

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Trần Quang Thư

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI DINH DƯỠNG N VÀ P
TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC NUÔI CÁ LỒNG
VÙNG BIỂN VEN BỜ VIỆT NAM**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

Ngành: Quản lý Tài nguyên và Môi trường

Mã số: 9850101

Hải Phòng - 2024

Công trình này được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ,
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn 1: TS. Nguyễn Đức Cư
2. Người hướng dẫn 2: TS. Dương Thanh Nghị

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện Hợp tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi giờ, ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Nghề nuôi cá lồng biển phát triển đã góp phần quan trọng tạo việc làm và gia tăng kinh tế thủy sản ở nhiều địa phương ven biển như Quảng Ninh, Hải Phòng, Thanh Hóa, Nghệ An, Khánh Hòa, Bình Thuận, Phú Yên, Bà Rịa - Vũng Tàu, Cà Mau, Kiên Giang. Đối tượng cá biển nuôi khá phong phú, bao gồm: Cá Song, cá Hồng, cá Giò, cá Sủ sao, cá Tráp, cá Chim.

Sự gia tăng số lượng và mật độ ô lồng nuôi cá biển đã gây áp lực đến chất lượng môi trường (CLMT) nước khu vực nuôi. Khi CLMT nước bị suy giảm hoặc bị ô nhiễm luôn ghi nhận hàm lượng chất ô nhiễm cao. Trong đó có hàm lượng chất dinh dưỡng nitơ (N) và photpho (P) hòa tan trong nước cao.

Đối với nuôi cá lồng biển vùng ven bờ, cùng với con giống thì CLMT nước là yếu tố quyết định hiệu quả. Trong các yếu tố đó, hàm lượng N và P trong nước có biến động theo đặc điểm từng thủy vực nuôi. Khi hàm lượng N, P trong nước cao tạo thuận lợi cho dịch bệnh phát triển và phú dưỡng xảy ra sẽ gây thiệt hại lớn đối với người nuôi. Do đó, nghiên cứu hàm lượng và biến động N và P trong nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ là rất cần thiết cho thực tiễn sản xuất ở vùng nuôi cá biển tại Việt Nam.

Để giải quyết được thực tiễn nêu trên, việc thực hiện luận án: "*Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam*" có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, giúp cho việc theo dõi, điều chỉnh môi trường nước vùng nuôi cá biển, góp phần chỉ đạo sản xuất, phát triển bền vững nghề nuôi cá biển ven bờ ở Việt Nam.

2. Mục tiêu nghiên cứu

1) Xác định được động thái dinh dưỡng N và P trong nước nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ Việt Nam tại 03 khu vực nghiên cứu đại diện (Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận và Long Sơn - Vũng Tàu);

2) Đề xuất giải pháp quản lý, giảm thiểu ô nhiễm, tối ưu môi trường nuôi hiệu quả.

3. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tải lượng, biến động dinh dưỡng N và P trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ.

- Nghiên cứu động thái, mối quan hệ các thông số dinh dưỡng N (gồm: $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, Tổng N) và P (gồm: $P-PO_4^{3-}$, Tổng P) trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

- Đề xuất giải pháp bảo vệ môi trường để phát triển bền vững nghề nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

1.1.1. Cân bằng dinh dưỡng N trong nước biển

Chu trình N trong môi trường nước biển bắt đầu từ quá trình phân hủy N hữu cơ từ các nguồn vật chất trong nước chuyển hóa sang các dạng $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$ hòa tan. Trong nước biển tự nhiên và nước biển ngoài khơi, với thông số dinh dưỡng N thì hàm lượng Tổng N cao nhất (0,5mg/l), tiếp theo là thông số $N-NO_3^-$ (0,4 - 0,5mg/l), thông số $N-NH_4^+$ (0,02 - 0,025mg/l) và hàm lượng $N-NO_2^-$ thấp nhất (0,01 - 0,02mg/l).

1.1.2. Cân bằng dinh dưỡng P trong nước biển

Hàm lượng P trong nước biển là do quá trình ôxy hóa các hợp chất hữu cơ từ nhiều nguồn khác nhau. Ở vùng biển nhiệt đới và vùng nước biển khơi, hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ thấp 0,0002mg/l và hàm lượng Tổng P dao động trong khoảng 0,03 - 0,07mg/l.

1.1.3. Tải lượng dinh dưỡng N và P vào môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới

1.1.3.1. Tải lượng dinh dưỡng N vào môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

Xu hướng gia tăng hàm lượng N ở vùng biển ven bờ là mối quan tâm trên toàn thế giới, vì nó góp phần làm giàu chất dinh dưỡng hoặc gây ra tình trạng phú dưỡng. Hoạt động nuôi cá lồng biển ven bờ là một nguồn phát sinh N thông qua dạng các vật chất, dạng hạt (thức ăn thừa và phân của cá) và chất thải chuyển hóa hòa tan bao gồm amoniac và urê.

1.1.3.2. Thái lượng dinh dưỡng P trong nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

Ở Trung Quốc, nghiên cứu của Wu (1999) cho rằng 82% P trong thức ăn của cá thải vào môi trường; tác giả Longgen Guo (2009) nghiên cứu cho tỷ lệ thấp hơn, khoảng 34 - 41% P trong thức ăn được giải phóng ở dạng hòa tan.

Theo FAO (2020), nghiên cứu tại Hy Lạp cho kết quả tổng lượng P từ nuôi cá lồng biển thải ra môi trường là 71,4%. Tính lượng thải P hàng năm tại 4 trại cá được nghiên cứu là 0,6 - 6,5 tấn P hòa tan/100 - 700 tấn cá nuôi; khoảng 27% lượng P phát thải từ tiêu hóa của cá hồi và từ thức ăn dưới dạng hòa tan; 40% được thải ra dưới dạng hạt, trong khi chỉ có 33% được kiểm soát.

1.1.4. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới

Trên thế giới, nghiên cứu về phát thải chất dinh dưỡng N, P vào môi trường nước khu vực nuôi cá biển đều được quan tâm thực hiện. Khi gia tăng nguồn dinh dưỡng N, P sẽ làm cân bằng tự nhiên của vùng nước bị thay đổi (tỷ lệ N : P trong môi trường nước khu vực nuôi cá biển cao hơn so với khu vực biển khác), gây rủi ro đối với nghề nuôi cá lồng vùng biển ven bờ, do bị suy giảm chất lượng nước ở hầu hết các khu vực trên thế giới. Hàm lượng dinh dưỡng N và P cao trong nước làm giảm DO gây hại trực tiếp đến đối tượng vật nuôi; đồng thời là nguyên nhân của phú dưỡng (thủy triều đỏ) trong môi trường thủy sinh làm vật nuôi(cá biển) chết hàng loạt.

1.1.5. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tại Việt Nam

Động thái dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá biển ven bờ chưa được nghiên cứu nhiều, đặc biệt với vùng nuôi tập trung rất hạn chế. Chủ yếu là kết quả hiện trạng, còn biến động theo thời gian (năm, mùa, tháng, ngày, giờ), địa điểm, chu kỳ triều, tầng nước, tỷ lệ N : P trong nước đồng bộ tại từng khu vực nuôi cá biển để gia tăng năng suất và bền vững môi trường thì chưa được nghiên cứu.

