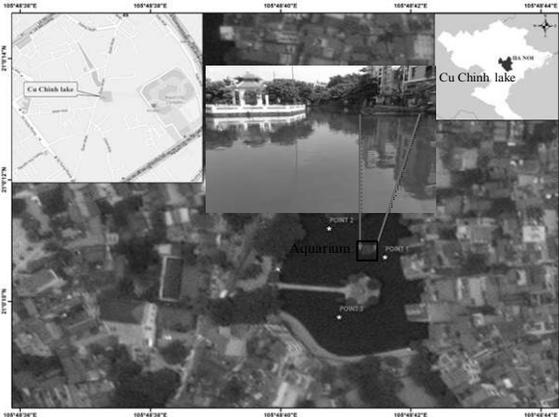
¹ Khoa Công nghệ hóa học & Môi trường, Đại học sư phạm kỹ thuật Hưng Yên

² Khoa Môi trường, Đại học Thủy lợi

diện tích mặt nước khoảng 4000m², độ sâu trung bình khoảng 1.5-1.7m. Hồ có ít có sự trao đổi nước với bên ngoài do nước thải sinh hoạt của khu vực được thu gom vào hệ thống đường ống nước thải của thành phố và nguồn bổ sung từ nước ngầm cũng rất hạn chế do xung quanh hồ có kè bằng gạch chắc chắn. Chỉ có nước mưa và một lượng nhỏ nước chảy tràn trong khuôn viên đổ vào hồ.

Lấy mẫu nước

Thời gian lấy mẫu nước được thực hiện từ tháng 5 đến tháng 9.2017. Số lượng mẫu thu thập là 9. Tiến hành trộn lấy mẫu đại diện từ 3 điểm trong hồ với độ sâu khoảng 20 cm dưới mực nước hồ (hình 1) và được lọc bằng giấy lọc GF/F. Phần mẫu nước lọc được bảo quản riêng biệt trong chai nhựa polyethylene để phân tích các chất dinh dưỡng. Một lượng thể tích nước nhất định được thu và cố định bởi dung dịch Lugol nhằm xác định mật độ tế bào thực vật nổi (Thủy và nnk, 2012).



Hình 1. Vị trí của hồ Cự Chính-Hà Nội

Phương pháp phân tích

- Các thông số nồng độ oxy hòa tan (DO) (mg/l), nhiệt độ nước (°C) được đo trực tiếp tại hiện trường bằng máy đo nhanh YSI 556-MPS. Các chỉ tiêu: NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P, tổng phốt pho (TP), tổng Nitơ (TN), Chlorophyll-a (Chl.a) được xác định bằng phương pháp so màu trên máy DR 2800 (Hach, Mỹ) và UV-V630 theo các phương pháp của APHA (APHA, 2001), tổng carbon hữu cơ (TOC), carbon hữu cơ hòa tan (DOC) được

phân tích trên máy TOC-VE (Shimadzu, Nhật Bản). Số lượng tế bào được đếm trên buồng đếm Sedgewick Rafter dưới kính hiển vi đảo ngược. Xác định thành phần loài được thực hiện dưới kính hiển vi Olympus BX51 (Thủy và nnk, 2012). Sử dụng phương trình hồi quy Strathman để ước lượng carbon sinh khối của mỗi nhóm tảo dựa trên các phép đo thể tích sinh học (Strathmann, 1967). Kết quả phân tích chất lượng nước được trình bày trong nghiên cứu của Thuận và Lập, 2018.

Dựa vào số liệu nhiệt độ trung bình và số giờ nắng ngày quan trắc tại trạm Láng (đại diện cho khu vực Hà Nội), tính toán nhiệt độ nước (Bowie et al., 1985) và cường độ bức xạ ánh sáng mặt trời trung bình ngày (Beckman, 2013), (Nguyen and Pryor, 1997). Số liệu mưa ngày của trạm Láng được sử dụng để tính toán nồng độ chất dinh dưỡng gia nhập vào hồ.

Mô hình toán

Với giả thiết hồ nông có sự pha trộn hoàn toàn, ít bị ảnh hưởng bởi gió và nguồn bổ sung chất dinh dưỡng chủ yếu là từ khí quyển. Một mô hình phú dưỡng được phát triển dựa trên sự kết hợp của các quá trình động học của nồng độ sinh khối các nhóm tảo chiếm ưu thế, động vật phù du và các quá trình sinh hóa chất dinh dưỡng

Phương trình động học tảo

Sự tăng trưởng của tảo trong môi trường nước ngọt phụ thuộc vào nồng độ chất dinh dưỡng có thể hấp thu, cường độ bức xạ ánh sáng và nhiệt độ cột nước. Sự ảnh hưởng của những yếu tố trên được thể hiện trong công thức (Cercio and Cole, 1994).

$$B_{1,i} = \alpha_{1,i} \times f_1(N) \times f_2(H) \times f_3(T) \times C_{PP,i} \quad (1)$$

Trong đó $\alpha_{1,i}$ là tốc độ tăng trưởng tối đa của nhóm tảo i (ngày⁻¹), $C_{PP,i}$ là sinh khối của nhóm tảo i (mgC/l) ở thời gian t (ngày), $f_1(N)$ là hàm giới hạn phát triển bởi chất dinh dưỡng ($0 \leq f_1 \leq 1$), $f_2(H)$ là hàm số giới hạn tăng trưởng bởi cường độ ánh sáng ($0 \leq f_2 \leq 1$), $f_3(T)$ là hàm số giới hạn tăng trưởng bởi nhiệt độ ($0 \leq f_3 \leq 1$).

