

CÂN BẰNG TẢI LƯỢNG NITƠ TRONG CÁC AO NUÔI TRỒNG THỦY SẢN: NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH Ở ĐÀM THỦY TÚ, THÀNH PHỐ HUẾ

Hoàng Thị Mỹ Hằng*, Tề Minh Sơn, Đường Văn Hiếu

Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: htmhang@husc.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/6/2026; ngày hoàn thành phản biện: 29/6/2026; ngày duyệt đăng: 30/6/2026

TÓM TẮT

Nuôi trồng thủy sản (NTTS) là nguồn phát thải nitơ quan trọng vào hệ thống đầm phá Tam Giang–Cầu Hai. Nghiên cứu này nhằm đánh giá sự biến động của các hợp chất nitơ trong nước ao nuôi và xác định cân bằng tải lượng nitơ trong NTTS tại đầm Thủy Tú. Các hợp chất $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ và TN được phân tích trong nước của 6 ao nuôi thuộc 2 xã Vinh Thanh và Vinh An (cũ) vào các tháng 3, 5, 7 và 8 năm 2021. Kiểm định T-test và Mann–Whitney cho thấy không có sự khác biệt giữa mô hình nuôi xen ghép và nuôi chuyên cá. Trong khi đó, One-way ANOVA và Friedman cho thấy nồng độ nitơ tăng từ tháng 3 đến tháng 8, phản ánh xu hướng tích lũy nitơ trong ao theo thời gian nuôi. Thức ăn và phân bón là hai nguồn nitơ đầu vào chính, đóng góp lần lượt 222,4 kg-N/ha/vụ (82,6%) và 32,9 kg-N/ha/vụ (12,3%). Nước thải ao nuôi chiếm 36,7% tổng lượng nitơ thải vào đầm Thủy Tú, cho thấy cần ưu tiên kiểm soát nguồn thải này để giảm ô nhiễm nitơ trong đầm phá.

Từ khóa: Nuôi trồng thủy sản, Cân bằng tải lượng nitơ, Tam Giang–Cầu Hai, Đầm Thủy Tú.

1. MỞ ĐẦU

Nitơ (N) là nguyên tố dinh dưỡng thiết yếu đối với sinh vật và đóng vai trò quan trọng trong quá trình sinh địa hóa. Tuy nhiên, trong những thập kỷ gần đây, các hoạt động của con người (nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản (NTTS), công nghiệp và sinh hoạt) đã làm gia tăng đáng kể lượng nitơ đưa vào môi trường (Han & Zhou 2022; Rajta và cộng sự, 2020), nguyên nhân chính gây ra hiện tượng phú dưỡng, suy giảm oxy hòa tan gây chết cá, tôm và các loài khác trong các hệ sinh thái nước ngọt, nước lợ và ven biển trên thế giới (Ahmed và cộng sự, 2022; Camargo & Alonso 2006; Liu và cộng sự, 2024).

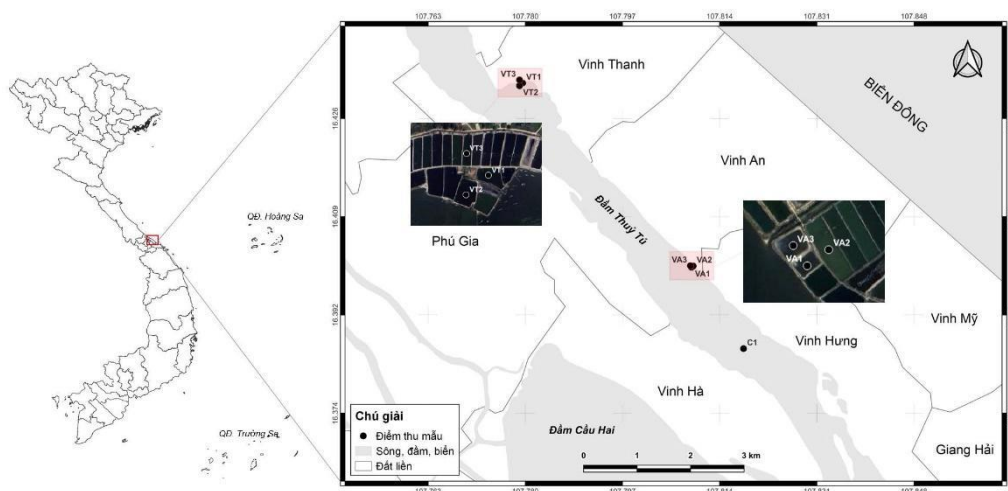
Tam Giang–Cầu Hai (TG–CH) nổi tiếng là hệ đầm phá nước lợ lớn nhất Đông Nam Á, nằm ở tỉnh Thừa Thiên Huế (cũ), nay là thành phố Huế. Hệ đầm phá này được biết đến với những giá trị cao về đa dạng sinh học. Bên cạnh đó, đây cũng là khu vực có nhiều tiềm năng cho phát triển NTTS. Theo Quyết định 3275/QĐ-UBND của UBND tỉnh Thừa Thiên Huế về Ban hành kế hoạch hành động triển khai thực hiện chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam giai đoạn 2022-2025 và định hướng đến năm 2030 trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế, diện tích nuôi ao vùng đầm phá duy trì 3.560 ha với hình thức nuôi xen ghép tôm sú với cua, cá nước lợ (phần đầu sản lượng tôm sú 1.500 tấn; cá nước lợ 2.600 tấn; cua 1.000 tấn). Là một hợp phần của hệ đầm phá TG–CH, ven đầm Thủy Tú đang diễn ra các hoạt động NTTS với phương thức phổ biến là bán thâm canh.

