

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN TIẾN LONG

**NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG VÀ GIẢI PHÁP
KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG VÙNG
NUÔI TÔM TẬP TRUNG TẠI QUẢNG NINH**

Chuyên ngành: Môi trường đất và nước

Mã số: 9 44 03 03

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

HÀ NỘI - 2022

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN TIẾN LONG

**NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG VÀ GIẢI PHÁP
KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG VÙNG
NUÔI TÔM TẬP TRUNG TẠI QUẢNG NINH**

Chuyên ngành: Môi trường đất và nước
Mã số: 9 44 03 03

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

- 1. PGS.TS. Đinh Vũ Thanh**
- 2. TS. Vũ Văn Dũng**

HÀ NỘI - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Nghiên cứu sinh xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng nghiên cứu sinh. Các số liệu, hình ảnh, kết quả nghiên cứu trình bày trong luận án là trung thực và chưa từng được sử dụng trong các tài liệu khác. Các tài liệu trích dẫn được chỉ rõ nguồn gốc./.

NGHIÊN CỨU SINH

Nguyễn Tiến Long

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu sinh trân trọng cảm ơn Ban giám đốc, Hội đồng đào tạo sau đại học của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam; Lãnh đạo Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã tạo điều kiện thuận lợi cho nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Nghiên cứu sinh xin trân trọng biết ơn các thầy hướng dẫn đã đồng hành, tận tình hướng dẫn, giúp đỡ và động viên nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Xin được biết ơn đến Tổng cục Thủy sản, các Trung tâm Quản trắc, cảnh báo môi trường và phòng ngừa dịch bệnh thủy sản thuộc các Viện: Nghiên cứu Hải sản, Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản I, II, III; chi cục Thủy sản Quảng Ninh, Công ty CP thủy sản Tân An và các hộ nuôi tôm; Trung tâm Phân tích và Chuyển giao công nghệ môi trường và Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông Thủy sản đã cung cấp thông tin, phối hợp thực hiện và tạo điều kiện về nguồn lực trong suốt quá trình nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Nghiên cứu sinh xin gửi lời cảm ơn đến các đồng nghiệp, bạn bè đã chia sẻ, động viên nghiên cứu sinh trong quá trình thực hiện luận án.

Và thành tâm biết ơn đến gia đình đã động viên, giúp đỡ và tạo mọi điều kiện thuận lợi để nghiên cứu sinh yên tâm hoàn thành luận án./.

NGHIÊN CỨU SINH

Nguyễn Tiến Long

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	2
3. Đối tượng nghiên cứu	3
4. Phạm vi nghiên cứu	3
5. Nội dung nghiên cứu	3
6. Phương pháp nghiên cứu	3
7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án	4
8. Những đóng góp mới của luận án	4
9. Bố cục của luận án	4
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN BIẾN ĐỘNG VÀ GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG VÙNG NUÔI TÔM TẬP TRUNG	6
1.1. Các nghiên cứu về biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới và Việt Nam	6
1.1.1. Các nghiên cứu biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới	6
1.1.2. Các nghiên cứu biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở Việt Nam	15
1.2. Các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm	21
1.2.1. Tình hình nghiên cứu về giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới	21
1.2.2. Một số nghiên cứu về giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm ở Việt Nam	26
1.3. Tình hình phát triển nuôi tôm ở Quảng Ninh	39
1.3.1. Một số đặc điểm về thời tiết và thổ nhưỡng	39
1.3.2. Diện tích, sản lượng nuôi tôm giai đoạn 2008-2018	43
1.3.3. Cơ sở hạ tầng, sử dụng chế phẩm sinh học và thuốc thú y thủy sản	44
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	49
2.1. Sơ đồ nghiên cứu của luận án	49

2.2. Phương pháp nghiên cứu-----	50
2.2.1. Lựa chọn địa điểm thu mẫu -----	50
2.2.1.1. Địa điểm thu mẫu nước cấp ven bờ ở Quảng Ninh -----	50
2.2.1.2. Địa điểm thu mẫu đất vùng nuôi tôm ở Quảng Ninh -----	51
2.2.1.3. Địa điểm thu mẫu nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải tại vùng nuôi tôm tại Tân An -----	52
2.2.2. Phương pháp thu và bảo quản mẫu-----	54
2.2.3. Phương pháp phân tích mẫu-----	54
2.2.4. Phương pháp bố trí thí nghiệm-----	56
2.2.4.1. Thử nghiệm chế phẩm sinh học giảm thiểu ô nhiễm nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm-----	56
2.2.4.2. Thử nghiệm quy trình kiểm soát chất lượng môi trường ở quy mô sản xuất -----	59
2.2.5. Phương pháp chuyên gia-----	60
2.2.5.1. Phương pháp Delphi để lựa chọn các thông số môi trường-----	60
2.2.5.2. Phương pháp SWOT đề xuất, lựa chọn các giải pháp-----	60
2.2.5.3. Xây dựng và hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường nuôi tôm tập trung -----	61
2.2.6. Phương pháp đánh giá và xử lý số liệu -----	62
2.2.7. Tài liệu sử dụng -----	65
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN-----	67
3.1. Biến động chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh -----	67
3.1.1. Biến động chất lượng nguồn nước cấp nuôi tôm -----	67
3.1.2. Biến động môi trường nền đất ao nuôi tôm -----	77
3.1.3. Biến động chất lượng môi trường nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh-----	83
3.1.3.1. Biến động chất lượng nguồn nước cấp nuôi tôm tại Tân An -----	83
3.1.3.2. Biến động chất lượng nước trong ao nuôi tôm tại Tân An-----	91
3.1.3.3. Nước thải ao nuôi tôm tại Tân An-----	98

3.1.3.4. Chất lượng nước trong ao và bùn thải các hộ nuôi tôm tại Tân An	-104
3.2. Các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh	-----111
3.2.1. Giải pháp quản lý	-----113
3.2.1.1. Quan trắc môi trường	-----113
3.2.1.2. Cơ chế chính sách	-----114
3.2.1.3. Khoa học và Công nghệ	-----114
3.2.1.4. Xây dựng và hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung	-----115
3.2.2. Giải pháp kỹ thuật	-----115
3.2.2.1. Cơ sở hạ tầng và trang thiết bị phục vụ nuôi tôm tập trung	-----115
3.2.2.2. Kiểm soát chất lượng nước trong quá trình nuôi tôm	-----117
3.3. Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh	-----118
3.3.1. Thử nghiệm giải pháp sử dụng CPSH xử lý nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm	-----118
3.3.2. Thử nghiệm quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường ở quy mô sản xuất tại Tân An, Quảng Ninh	-----127
3.3.3. Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh	-----133
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	-----137
1. Kết luận	-----137
2. Kiến nghị	-----138
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	-----139
TÀI LIỆU THAM KHẢO	-----140
PHỤ LỤC	-----152

MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA

- Ô nhiễm môi trường vùng nuôi trồng thủy sản** : Là sự biến đổi, xâm nhập các thành phần không phù hợp (cơ, lý, hóa và sinh học) với quy định chất lượng môi trường; ảnh hưởng xấu đến sinh trưởng, phát triển và giới hạn chịu đựng của vật nuôi.
- Suy thoái môi trường vùng nuôi thủy sản** : Là sự suy giảm về chất lượng các thông số môi trường nước, đất; sự tiềm ẩn của các tác nhân gây bệnh, các hóa chất, thuốc thú y, thuốc bảo vệ thực vật và những vật chất không mong đợi khác ảnh hưởng đến sức khỏe vật nuôi và của con người.
- Sự cố môi trường trong nuôi thủy sản** : Là những tác động bất thường về thời tiết, khí tượng, thủy văn, biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người gây ô nhiễm, suy thoái môi trường vùng nuôi và tác động xấu đến sức khỏe, đời sống vật nuôi.
- Biến động chất lượng môi trường vùng nuôi** : Là sự thay đổi, không ổn định của các thông số môi trường theo thời gian do sự tác động của thời tiết, khí tượng, thủy văn, biến đổi khí hậu; các nguồn phát thải từ tự nhiên, vật nuôi và phát thải không được kiểm soát từ hoạt động con người.
- Kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi thủy sản** : Là tổng hợp các hoạt động của con người nhằm phòng ngừa, hạn chế, giảm thiểu những tác động xấu đến môi trường vùng nuôi; khắc phục, xử lý về ô nhiễm, suy thoái và sự cố môi trường bằng những giải pháp chủ yếu về quản lý và kỹ thuật.
- Vùng nuôi tôm tập trung** : Là vùng nuôi nằm trong vùng quy hoạch, có quy mô diện tích tối thiểu đạt 30 ha, cơ sở hạ tầng đạt tiêu chuẩn, sử dụng chung nguồn nước cấp và có một hoặc nhiều cơ sở nuôi theo hình thức thâm canh & siêu thâm canh hoặc công nghiệp [42].
- Các hình thức nuôi tôm** : Có 5 hình thức nuôi tôm phổ biến hiện nay: (1)

Quảng canh, (2) Quảng canh cải tiến, (3) Bán thâm canh, (4) Thâm canh và siêu thâm canh và (5) công nghiệp.

- Hình thức nuôi thâm canh và siêu thâm canh : Diện tích ao nuôi từ 0,1-0,5 ha, hình tròn, hình vuông khép góc, có độ sâu $\geq 1,5$ m; cơ sở hạ tầng và hệ thống dụng cụ thiết bị hiện đại, phù hợp; tuân thủ các quy trình công nghệ mới tiên tiến về kiểm soát môi trường, con giống, thức ăn và quản lý chăm sóc...
- Hình thức nuôi tôm công nghiệp : Diện tích ao nuôi từ 0,1-0,5 ha, hình tròn, hình vuông khép góc, có độ sâu $\geq 1,5$ m; cơ sở hạ tầng và hệ thống dụng cụ thiết bị hiện đại, phù hợp; tuân thủ các quy trình công nghệ mới tiên tiến... được cơ khí hóa, tự động hóa và ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong kiểm soát môi trường-dịch bệnh và chế độ chăm sóc...
- Mô hình nuôi tôm : Là quá trình sản xuất thu nhỏ từ lựa chọn địa điểm, xây dựng cơ sở hạ tầng và trang thiết bị; các quy trình công nghệ được áp dụng; nguồn nhân lực, cách bố trí sắp xếp nguồn nhân lực và hạch toán kinh tế có lãi.
- Chế phẩm sinh học, vi sinh vật, hóa chất, chất xử lý cải tạo môi trường trong nuôi trồng thủy sản : Là sản phẩm xử lý môi trường nuôi trồng thủy sản để điều chỉnh tính chất vật lý, hóa học, sinh học của môi trường theo hướng có lợi cho nuôi trồng thủy sản [26]

CÁC CHỮ VIẾT TẮT

BOD	: Nhu cầu oxy sinh hoá
BTNMT	: Bộ Tài nguyên và Môi trường
C-HCts	: Cacbon hữu cơ tổng số
COD	: Nhu cầu oxy hóa học
CPSH	: Chế phẩm sinh học
ĐBSCL	: Đồng bằng sông Cửu Long
DO	: Oxy hoà tan trong nước
EC	: Độ dẫn điện của dung dịch
et al.	: Và các tác giả khác
FAO	: Tổ chức nông lương liên hợp quốc
FCR	: Tỷ lệ chuyển đổi thức ăn
GHCP	: Giới hạn cho phép
KHCN	: Khoa học công nghệ
KLN	: Kim loại nặng
Ndt	: Đạm dễ tiêu
NN&PTNT	: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn
Nts	: Tổng Nitơ
NTTS	: Nuôi trồng thủy sản
ÔNMT	: Ô nhiễm môi trường
Pts	: Tổng Photpho
QCVN	: Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia
TAN	: Tổng lượng Nitơ ở dạng Amoniac
TCT	: Tôm (he/thẻ) chân trắng (<i>Litopenaeus vannamei</i>)
TCTS	: Tổng cục Thủy sản
TCVN	: Tiêu chuẩn Việt Nam
TOC	: Tổng lượng cacbon hữu cơ
TSS	: Tổng chất rắn lơ lửng
USD	: Đô la Mỹ
VSV	: Vi sinh vật
WQI_E	: Chỉ số chất lượng nước theo trọng số Entropy

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Nhiệt độ trung bình tháng các năm nghiên cứu (2008, 2014, 2016)	40
Bảng 1.2. Lượng mưa trung bình tháng các năm nghiên cứu (2008, 2014, 2016) ...	41
Bảng 1.3. Biến động diện tích và sản lượng tôm nuôi nước lợ ở Việt Nam trong 10 năm (2008 - 2018)	45
Bảng 1.4. Biến động diện tích và sản lượng tôm nuôi nước lợ ở tỉnh Quảng Ninh trong 10 năm (2008 - 2018)	45
Bảng 1.5. Cơ sở hạ tầng, thiết bị, CPSH và thuốc thú y hộ nuôi tôm [47]	47
Bảng 2.1. Điểm, thông số và thời gian quan trắc nước cấp ở Quảng Ninh	51
Bảng 2.2. Điểm, thông số và thời gian quan trắc đất tại Tân An.....	52
Bảng 2.3. Điểm, thông số và thời gian quan trắc nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải tại vùng nuôi tôm Tân An.....	53
Bảng 2.4. Phương pháp thu và bảo quản mẫu nước, đất và bùn.....	54
Bảng 2.5 Thông số và phương pháp phân tích các mẫu nước, đất và bùn của ao nuôi tôm.....	55
Bảng 2.6. Thang phân loại chất lượng nước theo trọng số Entropy (WQI_E)	65
Bảng 3.1a. Giá trị trung bình của một số thông số môi trường nguồn nước cấp nuôi tôm cả nước trong giai đoạn 2008 - 2013.....	68
Bảng 3.1b. Giá trị trung bình của một số thông số môi trường nguồn nước cấp nuôi tôm cả nước trong giai đoạn 2014 - 2019.....	68
Bảng 3.2. Giá trị chỉ số WQI_E nước cấp nuôi tôm ở Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016).....	75
Bảng 3.3a. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2008 tại Tân An, Quảng Ninh	80
Bảng 3.3b. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2014 tại Tân An, Quảng Ninh	81
Bảng 3.3c. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2016 tại Tân An, Quảng Ninh	81
Bảng 3.4. Biến động một số thông số môi trường nước cấp vùng nuôi tôm tập trung	

tại Tân An	86
Bảng 3.5. Giá trị cực trị của một số thông số môi trường của nguồn nước cấp trong 3 vụ nuôi tôm theo các năm 2008, 2014, 2016.....	89
Bảng 3.6. Kết quả đánh giá chất lượng nước cấp ở Tân An, Quảng Ninh	90
Bảng 3.7. Biến động một số thông số môi trường nước trong ao nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh năm 2008, 2014, 2016	92
Bảng 3.8. Giá trị cực trị một số thông số môi trường nước trong ao nuôi tôm trong 3 vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016.....	97
Bảng 3.9. Đặc điểm một số thông số môi trường nước thải đáy ao theo chu kỳ nuôi tôm trong đầu vụ và cuối vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016	99
Bảng 3.10. Kết quả nước ao xả thải và nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi tôm.....	100
Bảng 3.11. Biến động chất lượng nước trong ao nuôi tôm của các hộ nuôi	105
Bảng 3.12. Giá trị một số thông số dinh dưỡng trong bùn ao nuôi tôm	108
Bảng 3.13. Giá trị các thông số kim loại nặng trong bùn ao nuôi tôm	109
Bảng 3.14. Biến động yếu tố môi trường trong ở mật độ nuôi khác nhau trong ao thử nghiệm và đối chứng	128
Bảng 3.15. Hệ số D ở tháng đầu và tháng cuối của chu kỳ nuôi tôm	130
Bảng 3.16. Biến động Oxy trung bình tầng mặt và tầng đáy ao nuôi tôm.....	130
Bảng 3.17. Thành phần một số loài tảo chủ yếu trong ao nuôi tôm	132
Bảng 3.18. Tỷ lệ sống, cỡ tôm và năng suất đạt được trong các lô thí nghiệm	132
Bảng 3.19. Kết quả so sánh Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường đã có và quy trình hoàn thiện áp dụng cho mô hình nuôi tôm ít thay nước tại Tân An, Quảng Ninh.....	134

DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1. Bản đồ phân bố các điểm quan trắc môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại các tỉnh ven biển Việt Nam -----	29
Hình 2.1. Địa điểm nghiên cứu nước cấp nuôi tôm tập trung tỉnh Quảng Ninh ----	50
Hình 2.2. Khu vực nghiên cứu tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh-----	53
Hình 3.1. Biến động COD trong nước cấp các tháng trong năm-----	70
Hình 3.2. Biến động BOD ₅ trong nước cấp các tháng trong năm-----	71
Hình 3.3. Biến động N-NH ₄ ⁺ trong nước cấp các tháng trong năm-----	73
Hình 3.4. Biến động PO ₄ ³⁻ trong nước cấp các tháng trong năm-----	74
Hình 3.5. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Cẩm Phả - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)-----	76
Hình 3.6. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Hạ Long - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)-----	76
Hình 3.7. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Tiên Yên - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)-----	77
Hình 3.8. Biến động pH trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016 -	79
Hình 3.9. Biến động Fe trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016 --	80
Hình 3.10. Biến động N _{ts} trong tầng đất 20 -30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016 -----	82
Hình 3.11. Biến động CHC _{ts} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016 -----	82
Hình 3.12. Biến động P _{ts} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi theo thời gian -----	82
Hình 3.13. Biến động N _{dt} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi theo thời gian -----	82
Hình 3.14. Biến động độ mặn, hàm lượng DO nước cấp năm 2008, 2014, 2016---	85
Hình 3.15. Biến động hàm lượng N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻ của nguồn nước cấp theo vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016 -----	88
Hình 3.16. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Tân An, Quảng Ninh ----	90
Hình 3.17. Biến động giá trị pH, COD nước trong ao tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016 -----	93

Hình 3.18. Biến động độ mặn, hàm lượng DO nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016 -----	94
Hình 3.19. Biến động $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016-----	96
Hình 3.20. Biến động hàm lượng H_2S nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016-----	96
Hình 3.21. Biến động hàm lượng COD các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau --	120
Hình 3.22. Biến động BOD_5 trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau -----	121
Hình 3.23. Biến động $N-NH_4^+$ trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau-----	122
Hình 3.24. Biến động $P-PO_4^{3-}$ trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau -----	123
Hình 3.25. Biến động H_2S trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau -----	124
Hình 3.26. Hệ số D trong các lô thí nghiệm có bổ sung CPSH và đối chứng -----	124
Hình 3.27. Tỷ lệ sống của tôm trong thời gian thử nghiệm -----	125
Hình 3.28. Kích cỡ tôm trong thời gian thử nghiệm -----	126
Hình 3.29. Trọng lượng tôm trong thời gian thử nghiệm -----	126
Hình 3.30. Sự phát triển của <i>Chlorella</i> sp. trong môi trường nước ao nuôi tôm ---	131

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong những năm qua, nuôi trồng thủy sản đã phát triển mạnh mẽ tại Việt Nam và trở thành ngành kinh tế quan trọng, tạo công ăn việc làm, tăng thu nhập cho hàng triệu người dân ven biển và là nguồn thu ngoại tệ đáng kể cho đất nước. Trong đó, tôm nước lợ được xác định là đối tượng nuôi chủ lực, sản phẩm có giá trị gia tăng cao, có khả năng cạnh tranh với các quốc gia khác trên thị trường xuất khẩu. Tôm Việt Nam đã có mặt trên 90 quốc gia và vùng lãnh thổ, năm 2020 kim ngạch xuất khẩu đạt 3,73 tỷ USD; dự kiến đến năm 2025 đạt trên 8,4 tỷ USD và đến năm 2030 dự kiến đạt trên 12 tỷ USD [2], [47]. Đây vừa là cơ hội, vừa là thách thức không nhỏ đối với phát triển ngành công nghiệp tôm Việt Nam.

