

ĐÁNH GIÁ DẤU CHÂN NƯỚC TRONG NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (LITOPENAEUS VANNAMEI) TẠI NGHỆ AN

Kim Minh Anh⁽¹⁾, Lê Thị Thảo Vy⁽²⁾, Trần Thị Minh Khuê⁽²⁾,
Nguyễn Thị Hạnh Tiên⁽³⁾, Kim Văn Vạn⁽¹⁾, Hoàng Thị Thu Hương⁽²⁾

⁽¹⁾Khoa Thủy sản, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

⁽²⁾Khoa KH&CN Môi Trường, Đại học Bách Khoa Hà Nội

⁽³⁾Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa

Ngày nhận bài: 26/10/2025; ngày chuyển phản biện: 27/10/2025; ngày chấp nhận đăng: 26/11/2025

Tóm tắt: Tài nguyên nước ngọt đang đối mặt với nguy cơ suy giảm nghiêm trọng trên phạm vi toàn cầu, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu và gia tăng nhu cầu cho sản xuất nông nghiệp và thủy sản. Dấu chân nước được sử dụng như một công cụ khoa học nhằm đánh giá mức độ tiêu thụ nước trong các ngành sản xuất, phản ánh lượng nước sử dụng trực tiếp và gián tiếp. Việc đánh giá dấu chân nước trong nuôi trồng thủy sản có thể cung cấp dữ liệu khoa học về tác động của ngành đối với tài nguyên nước, đồng thời đề xuất các giải pháp tối ưu sử dụng nước, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và nâng cao hiệu quả sản xuất. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá dấu chân nước trong nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) khu vực ven biển tại Nghệ An, một trong những địa phương nuôi trồng thủy sản trọng điểm của miền Trung Việt Nam. Phương pháp điều tra, khảo sát 27 cơ sở nuôi tôm thẻ tại 4 xã ven biển gồm Diễn Kim, Diễn Trung, Nghi Hương và Nghi Thu cung cấp thông tin về lượng nước và tỷ lệ các loại nước được sử dụng trong một vụ nuôi. Tổng dấu chân nước trung bình đạt $3,01 \pm 0,44$ m³/kg tôm sau thu hoạch, nước xanh lam chiếm 58,16%, tiếp đến dấu chân nước xanh lá (23,90%) và dấu chân nước xám (17,94%). Những kết quả này góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc quản lý sử dụng tài nguyên nước và thúc đẩy phát triển nghề nuôi tôm theo hướng bền vững.

Từ khóa: Dấu chân nước, tôm thẻ chân trắng, Nghệ An, nuôi trồng thủy sản.

1. Mở đầu

Nước là tài nguyên quý giá mà thiên nhiên ban tặng, là khởi nguồn của sự sống. Tuy nhiên, tài nguyên nước hiện nay đang chịu sức ép từ quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa và sự gia tăng các hoạt động nông nghiệp [1]. Khái niệm "dấu chân nước" (water footprint) được sử dụng như một công cụ khoa học để đánh giá mức độ sử dụng và tác động đến tài nguyên nước trong sản xuất nông nghiệp và công nghiệp, bao gồm: dấu chân nước xanh lá (WFgreen) - lượng nước mưa tiếp nhận và nước bay hơi trực tiếp tại hệ thống nuôi, xanh lam (WFblue) - lượng nước mặt (nước ngọt) được bổ sung để duy trì thể

tích và chất lượng ao nuôi, và xám (WFgrey) - lượng nước cần thiết để pha loãng chất ô nhiễm (Amonia, nitrite, nitrate) trong nước thải từ ao nuôi, đặc biệt là hàm lượng nitơ từ thức ăn dư thừa hòa tan vào môi trường nuôi [2], [3]. Đây không chỉ là những chỉ số phản ánh lượng nước trực tiếp tiêu thụ trong quá trình sản xuất, mà còn bao gồm lượng nước gián tiếp và lượng nước cần thiết để pha loãng chất ô nhiễm.

Trên thế giới, dấu chân nước đã được áp dụng trong nhiều lĩnh vực như dệt may, trồng trọt, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản [4], [5]. Một số nghiên cứu đã tập trung đánh giá dấu chân nước ở các đối tượng thủy sản nuôi như cá rô phi, cá tra, hay tôm sú tại các quốc gia có ngành thủy sản phát triển [4]. Tại Việt Nam, nuôi trồng thủy sản đóng vai trò quan trọng trong

Tác giả liên hệ: Hoàng Thị Thu Hương

Email: huong.hoangthithu@hust.edu.vn

nền kinh tế quốc dân, không chỉ góp phần đáng kể vào kim ngạch xuất khẩu mà còn đảm bảo an ninh lương thực và tạo động lực cho phát triển kinh tế bền vững [6]. Trong các đối tượng nuôi chủ lực, tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) nổi bật nhờ tốc độ tăng trưởng nhanh, khả năng thích nghi rộng và đem lại hiệu quả kinh tế cao [7]. Tuy nhiên, các nghiên cứu về dấu chân nước, đặc biệt trong nuôi trồng thủy sản nói chung và nuôi tôm thẻ chân trắng nói riêng còn hạn chế. Điều này dẫn đến thiếu cơ sở khoa học để đánh giá mức độ sử dụng nước, hiệu quả quản lý nguồn nước và mức độ bền vững của hệ thống nuôi.