Những nghiên cứu trước đó cho thấy nước thải từ các ao NTTS ở khu vực TG–CH chứa hàm lượng nitơ và photpho cao, hiện vẫn chưa được xử lý, ảnh hưởng đến môi trường nước và trầm tích (Hoang và cộng sự, 2024). Tuy nhiên, các nghiên cứu liên quan đến việc tính toán và cân bằng tải lượng chất dinh dưỡng từ NTTS ở hệ đầm phá TG–CH vẫn còn rất hạn chế. Do đó, trên cơ sở kết hợp giữa dữ liệu thu thập được về đặc điểm NTTS và sự biến động nồng độ các hợp chất nitơ trong nước ao nuôi, nghiên cứu nhằm ước tính và đánh giá cân bằng tải lượng nitơ của các ao NTTS. Những kết quả này sẽ hỗ trợ các đề xuất nhằm quản lý tốt các nguồn thải và phục vụ các chương trình bảo tồn hệ sinh thái (Lloyd và cộng sự, 2019).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các ao NTTS tại đầm Thủy Tú phạm vi từ cầu Trường Hà đến Cồn Trai, thuộc hai huyện Phú Vang và Phú Lộc (tỉnh Thừa Thiên Huế cũ). Theo Chi cục Thủy sản thành phố Huế (2020), diện tích ao nuôi tại đầm Thủy Tú đạt trên 1.300 ha, chiếm khoảng 37% tổng diện tích NTTS của hệ đầm phá TG–CH.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu và vị trí các điểm lấy mẫu tại đầm Thủy Tú.

2.2. Phương pháp thu thập thông tin sơ cấp

Nghiên cứu đã tiến hành thu thập các đặc điểm ban đầu của các ao nuôi được lấy mẫu, bao gồm: diện tích, độ sâu mực nước, hình thức nuôi, mật độ thả nuôi, khối lượng vôi, loại phân bón và thức ăn sử dụng, thời điểm thay nước và lượng nước trao đổi giữa ao nuôi và đầm. Những thông tin này là cơ sở để tính toán tải lượng N đầu vào và đầu ra trong các ao NTTS được khảo sát.

2.3. Phương pháp lấy mẫu

Vị trí các ao thu mẫu được thể hiện trong Hình 1. Trong đó, 03 ao ký hiệu lần lượt là VT1, VT2, VT3 thuộc xã Vinh Thanh (cũ) là các ao nuôi xen ghép cá và tôm. Các ao ký hiệu VA1, VA2, VA3 thuộc xã Vinh An (cũ) là các ao nuôi chuyên cá nâu. Các mẫu nước ao được lấy trong 4 đợt: đợt 1 (tháng 3/2021) vào thời điểm thả giống được 10 ngày, đợt 2 (tháng 5/2021), đợt 3 (tháng 7/2021) khi tôm sú trong ao chuẩn bị được thu hoạch, và đợt 4 (tháng 8/2021). Ngoài ra, mẫu điểm nền C1 được lấy để xác định nồng độ N nguồn nước đầu vào lấy vào các ao nuôi. Quy cách lấy mẫu và bảo quản mẫu tuân theo TCVN 5996:1995. Các mẫu nước được lấy ở độ sâu 50 cm bằng thiết bị lấy mẫu nước ngang (Model 1120 – G45, Hoa Kỳ).

2.4. Phương pháp phân tích mẫu

Các thông số nhiệt độ (t°), oxy hòa tan (DO), pH, độ đục, tổng chất rắn hòa tan (TDS), độ dẫn điện (EC), độ muối (Sal) của nước được đo tại hiện trường bằng máy Horiba U5000 (Nhật Bản). Các thông số chất lượng nước TSS, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N được xác định theo các phương pháp tiêu chuẩn của APHA (Rice, Baird & Eaton, 2017).

