ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LOẠI BỎ CÁC DẠNG NITƠ VÀ PHOTPHO TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC CỦA HÀU THÁI BÌNH DƯƠNG (*Crassostrea gigas*) Ở ĐIỀU KIỆN THÍ NGHIỆM

ASSESSMENT OF THE ABILITY OF THE PACIFIC OYSTER (CRASSOSTREA GIGAS) TO REMOVE DIFFERENT FORMS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS FROM THE AQUATIC ENVIRONMENT UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

Võ Thị Ngọc Trâm, Tô Đông Tịnh,
Hà Thị Thanh Huyền, Trần Thị Minh Hải, Võ Văn Nha
Viện Khoa học Thủy sản Việt Nam
Tác giả liên hệ: Võ Thị Ngọc Trâm; Email: vtntram@mae.gov.vn

Ngày nhận bài: 30/03/2026; Ngày phản biện thông qua: 08/06/2026 ; Ngày duyệt đăng: 30/06/2026

Tóm tắt

Nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng cải thiện chất lượng nước của hàu Thái Bình Dương (Crassostrea gigas) thông qua biến động các chất dinh dưỡng trong điều kiện thí nghiệm có kiểm soát. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với hai nhóm kích thước hàu (3–5 cm và 6–8 cm), gồm 4 nghiệm thức (2 nghiệm thức có hàu và 2 nghiệm thức đối chứng) trong thời gian 24 giờ. Các thông số chất lượng nước thuộc nhóm chất dinh dưỡng gồm $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, tổng nitơ (TN) và tổng photpho (TP) được xác định tại thời điểm trước và sau thí nghiệm. Kết quả cho thấy hàm lượng các chất dinh dưỡng có xu hướng giảm ở tất cả các nghiệm thức sau 24 giờ, trong đó mức giảm ở các nghiệm thức có hàu cao hơn so với nghiệm thức đối chứng. Sự suy giảm có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) được ghi nhận rõ đối với các dạng dinh dưỡng vô cơ hòa tan, đặc biệt là $N\text{-}NH_4^+$ và $P\text{-}PO_4^{3-}$. Đối với nhóm hàu kích thước lớn (6–8 cm), xu hướng giảm còn được ghi nhận đối với $N\text{-}NO_3^-$, tổng nitơ (TN) và tổng photpho (TP), cho thấy khả năng biến đổi và loại bỏ dinh dưỡng cao hơn so với nhóm kích thước nhỏ (3–5 cm). Kết quả nghiên cứu cho thấy hàu Thái Bình Dương có tiềm năng hỗ trợ cải thiện chất lượng nước và có thể được xem xét như một đối tượng chức năng trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản bền vững.

Từ khóa: *chất dinh dưỡng, chất lượng nước, hàu Thái Bình Dương, nitơ, photpho.*

Abstract

This study aimed to assess the capacity of Pacific oyster (Crassostrea gigas) to improve water quality through changes in nutrient concentrations under controlled experimental conditions. The experiment was conducted using a completely randomized design with two oyster size groups (3–5 cm and 6–8 cm), including four treatments (two oyster treatments and two controls) over a 24-hour period. Water quality parameters, including nutrient indicators such as $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, total nitrogen (TN), and total phosphorus (TP), were measured at the beginning and end of the experiment. The results showed that nutrient concentrations tended to decrease in all treatments after 24 hours, with greater reductions observed in the oyster treatments compared to the controls. Statistically significant decreases ($P < 0.05$) were recorded for dissolved inorganic nutrients, particularly ammonium ($N\text{-}NH_4^+$) and phosphate ($P\text{-}PO_4^{3-}$). In the larger oyster size group (6–8 cm), decreasing trends were also observed for $N\text{-}NO_3^-$, total nitrogen (TN), and total phosphorus (TP), indicating a greater capacity for nutrient transformation and removal compared to the smaller oyster group (3–5 cm). The findings suggest that the Pacific oyster has the potential to contribute to water quality improvement and may be considered a functional species for sustainable aquaculture systems.

Keywords: *Nitrogen, nutrient dynamics, pacific oyster (Crassostrea gigas), phosphorus, water quality.*

I. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, sự gia tăng nhanh chóng của hoạt động nuôi trồng thủy sản ven biển đã góp phần quan trọng vào phát triển kinh tế và đảm bảo an ninh thực phẩm. Tuy nhiên, quá trình này cũng làm gia tăng tải lượng các chất dinh dưỡng, đặc biệt là các hợp chất chứa nitơ và phốt pho, dẫn đến nguy cơ phú dưỡng và suy giảm chất lượng môi trường nước. Do đó, việc tìm kiếm các giải pháp sinh học nhằm kiểm soát và giảm thiểu ô nhiễm dinh dưỡng ở các khu vực nuôi trồng thủy sản ven biển đang trở thành một hướng tiếp cận được quan tâm rộng rãi.

Trong bối cảnh đó, các loài động vật thân mềm hai mảnh vỏ, đặc biệt là hàu Thái Bình Dương (*Crassostrea gigas*) được xem là đối tượng có tiềm năng lớn nhờ đặc tính ăn lọc, có khả năng loại bỏ các hạt vật chất lơ lửng, vi tảo và các chất dinh dưỡng khỏi cột nước, qua đó góp phần cải thiện chất lượng môi trường. Nuôi hàu được xem là một chiến lược bổ sung hiệu quả trong việc loại bỏ các chất dinh dưỡng và giảm thiểu suy giảm oxy ở vùng ven biển [25]. Chúng giúp giảm thiểu hiện tượng phú dưỡng ven biển bằng cách hấp thụ nitơ hữu cơ trong nước và cải thiện chất lượng trầm tích bên dưới [12] [21]. Tuy nhiên, cần có những nỗ lực trong việc đánh giá định lượng các con đường loại bỏ nitơ đa dạng của hàu, đặc biệt tại các khu nuôi trồng quy mô lớn [21]. Ngoài giá trị sinh thái, hàu còn là đối tượng nuôi có giá trị kinh tế cao, có giá trị thương mại đối với ngành công nghiệp thủy sản [24].

