

THÀNH PHẦN VÀ MỨC ĐỘ ĐA DẠNG SINH HỌC VI TẢO TRONG MỘT SỐ AO ƯƠNG NUÔI CÁ NƯỚC NGỌT TẠI XÃ HỒNG ĐỨC, HUYỆN NINH GIANG, TỈNH HẢI DƯƠNG

Lê Việt Dũng*, Phạm Thị Lam Hồng, Lê Thị Cẩm Vân, Đoàn Văn Vững

Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: levietdung@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 13.02.2025

Ngày chấp nhận đăng: 19.06.2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo các ao nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương. Thành phần và mật độ vi tảo được xác định trong 8 ao, trong đó có 5 ao nuôi ghép thương phẩm, 1 ao rô phi và trắm cỏ giống, 1 ao rô phi giống và 1 ao rô phi hương. Các chỉ số đa dạng sinh học được tính cho các ao. Kết quả xác định được 173 loài vi tảo, trong đó ngành Chlorophyta chiếm 37%, Euglenophyta và Cyanobacteria chiếm 20-21%, Heterokontophyta chiếm 14%, Charophyta chiếm 6%, còn lại Dinoflagellata. Tổng 10 lớp, 23 bộ, 35 họ và 57 chi thuộc 6 ngành trên đã được ghi nhận. Số lượng loài vi tảo xác định được trong mỗi ao dao động từ 72 tới 92 loài. Chỉ số đa dạng sinh học (H') của các ao dao động từ 2,6 tới 4,2, trong đó các ao cá giống có chỉ số H' cao hơn các ao cá thương phẩm. Chỉ số mức độ chiếm ưu thế (D) của các ao dao động từ 0,02 đến 0,22, do vậy không có loài tảo ưu thế nào có trong các ao này. Ngoài ra, không có sự khác biệt về chỉ số đa dạng sinh học Wilson-Shmida giữa các ao. Mật độ tảo trong các ao thu mẫu dao động từ 1×10^5 tới $4,5 \times 10^5$ tế bào/ml.

Từ khóa: Ao cá, đa dạng, thành phần loài, vi tảo.

Composition and Biodiversity of Microalgae from Freshwater Fish Ponds in Hong Duc Commune, Ninh Giang District, Hai Duong Province

ABSTRACT

This study aimed to assess the composition and biodiversity of microalgae in freshwater fish ponds in Hong Duc Commune, Ninh Giang District, Hai Duong Province. Microalgal composition and density were analyzed in eight freshwater fish ponds, including five grow-out polyculture ponds, one co-cultured tilapia and grass carp fingerlings pond, one tilapia fingerling pond, and one red tilapia pond. Biodiversity indices including species diversity index (H'), dominance index (D) and Wilson-Shmida biodiversity were calculated for all ponds. A total of 173 microalgal species were identified with the following share: Chlorophyta 37%, Euglenophyta and Cyanobacteria each approximately 20-21%, Heterokontophyta 14%, Charophyta 6%, and Dinoflagellata 1%. A total of 10 classes, 23 orders, 35 families, and 57 genera belonging to six phyla were recorded in the studied ponds. The number of microalgal species per pond ranged from 72 to 92. The species diversity index (H') varied between 2.6 and 4.2, with higher values observed in fingerling ponds compared to grow-out fish ponds. The dominance index (D) values in the ponds ranged from 0.02 to 0.22, suggesting the absence of any dominant phytoplankton species in these systems. Additionally, no significant differences were observed in the Wilson-Shmida biodiversity index among the ponds. The microalgal density in the sampled ponds ranged from 1×10^5 to 4.5×10^5 cells/ml.

Keywords: Composition, diversity, fish ponds, microalgae.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo báo cáo tình hình kết quả phát triển

kinh tế - xã hội năm 2023 của tỉnh Hải Dương cho thấy, giá trị sản phẩm thu hoạch trên 1ha đất nuôi trồng thủy sản đạt 198,6 triệu đồng/ha.

Sản xuất thủy sản của Hải Dương phát triển ổn định, tổng diện tích nuôi trồng thủy sản khoảng 12.455ha (tăng 0,3% so với năm 2022). Tổng sản lượng thủy sản năm 2023 ước đạt 105.669 tấn (tăng 8,0% so với năm 2022). Trong đó, sản lượng nuôi trồng ước đạt 103.395 tấn (tăng 7,7% so năm 2022) (Cục Thống kê Hải Dương, 2023). Do vậy, để góp phần duy trì tính ổn định trong sản xuất cá nước ngọt thì việc quản lý thực vật phù du trong ao nuôi là rất cần thiết.

Trong các ao nuôi cá nước ngọt, vi tảo góp phần vào năng suất chính giúp duy trì sản lượng (Brraich & Saini, 2015). Trong quản lý chất lượng nước, vi tảo hấp thụ nguồn nitơ và phospho dư thừa trong môi trường nuôi và tạo ra oxy giúp cá hô hấp (Brown & Tucker, 2013). Trong vai trò dinh dưỡng, vi tảo là nguồn thức ăn cho động vật phù du và cá giống (Martins & cs., 2016). Vì vậy, vi tảo là chỉ thị sinh học quan trọng trong ao nuôi cá nước ngọt. Tuy nhiên, các ao nuôi cá nước ngọt ở xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương thường là các ao nhỏ, vì vậy sự phân bố vi tảo trong các thủy vực này không ổn định và ngẫu nhiên (Zhang & cs., 2021).

Quần xã vi tảo sau khi hình thành có thể được định hình bởi các loài cá nuôi (Romo & Villena, 2005). Hầu hết các loài vi tảo được các loài cá như rô phi, trắm cỏ ăn lọc, tuy nhiên, một số loài tảo gây hại như vi khuẩn lam khó tiêu hóa nên không được tiêu thụ và vì thế trở nên chiếm ưu thế (Kamjunke & cs., 2002). Sự nở hoa của các loài vi khuẩn lam này gây độc cho cá (Igwaran & cs., 2024).

Việc duy trì sự đa dạng quần xã thực vật phù du giúp duy trì sự ổn định chất lượng nước. Tuy nhiên, những hiểu biết về cách kiểm soát sự đa dạng của vi tảo trong các ao nuôi trồng thủy sản còn rất nhiều hạn chế. Gần đây, Đoàn Thanh Loan & cs. (2024) và Phạm Thị Thanh & cs. (2024) đã nghiên cứu thành phần loài vi tảo trong các ao nuôi tại Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam (Gia Lâm, Hà Nội) và ao cá Bác Hồ (Ba Đình, Hà Nội). Để đáp ứng yêu cầu quản lý vi tảo trong các ao nuôi cá nước ngọt ở xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương, chúng tôi đã theo dõi thành phần loài, mật độ tảo và xác định các mức đa dạng sinh học của vi tảo trong một số ao cá giống và nuôi thương phẩm trên địa bàn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Ao thí nghiệm

Lựa chọn được 8 ao để thực hiện thí nghiệm. Các ao có diện tích từ 0,5-2ha, độ sâu từ 2-2,5m. Nước ao có màu xanh đậm (xanh rêu) hoặc ao có hiện tượng nước “nở hoa”. Ao ký hiệu A1, A3, B3, C1, C2 là những ao nuôi cá thương phẩm có thả ghép các loại cá chép, cá trắm và cá rô phi. Ao ký hiệu A2 ương cá giống gồm cá rô phi và cá trắm cỏ. Ao ký hiệu B1 ương cá rô phi hương 15 ngày tuổi. Ao ký hiệu B2 ương cá rô phi giống. Thức ăn sử dụng là cám công nghiệp, kết hợp với cho ăn thêm cỏ và ngô hạt ngâm. Vị trí các ao nuôi ở tọa độ 20°47'44.5"N 106°18'53.8"E và được bố trí theo sơ đồ ở hình 1.