2.5. Phương pháp tính toán tải lượng nitơ

Tải lượng thải N từ nuôi trồng thủy sản được tính toán theo phương pháp cân bằng khối lượng:

$$\sum N_{\text{đầu vào}} = \sum N_{\text{đầu ra}} \quad (1)$$

Theo nghiên cứu của Pouil và cộng sự (2019) và Nhan và cộng sự (2008), tải lượng nitơ đầu vào ($N_{\text{đầu vào}}$) bao gồm từ: (1) Thức ăn công nghiệp, (2) Phân bón, (3) Tôm, cua, cá thả nuôi và (4) Nguồn nước thêm vào ao nuôi; Tải lượng nitơ đầu ra ($N_{\text{đầu ra}}$) bao gồm từ: (1) Tôm, cá thu hoạch, (2) Nguồn nước thải ra, (3) Tải lượng N nguồn khác có thể đến từ nguồn trầm tích, ốc, động vật 2 mảnh và quá trình khử nitrat và bay hơi NH_3 . Tải lượng N nguồn khác được ước tính từ chênh lệch tải lượng N đầu vào và đầu ra.

$$* \text{ Tải lượng N từ nguồn thức ăn đóng góp vào ao nuôi: } F_{in} = \frac{(\frac{m_a \times a}{6,25} + \frac{m_b \times b}{5}) \times 100}{S_{ao}} \quad (2)$$

Trong đó: F_{in} : Tải lượng N thức ăn đầu vào, kg/ha/vụ; m_a : Khối lượng thức ăn công nghiệp sử dụng cho từng ao nuôi, kg; m_b : Khối lượng rong bún (khối lượng khô)

được sử dụng làm thức ăn, kg; a: Hàm lượng protein thô của thức ăn công nghiệp, %; b: Hàm lượng protein thô trong rong bún, %; c: hệ số chuyển đổi giữa N và protein của thức ăn công nghiệp (Tomé và cộng sự, 2019); 5 hệ số chuyển đổi giữa N và protein của rong bún (Angell và cộng sự, 2016; Fuerer và cộng sự, 2026); S_{ao} : Diện tích ao nuôi, m^2 .

* Tải lượng N từ nguồn phân bón đóng góp vào ao nuôi: $Fert = \frac{(m \times a_{Fert}) \times 100}{S_{ao}} \quad (3)$

Trong đó: Fert: Tải lượng N phân bón đầu vào, kg/ha/vụ; m: Khối lượng phân bón được sử dụng, kg; a_{Fert} : Hàm lượng N trong phân bón, %; S_{ao} : Diện tích ao nuôi, m^2 .

* Tải lượng N từ nguồn thủy sản thả nuôi và thu hoạch trong các ao nuôi:

$$H_{in/out} = \frac{[(m_d \times d) + (m_e \times e)] \times 100}{S_{ao} \times 6,25} \quad (4)$$

Trong đó: $H_{in/out}$: Tải lượng N đầu vào hoặc đầu ra của thủy sản, kg/ha/vụ; m_d , m_e : Tương ứng là khối lượng cá nâu và tôm sú (thả giống hoặc thu hoạch), tính theo khối lượng ướt, kg; d: Hàm lượng protein thô của cá nâu, % trọng lượng ướt; e: Hàm lượng protein thô của tôm sú, % trọng lượng ướt; 6,25: hệ số chuyển đổi giữa N và protein (Tomé và cộng sự, 2019); S_{ao} : Diện tích ao nuôi, m^2 .

* Tải lượng N từ nguồn nước đầu vào và nước thải đầu ra của các ao nuôi:

$$W_{in/out} = \frac{V \times C \times 10}{S_{ao}} \quad (5)$$

Trong đó: $W_{in/out}$: Tải lượng N của nguồn nước đầu vào hoặc đầu ra, kg/ha/vụ; V: Thể tích nước trao đổi giữa ao nuôi và nước đầm Thủy Tú trong một vụ nuôi, m^3 ; C: Nồng độ TN của nước đầu vào và nước thải, mg/L; S_{ao} : Diện tích ao nuôi, m^2 .

2.6. Phương pháp xử lý và phân tích số liệu

Áp dụng kiểm định Shapiro–Wilk để đánh giá phân bố chuẩn của dữ liệu. Sự khác biệt giữa 4 đợt lấy mẫu được đánh giá bằng One-way ANOVA đối với các biến có phân bố chuẩn (TDS, độ đục, TSS, nhiệt độ, DO và TN) và Friedman đối với các biến không có phân bố chuẩn được đo lặp lại trên cùng các ao nuôi trong bốn đợt lấy mẫu (độ muối, pH, NO_2^- -N, NO_3^- -N, NH_4^+ -N và tỷ lệ đóng góp N của các nguồn). Sự khác biệt giữa mô hình nuôi xen ghép và mô hình nuôi chuyên cá được đánh giá bằng T-test đối với các biến có phân bố chuẩn (TDS, độ đục, TSS, nhiệt độ, DO, NO_3^- -N, TN và tỷ lệ đóng góp của các nguồn N đầu vào và đầu ra) và bằng Mann–Whitney U đối với các biến không có phân bố chuẩn (pH, NO_2^- -N và NH_4^+ -N). Các phân tích thống kê được thực hiện bằng IBM SPSS Statistics 29.0.1.1 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) với mức ý nghĩa thống kê $\alpha = 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm nước ao nuôi trồng thủy sản ở đầm Thủy Tú

Qua khảo sát, chất lượng nguồn nước đầu vào lấy từ đầm Thủy Tú có pH ($7,8 \pm 0,2$), độ muối ($13,3 \pm 5,2$ ‰) và DO ($7,6 \pm 0,1$ mg/L) nằm trong giới hạn theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT về chất lượng nước cấp vào ao nuôi. Hàm lượng TSS và độ đục của nguồn nước đầu vào lần lượt đạt $20,1 \pm 2,1$ mg/L và $7,8 \pm 7,4$ NTU.