Tỉnh Nghệ An, với lợi thế về đường bờ biển dài, diện tích mặt nước lớn và hệ sinh thái ven biển đa dạng, nghề nuôi tôm thẻ chân trắng đã phát triển mạnh tại nhiều địa phương như Quỳnh Lưu, Diễn Châu, Vinh, Cửa Lò, ... [8], [9], [10]. Sự phát triển nhanh chóng của ngành nuôi tôm cũng đặt ra nhiều thách thức đối với môi trường, đặc biệt là áp lực lên nguồn nước mặt, nước biển ven bờ.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, khan hiếm nước và ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng, việc đánh giá dấu chân nước trong nuôi tôm có ý nghĩa cấp thiết. Nghiên cứu này được

thực hiện nhằm đánh giá, phân tích dấu chân nước trong hệ thống nuôi tôm thẻ chân trắng (*L. vannamei*) tại Nghệ An, từ đó cung cấp thông tin, cơ sở khoa học, bước đầu góp phần tối ưu việc sử dụng, quản lý tài nguyên nước và định hướng phát triển ngành nuôi tôm tại địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

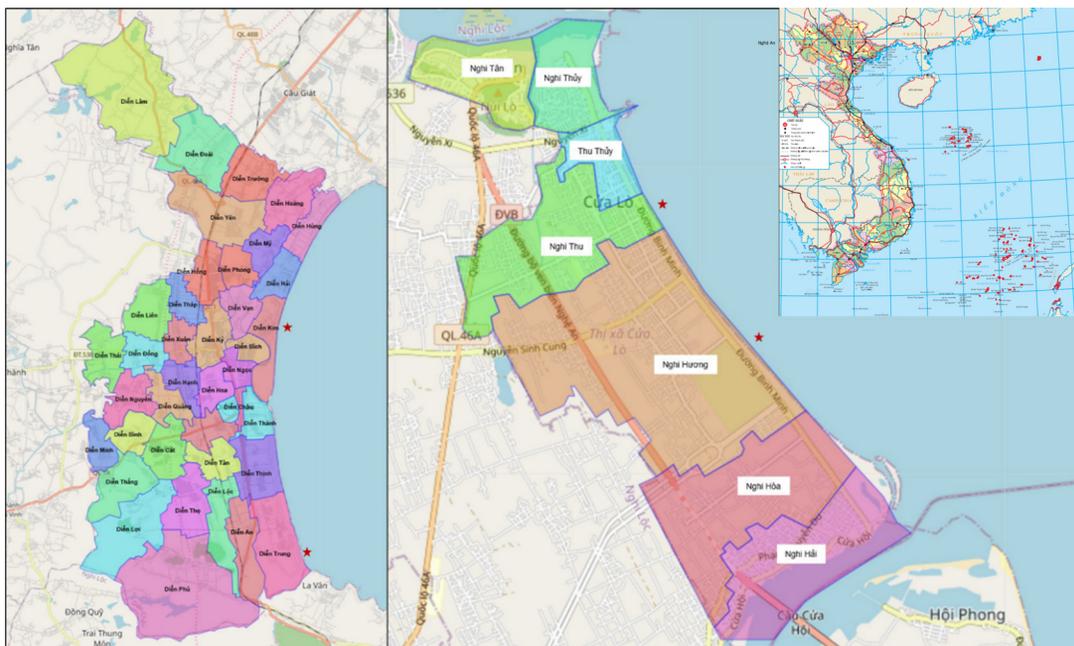
2.1. Thời gian, địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 02/2024 đến tháng 06/2024 tại 4 xã tập trung các hộ nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An (Diễn Kim, Diễn Trung, Nghi Hương, Nghi Thu - sau khi sáp nhập năm 2025 thuộc các xã Hải Châu, An Châu, và phường Cửa Lò) (Hình 1).

2.2. Phương pháp điều tra, thu thập thông tin, xử lý dữ liệu

2.2.1. Thu thập thông tin thứ cấp

Thông tin, số liệu được thu thập qua các xuất bản thống kê, báo cáo của các đơn vị liên quan (Chi cục Thủy sản, Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, phòng Nông nghiệp huyện) và các báo cáo, ấn phẩm khoa học. Các số liệu bao gồm sản lượng nuôi, phân bố các hộ nuôi, loại hình nuôi được sử dụng làm cơ sở để tiến hành điều tra, khảo sát.



Hình 1. Bản đồ 4 xã Diễn Kim, Diễn Trung, Nghi Hương, Nghi Thu (2024)

Chú thích: Sao màu đỏ - Vị trí các địa phương có hộ nuôi tham gia nghiên cứu

2.2.2. Phương pháp lựa chọn mẫu điều tra

Trong quá trình điều tra, phương pháp chọn mẫu phân tầng với số lượng mẫu được lựa chọn tại vùng nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An thông qua số liệu thống kê. Phương pháp chọn mẫu điều tra bốc thăm ngẫu nhiên tối thiểu 10% tổng số cơ sở nuôi tôm thẻ chân trắng tại các xã Diễn Kim (n=9), Diễn Trung (n=9), Nghi Thu (n=3), Nghi Hương (n=6) đã chọn ra được 27 cơ sở nuôi để thực hiện điều tra, khảo sát.