Ảnh hưởng của chất dinh dưỡng lên sự tăng trưởng của tảo

Luật tối thiểu của Liebig cho rằng sự tăng trưởng của tảo được xác định bởi chất dinh

đường cung cấp ít nhất và được thể hiện trong công thức Michaelis-Menten mô tả hàm giới hạn sự phát triển của tảo với nồng độ nitơ vô cơ hòa tan (Dissolved Inorganic Nitrogen-DIN) và DIP với giả thiết thành phần dinh dưỡng trong tế bào tảo là không đổi (Odum and Barrett, 2004):

$$f_1(N) = \min\left(\frac{C_{DIN}}{(KHN_i + C_{DIN})}, \frac{C_{DIP}}{(KHP_i + C_{DIP})}\right) \quad (2)$$

Trong đó: KHN_i là hằng số bán bão hoà hấp thu nitơ cho nhóm tảo i (mg/l), KHP_i là hằng số bán bão hoà hấp thu photpho cho nhóm tảo i (mg/l).

- Ảnh hưởng của cường độ ánh sáng

Sự hấp thu và suy giảm ánh sáng bởi cột nước là một yếu tố chính kiểm soát quá trình quang hợp. Phương trình Steele được sử dụng để mô phỏng ảnh hưởng của cường độ bức xạ ánh sáng đến sự tăng trưởng của tảo (Steele, 1965):

$$f_2(H) = \frac{2.718}{kess.Z} \left[\exp\left(-\frac{H}{H_{opt,i}} \exp(-kess.Z)\right) - \exp\left(-\frac{H}{H_{opt,i}}\right) \right] \quad (3)$$

Trong đó: H là cường độ bức xạ ánh sáng trung bình ngày đến bề mặt nước (W/m^2), $H_{opt,i}$ là cường độ ánh sáng tối ưu của nhóm tảo i (W/m^2), Z là độ sâu của hồ (m), $kess$ là hệ số suy giảm ánh sáng và được ước tính như sau:

$$kess = 0.825 - 0.043 \times \sum ChlaC_i \times C_{PP,i} + 0.299 \times \sum (ChlaC_i \times C_{PP,i})^{2/3} \quad (4)$$

$ChlaC_i$ là tỷ lệ diệp lục/carbon của nhóm tảo i .

- Ảnh hưởng của nhiệt độ

Đường cong Gauss biểu thị sự phát triển của tảo phụ thuộc vào nhiệt độ nước (Cerco and Cole, 1994).

$$f_3(T) = \begin{cases} \exp(-K_{1,i} \times (T - T_{opt,i})^2) & T \leq T_{opt,i} \\ \exp(-K_{2,i} \times (T - T_{opt,i})^2) & T > T_{opt,i} \end{cases} \quad (5)$$

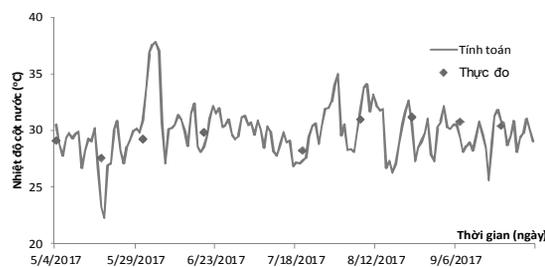
Trong đó $T_{opt,i}$: nhiệt độ tối ưu cho sự phát triển của nhóm tảo i ($^{\circ}C$); $K_{1,i}$: ảnh hưởng của nhiệt độ dưới $T_{opt,i}$ đối với sự phát triển của nhóm tảo i ($^{\circ}C^{-1}$); và $K_{2,i}$: ảnh hưởng của nhiệt độ trên $T_{opt,i}$ đối với sự phát triển nhóm tảo i ($^{\circ}C^{-1}$).

DIP được hấp thu trực tiếp bởi tảo. Nồng độ DIP trong nước phụ thuộc vào nguồn bổ sung từ quá trình hô hấp của tảo; khoáng hóa từ POC, DOC; trao đổi DIP ở bề mặt trầm tích và cột nước và gia nhập từ khí quyển. Sự suy giảm nồng độ do tảo hấp thu và quá trình hô hấp của động vật phù du (Do et al., 2010).