Đối với các ao nuôi, kiểm định T-test và Mann–Whitney cho thấy không có sự khác biệt thống kê về tất cả các yếu tố môi trường giữa ao nuôi xen ghép và ao nuôi chuyên cá. Tuy nhiên, giá trị pH trong 4 đợt dao động từ 7,5 đến 8,2 và trong đợt 1 cao hơn đợt 4 ($p < 0,001$). Giá trị pH cao ở đợt 1 liên quan đến việc bón vôi để vệ sinh ao nuôi vào đầu mỗi vụ nuôi. Giá trị pH và DO của nước ao nuôi nằm trong giới hạn theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT (pH = 7 – 9; DO $\geq 3,5$ mg/L). Giá trị DO ở ao VT1 thấp hơn so với VT3 và VA1 ($p < 0,02$). Mặc dù nhiệt độ, độ đục và TSS giữa các ao tương đồng, nhưng ao VT1 có nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ cao, cho thấy nhu cầu oxy cho các quá trình chuyển hóa N có thể cao hơn. Tuy nhiên, do chưa xác định được BOD₅ và COD nên chưa thể khẳng định chắc chắn nguyên nhân gây suy giảm DO. Các giá trị TSS từ $79 \pm 31,8$ mg/L đến $101,6 \pm 35,2$ mg/L nằm trong khoảng mức B2 (100 mg/L) theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT. Giá trị TSS ở đợt 2 và đợt 3 không khác biệt đáng kể ($p > 0,05$), trong khi TSS ở đợt 1 (đầu vụ nuôi thứ nhất) thấp hơn TSS ở đợt 4 (đầu vụ nuôi thứ hai) ($p < 0,05$).

Mặt khác, có sự tích lũy nồng độ các N vô cơ (DIN), bao gồm $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, và $\text{NH}_4^+\text{-N}$ theo thời gian tại các ao nuôi. Nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ trong nước ao nuôi dao động từ 0,003 đến 0,008 mg/L, thấp hơn giá trị cột A1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT ($< 0,05$ mg/L). Kiểm định Friedman cũng cho thấy nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ ở đợt 4 cao hơn đợt 2 ($p = 0,003$) và đợt 1 ($p = 0,007$). Nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dao động từ 0,10 đến 0,22 mg/L, nằm trong giới hạn cột A2 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT ($\leq 0,2$ mg/L). Mặt khác, nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ đợt 4 cao hơn đợt 2 ($p = 0,022$). Đối với nồng độ $\text{NO}_3\text{-N}$, giá trị này ở đợt 3 cao hơn ở đợt 1 ($p = 0,015$). Nồng độ DIN thấp hơn nhiều so với TN (Bảng 1) cho thấy phần lớn nitơ tồn tại dưới dạng hữu cơ. Mặt khác, sự chênh lệch đáng kể về TSS giữa nguồn nước đầu vào lấy từ đầm Thủy Tú (20 ± 2 mg/L) và nguồn nước ao nuôi (79 ± 32 đến 102 ± 35 mg/L) cho thấy có khả năng một phần N hữu cơ tồn tại dưới dạng chất rắn lơ lửng. Phân thải và thức ăn dư thừa trong ao nuôi là nguyên nhân tạo ra các vật chất hữu cơ dạng hạt (Wang và cộng sự, 2012). Các vật chất này có thể bị phân rã thành dạng hòa tan (Nederlof và cộng sự, 2022) hoặc tồn tại dưới dạng chất rắn lơ lửng hoặc lắng xuống đáy ao (Olsen & Olsen, 2008; Wong & Piedrahita, 2000).

Bảng 1. Kết quả đo đặc các thông số nước ao nuôi và điểm nền (TB±SD)