Tại Việt Nam, các loài động vật thân mềm như nghêu, sò và hàu đã và đang được nuôi phổ biến tại các vùng ven biển, cửa sông ở nhiều địa phương như Quảng Ninh, Bình Thuận, Bến Tre, Trà Vinh, Bạc Liêu và Cà Mau [6]. Đặc biệt, tại khu vực Nam Trung Bộ, hàu là đối tượng nuôi phổ biến trong các đầm, vịnh ven biển bằng cách thả dây treo có vật liệu nổi HDPE và phao nhựa, không sử dụng thức ăn bổ sung mà khai thác trực tiếp nguồn dinh dưỡng tự nhiên trong môi trường nước.

Mặc dù tiềm năng cải thiện chất lượng nước của hàu đã được ghi nhận, phần lớn các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung đánh giá vai trò sinh thái của quần thể hoặc rạn hàu trong điều kiện tự nhiên và ở quy mô hệ sinh thái. Tại Việt Nam, các nghiên cứu định lượng khả năng loại bỏ các chất dinh dưỡng nitơ và photpho của hàu trong điều kiện thí nghiệm có kiểm soát vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu đánh giá sự khác biệt về hiệu quả xử lý dinh dưỡng giữa các nhóm kích cỡ hàu. Bên cạnh đó, các cơ chế biến đổi và chuyển hóa dinh dưỡng của hàu trong hệ thống nước nuôi ngắn hạn vẫn chưa được làm rõ đầy đủ.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng làm giảm các hợp chất dinh dưỡng nitơ và photpho trong môi trường nước của hàu Thái Bình Dương (*C. gigas*) ở hai nhóm kích cỡ khác nhau trong điều kiện thí nghiệm có kiểm soát. Nghiên cứu đồng thời xem xét sự biến động của các dạng dinh dưỡng vô cơ hòa tan và tổng dinh dưỡng nhằm bước đầu làm rõ vai trò của hàu trong quá trình biến đổi và chuyển hóa dinh dưỡng trong môi trường nước. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc sử dụng hàu như một đối tượng chức năng trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản bền vững và mô hình nuôi ghép đa loài.

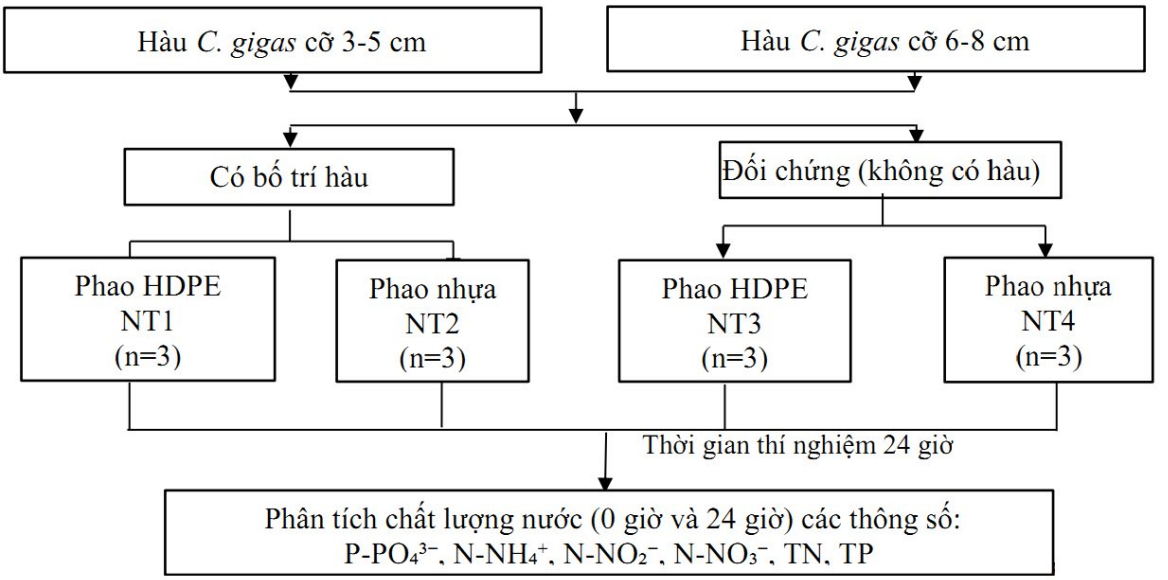
II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hàu Thái Bình Dương (*C. gigas*) gồm hai nhóm kích cỡ (chiều cao): hàu nhỏ (3-5 cm/con) và hàu lớn (6-8 cm/con).

2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên nhằm đánh giá vai trò của hàu ảnh hưởng đến biến động hàm lượng các hợp chất nitơ và photpho, đồng thời kiểm soát ảnh hưởng của vật liệu treo (phao) trong hệ thống nuôi.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm ảnh hưởng của hàu (*C. gigas*) đến biến động các chất dinh dưỡng trong nước; n- số bể thí nghiệm

Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức gồm 3 lần lặp lại độc lập (tổng cộng 12 bể, có kích thước: dài x rộng x cao tương ứng 0,6 x 0,4 x 0,8 m, chứa 150 lít nước/bể). Hai nghiệm thức có bố trí hàu với hai loại vật liệu treo gồm: phao HDPE (NT1) và phao nhựa (NT2); hai nghiệm thức đối chứng tương ứng (NT3 và NT4) không bố trí hàu nhưng sử dụng cùng loại vật liệu treo (Hình 1). Việc sử dụng hai loại vật liệu treo (phao HDPE và phao nhựa) trong cả nghiệm thức có hàu và đối chứng nhằm kiểm soát và loại trừ ảnh hưởng tiềm tàng của vật liệu đến các thông số chất lượng nước, qua đó đảm bảo rằng các biến động quan sát được chủ yếu phản ánh tác động của hàu.