2.2.3. Phương pháp điều tra, khảo sát

Phương pháp đánh giá, phỏng vấn nhanh và điều tra dựa trên phiếu câu hỏi đã được sửa đổi với mục đích nghiên cứu theo phương pháp Đinh Thị Hằng và Lại Văn Hùng [10]. Phương pháp phỏng vấn và Bộ câu hỏi được xây dựng với nội dung chứa đựng các thông tin như số diện tích nuôi, số lượng nuôi, mật độ nuôi, tình trạng thay nước, tần suất thay nước, thời gian nuôi, biện pháp xử lý nước, ngày thả và phương pháp chăm sóc, quản lý, hiệu quả kinh tế.

2.2.4. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Số liệu thứ cấp bao gồm lượng mưa và lượng bốc hơi hàng tháng được thu thập từ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu (nay là Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển), kết hợp với các báo cáo khí tượng, bản đồ khí hậu và hệ thống giám sát môi trường tại Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ, trạm Vinh. Dữ liệu được thu thập trong khoảng thời gian 40 năm (1983-2022) và lựa chọn theo tiêu chuẩn về tính chính xác, độ tin cậy và tính phù hợp với mục tiêu nghiên cứu.

Dữ liệu sau khi thu thập sẽ được xử lý trên phần mềm Minitab 19 và Excel 2016. Các thông số như lượng mưa và lượng nước bốc hơi trung bình được phân loại theo tháng nhằm mục đích phân tích. Sử dụng thống kê mô tả, tính giá trị trung bình \pm SD, phân tích phương sai One-way ANOVA và so sánh sự khác biệt giữa các giá trị như dấu chân nước tổng số, dấu chân nước xanh lá, xanh lam, xám, hiệu quả sử dụng nước và năng suất thu hoạch bằng kiểm định Tukey.

2.2.5. Công thức sử dụng trong nghiên cứu

Dấu chân nước xanh lá [3] (WF_{green})

$$WF_{green} = \frac{(R - E) \times S}{P} \quad (1)$$

Dấu chân nước xanh lam [3] (WF_{blue})

$$WF_{blue} = V_{supplied} + WR \times N \quad (2)$$

Dấu chân nước xám [3], [12] (WF_{gray})

$$WF_{gray} = \sum \frac{C_{pollutant} \times V_{waste}}{C_{max}} \quad (3)$$

Phương pháp tính dấu chân nước (WF)

$$WF = WF_{gray} + WF_{blue} + WF_{green} \quad (4)$$

Hiệu quả sử dụng nước (WE)

$$WE = \frac{P}{V_{used}} \quad (5)$$

Trong đó: R là lượng nước mưa (mm); E là lượng nước bay hơi (mm); S là diện tích nuôi (m^2); P là tổng sản lượng (kg); N là tổng số ngày nuôi; W_R là tỷ lệ thay nước (%/ngày); $V_{supplied} = V_{waste}$ là lượng nước cấp/thải (m^3); V_{used} là tổng lượng nước sử dụng (m^3); C_{max} là giới hạn nồng độ N tối đa (mg/L); $C_{pollutant}$ là nồng độ chất ô nhiễm N trong nước thải (mg/L) được tham khảo từ nghiên cứu đặc điểm ao nuôi tôm thẻ chân trắng của Tôn Thất Lăng và các đồng sự [11].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Đặc điểm các hệ thống nuôi tôm được khảo sát

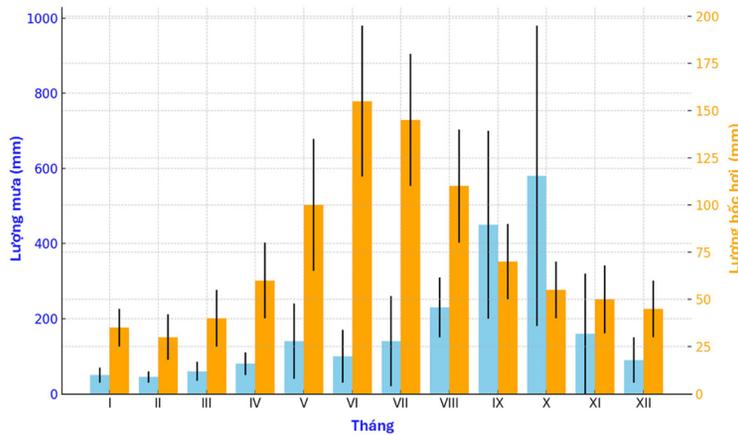
Kết quả thu thập số liệu khí tượng 40 năm (1983-2022) từ Đài Khí tượng Thủy văn Bắc Trung Bộ, Vinh (Hình 2) cho thấy lượng mưa và lượng bốc hơi tại Vinh, Nghệ An có sự biến động theo mùa. Lượng mưa trung bình năm phân bố không đồng đều, tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 10, chiếm hơn 80% tổng lượng mưa cả năm. Tháng 9 ghi nhận giá trị cao nhất, đạt khoảng 900-950 mm, trong khi các tháng 1-3 chỉ dao động 50-100 mm. Ngược lại, lượng bốc hơi có xu hướng cao vào các tháng mùa hè (5-7), đạt cực đại vào tháng 6 với trung bình khoảng 170-180 mm, sau đó giảm dần từ tháng 8 đến

tháng 12 và đạt mức thấp nhất trong mùa đông (40-60 mm). Sự tương phản giữa lượng mưa và bốc hơi phản ánh đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình của Nghệ An, đồng thời cho thấy ảnh hưởng trực tiếp đến cân bằng nước trong các hệ thống nuôi tôm ven biển tại địa phương.