Để có được sản lượng tôm xuất khẩu, thời gian qua các địa phương có lợi thế về nuôi tôm đã gia tăng diện tích. Tính đến năm 2020, diện tích nuôi tôm nước lợ cả nước đạt 742.483 ha, sản lượng đạt 900.000 tấn. Tuy vậy, bên cạnh những mặt tích cực vẫn còn đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức, tiềm ẩn rủi ro khi ngành tôm đang phát triển nóng, dẫn đến lạm dụng sử dụng thức ăn, sản phẩm xử lý môi trường, không tuân thủ đúng các quy trình công nghệ nuôi và kiểm soát chất lượng môi trường nên nguy cơ ô nhiễm môi trường, bùng phát dịch bệnh tại các vùng nuôi tôm tập trung rất cao, nhất là các hình thức nuôi tôm thâm canh và siêu thâm canh.

Chất lượng môi trường đất, nước và các hệ sinh thái trong nuôi tôm đang có xu hướng gia tăng ô nhiễm và suy thoái môi trường. Các nguồn thải từ hoạt động nuôi tôm tập trung ra sông rạch đã tác động làm cho môi trường nước biến đổi. Môi trường nước trong các hình thức nuôi bán thâm canh, thâm canh và siêu thâm canh cho thấy chất lượng nước có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ (BOD_5 , COD) cao hơn giới hạn cho phép, có sự xuất hiện ô nhiễm chất dinh dưỡng NH_4^+ (ammonia) và chất độc hại như H_2S ; trong bùn thải tích tụ phân tôm, thức ăn dư thừa thối rữa bị phân hủy, các hóa chất tồn dư, vôi và khoáng chất diatomit, dolomit, lưu huỳnh lắng đọng thành các trầm tích; nền đất trong ao nuôi có xu hướng suy thoái sau nhiều năm nuôi tôm độc canh. Chất thải hữu cơ với hàm lượng cao là nguyên nhân gây hiện tượng phú dưỡng,

tạo điều kiện thuận lợi sinh tảo độc-hại trong môi trường ao nuôi. Hơn nữa, tác động do nguồn phát thải bên ngoài từ các hoạt động du lịch, giao thông vận tải, công nghiệp, sinh hoạt, nông nghiệp...nước thải sinh hoạt ở các khu dân cư và đô thị...cũng góp phần không nhỏ tác động đến chất lượng môi trường nước cấp phục vụ cho nuôi tôm [5], [48].

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, đã có một số nghiên cứu biến động môi trường nước vùng nuôi tôm, đề xuất một số biện pháp để kiểm soát chất lượng nguồn nước cấp, nước trong ao và nước thải nuôi tôm đã triển khai, áp dụng. Tuy vậy, vấn đề ô nhiễm môi trường, bùng phát dịch bệnh vẫn xảy ra ở các mức độ, tần suất khác nhau, gây thiệt hại lớn cho người nuôi tôm.

Quảng Ninh là tỉnh có diện tích nuôi tôm tập trung lớn nhất ở khu vực miền Bắc, gần đây chất lượng môi trường vùng nuôi tôm cũng có xu hướng gia tăng ô nhiễm, đồng thời xuất hiện tôm chết hàng loạt không rõ nguyên nhân [47]. Hiện đã có một số công trình công bố nghiên cứu tập trung vào giải quyết một vấn đề về nước cấp hoặc nước trong ao tại Quảng Ninh mà chưa có những nghiên cứu tổng thể về biến động chất lượng môi trường và đề xuất các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm đồng bộ. Đây là hướng nghiên cứu cần thiết và cấp bách nhằm bổ sung cơ sở khoa học và thực tiễn để phát triển ngành công nghiệp tôm của tỉnh Quảng Ninh. Vì vậy, luận án "**Nghiên cứu biến động và pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Quảng Ninh**" được thực hiện là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và đáp ứng yêu cầu thực tiễn cao.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu chung

Đánh giá được biến động chất lượng môi trường đất, nước vùng nuôi tôm tập trung tỉnh Quảng Ninh; xác định tồn tại, nguyên nhân; đề xuất được giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung, góp phần phát triển nuôi tôm bền vững.

2.2. Mục tiêu cụ thể

- Đánh giá được biến động chất lượng nguồn nước cấp và nền đất trong ao vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh; Nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn

thải sau ao nuôi của vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh.

- Đề xuất được giải pháp đồng bộ kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Quảng Ninh.

- Hoàn thiện được quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh.

3. Đối tượng nghiên cứu

Môi trường nước (nước cấp, nước trong ao, nước thải), bùn thải (sau ao nuôi) và nền đất (theo tầng 20-30 cm, 50-60 cm và 80-90 cm) trong ao vùng nuôi tôm tập trung tại Quảng Ninh.

4. Phạm vi nghiên cứu

- *Không gian:*

+ Nguồn nước cấp và nền đất trong ao vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

+ Nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải sau ao nuôi của vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh.

- *Thời gian:* 2014 - 2019; tập trung vào các năm 2016, 2017, 2018, 2019.

5. Nội dung nghiên cứu

(1) Nghiên cứu biến động chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

(2) Đề xuất giải pháp (quản lý và kỹ thuật) kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

(3) Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường nuôi tôm tập trung ở Tân An, Quảng Ninh được hoàn thiện (thông qua thử nghiệm giải pháp lựa chọn sử dụng chế phẩm sinh học phù hợp xử lý nước trong ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm; ứng dụng Chế phẩm sinh học tốt nhất đã lựa chọn với Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường để xuất tiến hành thử nghiệm ở quy mô sản xuất trên nền mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang áp dụng tại Tân An, Quảng Ninh).

6. Phương pháp nghiên cứu

Đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau: Lựa chọn địa điểm; Thu và bảo quản mẫu (nước, đất); Phân tích mẫu (đất, nước, bùn thải); Phương pháp bố trí

nghiệm; Phương pháp chuyên gia; Phương pháp đánh giá và xử lý số liệu; Tài liệu sử dụng. Cụ thể các phương pháp được trình bày cụ thể tại nội dung Chương 2 của luận án.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

7.1. Ý nghĩa khoa học

- Nghiên cứu được biến động chất lượng môi trường vùng nuôi tôm ở Quảng Ninh (nguồn nước cấp, nền đất, nước trong ao, nước thải và bùn thải).

- Đề xuất được Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Tân An, Quảng Ninh.

7.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Kết quả nghiên cứu của luận án góp phần hoàn thiện Quy trình kiểm soát chất lượng môi trường nuôi tôm được thực hiện trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang được áp dụng phổ biến ở các tỉnh phía Bắc.

- Kết quả nghiên cứu của luận án cung cấp một phần cơ sở khoa học phục vụ cho việc sửa đổi, ban hành mới các TCVN/QCVN có liên quan đến chất lượng môi trường nước, đất nuôi tôm tập trung. Đồng thời, làm tài liệu tham khảo để xây dựng Chiến lược, Đề án về phát triển nuôi tôm.

8. Những đóng góp mới của luận án

- Đánh giá được một cách hệ thống biến động các thông số môi trường (đất, nước, bùn thải) vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

- Đề ra được giải pháp tổng hợp để kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh;

- Áp dụng thử nghiệm giải pháp kỹ thuật sử dụng chế phẩm sinh học phù hợp xử lý nước ao nuôi tôm ở quy mô phòng thí nghiệm và ứng dụng ngoài thực tế sản xuất, từ đó hoàn thiện Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang được áp dụng tại Tân An, Quảng Ninh.

9. Bố cục của luận án

Bố cục của luận án, gồm có các phần:

Mở đầu

Chương 1. Tổng quan biến động và giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường
vùng nuôi tôm tập trung

Chương 2. Phương pháp nghiên cứu

Chương 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Kết luận và kiến nghị

Danh mục công trình đã công bố của tác giả

Tài liệu tham khảo

Phụ lục

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN BIẾN ĐỘNG VÀ GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG VÙNG NUÔI TÔM TẬP TRUNG

1.1. Các nghiên cứu về biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới và Việt Nam

Nước là môi trường sống quan trọng trong nuôi tôm. Môi trường nước vùng nuôi có ảnh hưởng trực tiếp đến sự thành bại của hoạt động nuôi tôm. Chất lượng nước vùng nuôi tôm luôn chịu tác động từ nguồn nước cấp không đảm bảo, sự rửa trôi của chất thải ven bờ, nền đất ao, thức ăn dư thừa và chất thải tôm phát sinh trong quá trình nuôi... Nguồn phát thải trên vào trong nước đã tạo ra phản ứng trao đổi sinh hóa học, tác động qua lại lẫn nhau trong hệ sinh thái ao nuôi. Nước ô nhiễm sẽ ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của tôm, làm giảm khả năng chống chịu với tác nhân gây bệnh, dẫn đến tôm nhiễm bệnh.

Oxy hòa tan là thước đo chất lượng nước trong nuôi tôm. Hàm lượng oxy hòa tan trong nước ao nếu ở mức thấp khi xuất hiện hiện tượng tảo chết hàng loạt, sự phân hủy, bùng phát của tảo là một trong số nguyên nhân gây tôm chết. Hàm lượng oxy hòa tan thấp thường xuyên trong quá trình nuôi còn làm giảm số lần cho ăn, lột xác và giảm năng sinh trưởng của tôm.

Một hệ quả khác trong ao nuôi tôm là sự biến đổi hàm lượng các chất sunfua, nitrat, nitrit và ammonia ở mức cao. Mật độ cho ăn cao ở các ao nuôi tôm tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự phát triển nhanh chóng của các sinh vật phù du, làm gia tăng nồng độ amoniac và cả hàm lượng nitrit. Cả amoniac và nitrit đều gây nhiễm độc trực tiếp môi trường nước nuôi tôm.

1.1.1. Các nghiên cứu biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới

Tại các nước trong khu vực có nghề nuôi tôm phát triển, việc nghiên cứu biến động của chất lượng nước và tác động của nó đến sự sinh trưởng và phát triển của tôm luôn được quan tâm. Trên cơ sở những dữ liệu thu được, qua phân tích, tổng kết, các tác giả đã đề xuất các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi, ao nuôi hiệu quả, từ đó ứng dụng các giải pháp đã thúc đẩy nghề nuôi tôm phát triển và

tăng trưởng nhanh trong thời gian vừa qua.

Ấn Độ, phát triển nuôi tôm từ những năm 1990 với 85% trại nuôi có quy mô nhỏ (<2 ha). Tại các trại nuôi này, năng suất tôm trung bình là 0,73 tấn/ha, thấp hơn so với các nước khác. Để tăng năng suất, các trại nuôi đã nhập khẩu con giống và thức ăn nuôi tôm từ các nước như Đài Loan và Philippines. Đây là các quốc gia có tốc độ nuôi tôm tăng trưởng nhanh và năng suất nuôi đạt tỷ lệ cao. Năm 1994, bệnh trên tôm đã gây thiệt hại lớn. Do vậy, đến năm 1996 tòa án Tối cao Ấn Độ đã thông qua lệnh cấm nuôi tôm ven biển. Sau đó đã thành lập Cơ quan quản lý nuôi trồng thủy sản và ban hành đạo luật Quản lý nuôi trồng thủy sản Duyên hải vào năm 2005. Nhờ liên tục áp dụng các giải pháp quản lý và kỹ thuật, đến cuối năm 2017 diện tích nuôi tôm đã tăng 50%, sản lượng tăng gần 83%. Ấn Độ trở thành nước sản xuất tôm (chủ yếu là nuôi TCT) cao thứ hai trên thế giới.

Pankaj Kumar, K. L *et al*, 2013, đã thực hiện nghiên cứu về đặc tính trầm tích (*phân chất rắn mới lắng đọng trên nền đất ao nuôi tôm*) và nước của các trang trại nuôi tôm. Nghiên cứu đánh giá chất lượng trầm tích và nước, năng suất của các ao nuôi tôm nhằm để xác định được biến động của các thông số trầm tích và nước trong quá trình nuôi tôm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự khác biệt đáng kể các thông số hàng tháng tại 4 trại nuôi tôm. Mỗi tương quan thuận được nhận diện giữa thông số nhiệt độ nước và độ mặn, độ mặn và năng suất sơ cấp (sức sản xuất sơ cấp), năng suất sơ cấp và oxy hòa tan; oxy hòa tan và nitrat; nitrat và tổng lượng photpho; độ mặn của đất và cacbon hữu cơ trong đất. Tuy nhiên, mối tương quan nghịch thể hiện giữa cacbon hữu cơ trong đất và độ pH. Giá trị trung bình tổng thể của các chất dinh dưỡng trong trầm tích và nước thể hiện các ao có dinh dưỡng tốt, tôm đạt năng suất cao. Qua đây, cho thấy việc quản lý chất lượng nước là yếu tố quan trọng trong nuôi tôm. Giá trị pH trong nước và trầm tích quyết định sự tồn tại và phát triển của tôm. Các yếu tố vật lý và hóa học như nhiệt độ, độ mặn, tổng chất rắn lơ lửng (TSS), DO và chất dinh dưỡng ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến chất lượng nước, chi phối sự sinh trưởng, phát triển của tôm. TSS tăng trong ao nuôi tôm do thực vật phù du phát triển nhanh dẫn đến tăng sinh khối động vật phù du, cộng với các hạt rắn lơ lửng khác của

đất sét hoặc phù sa. Kiểm soát chất lượng trầm tích ao nuôi tôm là một trong những yếu tố quan trọng để đem lại thành công trong nuôi tôm. Đặc điểm của nước trong ao nuôi chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi tính chất của chất lắng đáy ao nuôi tôm. Trầm tích vừa là cung cấp thức ăn, nơi ở cho sinh vật đáy, đồng thời đóng vai trò là nguồn cung cấp chất dinh dưỡng cho sự phát triển của tảo, làm thức ăn cho các thủy sinh vật. Lớp trầm tích cũng có chức năng như một chất đệm, lưu trữ và giải phóng các chất dinh dưỡng vào trong nước. Hơn nữa nó còn hoạt động như một bộ lọc sinh học thông qua việc hấp phụ các chất hữu cơ của thức ăn, các sản phẩm bài tiết và các chất chuyển hóa của tảo. Lớp trầm tích chứa lượng vi khuẩn cao giúp phân hủy và khoáng hóa các hữu cơ dưới đáy. Công trình nghiên cứu về đặc điểm trầm tích và nước của các ao nuôi tôm cho thấy nhiệt độ là thông số thiết yếu ảnh hưởng đến quá trình quang hợp trong nước, các phản ứng của sinh vật và sự phân hủy của chất hữu cơ. Sự gia tăng nhiệt độ đã tác động đến độ mặn do lượng nước bay hơi ở nhiệt độ cao. Mối tương quan thuận giữa năng suất sơ cấp và oxy hòa tan có thể là do sự sản sinh của thực vật phù du. Photpho phản ứng trong nước được ghi nhận trong khoảng từ 7,4 đến 8,4 $\mu\text{g/l}$. Có mối tương quan giữa photpho và nitơ, photpho và kali, các mối tương quan này có thể do phân hủy và khoáng hóa các chất dinh dưỡng. Khả năng giữ lại hoặc giải phóng photpho của trầm tích là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hàm lượng photphat vô cơ và hữu cơ trong nước [89].