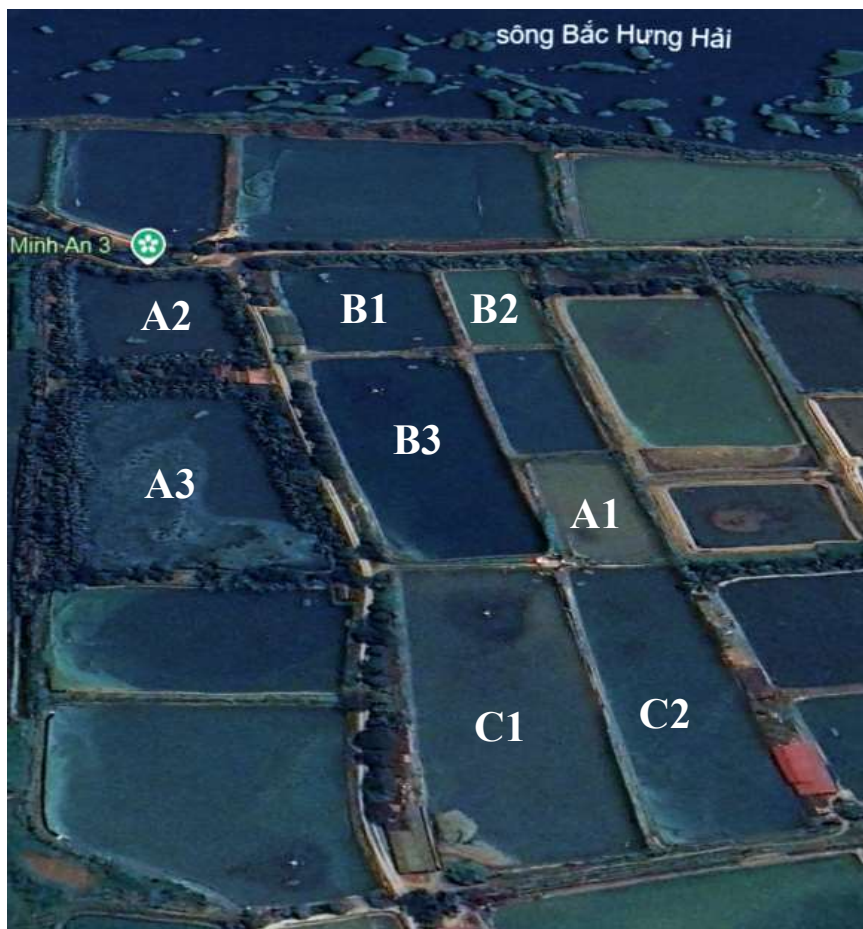
Trong quá trình khảo sát và lựa chọn ao thí nghiệm, do địa điểm chọn là vùng nuôi cá truyền thống nên các cơ sở nuôi còn manh mún và không tập trung. Vì vậy, các ao được lựa chọn thuộc quản lý của 5 hộ khác nhau, có diện tích nuôi khác nhau, số lượng cá nuôi không đồng đều.

Các chỉ tiêu chất lượng nước (pH, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ ...) được đo bằng các loại kit test do hãng Sera (Đức) vào thời điểm thu mẫu vi tảo. Thời gian thu mẫu từ tháng 12/2020-04/2021.

2.2. Phương pháp định danh và xác định mật độ vi tảo

Phương pháp thu mẫu vi tảo: Vào khoảng thời gian 8-10h sáng, 10l nước ở mỗi điểm đầu ao, giữa ao và cuối ao được thu bằng xô sắt, cách mặt nước < 50cm. Ba mươi lít nước được trộn đều rồi thu lấy 500ml mẫu nước vào chai nhựa, đóng thùng xốp mát chuyển về Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Mẫu nước sau khi được đưa về phòng thí nghiệm sẽ được lọc bỏ động vật phù du bằng lưới lọc 60µm. Sau đó lắc đều mẫu, lấy 100ml nước cho đều vào 10 ống fancel 15ml, ly tâm với tốc độ 3.000 vòng/phút trong 5 phút. Kết thúc quá trình ly tâm, hút bỏ phần nước và giữ lại phần cặn màu xanh bám vào thành ống. Sau đó, nhỏ 1ml dung dịch formalin 4% để cố định mẫu và bảo quản ở 4°C cho tới khi định danh và định lượng.

Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương



Hình 1. Sơ đồ các ao thu mẫu ở xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

Phương pháp định danh: Vi tảo được định danh tới loài dựa theo phương pháp hình thái học. Mẫu được quan sát và chụp ảnh dưới kính hiển vi quang học (Zeiss, Mỹ) với độ phóng đại 400 lần. Đặc điểm hình thái và định danh sơ bộ của vi tảo được tham khảo theo Nguyễn Văn Tuyên (2003). Danh pháp và các bậc phân loại được cập nhật theo Guiry (2024) và trang web của tổ chức AlgaeBase (Guiry & Guiry 2025).

Phương pháp định lượng: Mật độ tế bào tảo được xác định bằng buồng đếm hồng cầu Fuchs-Rosenthal (Đức) có thể tích $0,2\text{mm}^3$ trên kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 400 lần. Công thức xác định mật độ tảo theo hướng dẫn nhà sản xuất buồng đếm:

$$D \text{ (tb/ml)} = 5 \times A \times H \times 10^3$$

Trong đó: D: Tổng số tế bào đếm được (tb/ml); A: Số tế bào trung bình đếm được trong 1 ô vuông lớn; H: Hệ số pha loãng.

2.3. Xác định các chỉ số đa dạng sinh học

Tính đa dạng sinh học của thực vật phù du được đánh giá thông qua chỉ số đa dạng sinh học loài H' (Shannon & Wiener 1949). Trong đó chỉ số H' được xác định theo công thức sau:

$$H' = -\sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \ln \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

Trong đó: H' : chỉ số đa dạng sinh học loài hay chỉ số Shannon; N_i : số lượng cá thể của loài thứ i ; N : tổng số số lượng cá thể.

Chỉ số mức độ chiếm ưu thế D (Concentration of Dominance) xác định theo công thức sau (Simpson, 1949):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

Mức phong phú loài Margalef (Margalef 1968):

$$SR = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Trong đó: SR: chỉ số Margalef; S: số lượng loài.

Chỉ số đa dạng beta đánh giá mức độ thay đổi thành phần loài giữa các ao (Wilson & Shmida, 1984):

$$\beta_w = \frac{S}{\alpha} - 1$$

Trong đó: β_w : chỉ số Wilson-Shmida, α (alpha): số loài trung bình trên mỗi ao.

2.4. Phân tích số liệu

Đối với phân tích đa dạng sinh học thành phần thực vật phù du, số liệu mật độ vi tảo cho từng loài trong các ao được sử dụng để tính các chỉ số như đa dạng sinh học loài Shanon (H'), mức độ chiếm ưu thế (D), mức phong phú loài Margalef (SR), mật độ tảo trong ao và mật độ tảo theo ngành. Các số liệu này được phân tích thống kê mô tả. Đa dạng thành phần loài tảo giữa các ao được phân tích beta-diversity với so sánh Wilson-Shmida có khoảng tin cậy 95% và được chuyển dạng logarit trước khi biểu thị bằng đồ thị đa chiều phi tham số nMDS - Non-metric multidimensional scaling (Clarke, 1993) bằng phần mềm PAST (Kadam & cs., 2020).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chỉ tiêu môi trường

Các chỉ tiêu chất lượng nước của các ao nuôi cá tại thời điểm thu mẫu được trình bày ở bảng 1. Kết quả cho thấy, các chỉ tiêu này đều

nằm trong khoảng thích hợp nuôi cá. Cụ thể, nhiệt độ trong các ao nuôi khá tương đồng, dao động trong khoảng từ 24,0 đến 25,5°C, ngoài ra pH giữa các ao cũng có sự chênh lệch lớn dao động từ 7,4 đến 8,9. Thông số NO_2^- và PO_4^{3-} không có sự chênh lệch lớn giữa các ao, trong khi đó thông số NH_4^+ và NO_3^- lại có sự khác biệt giữa các ao thí nghiệm.

3.2. Đa dạng sinh học thành phần tảo trong các ao nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

3.2.1. Thành phần và đa dạng sinh học thành phần tảo

Sáu ngành tảo chính được xác định trong các ao nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương gồm các ngành Euglenophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Heterokontophyta, Charophyta và Dinoflagellata (Hình 2). Sáu ngành này được cập nhật theo hệ thống phân loại mới của Guiry (2024) trên trang web AlgaeBase so với hệ thống phân loại được sử dụng của các nghiên cứu trước đây (Đoàn Thanh Loan & cs., 2024; Phạm Thị Thanh & cs., 2024; Sharma & cs., 2019). Trong đó, có 10 lớp, 23 bộ, 35 họ và 57 chi (Bảng 2).