Nghiên cứu tỷ số T-N/T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tại Việt Nam: Hoạt động nuôi đã gây ra sự gia tăng chất dinh dưỡng N và P trong môi trường nước khu vực nuôi cá biển. Theo điều kiện tự nhiên của vùng biển, thì vùng nuôi cá lồng bè ở biển có hàm lượng chất dinh dưỡng gia tăng và cao hơn nhiều so với hàm lượng dinh dưỡng trong nước biển khơi.

Bảng 1. Bảng tổng hợp các nghiên cứu trong nước về tỷ lệ Tổng N : Tổng P trong các thủy vực (khu vực nước nghiên cứu)

Khu vực	Tỷ lệ Tổng N: Tổng P	Địa điểm
Ngoài khơi	1,7 - 7,1 và trung bình 4,9	KBTB Bạch Long Vĩ
	2,6 - 7,8 và trung bình 5,6	KBTB Cát Bà
	7,0	Ngoài biển khơi
Ven bờ	4,3 - 12,9 và trung bình 7,8	Cửa Ba Lạt - Thái Bình
	m. khô: 4,4 và m. mưa: 6,6	Ven biển Bình Định
	7,2	Ven bờ
KV nuôi cá lồng biển vùng ven bờ	Chưa nghiên cứu	

1.2. Tổng quan giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới và ở Việt Nam

Trên thế giới, nghiên cứu về giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tập trung vào những vấn đề:- Khảo sát đặc điểm điều kiện tự nhiên vùng nuôi; - Đánh giá sức tải khu vực nuôi; - Lựa chọn đối tượng, mật độ nuôi; - Cách chăm sóc, lựa chọn thức ăn;

- Nuôi xen kẽ các đối tượng nuôi; - Ngừng nuôi, luân chuyển theo vùng; - Quan trắc định kỳ và sớm để kiểm soát CLMT khu vực nuôi.

Tại Việt Nam, giải pháp kiểm soát dinh dưỡng N và P đối với hoạt động nuôi cá lồng biển được quy định chung về quản lý, BVMT trong Luật BVMT 2020, Luật Thủy sản 2017 nhưng chưa được nêu cụ thể. Nghiên cứu về giải pháp kiểm soát môi trường đối với nuôi cá biển còn hạn chế, những động thái về cơ chế dinh dưỡng để kiểm soát thức ăn, chất thải vào vùng nuôi cá lồng biển để quản lý và BVMT khu vực nuôi còn chưa được nghiên cứu cụ thể.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và địa điểm nghiên cứu

- Nghiên cứu dinh dưỡng N ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, T-N) và P ($P-PO_4^{3-}$, T-P) trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

- Địa điểm nghiên cứu khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam gồm: 1) VV Cát Bà - Hải Phòng; 2) VB Vĩnh Tân - Bình Thuận và 3) VCS Long Sơn - Vũng Tàu.

2.2. Tổng hợp thông tin, tài liệu, số liệu

- Thu thập thông tin, số liệu về hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ trên thế giới, trong nước và tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập thông tin số liệu về điều kiện tự nhiên, thời tiết khí hậu, chế độ triều tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập thông tin về thông số môi trường nước tại khu vực nghiên cứu.

- Thu thập, tổng hợp số liệu về thông số dinh dưỡng N và P tại khu vực nghiên cứu, khu vực lân cận, các vùng biển khác.

- Tổng hợp các văn bản quy định pháp luật về BVMT.

2.3. Phương pháp lấy mẫu, bảo quản, phân tích mẫu

- *Phương pháp lấy mẫu:* Thu mẫu, lấy mẫu nước biển theo hướng dẫn của Thông tư 10/2021/TT-BTNMT quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc CLMT.

- *Phương pháp bảo quản mẫu*: Bảo quản mẫu theo TCVN 6663-3:2016. Bảo quản và xử lý mẫu nước.

- *Phương pháp phân tích thông số dinh dưỡng hòa tan N ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, Tổng N) và P ($P-PO_4^{3-}$, Tổng P) trong nước* theo phương pháp quy định của Việt Nam và thế giới.

Bảng 2. Bảng tổng hợp số liệu dinh dưỡng N, P trong nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ theo năm, mùa, tháng và thời gian lấy mẫu theo giờ trong ngày

Thời gian	Năm	Mùa (khô, mưa)	Tháng (tháng 2 - 11)	Ngày (lấy mẫu theo ôp: 2h lấy 1 lần trong 1 ngày)
2005 - 2016	x	x		
2017 - 2018	x	x	x	
2019 - 2022	x	x	x	x

2.4. Phương pháp so sánh, đánh giá khả năng rủi ro, động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

- Đánh giá mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm môi trường thông qua chỉ số rủi ro môi trường (RQ). Công thức tính chỉ số RQ như sau:

$$RQ = \frac{\sum_{j=1}^n W_j \left(\frac{MEC}{PNEC} \right)_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

- Nghiên cứu tỷ lệ N/P: Xác định yếu tố giới hạn đối với sự phú dưỡng (Chỉ số Redfield) trong môi trường nước: Chỉ số Redfield được tính dựa vào tỷ số T-N/T-P theo hướng dẫn trong tài liệu của Redfielf (1963) và WHO (2002).

2.5. Phương pháp xác định mối quan hệ dinh dưỡng trong nước

- Phương pháp tính hệ số tương quan.
- Phương trình hồi quy tuyến tính.
- Hệ số xác định R^2

2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu phân tích được xử lý bằng phương pháp thống kê (trên phần mềm Exel - Office 2021) để đánh giá hiện trạng và biến động CLMT nước theo thời gian và không gian; phân tích tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N, P trong môi trường nước.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tải lượng dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

Tải lượng dinh dưỡng từ khu vực nuôi cá lồng ở VCS Long Sơn - Vũng Tàu cao nhất, tiếp đến tại VV Cát Bà - Hải Phòng, thấp nhất tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận; cụ thể tải lượng từng thông số dinh dưỡng N và P được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Tính lượng phát thải dinh dưỡng N và P từ hoạt động nuôi cá lồng VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân, VCS Long Sơn

Thông số	Lượng phát thải dinh dưỡng N và P (tấn/năm)					
	Năm 2020			Năm 2021		
	Cát Bà	Vĩnh Tân	Long Sơn	Cát Bà	Vĩnh Tân	Long Sơn
Tổng N	427,9	17,4	458,8	405,0	20,7	440,2
$N-NO_3^- + N-NO_2^-$	4,4	0,2	110,7	4,2	0,2	106,3
$N-NH_4^+$	103,3	4,2	4,7	97,8	5,0	4,6
Tổng P	383,7	15,6	411,3	363,1	18,5	394,7
$P-PO_4^{3-}$	172,6	7,0	185,1	163,4	8,3	177,6

3.2. Biến động CLMT nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

3.2.1. Biến động chất lượng môi trường nước nuôi cá lồng VV Cát Bà - Hải Phòng, VB Vĩnh Tân - Bình Thuận, VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Biến động giá trị RQtb của nước vùng nuôi cá biển được thể hiện trong Bảng 4; phản ánh CLMT nước bị suy giảm, có dấu hiệu ô nhiễm; mức độ rủi ro môi trường mùa mưa cao hơn mùa khô; môi trường nước khu vực nuôi Long Sơn kém nhất, tiếp đến là Cát Bà và Vĩnh Tân.