Năm 2016, Myla S và các cộng sự tại Đại học Visakhapatnam [86] đã thực hiện nghiên cứu biến động chất lượng nước ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) tại 14 ao nuôi tôm (6 tại Narsapurapupeta, 4 tại Kajuluru và 4 tại các làng Kaikavolu) của huyện East Godavari, Andhra Pradesh, Ấn Độ. Các thông số giám sát chất lượng nước nuôi tôm thẻ chân trắng gồm: Nhiệt độ, pH, độ mặn, Oxy hòa tan, độ kiềm, độ cứng, N-NH_2 , N-NH_3 . Kết quả cho thấy, các thông số chất lượng nước ao nuôi dao động như sau: Nhiệt độ từ $26,5^\circ\text{C}$ đến 28°C . pH từ 6,95 đến 8,38. DO từ 4,4 đến 8,6 mg/l . Độ mặn từ 2‰ đến 10‰. Độ kiềm từ 120 mg/l đến 500 mg/l . Độ cứng từ 600 mg/l đến 3440 mg/l . N-NH_3 từ 0,02 - 1,07 mg/l N-NH_2 từ 0,01 đến 0,80 mg/l . N-NH_3 thay đổi từ 3,36 đến 6,40 mg/l . Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, giá trị

các thông số có biến động, song vẫn nằm trong phạm vi cho phép đối tiêu chuẩn chất lượng nước ao nuôi tôm của Ấn Độ quy định. Riêng độ mặn là chưa phù hợp, cần được giám sát để không ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng của tôm.

Sivakumar J và các cộng sự tại Viện Thực phẩm biển Fedora, đã nghiên cứu biến động nước ao nuôi tôm chân trắng (TCT) tại 20 ao nuôi tôm tại Kongodu, Mogalipalem, Thị trấn Gorripudi) của huyện East Godavari, Andhra Pradesh. Ấn Độ năm 2016. Mục đích của nghiên cứu là theo dõi biến động các thông số nước ao nuôi TCT. Các thông số nước nuôi TCT theo dõi là: Nhiệt độ, pH, độ mặn, oxy hòa tan, độ kiềm, độ cứng, cacbonat, bi-cacbonat và N-NH₃. Trong tất cả các ao, nhiệt độ dao động từ 26,2°C đến 29,8°C; độ pH thay đổi từ 7,5 đến 8,2; Oxy hòa tan từ 4,4 đến 8,6 mg/l; độ mặn thay đổi từ 5‰ đến 8‰, độ kiềm thay đổi từ 177,7 mg/l đến 316,8 mg/l; độ cứng thay đổi từ 1305 mg/l đến 2445 mg/l và hàm lượng N-NH₃ thay đổi từ 0,01 đến 0,1 mg/l. Nghiên cứu đưa ra nhận định sự biến động các thông số trên không phụ thuộc vào môi trường khu vực nghiên cứu cũng như kích thước của ao nuôi tôm. Các thông số đều nằm trong ngưỡng tối ưu thích hợp cho nuôi tôm do áp dụng tốt quy trình nuôi và kiểm soát chất lượng môi trường nước nuôi tôm đúng quy định [96].

Philippines, bắt đầu nuôi tôm vào những năm 1980, đến năm 2013 đã có 271 trang trại nuôi tôm nước lợ (3.617,8 ha). Trong đó, tôm sú nuôi ghép với cá đặc biệt là cá măng sữa chiếm 48% (1.772,6 ha), TCT chiếm 27% (909,4 ha), còn lại 25% (935,8 ha) nuôi tôm với ghép với các đối tượng nuôi khác (theo thống kê của Cục Nghề cá và Nguồn lợi thủy sản Philippines).

Hazel Monica Matias Peralta và các cộng sự năm 2002 đã thực hiện nghiên cứu để so sánh hiệu quả của một số chế phẩm sinh học khác nhau trong việc nâng cao chất lượng nước của tôm thương phẩm. Tổng cộng có 9 ao, với 3 ao cho mỗi chế phẩm được chỉ định là T1 (chế phẩm 1), T2 (chế phẩm 2) và đối chứng. Các thông số hóa lý của nước ao được phân tích 2 tuần một lần, trong suốt chu kỳ nuôi 110 ngày. Nước xả bùn đáy ao được thu mẫu và phân tích vào các ngày 45 và 100 của quá trình nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Tổng amoniac, nitrit, nitrat, tổng nitơ và hydro sunfua tăng đều theo thời gian nuôi trong ao T1 và T2. Tương tự, nồng độ dinh dưỡng

trong nước tăng lên đáng kể ($P < 0,05$) từ đầu đến cuối chu kỳ nuôi. Độ trong của nước cao nhất trong giai đoạn đầu của quá trình nuôi, nhưng giảm dần về cuối chu kỳ nuôi. Tổng hàm lượng nitơ và amoniac trong T1 thấp hơn so với các nghiệm thức khác trong hai giai đoạn đầu của vụ nuôi. Giá trị của tất cả các thông số hóa lý khác không khác biệt có ý nghĩa ($P > 0,05$) giữa các công thức. Trong nghiên cứu này, việc bổ sung các chế phẩm sinh học thương mại vào ao nuôi tôm không làm cải thiện đáng kể chất lượng nước so với đối chứng. Tuy nhiên, chất lượng nước tương đối tốt hơn trong giai đoạn đầu của vụ nuôi và sản lượng tôm cao hơn trong ao T1 cho thấy chế phẩm sinh học nghiên cứu có tiềm năng cải thiện chất lượng môi trường nước ao nuôi và tăng năng suất tôm [57], [73].

Bangladesh có hơn 55.000 trang trại nuôi tôm với quy mô trung bình một ao khoảng 3 ha, mặc dù vẫn còn một số ao rộng đến 40 ha. Các trang trại nuôi tôm có tổng diện tích khoảng 170.000 ha nằm ở các huyện ven biển Satkhira, Khulna, Bagerhat, Cox's Bazaar, Chittagong, Barguna và Bhola. Các trang trại nuôi tôm ở đây chủ yếu được xây dựng ở các vùng đồng bằng ngập triều thấp bên trong các bờ đê. Ban đầu xây dựng nhằm cải tạo các vùng đất ít tiềm năng sản xuất nông nghiệp và hạn chế tác động do thủy triều dâng [80], [91].

Một trong những nghiên cứu xác định chất lượng nước của một số ao nuôi tôm và định lượng nước thải từ các ao nuôi tôm ở cả hai miền Đông Nam Bộ và Tây Nam Bộ *Bangladesh* đáng quan tâm do M.S. Islam và cộng sự thực hiện năm 2004 [84] đã chỉ những khu vực ngập nước vừa đủ trong mùa xuân thường được sử dụng để nuôi tôm. Việc đào đất để xây dựng ao nuôi tôm không phải là việc làm phổ biến. Ở một số nơi, các ao nhỏ được nối với nhau bằng các lạch thủy triều không chỉ được sử dụng để thau rửa làm sạch nước, mà còn dùng để nuôi tôm và cá ở nhiều mức độ khác nhau. Nghề nuôi tôm ở *Bangladesh* đã phát triển nhanh chóng do nhu cầu sử dụng tôm tăng trên thị trường quốc tế. Rõ ràng việc nuôi tôm đã thành công về mặt kinh tế, song để đảm bảo tính bền vững là vấn đề lớn trong những năm gần đây. Nuôi tôm không chỉ tạo ra những lợi ích kinh tế, nhưng về lâu dài cũng góp phần làm suy thoái môi trường nước ven biển. Các vấn đề về chất lượng nước chủ yếu do mật độ nuôi

tăng, tỷ lệ cho ăn tăng, dẫn đến lượng nước ô nhiễm ngày càng nhiều. Nếu chất lượng nước tốt tôm sẽ sinh trưởng và phát triển tốt, ngược lại nếu chất lượng nước kém - tôm bị bệnh, chậm tăng trưởng và thậm chí chết hàng loạt. Hơn nữa, việc xả nước thải ao nuôi chưa xử lý liên quan đến suy thoái môi trường ở vùng nước tiếp nhận. Các tác động của nuôi tôm đối với chất lượng nước và tải lượng nước thải của các trang trại nuôi tôm ở các vùng Tây Nam (Khulna) và Đông Nam (Cox's Bazar) của Bangladesh đã nghiên cứu trong mùa tháng 3-8 và tháng 8-10 tương ứng. Độ mặn của nước dao động từ 3,0 đến 15,0 ‰ ở phía Tây Nam, trong khi từ 2,5 - 20,0 ‰ ở khu vực Đông Nam. Tổng N-NH₃⁻ được ghi nhận ở hầu hết các trang trại là cao hơn so với mức khuyến cáo cho nuôi tôm (0,116 - 0,438 mg/l). Giá trị trung bình tổng N-NH₃⁻ và tổng nitơ ở đầu ra của các trang trại nuôi tôm cao hơn so với đầu vào ở cả hai khu vực. Giá trị trung bình của P-PO₄³⁻ và tổng số P ở đầu ra thấp hơn đầu vào trừ trong thời điểm thu hoạch tôm. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng TSS, tổng N của nước thải ra môi trường đều cao hơn so với giá trị giới hạn cho phép [83].

Năm 2015, M. A. Zafar và các cộng sự thực hiện đánh giá các thông số chất lượng nước và đất của các trang trại nuôi tôm và tôm he ở Tây Nam Bangladesh. Nghiên cứu thực hiện tại Dumuria và Paickgacha Upazila của huyện Khulna trong mùa khô và mưa năm 2012. Dữ liệu được thu thập từ 9 trang trại nuôi tôm và tôm sú và được phân loại thành ba nhóm khác nhau bao gồm 3 tôm he, 3 tôm sú + tôm he và 3 trại nuôi tôm. Nhiệt độ nước, oxy hòa tan, pH, N-NH₃⁻, nitrat, nitrit, độ kiềm, độ mặn, tổng P và tổng độ cứng được theo dõi biến động trong cả mùa khô và mùa mưa. Các thông số môi trường đất: pH, cacbon hữu cơ, tổng nitơ và photpho được xác định trong phòng thí nghiệm. Về chất lượng nước, kết quả cho thấy hầu hết các thông số chất lượng nước đều nằm trong giới hạn thích hợp trong cả hai mùa đối với tôm. Tuy nhiên, hàm lượng N-NH₃ là 0,009 đến 0,45 mg/l và 0,2 đến 0,6 mg/l trong trang trại nuôi tôm trong mùa khô và mùa mưa, cao hơn so với các loại trang trại khác. Hàm lượng amoniac cao hơn trong trại nuôi tôm có thể là do sự phân hủy của cỏ dại thủy sinh, chất hữu cơ, thức ăn thừa... tạo ra. Đối với các thông số môi trường đất: pH, cacbon hữu cơ và tổng nitơ không có sự khác biệt đáng kể giữa các loại trang

trại. Tuy nhiên, hàm lượng photpho cao hơn đáng kể trong trang trại nuôi tôm. Hàm lượng photpho được xác định có tương quan nghịch với độ pH và hàm lượng cacbon hữu cơ của trầm tích. Đặc biệt, nghiên cứu cho rằng N-NH_3 là vấn đề chính đối với các trang trại nuôi tôm có thể gây ra dịch bệnh nghiêm trọng và cần được giải quyết trên quan điểm nghiên cứu và phát triển hướng tới sản xuất thủy sản bền vững ở Bangladesh [85].

Indonesia là nước lớn thứ hai nước xuất khẩu tôm sang thị trường Mỹ, chỉ sau Ấn Độ. Tôm he chân trắng chiếm 70% đến 80% thị phần xuất khẩu, trong khi tôm sú được xuất khẩu chủ yếu sang Nhật Bản, chiếm 20% đến 30%. Ngành công nghiệp tôm nuôi của Indonesia dự kiến sẽ tăng trưởng 8% mỗi năm.

Một trong những nghiên cứu về môi trường ao nuôi tôm của Sukenda và cộng sự thực hiện năm 2016. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng trầm tích được coi là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng môi trường trong ao nuôi tôm. Mục đích của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của quá trình oxy hóa khử trầm tích tiềm năng và mật độ thả tôm trên khu vực nuôi liên quan đến chất lượng nước và trầm tích. Sơ đồ thí nghiệm hai yếu tố đa biến ngẫu nhiên được áp dụng, với mật độ thả (60 và 120 con/m²) là biến đầu tiên và thế oxy hóa khử của trầm tích (-65 mV, -108 mV và -206 mV) là biến số thứ hai. Có một số thay đổi đáng kể ở Tổng P, tổng Mn và tổng nồng độ S trong trầm tích được theo dõi sau thí nghiệm ($P < 0,05$). Thế oxy hóa - khử của trầm tích ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ oxy hòa tan, TAN, NO_2 , NO_3 và H_2S trong nước. Trong khi mật độ nuôi tôm ảnh hưởng đến tất cả các thông số chất lượng nước ngoại trừ nồng độ H_2S . Tương tác có ý nghĩa giữa tiềm năng oxy hóa khử và mật độ nuôi qua các thông số là ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của tôm (ví dụ: oxy, amoniac, nitrit và H_2S). Kết quả cho thấy các thông số này là rất quan trọng trong quản lý ao nuôi tôm. Hơn nữa, kết quả cho thấy rõ ràng thế oxy hóa khử - 206 mV làm giảm đáng kể nồng độ oxy hòa tan trong trầm tích-nước và làm tăng hàm lượng H_2S trong nước. Nghiên cứu của Chakraborti et al [62] và Predalumpaburt và Chaiyakam [88] cho thấy tôm có thể chịu được nước ngọt trong khoảng một tháng với độ mặn nằm trong khoảng 5-32‰ trong nuôi tôm. Tuy nhiên,

độ mặn ở khu vực Cox's Bazar đã giảm xuống 3-9‰ sau tháng 6 ở vùng Khulna và 2,5-9‰ trước tháng 10, thậm chí, độ mặn chỉ còn 1,5-2,5‰ trong thời gian nghiên cứu ở trang trại Beximco. Độ mặn cao hơn được tìm thấy ở Cox's Bazar so với vùng Khulna. Như vậy, độ mặn của các trang trại này là không thuận lợi cho việc nuôi tôm, dẫn đến năng suất tôm thấp.

Giá trị pH không khác biệt theo thời gian. Theo Boyd and Fast [59] và Chanratchakool et al [63] cho rằng khoảng pH tối ưu cho tôm tương ứng là 8,0 - 8,5 và 7,5-8,5. Giá trị pH đo được 7,3-7,5 ở Khulna và 7,3-8,0 ở Cox's Bazar là thuận lợi cho sự phát triển của tôm. Đối với hàm lượng oxy hòa tan biến động mạnh, không theo bất kỳ quy luật nào trong suốt thời gian nghiên cứu. Chin và Ong (1994) đã chỉ ra rằng nồng độ DO từ 3,8 đến > 5,0 mg/l là thuận lợi cho nuôi tôm, (kết quả đo được 4,5- và 4,46-5,42 mg/l ở Khulna và 4,48-5,10 và 4,74 -5,22 mg/L ở Cox's Bazar). Theo Islam và cộng sự phát hiện thấy DO ở khu vực Mongla và Paikgacha của các huyện Bagerhat và Khulna lần lượt là 5,1-8,7 và 5,7-8,1 mg/l. Giá trị này là phù hợp cho nuôi tôm [77].

Boyd cho thấy độ phì tự nhiên của nước ao tăng khi tổng độ kiềm tăng lên ít nhất là 150 mg/l xác định độ kiềm trong các trang trại ở quận Cox's Bazar là 44,0-195 mg/l. Theo Islam và cộng sự cũng tìm thấy tổng độ kiềm 130,0-217,5 và 118,0-187,5 mg/l ở khu vực Mongla và Paikgacha của Bagerhat và huyện Khulna. Các giá trị đo tổng độ kiềm thấp hơn có thể là do mưa và thời tiết ẩm [58]. Theo Larkins cho rằng độ kiềm từ 60-140 mg/l là thích hợp cho nuôi tôm [81]. Giá trị TSS cao hơn được tìm thấy trong các trang trại Khulna so với các trang trại Cox's Bazar. Không có tương quan xác định về nồng độ TSS giữa nguồn nước đầu vào và xả trong các tháng được theo dõi. Ngoài ra, hàm lượng TSS đo được 30-190 mg/l tại các ao nuôi tôm thâm canh. Theo theo Deb cho rằng TSS là 119,0-225,0 mg/l trong nước thải của trại nuôi tôm bán thâm canh ở khu vực Cox's Bazar. Các phát hiện của Deb tương tự với các phát hiện tại Khulna (147-213 và 128,17-149,83 mg/l) và cao hơn các phát hiện tại Cox's Bazar (66,67-88,33 và 83,33-116,67 mg/l) [67], [87].

Hàm lượng N-NO_2^- dao động 0,004-0,01 và 0,002-0,01 mg/l đã được ghi nhận

theo Warisara trong hai ao nuôi tôm ở Thái Lan, tương ứng khá giống với những phát hiện hiện tại (0,003-0,004 và 0,002-0,005 mg/l ở Khulna và 0,002-0,004 và 0,003-0,004 mg/l trong Cox's Bazar). Theo Chien hàm lượng N-NO_2^- thuận lợi cho tôm tương ứng là 1,3 mg/l, 0,25 mg/l và 1,0 mg/l [65].

Hàm lượng nitrat thu được trong nghiên cứu này 0,00 - 0,30 và 0,00 - 0,21mg/l với giá trị trung bình 0,03 mg/l tương tự với các báo cáo của Warisara (2000) ở Thái Lan. Theo Boyd cho biết nồng độ nitrat có thể chấp nhận được trong nước ao là 0,2-10,0 mg/l [58].

Chỉ số TAN ở nguồn đầu vào và xả không cho thấy sự khác biệt đáng kể nào ở cả hai vùng. Nồng độ TAN ở Cox's Bazar cao hơn so với vùng Khulna. Hàm lượng NH_3^- trên 1 mg/l có khả năng gây ảnh hưởng xấu đến sự tăng trưởng của tôm biển (Boyd và Fast [59]). Giá trị amoniac tối ưu cho tôm *P. monodon* là <0,1 mg/l (Chien [65], Boyd [58]). Theo nghiên cứu, phạm vi nitơ amoniac (0,03 - 0,05 và 0,03 - 0,06 mg/l ở Khulna và 0,05-0,11 và 0,08 - 0,18 n: g/l trong Cox's Bazar) thu được trong nghiên cứu này nằm trong phạm vi chấp nhận được.