Ngành Euglenophyta có 1 lớp Euglenophyceae, trong đó chỉ có 1 bộ Euglenales. Bộ này gồm 2 họ: Euglenaceae và Phacaceae. Họ Euglenaceae gồm 3 chi: *Euglena* (12 loài), *Monomorpha* (1 loài) và *Trachelomonas* (10 loài). Họ Phacaceae gồm 2 chi: *Lepocinclis* (4 loài) và *Phacus* (8 loài).

Bảng 1. Các chỉ tiêu chất lượng nước của các ao tại thời điểm thu mẫu

Ao	Loại hình	Nhiệt độ (°C)	pH	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)
A1	Ghép thương phẩm	24,5	7,4	0,25	0,40	10	0,10
A2	Rô phi & trắm cỏ giống	24,5	7,8	5,00	0,50	15	0,25
A3	Ghép thương phẩm	24,0	7,5	0	0,40	5	0,10
B1	Rô phi giống	24,5	7,5	0	5,0	25	0,25
B2	Rô phi hương	25,5	8,9	0	0,25	8	0,25
B3	Ghép thương phẩm	24,0	8,0	7,50	0,30	5	0,20
C1	Ghép thương phẩm	24,0	8,0	0,30	0,25	8	0,10
C2	Ghép thương phẩm	24,0	8,5	0,50	0,40	10	0,50

Ngành Chlorophyta có 2 lớp: Chlorophyceae và Trebouxiophyceae. Lớp Chlorophyceae gồm 3 bộ: Chlamydomonadales, Tetrasporales và Sphaeropleales. Bộ Chlamydomonadales gồm 2 họ: Chlamydomonadaceae và Volvocaceae. Họ Chlamydomonadaceae chỉ gồm 1 chi *Chlamydomonas* (4 loài). Họ Volvocaceae gồm 3 chi: *Eudorina*, *Pandoria* và *Volvox*, trong đó mỗi chi chỉ phát hiện 1 loài. Bộ Tetrasporales gồm 2 họ: Tetrasporaceae và Chlorococcaceae. Họ Tetrasporaceae chỉ có 1 chi *Tetraspora* (1 loài). Họ Chlorococcaceae gồm 1 chi *Chlorococcum* (2 loài). Bộ Sphaeropleales gồm 5 họ: Neochloridaceae, Hydrodictyaceae, Selenastraceae, Scenedesmaceae, Treubariaceae. Họ Neochloridaceae gồm 1 chi *Golenkinia* (2 loài). Họ Hydrodictyaceae gồm 2 chi: *Pediastrum* (4 loài) và *Tetraedron* (6 loài). Họ Selenastraceae gồm 3 chi: *Ankistrodesmus* (4 loài), *Kirchneriella* (3 loài), *Monoraphidium* (2 loài). Họ Scenedesmaceae gồm 4 chi: *Coelastrum* (2 loài), *Scenedesmus* (12 loài), *Tetrastrum* (3 loài), *Westella* (1 loài). Họ Treubariaceae gồm 1 chi *Treubaria* (1 loài). Lớp Trebouxiophyceae gồm 2 bộ: Chlorellales và Trebouxiophyceae ordo incertae sedis. Bộ Chlorellales gồm 2 họ: Chlorellaceae và Oocystaceae. Họ Chlorellaceae gồm 4 chi: *Micractinium* (1 loài), *Dictyosphaerium* (1 loài), *Chlorella* (3 loài), *Actinastrum* (2 loài). Họ Oocystaceae gồm 1 chi *Oocystis* (3 loài). Bộ Trebouxiophyceae ordo incertae sedis gồm 1 họ Trebouxiophyceae incertae sedis, trong đó có 1 chi *Crucigenia* (4 loài).

Ngành Charophyta có 1 lớp Zygnematophyceae, trong đó chỉ có 1 bộ Desmidiaceae. Bộ này gồm 2 họ: Closteriaceae và Desmidiaceae. Họ Closteriaceae gồm 1 chi *Clesterium* (3 loài). Họ Desmidiaceae gồm 3 chi: *Cosmarium* (4 loài), *Eustrum* (1 loài), *Staurostrum* (3 loài).

Ngành Cyanobacteria có 1 lớp Cyanophyceae, trong đó có 5 bộ: Chroococcales, Chroococcidiopsidales, Nostocales, Pseudanabaenales, Gomontiellales, Oscillatoriales. Bộ Chroococcales gồm 2 họ: Chroococcaceae và Microcystaceae. Họ Chroococcaceae gồm 1 chi *Dactylococcopsis*

(1 loài). Họ Microcystaceae gồm 3 chi: *Merismopedia* (5 loài), *Aphanocapsa* (1 loài), *Microcystis* (1 loài). Bộ Chroococcidiopsidales gồm 1 họ Gloeocapsaceae, trong đó chỉ có 1 chi *Gloeocapsa* (1 loài). Bộ Nostocales gồm 1 họ Aphanizomenonaceae, trong đó có 1 chi *Anabaena* (4 loài). Bộ Pseudanabaenales gồm 1 họ Pseudanabaenaceae, trong đó có 1 chi *Pseudanabaena* (1 loài). Bộ Gomontiellales gồm 1 họ Gomontiellaceae, trong đó có 1 chi *Borzia* (1 loài). Bộ Oscillatoriales gồm 2 họ: Oscillatoriaceae và Microcoleaceae. Họ Oscillatoriaceae gồm 2 chi: *Oscillatoria* (10 loài) và *Phormidium* (7 loài). Họ Microcoleaceae gồm 2 chi: *Lyngbya* (2 loài) và *Arthrospira* (2 loài).

Ngành Heterokontophyta gồm 4 lớp: Mediophyceae, Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae, Xanthophyceae. Lớp Mediophyceae gồm 1 bộ Stephanodisciales, trong đó chỉ có 1 họ Stephanodiscaceae và 1 chi *Cyclotella* (3 loài). Lớp Coscinodiscophyceae chứa 2 bộ: Melosirales và Rhizosoleniales. Bộ Melosirales gồm 1 họ Melosiraceae và 1 chi *Melosira* (3 loài). Bộ Rhizosoleniales gồm 1 họ Rhizosoleniaceae và 1 chi *Rhizosolenia* (1 loài). Lớp Bacillariophyceae gồm 5 bộ: Fragilariales, Thalassionematales, Cymbellales, Naviculales và Bacillariales. Bộ Fragilariales gồm 1 họ Fragilariaceae và 1 chi *Fragilaria* (1 loài). Bộ Thalassionematales gồm 1 họ Thalassionemataceae và 1 chi *Thalassionema* (1 loài). Bộ Cymbellales gồm 1 họ Gomphonemataceae và 1 chi *Gomphonema* (1 loài). Bộ Naviculales gồm 1 họ Naviculaceae và 1 chi *Navicula* (3 loài). Bộ Bacillariales gồm 1 họ Bacillariaceae, trong đó có 2 chi: *Cylindrotheca* (1 loài) và *Nitzschia* (7 loài). Lớp Xanthophyceae gồm 1 bộ Tribonematales, 1 họ Tribonemataceae và 1 chi *Tribonema* (2 loài).

Ngành Dinoflagellata gồm 1 lớp Dinophyceae, 1 bộ Gymonodimales, 1 họ Gymnodiniaceae và 1 chi *Gymnodinium* (2 loài).

Trong 173 loài ghi nhận được, số lượng loài thuộc ngành Chlorophyta chiếm 37%, Euglenophyta và Cyanobacteria chiếm khoảng 20-21%, Heterokontophyta 14%, Charophyta 6%, còn lại Dinoflagellata 1% (Hình 2). Tỷ lệ số

loài trong ngành Chlorophyta thấp hơn trong các ao cá tại Hà Nội (47,06%) (Đoàn Thanh Loan & cs., 2024) và ao cá Bắc Hồ (56,29%) (Phạm Thị Thanh & cs., 2024). Ngược lại, tỉ lệ số loài trong ngành Cyanobacteria nhiều hơn trong các ao cá này (13,97% và 17,2%, tương

ứng). Số loài vi tảo xác định trong các ao nuôi cá trong nghiên cứu này cao hơn với các ao cá tại Hà Nội (136 loài) (Đoàn Thanh Loan & cs., 2024), ở ao cá Bắc Hồ (93 loài) (Phạm Thị Thanh & cs., 2024) và ở ao cá tại Silchar, Ấn Độ (74 loài) (Sharma & cs., 2019).