Khu vực Nghệ An có điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển nghề nuôi tôm thẻ chân trắng (*L. vannamei*), đặc biệt tại các địa phương ven biển với nguồn nước mặn, lợ ổn định và địa hình phù hợp cho các mô hình nuôi thâm canh và bán thâm canh [10]. Kết quả khảo sát 27 cơ sở nuôi cho thấy, 24/27 hộ nuôi áp dụng hình thức thâm canh trong ao lót bạt, chỉ có 3 hộ

duy trì hình thức nuôi ao đất. Nghiên cứu của Đinh Thị Hằng và Lại Văn Hùng [10] đề cập tới hình thức nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An, trong đó hình thức nuôi bán thâm canh chiếm tỷ lệ cao nhất (53,3%), tiếp đó đến thâm canh (38,4) và quảng canh cải tiến (8,3%). Kết quả nói trên phản ánh xu hướng trong những năm gần đây dần chuyển từ nuôi bán thâm canh sang thâm canh quy mô nhỏ và vừa nhằm nâng cao năng suất và kiểm soát dịch bệnh. Đồng thời cho thấy tính dịch chuyển từ nuôi tôm trong ao đất bùn cát chiếm 69,2% tại Nghệ An từ 2014 [10] sang nuôi ao lót bạt, thuận lợi chăm sóc, quản lý ao nuôi (Hình 3).

Biểu đồ lượng mưa và bốc hơi trung bình tại Vinh, Nghệ An



Hình 2. Biểu đồ lượng mưa và bốc hơi trung bình theo tháng tại Vinh - Nghệ An

Chú thích: Kết quả được tính toán dựa trên số liệu trong 40 năm (1983-2022), thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ, trạm Vinh.



Hình 3. Mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng trong ao nuôi lót bạt tại Nghệ An

Chú thích: (A) Ao nuôi tôm thẻ chân trắng lót bạt; (B) Tôm chuẩn bị được thu hoạch ở kích cỡ 50 con/kg.

Bên cạnh đó, với mật độ thả giống dao động từ 70-120 con/m², cỡ tôm thả trong khoảng PL18-PL25, sau thời gian nuôi trung bình 70-100 ngày, cho kích cỡ tôm khi thu hoạch đạt 30-50 con/kg tôm sau thu hoạch - đây là kích cỡ tôm được thị trường ưa chuộng, vừa đáp ứng yêu cầu xuất khẩu lẫn tiêu thụ nội địa. Diện tích ao nuôi tại các hộ nuôi được khảo sát từ 500-1.900 m², độ sâu ao trung bình từ 1,4-2,0 m, tương ứng thể tích 800-3.800 m³/ao. Các thông số này cho thấy quy mô vừa và nhỏ chiếm ưu thế, phù hợp với điều kiện đất đai và năng lực đầu tư của hộ dân địa phương.

Một điểm đáng chú ý là phương thức quản lý và sử dụng nước tại các cơ sở nuôi. Nhờ lợi thế giáp biển, hầu hết các hộ nuôi lấy nước trực tiếp nguồn nước từ biển, thay nước với tỷ lệ trung bình 1,5-2,5% thể tích ao/lần, tần suất thay nước 3-5 lần/tuần, tùy vào các giai đoạn trong vụ nuôi.

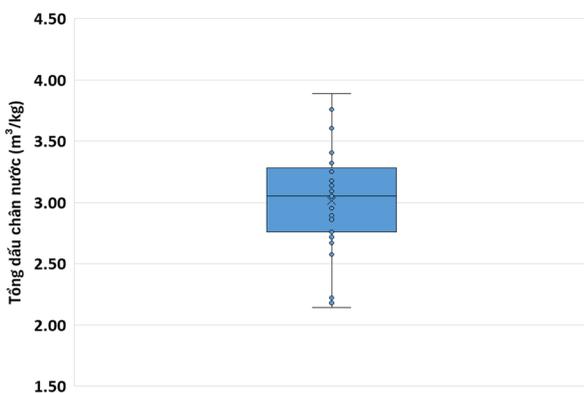
Để phòng ngừa dịch bệnh, các hộ nuôi thực hiện thay nước thường xuyên, với hệ thống cấp và thoát nước độc lập, giúp duy trì chất lượng môi trường ao, tránh lây nhiễm chéo. Một số hộ kết hợp nuôi ghép cá rô phi để tận dụng thức ăn dư thừa, giảm chất hữu cơ và hỗ trợ xử lý môi trường, tương tự công bố trước đây của Kim Văn Vạn và Ngô Thế Ân [12] về nuôi ghép tôm thẻ chân trắng với cá điêu hồng. Ngoài ra, một số cơ sở nuôi sử dụng ao lắng xử lý nước trước khi đưa vào hệ thống nhằm hạn chế ảnh hưởng của dịch bệnh từ môi trường bên ngoài. Tuy nhiên, việc thay nước này sẽ làm gia tăng

nhu cầu sử dụng nước, kéo theo áp lực đối với nguồn nước tự nhiên và tăng dấu chân nước xanh lam tại địa phương nếu chưa được quản lý hợp lý.