Tổng nitơ (N_{t}) giữa nguồn đầu vào xả không khác biệt có ý nghĩa ở cả hai vùng nghiên cứu. Lin và cộng sự phát hiện thấy N_{t} trong các ao nuôi tôm ở Thái Lan là 0,5 - 5,0 mg/l, tương tự với các phát hiện hiện tại (1,2 - 1,85 và 1,02 -1,52 mg/l ở Khulna và 1,13 - 2,43 và 1,37 - 2,73 mg/l ở Cox's Bazar). Hàm lượng Nts từ 0,1 đến 0,75 mg/l trong nước ven biển có thể gây ra sự nở hoa của sinh vật phù du và họ đề xuất rằng hàm lượng Nts nên vượt quá 10 mg/l trong nước thải của trại nuôi tôm [71], [98].

Tại *Trung Quốc*, tác giả Xie Biao của Đại học Đông Nam, 2004 đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc nuôi tôm đối với các vùng nước lân cận trong một vụ nuôi thông qua nghiên cứu biến động chất lượng nước của các mương đầu vào và đầu ra nằm trong Cánh đồng muối Xuwei, thành phố Liên Vân Cảng, tỉnh Giang Tô trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 9. Các thông số theo dõi là pH, nhiệt độ, oxy hòa tan, hàm lượng một số chất dinh dưỡng (amoni, nitrit, nitrat và photpho vô cơ), diệp lục, nhu cầu oxy hóa học (COD) và tổng cacbon hữu cơ (TOC). Kết quả cho thấy nồng độ trung bình của nitơ vô cơ (1,5 mg/l), photpho vô cơ (0,024 mg/l), Chlorophyll A

(0,0025 mg/l), COD (5,77 mg/l) và TOC (6,57 mg/l) tại vị trí xả thải trong mương đầu ra cao hơn đáng kể so với mương đầu vào (lần lượt là 0,33, 0,012, 0,0018, 4,72 và 3,68 mg/l). Không có sự khác biệt đáng kể giữa nguồn đầu vào và đầu ra về độ pH, nhiệt độ và DO [101].

Cụ thể kết quả cho thấy với 11 thông số chất lượng nước được quan trắc theo các khoảng thời gian trong các ao nuôi tôm sinh thái và ao nuôi tôm thông thường theo chu kỳ sản xuất (tháng 4 - tháng 8 năm 2002, giai đoạn 115 ngày). Năng suất trung bình đối với ao nuôi sinh thái là 1001 kg/ha, với kích thước tôm trung bình là 15,7 g; trong khi thu hoạch đối với ao nuôi tôm thông thường là 753 kg/ha, với kích thước tôm trung bình là 12,7g. Trong thời kỳ tôm phát triển, các giá trị trung bình về nhiệt độ, độ mặn, pH và oxy hòa tan (DO) trong ao, nước đầu vào và đầu ra không khác biệt đáng kể. Tuy nhiên, mức Chlorophyll a, chất hữu cơ, nhu cầu oxy hóa học (COD) và tổng carbon hữu cơ (TOC) cao nhất ở nước đầu ra, tiếp theo nước trong ao và cuối cùng là nước cấp đầu vào. Chất lượng nước đầu vào có mối liên hệ chặt chẽ với chất lượng nước đầu ra. Chlorophyll a, nitrat, nitrit, photpho vô cơ, COD và TOC trong ao nuôi tôm sinh thái thấp hơn so với ao nuôi tôm thông thường. Đối với amoni, mức độ trong ao nuôi tôm sinh thái cao hơn trong hệ thống ao nuôi tôm thông thường. Tác giả kết luận rằng, so với hệ thống ao nuôi tôm thông thường thì hệ thống nuôi tôm sinh thái có năng suất tương đương và lợi nhuận cao hơn. Điều này sẽ là thông tin tốt cho người nuôi tôm trên thế giới [102].

Theo Ping Yang, Derrick, 2017 đã thực hiện nghiên cứu về nước thải từ ao nuôi tôm và nhận thấy đây là nguyên nhân chính gây ô nhiễm nước ở các vùng ven biển của Trung Quốc. Cần có giải pháp xử lý thích hợp chất thải này nhằm giảm hiện tượng phú dưỡng đang bùng phát ở các vùng ven biển Trung Quốc [90].

1.1.2. Các nghiên cứu biến động chất lượng môi trường nước và nền đất vùng nuôi tôm ở Việt Nam

Ở nước ta những công trình nghiên cứu về môi trường vùng nuôi tôm không nhiều, nhưng phần nào cũng đã đề cập được một phần của về hiện trạng và đề xuất một số giải pháp để kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm.

Theo Bùi Lai và cộng sự (2009) đã nghiên cứu quá trình ô nhiễm hữu cơ trong ao nuôi tôm sú công nghiệp. Nghiên cứu đã xác định mức ô nhiễm của thức ăn dư thừa, phân và dịch thải tôm nuôi; mô phỏng quá trình ô nhiễm hữu cơ trong ao nuôi tôm công nghiệp. Kết quả nghiên cứu diễn biến thông số BOD cho thấy các chất gây ô nhiễm theo mức tăng dần lần lượt là: dịch thải, phân tôm và cặn xả đáy ao. Kết quả mô phỏng quá trình ô nhiễm hữu cơ trong ao nuôi tôm công nghiệp với 2 mức độ sâu của ao (1,0 m và 1,5m) và 4 mức thả tôm với mật độ ban đầu (20, 30, 40 và 50 cá thể/m²) và với hàm lượng BOD₅ nước cấp là 4mg/l. Nếu hàm lượng BOD₅ là 7 mg/l được coi là nước bắt đầu ô nhiễm, ứng với các phương án nêu trên, thời điểm cần phải can thiệp vào môi trường ao nuôi là các ngày thứ 40, 60, 70, 80, 90 và 110. Tuy nhiên, nghiên cứu mới đánh giá một thông số BOD₅ nên việc đánh giá chưa toàn diện, chưa có so sánh với các QCVN của ngành thủy sản và hình thức nuôi tôm khác [20].

Phan Thị Hồng Ngân (2012) đã nghiên cứu giải pháp sử dụng hệ thống lọc sinh học hiếu khí kết hợp với lớp đệm ngập nước (SAFB = *Submerged Aerated Fixed Bed*). Kết quả nghiên cứu cho thấy: Bể phản ứng SAFB có khả năng xử lý tốt nước thải nuôi trồng thủy sản nước lợ với hiệu suất loại COD đạt 73,7% và hiệu suất loại N-NH₄⁺ đạt 97,4% ở tải trọng 1,2 kg COD/m³/ngày. Tuy nhiên, tải trọng 1,5 kg COD/m³/ngày thì đa số đầu ra vẫn đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn xả thải nói trên. Hiệu suất xử lý N-NH₄⁺ giảm khi tải trọng hữu cơ tăng lên [29].

Kết quả nghiên cứu về chất lượng môi trường nước trong các vùng nuôi tôm tại các tỉnh ven biển: Cà Mau, Bạc Liêu, Trà Vinh cho thấy, một số chỉ tiêu ô nhiễm chất lượng nước trên kênh rạch và trong các ao nuôi tôm ở mức rất cao. Điển hình một số ao nuôi tôm công nghiệp COD = 92 mg O₂/l, BOD = 60,6 mg O₂/l các giá trị này đều vượt tiêu chuẩn cho phép nhiều lần; Tổng hàm lượng N, P có xu thế tăng mạnh trong quá trình nuôi và xuất hiện phú dưỡng. Việc xử lý không tốt bùn thải ao nuôi tôm, đồng thời tái sử dụng nguồn nước kênh rạch tù đọng là nguồn gây ra ô nhiễm hữu cơ để tạo điều kiện cho sinh vật gây độc, dịch bệnh phát triển mạnh. Hệ thống thủy lợi không hoàn thiện cũng là một trong những nguồn lây lan dịch bệnh trong vùng nuôi tôm hoặc các vùng lân cận [22], [32].

Kết quả thực hiện đề tài KHCN cấp Bộ “Nghiên cứu dự báo và giải pháp giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ NTTS vùng bán đảo Cà Mau”, đã dự báo được sự lan truyền ô nhiễm nước theo dòng chảy, đề xuất được các giải pháp tổng thể công trình, phi công trình nhằm giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi tôm tại vùng bán đảo Cà Mau và có thể nhận rộng mô hình này ra các địa phương khác. Tuy nhiên, nghiên cứu còn chưa đề cập nhiều về sự lan truyền nguồn bệnh có ảnh hưởng rất lớn đến NTTS, là cơ sở phục vụ cho công tác cảnh báo và dự báo chất lượng môi trường nước cấp phục vụ cho nuôi tôm [39].

Đối với đề tài KHCN cấp Bộ “Nghiên cứu các giải pháp KHCN đánh giá và quản lý nguồn nước hệ thống thủy lợi có cống ngăn mặn và đề xuất giải pháp khắc phục ô nhiễm ở ĐBSCL” đã khẳng định quản lý nguồn nước trong các hệ thống ven biển phục vụ đa mục tiêu, nhất là NTTS là vấn đề phức tạp. Nó được thể hiện rõ qua sự phức tạp của diễn biến các yếu tố nguồn nước và đặc tính thủy động lực hệ thống, trong đó có thể kể đến sự đa dạng của nhiều loại nguồn nước tồn tại động trong các hệ thống NTTS, chất lượng các nguồn nước còn nhiều vấn đề. Về tính lưu trữ của các khối nước trong hệ thống, cách thức vận hành công trình, quá trình cấp và thoát nước còn kém, bố trí các công trình cống và kênh còn nhiều điểm chưa hợp lý, dẫn đến lưu thông nước kém. Ngoài ra, nghiên cứu đã nêu được một số nguyên lý cơ bản về đánh giá và quản lý nguồn nước ven biển, nhấn mạnh vai trò của nguồn nước mặn, nước ngọt, nước thải và nước mang mầm bệnh thủy sản trong hệ thống thủy lợi [40].

Kết quả nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu đánh giá môi trường chất lượng nước vùng nuôi tôm sú ven biển Trà Vinh và đề xuất các giải pháp phát triển bền vững” tại Trường Đại học Thủy lợi đã nghiên cứu cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp phát triển bền vững nuôi tôm sú vùng ven biển Trà Vinh. Tác giả đã xây dựng được một số hàm tương quan về các yếu tố chất lượng nước như hàm quan hệ $DO = f(S, t^0)$; $BOD = f(DO, pH)$; $H_2S = f(pH, t^0)$; $NH_3 = f(pH, t^0)$,... từ số liệu đo đạc để có thể dễ dàng nắm bắt được các thông tin chính về chất lượng môi trường nước các ao nuôi tôm ven biển. Tuy nhiên, luận án này chưa nghiên cứu tổng thể biến động chất lượng môi trường nước trong ao, nước thải trong vùng nuôi tôm để đề xuất được

các giải pháp bảo vệ môi trường nước phù hợp nhất [31].

Nhiệm vụ “Nghiên cứu giải pháp thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản, giảm thiểu ô nhiễm môi trường vùng ven biển từ Vũng Tàu - Trà Vinh” đã đề xuất các giải pháp thủy lợi phục vụ nuôi thủy sản (cấp, thoát và xử lý môi trường) cho khu vực nghiên cứu nhằm phát triển ổn định và bền vững ngành nuôi thủy sản khu vực ven biển của vùng. Tác giả đã tính toán và thiết kế mô hình thử nghiệm nuôi tôm nước lợ đại diện và điển hình cho khu vực nghiên cứu. Mô hình sau khi nghiên cứu và tính toán được áp dụng ra ngoài thực địa, cơ bản đáp ứng yêu cầu của người dân, đảm bảo các yêu cầu về cấp, thoát nước, bảo vệ và xử lý môi trường cho khu vực vùng nghiên cứu. Tuy nhiên, nghiên cứu mới ở vùng và tỉnh lựa chọn nghiên cứu, chưa đề xuất được giải pháp nhân rộng [38].

Trong những năm gần đây, một số mô hình xử lý nước thải ao nuôi tôm với các phương pháp khác nhau như: Nguyễn Thị Hoài Giang (2014) đã nghiên cứu xử lý nước thải nuôi TCT thương phẩm bằng hệ thống hồ sinh học kết hợp thả cá, rong sụn và sò ở xã Vĩnh Thạch, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng Trị cho kết quả: Nước thải nuôi tôm ban đầu so với QCVN 40: 2011/BTNMT có chỉ tiêu TSS vượt 1,9 lần, Coliforms vượt 3,8 lần, BOD vượt 2,4 lần, COD vượt 3,8 lần. Sau khi áp dụng công nghệ hồ sinh học thả cá và rong sụn để xử lý nước thải nuôi tôm, phục vụ nhu cầu cấp nước ao nuôi trong mô hình tuần hoàn khép kín cơ bản đáp ứng được yêu cầu. Nhược điểm của mô hình này cần diện tích rộng, mới chỉ thực hiện quy mô thử nghiệm mà chưa thử nghiệm ở quy mô sản xuất [9].

Hiệu quả của mô hình nuôi kết hợp TCT (*Litopenaeus vannamei*) với mật độ rong câu (*Gracilaria sp.*) khác nhau cho kết quả tốt về mặt môi trường: Chất lượng nước ở các nghiệm thức nuôi kết hợp có hàm lượng chất đạm (TAN, NO_2^- , NO_3^- và TN), photpho (PO_4^{3-} và TP) và COD thấp hơn nhiều ($p < 0,05$) so với nghiệm thức nuôi đơn [16].

Huỳnh Minh Khánh và Nguyễn Văn Dụng (2018) đã nghiên cứu hàm lượng amoni tổng số (N-NH_4^+) và amoniac (N-NH_3) có trong các nguồn nước sử dụng sản xuất tôm giống tại Ninh Thuận [17]. Trong thời gian từ tháng 8/2016 đến tháng

8/2017, thực hiện phân tích amoni tổng số (N-NH_4^+) trong 379 mẫu nước từ 30 trại sản xuất tôm giống phân bố ở Ninh Thuận, gồm 359 mẫu nước mặn (nước biển chưa qua xử lý, nước biển đã xử lý lắng lọc, nước xi phông từ đáy hồ ương tôm post) và 20 mẫu nước ngọt (nước máy hoặc nước giếng) được dùng trong các trại giống. Dựa vào kết quả phân tích Amoni tổng số, để ước tính nồng độ amoniac (N-NH_3). Kết quả nghiên cứu cho thấy các mẫu nước ngọt có hàm lượng amoniac (N-NH_3) phù hợp với quy định tại QCVN 01-81:2011/BNNT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia Cơ sở sản xuất, kinh doanh thủy sản giống - Điều kiện vệ sinh thú y. Lượng amoni tổng số (N-NH_4^+) trong các mẫu nước biển có giá trị vượt ngưỡng so với quy định tại QCVN 10-MT: 2015/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển (dùng cho mục đích nuôi trồng thủy sản. Các mẫu nước xi phông từ đáy hồ ương tôm post đều có hàm lượng amoni tổng số (N-NH_4^+) khá cao, vượt ngưỡng chịu đựng của ấu trùng tôm, nhưng nằm trong GHCP về xả thải [17].

Độ kiềm của nước, N, P và COD không gây ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển của tôm. Tuy nhiên, nồng độ H_2S có thể gây bất lợi cho sự phát triển của tôm. Nhìn chung, H_2S trong các ao nuôi giảm vào giữa vụ và tăng trở lại vào cuối vụ. Điều này có thể là do sự tích tụ của các chất hữu cơ trong điều kiện yếm khí, dẫn đến sự gia tăng H_2S . Nồng độ H_2S cao không gây chết tôm nhưng sẽ ảnh hưởng đến vòng đời và tính nhạy cảm với điều kiện môi trường và dịch bệnh. Sự chuyển hóa chất hữu cơ trong ao nuôi làm tăng quá trình khử trong nền đáy ao. SO_4^{2-} có nguồn gốc từ chất hữu cơ khoáng hóa và từ nước biển bị khử với sự tham gia của vi sinh vật để tạo thành S^{2-} sau đó trở thành H_2S . Sự hiện diện của H_2S , dù chỉ với một lượng nhỏ, cũng có hại cho sự phát triển của các sinh vật dưới nước. Các nghiên cứu trước đây cho rằng nồng độ H_2S trong nước ao nuôi tôm không được vượt quá 0,03 mg/l và không mong muốn H_2S cao hơn 0,01 mg/l. Hàm lượng H_2S trong khoảng 0,037 - 0,093 mg/l đã được chứng minh là gây chết tôm. Nhìn chung, các kết quả phân tích nồng độ H_2S đều trên ngưỡng thích hợp cho sự phát triển của tôm ở tất cả các mô hình nuôi, gây rủi ro cao cho hầu hết các ao nuôi trong khu vực nghiên cứu. Do đó, cần chuẩn bị và cải tạo kỹ ao nuôi trước khi thả tôm giống, đồng thời tăng cường độ thông thoáng

trong ao thông qua việc thực hiện các hệ thống quạt nước trong hệ thống nuôi tôm. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy pH trong các ao nuôi có xu hướng giảm từ đầu đến giữa vụ thu hoạch, và sau đó tăng lên vào cuối vụ. Điều này có thể được giải thích là do thực tế bón vôi khi bắt đầu nuôi tôm để cải tạo ao, giá trị pH dao động mạnh và cao có thể ảnh hưởng đến tăng trưởng, tỷ lệ sống, khả năng kháng bệnh, sinh sản và dinh dưỡng của tôm. Đặc biệt, giá trị pH cao hơn 8 được báo cáo là có độc tính cao đối với tôm [99].