Các bể thí nghiệm được sục khí liên tục và duy trì đồng nhất giữa các nghiệm thức trong suốt thời gian thí nghiệm.

Thí nghiệm được tiến hành trên hai nhóm hàu kích cỡ (chiều cao) khác nhau: nhóm 3–5 cm và nhóm 6–8 cm. Hàu được thu từ hộ nuôi tại Vạn Ninh (Khánh Hòa), thuần hóa trong 3 ngày trước khi bố trí thí nghiệm trong bể composit thể tích 150L nước. Nước sử dụng trong thí nghiệm được lấy từ ao xử lý sinh học của hệ thống nuôi tôm nước lợ cùng khu vực. Việc lựa chọn nguồn nước này nhằm đảm bảo có hàm lượng các chất dinh dưỡng (nitơ, photpho) ở mức tương đối cao và ổn định, thuận lợi cho việc theo dõi biến động trong thời gian thí nghiệm ngắn (24 giờ), đồng thời đại diện cho điều kiện nước giàu dinh dưỡng trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản.

Đối với nhóm hàu 3–5 cm (kích thước trung bình 4,7 ± 0,3 cm/con; khối lượng 36,7 ± 4,3 g/con), mật độ nuôi là 75 con/bể (tương đương 18,4 g/L). Đối với nhóm hàu 6–8 cm/con (kích thước trung bình 7,5 ± 0,5 cm/con; khối lượng 71,6 ± 6,9 g/con), mật độ nuôi là 50 con/bể (tương đương 23,9 g/L). Thời gian thí nghiệm là 24 giờ dựa theo Jones và cộng sự (2001) [18], Liu và cộng sự (2025) [21].

Các thông số chất lượng nước bao gồm $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, tổng nitơ (TN) và tổng photpho (TP) được xác định tại thời điểm bắt đầu (0 giờ) và kết thúc thí nghiệm (24 giờ).

3. Phương pháp thu, cố định và phân tích mẫu nước

Sử dụng chai thủy tinh đã rửa sạch và sấy khô để thu mẫu ở các nghiệm thức thí nghiệm bằng cách dùng ống nhựa nhỏ đặt ở một phần hai bể nuôi, hút và cho nước chảy vào chai đến khi đủ để phân tích. Trước khi thu mẫu, chai được tráng từ một đến hai lần bằng nước bể nuôi. Mẫu thu được cố định mẫu bằng acid sulfuaric (H_2SO_4) với tỷ lệ 1:1 đến pH nhỏ hơn 2 cho phân tích các chỉ tiêu $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_3^-$, TN và TP [9]. Riêng chỉ tiêu $N\text{-}NO_2^-$ mẫu không cố định và được vận chuyển ngay đến phòng thí nghiệm để phân tích.

Các thông số chất lượng nước $P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, TN, TP lần lượt được phân tích theo các phương pháp Ascorbic Acid (Method 8048, Hach) [2], Salicylate (Method 8155, Hach) [3], Diazotization (Method 8507, Hach) [4], Cadmium Reduction (Method 8192, Hach) [5], TCVN 6638:2000 [7] và TCVN 6202:2008 [8].

4. Phương pháp xử lý số liệu

So sánh sự khác biệt về các thông số chất lượng nước giữa các nghiệm thức thí nghiệm hàu được thực hiện bằng phân tích phương sai một nhân tố (One-way ANOVA). Khi kết quả ANOVA cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$), phép kiểm DUNCAN được sử dụng để phân biệt sự như nhau hay khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các trung bình nhóm. Áp dụng phần mềm SPSS 20.0 để thực hiện phân tích thống kê và xử lý số liệu.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước ở thí nghiệm hàu cỡ 3–5 cm

Sử dụng nước đầu vào cho các nghiệm thức thí nghiệm là nước lấy từ ao xử lý sinh học của hệ thống nuôi tôm nước lợ, với hàm lượng các thông số dinh dưỡng ban đầu ở Bảng 1 có thể thấy, các dạng dinh dưỡng vô cơ chiếm tỷ lệ thấp so với tổng nitơ và tổng photpho, phản ánh đặc trưng của môi trường nước nuôi thủy sản giàu chất hữu cơ. Tại thời điểm ban đầu (0 giờ), các thông số chất lượng nước giữa các nghiệm thức thí nghiệm (NT1, NT2, NT3, NT4) không có sai khác có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), cho thấy điều kiện thí nghiệm được thiết lập tương đương và đảm bảo tính so sánh giữa các nghiệm thức. Với loại phao treo hàu Thái Bình Dương bằng HDPE và phao nhựa, kết quả thí nghiệm ở Bảng 1 cũng chưa ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) về hàm lượng các chất dinh dưỡng ($P\text{-}PO_4^{3-}$, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, TN, TP) trong môi trường nước ở cả nghiệm thức thí nghiệm và nghiệm thức đối chứng.