- Giá trị biến điều khiển

Giá trị của nhiệt độ cột nước, cường độ bức

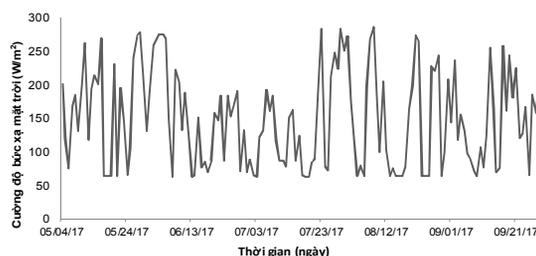
xạ mặt trời trung bình ngày và lượng mưa ngày được biểu thị ở hình 2,3,4.



Hình 2. Nhiệt độ cột nước thời gian quan trắc

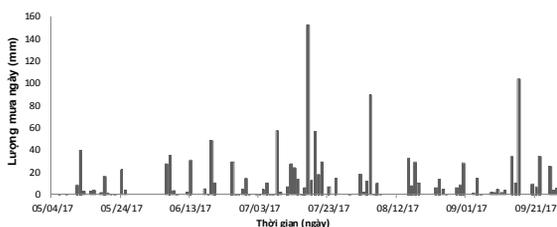
Nhiệt độ nước trung bình trong thời gian hiệu chỉnh mô hình có giá trị trung bình là $29.9^{\circ}C$, giá trị cao nhất là $37.8^{\circ}C$ và thấp nhất là $22.3^{\circ}C$. Tháng có nhiệt độ trung bình cao nhất là tháng 6 với $31.3^{\circ}C$ và thấp nhất là tháng 5 với $28.55^{\circ}C$.

Cường độ bức xạ mặt trời trung bình trong thời gian hiệu chỉnh là $148.9 W/m^2$ với giá trị lớn nhất là $286.1 W/m^2$ vào ngày 8.8.2017 và thấp nhất là $63.4 W/m^2$ vào ngày 3.7.2017. Tháng 5 có cường độ bức xạ mặt trời trung bình ngày lớn nhất là $166.5 W/m^2$ và thấp nhất vào tháng 7 là $141.8 W/m^2$.



Hình 3. Cường độ bức xạ ánh sáng mặt trời trong thời gian quan trắc

Nguồn bổ sung chất dinh dưỡng chủ yếu là lắng đọng từ khí quyển (lắng đọng khô và lắng đọng ướt).



Hình 4. Lượng mưa ngày trong thời gian quan trắc

Tổng lượng mưa trong thời gian này đạt giá trị $1244.3 mm$, trong đó tháng có lượng mưa lớn

nhất là tháng 7 đạt giá trị 448.3 mm và thấp nhất là tháng 5 là 105.4 mm. Tháng 7 có số ngày mưa lớn nhất là 22 ngày.

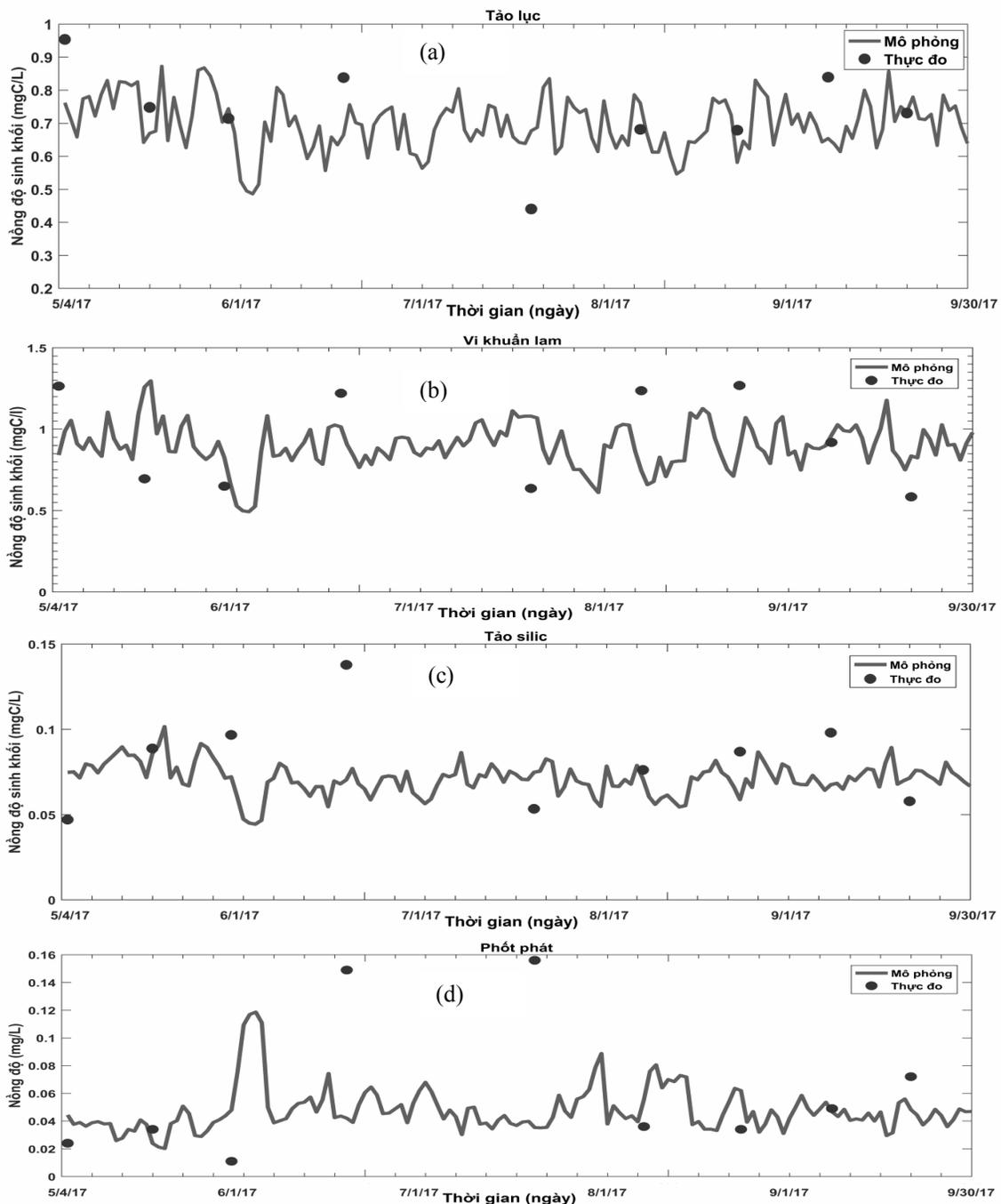
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình sử dụng phương pháp Runge-Kutta bậc 4 và bậc 5 để giải hệ phương trình vi phân thường và được lập trình bằng phần mềm MATLAB. Quá trình hiệu chỉnh mô hình sử dụng thuật toán di truyền (Genetic Algorithm-GA) để