Nguyễn Văn Hảo và cộng sự (2011) nghiên cứu về dư lượng thuốc diệt giáp xác trong các ao nuôi tôm cho thấy 50% số mẫu trầm tích trong 16 ao nuôi tôm có hàm lượng Cypermethrin dao động từ 31,5 - 603,5 ppb. Như vậy, có thể thấy việc sử dụng nhiều các loại thuốc, hóa chất, đặc biệt các loại thuốc kháng sinh trong nuôi tôm dẫn đến các tác động bất lợi cho môi trường đất vùng nuôi tôm [11].

Kết quả nghiên cứu của Đặng Đình Kim và cộng sự Viện Công nghệ Môi trường (2006), Nguyễn Hữu Thọ (2007), Nguyễn Mạnh Tân (2006) đã chỉ ra những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước, ảnh hưởng đến suy thoái môi trường vùng nuôi và việc sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý, phục hồi môi trường ao nuôi là giải pháp hiệu quả, cần tiếp tục nghiên cứu [19], [35], [41].

Ô nhiễm và tích lũy các chất ô nhiễm trong ao nuôi tôm từ đầu vụ nuôi đến cuối vụ nuôi vượt sức tải môi trường tại các ao nuôi tôm sú dọc dải ven biển Việt Nam. Đối với chất lượng môi trường nước các chất hữu cơ tiêu hao DO như COD, BOD₅, dinh dưỡng khoáng và các ion kim loại nặng (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+}) đã tích lũy cao và tăng dần từ đầu vụ nuôi đến cuối vụ nuôi. Trong đó, có các hợp chất ô nhiễm như: COD, BOD₅ và N-NH_4^+ đã vượt GHCP gấp nhiều lần so với tiêu chuẩn NTTS và là nguyên nhân cơ bản do môi trường nước các ao nuôi vượt quá sức tải môi trường. Đối với môi trường trầm tích các ao nuôi tôm tập trung tại 09 khu vực khác nhau đều có tích lũy các chất ô nhiễm rất cao trong môi trường trầm tích đáy từ đầu vụ nuôi đến cuối vụ nuôi. Các chất ô nhiễm và tích lũy ô nhiễm Sulfua, COD, BOD₅, dinh dưỡng khoáng và tổng số N và P, tổng khí H_2S và các ion kim loại nặng Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , As^{2+} , Hg^{2+} . Các chất ô nhiễm có hệ số tích lũy cao từ đầu vụ

đến cuối vụ nuôi trung bình khoảng 2 - 4 lần và có chất ô nhiễm tổng khí H_2S có hệ số tích lũy trong trầm tích đáy vào cuối vụ nuôi khoảng 82 - 278 lần với trung bình là 195 lần. Môi trường nước các ao nuôi luôn có phản ứng tương tác hòa tan và tích tụ các hợp chất ô nhiễm tạo thành một cân bằng động. Vì vậy, tích lũy các chất ô nhiễm trong trầm tích các ao nuôi sẽ tác động đến ô nhiễm chất lượng nước. Đây chính là nguyên nhân và nguồn gốc làm suy thoái môi trường và bùng phát dịch bệnh trên các ao nuôi tôm [1], [6].

Nghiên cứu về sự biến động chất lượng nước theo chuỗi nước cấp, nước ao nuôi và nước thải sau nuôi chưa được thực hiện nhiều ở Việt Nam. Trong số rất ít nghiên cứu thực hiện theo hướng này là của nhóm Nguyễn Hồng Sơn và cộng sự (2016) cho thấy: Chất lượng nước cấp vượt tiêu chuẩn cho phép các thông số DO; NH_4^+ ; TSS. Chất lượng nước ao nuôi vượt tiêu chuẩn cho phép P, NH_4^+ , TSS. Chất lượng nước thải sau nuôi có DO không đạt tiêu chuẩn [33].

1.2. Các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm

1.2.1. Tình hình nghiên cứu về giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm ở một số nước trên thế giới

*** Giải pháp về quản lý**

Việc kiểm soát chất lượng môi trường hoạt động NTTS ở Nhật Bản, Australia cho thấy thông qua ban hành và thực thi các văn bản pháp luật là vô cùng có ý nghĩa trong việc kiểm soát chất lượng môi trường trong NTTS. Chính phủ Nhật Bản đã tiến hành các giải pháp để cải thiện hệ thống pháp luật và thiết lập cơ quan quản lý nhà nước về môi trường, nhằm giải quyết cùng lúc 3 vấn đề: (1) Giảm thiểu ô nhiễm, bảo vệ môi trường; (2) Giảm chi phí kiểm soát ô nhiễm và chi phí về chăm sóc sức khỏe của cộng đồng; (3) Giảm giá thành sản xuất và giảm chi phí năng lượng. Đây cũng chính là tư duy mới về quản lý sản xuất, nghĩa là: "Không phải chỉ lo xử lý chất thải ở công đoạn cuối của sản phẩm, mà phải tính toán ngay từ đầu làm sao để sản xuất hợp lý nhất, phát thải ít nhất"

Ở Australia, các hoạt động NTTS phải tuân thủ rất nghiêm ngặt theo Luật bảo vệ môi trường (Environmental Protection Act 1994) và Chính sách bảo vệ môi trường

nước (2009). Cụ thể, vùng nuôi tôm nhiều ở Australia như bang Queensland còn có cơ chế đặc thù để kiểm soát môi trường trong nuôi tôm thông qua việc cấp giấy phép xả nước thải cho các trang trại nuôi tôm nước lợ [7].

Việc quản lý sử dụng thuốc, hóa chất và kháng sinh là rất cần thiết trong NTTS. Vấn đề tồn dư diễn ra khá phổ biến, đặc biệt ở các nước có ngành NTTS phát triển như Trung Quốc, Bangladesh, Thái Lan, Anh, Mỹ, Ấn Độ, Nhật Bản... Hiện nay chưa có số liệu cụ thể về tổng khối lượng các loại thuốc, hóa chất và kháng sinh dùng trong NTTS ở trên thế giới. Tuy nhiên, Một số quốc gia cũng đã có những báo cáo tổng hợp.

Trung Quốc là quốc gia dẫn đầu trong lĩnh vực NTTS trên thế giới năm 2016. Tuy nhiên, đây cũng là quốc gia được báo cáo là sử dụng nhiều hóa chất và kháng sinh nhất trong NTTS. Kháng sinh và thuốc được dùng với các mục đích khác nhau bao gồm diệt vi khuẩn gây bệnh, tăng tốc độ tăng trưởng, sản xuất giống. Trung bình hàng năm, có khoảng 180.000 - 210.000 tấn kháng sinh được sử dụng trong NTTS, trong đó 46% là kháng sinh nguyên liệu. Liều lượng sử dụng cũng khác nhau, tùy thuộc vào đối tượng nuôi và mục đích sử dụng [21].

Thái Lan và Bangladesh hai quốc gia ở khu vực Châu Á có nghề NTTS phát triển và là một trong những quốc gia dẫn đầu về sản lượng tôm. Các loại hóa chất, thuốc và kháng sinh được dùng trong sản xuất tôm giống, nuôi thương phẩm tôm thuộc 04 nhóm kháng sinh, hóa chất khử trùng, hóa chất diệt nấm, ký sinh trùng và các loại phụ gia thức ăn chăn nuôi, chất chiết xuất từ thực vật. Tỷ lệ các trang trại nuôi trồng thủy sản sử dụng thuốc, hóa chất và kháng sinh trong nuôi tôm ở Thái Lan lần lượt là 79% và 29%. Trong khi đó, ở Bangladesh tỉ lệ này lần lượt là 10% và 14% dùng trong sản xuất giống và nuôi tôm thương phẩm [100].

Tại Mỹ, các hóa chất, thuốc và kháng sinh dùng trong thủy sản phải được Cục Quản lý thực phẩm và Dược phẩm phê duyệt cho các mục đích sử dụng cụ thể trong NTTS từ những năm 1990. Có 05 loại thuốc được cấp phép sử dụng trong NTTS tại Mỹ bao gồm 03 loại kháng sinh (*oxytetracycline* HCL (Terramycin 10), *sulfamerazine*, một loại thuốc kết hợp có chứa *sulfadimethoxine* và *ormetoprim*,

formalin và tricaine methanesulfonate [7].

Ngoài ra, các nghiên cứu về hệ thống nuôi tôm của Kungvankij, Apud, Bossier và cộng sự [57], [80], [87] cho thấy: Đã giảm dần sử dụng hóa chất trong cải tạo ao nuôi và điều chỉnh môi trường ao nuôi; Kiểm soát hóa chất và kháng sinh trong phòng và trị bệnh cho tôm là giải pháp không chỉ giảm khối lượng chất thải mà còn giảm mức độ độc hại chất thải tồn dư trong nước và bùn thải, đồng thời giảm nguy cơ gây mất an toàn thực phẩm trong sản phẩm tôm. Tại nhiều nước trên thế giới, việc sử dụng hóa chất, kháng sinh được pháp luật quy định cụ thể để kiểm soát chặt chẽ trong suốt quá trình sử dụng [60].

Kiểm soát chất lượng và lượng thức ăn của tôm hiệu quả là một giải pháp quản lý rất quan trọng để giảm nguồn ô nhiễm do thức ăn thừa và phân tôm. Quản lý thức ăn hiệu quả là giải pháp kết hợp nhiều yếu tố như hình thức nuôi, công nghệ nuôi, đặc tính loài nuôi và các biện pháp quản lý trang trại theo các Quy chuẩn GAP (Good Agricultural Practises - Quy phạm thực hành nuôi trồng thủy sản tốt) [72]. Thức ăn chiếm gần 80% giá thành nuôi tôm nên đây là giải pháp được nghiên cứu nhiều nhất và cần được quan tâm. Tuy nhiên, giải pháp này phụ thuộc vào nhà sản xuất, chế độ bảo quản thức ăn; kiến thức của người nuôi... nên từng cơ sở có kết quả kiểm soát ở mức độ khác nhau.

*** Giải pháp về kỹ thuật**

Xử lý và tái sử dụng nước thải nuôi tôm: Ở Mỹ, đã có không ít các giải pháp về xử lý và tái sử dụng nước thải nuôi tôm được nghiên cứu ứng dụng [89]; Nhiều kết quả cho thấy năng suất tôm cao tới 10 kg/m²/vụ có thể đạt được trong các hệ thống nuôi tôm tuần hoàn trong nhà, siêu thâm canh và khép kín. Tại đó, các thông số môi trường được kiểm soát chặt chẽ. Tuy vậy, chi phí xây dựng và vận hành của hệ thống có chi phí cao dẫn tới mô hình này chưa được nhân rộng [66]. Mặc dù lượng bùn thải được kiểm soát và tái sử dụng sản xuất phân bón tránh được ÔNMT bên ngoài, nhưng giá thành sản xuất quá cao; yêu cầu kỹ thuật công nghệ rất cao và chỉ phù hợp cho mô hình trình diễn.

Sử dụng các vùng đất ngập nước để xử lý các chất ô nhiễm: Tận dụng các vùng

đất ngập nước được xây dựng kết hợp với trại nuôi tôm có thể loại bỏ có hiệu quả các chất ô nhiễm chủ yếu từ các nguồn nước nuôi thủy sản bao gồm các chất rắn lơ lửng, chất hữu cơ, nitơ, photpho và phytoplankton [90]. Nhiều quy trình sinh học và phi sinh học đã đưa ra các giải pháp loại bỏ chất ô nhiễm ở vùng đất ngập nước [76]. Quá trình khoáng hóa và chuyển đổi do vi sinh vật (ví dụ như nitrat hóa - khử nitơ) và sự hấp thu bởi thực vật là những quá trình sinh học chính, trong khi các quy trình phi sinh học bao gồm lắng đọng trầm tích và hấp phụ trên bề mặt nền đáy. Ưu điểm của phương pháp này là tiêu thụ năng lượng thấp, chi phí và yêu cầu bảo trì không cao. Tuy vậy, diện tích đất ngập nước cần khoảng 0,7 - 2,7 lần diện tích ao nuôi để xử lý nước thải ao nuôi nên có thể khó áp dụng được khi không đủ diện tích để bố trí hệ thống xử lý nước thải.

Ngoài ra, giải pháp bố trí vùng đệm nhằm duy trì trạng thái cân bằng có thể chấp nhận được giữa các khu rừng ngập mặn và khu nuôi tôm. Cải tiến việc thiết kế ao nuôi, giảm bớt việc trao đổi nước giữa ao nuôi và môi trường xung quanh bằng cách xác định thời gian lưu nước thích hợp, lựa chọn vị trí nuôi trồng thủy sản thuận lợi trên cơ sở đánh giá khả năng tự làm sạch của nguồn tiếp nhận nước thải, tái sử dụng bùn lắng của các ao nuôi tôm để làm phân bón trong nông nghiệp... Việc sử dụng các khu rừng ngập mặn và các loài thực vật chịu mặn như là các hệ thống lọc sinh học đối với nước thải từ các ao nuôi tôm cũng là một trong những giải pháp kỹ thuật lựa chọn hiệu quả để xử lý nước nhằm giảm tác động đến môi trường xung quanh [78]. [92], [93].

Sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý chất thải ao nuôi tôm: Việc áp dụng các chế phẩm sinh học (CPSH) thương mại làm giảm sự tích tụ chất hữu cơ, cải thiện chất lượng nước và cải thiện điều kiện môi trường cho trại nuôi tôm và giảm thiểu nitơ và ô nhiễm phát thải trong trầm tích của ao nuôi tôm thẻ chân trắng [97]. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng, việc áp dụng chế phẩm sinh học (CPSH) đối với xử lý bùn thải có thể đẩy nhanh quá trình phân hủy các chất hữu cơ (bao gồm cả khí độc) và chất thải không mong muốn. Tuy vậy, các nghiên cứu hiện mới tập trung vào các giải pháp xử lý các độc tố có trong bùn thải, chưa mở rộng sang hướng tái sử dụng bùn thải bao

gồm khả năng phục vụ sản xuất nông nghiệp và thương mại [4]. Việc sử dụng CPSH đã góp phần rất lớn vào việc xử lý chất thải hữu cơ trong ao nuôi tôm, đồng thời hỗ trợ cho tôm tiêu hóa tốt hơn, đạt hiệu quả cao hơn; nhưng chưa có nhiều đánh giá cụ thể xác định chủng loại, mật độ tế bào vi sinh vật đưa vào ao nuôi như thế nào để đạt hiệu quả xử lý bùn đáy và chất hữu cơ lơ lửng cao nhất; đánh giá mối tương quan giữa số lượng vi khuẩn sử dụng cho ao nuôi và tổng sinh khối của tảo có lợi trong ao nuôi; Tuy vậy, chưa có so sánh khối lượng và chất lượng bùn thải ao nuôi tôm xử lý bằng CPSH và ao nuôi tôm đối chứng không dùng CPSH.

Áp dụng công nghệ Biofloc: Việc sử dụng nhóm vi khuẩn có lợi trong ao nuôi tôm theo công nghệ Biofloc (thể hữu cơ lơ lửng) đã được nghiên cứu thành công tại Mỹ từ những đầu thập niên 1970 của thế kỷ 20. Bản chất của nuôi tôm theo biofloc là bổ sung vào nước ao nuôi một lượng cacbon (thông thường là mật rỉ đường hoặc bột mì) để tổng lượng Carbon/Nitơ (C/N) trong nước nuôi đạt tỉ lệ từ 15/1 trở lên (thức ăn cho tôm chỉ đạt tỉ lệ C/N dao động trong khoảng 9/1); tỉ lệ C/N >15/1 là điều kiện tốt cho nhóm vi khuẩn có chức năng thứ nhất là chuyển hóa khí độc gốc N (NH_3) thành protein và các hạt floc sẽ gom các chất lơ lửng trong nước (tảo, hữu cơ, vi khuẩn, động vật phù du...) thành từng floc lơ lửng có thể làm thức ăn cho tôm. Các mô hình nuôi theo công nghệ này thì FCR đã giảm khoảng 25%, khối lượng chất thải giảm trên 80% và mức độ độc hại trong nước và bùn giảm đáng kể so với phương pháp nuôi tôm thâm canh truyền thống [88]. Tuy nhiên, công nghệ này đòi hỏi mức đầu tư và tiêu tốn điện năng cao hơn (vì phải sục khí liên tục, nếu dừng thì quá trình tạo floc bị đứt gãy). Không những thế, với những ao nuôi đáy cứng hoặc lót bạt thì lượng giun nhiều tơ ít, sinh vật phù du sống khó vướng vào floc, chỉ còn xác chết của động thực vật phù du và thức ăn dư thừa tạo nên floc và ở dạng dễ bị tan khi tôm nuôi dùng càng gắp đưa vào miệng, dẫn đến hiệu quả có thể không đạt được theo mong muốn so với ao đáy bùn [12].

Công nghệ sục khí ôzone: Đây là giải pháp kỹ thuật được sử dụng tại một số trại nuôi tôm nhằm cải thiện chất lượng nước ao và giảm tần suất thay nước. Công nghệ này đã được thực hiện tại Mỹ, Thái Lan, Hàn Quốc và Ấn Độ ở các trại nuôi

tôm và các trại nuôi thủy sản khác [94]. Khí ôzone giúp và thúc đẩy quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ và làm tăng hàm lượng oxy hòa tan (DO) trong môi trường nước nuôi; Dịch bệnh khó bùng phát kể cả trong trường hợp ít thay nước hoặc chất lượng nước đầu vào không tốt. Tuy vậy, công nghệ này cần vốn đầu tư xây dựng và chi phí vận hành cao, chỉ phù hợp với các cơ sở nuôi có tiềm lực kinh tế mạnh nên đến nay vẫn chưa phát triển ở quy mô thương mại.