Thông số	VT1 (n=4)	VT2 (n=4)	VT3 (n=4)	VA1 (n=4)	VA2 (n=4)	VA3 (n=4)	C1 (n=2)
Nhiệt độ (°C)	34,1±0,3	34,2±0,1	34,7±0,5	34,4±0,2	32,5±1,6	33,1±1,7	30,2±4,1
pH	7,5±0,6	7,7±0,6	8,2±0,2	8,2±0,2	8,1±0,2	8,2±0,2	7,8±0,2
DO (mg/L)	3,9±0,6	5,1±0,3	7,7±0,4	7,2±0,2	6,7±0,2	6,4±0,1	7,6±0,1
TDS (g/L)	19,2±0,7	20,3±0,7	19,9±0,2	19,9±0,4	19,8±0,2	20,3±0,4	13,9±4,6
Độ đục (NTU)	39,5±15,1	28,5±7,2	32,9±16,1	28,9±14,9	30,6±10,5	48,8±23,3	7,8±7,4
Độ muối (‰)	18,3±0,2	18,9±0,3	18,8±0,3	18,9±0,3	18,5±0,3	18,9±0,6	13,3±5,2
TSS (mg/L)	79±32	91±27	95±23	81±33	102±35	96±36	20±2
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0,004± 0,004	0,008± 0,004	0,005± 0,004	0,004± 0,004	0,005± 0,004	0,005± 0,004	0,003± 0,003
NO ₃ ⁻ - N(mg/L)	0,12±0,08	0,09±0,05	0,11±0,01	0,07±0,03	0,07±0,01	0,08±0,01	0,05±0,01
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0,22±0,22	0,14±0,12	0,10±0,10	0,15±0,08	0,15±0,10	0,17±0,10	0,02±0,02
TN (mg/L)	1,21±0,18	0,82±0,33	1,07±0,37	1,36±0,79	1,27±0,62	1,64±0,51	0,19±0,11

3.2. Tải lượng N từ nuôi trồng thủy sản ven đầm Thủy Tú

* *Tải lượng N từ thức ăn:* Qua điều tra, các loại thủy sản sử dụng thức ăn viên công nghiệp Thăng Long và UP. Đối với cá, trong hai tháng đầu, thức ăn có hàm lượng protein thô 40% và lipid thô 4 – 6% (kích cỡ viên thức ăn 1,0 – 1,5 mm) được sử dụng. Từ tháng thứ 3, cá sử dụng loại thức ăn có hàm lượng protein 43% và lipid từ 5 – 7% (kích cỡ viên thức ăn 1,5 – 2,0 mm). Ngoài ra, rong bún được thu hoạch từ đầm Thủy Tú và Cầu Hai cũng được sử dụng làm thức ăn trong các ao nuôi chuyên cá. Rong bún có hàm lượng nước từ 80 – 90% (TB = 85%) (Milledge & Harvey, 2016) và hàm lượng protein thô 12,76 ± 2,6% (Siddik & Anh, 2015). Đối với ao nuôi xen ghép, thức ăn công nghiệp chủ yếu cho tôm có hàm lượng protein thô tối thiểu trong suốt quá trình nuôi là 40%, lipid là 5%. Kết quả tính toán ở Bảng 2 cho thấy tải lượng N trung bình từ nguồn thức ăn đầu vào của các ao nuôi chuyên cá 237,73 ± 33,27 kg/ha/vụ, trong khi đó với ao nuôi xen ghép là 207,00 ± 15,94 kg/ha/vụ.

Bảng 2. Tính toán tải lượng N đầu vào và đầu ra từ các nguồn đặc trưng trong ao nuôi

Nguồn N	Thông số đặc trưng	Ao nuôi xen ghép			Ao nuôi chuyên cá		
		VT1	VT2	VT3	VA1	VA2	VA3
Thức ăn	Diện tích, S_{ao} (m ²)	2262	3123	1620	881	2654	1630
	Hàm lượng protein thô trong thức ăn, a (%)	40,0	40,0	40,0	41,5	41,5	41,5
	Khối lượng thức ăn sử dụng, m_a (kg)	700	1100	500	250	800	600
	Khối lượng rong bún làm thức ăn cho cá, m_b (kg, khối lượng khô)	-	-	-	75,0	292,5	193,5
	Hàm lượng protein thô trong rong bún, b (%)	-	-	-	12,7 6	12,76	12,76
	F_{in} (kg/ha/vụ)	198,1	225,4	197,5	210,2	228,3	274,7
Phân bón	Loại phân bón	NPK	Ure	Ure	Ure	Ure	NPK
	Hàm lượng N, a_{Fert} (%)	16,0	46,3	46,3	46,3	46,3	16,0
	Khối lượng phân bón sử dụng (kg)	25,0	20,0	15,0	10,0	20,0	20,0
	$Fert$ (kg/ha/vụ)	17,7	29,7	42,9	52,6	34,9	19,6
Nguồn thủy sản được nuôi	Tổng khối lượng tôm ban đầu (kg)	KTT	KTT	KTT	-	-	-
	Tổng khối lượng cá ban đầu (kg)	2,5	2,5	1,75	4	15	10
	N_H đầu vào (kg/ha/vụ)	0,29	0,21	0,28	1,20	1,49	1,62
	Tổng khối lượng tôm thu hoạch (kg)	600	1100	500	-	-	-
	Tổng khối lượng cá thu hoạch (kg)	70	80	50	150	400	300
	N_H đầu ra (kg/ha/vụ)	47,3	58,7	53,6	44,9	39,7	48,5
Trao đổi nước giữa ao và đầm	Độ sâu mực nước (m)	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5
	Thể tích (m ³)	3619	4997	2430	1233	3716	2445
	Tổng lượng nước trao đổi (m ³ /vụ)	15683	21653	10530	6167	18578	12225
	W_{in} (kg/ha/vụ)	12,9	12,9	12,1	13,0	13,0	14,0