Hàm lượng các thông số chất lượng nước trước (0 giờ) và sau 24 giờ thí nghiệm được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. Hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước trước (0 giờ) và sau 24 giờ thí nghiệm nuôi hàu (kích cỡ 3–5 cm)*

Thông số	Thời gian	Nghiệm thức			
		NT1	NT2	NT3 (ĐC1)	NT4 (ĐC2)
$P\text{-}PO_4^{3-}$ (mg/L)	0 giờ	$0,41\pm0,01^{c}$	$0,41\pm0,01^{c}$	$0,41\pm0,01^{c}$	$0,41\pm0,01^{c}$
	24 giờ	$0,38\pm0,01^{ab}$	$0,37\pm0,01^{a}$	$0,40\pm0,01^{bc}$	$0,39\pm0,02^{abc}$
$N\text{-}NH_4^+$ (mg/L)	0 giờ	$0,52\pm0,01^{bc}$	$0,52\pm0,01^{bc}$	$0,52\pm0,02^{bc}$	$0,53\pm0,02^{c}$
	24 giờ	$0,46\pm0,01^{a}$	$0,47\pm0,01^{a}$	$0,50\pm0,01^{b}$	$0,52\pm0,02^{bc}$

Thông số	Thời gian	Nghiệm thức			
		NT1	NT2	NT3 (ĐC1)	NT4 (ĐC2)
$N\text{-}NO_2^-$ (mg/L)	0 giờ	0,20±0,01^b	0,20±0,01^b	0,20±0,01^b	0,19±0,01^{ab}
	24 giờ	0,18±0,01^a	0,18±0,01^a	0,19±0,01^{ab}	0,18±0,02^a
$N\text{-}NO_3^-$ (mg/L)	0 giờ	0,48±0,01^b	0,48±0,01^b	0,47±0,02^b	0,48±0,01^b
	24 giờ	0,43±0,02^a	0,46±0,01^b	0,46±0,02^b	0,47±0,02^b
TN (mg/L)	0 giờ	8,46±0,12^a	8,39±0,35^a	8,60±0,03^a	8,53±0,09^a
	24 giờ	8,02±0,02^a	7,93±0,97^a	8,48±0,12^a	7,78±0,68^a
TP (mg/L)	0 giờ	4,02±0,03^b	4,03±0,05^b	4,02±0,05^b	4,02±0,05^b
	24 giờ	3,89±0,09^a	3,89±0,07^a	3,96±0,09^{ab}	3,99±0,04^{ab}

**Số liệu biểu diễn là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (giá trị trung bình của 3 lần lặp lại ở một nghiệm thức thí nghiệm); Các giá trị trên cùng một hàng và trên cùng một cột (của cùng thông số) có các chỉ số trên (a, b, c) khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (P < 0,05).*

Kết quả phân tích từ Bảng 1 cho thấy, đối với photphat ($P\text{-}PO_4^{3-}$), hàm lượng giảm sau 24 giờ ở các nghiệm thức có hàu (NT1, NT2) và có sai khác có ý nghĩa thống kê (P < 0,05) so với đối chứng (NT3). Tương tự, hàm lượng amoni ($N\text{-}NH_4^+$) giảm ở các nghiệm thức có hàu (NT1, NT2) và sai khác có ý nghĩa thống kê so với đối chứng (NT3, NT4). Trong khi đó, các dạng nitơ oxy hóa như $N\text{-}NO_2^-$ và $N\text{-}NO_3^-$ không ghi nhận sự khác biệt rõ rệt ở hầu hết các nghiệm thức có hàu và đối chứng (p > 0,05). Điều này cho thấy các dạng nitơ oxy hóa này chủ yếu chịu chi phối bởi các quá trình chuyển hóa nitơ do vi sinh vật trung gian trong môi trường nước, hơn là chịu ảnh hưởng rõ rệt từ hoạt động lọc và đồng hóa của hàu trong thời gian thí nghiệm ngắn hạn.

Đối với tổng nitơ (TN), không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mức giảm TN giữa hai thời điểm ban đầu và kết thúc thí nghiệm (0 giờ và 24 giờ) ở cả nghiệm thức có hàu và đối chứng. Đối với tổng photpho (TP), có xu hướng giảm sau thí nghiệm, trong đó các nghiệm thức có hàu ghi nhận mức giảm có ý nghĩa thống kê, tuy nhiên mức độ khác biệt chưa thật sự rõ ràng so với nghiệm thức đối chứng (Bảng 1).

Mặc dù $N\text{-}NH_4^+$ giảm, TN không thay đổi đáng kể cho thấy hệ chủ yếu xảy ra chuyển hóa nội tại giữa các dạng nitơ thông qua các quá trình như đồng hóa hay tái phân bố nitơ trong hệ, hơn là loại bỏ nitơ ròng khỏi cột nước. Đối với photpho, $P\text{-}PO_4^{3-}$ giảm có ý nghĩa nhưng TP chưa sai khác rõ rệt so với đối chứng, cho thấy photpho chủ yếu mới được làm giảm ở pha hòa tan, trong khi sự chuyển photpho sang sinh khối hoặc các dạng hạt liên kết hữu cơ chưa đủ lớn để làm thay đổi đáng kể TP.

Như vậy, kết quả thí nghiệm cho thấy hàu cỡ nhỏ (3–5 cm) chủ yếu làm giảm các dạng dinh dưỡng vô cơ hòa tan như $N\text{-}NH_4^+$ và $P\text{-}PO_4^{3-}$ thông qua hoạt động ăn lọc và đồng hóa sinh học. Các quá trình loại bỏ nitơ sâu hơn như khử nitrat chưa diễn ra rõ rệt thông qua biến động không đáng kể của TN và $N\text{-}NO_3^-$ ở thí nghiệm này.

2. Hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước ở thí nghiệm hàu cỡ 6–8 cm

Hàm lượng các thông số dinh dưỡng ban đầu trong nước lấy từ ao xử lý sinh học của hệ thống nuôi tôm nước lợ ở Bảng 2 có thể thấy, tại thời điểm bắt đầu thí nghiệm (0 giờ), các

thông số chất lượng nước giữa các nghiệm thức thí nghiệm (NT1, NT2, NT3, NT4) không có sai khác có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), cho thấy điều kiện thí nghiệm được thiết lập tương đương và đảm bảo tính so sánh giữa các nghiệm thức. Ngoài ra, tương tự như nghiệm thức thí nghiệm hàu cỡ nhỏ (3-5 cm), thí nghiệm nuôi hàu có kích cỡ lớn (6-8 cm) với loại phao treo bằng HDPE và phao nhựa cũng cho thấy hàm lượng hầu hết các thông số môi trường trong nước chưa ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) ở cả nghiệm thức thí nghiệm và nghiệm thức đối chứng (Bảng 2).