1.2.2. Một số nghiên cứu về giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm ở Việt Nam

Ở Việt Nam, các giải pháp kiểm soát môi trường vùng nuôi tôm tập trung được phân theo 2 nhóm chính gồm giải pháp quản lý và kỹ thuật, cụ thể như sau:

*** Giải pháp quản lý**

Quan trắc, cảnh báo chất lượng môi trường vùng nuôi tôm: Kết quả quan trắc, cảnh báo môi trường vùng nuôi tôm ven biển cho thấy chất lượng môi trường các vùng nuôi tôm tập trung ở các tỉnh ven biển Việt nam giảm thấp và không ít vùng bị ô nhiễm cũng như nguy cơ ô nhiễm cao. Qua 5 năm triển khai (2015-2019) quan trắc và cảnh báo môi trường của Tổng cục thủy sản đã thiết lập được hơn 449 điểm quan trắc nuôi tôm ở 27 tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương (xem Hình 1.1) với thông số, tần suất quan trắc của các địa phương được thực hiện định kỳ 2 lần/tháng, một số thời điểm thực hiện 4 lần/tháng hoặc tăng tần suất vào lúc giao mùa, mùa mưa lũ.

Về biến động chất lượng nước cấp cho thấy: các thông số N-NO_2^- , P-PO_4^{3-} , H_2S , COD, TSS...trong một số thời điểm vượt giới hạn cho phép theo QCVN 02-19:2014/BNNT-PNT từ 5,9 - 34,9 % và có một số thời điểm, đã xác định được thông số kim loại nặng Cd, As vượt giới hạn cho phép từ 1,2 -1,4 lần và có xuất hiện tích lũy chất hữu cơ tại các thủy vực. Các hoạt động quan trắc, cảnh báo môi trường dịch bệnh đã giúp kịp thời cảnh báo môi trường nước cấp cho cơ quan quản lý thủy sản, người nuôi kịp thời để có giải pháp cụ thể chỉ đạo nuôi trồng thủy sản hiệu quả và cung cấp cơ sở dữ liệu cho công tác kế hoạch, quy hoạch và chiến lược ngành thủy sản [48], [53], [54], [55].

Biến động chất lượng nước trong ao nuôi tôm cho thấy môi trường nước trong

các ao nuôi có tỉ lệ vượt ngưỡng cao bao gồm: *vibrio* sp (44,6%), TSS (40,5%), WSSV (White spot syndrome virus - *bệnh đốm trắng do virút*) 39,7%), COD (37,2%), vi khuẩn AHPND (Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease - *bệnh hoại tử gan tụy cấp*) trong nước (31,4%), VAHPND trên tôm (23,1%), N-NO_2^- (13,2%), H_2S (8,3%), độ kiềm (5,2%), EHP (Enterocytozoon hepatopenaei - *bệnh vi bào tử trùng*) (3,3%), NH_3^- (1%). Các thông số *vibrio* sp, TSS, COD, N-NO_2^- , H_2S , độ kiềm, NH_3^- có xu hướng tăng về cuối vụ nuôi do sự tích lũy chất hữu cơ trong ao [48].

Nguồn nước trong các ao nuôi và các nguồn thải từ hoạt động NTTS bị ô nhiễm bởi chất hữu cơ, các chất nitơ, phốt phát và amoni rất cao, đều vượt tiêu chuẩn cho phép (BOD_5 dao động 15,3 - 36 mg/l, Amoni từ 0,17 - 5,12 mg/l, phốt phát từ 0,06 - 0,26 mg/l,...). Các nguồn xả thải từ bên ngoài vào hệ thống NTTS cũng rất đa dạng, nhiều loại với tải lượng lớn, chẳng hạn nước thải sinh hoạt chưa được xử lý từ các khu dân cư, khu công nghiệp thải trực tiếp vào hệ thống, các nguồn xả thải từ các vùng sản xuất nông nghiệp không qua xử lý đã làm suy giảm chất lượng và gây ô nhiễm môi trường nước vùng nuôi. Các nguồn xả thải trong nội hệ thống như do chính người dân bơm thau rửa nước bẩn, nước chứa mầm bệnh từ các ao nuôi đổ trực tiếp vào hệ thống kênh... quá trình sên vét bùn thải cũng có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng, môi trường nước trong hệ thống và có thể lan truyền sang vùng khác [23].

Mặc dù quan trắc, cảnh báo môi trường là giải pháp quản lý nhằm kiểm soát tốt chất lượng nước phục vụ NTTS nói chung và nuôi tôm nói riêng. Tuy vậy, công tác quan trắc, cảnh báo môi trường còn bất cập như:

- Kinh phí cho công tác quan trắc, cảnh báo môi trường còn hạn chế, quá trình tổ chức triển khai lại dàn trải, thiếu tính tập trung dứt điểm;
- Cơ sở dữ liệu tản mạn, xử lý số liệu chậm nên chưa phản ánh được tính quy luật, chưa xác định được các yếu tố cốt lõi cần quan trắc;
- Trên thực tế, đã hình thành hệ thống, mạng lưới quan trắc và cảnh báo môi trường, nhưng chưa có sự tổ chức, liên kết giữa hệ thống và mạng lưới, chưa phân rõ trách nhiệm của các đơn vị tham gia hệ thống, mạng lưới quan trắc môi trường;
- Chưa phân cấp rõ vai trò của địa phương, của các đơn vị bên ngoài tham gia

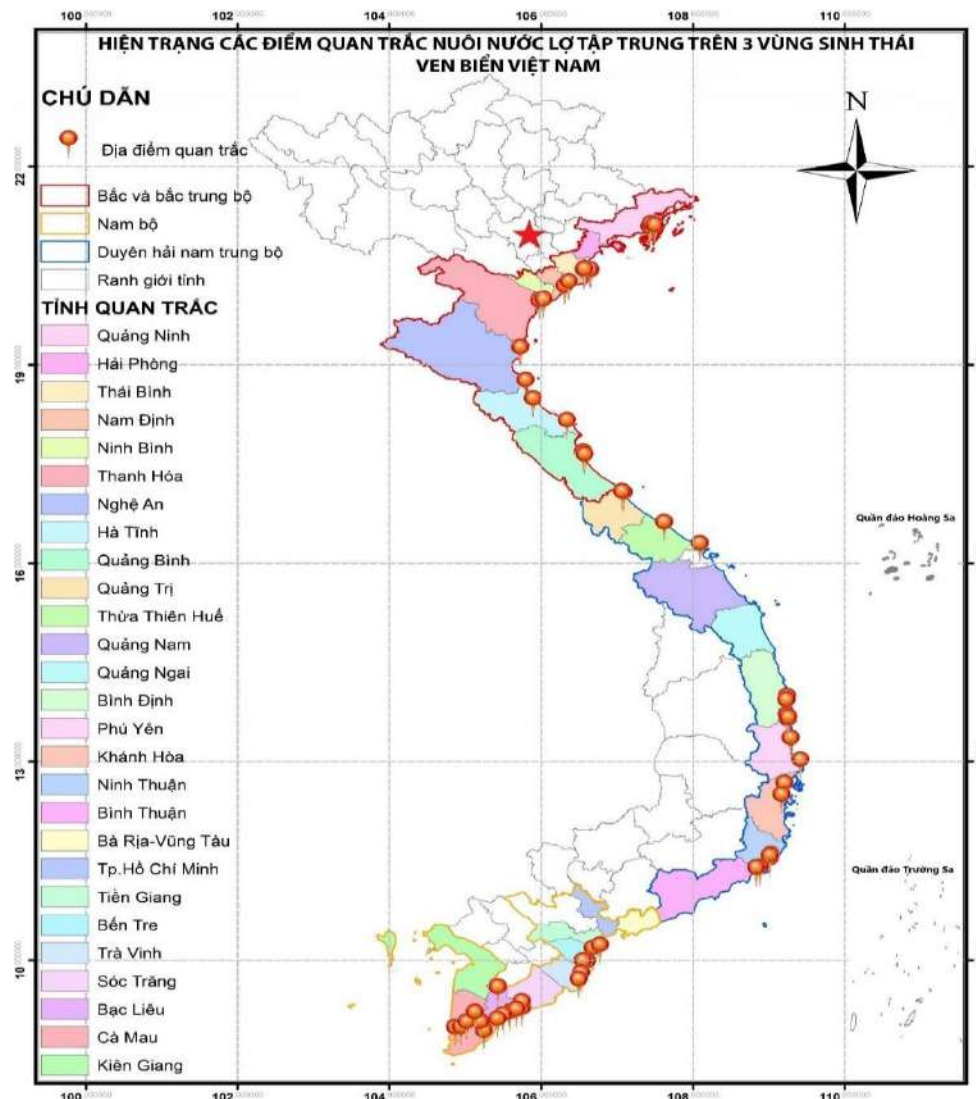
vào hệ thống quan trắc phục vụ nuôi trồng thủy sản; chưa xác định các thông số lỗi, tần suất, vùng/địa điểm, đối tượng nuôi cần ưu tiên quan trắc nhằm bố trí nguồn kinh phí phù hợp hàng năm.

- Đa số các cơ sở nuôi tôm chưa tuân thủ các quy trình kỹ thuật về kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi.

Xây dựng và ban hành các văn bản quản lý: Để phát triển nghề nuôi tôm bền vững, đã có không ít những văn bản hướng dẫn về quy trình công nghệ, mô hình nuôi và biện pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường được ban hành. Tổng cục Thủy sản đã trình Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành và triển khai Đề án phát triển ngành tôm Việt Nam đến năm 2025, trong đó Quyết định số 3475/QĐ-BNN-TCTS ngày 30/8/2018 về việc ban hành Đề án tổng thể phát triển ngành công nghiệp tôm nước lợ Việt Nam đến năm 2030 để thực hiện Luật Thủy sản năm 2017 và các văn bản có liên quan [26]. Đồng thời, để kiểm soát môi trường vùng nuôi tôm. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã ban hành Kế hoạch quan trắc, cảnh báo và giám sát môi trường trong nuôi trồng thủy sản giai đoạn 2021 - 2025 (Quyết định số 1151/QĐ-BNN-TCTS ngày 19/03/2020).

Quyết định số 5204/QĐ-BNN-TCTS ngày 05/12/2014 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về phê duyệt dự án quan trắc phục vụ nuôi trồng thủy sản nhằm kiểm soát chất lượng nước cấp, nước trong ao nuôi tôm. Việc tuân thủ quyết định bước đầu đã có những hiệu quả theo hướng tích cực. Trong đó, đã thiết lập được các điểm/vùng quan trắc vùng nuôi tôm cố định, đảm bảo tính ổn định trong quan trắc, cảnh báo môi trường (Hình 1.1).

Bộ đã ban hành và tổ chức triển khai thực hiện có hiệu quả Thông tư 32/2014/TT-BNNPTNT ngày 10/9/2014 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về quy định hoạt động quan trắc, cảnh báo môi trường ngành nông nghiệp và phát triển nông thôn [24].



Hình 1.1. Bản đồ phân bố các điểm quan trắc môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại các tỉnh ven biển Việt Nam

Đối với các dự án đầu tư về nuôi tôm tập trung trước khi phê duyệt dự án đầu tư đều phải tiến hành đánh giá tác động môi trường. Đây cũng là giải pháp kiểm soát, phòng ngừa nguồn ô nhiễm phát sinh của các dự án khi đi vào hoạt động thông qua yêu cầu lắp đặt, vận hành thường xuyên các công trình bảo vệ môi trường, đáp ứng các QCVN về môi trường, nhằm giảm thiểu phát sinh ô nhiễm môi trường. Việc tuân thủ thực hiện theo đúng các quy định báo cáo đánh giá tác động môi trường đã phê duyệt đã góp phần kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung. Tuy vậy, việc tuân thủ theo yêu cầu vẫn chưa nghiêm, đôi khi vẫn xảy ra các vụ xả thải gây ô nhiễm môi trường nước, bùng phát dịch bệnh thủy sản.

*** Giải pháp kỹ thuật**

Với quan điểm “Nuôi tôm là nuôi nước”, nguồn nước cấp cho nuôi tôm nói chung và nuôi tôm tập trung nói riêng đóng vai trò quan trọng trong quá trình nuôi. Phần lớn các đợt bùng phát dịch bệnh tôm đa phần có nguồn gốc từ môi trường sinh sống của tôm. Trong vài năm gần đây, ô nhiễm nguồn nước cấp đang có xu hướng gia tăng ở mức đáng báo động. Chất lượng nguồn nước cấp cho NTTS không đảm bảo theo tiêu chuẩn tối thiểu. Nguyên nhân do tác động của việc lan truyền nước từ thượng lưu, biển, thủy triều và xâm nhập mặn...do các nguồn nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp; từ NTTS, chăn nuôi, đặc biệt là hình thức nuôi tập trung; khai thác, vận chuyển dầu khí và hoạt động của tàu thuyền...phát sinh, nước thải chưa được xử lý đạt tiêu chuẩn trước khi xả thải ra ngoài môi trường.

Đã có một số nghiên cứu và giải pháp kiểm soát chất lượng nước phục vụ nuôi tôm được triển khai như:

Quy hoạch và cơ sở hạ tầng vùng nuôi:

Đề tài “Nghiên cứu đề xuất biện pháp thủy lợi trong chuyển dịch cơ cấu NTTS vùng ven biển Nam Bộ” do Dương Văn Viện (2007) chủ trì, đã đề xuất giải pháp kỹ thuật: hệ thống cấp thoát nước các vùng NTTS ven biển cần được bố trí tách rời để đảm bảo chất lượng nguồn nước, vùng nội đồng. Cụ thể, có thể bố trí các kênh cấp thoát tách rời ở khả năng cao nhất, ít nhất phải tách từ kênh cấp 2. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa làm rõ cơ sở khoa học cho việc cấp thoát riêng biệt trong NTTS theo quan điểm tính toán thủy động lực về nguồn nước hệ thống. Ngoài ra, tác giả cũng đã nhấn mạnh đến việc giám sát chất lượng môi trường nước là một trong những biện pháp quan trọng hàng đầu để cung cấp cơ sở dữ liệu, từ đó đánh giá được sự biến đổi của môi trường nước vùng nuôi. Đây là một nguồn thông tin quan trọng giúp cho việc đề xuất giải pháp thủy lợi hợp lý nhằm hạn chế các tác động xấu đến môi trường vùng nuôi thủy sản, giúp phát hiện sớm dịch bệnh góp phần ngăn chặn sự lây lan và khoanh vùng, xử lý kịp thời dịch bệnh thủy sản [52].

Chế độ cấp thoát nước và sơ đồ hệ thống thủy lợi hợp lý phục vụ nuôi tôm thâm canh vùng cao triều ven biển Bắc Bộ là kết quả luận án tiến sĩ của Mai Thế

Hùng (2008). Trong đó, tác giả đã phân tích lý thuyết và thực nghiệm để rút ra các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật phục vụ công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý khai thác hệ thống thủy lợi nuôi tôm thâm canh vùng ven biển Bắc Bộ. Tuy đã xác định và lượng hóa được các tiêu chí, chỉ tiêu chủ yếu cho chế độ cấp thoát nước và sơ đồ thủy lợi hợp lý vùng nuôi nhưng tác giả chưa đánh giá cụ thể ảnh hưởng chất lượng môi trường nước trong hệ thống thủy lợi nuôi tôm thâm canh vùng nghiên cứu [15].

Ngô Xuân Hải (2004) đã nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật thủy lợi phục vụ NTTS vùng ven biển ĐBSCL. Tác giả đã đánh giá những tồn tại hạn chế của các hệ thống thủy lợi vùng NTTS, xác định được hệ số cấp và thoát nước cho các mô hình nuôi tôm và đề xuất giải pháp công trình điều tiết nguồn nước... Tuy nhiên, công trình nghiên cứu này chưa làm rõ được đặc tính thủy động lực nguồn nước trong các hệ thống kênh dẫn vùng nuôi, vấn đề tách rời kênh cấp và thoát riêng biệt chưa được xem xét cụ thể trong các vùng NTTS [10].

Kết quả nghiên cứu của Hà Lương Thuận và cộng sự (2004) về “Xây dựng các giải pháp công trình thủy lợi phục vụ NTTS tại các vùng sinh thái khác nhau” đã đề cập đến việc xây dựng các giải pháp công trình thủy lợi phục vụ NTTS tại các vùng sinh thái khác nhau, đã đề xuất được các giải pháp công trình thủy lợi phục vụ nuôi tôm thâm canh, bán thâm canh tại các vùng sinh thái có hiệu quả và bền vững. Các giải pháp đề xuất đã góp phần cung cấp cơ sở khoa học để giải quyết bài toán tổng thể về quy hoạch hạ tầng NTTS riêng biệt, nhằm phục vụ cho đảm bảo chất lượng nguồn nước cấp phục vụ nuôi tôm tập trung của khu vực [43].