Bảng 4. Biến động giá trị RQtb (tính theo TCVN) của nước nuôi cá lồng biển tại VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân, VCS Long Sơn

Thời gian	Cát Bà - Hải Phòng		Vĩnh Tân - Bình Thuận		Long Sơn - Vũng Tàu	
	Tháng 5	Tháng 10	Tháng 5	Tháng 10	Tháng 5	Tháng 10
2018	2,60	2,33	-	-	1,56	3,83
2019	1,24	3,54	0,91	1,13	2,16	2,97
2020	1,28	1,57	0,87	1,31	2,54	2,47
2021	1,14	1,57	1,09	1,03	2,41	2,11
2022	1,40	0,99	0,68	0,74	1,11	1,88
<i>Tr. Bình các năm</i>	1,55	2,10	0,88	1,05	1,94	2,64

Ghi chú: RQtt ≤ 1 1 < RQ ≤ 1,25 1,25 < RQ ≤ 1,5 RQ > 1,5

3.2.2. Biến động RQ dinh dưỡng của nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

- *Vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng:* Biến động giá trị RQN-NH₄⁺, RQP-PO₄³⁻ của nước khu vực nuôi dao động trong khoảng 1,25 - 6,0, tỷ lệ 100% giá trị RQ vượt ngưỡng 1,0 và có xu hướng giảm trong thời gian 2018 - 2022; tỷ lệ 40% giá trị RQN-NO₂⁻ của nước cao hơn giá trị ngưỡng 1,0.

- *Vùng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận:* Trong thời gian 2019 - 2022, tỷ lệ 87,5% giá trị RQN-NH₄⁺ và tỷ lệ 75% giá trị RQP-PO₄³⁻ của nước khu vực nuôi cao hơn giá trị ngưỡng 1,0 và có xu hướng giảm; ngược lại, giá trị RQN-NO₂⁻ và RQN-NO₃⁻ thấp hơn 1,0 nhưng có xu hướng tăng.

- *Vùng cửa sông Long Sơn - Vũng Tàu:* Cả 4 thông số có giá trị RQ cao, trong đó tỷ lệ 100% giá trị RQN-NO₂⁻, tỷ lệ 90% giá trị RQN-NH₄⁺ và tỷ lệ 50% giá trị RQN-NO₃⁻, RQP-PO₄³⁻ của nước khu vực nuôi cao hơn giá trị ngưỡng 1,0. Giai đoạn 2018 - 2020, giá trị RQ dinh dưỡng cao và giảm trong thời gian 2021 - 2022.

3.3. Động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

3.3.1. Động thái dinh dưỡng N ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, Tổng N) và P ($P-PO_4^{3-}$, Tổng P) trong nước nuôi cá lồng vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng

Xác định được chênh lệch dinh dưỡng N, P theo thời gian trong ngày và chu kỳ triều tại khu vực nuôi vào cuối mùa mưa cao hơn cuối mùa khô, tầng mặt cao hơn tầng đáy (Bảng 5, Bảng 6); biến động N, P phụ thuộc chu kỳ triều theo thời gian ngày và đêm, tầng mặt và tầng đáy; khi nước ròng vào ban đêm, hàm lượng dinh dưỡng N, P tăng cao; khi nước ròng vào ban ngày, dinh dưỡng N, P giảm do quá trình quang hợp tiêu thụ; khi nước lớn vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm hơn so với lúc nước lớn vào ban đêm do quá trình phân hủy chất ô nhiễm bổ sung dinh dưỡng N, P.

Bảng 5. Biến động $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$ và T-N trong nước nuôi cá lồng theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng

Giá trị	$N-NH_4^+$ (mg/l)		$N-NO_2^-$ (mg/l)		$N-NO_3^-$ (mg/l)		Tổng N (mg/l)	
	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14
Thời gian: Từ 7 giờ ngày 16/5 đến 9 giờ ngày 17/5/2021 vào mùa khô								
Giá trị NN	0,166	0,151	0,013	0,018	0,029	0,033	0,220	0,216
Giá trị LN	0,323	0,384	0,017	0,024	0,038	0,043	0,383	0,423
Giá trị TB	0,236	0,269	0,016	0,021	0,034	0,037	0,287	0,335
Giá trị LN - NN	0,157	0,233	0,004	0,006	0,009	0,010	0,163	0,207
Thời gian: Từ 6 giờ ngày 6/9 đến 8 giờ ngày 7/9/2021 vào mùa mưa								
Giá trị NN	0,125	0,156	0,008	0,010	0,022	0,039	0,437	0,517
Giá trị LN	0,312	0,361	0,016	0,018	0,135	0,165	0,694	0,819
Giá trị TB	0,223	0,250	0,012	0,014	0,065	0,078	0,532	0,652
Giá trị LN - NN	0,187	0,205	0,008	0,008	0,113	0,126	0,257	0,302

Bảng 6. Biến động dinh dưỡng P trong môi trường nước nuôi cá lồng theo thời gian tại VV Cát Bà - Hải Phòng

Thời gian/ Giá trị	Từ 7 giờ ngày 16/5 đến 9 giờ ngày 17/5/2021 vào mùa khô				Từ 6 giờ ngày 6/9 đến 8 giờ ngày 7/9/2021 vào mùa mưa			
	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		Tổng P (mg/l)		P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		Tổng P (mg/l)	
	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14	TM n=14	TĐ n=14
Giá trị NN	0,022	0,021	0,283	0,278	0,021	0,024	0,204	0,222
Giá trị LN	0,041	0,043	0,410	0,445	0,046	0,052	0,332	0,352
Giá trị TB	0,033	0,034	0,320	0,339	0,032	0,037	0,270	0,314
<i>Giá trị LN - NN</i>	0,019	0,022	0,127	0,167	0,025	0,028	0,128	0,130

3.3.2. Động thái dinh dưỡng N (N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, T-N) và P (P-PO₄³⁻, T-P) trong nước nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Đối với chế độ bán nhật triều tại khu vực Vĩnh Tân, biến động hàm lượng N, P thường trễ pha hơn so với thủy triều (tăng vào chu kỳ triều thứ hai xuống - lúc nước ròng). Chênh lệch dinh dưỡng N, P theo thời gian và chu kỳ triều thể hiện rõ dinh dưỡng N, P gia tăng phụ thuộc vào chu kỳ triều theo thời gian ngày và đêm, tầng mặt và tầng đáy (Bảng 7, Bảng 8); khi nước ròng vào ban đêm, hàm lượng N, P tăng cao và khi nước ròng vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm do quá trình quang hợp tiêu thụ; khi nước lớn vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm hơn so với lúc nước lớn vào ban đêm.