Hàm lượng các thông số chất lượng nước trước (0 giờ) và sau 24 giờ thí nghiệm được trình bày tại Bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước trước (0 giờ) và sau 24 giờ thí nghiệm nuôi hàu (6–8 cm)*

Thông số	Thời gian	Nghiệm thức			
		NT1	NT2	NT3 (ĐC1)	NT4 (ĐC2)
P-PO_4^{3-} (mg/L)	0 giờ	0,55±0,02^{b}	0,56±0,01^{b}	0,56±0,02^{b}	0,55±0,01^{b}
	24 giờ	0,48±0,03^{a}	0,49±0,02^{a}	0,54±0,02^{b}	0,53±0,01^{b}
N-NH_4^{+} (mg/L)	0 giờ	0,77±0,02^{b}	0,75±0,01^{b}	0,75±0,01^{b}	0,75±0,02^{b}
	24 giờ	0,60±0,02^{a}	0,58±0,02^{a}	0,74±0,01^{b}	0,75±0,02^{b}
N-NO_2^{-} (mg/L)	0 giờ	0,27±0,01^{c}	0,27±0,02^{c}	0,27±0,01^{c}	0,28±0,01^{c}
	24 giờ	0,23±0,01^{a}	0,24±0,02^{ab}	0,26±0,01^{bc}	0,26±0,02^{bc}
N-NO_3^{-} (mg/L)	0 giờ	0,83±0,01^{c}	0,83±0,01^{c}	0,82±0,01^{c}	0,82±0,01^{c}
	24 giờ	0,74±0,02^{a}	0,74±0,02^{a}	0,81±0,01^{bc}	0,79±0,01^{b}
TN (mg/L)	0 giờ	7,64±0,01^{c}	7,64±0,01^{c}	7,64±0,03^{c}	7,64±0,02^{c}
	24 giờ	6,76±0,02^{a}	6,71±0,09^{a}	7,38±0,03^{c}	7,16±0,11^{b}
TP (mg/L)	0 giờ	5,30±0,06^{b}	5,32±0,01^{b}	5,31±0,16^{b}	5,30±0,06^{b}
	24 giờ	5,01±0,06^{a}	5,00±0,04^{a}	5,20±0,06^{b}	5,21±0,02^{b}

**Số liệu biểu diễn là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (giá trị trung bình của 3 lần lặp lại ở một nghiệm thức thí nghiệm); Các giá trị trên cùng một hàng và trên cùng một cột (của cùng thông số) có các chỉ số trên (a, b, c) thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (P < 0,05).*

Kết quả từ Bảng 2 cho thấy, sau 24 giờ thí nghiệm, hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước nhìn chung có xu hướng giảm ở tất cả các nghiệm thức. Tuy nhiên, mức suy giảm ở các nghiệm thức có hàu (NT1, NT2) lớn hơn rõ rệt và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng ($P < 0,05$), cho thấy sự hiện diện của hàu góp phần thúc đẩy quá trình biến đổi và loại bỏ dinh dưỡng trong hệ.

Kết quả cho thấy hàu kích cỡ 6-8cm làm giảm đáng kể P-PO_4^{3-} (≈12–13%) và N-NH_4^{+} (≈ 20–23%) sau 24 giờ ($P < 0,05$), phản ánh khả năng làm giảm photpho hòa tan cũng như loại bỏ các dạng nitơ vô cơ dễ hấp thu hiệu quả hơn. Sự suy giảm đồng thời của TP (≈ 5-6%) và P- PO_4^{3-} cho thấy hàu kích cỡ lớn không chỉ làm giảm photpho hòa tan mà còn có khả năng thúc đẩy chuyển photpho sang các dạng hạt liên kết hữu cơ hoặc tích lũy vào sinh khối. Một phần dinh dưỡng hòa tan sau khi được hấp thu có thể được đồng hóa vào mô và sinh khối của hàu, qua đó tạm thời rút dinh dưỡng khỏi cột nước. Khác với nhóm hàu nhỏ (3–5 cm), sự suy giảm có ý nghĩa của N-NO_3^{-} (≈ 10,8%) cùng với mức giảm TN (≈ 12%) ở hai nghiệm thức có hàu cho thấy ngoài quá trình đồng hóa

dinh dưỡng còn bắt đầu xuất hiện dấu hiệu của các quá trình chuyển hóa và loại bỏ nitơ hiệu quả hơn trong hệ. Như vậy, hàu cỡ lớn (6-8 cm) có cường độ lọc và đồng hóa dinh dưỡng cao hơn so với kích cỡ nhỏ (3-5 cm), đồng thời tham gia sâu hơn vào chu trình chuyển hóa nitơ trong môi trường nước.

3. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy hàu có khả năng làm giảm các hợp chất dinh dưỡng trong môi trường nước, qua đó góp phần thúc đẩy quá trình chuyển hóa dinh dưỡng trong hệ. Kết quả này phù hợp với nhận định của Blanco và cộng sự (2018) khi cho rằng động vật thân mềm hai mảnh vỏ có khả năng bơm và lọc một lượng lớn nước qua mang, qua đó giữ lại hầu hết các hạt lơ lửng trong nước [10]. Jones và cộng sự (2001) ghi nhận hàu *Saccostrea commercialis* có khả năng làm giảm đáng kể TN, TP và các dạng dinh dưỡng vô cơ ($N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_3^-$ và $P\text{-}PO_4^{3-}$) trong nước thải nuôi tôm sau 24 giờ xử lý qua hàu, kết hợp với rong biển, qua đó cho thấy vai trò quan trọng của hàu trong kiểm soát dinh dưỡng và chất hữu cơ trong môi trường nước [18]. Trong số nitơ được hàu hấp thụ, khoảng 10% dành cho sự sinh trưởng, 10% cho giao tử, 2% cho sợi bám, 50% được chuyển xuống dưới dạng lắng đọng sinh học và 27% dưới dạng bài tiết [13]. Có thể thấy, quá trình ăn lọc của hàu không chỉ loại bỏ các hạt lơ lửng và dinh dưỡng liên kết trong cột nước mà còn thúc đẩy quá trình lắng đọng sinh học, qua đó thúc đẩy quá trình chuyển hóa dinh dưỡng trong hệ.