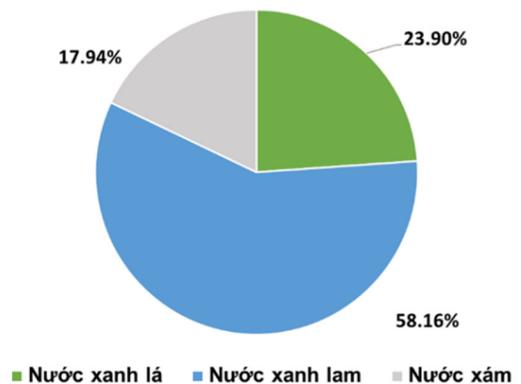
Hiệu quả sử dụng thức ăn, thể hiện qua hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR), dao động từ 1,2 đến 1,7 giữa các cơ sở khảo sát. Những cơ sở có FCR thấp cho thấy khả năng quản lý dinh dưỡng tốt, trong khi những cơ sở có FCR cao phản ánh tình trạng sử dụng thức ăn chưa được sử dụng tối ưu, vừa làm gia tăng chi phí sản xuất vừa làm tăng lượng chất thải hữu cơ gây áp lực cho môi trường nước. Kết quả này cao hơn so với nghiên cứu trước đây của Đinh Thị Hằng và Lại Văn Hùng [10] với FCR trung bình 1,17 ở mô hình bán thâm canh tại Nghệ An và FCR 1,07 trong nghiên cứu của Nguyễn Thanh Long và Huỳnh Văn Hiền [6] đối với mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng nuôi tại Cà Mau.

3.2. Kết quả tính toán dấu chân nước (WF - Water Footprint)

Phân bố tổng dấu chân nước (WF_{total}) trung bình của các hộ nuôi đạt 3,01±0,44 m³/kg tôm sau thu hoạch (Hình 4). Điều này cho thấy, để sản xuất 1 kg tôm, hệ thống nuôi tại khu vực điều tra cần tiêu thụ trung bình từ 2,14-3,89 m³ nước, tính trên cả ba thành phần dấu chân nước. Kết quả này có sự tương đồng với nghiên cứu của Pahlow, Van Oel [4], khi báo cáo tổng dấu chân nước trong nuôi tôm thẻ chân trắng trên thế giới đạt trung bình 3,5 m³/kg tôm sau thu hoạch.



Hình 4. Phân bố dấu chân nước tổng số của các hộ nuôi tôm thẻ chân trắng (n=27)



Hình 5. Tỷ trọng dấu chân nước trung bình

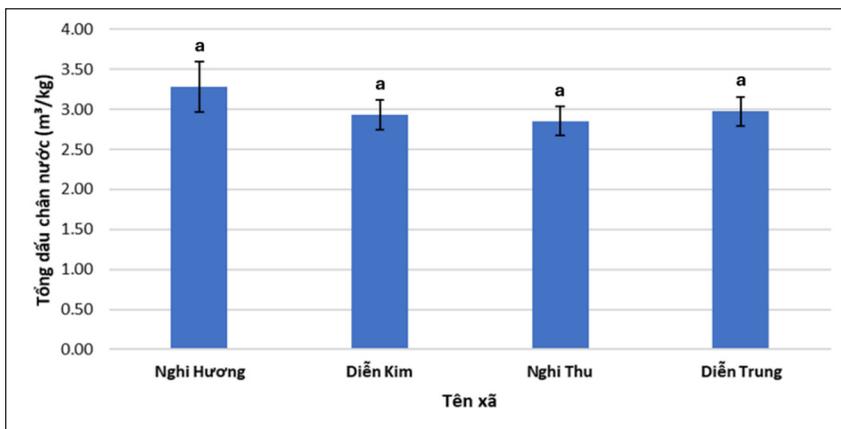
Phân tích cơ cấu dấu chân nước tại 27 cơ sở nuôi (Hình 5) phản ánh đặc điểm sử dụng nước trong điều kiện canh tác tại 4 xã nghiên cứu. Trong đó, dấu chân nước xám (WF_{grey}) chiếm tỷ lệ nhỏ nhất, đạt từ 0,20-0,91 m^3/kg tôm sau thu hoạch (17,94%). Thành phần này chủ yếu phản ánh khối lượng nước cần thiết để pha loãng các chất thải hữu cơ và dinh dưỡng (N, P) phát sinh trong quá trình nuôi. Dấu chân nước xanh lá (WF_{green}) đạt giá trị trung bình 0,71 \pm 0,11 m^3/kg tôm sau thu hoạch (chiếm 23,90%), phản ánh lượng nước mưa trực tiếp hoặc gián tiếp tham gia vào sản xuất. Trong khi đó, dấu chân nước xanh lam (WF_{blue}) có giá trị cao nhất, dao động trong khoảng từ 1,23-2,32 m^3/kg tôm sau thu hoạch, chiếm 58,16% dấu chân nước tổng số, cho thấy nguồn nước bổ sung từ kênh, mương và biển mang yếu tố quan trọng đến quy mô và hiệu quả sản xuất.

Kết quả này phù hợp với thực tiễn nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An, đặc biệt trong vụ nuôi chính từ tháng 5 đến tháng 8 - giai đoạn có lượng mưa thấp, bốc hơi cao và nguồn nước mưa không đóng góp đáng kể vào quá trình sản xuất. Do đó, hệ thống nuôi phụ thuộc chủ yếu vào nguồn nước bổ sung nhằm duy trì chất lượng môi trường ao nuôi và đảm bảo tốc độ tăng trưởng của tôm. Sự chiếm ưu thế của dấu chân nước xanh lam phản ánh xu thế chung của nuôi thâm canh, trong khi tỷ trọng dấu chân nước xám thấp cho thấy mức độ phát thải chất ô nhiễm ở mức có thể kiểm soát, song vẫn cần được quản lý để giảm rủi ro môi trường trong thời gian dài.