tối ưu giá trị bộ tham số của mô hình thông qua hàm mục tiêu là giá trị trung bình sai số quân phương (RMSE) của các biến trạng thái.

- Kết quả hiệu chỉnh mô hình

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy, giá trị mô phỏng và thực đo các biến nồng độ sinh khối của các nhóm tảo, DIP được đánh giá bằng các chỉ số sai số NASH, PBIAS cho kết quả tương đối tốt (Thuan Dang Ta et al., 2019) và được biểu thị trong hình 5.



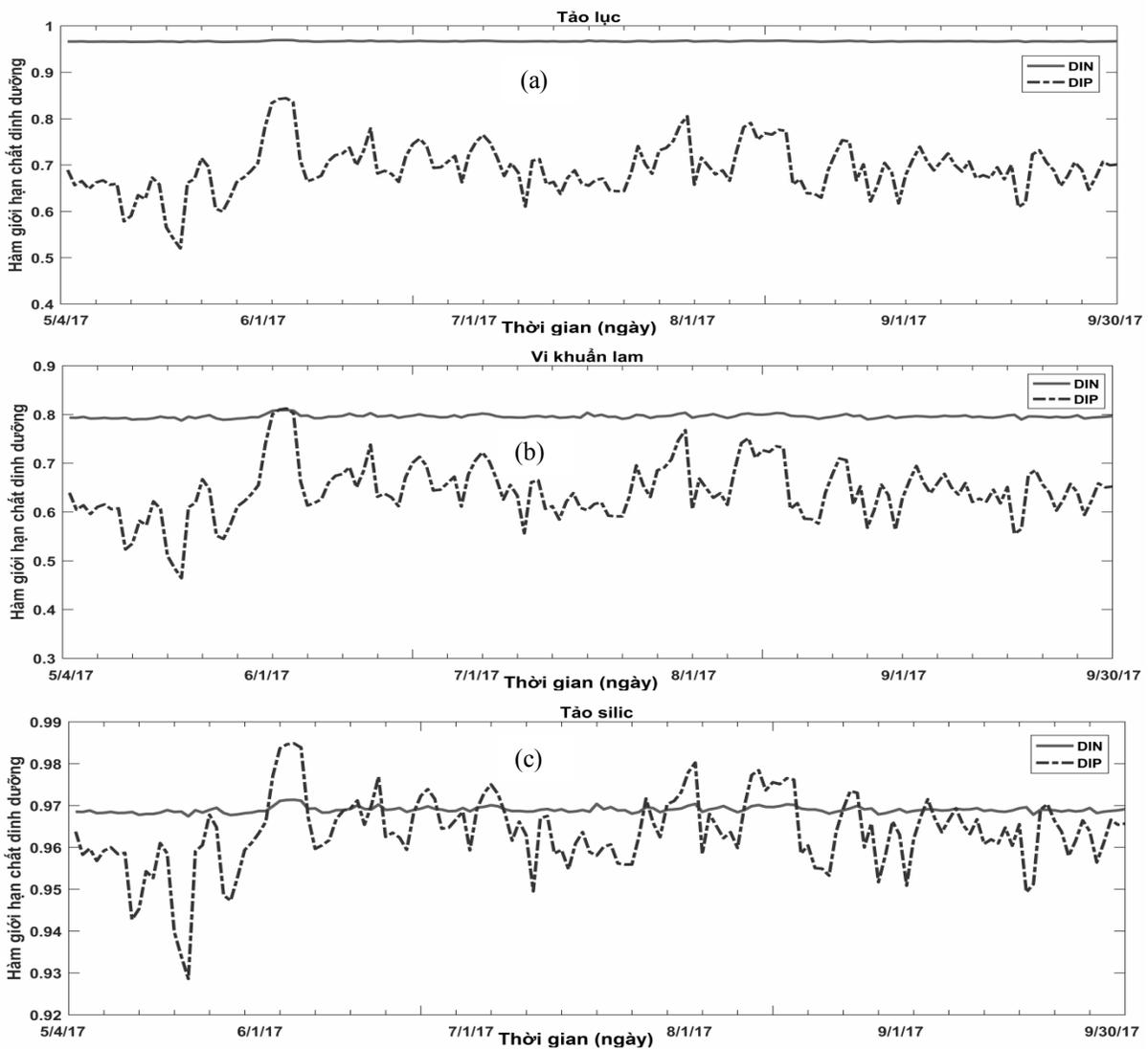
Hình 5. Kết quả giá trị mô phỏng và thực đo (a,b,c lần lượt là nồng độ sinh khối tảo lục, vi khuẩn lam, tảo silic và d.DIP)