Nghiên cứu của Liu và cộng sự (2025) đã xây dựng khung định lượng về khả năng loại bỏ nitơ của hàu thông qua thí nghiệm và nội suy kết quả để bố trí mô hình nuôi thử nghiệm thực địa. Kết quả ở điều kiện thí nghiệm cho thấy, trong vòng 24 giờ hàu có thể làm giảm rõ rệt $N\text{-}NO_3^-$ và tổng $N\text{-}NOx^-$ với mức giảm lần lượt đạt 2,2–10,0 và 1,6–8,3 µM. Kết quả nghiên cứu này tương đồng với nghiên cứu hiện tại khi các nghiệm thức NT1 và NT2 có hàm lượng $N\text{-}NO_3^-$ giảm khoảng 0,09 mg/L, tương đương khoảng 6,43 µM sau 24 giờ thí nghiệm [21].

Liu và cộng sự (2025) cũng cho rằng quá trình loại bỏ nitơ của hàu diễn ra thông qua ba con đường chính gồm: (1) tích lũy dinh dưỡng vào sinh khối, (2) chuyển hóa nitơ trong cơ thể hàu và lớp màng sinh học trên vỏ, và (3) quá trình nitrat hóa - khử nitrat liên kết tại lớp trầm tích bên dưới do sự lắng đọng chất hữu cơ và phân thải [21]. Trong đó, một phần nitơ và photpho sau khi được hấp thu có thể được đồng hóa vào mô và vỏ hàu, qua đó tạm thời rút dinh dưỡng khỏi cột nước. Kellogg và cộng sự (2013) ghi nhận gần một nửa lượng nitơ và photpho tích lũy trong hệ được lưu giữ trong vỏ của các loài nhuyễn thể hai mảnh vỏ, cho thấy vai trò quan trọng của quá trình tích lũy sinh học và thu hoạch sinh khối trong cô lập dinh dưỡng khỏi môi trường nước [19].

Bên cạnh đó, quá trình chuyển hóa nitơ trong cơ thể và lớp màng sinh học trên vỏ hàu được cho là chịu ảnh hưởng đáng kể bởi hệ vi sinh vật khử nitrat cư trú trong đường tiêu hóa và trên bề mặt vỏ, nơi có thể hình thành các vi môi trường thiếu oxy cục bộ thuận lợi cho quá trình khử nitrat [22]. Điều này cho thấy hệ vi sinh vật cộng sinh có thể đóng vai trò quan trọng trong thúc đẩy các quá trình chuyển hóa nitơ và góp phần làm giảm hàm lượng nitơ vô cơ trong môi trường nước. Liu và cộng sự (2025) cũng ước tính một cá thể hàu đạt kích thước thu hoạch có thể loại bỏ khoảng 0,59 mg-N/ngày thông qua các quá trình chuyển hóa nitơ trong cơ thể [21].

Xu hướng phụ thuộc kích cỡ trong nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả của Zhou và cộng sự (2025) trong hệ sinh thái cửa sông. Các tác giả cho thấy cho thấy ở giai đoạn hàu giống, nồng độ $N\text{-}NO_3^-$ hầu như không biến động và chủ yếu chịu chi phối bởi các quá trình trộn lẫn vật lý trong môi trường nước. Ngược lại, ở giai

đoạn hàu trưởng thành, hoạt động ăn lọc mạnh cùng với nhu cầu dinh dưỡng cao đã làm giảm đáng kể nồng độ $N\text{-}NO_3^-$ trong vùng nước cửa sông. Khi hàu bước vào giai đoạn sinh trưởng mạnh, chu trình $N\text{-}NO_3^-$ trong hệ trở nên phức tạp hơn với sự tham gia đồng thời của các quá trình sinh – địa – hóa; trong đó $N\text{-}NO_3^-$ không chỉ được đồng hóa vào sinh khối mà còn liên quan đến các quá trình nitrat hóa – khử nitrat trong hệ [26].

Filippini và cộng sự (2023) cũng nhấn mạnh rằng các rạn hàu đóng vai trò quan trọng trong việc loại bỏ nitơ khỏi hệ sinh thái thủy sinh thông qua thúc đẩy quá trình biến đổi dinh dưỡng và khử nitrat, diễn ra không chỉ trong mô và vỏ hàu mà còn tại lớp trầm tích xung quanh. Khả năng hấp thụ $N\text{-}NO_3^-$ và chuyển hóa thành khí N_2 cho thấy hàu có vai trò sinh thái quan trọng trong việc làm giảm tải dinh dưỡng và hạn chế nguy cơ phú dưỡng ở các hệ sinh thái ven biển và cửa sông [15]. Tương tự, Lima và cộng sự (2025) cho rằng hàu góp phần giảm thiểu hiện tượng phú dưỡng thông qua hoạt động ăn lọc thực vật phù du và các hạt lơ lửng, qua đó loại bỏ nitơ khỏi cột nước. Nuôi trồng nhuyễn thể hai mảnh vỏ được xem là một giải pháp quản lý dinh dưỡng đầy tiềm năng và mang tính đổi mới, có thể đóng vai trò như chiến lược bổ sung nhằm hỗ trợ các biện pháp kiểm soát ô nhiễm dinh dưỡng hiện có trong các hệ sinh thái thủy vực chịu áp lực hữu cơ và dinh dưỡng cao [20].