Bảng 2. Danh mục thành phần loài tảo ghi nhận được trong các ao nuôi cá nước ngọt truyền thống tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2
I	Ngành Euglenophyta (Tảo mắt)								
	Lớp Euglenophyceae								
	Bộ Euglenales								
	Họ Euglenaceae								
	Chi <i>Euglena</i>								
1	<i>Euglena acus</i> Ehr.	+	+	+	+	+	+		+
2	<i>E. acutissima</i> Lemmermann						+		
3	<i>E. agilis</i> Carter	+	+						
4	<i>E. caudata</i> Hubner	+	+	+					+
5	<i>E. gracilis</i> Klebs	+			+		+		+
6	<i>E. oxyuris</i> Schmarda	+		+	+	+		+	
7	<i>E. pascheri</i> Swir	+		+	+				+
8	<i>E. platydesma</i> Skuja			+	+				
9	<i>E. pisciformis</i> Klebs	+					+		
10	<i>E. spirogyra</i> Ehr	+							
11	<i>E. viridis</i> Ehr	+							+
12	<i>Euglena</i> sp.	+	+		+	+	+	+	+
	Chi <i>Monomorphina</i>								
13	<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehr.) Meressch	+	+	+		+	+		+
	Chi <i>Trachelomonas</i>								
14	<i>Trachelomonas armata</i> (Ehr.) Stein	+							
15	<i>T. cauata</i> (Ehr.) Stein	+							
16	<i>T. hispida</i> (Perty) Stein emend Defl	+	+		+		+		+
17	<i>T. lacustris</i> Drez. emend Balech								+
18	<i>T. oblonga</i> Lemm		+		++		+		
19	<i>T. planctonica</i> Swir							+	+
20	<i>T. scabra</i> Playf		+						
21	<i>T. similis</i> Stokes		+						
22	<i>T. volvocina</i> Ehr	+	+	+	+	+	+	++	++
23	<i>Trachelomonas</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
	Họ Phacaceae								
	Chi <i>Lepocinclis</i>								
24	<i>Lepocinclis autumnalis</i> Chu		+		+				

Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
25	<i>L. fusciformis</i> (Carter) Lemm	+	+	+					
26	<i>L. ovum</i> (Ehr) Mink		+						
27	<i>Lepocinclis</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
	Chi <i>Phacus</i>								
28	<i>Phacus acuminatus</i> Stokes	+		+		+	+		
29	<i>P. alatus</i> Klebs	+	+			+	+		
30	<i>P. anomalus</i> Stokes					+	+		+
31	<i>P. caudatus</i> Hubner			+					
32	<i>P. longicauda</i> (Ehr) Duj	+		+	+	+	+		+
33	<i>P. tortus</i> (Lemm) Skv							+	
34	<i>P. pleuronectes</i> (Ehr.) Duj.					+	+		
35	<i>Phacus</i> sp.	+		+	+	+		+	
	Tổng số loài	22	16	14	14	13	16	8	15
II	Ngành Chlorophyta (Tảo Lục)								
	Lớp Chlorophyceae								
	Bộ Chlamydomonadales								
	Họ Chlamydomonadaceae								
	Chi <i>Chlamydomonas</i>								
36	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Dangeard	+	+						+
37	<i>C. kviidensis</i>							+	
38	<i>C. rodhei</i>	+	+						
39	<i>Chlamydomonas</i> sp.	+	+	+	++	+	+	+	++
	Họ Volvocaceae								
	Chi <i>Eudorina</i>								
40	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb	+					+		
	Chi <i>Pandoria</i>								
41	<i>Pandorina morum</i> Bory					+		++	+
	Chi <i>Volvox</i>								
42	<i>Volvox</i> sp.	+			+				+
	Bộ Tetrasporales								
	Họ Tetrasporaceae								
	Chi <i>Tetraspora</i>								
43	<i>Tetraspora</i> sp.	+	+		+		+		+
	Họ Chlorococcaceae								
	Chi <i>Chlorococcum</i>								
44	<i>Chlorococcum humicolum</i> Rab					+	+	+	
45	<i>Chlorococcum</i> sp.	+	+	+	+	+++	+	+	++
	Bộ Sphaeropleales								
	Họ Neochloridaceae								
	Chi <i>Golenkinia</i>								
46	<i>Golenkinia paucispina</i> W. Et G.S West		+	+				+	
47	<i>Golenkinia</i> sp.	++	+	+					++

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
Họ Hydrodictyceae									
Chi <i>Pediastrum</i>									
48	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	+	+	+		+	+	++	+
49	<i>P. simplex</i> Lemm			+	+			+	
50	<i>P. tetras</i> (Ehr) Ralfs	+	+	+		+			+
51	<i>Pediastrum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	++
Chi <i>Tetraedron</i>									
52	<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansg					+			
53	<i>T. gracilis</i> (Reinsch) Hansg	++		+			+		+
54	<i>T. lobulatum</i> (Naeg.) Hansg.	+							+
55	<i>T. lunula</i> Wille				+				
56	<i>T. trilobatum</i> Hansg			+	++	+	+	++	++
57	<i>T. trigonum</i> Naeg.	++	+	+	+	+	+	+	
Họ Selenastraceae									
Chi <i>Ankistrodesmus</i>									
58	<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda	+		+		+	+	+	
59	<i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs		+	+	+	+		+	
60	<i>A. gracilis</i> (Reinsch) Kors		+	+	+				
61	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	++		+	+	++	+		+
Chi <i>Kirchneriella</i>									
62	<i>Kirchneriella contorta</i> Bohlin	+	+	+	+		++		+
63	<i>K. lunaris</i> (Kirch.) Möbius		+	+	+		+	++	+
64	<i>K. obesa</i> (W. West) Schmidle		++			++			
Chi <i>Monoraphidium</i>									
65	<i>Monoraphidium comtortum</i> (Thur.) Kom - Legn	+	+	+			+		
66	<i>M. pusillum</i> (Printz.) Leg.				+	+			
Họ Scenedesmaceae									
Chi <i>Coelastrum</i>									
67	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli			++				+	+
68	<i>C. sphaericum</i> Naeg.	+	+						
Chi <i>Scenedesmus</i>									
69	<i>Scenedesmus abundans</i> (Kirchner) Chod.							+	
70	<i>S. acuminatus</i> Chodat	+	+	+	+	+	+	+	+
71	<i>S. armatus</i> (Chod) G.M.Smith) Tiff					+			
72	<i>S. bicaudatus</i> (Hansg.) Chod.	++	+	+	++	+	+	++	+
73	<i>S. bijugatus</i> Kuetz	+		+	+	+	+		
74	<i>S. crassus</i> Chod	+							
75	<i>S. dimorphus</i> (Turp.) Kuetz.	+	++	+	+	+	+	+	++
76	<i>S. incrassatus</i>			+	+				
77	<i>S. obliquus</i> Kuetz		++			+	++		+
78	<i>S. protuberans</i> Fritsch et Rich	+	+	+	+				+

Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
79	<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Breb		++	+		+		+	+
80	<i>Scenedesmus</i> sp.	++		+	+++	++	++	++	++
Chi Tetrastrum									
81	<i>Tetrastrum heterocanthum</i> (Nordest) Chod	+		+	+		+	+	+
82	<i>T. staurogeniaeforme</i> Lemm.	+		+					+
83	<i>Tetrastrum</i> sp.		++		+				
Chi Westella									
84	<i>Westella botryoides</i> (West) De Wildm.		+					+	
Họ Treubariaceae									
Chi Treubaria									
85	<i>Treubaria triappendiculata</i> Bern	+		+					
Lớp Trebouxiphyceae									
Bộ Chlorellales									
Họ Chlorellaceae									
Chi Micractinium									
86	<i>Micractinium pusillum</i> Fres	+	++	+	+	+	+	+	++
Chi Dictyosphaerium									
87	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood		+	+	+	+	+		+
Chi Chlorella									
88	<i>Chlorella miniata</i> Oltmanns						+	+	
89	<i>C. vulgaris</i> Beij	+	+			+	+		+
90	<i>Chlorella</i> sp.	+++	+	+	+	+	+	++	+++
Chi Actinastrum									
91	<i>Actinastrum hantzschii</i>	+	+		+	+		+	++
92	<i>A. gracillimum</i> G. M. Smith			+		+			
Họ Oocystaceae									
Chi Oocystis									
93	<i>Oocystis elliptica</i> W.West			++			+		
94	<i>O. pusilla</i> Hansgir					+	+		+
95	<i>Oocystis</i> sp.	+	+	+		++	+	+	
Bộ Trebouxiphyceae ordo incertae sedis									
Họ Trebouxiphyceae incertae sedis									
Chi Crucigenia									
96	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren			++	++	+		+	++
97	<i>C. crectangularis</i> (Nag.) Gay	+						+	
98	<i>C. tetrapedia</i> W. Et G.S.West	+	+	+	+	+	+		+
99	<i>Crucigenia</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+
Tổng số loài		36	34	39	31	34	32	31	35
Ngành Charophyta (Tảo vòng)									
Lớp Zygnematophyceae									