Sử dụng chế phẩm sinh học:

Giải pháp về sử dụng *Probiotics* được đề cập dưới các tên khác nhau như “chế phẩm sinh học”, “vi khuẩn có lợi” hoặc “vi sinh vật hiệu quả”, bao gồm vi khuẩn *Lactobacillus*, *Actinomycetes*, *Nitrobacter*, vi khuẩn chuyển hóa đạm, *Bifidobacterium*, nấm men...hiện đang được sử dụng. Nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu sử dụng một số loại *probiotics* trong nuôi thủy sản để điều khiển quần thể vi tảo của nước trong ao, kiểm soát vi sinh vật gây bệnh, và tăng cường sự phân hủy các hợp chất hữu cơ dư thừa, thay thế sử dụng kháng sinh, thuốc thú y và cải thiện môi

trường ao nuôi. Ngoài ra, *probiotics* còn giúp gia tăng quần thể các sinh vật làm thức ăn cho tôm, cải thiện chế độ dinh dưỡng của các loài thủy sản nuôi và tăng cường khả năng miễn dịch của vật nuôi với mầm bệnh. Những vi khuẩn hữu ích này có thể cải thiện chất lượng nước nuôi thủy sản, hạn chế mầm bệnh trong nước và giúp gia tăng năng suất thủy sản nuôi. Trong nuôi trồng thủy sản, *Probiotics* được sử dụng như phương tiện kiểm soát dịch bệnh, bổ sung hoặc trong một số trường hợp thay thế các chất kháng khuẩn. Các nhóm vi tảo (*Tetraselmis*), nấm men (*Debaryomyces*, *Phaffia* và *Saccharomyces*), vi khuẩn gram dương (*Bacillus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Micrococcus*, *Streptococcus* và *Weissella*) và vi khuẩn gram âm (*Aeromonas*, *Alteromonas*, *Photobacterium*, *Pseudomonas* và *Vibrio*) đều được sử dụng. CPSH cũng góp phần rất lớn vào việc xử lý chất thải hữu cơ trong ao nuôi, đồng thời hỗ trợ cho tôm tiêu hóa và đạt hiệu quả sử dụng thức ăn cao hơn. Tuy vậy, vẫn còn ít tài liệu đề cập đến việc xác định chủng loại và sản phẩm nào đưa vào ao nuôi đạt hiệu quả xử lý bùn đáy và chất hữu cơ lơ lửng cao nhất. Chưa có tài liệu so sánh khối lượng bùn thải của ao nuôi tôm xử lý bằng CPSH và ao nuôi tôm đối chứng không hoặc ít dùng CPSH. Chưa có nghiên cứu so sánh chất lượng bùn thải của ao nuôi tôm xử lý bằng CPSH và ao nuôi tôm đối chứng không hoặc ít dùng CPSH. Do vậy, lựa chọn các chế phẩm sinh học sẽ giúp người nuôi từ bỏ thói quen sử dụng hóa chất, kháng sinh là rất quan trọng. Tuy nhiên, có rất ít giải pháp giảm việc sử dụng hóa chất trong xử lý nước và nền đáy ao nuôi. Khi tôm bị bệnh do vi khuẩn, nấm hoặc ký sinh trùng, nếu phát hiện sớm có thể sử dụng kháng sinh, hóa chất để điều trị. Chưa có nghiên cứu cụ thể quy trình công nghệ nuôi hiệu quả để khuyến cáo giúp người nuôi tôm thâm canh đạt hiệu quả kinh tế cao, đồng thời giảm được thói quen sử dụng hóa chất, kháng sinh [37].

Nguyễn Đức Cự và cộng sự (2012) đã đề xuất các giải pháp kỹ thuật phục hồi các ao nuôi tôm bỏ hoang như sau: (1) Sử dụng chế phẩm cải tạo đáy ao nuôi tôm trước khi nuôi: Xử lý đáy ao ban đầu bằng vôi (CaCO_3) hay đá vôi đen $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ để tạo pH có độ kiềm thích hợp. Nếu nước ao có độ kiềm và pH cao (độ kiềm > 80 mg/lít và pH > 8) thì không cần bón vôi trong giai đoạn này. Trong trường hợp đất ao

quá phèn ($\text{pH} < 5$) thì việc sử dụng vôi tôi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hay vôi sống (CaO) sẽ có hiệu quả hơn, bởi nếu dùng vôi tôi và vôi sống để cải tạo nền đáy ao thì pH nước sẽ tăng lên đáng kể khi lấy nước vào ao, nhất là khi hệ đệm nước ao kém. Tiếp theo, xử lý trầm tích đáy ao bằng Chlorine là xử lý triệt để nhất các chất hữu cơ và mầm bệnh tích lũy trong trầm tích đáy. Xử lý các chất ô nhiễm và mầm bệnh trong trầm tích đáy ao bằng thuốc tím (KMnO_4) với liều dùng 10-20 mg/l để Oxy hóa các chất hữu cơ và khử trùng trầm tích đáy ao nuôi sao cho trầm tích đáy hết màu bùn đen và trầm tích chuyển thành màu nâu vàng. Bước cuối cùng là sử dụng các loại chế phẩm sinh học xử lý trầm tích đáy ao nuôi vào giai đoạn cuối cùng, đó là các sản phẩm có chứa các vi sinh vật có lợi để phục hồi hệ vi sinh cho môi trường nuôi như: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*... phục hồi được hệ vi sinh có lợi trong trầm tích và phục hồi lại cấu trúc hạt của trầm tích tạo môi trường thông thoáng khuếch tán DO từ môi trường nước ao nuôi vào bên trong trầm tích đáy các ao nuôi.

(2) *Duy trì việc bổ sung chế phẩm sinh học trong quá trình nuôi*: Trong quá trình nuôi, môi trường nước liên tục tiếp nhận các chất thải hữu cơ từ tôm nuôi, thức ăn thừa và xác tảo chết. Các chất hữu cơ lơ lửng trong nước một thời gian và cuối cùng sẽ lắng đọng xuống đáy ao. Các chất hữu cơ này sẽ được các vi khuẩn hiếu khí phân hủy thành khí CO_2 thoát vào không khí và giải phóng các chất dinh dưỡng khoáng N, P và các nguyên tố vi lượng khác. Quá trình này gọi là quá trình vô cơ hóa và quá trình vô cơ hóa có tốc độ nhanh hay chậm tùy thuộc vào mật độ sinh khối các chủng vi khuẩn hiếu khí có trong nước và trong trầm tích đáy các ao nuôi. Vì vậy, trong quá trình nuôi, phải bổ sung liên tục chế phẩm sinh học vào môi trường nước các ao nuôi và bổ sung chính vào thức ăn cho tôm hàng ngày. Ngoài ra, các chế phẩm sinh học có chứa các vi sinh vật có lợi như: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Nitrobacter*, *Nitrosomonas* có tác dụng tiết ra các enzyme phân hủy các chất hữu cơ dưới đáy ao (thức ăn thừa, phân tôm, xác động, thực vật), làm giảm khí độc, cải thiện chất lượng nước, hạn chế sự phát triển quá mức của vi khuẩn có hại, giảm cơ hội gây bệnh cho vật nuôi. Vì vậy, duy trì bổ sung chế phẩm sinh học vào môi trường nước ao nuôi là biện pháp ức chế và ngăn ngừa dịch bệnh bùng phát trong quá trình nuôi.

Đồng thời cường tăng sức khỏe cho tôm có sức đề kháng với dịch bệnh [6].

Kiểm soát lượng thức ăn:

Thức ăn chiếm gần 70-80% giá thành nuôi tôm và chất lượng thức ăn có tầm quan trọng không nhỏ tác động đến chất lượng môi trường ao nuôi. Quy phạm thực hành nuôi trồng thủy sản tốt - VietGAP ban hành kèm theo Quyết định số 3824/QĐ-BNN-TCTS ngày 6/9/2014 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định chặt chẽ việc kiểm soát thức ăn trong NTTS nhằm tránh lãng phí, giúp thủy sản phát triển nhanh và giảm ÔNMT. Hầu hết các cơ sở nuôi đã ý thức lựa chọn thức ăn có chất lượng tốt để tiết kiệm chi phí và giảm ô nhiễm môi trường nước ao nuôi. Mặc dù vậy, thức ăn kém chất lượng, hàm lượng đạm tiêu hóa thấp và công tác quản lý còn nhiều bất cập dẫn đến sản phẩm thừa từ thức ăn trong ao nuôi còn rất cao. Cụ thể, để sản xuất 1 tấn tôm thịt, người nuôi đã xả thải ra môi trường khoảng 5.345 - 7.151 m³ nước thải, 259 kg BOD, 769 kg COD, 1.170 kg TSS, 30 kg N, 3,7 kg P và 4,8 kg N-NH₃ [47].

Ngoài ra, việc giảm thiểu dư lượng thuốc thú y, hóa chất và kháng sinh trong nước thải và bùn thải từ nuôi trồng thủy sản chưa được quan tâm thích đáng và chưa giải quyết tổng thể, dù đây là vấn đề rất cần thiết trong các ao nuôi thủy sản và đảm bảo vệ sinh an toàn sản phẩm.

Xử lý chất thải ao nuôi tôm:

Nước thải từ khu vực nuôi tôm, đặc biệt là khu vực nuôi tôm tập trung nếu không được xử lý đảm bảo QCVN hiện hành trước khi xả thải ra ngoài môi trường sẽ quay trở lại trở thành nguồn nước cấp để phục vụ nuôi thủy sản.

Nghiên cứu của Lê Trần Tiểu Trúc (2018) về hiện trạng quản lý và xử lý chất thải từ ao nuôi TCT (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh tại tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau cho thấy trung bình 35,7% hộ sử dụng chlorine để xử lý nước thải sau mỗi vụ nuôi. Chỉ có 8/30 hộ ở Sóc Trăng; 4/30 hộ ở Bạc Liêu và 10/30 hộ ở Cà Mau xử lý nước ao nuôi trước khi thải ra môi trường. Cụ thể, hệ thống xử lý nước thải nuôi tôm sử dụng các đối tượng sinh học tại Cà Mau: Mô hình được thực hiện tại khu nuôi tôm công nghiệp có 3 ao nuôi với mật độ 25 con/m². Hệ thống xử lý gồm 1 rãnh lắng

bùn, một ao xử lý và một ao chứa. Nước thải từ khu nuôi tôm sẽ được bơm ra ao xử lý có thả sò huyết mật độ 80 con/m². Bùn được hút chuyển qua rãnh lắng bùn sau đó mới chuyển sang ao xử lý. Nước để trong ao xử lý sau khoảng 15 ngày sẽ chuyển sang ao chứa. Trong ao chứa, thả thêm cá vược và cá rô phi để tăng hiệu quả xử lý, thanh lọc cho đến khi nước có chất lượng bình thường, đưa tuần hoàn trở về ao nuôi theo chu trình khép kín mà không dùng đến hóa chất xử lý nước hay thải ra môi trường [46].

Kết quả tổng kết hợp phần nuôi tôm quy mô nhỏ thuộc dự án “Nguồn lợi ven biển vì sự phát triển bền vững” thực hiện tại 8 tỉnh Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Bình Định, Khánh Hòa, Phú Yên, Sóc Trăng và Cà Mau, đã áp dụng các giải pháp nuôi và xử lý chất thải (nước và bùn thải) của các hộ nuôi tôm thâm canh quy mô nhỏ có từ 2 ao trở lên: Một ao nuôi tôm, dùng CPSH để thay thế hóa chất trong xử lý chất hữu cơ và khí độc dưới đáy ao, một ao nuôi rô phi để làm sạch môi trường nước từ ao nuôi tôm chuyển sang và sau đó, nước này được cung cấp ngược trở lại cho ao nuôi tôm. Mô hình ứng dụng đã được đánh giá thành công và có hiệu quả tốt. Tuy nhiên, chưa có báo cáo quy trình công nghệ mô hình cụ thể (bao gồm từ thiết kế ao nuôi, quy trình vận hành sử dụng cá rô phi để xử lý chất hữu cơ từ ao nuôi tôm); Chưa có báo cáo đánh giá cụ thể về giảm khối lượng chất thải, chưa có đánh giá các chỉ tiêu chất lượng chất thải sau khi được xử lý bằng cá rô phi (do mục đích của việc nuôi cá rô phi chỉ để sử dụng xử lý nước phục vụ cho nuôi tôm, chưa phải mục đích chính để xác định việc xử lý chất thải). Do đó, người nuôi chưa nắm bắt để vận dụng nên khó có tính khả thi và nhân rộng.

Nguyễn Khắc Kiên và cộng sự (2016), đã nghiên cứu tận dụng bùn thải ao nuôi tôm tại xã Phù Long (Cát Hải, Hải Phòng) để sản xuất phân bón hữu cơ trên cơ sở phân tích một số tính chất hóa lý của bùn. Trong quá trình ủ bùn, tác giả đã sử dụng 2 loại chế phẩm sinh học EM và EMIC trong điều kiện có và không bổ sung vật liệu phối trộn (mùn cưa). Khi phối trộn với vật liệu độn bằng mùn cưa sẽ thu được chất lượng phân tốt hơn thể hiện qua giảm độ ẩm và các thành phần chính trong phân ủ khi so sánh với chất lượng phân hữu cơ khoáng đã quy định trong Thông tư số

41/2014/BNNT. Hai loại chế phẩm EM và EMIC cũng có hoạt tính và hiệu quả tương tự đối với quá trình ủ [18].

Nguyễn Văn Mạnh và Bùi Thị Nga (2011) đã đánh giá về lượng chất thải rắn sau một vụ nuôi tôm thâm canh tại Cà Mau, lượng bùn thải là 111-137 m³ bùn/ha/vụ, trong đó lượng hữu cơ trung bình 1,35-2,2 tấn/ha/vụ; tổng đạm trong khoảng 33-79,8 kg/ha/vụ và lân là 24,7-50,2 kg/ha/vụ. Nếu bùn đáy ao tôm không được quản lý và xử lý triệt để thì lượng chất hữu cơ, đạm, lân này sẽ là nguồn gây ô nhiễm môi trường lân cận. Ngoài ra, dư lượng một số chất kháng sinh như *Trimethoprim*, *Sulfamethoxazole*, *Norfloxacin* và *Oxolinic acid* đều được tìm thấy trong nước và bùn đáy ở các ao nuôi tôm. Những hóa chất này đi vào hệ sinh thái rừng ngập mặn và đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ động thực vật tại đây, đồng thời gây mất cân bằng sinh thái và suy thoái khu sinh thái vùng ven biển. Hơn nữa, việc sử dụng nhiều hóa chất sẽ dẫn tạo ra những dòng vi khuẩn kháng thuốc, phát sinh dịch bệnh rất khó trị. Như vậy, có thể thấy việc sử dụng nhiều các loại thuốc, hóa chất, đặc biệt là các loại thuốc kháng sinh trong nuôi tôm có thể dẫn đến những tác động tiêu cực không nhỏ cho môi trường đất vùng nuôi tôm và vì vậy, cần áp dụng các giải pháp kỹ thuật để hạn chế lượng chất thải rắn phát sinh [27].

Kết quả nghiên cứu của Đỗ Thị Cẩm Vân và cộng sự (2019) cho thấy: kết quả phân tích bùn thải ao nuôi tôm tại Nghệ An với các đặc tính lý hóa, sinh học của bùn thải tương đối ổn định, giàu hàm lượng dinh dưỡng (N, C, P) và chưa có dấu hiệu ô nhiễm kim loại nặng cũng như không phát hiện sự có mặt của vi khuẩn gây bệnh *Salmonella* trong trầm tích đáy ao. Những kết quả cho thấy tiềm năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu này trong các lĩnh vực nông nghiệp (phân bón cho cây trồng) và ứng dụng trong công nghệ xử lý môi trường (cung cấp nguồn thức ăn đầu vào phong phú cho quá trình phân hủy sinh học yếm khí và hiếu khí) [50].

Áp dụng quy trình công nghệ nuôi tôm để giảm thiểu chất thải:

Công nghệ Biofloc nuôi tôm: Nguyễn Thu Hiền và cộng sự (2016) đã thử nghiệm công nghệ Biofloc (sử dụng vi sinh vật dị dưỡng xử lý nước và làm thức ăn cho nuôi tôm he chân trắng thâm canh) để giảm thiểu ô nhiễm môi trường ao nuôi đã

bước đầu cho kết quả khả quan. Tuy nhiên, ở thời điểm hiện tại diện tích nuôi theo hình thức này còn thấp (khoảng dưới 1% diện tích nuôi tôm của cả nước) và phần lớn chỉ đạt mức semifloc (floc đạt khoảng 2 - 3ml/l) và kết quả nghiên cứu cũng chưa được nhân rộng [12]. Nhìn chung, ứng dụng công nghệ Biofloc trong nuôi tôm tuy có giảm thiểu ô nhiễm môi trường nhưng mức đầu tư cao và giá thành tôm nuôi tăng nên khả năng nhân rộng còn hạn chế.

Quy trình nuôi tôm 02 giai đoạn: Quy trình đã được Công ty TNHH sản xuất & Thương mại Trúc Anh áp dụng bước đầu cho kết quả tốt. Ao nuôi được lót bạt và trang bị quạt và hệ thống cấp khí nhưng không có mái che. Trong quá trình nuôi sử dụng vi sinh, thảo dược, mật rỉ đường và các chất bổ sung khác. Một phần nước được tái sử dụng bằng cách đưa về ao nuôi cá rô phi. Công nghệ chủ đạo của quy trình là công nghệ biofloc và sử dụng vi sinh. Quy trình này đã được ứng dụng thành công ở nhiều hộ nuôi ở Cà Mau, Bạc Liêu và nhiều tỉnh thành trên cả nước. Nhìn chung, quy trình công nghệ này có ưu điểm dễ áp dụng ở quy mô nông hộ do chi phí đầu tư ban đầu thấp, quy trình đã có giải pháp để hạn chế thay nước bằng cách dùng vi sinh và công nghệ biofloc, nguồn nước thải được tái sử dụng bằng cách cho vào hệ thống ao nuôi cá rô phi nên hạn chế được ô nhiễm môi trường và dịch bệnh, hệ số thức ăn thấp nên giảm chi phí sản xuất [7]. Tuy vậy kết quả nghiên cứu đang dừng ở mức thực nghiệm chưa được ứng dụng rộng rãi.

Quy trình nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh 3 giai đoạn, giảm chất thải đã được Tổng cục Thủy sản công nhận là tiến bộ kỹ thuật cho Dự án Hỗ trợ nông nghiệp các bon thấp - Ban quản lý các dự án nông nghiệp năm 2020 [49]. Quy trình đã được áp dụng thử nghiệm ở Nam Định, Nghệ An và Bạc Liêu cho kết quả nuôi tôm có hiệu quả tốt về kinh tế, kỹ thuật; trong đó quá trình thực nghiệm không sử dụng thuốc kháng sinh và giảm thiểu chất xả thải ra môi trường. Theo quy trình công nghệ này thì 100% lượng nước thải được xử lý và sử dụng tuần hoàn, không xả trực tiếp ra ngoài môi trường bên ngoài. Theo báo cáo, chi phí sử dụng hóa chất giảm 66% và không xảy ra dịch bệnh trong quá trình nuôi [7]. Tuy vậy, kết quả nghiên cứu về nuôi tôm theo quy trình 3 giai đoạn ban hành vẫn còn nhiều điểm bất cập về công nghệ và

chưa được phổ biến rộng rãi cho người nuôi tôm.