Vai trò của động vật thân mềm hai mảnh vỏ trong cải thiện chất lượng nước cũng đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu trước đây. Mann và Ryther (1977) cho rằng hàu có khả năng loại bỏ đáng kể nitơ và chất rắn lơ lửng trong cột nước, trong khi Jones (1999) ghi nhận khả năng hấp thu photpho và chlorophyll-a của các loài hai mảnh vỏ (trích dẫn theo Lưu Văn Diệu, 2016) [1]. Ở Việt Nam, Lưu Văn Diệu (2016) ước tính quần thể hàu tại đầm Thị Nại có khả năng lọc một lượng nước đáng kể mỗi ngày dựa trên mật độ phân bố và tốc độ lọc của cá thể. Tuy nhiên, các ước tính này phụ thuộc mạnh vào điều kiện môi trường và nồng độ dinh dưỡng, do đó hiệu quả lọc trong thực tế có thể biến động đáng kể [1].

So với các nghiên cứu quốc tế chủ yếu đánh giá khả năng lọc và loại bỏ dinh dưỡng của quần thể hoặc rạn hàu ở quy mô hệ sinh thái, nghiên cứu hiện tại làm rõ hơn ảnh hưởng của kích thước cá thể đến khả năng biến đổi và loại bỏ dinh dưỡng trong điều kiện thí nghiệm ngắn hạn có kiểm soát. Kết quả cho thấy hàu kích cỡ lớn có khả năng làm giảm không chỉ các dạng dinh dưỡng vô cơ hòa tan mà còn cả TN và TP rõ rệt hơn so với nhóm hàu kích cỡ nhỏ, cho thấy kích thước cá thể có thể ảnh hưởng đáng kể đến cường độ lọc, đồng hóa và chuyển hóa dinh dưỡng trong hệ.

Các kết quả thu được trong nghiên cứu này cũng phù hợp với xu hướng phát triển các hệ thống nuôi trồng thủy sản đa loài tích hợp (Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA) đang được quan tâm trên thế giới. Nhiều nghiên cứu cho thấy việc kết hợp các loài có chức năng sinh thái khác nhau như cá, tôm và động vật thân mềm có thể nâng cao hiệu quả sử dụng dinh dưỡng và giảm thiểu tích tụ chất thải trong hệ thống nuôi (David và cộng sự (2017) [12], Flickinger và cộng sự (2020b) [16] và Franchini và cộng sự (2020) [17]). Bueno và cộng sự (2017) cũng chỉ ra rằng hoạt động nuôi cá có thể làm gia tăng phát thải chất hữu cơ và dinh dưỡng ra môi trường, trong khi Thomas và cộng sự (2021) nhấn mạnh tiềm năng của các mô hình nuôi ghép trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và thúc đẩy nuôi trồng thủy sản theo hướng thân thiện môi trường và phát triển bền vững [11] [23].

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy hàu có khả năng tham gia vào quá trình biến đổi, đồng hóa và làm giảm các dạng dinh dưỡng trong môi trường nước, qua đó góp phần cải thiện chất lượng nước trong điều kiện thí

nghiệm có kiểm soát. Tuy nhiên, ở điều kiện thí nghiệm là hệ tĩnh và bán kín, các kết quả này cần được kiểm chứng trong các nghiên cứu ở điều kiện nuôi thực tế (hệ động và mở) nhằm đánh giá đầy đủ hơn năng lực lọc sinh học và khả năng loại bỏ các chất dinh dưỡng của hàu trong môi trường tự nhiên. Trên cơ sở đó, có thể xem xét vai trò của hàu như một đối tượng hỗ trợ kiểm soát dinh dưỡng và cải thiện chất lượng nước trong các hệ thống nuôi thủy sản ven biển.

IV. KẾT LUẬN

Hàu Thái Bình Dương (*Crassostrea gigas*) có khả năng làm giảm các dạng dinh dưỡng vô cơ hòa tan trong môi trường nước ở điều kiện thí nghiệm, đặc biệt là N–NH_4^+ và P–PO_4^{3-}. Hiệu quả cải thiện chất lượng nước thể hiện rõ hơn ở nhóm hàu kích thước lớn (6–8 cm), với sự suy giảm đáng kể của một số dạng nitơ oxy hóa, tổng nitơ (TN) và tổng photpho (TP), cho thấy vai trò của hàu không chỉ trong đồng hóa dinh dưỡng mà còn có khả năng tham gia vào các quá trình chuyển hóa và loại bỏ dinh dưỡng trong hệ thống nước nuôi.

Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy hàu Thái Bình Dương có tiềm năng tham gia vào quá trình kiểm soát và chuyển hóa dinh dưỡng trong hệ thống nuôi thủy sản. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc xem xét sử dụng hàu trong các mô hình nuôi trồng thủy sản tích hợp theo hướng bền vững. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu trong điều kiện nuôi thực tế nhằm đánh giá đầy đủ hơn hiệu quả lọc sinh học và vai trò sinh thái của loài này trong môi trường tự nhiên.