Kết quả trong các biểu đồ chỉ ra rằng, mặc dù không mô phỏng chính xác các giá trị đỉnh thực, nhưng quá trình hiệu chỉnh có thể tái tạo tương đối tốt các xu hướng diễn biến của nồng độ sinh khối của các nhóm tảo đặc biệt trong các thời điểm nở hoa khi có sự chiếm ưu thế của tảo lục và vi khuẩn lam.

- Mô phỏng giá trị hàm giới hạn của tảo

Trong nghiên cứu tập trung mô phỏng tác động của nhiệt độ nước, cường độ bức xạ mặt trời và chất dinh dưỡng qua các hàm giới hạn của chúng ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng của từng nhóm tảo. Mặc dù các hàm giới hạn

chủ yếu được xem xét một cách riêng lẻ, chưa có đánh giá mối quan hệ tác động qua lại cụ thể giữa chúng. Tuy nhiên khi tất cả các yếu tố đó đều thuận lợi cho sự phát triển của tảo thì khả năng hiện tượng tảo nở hoa rất dễ xảy ra và ngược lại. Vì vậy khi phát triển mô hình phú dưỡng hồ, việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố điển hình đến sự phát triển của tảo là điều cần thiết. Các hàm giới hạn của nhiệt độ nước, cường độ bức xạ ánh sáng mặt trời và nồng độ các chất dinh dưỡng được lựa chọn để đánh giá và được biểu thị trong hình 6, 7 và 8.



Hình 6. Đồ thị hàm giới hạn của DIN và DIP đối với các nhóm tảo (a,b,c lần lượt là nồng độ sinh tảo lục, vi khuẩn lam và tảo silic)

Đối với chất dinh dưỡng, hàm giới hạn đối với các nhóm tảo được biểu thị trong hình 5 cho

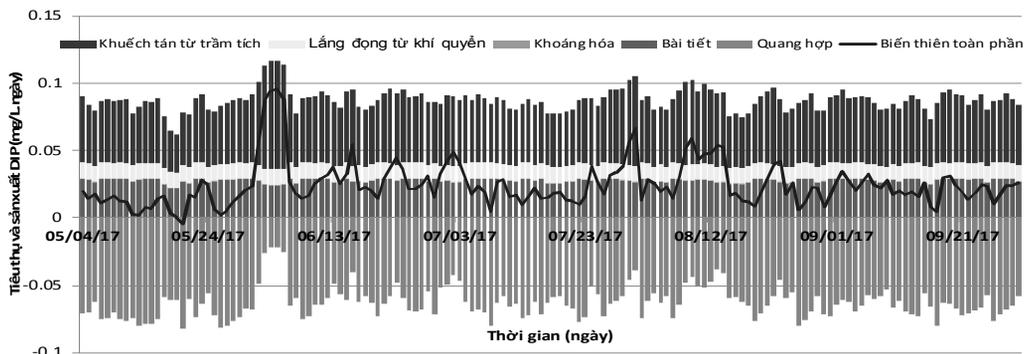
thấy có sự khác biệt tương đối lớn với mỗi nhóm tảo. Với tảo silic giá trị hàm ổn định trong

khoảng từ 0.95-1.0 cho thấy, lượng chất dinh dưỡng trong hồ cung cấp cho sự sinh trưởng và phát triển của tảo silic tương đối đầy đủ và ổn định. Chất dinh dưỡng giới hạn phát triển của tảo silic trong khoảng thời gian mô phỏng chủ yếu là DIP, chỉ một số thời điểm trong tháng 6,9 là DIN. Trong khi đó, sự thay đổi các giá trị của hàm giới hạn dinh dưỡng đối với 2 nhóm tảo, đặc biệt là tảo lục có mức độ dao động trong khoảng giá trị 0.67-0.87 cho thấy mức độ không ổn định và thay đổi theo thời gian mô phỏng (có sự dao động mạnh ở khoảng thời gian tháng 5,6 và ổn định hơn ở các tháng còn lại). Chất dinh dưỡng giới hạn sự phát triển của hai nhóm tảo này đều là DIP trong khoảng thời gian mô phỏng.