Bảng 7. Biến động hàm lượng N trong môi trường nước nuôi cá biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Giá trị	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N-NO ₂ ⁻ (mg/l)		N-NO ₃ ⁻ (mg/l)		Tổng N (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Thời gian: Từ 6 giờ ngày 10/5 đến 6 giờ ngày 11/5/2021 vào mùa khô								
Giá trị NN	0,050	0,079	0,005	0,007	0,008	0,010	0,089	0,111

Giá trị LN	0,245	0,310	0,010	0,012	0,027	0,033	0,294	0,363
Giá trị TB	0,146	0,206	0,007	0,009	0,016	0,020	0,180	0,250
<i>Giá trị LN - NN</i>	0,195	0,231	0,005	0,005	0,019	0,023	0,205	0,252
Thời gian: Từ 6 giờ ngày 14/10 đến 6 giờ ngày 15/10/2021 vào mùa mưa								
Giá trị NN	0,021	0,028	0,006	0,007	0,024	0,030	0,078	0,095
Giá trị LN	0,056	0,088	0,010	0,012	0,053	0,085	0,121	0,165
Giá trị TB	0,032	0,049	0,008	0,010	0,035	0,049	0,095	0,125
<i>Giá trị LN - NN</i>	0,035	0,060	0,004	0,005	0,030	0,055	0,043	0,070

Bảng 8. Biến động hàm lượng P trong nước khu vực nuôi cá biển theo thời gian tại VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thời gian/ Giá trị	Từ 6 giờ ngày 10/5 đến 6 giờ ngày 11/5/2021 vào mùa khô				Từ 6 giờ ngày 14/10 đến 6 giờ ngày 15/10/2021 vào mùa mưa			
	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		T-P (mg/l)		P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		Tổng P (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,003	0,006	0,018	0,021	0,004	0,033	0,012	0,040
Giá trị LN	0,026	0,039	0,068	0,094	0,018	0,063	0,056	0,080
Giá trị TB	0,024	0,032	0,038	0,048	0,027	0,047	0,035	0,055
<i>Giá trị LN-NN</i>	0,023	0,033	0,050	0,073	0,014	0,030	0,035	0,040

3.3.3. Động thái dinh dưỡng N ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, T-N) và P ($P-PO_4^{3-}$, T-P) trong nước khu vực nuôi cá lồng VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Đối với chế độ bán nhật triều tại khu vực Long Sơn: biến động hàm lượng N, P thường trễ pha hơn so với thủy triều (dinh dưỡng trong nước tăng vào chu kỳ triều thứ hai xuống - lúc nước ròng). Chênh lệch hàm lượng N, P theo thời gian và chu kỳ triều tại khu vực nuôi; dinh dưỡng N, P gia tăng phụ thuộc vào chu kỳ triều theo thời gian ngày và đêm; khi nước ròng vào ban đêm, hàm lượng N, P tăng cao; khi nước ròng vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm do quá trình quang hợp tiêu thụ; khi nước lớn vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm hơn so với lúc nước lớn vào ban đêm.

Bảng 9. Biến động hàm lượng N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ và T-N trong nước khu vực nuôi cá biển theo thời gian tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu

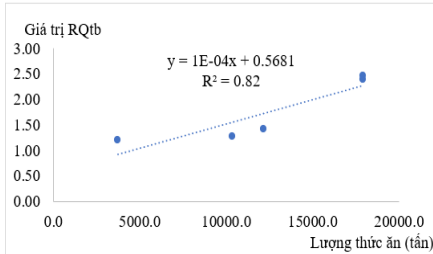
Giá trị	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N-NO ₂ ⁻ (mg/l)		N-NO ₃ ⁻ (mg/l)		T-N (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Thời gian: Từ 6 giờ ngày 14/5 đến 6 giờ ngày 15/5/2021 vào mùa khô								
Giá trị NN	0,080	0,227	0,020	0,026	0,268	0,325	0,426	0,610
Giá trị LN	0,450	0,588	0,038	0,049	0,567	0,612	1,055	1,269
Giá trị TB	0,234	0,378	0,028	0,038	0,395	0,450	0,690	0,925
Giá trị LN-NN	0,370	0,361	0,018	0,023	0,299	0,287	0,629	0,659
Thời gian: Từ 6 giờ ngày 19/10 đến 6 giờ ngày 20/10/2021 vào mùa mưa								
Giá trị NN	0,120	0,319	0,019	0,025	0,102	0,207	0,245	0,551
Giá trị LN	0,413	0,567	0,031	0,049	0,169	0,521	0,603	1,137
Giá trị TB	0,229	0,419	0,026	0,036	0,134	0,353	0,389	0,807
Giá trị LN-NN	0,293	0,248	0,012	0,024	0,067	0,314	0,358	0,586

Bảng 10. Biến động hàm lượng P trong nước khu vực nuôi cá biển theo thời gian tại VCS Long Sơn - Vũng Tàu

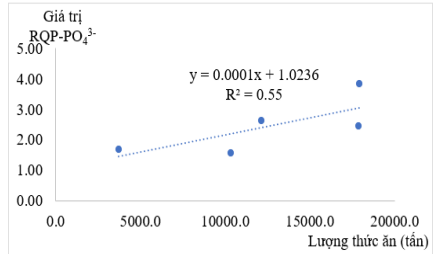
Thời gian/ Giá trị	Từ 6 giờ ngày 14/5 đến 6 giờ ngày 15/5/2021 vào mùa khô				Từ 6 giờ ngày 19/10 đến 6 giờ ngày 20/10/2021 vào mùa mưa			
	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		T-P (mg/l)		P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)		T-P (mg/l)	
	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13	TM n=13	TĐ n=13
Giá trị NN	0,027	0,026	0,165	0,205	0,028	0,033	0,441	0,481
Giá trị LN	0,044	0,049	0,275	0,345	0,044	0,054	0,481	0,612
Giá trị TB	0,036	0,039	0,224	0,272	0,035	0,043	0,459	0,533
Giá trị LN-NN	0,017	0,023	0,110	0,140	0,016	0,021	0,040	0,131

3.3.4. Đánh giá biến động tương quan giữa số lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường dinh dưỡng N, P trong nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

- *Vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng*: Nghiên cứu cho thấy có mối tương quan giữa lượng thức ăn cá tạp dùng cho nuôi cá lồng biển và giá trị chỉ số RQtb của nước khu vực nuôi Cát Bà - Hải Phòng thể hiện trong Hình 1.a. Hệ số tương quan $R^2 = 0,82$ thể hiện mối tương quan thuận giữa lượng thức ăn ảnh hưởng đến CLMT nước khu vực nuôi. Mối tương quan thuận giữa lượng thức ăn với giá trị RQ P- PO_4^{3-} trong nước cũng thể hiện rõ với $R^2 = 0,55$ (Hình 1.b). Đối với thông số dinh dưỡng N, ghi nhận tương quan thuận với $R^2 = 0,39$ giữa lượng thức ăn với giá trị RQN- NH_4^+ .



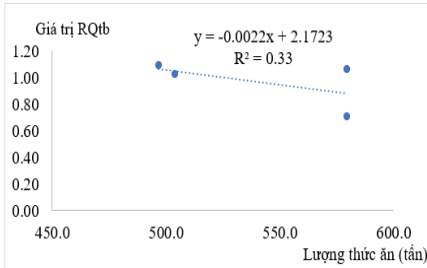
a. Lượng thức ăn với RQtb



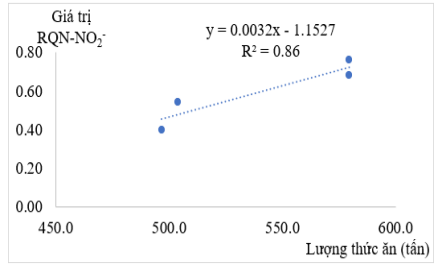
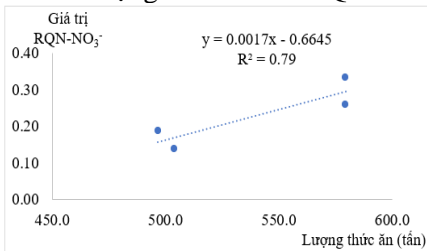
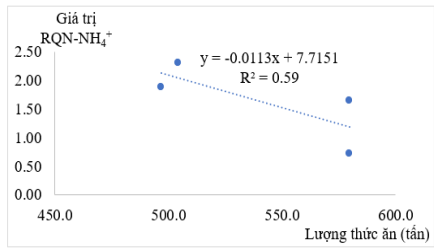
b. Lượng thức ăn với RQP- PO_4^{3-}