Nguồn N	Thông số đặc trưng	Ao nuôi xen ghép			Ao nuôi chuyên cá		
		VT1	VT2	VT3	VA1	VA2	VA3
	W_{out} (kg/ha/vụ)	86,2	50,2	82,0	126, 5	114,4	137,0

Ghi chú: KTT – Không tính toán

* **Tải lượng N từ nguồn phân bón:** Việc bổ sung phân bón được thực hiện chủ yếu trong quá trình chuẩn bị ao nuôi nhằm tạo môi trường thuận lợi cho tảo phát triển. Sự phát triển của tảo sẽ là nguồn thức ăn tự nhiên cho tôm trong 15 ngày đầu, giúp giảm được lượng thức ăn công nghiệp (Hoang và cộng sự, 2024; Nhan và cộng sự, 2008). Tải lượng N từ nguồn phân bón dao động lớn (từ 17,7 đến 52,6 kg/vụ) do ảnh hưởng của khối lượng và loại phân bón (Ure hay NPK với thành phần N khác nhau) được sử dụng.

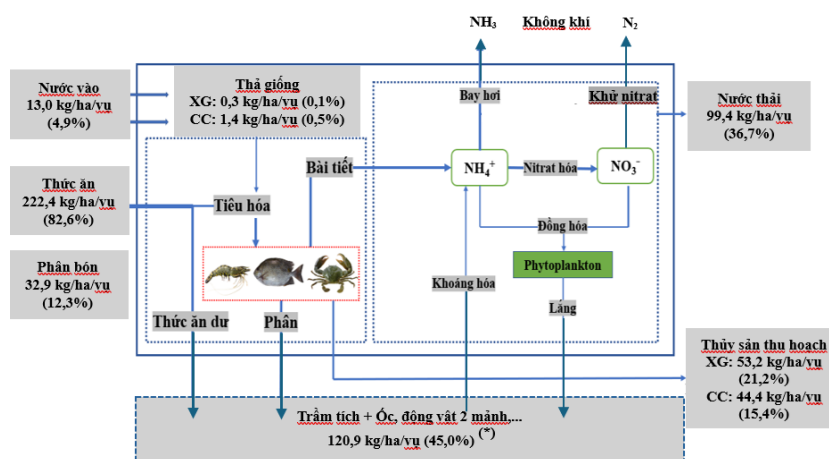
* **Tải lượng N từ các loài thủy sản được nuôi:** Qua điều tra, cá nâu giống có kích thước từ 5 – 10 cm/con và trọng lượng trung bình từ 10 g/con, tôm sú được lựa chọn là giống PL15. Tôm sú khi đạt trọng lượng và kích thước sẽ được thu hoạch trước vào tháng nuôi thứ 4. Cá nâu sẽ nuôi đến tháng thứ 6. Hàm lượng protein của cá nâu khoảng 16,31% ở cá đực và 16,65% ở cá cái (TB = 16,48%; Chandrageri & Rathod, 2019), và của tôm sú là $9,21 \pm 0,03\%$ (Bernard & Bolatito, 2016). Sự tăng lên về kích thước của các loài thủy sản đồng nghĩa lượng N tăng từ 0,21 – 0,29 kg/ha/vụ lên đến 47,3 – 58,7 kg/ha/vụ (nuôi xen ghép), và từ 1,2 – 1,62 kg/ha/vụ lên 39,7 – 44,9 kg/ha/vụ (nuôi chuyên cá) (Bảng 2).

* **Tải lượng N từ quá trình trao đổi nước trong ao nuôi:** Nguồn nước đưa vào ao được lấy từ đầm Thủy Tú với tải lượng N dao động từ 12,1 đến 12,9 kg/ha/vụ. Tại các ao nuôi chuyên cá, do thời gian nuôi kéo dài từ 6 đến 8 tháng nên lượng nước trao đổi lớn hơn so với mô hình nuôi xen ghép. Do đó, tải lượng N từ nước thải (đầu ra) của ao nuôi xen ghép từ 50,2 đến 86,2 kg/ha/vụ và của ao nuôi chuyên cá từ 114,4 đến 137,0 kg/ha/vụ.