Ngoài ra, xu thế biến đổi của chúng có sự

tương đồng với sự biến đổi nồng độ DIP trong hồ đặc biệt với tảo lục và vi khuẩn lam (hình 5). Điều này cho thấy, sự thay đổi nồng độ DIP trong cột nước là yếu tố chính kiểm soát xu hướng phát triển của các nhóm tảo. Nồng độ DIP trong cột nước có xu thế tăng mạnh trong khoảng thời gian tháng 6,7 sau đó suy giảm và giữ mức độ ổn định trong khoảng thời gian tiếp theo.

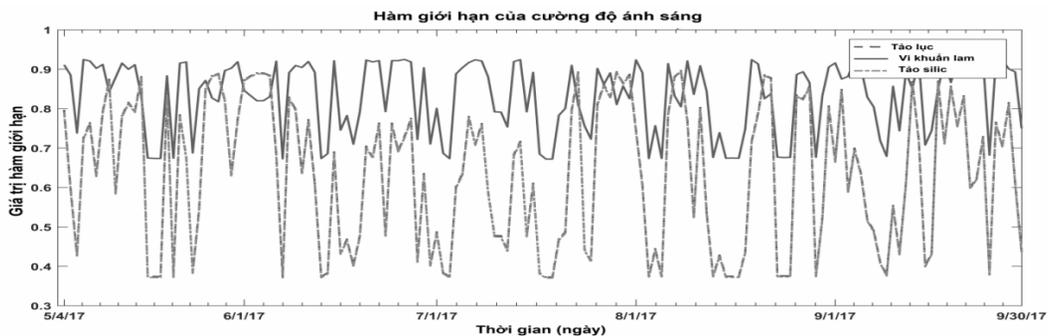
Các hàm giới hạn của DIN và DIP chỉ ra rằng, tảo trong hồ bị hạn chế quá trình sinh trưởng chủ yếu do thiếu DIP, bất kể theo mùa và nhóm tảo nào. Do đó ở đây, ta tập trung đến đặc tính động học của DIP theo thời gian với sự biến đổi các giá trị thành phần bao gồm sự tiêu thụ và sản xuất DIP và được biểu thị trong hình 7.



Hình 7. Sự thay đổi theo mùa sự biến thiên toàn phần các biến thành phần của DIP

Hình 6 cho thấy sự thay đổi theo mùa sự biến thiên của các biến thành phần nồng độ DIP theo ngày. Ta thấy sự tiêu thụ dẫn đến suy giảm nồng độ DIP chủ yếu là do quá trình quang hợp của các nhóm tảo. Các nguồn bổ sung, bổ sung chủ yếu bao gồm: khuếch tán từ trầm tích, quá trình bài tiết và lắng đọng từ khí quyển. Trong đó, nồng độ khuếch tán từ trầm tích chiếm tỷ trọng lớn nhất

và có sự thay đổi tỷ lệ thuận với sự biến đổi của nhiệt độ cột nước. Trong khi đó, nồng độ DIP được bổ sung từ quá trình bài tiết và lắng đọng từ khí quyển có sự biến đổi tương đối ổn định trong suốt quá trình mô phỏng. Nồng độ biến thiên toàn phần DIP giảm khi quá trình tiêu thụ DIP bởi quang hợp của các nhóm tảo suy giảm khi các yếu tố môi trường không thuận lợi và ngược lại.