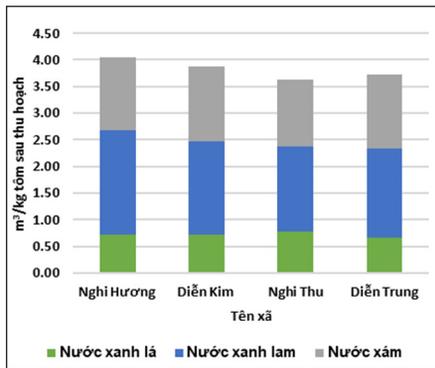
3.3. Phân bố dấu chân nước và liên hệ với các yếu tố sản xuất

Kết quả phân tích cho thấy tổng dấu chân nước (WF_{total}) của các hộ nuôi tôm thẻ chân trắng tại bốn xã ven biển tỉnh Nghệ An trong khoảng 2,85-3,28 m^3/kg tôm sau thu hoạch (Hình 6). Trong đó, xã Nghi Thu có WF_{total} thấp nhất (2,85 \pm 0,37 m^3/kg tôm sau thu hoạch), trong khi Nghi Hương cao nhất (3,28 \pm 0,64 m^3/kg tôm sau thu hoạch). Xã Diễn Kim và Diễn Trung lần lượt đạt 2,93 \pm 0,38 và 2,97 \pm 0,35 m^3/kg tôm sau thu hoạch. Không có sự khác biệt về mặt thống kê (ANOVA, $p = 0,05$) trong dấu chân nước tổng số tại 4 xã nghiên cứu.

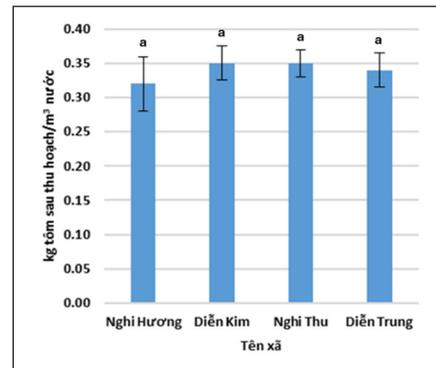
Khi so sánh theo từng thành phần (Hình 7), dấu chân nước xanh lá (WF_{green}) dao động từ 0,67 đến 0,77 m^3/kg tôm sau thu hoạch. Dấu chân nước xanh lam WF_{blue} biến động từ 1,61 m^3/kg (Nghi Thu) đến 1,96 m^3/kg (Nghi Hương). Đáng chú ý, Nghi Hương có dấu chân nước xanh lam (WF_{blue}) cao nhất, dù tỷ lệ thay nước trung bình (2,0 \pm 0,32%/ngày) thấp hơn Nghi Thu (2,5 \pm 0,00%/ngày), cho thấy yếu tố thể tích nước thay (trung bình 1.340 m^3/ao tại Nghi Hương) có tác động lớn hơn đến WF_{blue} so với tỷ lệ thay nước. Kết quả này phù hợp với nhận định của [13], [14] rằng WF_{blue} thường chịu ảnh hưởng trực tiếp từ chế độ cấp - thoát nước và quy mô ao nuôi. Trong khi đó, WF_{grey} tại các khu vực đồng đều (0,45-0,63 m^3/kg), phản ánh tải lượng chất thải hữu cơ và hóa chất xử lý môi trường ở mức tương đương giữa các mô hình nuôi. Xét về hiệu quả sử dụng nước (WE), giá trị trung bình của các xã dao động từ 0,25 đến 0,28 kg/m^3 nước (Hình 8).



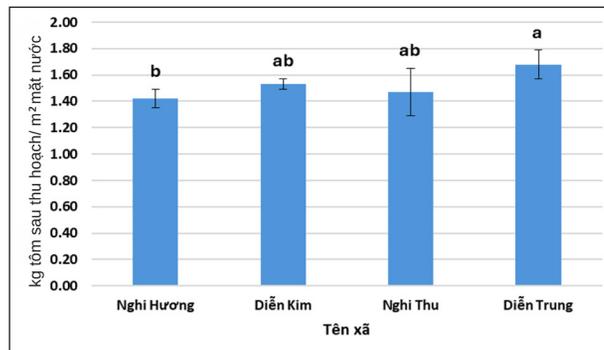
Hình 6. Dấu chân nước tổng số của 4 xã nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An



Hình 7. So sánh dấu chân nước tổng số tại các khu vực được khảo sát



Hình 8. Hiệu quả sử dụng nước tại các khu vực được khảo sát



Hình 9. Năng suất thu hoạch tôm thẻ chân trắng tại các xã

Chú thích: Các chữ cái khác nhau biểu thị sự sai khác ở mức $p < 0,05$.