Hình 1. Tương quan lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường tại khu vực nuôi cá lồng biển VV Cát Bà

- *Vùng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận*: Nghiên cứu tương quan giữa lượng thức ăn với giá trị RQtb của nước khu vực nuôi cá lồng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận cho hệ số xác định thấp $R^2 = 0,33$ thể hiện tương quan yếu (Hình 2.a). Xét theo khía cạnh từng thông số, cả 3 thông số dinh dưỡng N đều có mối tương quan thuận với lượng thức ăn, trong đó với giá trị RQN- NO_2^- có hệ số $R^2 = 0,86$ cao nhất (Hình 2.b); với giá trị RQN- NO_3^- có hệ số $R^2 = 0,79$ (Hình 2.c) và với giá trị RQN- NH_4^+ có hệ số $R^2 = 0,59$ (Hình 2.d). Kết quả này phản ánh ảnh hưởng trực diện của lượng thức ăn dư thừa trong điều kiện nhiệt độ cao (đặc điểm khu vực miền Trung) sẽ phân hủy ngay gây ảnh hưởng đến nước khu vực nuôi cá lồng biển tại Vĩnh Tân - Bình Thuận.

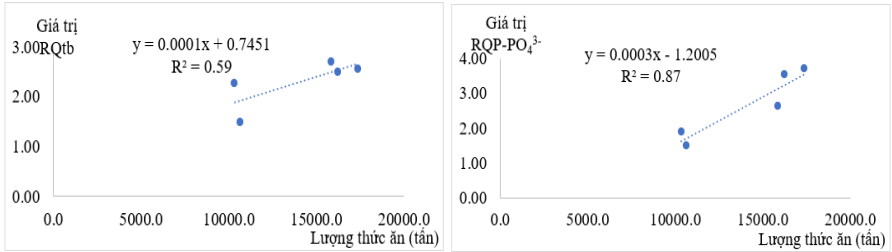


a. Lượng thức ăn với RQtb

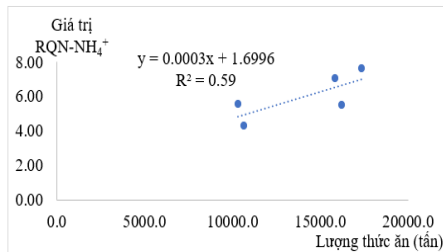
b. Lượng thức ăn với RQN-NO₂⁻c. Lượng thức ăn với RQN-NO₃⁻d. Lượng thức ăn với RQN-NH₄⁺

Hình 2. Tương quan lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường tại khu vực nuôi cá biển VB Vĩnh Tân

- *Vùng cửa sông Long Sơn - Vũng Tàu:* Nghiên cứu tương quan giữa lượng thức ăn là cá tạp với giá trị RQtb của nước cho $R^2 = 0,59$ thể hiện mối tương quan thuận không cao (Hình 3.a). Xét tương quan lượng thức ăn với thông số dinh dưỡng N, P: ghi nhận tương quan thuận với giá trị RQP-PO₄³⁻ có hệ số xác định khá cao $R^2 = 0,87$ (Hình 3.b); tương quan thuận với giá trị RQN-NH₄⁺ có giá trị $R^2 = 0,59$ (Hình 3.c). Với kết quả nghiên cứu này phản ánh vị trí khu vực nuôi cửa sông, chế độ triều bán nhật triều trong ngày đã khuếch tán, vận chuyển chất ô nhiễm pha loãng ra diện rộng góp phần làm giảm ô nhiễm khu vực cửa sông, ven biển; ngoài ra tương quan thuận giá trị R^2 cao giữa lượng thức ăn với giá trị RQP-PO₄³⁻ cho thấy nguồn chất thải từ nguồn lục địa (lượng P-PO₄³⁻ lớn) góp phần tác động đến CLMT nước nuôi cá lồng biển vùng cửa sông Long Sơn - Vũng Tàu.



a. Lượng thức ăn với RQtb

b. Lượng thức ăn với RQP- PO_4^{3-} c. Lượng thức ăn với RON- NH_4^+

Hình 3. Tương quan lượng thức ăn với hệ số rủi ro môi trường tại khu vực nuôi cá biển VCS Long Sơn

3.4. Quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

3.4.1. Tỷ lệ N:P trong nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

Nghiên cứu tỷ lệ N/P trong môi trường nước gồm tỷ lệ N- NH_4^+ : N- NO_3^- : N- NO_2^- (tỷ lệ A), tỷ lệ N- NH_4^+ : P- PO_4^{3-} (tỷ lệ B), tỷ lệ Tổng N : Tổng P (tỷ lệ C).

Kết quả nghiên cứu tỷ lệ N : P của nước khu vực nuôi cá lồng biển cho thấy: Môi trường nước tại 3 khu vực nuôi trong tình trạng giới hạn P do tỷ lệ C cao. Tỷ lệ A trong nước xu hướng tăng đối với thông số N- NH_4^+ . Tỷ lệ B trong nước biến động mạnh trong những năm gần đây và dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng trong nước từ N- NH_4^+ sang P- PO_4^{3-} tại khu vực nuôi Cát Bà - Hải Phòng và Vĩnh Tân - Bình Thuận; riêng khu vực nuôi Long Sơn

- Vũng Tàu, trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng N- NH_4^+ và P- PO_4^{3-} đan xen trong các năm nghiên cứu.

Bảng 11. Biến động tỷ lệ T-N/T-P của nước khu vực nuôi cá biển tại Cát Bà, Vĩnh Tân, Long Sơn

Thời gian/Khu vực		Cát Bà - Hải Phòng	Vĩnh Tân - Bình Thuận	Long Sơn - Vũng Tàu
2018	Tháng 5	26,2	-	7,1
	Tháng 10	23,3	-	22,0
2019	Tháng 5	20,2	8,5	25,3
	Tháng 10	14,6	12,2	11,4
2020	Tháng 5	14,8	7,8	16,6
	Tháng 10	14,6	5,2	16,8
2021	Tháng 5	22,4	7,4	40,9
	Tháng 10	24,1	4,7	20,1
2022	Tháng 5	19,4	5,7	14,8
	Tháng 10	14,7	3,7	25,4
<i>TB mùa khô</i>		20,6	7,2	20,9
<i>TB mùa mưa</i>		16,2	6,2	17,1
TB các năm		18,7	7,2	19,0

Trong môi trường nước khu vực nuôi, hàm lượng dinh dưỡng N nhiều hơn dinh dưỡng P nên tỷ lệ T-N/T-P của nước cao. Khi hàm lượng N và P trong nước cao dẫn đến giá trị RQtb cao đồng thời phản ánh mức độ ô nhiễm của vùng nước khu vực nuôi; khi tỷ lệ T-N/T-P trong nước cao thì cũng ghi nhận giá trị RQtb của nước cao.