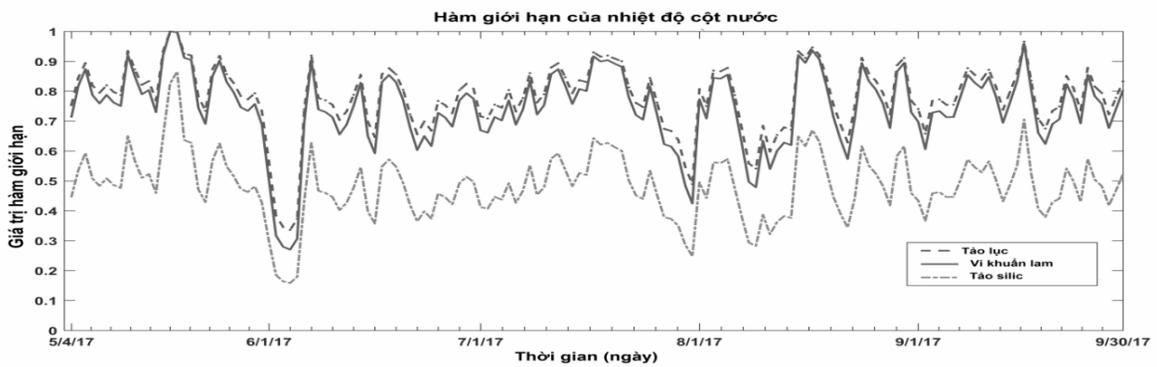


Hình 8. Hàm giới hạn cường độ bức xạ ánh sáng với sự phát triển của các nhóm tảo

Trong khi đó hàm giới hạn của cường độ bức xạ ánh sáng mặt trời với sự tăng trưởng của các nhóm tảo (hình 8, 9) cho thấy giá trị biến đổi của hàm với nhóm vi khuẩn lam ở khoảng giá trị 0.67-0.93 và tảo lục và tảo silic là 0.37-0.9. Sự dao động rất lớn giá trị của hàm với nhóm tảo silic và tảo lục, còn vi khuẩn lam ở mức thấp hơn. Quá trình dao động này tương đồng với xu thế biến đổi giá trị của cường độ ánh sáng trong thời gian hiệu chỉnh. Với tảo lục và tảo silic do sinh trưởng tối ưu ở cường độ bức xạ ánh sáng cao (khoảng giá trị lần lượt là 201-206 và 190-208 W/m^2) nên giá trị hàm giới hạn xu thế tăng khi

cường độ cao và giảm khi cường độ thấp.

Giá trị hàm giới hạn của nhiệt độ của mỗi nhóm tảo có xu thế biến đổi tương đồng với mức độ khác nhau khi có sự biến đổi của nhiệt độ. Tốc độ tăng trưởng của các nhóm tảo có xu thế tăng khi nhiệt độ giảm và giảm khi nhiệt độ tăng trong thời gian quan trắc. Đặc biệt trong khoảng thời gian đầu tháng 6 khi nhiệt độ cột nước duy trì ở khoảng giá trị từ 34-38°C thì tốc độ tăng trưởng của tảo bị suy giảm đáng kể. Trong khi đó, sự biến đổi của nhiệt độ cho thấy sự tăng trưởng mạnh của tảo lục và vi khuẩn lam vào thời điểm giữa tháng 5 và đầu tháng 7.

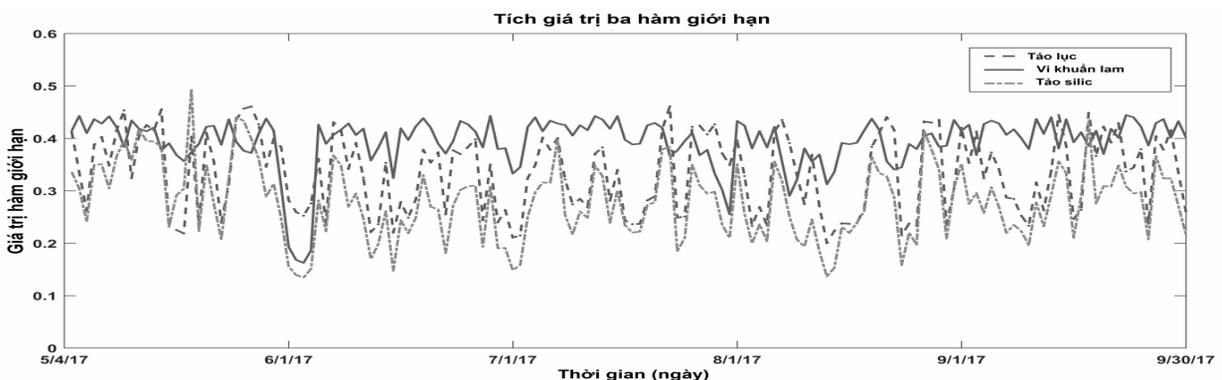


Hình 9. Hàm giới hạn của nhiệt độ cột nước đối với sự phát triển của các nhóm tảo

Kết hợp ba yếu tố giới hạn ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của tảo ta có được biểu đồ giá trị tổng hợp (hình 10). Từ kết quả tích của các hàm giới hạn giới hạn theo chuỗi thời gian, ta có thể kết luận rằng kết quả tính toán của mô hình đối với sự tăng trưởng của các nhóm tảo có sự phù hợp tương đối tốt với quan điểm chung sự biến

đổi theo thời gian của các yếu tố giới hạn.

Nhìn chung, đồ thị giá trị tổng hợp cho thấy sự tăng trưởng của các nhóm tảo lục vi khuẩn lam và tảo silic đạt đỉnh vào khoảng thời gian đầu tháng 5 và cuối tháng 9 khi các quá trình gây suy giảm tảo như hô hấp, chết có xu thế do nhiệt độ giảm.



Hình 10. Tích các hàm giới hạn sự phát triển của các nhóm tảo

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một mô hình phú dưỡng hồ đã được phát triển mô phỏng các nhóm tảo có mật độ chiếm ưu thế là tảo lục, vi khuẩn lam và tảo silic ở một hồ nông, đang bị phú dưỡng.

Thông qua biểu diễn sự ảnh hưởng của các hàm giới hạn của các yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng của tảo đã phân nào chỉ ra được mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đến sự phát triển của các nhóm tảo khác nhau và qua đó có thể dự báo được xu thế biến đổi sinh

khối tảo trong hồ khi có sự biến đổi của các yếu tố môi trường.