3.3. Cân bằng tải lượng nitơ từ nuôi trồng thủy sản trong các ao nuôi

Cân bằng tải lượng N của một ao nuôi được thể hiện trong Hình 2. So với mô hình thâm canh tôm thẻ chân trắng với mật độ 70 con/m² tại phá Tam Giang (với tải lượng N 598,4 kg/ha/vụ; Nguyen & Morihiro, 2015), mô hình bán thâm canh ở đầm Thủy Tú thường có mật độ nuôi thấp hơn nên tổng tải lượng N cũng thấp hơn. Đối với tải lượng N đầu vào, thức ăn là nguồn chính, chiếm 82,6%. Phân bón vô cơ đóng góp từ $30,1 \pm 12,6$ đến $35,7 \pm 16,5$ kg/ha/vụ (chiếm 12,3%). Nguồn nước đầu vào chiếm gần 5% tải lượng N đầu vào. Tải lượng N từ nguồn thức ăn, phân bón và nguồn nước đầu vào không khác biệt giữa ao nuôi xen ghép và ao nuôi chuyên cá. Tuy nhiên, do nguồn thủy sản đầu vào khác nhau nên tải lượng N từ nguồn thủy sản của ao nuôi chuyên cá ($1,44 \pm 0,22$ kg/ha/vụ) lớn hơn so với ao nuôi xen ghép ($0,26 \pm 0,04$ kg/ha/vụ) ($p < 0,001$).

Tương tự nguồn đầu vào, sự khác biệt về tải lượng N giữa ao xen ghép và ao nuôi chuyên cá chỉ đến từ nguồn thủy sản đầu ra ($p = 0,001$). Đối với nguồn nước thải, tải lượng N đóng góp tỷ lệ lớn, đặc biệt trong các ao nuôi chuyên cá (gần 44%, tương đương $126,0 \pm 11,3$ kg/ha/vụ). Mặt khác, tải lượng N đầu ra từ các nguồn khác cũng đóng góp một phần đáng kể (45%) nhưng chưa được đánh giá rõ ràng trong nghiên cứu này. Nguồn N này có thể đến từ quá trình tích lũy trầm tích, từ nguồn thủy sản khác như ốc, động vật 2 mảnh,... Ngoài ra, N có thể bị thất thoát do bay hơi NH_3 và quá trình khử nitrat (Funge-Smith & Briggs, 1998; Nhan và cộng sự, 2008).



Hình 2. Sơ đồ dòng N trong ao nuôi thủy sản. (XG: ao nuôi xen ghép; CC: ao nuôi chuyên cá; *: Tính đến cả tải lượng và % đóng góp của N do quá trình khử nitrat và bay hơi)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ đặc điểm biến động và cân bằng tải lượng N trong hoạt động NTTS tại đầm Thủy Tú, thành phố Huế. Nồng độ các hợp chất N trong nước ao nuôi thể hiện sự tích lũy rõ rệt theo thời gian (tăng dần từ tháng 3 đến tháng 8). Đối với tải lượng N, thức ăn (chiếm trên 82%) và phân bón (chiếm trên 12%) được xác định là 2 nguồn cung cấp N lớn nhất. Đặc biệt, nước thải ao nuôi xả ra môi trường chiếm hơn 1/3 tổng lượng N phát thải vào đầm Thủy Tú. Từ các kết quả này, nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tối ưu hóa quản lý chế độ ăn, kiểm soát chất lượng thức ăn và xử lý nước thải ao nuôi trước khi xả thải nhằm giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm và bảo vệ sinh thái hệ đầm phá TG – CH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ahmed, S. F., Kumar, P. S., Kabir, M., Zuhara, F. T., Mehjabin, A., Tasannum, N., ... & Mofijur, M. (2022). Threats, challenges and sustainable conservation strategies for freshwater biodiversity. *Environmental Research*, 214, 113808.
- [2]. Angell, A. R., Mata, L., de Nys, R., & Paul, N. A. (2016). The protein content of seaweeds: a universal nitrogen-to-protein conversion factor of five. *Journal of applied phycology*, 28(1), 511-524.
- [3]. Bernard, E., & Bolatito, A. Y. (2016). Comparative study on the nutritional composition of the pink shrimp (*Penaeus notialis*) and tiger shrimp (*Penaeus monodon*) from Lagos lagoon, Southwest Nigeria. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1201891.
- [4]. Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environment international*, 32(6), 831-849.
- [5]. Chandrageri, S.M. & Rathod, J.L. (2019). Biochemical analysis of *Scatophagus argus* (Spotted scat) in the Kali river, Karwar. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 28(20): 261-268.
- [6]. Fuerer, C., Mangini, S., Boogers, I., Brebion, J., Cardoso, C., Zittelli, G. C., ... & Yepremian, C. (2026). Supporting a generic Nitrogen-to-protein Conversion Factor (NCF) of 5.0 for algae species in international standards in absence of scientifically established specific values. *Journal of Food Composition and Analysis*, 109066.
- [7]. Funge-Smith, S. J., & Briggs, M. R. (1998). Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture*, 164(1-4), 117-133.
- [8]. Han, F., & Zhou, W. (2022). Nitrogen recovery from wastewater by microbial assimilation—A review. *Bioresource technology*, 363, 127933.
- [9]. Hoang, T. M. H., Te, M. S., Hieu Duong, V., Luong, Q. D., Stiers, I., & Triest, L. (2024). Relationship between water quality and phytoplankton distribution of aquaculture areas in a tropical lagoon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1099.
- [10]. Liu, X., Wang, Y., Liu, H., Zhang, Y., Zhou, Q., Wen, X., ... & Zhang, Z. (2024). A systematic review on aquaculture wastewater: Pollutants, impacts, and treatment technology. *Environmental Research*, 262, 119793.
- [11]. Lloyd, C. E. M., Johnes, P. J., Freer, J. E., Carswell, A. M., Jones, J. I., Stirling, M. W., ... & Collins, A. L. (2019). Determining the sources of nutrient flux to water in headwater catchments: Examining the speciation balance to inform the targeting of mitigation measures. *Science of the Total Environment*, 648, 1179-1200.
- [12]. Nederlof, M. A., Verdegem, M. C., Smaal, A. C., & Jansen, H. M. (2022). Nutrient retention efficiencies in integrated multi-trophic aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1194-1212.
- [13]. Nguyen, V.H. & Morihiro, M. (2015). Nutrient mass balance in intensive shrimp ponds with a sludge removal regime: A case study in the Tam Giang Lagoon, Central Vietnam. *Journal of Agricultural Science and Technology - Hue University Journal of Science*, vol. 5, pp. 538-547.