Bảng 12. Tổng hợp giá trị tỷ lệ T-N/T-P và giá trị RQtb của nước khu vực nuôi cá biển tại Cát Bà - Hải Phòng, Vĩnh Tân - Bình Thuận, Long Sơn - Vũng Tàu

Giá trị	Cát Bà		Vĩnh Tân		Long Sơn	
	Tổng N:P	Chỉ số RQtb	Tổng N:P	Chỉ số RQtb	Tổng N:P	Chỉ số RQtb
Nhỏ nhất	2,05	0,58	1,56	0,42	1,21	0,77
Lớn nhất	86,96	8,26	19,18	3,79	65,78	6,51
Tr. bình	18,65	1,87	7,23	0,99	19,03	2,33

3.4.2. Tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N và P của nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

a. Tại khu vực nuôi cá biển vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng

Tổng hợp, phân tích chuỗi số liệu dinh dưỡng N và P trong nước khu vực nuôi cá lồng vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng từ năm 2005 - 2021: Tương quan giữa $N-NO_2^-$ với T-N; $N-NO_3^-$ với T-N; $N-NH_4^+$ với T-N; T-N với T-P và $P-PO_4^{3-}$ với T-P là tương quan đồng biến dương (Bảng 13). Tương quan giữa thông số $N-NH_4^+$ với T-N có $r = 0,50$; tương quan giữa thông số $N-NO_2^-$ với $N-NO_3^-$ có hệ số tương quan $r = 0,45$.

Hệ số tương quan các cặp thông số dinh dưỡng có giá trị thấp và đồng biến, chứng tỏ khu vực nuôi cá lồng biển có quá trình tự làm sạch môi trường các chất hữu dinh dưỡng N và P cao do quá trình quang hợp và sự chuyển hóa mạnh các chất dinh dưỡng theo chu trình chuyển hóa của N về dạng $N-NO_3^-$. Tương quan Tổng N và Tổng P có giá trị đồng biến thấp chứng tỏ nguồn cung cấp P từ phù sa do các vùng cửa sông ven bờ chi phối lớn.

Bảng 13. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa các thông số $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$, T-N, T-P trong nước khu vực nuôi cá biển VV Cát Bà - Hải Phòng

Thông số	$N-NO_2^-$ (n=455)	$N-NO_3^-$ (n=511)	$N-NH_4^+$ (n=509)	$P-PO_4^{3-}$ (n=509)	T-N (n=512)	T-P (n=511)
$N-NO_2^-$	1					
$N-NO_3^-$	0,45	1				
$N-NH_4^+$	0,14	0,11	1			
$P-PO_4^{3-}$	0,17	0,20	0,01	1		
T-N	0,12	0,20	0,50	0,10	1	
T-P	0,07	0,17	0,27	0,26	0,25	1

b. Tại khu vực nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Khu vực nuôi Vĩnh Tân - Bình Thuận ở vùng biển hở nên quá trình trao đổi nước thuận lợi hơn các vùng biển khác. Kết quả nghiên cứu tương

quan giữa thông số dinh dưỡng N và P thể hiện rõ tương quan dương mạnh với cặp thông số N-NH₄⁺ với Tổng N có hệ số r = 0,99; cặp thông số P-PO₄³⁻ với Tổng P có hệ số r = 0,98; cặp thông số N-NO₂⁻ với N-NO₃⁻ có r = 0,82. Tương quan nghịch với cặp thông số N-NH₄⁺ với N-NO₂⁻ có r = - 0,32 và cặp thông số N-NH₄⁺ với N-NO₃⁻ có r = - 0,033.

Bảng 14. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa các thông số dinh dưỡng N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, Tổng N, P-PO₄³⁻, T-P trong nước khu vực nuôi cá lồng VB Vĩnh Tân - Bình Thuận

Thông số	N-NO ₂ ⁻ (n=96)	N-NO ₃ ⁻ (n=96)	N-NH ₄ ⁺ (n=96)	Tổng N (n=96)	P-PO ₄ ³⁻ (n=96)	T-P (n=96)
N-NO ₂ ⁻	1					
N-NO ₃ ⁻	0,82	1				
N-NH ₄ ⁺	-0,32	-0,33	1			
Tổng N	-0,18	-0,17	0,99	1		
P-PO ₄ ³⁻	0,22	0,24	0,19	0,25	1	
T-P	0,21	0,24	0,29	0,34	0,98	1

Mối tương quan này cho thấy khả năng phân hủy chất ô nhiễm trong nước vùng nước mạnh, giải phóng chất ô nhiễm dưới dạng dinh dưỡng N và P, quá trình phân hủy diễn ra kết hợp với khả năng pha loãng, khuếch tán mạnh chất ô nhiễm hạn chế sự lắng đọng xuống nền đáy khu vực nuôi. Những lý do này làm cho môi trường nước khu vực nuôi Vĩnh Tân còn tốt so với TCVN và nước biển tự nhiên biển khơi.

c. Tại khu vực nuôi cá biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Khu vực nuôi cá biển nằm ở cửa sông Chà Và - Long Sơn, thủy triều theo chế độ bán nhật triều trong khu vực ảnh hưởng đến sự xáo trộn các chất dinh dưỡng trong nước, đây cũng là đặc điểm chung của khu vực cửa sông.

Hệ số tương quan của N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ là tương quan đồng biến có giá trị dương thấp và tương quan giữa N-NH₄⁺ với N-NO₂⁻ và N-NO₃⁻ là nghịch biến có giá trị âm thấp. Điều này chứng tỏ khả năng chuyển hóa các dạng tồn tại của dinh dưỡng N trong môi trường nước tại khu vực nuôi nhanh,

khả năng tự làm sạch môi trường cao và sức tải môi trường lớn. Tương quan giữa thông số T-N với T-P là đồng biến và có giá trị dương thấp chứng tỏ khu vực bị tác động rất lớn bởi dinh dưỡng từ nguồn nước lục địa đưa ra.

Bảng 15. Bảng ma trận hệ số tương quan (r) giữa các thông số dinh dưỡng N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, T-N, P-PO₄³⁻, T-P trong nước khu vực nuôi cá biển VCS Long Sơn - Vũng Tàu

Thông số	N-NO ₂ ⁻ (n=238)	N-NO ₃ ⁻ (n=270)	N-NH ₄ ⁺ (n=271)	T-N (n=210)	P-PO ₄ ³⁻ (n=266)	T-P (n=223)
N-NO ₂ ⁻	1					
N-NO ₃ ⁻	0,16	1				
N-NH ₄ ⁺	-0,12	-0,17	1			
T-N	-0,06	-0,26	0,03	1		
P-PO ₄ ³⁻	0,10	0,07	-0,07	-0,01	1	
T-P	0,21	0,08	0,21	0,19	0,12	1

3.5. Đề xuất mô hình quản lý môi trường khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam

a. Quy trình quản lý môi trường KV nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

Cần thực hiện đồng độ quy trình QLMT nuôi cá lồng biển từ cấp quốc gia, địa phương đến chủ cơ sở nuôi cá lồng biển. Các nội dung công việc của từng cấp theo sơ đồ trong Hình 4.