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
Bộ Desmidiaceae									
Họ Closteriaceae									
Chi <i>Closterium</i>									
100	<i>Closterium lineatum</i> Ehr.			+					
101	<i>C. pronum</i> Breb						+		
102	<i>Closterium</i> sp.	+	+	+		+	+	+	
Họ Desmidiaceae									
Chi <i>Cosmarium</i>									
103	<i>Cosmarium granatum</i> Breb	+			+	+	+		
104	<i>C. scenedesmus</i> Delpzs				+	+			
105	<i>C. moniliforme</i> (Turn.) Ralfs						+		
106	<i>Cosmarium</i> sp.	+			+	+		+	
Chi <i>Euastrum</i>									
107	<i>Euastrum</i> sp.			+		+		+	
Chi <i>Staurastrum</i>									
108	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs	+						+	
109	<i>S. tetras</i>			+					
110	<i>Staurastrum</i> sp.	+		+	++	+	+	++	
Tổng số loài		5	1	5	4	6	5	1	4
III Ngành Cyanobacteria (Vi khuẩn Lam)									
Lớp Cyanophyceae									
Bộ Chroococcales									
Họ Chroococcaceae									
Chi <i>Dactylococcopsis</i>									
111	<i>Dactylococcopsis raphidioides</i> Hansg	+	+	+				+	
Chi <i>Chroococcus</i>									
112	<i>Chroococcus</i> sp.					+	+	++	
Họ Microcystaceae									
Chi <i>Merismopedia</i>									
113	<i>Merismopedia elegans</i> A.Br	+		+	+			++	
114	<i>M. glauca</i> (Ehr.) Nag.		+			+	+	++	
115	<i>M. minima</i> G.Beck	+				+		+	
116	<i>M. punctata</i> Meyen.			+				+	
117	<i>M. trolleri</i> Bachm					+			
Chi <i>Aphanocapsa</i>									
118	<i>Aphanocapsa</i> sp.		+	+			+	+	
Chi <i>Microcystis</i>									
119	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kutz) Elenk	++	+	+	+++	++	+++	+	++
Bộ Chroococcidiopsidales									
Họ Gloeocapsaceae									
Chi <i>Gloeocapsa</i>									

Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
120	<i>Gloeocapsa</i> sp.			+	+		+	++	+
Bộ Nostocales									
Họ Aphanizomenonaceae									
Chi <i>Anabaena</i>									
121	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) De Breb		+	+	++			+	+
122	<i>A. spiroides</i> Klebs	+						+	+
123	<i>A. variabilis</i> Kuetz		+			+		+	
124	<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	++	+	++	++	+
Bộ Pseudanabaenales									
Họ Pseudanabaenaceae									
Chi <i>Pseudanabaena</i>									
125	<i>Pseudanabaena</i> sp.	+		+	+	+	+		
Bộ Gomontiellales									
Họ Gomontiellaceae									
Chi <i>Borzia</i>									
126	<i>Borzia trilocularis</i> Cohn.				+				
Bộ Oscillatoriales									
Họ Oscillatoriaceae									
Chi <i>Oscillatoria</i>									
127	<i>Oscillatoria acuminata</i> Gom.	+	+		+	+	+	+	
128	<i>O. acutissima</i> Kuff	+							
129	<i>O. brevis</i> (Kutz.) Gom	+		+	+			+	
130	<i>O. guttunata</i> Goor	+		+	+			+	
131	<i>O. irrigua</i> (Kutz.) Gom		+		+	+		+	+
132	<i>O. limosa</i> Ag		+	+	+	+	+	+	+
133	<i>O. setigera</i> Apterb					+	+		
134	<i>O. simplicissima</i> Gom	+					+		
135	<i>O. tenuis</i> C.A. Agardh			+	+			+	
136	<i>Oscillatoria</i> sp.	+		+	+	+	+	+	
Chi <i>Phormidium</i>									
137	<i>Phormidium cincinnatum</i> Itzigs				+			+	
138	<i>P. lucidum</i> (Ag.) Gom		+	+			+		
139	<i>P. orientale</i> G.S.West					+	+	+	
140	<i>P. papillaterminatum</i> Kissel				+				
141	<i>P. papyraceum</i> (Ag) Gom	+							
142	<i>P. valderiae</i> (Delp.) Geitl		+						
143	<i>Phormidium</i> sp.	+	+	+	+		+	+	
Họ Microcoleaceae									
Chi <i>Lyngbya</i>									
144	<i>Lyngbya circumcreta</i> G.S.West	+			+			+	+
145	<i>Lyngbya</i> sp.				+	+	+		+

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
	Chi <i>Arthrospira</i>								
146	<i>Arthrospira platensis</i> (Nordst) Geitl	+	+		+	+	+	+	+
147	<i>Arthrospira</i> sp.	+	+	+	+++	+	+	++	++
	Tổng số loài	18	15	17	21	17	18	24	14
IV	Ngành Heterokontophyta (Tảo lông roi lệch)								
	Lớp Mediophyceae								
	Bộ Stephanodiscales								
	Họ Stephanodiscaceae								
	Chi <i>Cyclotella</i>								
148	<i>Cyclotella comata</i> (Her.) Kutz				+		+		
149	<i>C. meneghiniana</i> Kuetz	+		+	+				
150	<i>Cyclotella</i> sp.	+	++	+	+	+	+	+	++
	Lớp Coscinodiscophyceae								
	Bộ Melosirales								
	Họ Melosiraceae								
	Chi <i>Melosira</i>								
151	<i>Melosira granulata</i> (Ehrz.) Ralfs.	+		+	+			+	+
152	<i>M. varians</i> Ag			+			+		+
153	<i>Melosira</i> sp.		+	+			+	+	+
	Bộ Rhizosoleniales								
	Họ Rihizosoleniaceae								
	Chi <i>Rhizosolenia</i>								
154	<i>Rhizosolenia longiseta</i> Zacharias	+			+				
	Lớp Bacillariophyceae								
	Bộ Fragilariales								
	Họ Fragilariaceae								
	Chi <i>Fragilaria</i>								
155	<i>Fragilaria</i> sp.			+		+			
	Chi <i>Synedra</i>								
156	<i>Synedra</i> sp.			+	+	+	+		
	Bộ Thalassionematales								
	Họ Thalassionemataceae								
	Chi <i>Thalassionema</i>								
157	<i>Thalassionema</i> sp.	+	+	+	+		+	++	++
	Bộ Cymbellales								
	Họ Gomphonemataceae								
	Chi <i>Gomphonema</i>								
158	<i>Gomphonema</i> sp.								
	Bộ Naviculales								
	Họ Naviculaceae								
	Chi <i>Navicula</i>								
159	<i>Navicula cryptocephala</i> Kutz.	+				+			

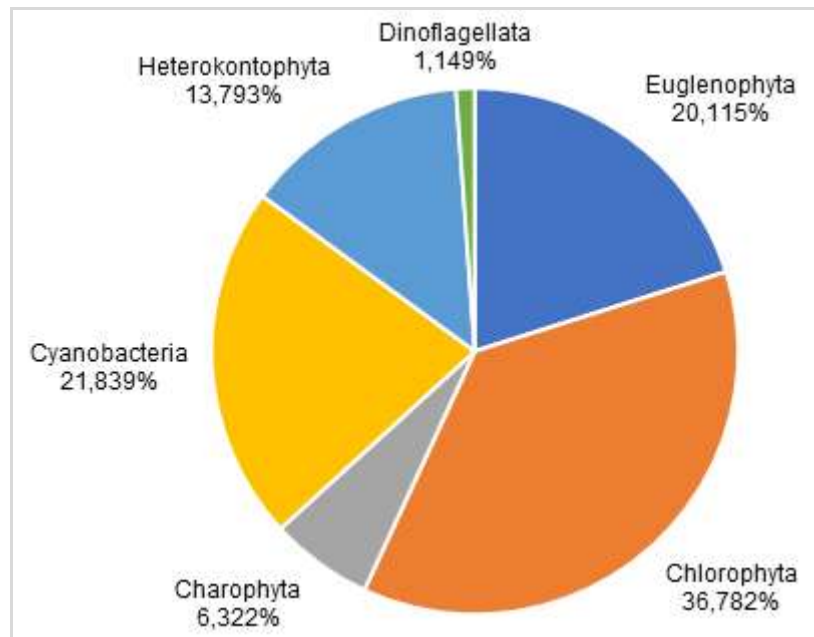
Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương

STT	Tên loài tảo	Địa điểm thu mẫu							C2
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	
160	<i>N. radiosa</i> Kutz			+				+	
161	<i>Navicula</i> sp.	+	+		+		+	+	+
Bộ Bacillariales									
Họ Bacillariaceae									
Chi <i>Cylindrotheca</i>									
162	<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	+	+		+
Chi <i>Nitzschia</i>									
163	<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm			+	+	+	+		
164	<i>N. acuta</i> Hantzsch	+			+				
165	<i>N. dissipata</i> (Kuetz.) Grun	+			+		+		+
166	<i>N. lanceolata</i> W. Sm						+		+
167	<i>N. longissima</i> (Breb.) Grun		+	+			+	+	
168	<i>N. sigma</i> (Kuetz.) W. Sm					+			
169	<i>Nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+			+
Lớp Xanthophyceae									
Bộ Tribonematales									
Họ Tribonemataceae									
Chi <i>Tribonema</i>									
170	<i>Tribonema minus</i> Hazen				+			+	+
171	<i>Tribonema</i> sp.				+				+
Tổng số loài		11	7	13	15	8	12	8	12
VI Ngành Dinoflagellata (Tảo giáp)									
Lớp Dinophyceae									
Bộ Gymnodimales									
Họ Gymnodiniaceae									
Chi <i>Gymnodinium</i>									
172	<i>Gymnodinium aeruginosum</i> Stein	+	+		+	+			+
173	<i>Gymnodinium</i> sp.		+	+	+		+	++	++
Tổng số loài		1	2	1	2	1	1	1	2

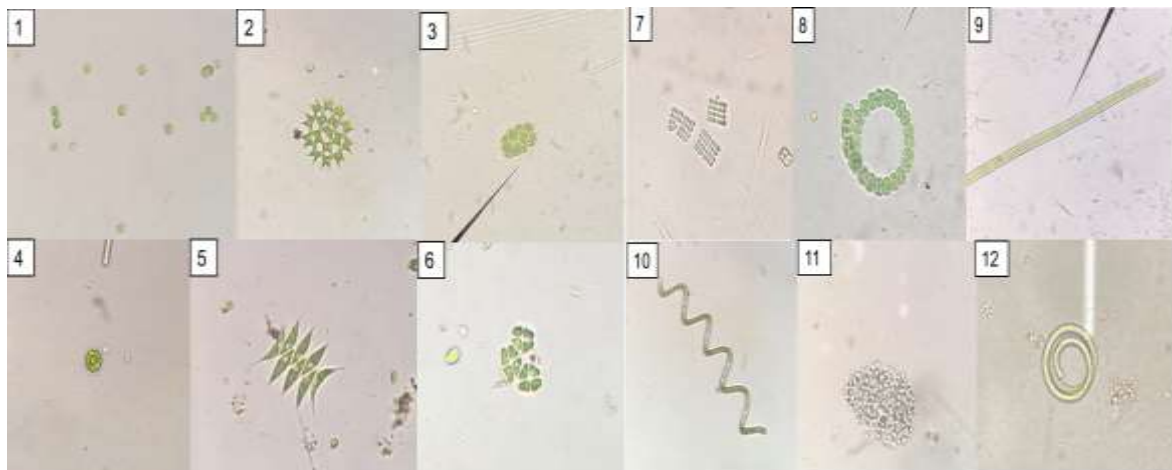
Ghi chú: Kí hiệu “+”, “++”, “+++” lần lượt là các mật độ tảo “ $< 10^3$ ”, “ $< 10^4$ ” và “ $< 10^5$ ”.

Kết quả nghiên cứu về thành phần vi tảo phân bố trong các ao nuôi cá ở xã Hồng Đức, huyện Thanh Miện, tỉnh Hải Dương cho thấy có 37 loài vi khuẩn lam đã được định danh. Số lượng loài vi khuẩn lam này xuất hiện ít hơn so với trong ao nuôi cá nước ngọt ở Trà Vinh (Phạm Thi Bình Nguyen & Ngo Thanh Phong, 2020), tuy nhiên mật độ các loài điển hình như *Asthrospira* spp. và *Microcystis* spp. trong nghiên cứu này lại cao hơn. Điều này có thể do tỉ lệ N:P trong các ao ở Hải Dương ($> 20:1$) cao hơn nhiều so với các ao ở Trà Vinh

(4-5:1). Các loài thuộc chi *Anabaena* và *Lyngbya* có liên quan đến tạo ra geosmin trong các ao nuôi cá nheo Mỹ (Schrader & Blevins, 1993; Van der Ploeg & cs., 1992) cũng được tìm thấy trong các ao thu mẫu. Ngoài ra, *Oscillatoria* là chi vi khuẩn lam dạng sợi cũng được quan sát thấy xuất hiện nhiều trong các ao nuôi cá nheo Mỹ (Schrader & cs., 2016). Số lượng, tần xuất xuất hiện của các loài vi tảo này trong các thủy vực này rất điển hình, dẫn tới nguy cơ tảo nở hoa, gây thiệt hại cho người nuôi.



Hình 2. Tỷ lệ (%) thành phần loài theo ngành tảo phát hiện trong các ao nuôi cá nước ngọt thu mẫu ở Hải Dương



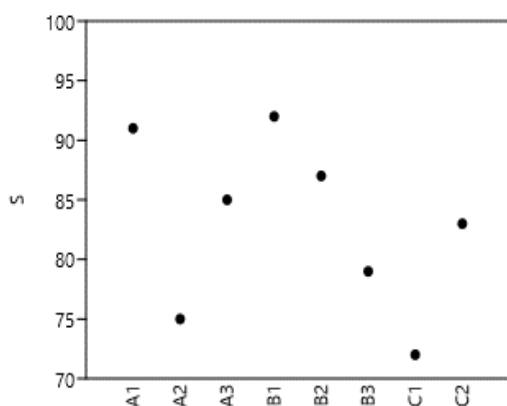
Ghi chú: 1: *Chlorella vulgaris*, 2: *Pediastrum duplex*, 3: *Pandorina morum*, 4: *Chlamydomonas* sp., 5: *Scenedesmus obliquus*, 6: *Crucigenia* sp. 7: *Merismopedia elegans*, 8: *Anabaena spiroides*, 9: *Oscillatoria brevis*, 10: *Arthrospira platensis*, 11: *Microcystis aeruginosa*, 12: *Lyngbya* sp.

Hình 3. Ảnh hình thái đại diện một số loài vi tảo xuất hiện trong các ao thu mẫu

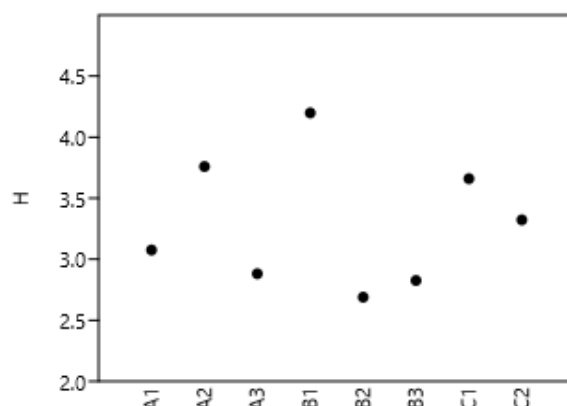
Số lượng loài tảo ghi nhận được trong mỗi ao dao động từ 72 tới 92 loài (Hình 4). Chỉ số đa dạng sinh học loài (H') của các ao dao động từ 2,6 tới 4,2 (Hình 5). Theo phương pháp đánh giá về chất lượng nước của Nguyen (2020), chỉ số H' của nghiên cứu này nằm trong mức trung bình tới tốt (< 1: rất xấu, 1-2: xấu, 2-3: trung bình, 3-4,5: tốt, > 4,5: rất tốt). Trong đó, chỉ số H' ở 2 ao cá giống

A2 và B1 là cao nhất. Điều này phù hợp với diễn biến sinh thái của hệ vi tảo trong các ao nuôi cá. Thành phần tảo trong ao cá giống mới gây màu nước đa dạng hơn các ao cá nuôi thương phẩm. Do trong quá trình sinh trưởng cá và động vật phù du ăn chọn lọc vi tảo, chừa lại một số loài vi khuẩn lam khó tiêu hóa như *Microcystis* spp. hay *Anabaena* spp. (Zhang & cs., 2021).