- [14]. Nhan, D. K., Verdegem, M. C., Milstein, A., & Verreth, J. A. (2008). Water and nutrient budgets of ponds in integrated agriculture–aquaculture systems in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture Research*, 39(11), 1216-1228.
- [15]. Milledge, J. J., & Harvey, P. J. (2016). Potential process ‘hurdles’ in the use of macroalgae as feedstock for biofuel production in the British Isles. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 91(8), 2221-2234.
- [16]. Olsen, Y., & Olsen, L. M. (2008). Environmental impact of aquaculture on coastal planktonic ecosystems. In: Tsukamoto, K. *et al.* (Ed.) *Fisheries for global welfare and environment: Memorial book of the 5th World Fisheries Congress 2008*, 181-196.
- [17]. Pouil, S., Samsudin, R., Slembrouck, J., Sihabuddin, A., Sundari, G., Khazaidan, K., ... & Caruso, D. (2019). Nutrient budgets in a small-scale freshwater fish pond system in Indonesia. *Aquaculture*, 504, 267-274.
- [18]. Rajta, A., Bhatia, R., Setia, H., & Pathania, P. (2020). Role of heterotrophic aerobic denitrifying bacteria in nitrate removal from wastewater. *Journal of applied microbiology*, 128(5), 1261-1278.
- [19]. Rice, E.W., Baird, R.B. & Eaton, A.D. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater 23rd edition*. APHA, AWWA, WEF.
- [20]. Siddik, M. A. B., & Anh, N. T. N. (2015). Preliminary assessment of the Gut weed *Ulva intestinalis* as food for herbivorous fish. *International Aquatic Research*, 7(1), 41-46.
- [21]. Tomé, D., Cordella, C., Dib, O., & Péron, C. (2019). *Nitrogen and protein content measurement and nitrogen to protein conversion factors for dairy and soy protein-based foods: a systematic review and modelling analysis*. FAO/WHO.
- [22]. Wang, X., Olsen, L. M., Reitan, K. I., & Olsen, Y. (2012). Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*, 2, 267-283.
- [23]. Wong, K. B., & Piedrahita, R. H. (2000). Settling velocity characterization of aquacultural solids. *Aquacultural Engineering*, 21(4), 233-246.

BALANCE OF NITROGEN LOAD IN POND AQUACULTURE: A CASE STUDY OF THUY TU LAGOON, HUE CITY

Hoang Thi My Hang*, Te Minh Son, Duong Van Hieu

Faculty of Environmental Science, University of Sciences, Hue University

*Email: htmhang@husc.edu.vn

ABSTRACT

Aquaculture is a major source of nitrogen emissions to the Tam Giang–Cau Hai lagoon system. This study aimed to evaluate variations in nitrogen compounds in aquaculture pond water and to determine the nitrogen mass balance of aquaculture systems in Thuy Tu Lagoon. Concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, and total nitrogen (TN) were analyzed in water samples collected from six aquaculture ponds in the former Vinh Thanh and Vinh An communes during March, May, July, and August 2021. Independent-samples *t*-tests and Mann–Whitney U tests showed no significant differences between the integrated fish–shrimp culture system and the fish monoculture system. In contrast, one-way ANOVA and the Friedman test indicated that nitrogen concentrations increased from March to August, reflecting nitrogen accumulation in the ponds over the culture period. Feed and fertilizers were the two main nitrogen input sources, contributing $222.4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ crop}^{-1}$ (82.6%) and $32.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ crop}^{-1}$ (12.3%), respectively. Pond effluent accounted for 36.7% of the total nitrogen discharged into Thuy Tu Lagoon, indicating that this source should be prioritized for control to reduce nitrogen pollution in the lagoon.

Keywords: Aquaculture, nitrogen load balance, Tam Giang–Cau Hai, Thuy Tu Lagoon.