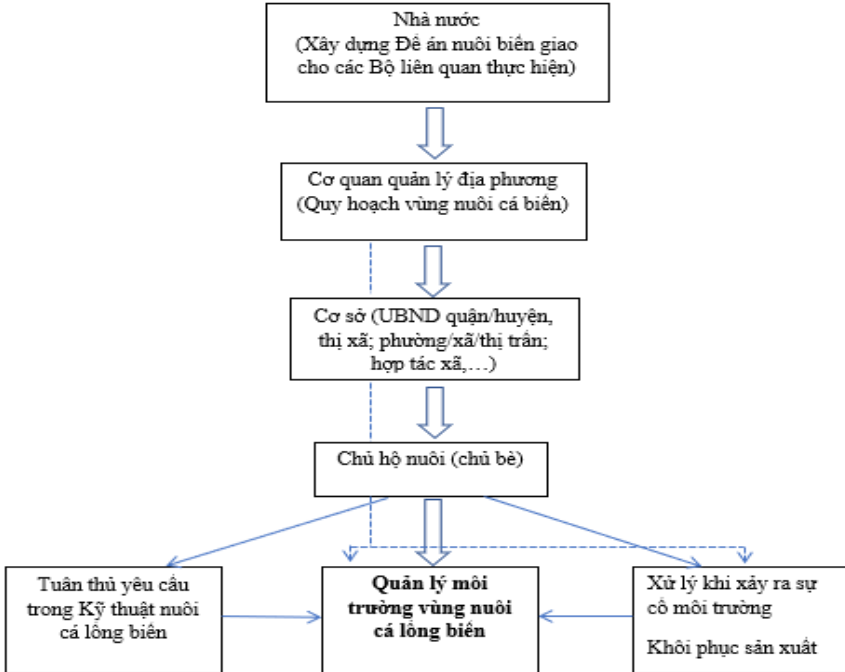
b. Hoạt động quản lý môi trường KV nuôi cá lồng vùng biển ven bờ

- Tổ chức, quản lý:

+ **Quốc gia (nhà nước):** Xây dựng đề án nuôi biển cho quốc gia dựa trên các điều kiện tự nhiên của từng vùng, khu vực ven biển. Phát triển nuôi cá lồng biển trên cơ sở định hướng phát triển của quốc gia kèm theo các phương án BVMT để phát triển bền vững hoạt động nuôi cá biển.

+ **Địa phương:** Đối với tỉnh/thành phố do Sở NN&PTNT thực hiện trên cơ sở lập đề án nuôi thủy sản lồng bè tại địa phương phù hợp với định hướng phát triển nuôi cá lồng biển dựa trên sức chịu tải môi trường của thủy vực

được quy hoạch phát triển nuôi cá lồng biển. Xây dựng các hoạt động BVMT đối với khu vực nuôi cá lồng biển tại địa phương.



Hình 4. Quản lý môi trường nước nuôi cá lồng biển vùng biển ven bờ

+ **Địa điểm nuôi:** Do UBND xã/phường quản lý chung, giao cho cán bộ phụ trách thủy sản, QLMT và hoạt động nuôi cá biển trên địa bàn xã/phường.

+ **Hộ nuôi:** Thực hiện các hoạt động nuôi cá lồng biển của từng chủ hộ nuôi; Nâng cao nhận thức và thực hiện các công việc BVMT đối với khu vực nuôi cá lồng biển tại địa điểm nuôi, đối với ô lồng nuôi của từng hộ.

- **Các biện pháp kỹ thuật:**

+ **Giảm thiểu chất ô nhiễm:**

Cho ăn đủ, đúng thời điểm theo đặc điểm sinh học (độ tuổi, loại thức ăn, lượng thức ăn). Nuôi đan xen các đối tượng nuôi (cá ăn tầng đáy, tầng

giữa, tầng mặt) để giảm thiểu chất ô nhiễm lơ lửng trong nước khu vực nuôi. Tuân thủ kỹ thuật nuôi với từng đối tượng cá biển nuôi để giảm thiểu lượng thức ăn thừa, lượng chất bài tiết từ đối tượng nuôi.

Quản lý chất thải phát sinh trong quá trình nuôi (thu gom các loại chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi).

Chọn địa điểm lưu thông nước tốt, an toàn cho bè (hoạt động nuôi), hoặc định kỳ di chuyển vị trí lồng bè nuôi để hạn chế tích tụ chất ô nhiễm ở tầng đáy khu vực nuôi. Các hộ nuôi cần làm vệ sinh lồng nuôi 1-2 lần/tháng để đảm bảo bè mặt lưới thông thoáng, trao đổi nước tốt hơn và tránh được các ô nhiễm bám trên lưới lồng nuôi.

Phát triển nuôi cá biển tại địa phương theo đúng quy hoạch nuôi của địa phương (đúng khu vực được cấp phép nuôi, số lượng ô lồng, mật độ nuôi đối với từng đối tượng cá biển nuôi).

+ Ứng phó khi ô nhiễm:

Chủ cơ sở nuôi cá lồng biển phải thường xuyên giám sát môi trường nước tại ô lồng và xung quang khu vực nuôi; quan trắc CLMT, phát hiện sớm nhất những dấu hiệu thay đổi, biến đổi môi trường. Thời điểm nước đứng, môi trường nước tĩnh cần tăng cường sục khí cấp ôxy cho đối tượng cá nuôi.

Xử lý ngay khi phát hiện những thay đổi môi trường (phạm vi hẹp); báo cáo UBND xã (cán bộ theo dõi NTTS) khi có dấu hiệu môi trường bất thường; UBND xã báo cáo cấp huyện, cấp tỉnh để xử lý kịp thời.

+ Xử lý ô nhiễm:

Khoanh vùng môi trường nước khu vực bị ô nhiễm để có phương án ứng phó kịp thời; thu gom chất thải gây ô nhiễm, xác cá biển nuôi bị chết do sự cố môi trường gây ra.

Xử lý: Biện pháp xử lý chất thải sinh hoạt từ nuôi cá lồng biển. Thu gom, chứa đựng, xử lý xác đối tượng cá biển nuôi bị chết. Xử lý lồng bè, dụng cụ nuôi khi môi trường nuôi bị ô nhiễm.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

- Dinh dưỡng N, P tại khu vực nuôi cá biển Cát Bà, Long Sơn có xu hướng gia tăng từ năm 2018 - 2020, giảm trong năm 2021 - 2022. Giá trị RQtb ở mức nguy cơ ô nhiễm cao tại Cát Bà, Long Sơn và ở mức nguy cơ thấp tại Vĩnh Tân. Giá trị RQN-NH₄⁺, RQP-PO₄³⁻ của nước nuôi cá biển vùng ven bờ cao hơn so với vùng nước biển khơi.

- Nghiên cứu động thái dinh dưỡng N, P trong nước nuôi cá biển; xác định mối tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N và P; tỷ lệ N và P trong nước nuôi cá biển tại VV Cát Bà, VB Vĩnh Tân và VCS Long Sơn.

+ Xác định được chênh lệch dinh dưỡng N, P theo thời gian trong ngày và chu kỳ triều tại khu vực nuôi; dinh dưỡng N, P gia tăng phụ thuộc vào chu kỳ triều theo thời gian ngày và đêm; khi nước ròng vào ban đêm, hàm lượng N, P tăng cao; khi nước ròng vào ban ngày, hàm lượng N, P giảm do quá trình quang hợp tiêu thụ; khi nước lớn vào ban ngày thì lượng dinh dưỡng N, P giảm hơn lúc nước lớn vào ban đêm (do quá trình phân hủy chất ô nhiễm bổ sung dinh dưỡng N, P). Đối với chế độ bán nhật triều tại khu vực Long Sơn, Vĩnh Tân: biến động hàm lượng N, P thường trễ pha so với thủy triều (chu kỳ triều thứ hai xuống - nước ròng, dinh dưỡng trong nước tăng).