So sánh năng suất giữa các xã (Hình 9) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (ANOVA, $p < 0,05$). Nghi Hương đạt năng suất thấp nhất ($1,42 \pm 0,14$ kg/m²), trong khi Diễn Trung cao nhất ($1,68 \pm 0,22$ kg/m²). Diễn Kim và Nghi Thu không có sự khác biệt với năng suất lần lượt là $1,47 \pm 0,36$ và $1,53 \pm 0,08$ kg/m². Như vậy, mặc dù năng suất và WFT_{total} không có quan hệ tuyến tính chặt chẽ, song những khu vực có năng suất cao hơn thường cho WFT_{total} thấp hơn, phản ánh mối liên hệ ngược giữa hiệu quả sản xuất và cường độ tác động đến tài nguyên nước. Điều này cũng cho thấy việc tối ưu hóa quy trình nuôi nhằm nâng cao năng suất có thể là hướng tiếp cận quan trọng để giảm dấu chân nước trong nuôi tôm tại Nghệ An.

Kết quả nghiên cứu cho thấy dấu chân nước trong nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An chủ yếu chịu tác động từ lượng nước cấp bổ sung (dấu chân nước xanh lam), đồng thời chịu ảnh hưởng từ hiệu quả quản lý chất thải trong nuôi thủy sản (dấu chân nước xám). Để hướng tới

phát triển bền vững, cần tập trung vào một số giải pháp: (i) Tối ưu hóa quy trình thay nước và khuyến khích áp dụng hệ thống tuần hoàn nước, BioFloc, sử dụng ao lắng, ao xử lý nhằm giảm phụ thuộc vào nguồn nước tự nhiên; (ii) Nâng cao hiệu quả sử dụng thức ăn và quản lý ao nuôi thông qua sử dụng chế phẩm sinh học, giảm mùn bã hữu cơ, chất dinh dưỡng trong ao, từ đó làm giảm dấu chân nước xám; (iii) Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ nuôi ít thay nước, nuôi tuần hoàn (RAS) và các mô hình BioFloc, vừa tiết kiệm nước vừa cải thiện năng suất; (iv) Tăng cường tập huấn, chuyển giao kỹ thuật cho người nuôi về quản lý nước và tính toán hiệu quả sử dụng nước, kết hợp với cơ chế hỗ trợ chính sách của địa phương trong giám sát và quản lý tài nguyên nước vùng nuôi; (v) Mở rộng các nghiên cứu đánh giá dấu chân nước ở quy mô lớn hơn và trên nhiều đối tượng thủy sản khác, tạo cơ sở khoa học cho chiến lược quản lý tổng hợp tài nguyên nước trong nuôi trồng thủy sản.

4. Kết luận và đề xuất

Nghiên cứu đã xác định được đặc điểm hệ thống nuôi tôm thẻ chân trắng và hiện trạng sử dụng nước tại 27 hộ nuôi thuộc bốn xã ven biển tỉnh Nghệ An. Các mô hình nuôi tôm quy mô vừa và nhỏ chủ yếu áp dụng hình thức nuôi thâm canh trong ao lót bạt, với mật độ thả giống 70-120 con/m², thời gian nuôi trung bình 70-100 ngày, hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) dao động từ 1,2-1,7. Kết quả phân tích cho thấy tổng dấu chân nước trung bình đạt 3,01±0,44 m³/kg tôm sau thu hoạch, trong đó dấu chân nước xanh lam chiếm tỷ trọng cao nhất (58,16%), tiếp theo là xanh lá (23,90%) và xám (17,94%). Năng suất nuôi thu hoạch dao động từ 1,42-1,68 kg/m², đồng thời ghi nhận hiệu quả sử dụng nước đạt 0,25-0,28 kg tôm sau thu hoạch/m³ nước. Những kết quả này bước đầu cung cấp cơ sở khoa học cho việc quản lý, sử dụng hiệu quả tài

nguyên nước và định hướng phát triển nghề nuôi tôm thẻ chân trắng theo hướng bền vững tại Nghệ An.

Nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế nhất định như số hộ được tham gia khảo sát còn khiêm tốn (n=27). Đây mới chỉ là một trong những nghiên cứu tiên phong về dấu chân nước trong nuôi tôm tại Việt Nam, vì vậy để có cái nhìn tổng quan và toàn diện hơn về hiệu quả sử dụng nước trong nuôi trồng thủy sản, cần có thêm những nghiên cứu sâu rộng hơn với phạm vi lớn hơn, so sánh các mô hình nuôi khác nhau (nuôi thâm canh, bán thâm canh, quảng canh cải tiến, ... hoặc nuôi ao đất, nuôi ao lót bạt, nuôi lồng, ...) và đối tượng nuôi khác nhau. Những nghiên cứu tiếp nối này sẽ cung cấp dữ liệu khoa học đáng tin cậy hơn, góp phần cải tiến quy trình nuôi, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và tăng cường tính bền vững cho ngành thủy sản.

Đóng góp của từng tác giả trong bài báo: Xây dựng ý tưởng: Hoàng Thị Thu Hương, Kim Văn Vạn; Tiến hành khảo sát: Kim Minh Anh, xử lý số liệu: Lê Thị Thảo Vy, Trần Thị Minh Khuê, Nguyễn Thị Hạnh Tiên; Viết và sửa bài: Kim Minh Anh, Kim Văn Vạn, Hoàng Thị Thu Hương.

Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn bà con tại các hộ nuôi đã nhiệt tình hỗ trợ và cung cấp thông tin trong quá trình nghiên cứu.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. T. Cảnh, N. T. T. Trang, và T. N. Q. Anh, "Nghiên cứu, đánh giá dấu chân nước của người dân tại Thành phố Hồ Chí Minh," *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Tự nhiên*, 2018, 4, tr. 1-11.
- [2] H. N. T. Thu, N. T. Phuong, T. P. Anh, and T. V. T. Ngoc, "Unveiling Vietnam's trade dynamics: The perspective of virtual water on agricultural products trade for sustainable water resource management," *Journal of Cleaner Production*, Art. no. 145430, 2025, doi: 10.1016/j.jclepro.2025.145430.
- [3] A. Y. Hoekstra, *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London, U.K.: Routledge, 2011.
- [4] M. Pahlow, P. Van Oel, M. Mekonnen, and A. Hoekstra, "Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production," *Science of the Total Environment*, vol. 536, pp. 847-857, 2015, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.07.124.
- [5] W. Wang, M. Wang, and L. Zhong, "Exploring the sustainable development mode of marine aquaculture in China-From the perspective of water footprint," *Regional Studies in Marine Science*, Art. no. 104289, 2025, doi: 10.1016/j.rsma.2025.104289.
- [6] N. T. Long và H. V. Hiền, "Phân tích hiệu quả kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng ở tỉnh Cà Mau," *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 2015, (37), tr. 105-111.
- [7] T. Đ. Hoài và cộng sự, "Nghiên cứu bệnh vi bào tử trùng *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) trên tôm thẻ chân trắng nuôi tại Quảng Ninh và Nam Định," *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 21(11), tr. 1446-

1454, 2023.

- [8] Đ. Đ. Thuyết, N. H. Nghĩa, và P. T. Vân, “Đánh giá và lựa chọn mô hình nuôi tôm ven biển thích ứng với biến đổi khí hậu tại huyện Quỳnh Lưu, Nghệ An,” *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 15(1), tr. 64-72, 2017.
- [9] Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Việt Nam (MARD), “Nghệ An: Kết quả một số mô hình ứng dụng công nghệ nuôi tôm thẻ chân trắng trên cát đạt hiệu quả,” 8/9/2016. Trực tuyến :<https://www.mard.gov.vn/Pages/nghe-an-ket-qua-mot-so-mo-hinh-ung-dung-cong-nghe-nuoi-tom-the-chan-trang-tren-cat-dat-hieu-qua-31462.aspx>. Truy cập: 9/8/2025.
- [10] Đ. T. Hằng và L. V. Hùng, “Hiện trạng kỹ thuật và hiệu quả kinh tế của các hình thức nuôi tôm thẻ chân trắng tại Nghệ An,” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 2014, 4, tr. 1-6.
- [11] T. L. Ton, V. T. Lam, T. T. K. Tu, and V. T. Nguyen, “Evaluation of the current status of wastewater management and treatment from super-intensive whiteleg (*Penaeus vannamei*) shrimp ponds in Ben Tre Province,” *Journal of Hydro-Meteorology*, vol. 16, pp. 56-64, 2023.
- [12] K. V. Vạn và N. T. Ân, “Hiệu quả của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng (*Penaeus vannamei*) ghép với cá Diêu hồng (*Oreochromis* sp.) thích ứng với biến đổi khí hậu tại huyện Giao Thủy, Nam Định,” *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 2017, 15, tr. 1-6.
- [13] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products,” *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 15, no. 5, pp. 1577-1600, 2011, doi: 10.5194/hess-15-1577-2011.
- [14] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, “A global assessment of the water footprint of farm animal products,” *Ecosystems*, vol. 15, no. 3, pp. 401-415, 2012, doi: 10.1007/s10021-011-9517-8.

EVALUATE WATER FOOTPRINT IN WHITE-LEG SHRIMP (*LITOPENAEUS VANNAMEI*) FARMING IN NGHE AN

Kim Minh Anh⁽¹⁾, Le Thi Thao Vy⁽²⁾, Tran Thi Minh Khue⁽²⁾,
Nguyen Thi Hanh Tien⁽³⁾, Kim Van Van⁽¹⁾, Hoang Thi Thu Huong⁽²⁾

⁽¹⁾Faculty of Fisheries, Vietnam National University of Agriculture

⁽²⁾Department of Environmental Science and Technology, Hanoi University of Science and Technology

⁽³⁾Phenikaa University

Received: 26/10/2025; Accepted: 26/11/2025

Abstract: Freshwater resources are increasingly under pressure worldwide due to climate change and the growing demand for agricultural and aquaculture production. The Water Footprint (WF) is a widely used indicator for quantifying direct and indirect water consumption associated with production systems. Assessing the WF of aquaculture can provide insights into their impacts on water resources and supports the development of strategies to improve water-use efficiency and environmental sustainability. This study evaluates the WF of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in coastal areas of Nghe An Province, one of the major aquaculture regions in Central Viet Nam. Data were collected from surveys of 27 shrimp farms located in four coastal communes-Dien Kim, Dien Trung, Nghi Huong, and Nghi Thu-to quantify total water use and the proportions of different water footprint components during the production cycle. The results show that the average total WF was $3.01 \pm 0.44 \text{ m}^3 \text{ kg}$ of harvested shrimp. The blue water footprint accounted for the largest share (58.16%), followed by the green water footprint (23.90%) and the gray water footprint (17.94%). These findings provide a scientific basis for improving water resource management and promoting sustainable shrimp aquaculture development.

Keywords: Aquaculture, whiteleg shrimp, Nghe An province, water footprint.