Trên cơ sở tính toán từ mô hình, sự thay đổi theo mùa nồng độ DIP cho thấy mối quan hệ giữa các quá trình tiêu thụ (chủ yếu là quá trình quang hợp) và sản xuất (khuếch tán từ trầm tích, khí quyển và bài tiết từ tảo).

Công cụ đánh giá này tương đối hiệu quả cho thấy mối quan hệ giữa chất dinh dưỡng, các yếu tố môi trường tới sự phát triển của các nhóm tảo đặc biệt trong những thời điểm mà quá trình phú dưỡng diễn ra mạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Thị Bích Ngọc, Vũ Duy An, Lê Thị Phương Quỳnh, Nguyễn Bích Thủy, Lê Đức Nghĩa, Dương Thị Thủy, Hồ Tú Cường (2017) "*Đánh giá mức độ phì dưỡng của một số hồ nội thành Hà Nội*," Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 55(1), tr. 84-92.
- Tạ Đăng Thuận, Bùi Quốc Lập (2018), "*Một số đặc điểm phú dưỡng ở một hồ nông nội đô Hà Nội*" Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 61, tr. 52-61.
- Dương Thị Thủy, Hồ Tú Cường, Đặng Đình Kim, Lê Thị Phương Quỳnh (2012), "*Biến động hàm lượng độc tố microcystin trong môi trường nước hồ Hoàn Kiếm*" Tạp chí sinh học 34(1), tr. 94-98.
- APHA (2001), "*Standard Methods for the examination of water and waste water*" 21st ed Washington DC.
- Bowie, G.L., Mills, W.B., Porcella, D.B., Campbell, C.L, Pagenkopf, J.R, Rupp, G.L Johnson, K.M., Chan, P.W.H., Gherini, S.A., and Chamberlain, C.E. (1985) "*Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling*" 2nd ed. Athens, Georgia: U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory.
- Cerco, C.F., Cole, T (1994), "*Three-dimensional Eutrophication Model of Chesapeake Bay*" Volumel:Main Report. Technical Report EL-94-4. US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station.
- Dowd, M. (2005), "*A bio-physical coastal ecosystem model for assessing environmental effects of marine bivalve aquaculture*", Ecological Modelling, 183, 323–346.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A (2013), "*Solar Engineering of Thermal Processes*", 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Harada, M., Douma, A., Hiramatsu, K., Do Thuy Nguyen and Marui, A. (2013), "*Analysis of seasonal changes in water qualities in eutrophic reservoirs in a flat low - lying agricultural area using an algae - based ecosystem model*", Irrigation and Drainage, 63, 24–35.
- Nguyen Do Thuy, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu (2010), "*Evaluation of the water-quality dynamics in a eutrophic agricultural pond by using a one-box ecosystem model considering several algal groups*", Paddy Water Environment, 8, 301–318.
- Nguyen, T.B., Pryor, T.L (1997), "*The relationship between global solar radiation and sunshine*" Renewable Energy, 11, 47-60.
- Odum, E., Barrett, G.W (2004), "*Fundamentals of Ecology*", 5th ed. Cengage Learning.
- Odum H.T, Odum, E.C (2000), "*Modeling for All Scales: an Introduction to System Simulation*", London: Academic Press.

- Steele J.H (1965), "Notes on some theoretical problems in production ecology" in Primary production in aquatic environments, Goldman CR, Ed. Berkeley, California: University of California Press.
- Strathmann R.R (1967), "Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume" *Limnol. Oceanog*, 12, 411-418.
- Thuan Dang Ta, Lap Quoc Bui, Thanh Dang Binh Nguyen, Tri Quang Doan, Jaya Kandasamy (2019) "Application of a Genetic Algorithm for the Calibration of Eutrophication model in an Urban Lake" *International Journal of Earth Sciences and Engineering* (ISSN 0974-5904), Accepted.

Abstract:

ANALYSIS OF SEASONAL VARIATION OF FACTORS AFFECTING ALGAE GROWTH IN A LAKE OF THE INNER HANOI CITY BY USING A EUTROPHICATION MODEL

The growth of algae in urban lakes in Hanoi is greatly influenced by the seasonal variation of factors of nutrients, water temperature and solar radiation intensity. Using the eutrofication simulation model tool to describe and evaluate the influence of the elements in the form of simulation functions that limit the development of algae. The results of this paper indicate the level of influence of each factor as well as their integration on each algal group is different. Seasonal variation in production components (diffusion from sediment, atmosphere and excretion from algae) and consumption (photosynthesis) of dissolved inorganic phosphorus (DIP) are also quantified. On the other hand, the eutrophication model promises to be a useful tool to simulate the relationship between algae biomass and nutrient concentration, as well as predict changes in algae composition and density in a short term.

Keywords: Eutrophication Model, Seasonal Change, Cyanobacteria, Hanoi Lake.

Ngày nhận bài: 30/01/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/3/2019