Thành phần và mức độ đa dạng sinh học vi tảo trong một số ao ương nuôi cá nước ngọt tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương



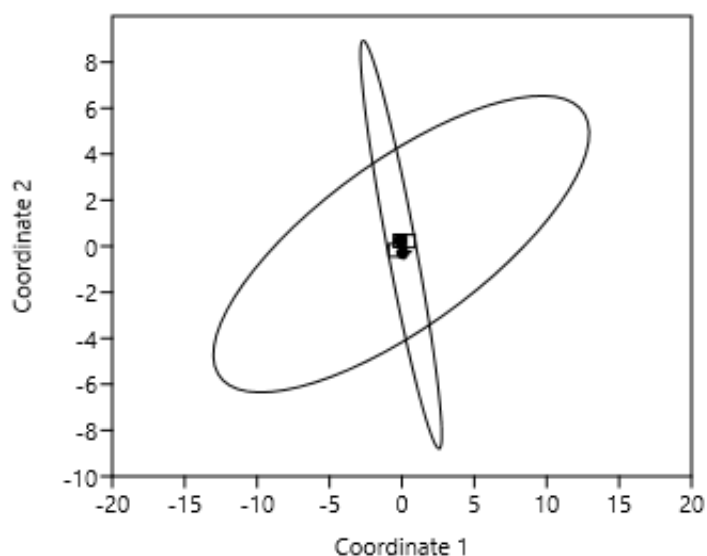
Hình 4. Mức phong phú của loài (S) trong các ao nuôi cá nước ngọt thí nghiệm ở Hải Dương



Hình 5. Chỉ số đa dạng sinh học loài (H') của các ao nuôi cá nước ngọt thí nghiệm ở Hải Dương

Bảng 3. Chỉ số Wilson-Shmida giữa các cặp ao thí nghiệm

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2
A1	0	0,42	0,41	0,41	0,37	0,46	0,52	0,33
A2	0,42	0	0,4	0,39	0,45	0,44	0,44	0,39
A3	0,41	0,4	0	0,39	0,41	0,33	0,46	0,36
B1	0,41	0,39	0,39	0	0,35	0,41	0,40	0,40
B2	0,37	0,46	0,41	0,35	0	0,42	0,43	0,34
B3	0,46	0,44	0,33	0,41	0,42	0	0,49	0,42
C1	0,52	0,44	0,46	0,40	0,43	0,50	0	0,44
C2	0,33	0,39	0,36	0,40	0,34	0,42	0,44	0



Hình 6. Phân tích nMDS chỉ ra sự khác nhau về thành phần loài tảo giữa các ao thu mẫu (95% ellipses)

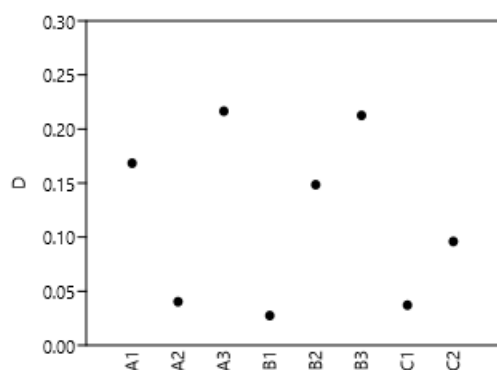
Mặc dù vậy, sự sai khác về chỉ số đa dạng sinh học giữa các ao không có ý nghĩa thống kê sinh học ($P < 0,05$). Tương tự, không có sự sai khác có ý nghĩa thống kê sinh học khi so sánh chỉ số Wilson-Shmida giữa các cặp ao (Bảng 3).

Tương tự, mức độ sai khác không đáng kể về đa dạng thành phần loài tảo giữa các ao thí nghiệm cũng được xác nhận với đồ thị nMDS khi các nghiệm thức đều nằm trong đường elip (Hình 6).

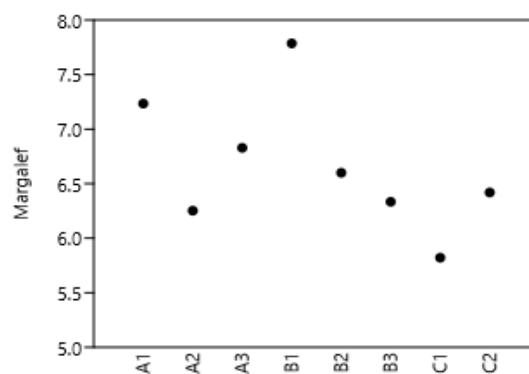
Chỉ số mức độ chiếm ưu thế (D) của các ao dao động từ 0,02 tới 0,22 (Hình 7). Như vậy, hệ thực vật phù du trong ao không bị chiếm ưu thế bởi loài nào. Hai ao cá giống A2 và B1 và ao nuôi ghép C1 có chỉ số D thấp nhất. Chỉ số phong phú loài Margalef của các ao dao động từ 5,8 tới 7,7

(Hình 8). Trong đó ao cá rô phi giống B1 và ao nuôi ghép A1 có chỉ số phong phú loài cao nhất.

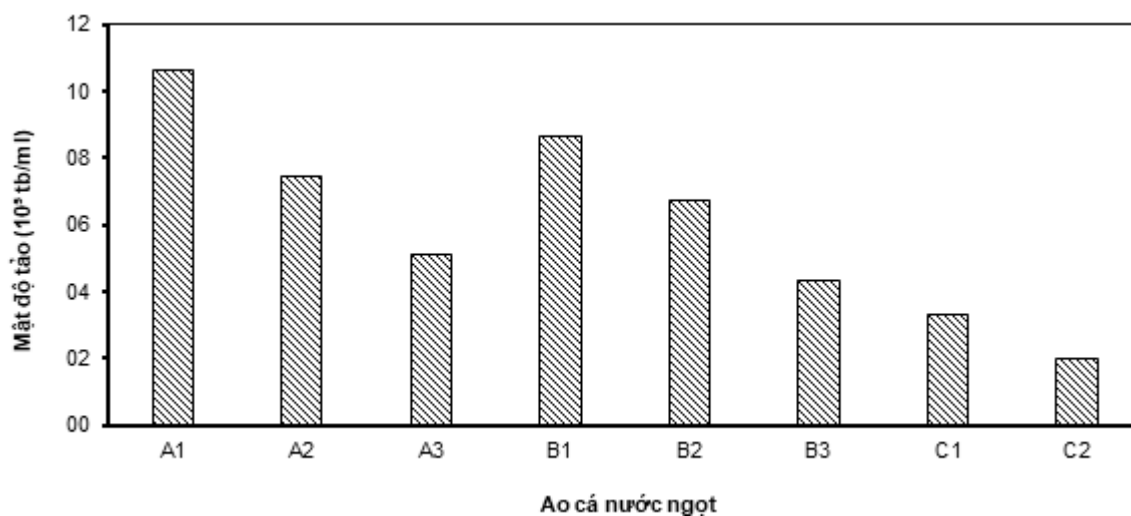
Mật độ tảo trong các ao thu mẫu dao động từ 2×10^5 tới 10×10^5 tế bào/ml (Hình 9). Mật độ tảo ở các ao cá giống và hương (A2, B1, B2) cao hơn so với các ao ghép thương phẩm A3, B3, C1 và C2. Riêng ao ghép thương phẩm A1 có mật độ tế bào tảo cao nhất. Khi xét giữa các ngành thì mật độ tảo của ngành Chlorophyta cao nhất ($1,32 \times 10^5$ tế bào/ml) trong các ao, tiếp đó tới ngành Cyanobacteria với mật độ $0,7 \times 10^5$ tế bào/ml (Hình 10). Hai ngành Heterokontophyta và Euglenophyta có mật độ tương đương khoảng $0,15-0,18 \times 10^5$ tế bào/ml. Ngành Charophyta và Dinoflaggelata có mật độ thấp nhất ($0,03-0,06 \times 10^5$ tế bào/ml).