Lời cảm ơn

Bài báo là một phần kết quả thực hiện của nhiệm vụ chuyên môn "Đánh giá nguồn ô nhiễm, lượng chất thải từ các hoạt động nuôi trồng thủy sản trên biển ở vùng biển Nam Trung Bộ và đề xuất giải pháp quản lý". Xin chân thành cảm ơn Cục Thủy sản và Kiểm ngư - Bộ Nông nghiệp và Môi trường, các cán bộ Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản III (nay là Viện Khoa học Thủy sản Việt Nam) đã hỗ trợ, giúp đỡ kịp thời về chuyên môn, kinh phí và phối hợp thực hiện nhiệm vụ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lưu Văn Diệu, Cao Thị Thu Trang, Lê Xuân Sinh, Vũ Thị Lựu và Trần Đức Thạnh (2016). Sức tải môi trường các thủy vực tiêu biểu ven bờ Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
2. Hach Company (2015). Phosphorus, reactive (orthophosphate) – PhosVer 3® (ascorbic acid) method (Method 8048). Hach Company.
3. Hach Company (2015). Nitrogen, ammonia: Salicylate method, Method 8155 (Edition 10). Hach Company.
4. Hach Company (2015). Nitrite – USEPA diazotization method (Method 8507). Hach Company.
5. Hach Company (2015). Nitrate – Cadmium reduction method (Method 8192). Hach Company.
6. Ngô Thị Thu Thảo, Trần Cẩm Loan, Cao Mỹ Án, Trần Ngọc Hải (2019). Sinh trưởng và năng suất của hàu Crassostrea belcheri có nguồn gốc khác nhau được nuôi trong ao tôm quảng canh tại tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 2019;55(4B):113–122. doi:10.22144/ctu.jvn.2019.115.
7. TCVN 6638:2000 (ISO 10048:1991). Chất lượng nước – Xác định nitơ – Vô cơ hoá xúc tác sau khi khử bằng hợp kim Devarda. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường.
8. TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004). Chất lượng nước – Xác định phospho – Phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat. Bộ Khoa học và Công nghệ.
9. TCVN 6663-3:2016 (ISO 5667-3:2012). Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 3: Bảo quản và xử lý mẫu nước. Bộ Khoa học và Công nghệ.
10. Blanco, J. (2018). Accumulation of Dinophysis toxins in bivalve molluscs. *Toxins*, 10(11), 453. https://doi.org/10.3390/toxins10110453.
11. Bueno, G.W. (2017). Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture

enterprises in lakes and reservoirs. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.9, p.695-706.

12. Coen, L. D., Brumbaugh, R. D., Bushek, D., Grizzle, R., Luckenbach, M. W., Posey, M. H., et al. (2007). Ecosystem services related to oyster restoration. *Marine Ecology Progress Series*, 341, 303–307. https://doi.org/10.3354/meps341303.
13. Dame, R.F. (1996). Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach. Boca Raton, FL: CRC Press, 254 pp.
14. David, F. S., Proença, D. C. & Valenti, W. C (2017). Phosphorus budget in integrated multitrophic aquaculture systems with Nile Tilapia, Oreochromis niloticus, and Amazon River Prawn, Macrobrachium amazonicum. *J. World Aquacult*. Soc. 48, 402–414.
15. Filippini, G., Bugnot, A. B., Ferguson, A., Gribben, P. E., Palmer, J., Erickson, K., & Dafforn, K. A. (2023). The influence of oyster reefs and surrounding sediments on nitrogen removal – An in-situ study along the East coast of Australia. *Environmental Research*, 237(Part 1), 116947. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116947.
16. Flickinger, D. L., Dantas, D. P., Proença, D. C., David, F. S. & Valenti, W. C (2020). Phosphorus in the culture of the Amazon river prawn (Macrobrachium amazonicum) and tambaqui (Colossoma macropomum) farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. *J. World Aquacult*. Soc. 51, 1002–1023.
17. Franchini, A. C., Costa, G. A., Pereira, S. A., Valenti, W. C. & Moraes-Valenti, P. (2020). Improving production and diet assimilation in fish-prawn integrated aquaculture, using iliophagus species. *Aquaculture*, 521, 735048.
18. Jones, A.B., Dennison, W.C. and Preston, N.P. (2001). Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: A laboratory scale study. *Aquaculture*, 193(1–2), pp.155–178. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00486-5.
19. Kellogg, M. L., Cornwell, J. C., Owens, M. S., & Paynter, K. T. (2013). Denitrification and nutrient assimilation on a restored oyster reef. *Marine Ecology Progress Series*, 480, 1–19. https://doi.org/10.3354/meps10331.
20. Lima, A. R., Pollack, J., Fox, J. M., Ferreira, J. G., Cubillo, A. M., Reisinger, A., & Bricker, S. (2025). Developing nitrogen bioextraction economic value via off-bottom oyster aquaculture in the northwestern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 211, 117396. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117396.
21. Liu, R., Ji, Q., Chen, Z., & Zhang, H. (2025). *Quantitative assessment of oysters' multiple nitrogen removal pathways in a subtropical bay. Journal of Marine Science and Engineering*, 13(1), 21. https://doi.org/10.3390/jmse13010021.
22. Ray, N.E.; Hancock, B.; Brush, M.J.; Colden, A.; Cornwell, J.; Labrie, M.S.; Maguire, T.J.; Maxwell, T.; Rogers, D.; Stevick, R.J.; et al. A review of how we assess denitrification in oyster habitats and proposed guidelines for future studies. *Limnol. Oceanogr*. Methods 2021, 19, 714–731.
23. Thomas, M., Amoussou, N., El Manfaloti, M., Fleck, C., Ledoré, Y., Pasquet, A., & Lecocq, T. (2022). *All species matter: Comprehensive analysis of polyculture consequences on pikeperch (Sander lucioperca), sterlet (Acipenser ruthenus) and tench (Tinca tinca) in recirculated aquaculture system. Aquaculture*, 559, 738438.
24. Wootton, N., Sarakinis, K., Varea, R., Reis-Santos, P., & Gillanders, B. M. (2022). *Microplastic in oysters: A review of global trends and comparison to southern Australia. Chemosphere*, 307(4), 136065. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136065.
25. Yu, L., Gan, J., Li, D., Cheng, W., Zhang, Y., Kung, H., Hui, C., & Chen, Z. (2025). *Shellfish aquaculture complements nutrient reduction in mitigating climate-exacerbated coastal hypoxia. Environmental Science & Technology*, 59(35).
26. Zhou, X., Song, Z., Chen, C., Zhu, Q., & Chen, F. (2025). *Oyster cultivation regulating seasonal nitrate cycling in the estuarine water. Marine Pollution Bulletin*, 220, 118435.