+ Tỷ lệ N/P trong nước khu vực nuôi cá biển: Môi trường nước tại 3 khu vực nuôi trong tình trạng giới hạn P do tỷ lệ C cao. Tỷ lệ A trong nước xu hướng tăng đối với thông số N-NH₄⁺. Tỷ lệ B trong nước biến động mạnh trong những năm gần đây và dịch chuyển trạng thái dinh dưỡng trong nước từ N-NH₄⁺ sang P-PO₄³⁻ tại Cát Bà và Vĩnh Tân; riêng khu vực nuôi Long Sơn, trạng thái dịch chuyển dinh dưỡng N-NH₄⁺ và P-PO₄³⁻ đan xen trong các năm nghiên cứu. Các biến đổi trạng thái dinh dưỡng trong nước phụ thuộc vào chính hoạt động nuôi, điều kiện tự nhiên khu vực nuôi.

+ Tại VV Cát Bà, hệ số tương quan các cặp thông số dinh dưỡng có giá trị thấp và đồng biến, chứng tỏ khu vực nuôi cá lồng biển có quá trình tự

làm sạch môi trường các chất dinh dưỡng N, P cao do quá trình quang hợp và sự chuyển hóa mạnh các chất dinh dưỡng theo chu trình chuyển hóa của N về dạng $N-NO_3^-$. Tương quan T-N và T-P có giá trị đồng biến thấp chứng tỏ nguồn cung cấp P từ phù sa do các vùng cửa sông ven bờ chi phối lớn.

+ Tại VB Vĩnh Tân, hệ số tương quan giữa thông số N và P thể hiện rõ tương quan dương mạnh với cặp thông số $N-NH_4^+$ với Tổng N; cặp thông số $P-PO_4^{3-}$ với Tổng P; cặp thông số $N-NO_2^-$ với $N-NO_3^-$ có $r = 0,82$. Tương quan nghịch với cặp thông số $N-NH_4^+$ với $N-NO_2^-$ và cặp thông số $N-NH_4^+$ với $N-NO_3^-$. Mối tương quan này cho thấy khả năng phân hủy chất ô nhiễm trong nước mạnh, giải phóng chất ô nhiễm dưới dạng dinh dưỡng N và P, quá trình phân hủy diễn ra kết hợp với khả năng pha loãng, khuếch tán mạnh chất ô nhiễm hạn chế sự lắng đọng xuống nền đáy khu vực nuôi.

+ Tại VCS Long Sơn, hệ số tương quan của $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ là tương quan đồng biến có giá trị dương thấp và tương quan giữa $N-NH_4^+$ với $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ là nghịch biến có giá trị âm thấp. Điều này chứng tỏ khả năng chuyển hóa các dạng tồn tại của dinh dưỡng N trong nước tại khu vực nuôi nhanh, khả năng tự làm sạch môi trường cao và sức tải môi trường lớn. Tương quan giữa thông số T-N với T-P là đồng biến và có giá trị dương thấp chứng tỏ khu vực chịu tác động lớn bởi dinh dưỡng từ nguồn lục địa đưa ra.

- Đề xuất được giải pháp chung và giải pháp cụ thể cho từng khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ; đề xuất được mô hình QLMT khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam.

2. Kiến nghị

Nghiên cứu sâu mối quan hệ giữa các thông số dinh dưỡng N và P khi nước bị ô nhiễm N và P gây hại đến môi trường khu vực nuôi cá biển.

Nghiên cứu các giải pháp kiểm soát, xử lý ngay tại chỗ khi môi trường nước nuôi cá lồng biển bị ô nhiễm và xử lý chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi cá biển bằng lồng bè.

NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

1. Xác định được động thái dinh dưỡng N và P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ theo thời gian (ngày, tháng, mùa, năm) tại 3 khu vực nghiên cứu (vùng vịnh Cát Bà - Hải Phòng, vùng biển Vĩnh Tân - Bình Thuận, vùng cửa sông Long Sơn - Vũng Tàu) gồm:
 - Xác định được biến động hàm lượng dinh dưỡng N ($N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, T-N) và P ($P-PO_4^{3-}$, T-P) trong môi trường nước nuôi cá biển bằng lồng bè tại vùng vịnh Cát Bà, vùng biển Vĩnh Tân và vùng cửa sông Long Sơn.
 - Xác định được tỷ lệ N/P (cụ thể tỷ lệ A là $N-NH_4^+/N-NO_3^-/N-NO_2^-$; tỷ lệ B là $N-NH_4^+/P-PO_4^{3-}$ và tỷ lệ C là T-N/T-P) trong môi trường nước khu vực nuôi cá lồng vùng biển ven bờ tại vùng vịnh Cát Bà (11,4 : 5,1 : 1; 2,1 : 1 và 18,7 : 1); vùng biển Vĩnh Tân (13,7 : 3,9 : 1; 5,6 : 1 và 7,2 : 1); vùng cửa sông Long Sơn (17,1 : 4,8 : 1; 4,1 : 1 và 19,0 : 1).
 - Bước đầu xác định tương quan giữa các thông số dinh dưỡng N, P trong môi trường nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ; kết quả thể hiện đặc điểm dinh dưỡng trong nước của từng khu vực nuôi, phản ánh quá trình phân hủy và nguồn thải dinh dưỡng N, P tác động đến môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển.
2. Đề xuất được giải pháp tổng hợp để điều chỉnh lượng dinh dưỡng N và P trong nước nuôi cá lồng vùng biển ven bờ Việt Nam trên cơ sở kết quả nghiên cứu 3 vùng nuôi cá biển tập trung trong luận án.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Trần Quang Thu, Nguyễn Đức Cự (2019), *Biến động môi trường nước khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Tuyển tập báo cáo khoa học - Diễn đàn khoa học toàn quốc năm 2019 - Sinh học biển và phát triển bền vững, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, ISBN: 978-604-913-874-4, Hà Nội, tr. 636 - 645.
2. Trần Quang Thu, Nguyễn Đức Cự, Dương Thanh Nghị, Nguyễn Xuân Sang (2023), *Một số vấn đề môi trường tại khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ Cát Bà - Hải Phòng và Long Sơn - Vũng Tàu*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 76 (11-2023), Mã tạp chí ISSN: 1859 - 316X, tr. 90 - 96.
3. Trần Quang Thu, Nguyễn Đức Cự, Dương Thanh Nghị (2023), *Nghiên cứu động thái dinh dưỡng Nitơ và Phốt pho trong nước khu vực nuôi cá lồng biển vùng ven bờ tại Cát Bà - Hải Phòng*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 23/2023, Mã tạp chí ISSN 1859 - 4581, tr. 77 - 89.
4. Tran Quang Thu, Nguyen Duc Cu (2024), *Study of nitrogen and phosphorus nutrient dynamics in concentrated marine fish farming water environment in Long Son - Vung Tau*, Vietnam Journal of Marine Science and Technology 2024, 23 (4) 1 - 12 <https://doi.org/10.15625/1859-3097/21111> , ISSN 1859-3097; e-ISSN 2815-5904