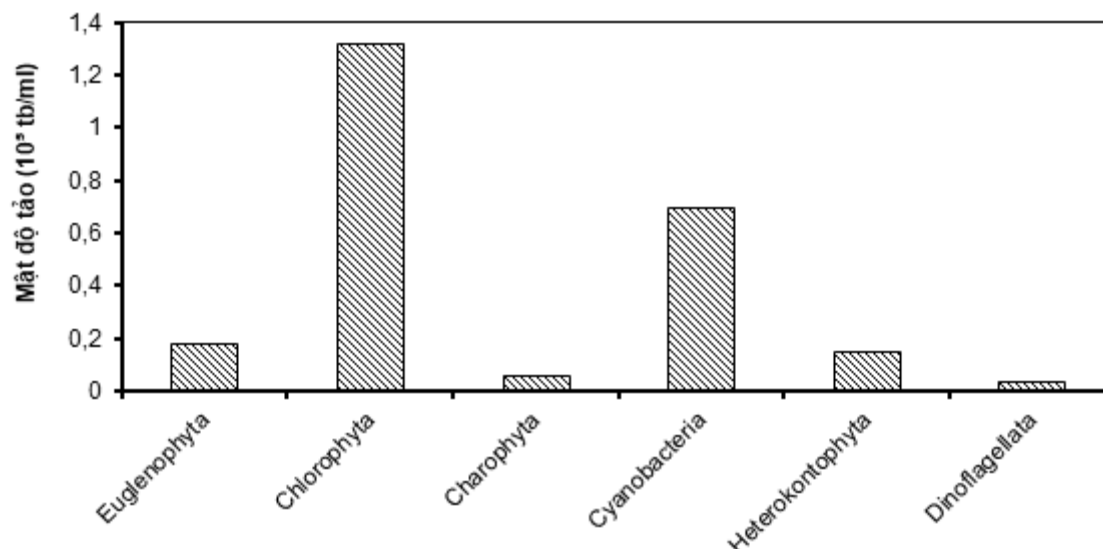
Hình 7. Chỉ số mức độ chiếm ưu thế (D) của các ao nuôi cá nước ngọt thu mẫu ở Hải Dương



Hình 8. Chỉ số phong phú loài Margalef của các ao nuôi cá nước ngọt thu mẫu ở Hải Dương



Hình 9. Mật độ tảo của các ao nuôi cá nước ngọt thu mẫu ở Hải Dương



Hình 10. Mật độ tảo theo ngành trong các ao nuôi cá nước ngọt thu mẫu ở Hải Dương

4. KẾT LUẬN

Tổng số có 173 loài được ghi nhận trong các ao cá nước ngọt thu mẫu tại xã Hồng Đức, huyện Ninh Giang, tỉnh Hải Dương. Trong đó, số lượng loài thuộc ngành Chlorophyta chiếm 37%, Euglenophyta và Cyanobacteria chiếm khoảng 20-21%, Heterokontophyta 14%, Charophyta 6%, còn lại Dinoflagellata 1%. Có sự sai khác nhỏ về sự đa dạng sinh học thành phần thực vật phù du giữa các ao giống và ao cá thương phẩm. Mật độ tảo ngành Cyanobacteria cao trong toàn bộ các ao thu mẫu. Đề xuất tiếp tục theo dõi thành phần loài và sự đa dạng trong quá trình nuôi để đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng vi sinh và hóa chất lên các thông số này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Brown T.W. & Tucker C.S. (2013). Pumping performance of a slow-rotating paddlewheel for split-pond aquaculture systems. *North American journal of aquaculture*. 75(2):153-158.

Braich O.S. & Saini S.K. (2015). Water quality index of Ranjit Sagar wetland situated on the Ravi River of Indus River system. *International Journal of Advanced Research*. 3(12):1498-1509.

Clarke K.R. (1993). Non-Parametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.

Cục Thống kê Hải Dương (2023). Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội của tỉnh Hải Dương. Nhà xuất bản Thống kê.

Đoàn Thanh Loan, Nguyễn Khánh Linh & Hoàng Thị Tâm (2024). Microalgal Composition in Fish Ponds at the Vietnam National University of Agriculture. *Vietnam J. Agri. Sci.* 22(3): 340-349 (in Vietnamese).

Guiry M.D. (2024). How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing. *Journal of Phycology*. 60(2): 214-228.

Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2025). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, University of Galway. Truy cập từ <https://www.algaebase.org>; ngày 20/06/2025.

Igwaran A., Kayode A.J., Moloantoa K.M., Khetsha Z.P. & Unuofin J.O. (2024). Cyanobacteria Harmful Algae Blooms: Causes, Impacts, and Risk Management. *Water, Air & Soil Pollution*. 235: 71. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06782-y>

Kamjunke N., Schmidt K., Pflugmacher S. & Mehner T. (2002). Consumption of cyanobacteria by roach (*Rutilus rutilus*): useful or harmful to the fish? *Freshwater Biology*. 47(2): 243-250.

Kadam A.D., Kishore G., Mishra D.K. & Arunachalam (2020). Microalgal diversity as an indicator of the state of the environment of water. *Ecological Indicators*. 112: 106077.

Margalef D.R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. Chicago: The University of Chicago Press. p. 111.

Martins T.G., Odebrecht C., Jensen L.V., D'Oca M.G. & Wasielesky Jr W. (2016). The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT culture system. *Aquaculture Research*. 47(4): 1315-1326.

- Nguyen T.G. (2020). Surface water quality assessment using phytoplankton and zoobenthos: a case study at Bung Binh Thien, An Giang province, Vietnam. *Journal of Vietnamese Environment*. 12(1): 7-16.
- Nguyễn Văn Tuyên (2003). Đa dạng sinh học Tảo trong thủy vực nội địa Việt Nam - Triển vọng và thử thách. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Thành phố Hồ Chí Minh.
- Phạm Thị Bình Nguyen & Ngo Thanh Phong (2020). Biodiversity of cyanobacteria in some waterbodies at Tra Vinh province. *Can Tho University Journal of Science*. 56: 115-123 (in Vietnamese).
- Pham Thi Thanh, Nguyen Thi Minh Nguyet, Vu Thi Kieu Loan, Tong Tran Huy, Nguyen Huu Nghia, Nguyen Khac Lam & Pham Thai Giang (2024). Phytoplankton in Uncle Ho's fish pond and their correlation with hydrochemical parameters. *TNU Journal of Science and Technology*. 229(05): 187-194.
- Romo S. & Villena M.-J. (2005). Phytoplankton strategies and diversity under different nutrient levels and planktivorous fish densities in a shallow Mediterranean lake. *Journal of Plankton Research*. 27(12): 1273-1286.
- Schrader K.K. & Blevins W.T. (1993). Geosmin-producing species of *Streptomyces* and *Lyngbya* from aquaculture ponds. *Canadian journal of microbiology*. 39(9): 834-840.
- Schrader K.K., Tucker C.S., Brown T.W., Torrains E.L. & Whitis G.N. (2016). Comparison of phytoplankton communities in catfish split-pond aquaculture systems with conventional ponds. *North American journal of aquaculture*. 78(4):384-395.
- Shannon C.E. & Wiener W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana. p. 125.
- Sharma H., Das D., Sarmah P. & Rout J. (2019). A study on freshwater algal communities of pond ecosystems from southern Assam. *Vegetos*. 32: 19-32.
- Simpson E. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*. p. 163.
- Van der Ploeg M., Tucker C. & Boyd C. (1992). Geosmin and 2-methylisoborneol production by cyanobacteria in fish ponds in the southeastern United States. *Water Science and Technology*. 25(2): 283-290.
- Wilson M.V. & Shmida A. (1984) Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*. 72: 1055-1064
- Zhang M., Dong J., Gao Y., Liu Y., Zhou C., Meng X., Li X., Li M., Wang Y., Dai D. & Lv X. (2021). Patterns of phytoplankton community structure and diversity in aquaculture ponds, Henan, China. *Aquaculture*. 544: 737078.