Bản chất của quy trình nuôi tôm 2 giai đoạn hoặc 3 giai đoạn là con giống trước khi thả vào ao nuôi được ương nuôi trong bể để tôm đạt P₂₀₋₂₅, rồi chuyển sang ao khác khi tôm đạt 2-4g/con thì chuyển sang ao nuôi lớn. Quy trình nuôi này cũng đã được phát triển ở giai đoạn khởi đầu của nghề nuôi tôm ở Việt Nam.

Kiểm soát chất lượng môi trường thông qua mô hình nuôi tôm ít thay nước:

Theo Vũ Văn Dũng và cộng sự (2004) mô hình nuôi tôm “ít thay nước” được xác định là cột xương sống có tính cơ bản của nghề tôm. Xoay quanh trục gồm: xử lý nguồn nước cấp - Block (1), duy trì và ổn định nước ao nuôi - Block (2), xử lý nguồn nước thải - Block (3). Các quy trình công nghệ ứng dụng và vận hành trong mô hình là: 1) Chuẩn bị ao nuôi, khử trùng và gây màu nước; 2) Tuyển chọn con giống, thức ăn, cách cho ăn; 3) Quy trình kiểm soát môi trường, dịch bệnh; 4) Chăm sóc ao nuôi... Tuy vậy, để kiểm soát được chất lượng môi trường vùng nuôi yêu cầu phải có sự đồng bộ từ cơ sở hạ tầng, chất lượng con giống, thức ăn, các vật tư đầu vào, quy trình chăm sóc và việc tuân thủ các quy trình kỹ thuật trong nuôi tôm [8].

Để giảm thiểu ô nhiễm môi trường ao nuôi các nhà nghiên cứu đã đưa ra một số giải pháp như: sử dụng chế phẩm vi sinh trong việc cải tạo nền đáy ao; áp dụng công nghệ tạo Ôzon để làm tăng sự ôxy hóa vật chất hữu cơ trong môi trường và hạn chế sự phát triển của vi sinh vật gây bệnh; công nghệ tạo Biofloc để làm tăng mật độ vi sinh chuyển hóa và biến đổi một phần chất thải rắn làm thức ăn cho tôm nuôi. Một số nghiên cứu đề xuất giải pháp về nâng cao chất lượng thức ăn để giảm thiểu chất thải rắn trong ao nuôi. Một số tác giả khác thử nghiệm các mô hình nuôi tôm 2 giai đoạn và 3 giai đoạn và dùng cá rô phi trong ao xử lý nước thải... Điểm mới của các quy trình và giải pháp công nghệ trên chưa rõ nét. Trong quy trình nuôi tôm ít thay nước đã và đang được áp dụng rộng rãi hiện nay thì: Tôm giống chuyển từ cơ sở sản xuất về chỉ đạt P8 đến P12, giữa cơ sở sản xuất giống và ao nuôi có sự chênh lệch về S‰ và một số yếu tố sinh thái khác nên cần thiết phải ương tiếp trong bể (gièu) từ P8-9 đến P20 hoặc P25 mới đưa ra ao ương. Ở ao ương, tôm được ương trong vòng

20-30 ngày thì chuyển ra ao nuôi lớn; một số cơ sở để tiết kiệm diện tích, có thể áp dụng công nghệ ương luân trong ao nuôi tôm.

Do vậy, để kiểm soát tốt chất lượng môi trường, người nuôi tôm đã cải tiến một số khâu hoặc công nghệ trong mô hình nuôi tôm “ít thay nước” cho phù hợp với điều kiện sinh thái ở vùng, miền khác nhau, đồng thời rà soát, đánh giá, nhận diện các mối nguy, nguồn phát thải ảnh hưởng đến chất lượng môi trường ở Block (1), (2) và (3) của mô hình; từ đó triển khai thử nghiệm và ứng dụng một số giải pháp đã có kết hợp với giải pháp nghiên cứu mới. Đây là cơ sở khoa học để xây dựng, hoàn thiện tốt hơn quy trình KSCLMT trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang được nhiều cơ sở nuôi tôm áp dụng.

1.3. Tình hình phát triển nuôi tôm ở Quảng Ninh

1.3.1. Một số đặc điểm về thời tiết và thổ nhưỡng

Quảng Ninh là tỉnh nằm ở khoảng 106°26' đến 108°31' kinh độ Đông và từ 20°40' đến 21°40' vĩ độ Bắc, mang đặc điểm khí hậu của vùng ven biển miền Bắc Việt Nam, khí hậu nhiệt đới gió mùa và đặc trưng 4 mùa rõ rệt. Mùa mưa từ tháng 6 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 hàng năm. Chế độ thủy triều ở các tỉnh ven biển phía Bắc là chế độ nhật triều (tức là hàng tháng có 2 con nước, con nước lớn và con nước kém). Đa số những người nuôi tôm đều lợi dụng lúc nước triều cao để cấp nước vào ao nuôi tôm hoặc ao chứa. Vùng triều, cửa sông, ven biển và ven đảo ở Quảng Ninh có diện tích rừng ngập mặn rộng khoảng 43.093 ha nằm dọc bờ biển từ Quảng Yên đến Móng Cái có tiềm năng lớn để phát triển nuôi trồng thủy sản. Bên cạnh diện tích rừng ngập mặn phân bố ở tuyến trung triều Quảng Ninh còn có 5.300 ha nằm ở tuyến cao triều và trên cao triều là diện tích tiềm năng có thể phát triển nuôi thủy sản, đặc biệt là nuôi tôm tập trung. Vùng nuôi tôm được xây dựng trên bãi triều, bãi cát ven biển, cửa sông, bãi ngang và ven đảo. Khu vực ao nuôi tôm nước lợ thường được xây dựng ở vùng cao triều hoặc trên triều. Vùng nuôi tôm ở tỉnh Quảng Ninh có một số đặc điểm chủ yếu sau đây:

Độ mặn (S‰):

Cũng như các tỉnh ven biển phía Bắc, độ mặn ở các thủy vực ven biển Quảng Ninh dao động từ 5-35‰. Môi trường nước có độ mặn cao về mùa khô (15-35‰) và độ mặn thấp vào mùa mưa (0 - 15‰), tùy theo từng địa điểm. Vùng cửa sông thường có độ mặn thấp hơn do sự giao thoa giữa nước mặn và nước ngọt, vùng bãi ngang có độ mặn cao hơn do ít bị chi phối bởi nước ngọt vùng cửa sông. Sự thay đổi độ mặn trong các thủy vực còn chịu tác động của lượng mưa trong vùng, nước lũ từ các con sông đổ ra và dòng nước mặn khác nhau trong vịnh Bắc Bộ chảy vào theo thủy triều. Độ mặn thấp nhất trong các vùng nuôi tôm ở Quảng Ninh vào các tháng 7, 8, 9.

Nhiệt độ (°C):

Nhiệt độ trung bình hàng năm 23 - 24°C, thấp vào mùa đông (6 - 15°C) cao về mùa hè (37 - 40°C). Nhiệt độ nước bình quân trong năm từ 15,5 - 35°C, thấp vào mùa đông (12 - 16°C) cao về mùa hè (35 - 38°C). Biên độ nhiệt thay đổi theo mùa, trung bình 6 - 7°C, biên độ nhiệt ngày/đêm khá lớn, trung bình 9 - 11°C (xem Bảng 1.1). Nhiệt độ trong các ao nuôi tôm phụ thuộc nhiều vào mức nước nông/sâu trong ao nuôi. Ao có độ sâu cao, lượng nước lớn hơn thường ít chịu tác động bởi điều kiện thời tiết. Nhiệt độ trong ao ổn định và nhiệt độ tầng đáy thường thấp hơn và mức độ chênh lệch nhiệt độ các tầng nước không cao.

Bảng 1.1. Nhiệt độ trung bình tháng các năm nghiên cứu (2008, 2014, 2016)

Tháng Năm	Nhiệt độ trung bình tháng (°C)											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
2008	14,5	12,8	19,8	23,9	26,6	27,3	28,2	27,5	27,0	25,2	21,0	19,8
2014	18,2	16,2	20,1	25,0	27,2	28,2	29,1	28,7	27,1	25,0	21,4	20,1
2016	19,0	20,2	22,5	23,6	28,5	29,3	29,0	28,4	27,7	25,5	21,3	16,9

Nguồn: Trung tâm khí tượng thủy văn - Trạm khí tượng thủy văn Bãi Cháy, 2019

Số giờ nắng tại Quảng Ninh khá dồi dào, trung bình 1.700 - 1.800 h/năm, số ngày nắng nhiều từ tháng 5 đến tháng 12, số giờ nắng cao nhất là tháng 2, tháng 3. Bảng 3.1 cho thấy nhiệt độ từ 26°C chỉ từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm [56].

Lượng mưa:

Lượng mưa trung bình hàng năm gần 2.000 mm, cao nhất có thể lên đến 2.600 mm. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, tập trung vào các tháng 7, 8, 9. Mùa khô lượng mưa bình quân đạt 1.500 mm. Lượng mưa trung bình cao nhất vào tháng 8 lên đến 305 mm, cá biệt có năm lên tới 712 mm; tháng 12 có lượng mưa thấp nhất 16,7 mm. Vì vậy, mùa mưa thường xuyên xảy ra ngập úng, ảnh hưởng đến độ mặn và hoạt động nuôi trồng thủy sản mặn lợ; dẫn liệu được thể hiện ở bảng 1.2 [34].

Bảng 1.2. Lượng mưa trung bình tháng các năm nghiên cứu (2008, 2014, 2016)

Tháng Năm	Lượng mưa trung bình tháng (mm)											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
2008	91	28	61	43	210	389	92	309	270	138	67	58
2014	4	24	127	20	358	88	423	324	249	148	29	64
2016	12	15	115	41	116	212	296	364	216	70	84	2

Nguồn: Trung tâm khí tượng thủy văn - Trạm khí tượng thủy văn Bãi Cháy, 2019

Về điều kiện thổ nhưỡng đối với nuôi tôm:

Hầu hết các khu vực nuôi tôm trước đây ở Quảng Ninh là đất rừng ngập mặn, quá trình địa hóa yếm khí sinh ra H_2S . Những ao đầm xây dựng trên nền bãi lầy có trầm tích cây ngập mặn hoặc còn thảm thực vật ngập mặn thì mùn bã hữu cơ trong đầm lớn, gây khó khăn cho nuôi tôm. Quá trình trầm tích đáy bị yếm khí thể hiện ở tỷ lệ giữa sắt 3 trên sắt 2 thấp (Fe_2O_3/FeO), lượng muối dinh dưỡng nitrat thấp, ngược lại các chất độc như H_2S , NH_3 , khí H_2S cao nhất ở tầng 0 - 20 cm. Các tính chất trên thể hiện trầm tích đáy bị khử mạnh, gây ra tình trạng thiếu oxy, không phù hợp với các động vật sống đáy. Quá trình oxy hóa trầm tích và hình thành môi trường chua mặn trong các ao nuôi: Do quá trình xây dựng, cải tạo ao đầm, người ta đã để đáy đầm khô cạn, đất bị oxy hóa và biến đổi theo hướng thoái hóa. Tầng pyrit (FeS_2) tiềm tàng trong các lớp đất có xác thực vật do thiếu nước, lại bị ánh nắng mặt trời thiêu đốt đã bị oxy hóa. Tỷ lệ Fe_2O_3/FeO tăng lên nhanh, đặc biệt là ở tầng mặt. So sánh

hàm lượng Fe_2O_3 , FeO dễ hòa tan trong môi trường bãi lầy còn rừng ngập mặn với môi trường đầm nuôi tôm do phá rừng làm đất thoái hóa thì hàm lượng Fe_2O_3 cao hơn 7 - 10 lần và tỷ lệ $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ cao hơn 4 - 5 lần, kèm theo đó là lượng SO_4^{2-} cũng tăng cao, tỷ lệ Cl/SO_4 rất thấp do Sulfua bị ôxy hóa thành SO_4^{2-} . Ở tầng mặt và đáy, có nhiều Fe và Mn kết tủa, kết quả là từ loại đất trung tính, giàu chất dinh dưỡng thuận lợi cho động vật thủy sinh sinh sống đã chuyển sang loại đất axit sulphat vừa chua, vừa mặn không phù hợp với các vật nuôi cũng như các sinh vật khác. Quá trình ôxy hóa còn làm cho đáy đầm chai rắn không thích hợp cho các loài sống vùi đáy.

Đối với vùng đất bị nhiễm phèn nặng, việc phơi đáy ao đã dẫn đến hiện tượng mao dẫn, làm phèn từ bên dưới chuyển lên bề mặt, pyrit (FeS_2) trong đất có điều kiện tiếp xúc với không khí và phát triển thành phèn hoạt động khi gặp oxi. Hậu quả là khi nước cấp vào ao nuôi sau vài ngày sẽ xuất hiện lớp phèn sắt vàng (do ôxy hóa $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) phủ khắp ao. Quá trình ôxy hóa sắt sulphua trong đất chua phèn sản sinh ra axit H_2SO_4 . Axit này được giải phóng vào nước khi thiếu CaCO_3 là nguyên nhân làm cho giá trị pH của nước trong đầm nuôi hạ thấp, ảnh hưởng tới lượng khoáng vật trong đất, làm mất cân bằng trong hệ thống carbonat, giải phóng kim loại nặng và độc tố vào môi trường nước, dẫn đến tình trạng thiếu nguồn thức ăn tự nhiên của tôm, hậu quả là làm cho tôm chậm phát triển hay không lột vỏ được.

Đối với các ao cũ, công tác cải tạo ao, nhất là xử lý nền đáy ao cần được quan tâm đúng mức. Việc làm này có tác dụng làm giảm lượng khí độc như NH_3 , H_2S , CH_4 cũng như các mầm bệnh tích tụ trong đáy ao từ vụ trước. Nếu việc cải tạo ao không tốt, đầm nuôi tôm sẽ diễn biến theo chiều hướng có hại, dẫn đến thoái hóa. Mặt khác, nếu sau một vụ nuôi tôm mà không rút nước, không nạo vét, bón vôi, phơi đáy, hoặc ao nuôi lâu ngày, bỏ hoang không cải tạo với mức nước trong ao thấp (<30 cm) vào mùa khô sẽ tạo điều kiện tốt cho tảo đáy phát triển. Nhiều thế hệ tảo phát triển chồng chất lên nhau làm cho đáy ao phủ một lớp màu xanh lam đen. Nếu cải tạo ao không

kỹ khi lấy nước vào ao, các lớp tảo chết từ đáy ao bị bong tróc nổi lên liên tục đầy khắp mặt ao, gây cản trở sự phát triển của tôm mới thả [35].

Như vậy, căn cứ vào đặc điểm thời tiết và thổ nhưỡng, vụ nuôi tôm ở Quảng Ninh chủ yếu tập trung vào mùa có nhiệt độ cao từ tháng 3 đến tháng 9 hàng năm.

1.3.2. Diện tích, sản lượng nuôi tôm giai đoạn 2008-2018

Kết quả thống kê, đánh giá trong 10 năm (từ 2008 - 2018) trên cả nước cho thấy diện tích nuôi tôm nước lợ không ngừng tăng lên (năm 2008: 629.300 ha, năm 2018: 736.000 ha) và tốc độ gia tăng là 116,95% (tức là trong khoảng thời gian trên mức độ gia tăng diện tích nuôi tôm chỉ 16,95%) thể hiện tại Bảng 1.3.

Tuy mức tăng của diện tích thấp nhưng sản lượng tôm nuôi từ năm 2008 đến 2018 tăng với con số không nhỏ: 388,359 tấn (2008) tăng lên 762 tấn (2018); tốc độ tăng trưởng từ 2008 đến 2018 về sản lượng là 196,21%. Mức sản lượng tăng cao các năm tương ứng là 2011 (7,99%), 2013 (6,57%), 2014 (5,81%), 2015 (6,72%), 2016 và 2018 (11,50%);

Năng suất nuôi tôm nước lợ thấp (năm 2008: 0,62 năm 2018: 1,04 tấn/ha ao nuôi) và tăng dần trong các năm từ 2008 đến 2018. Điều đó thể hiện diện tích nuôi thâm canh và siêu thâm canh còn thấp, diện tích nuôi quảng canh cải tiến và bán thâm canh vẫn chiếm đa số. Năng suất tôm nuôi tăng từ 2008 đến 2018 cho thấy vai trò của khoa học công nghệ trong nuôi tôm còn hạn chế; sự lãng phí tiềm năng diện tích còn lớn. Điều đáng chú ý là tỷ số d/c = 3,5 tấn/ha (Bảng 1.3) cho thấy diện tích nuôi tôm nước lợ tăng từ năm 2008 đến 2018 chủ yếu là nuôi hình thức thâm canh.

Đối với tỉnh Quảng Ninh, kết quả tính toán cho thấy diện tích nuôi tôm nước lợ không ngừng tăng từ năm 2008 (8.668 ha) đến 2018 (10.821 ha). So với năm 2008 thì những năm có tốc độ mở rộng diện tích nuôi tôm là năm 2011 (102,33%), 2017 (109,58%) và 2018 (106,56%) và tốc độ tăng trưởng về diện tích từ 2008 đến 2018 là 124,84% (2.153 ha) thể hiện tại Bảng 1.4.

Sản lượng tôm nuôi từ năm 2008 đến 2018 tăng với con số không nhỏ: 6.787 tấn (2008) tăng lên 13.193 tấn (2018); tốc độ tăng trưởng từ 2008 đến 2018 về sản lượng là 194,39 %.

Năm có mức tăng sản lượng tăng cao là 2011 (14,58%), 2013 (11,71%), 2015 (18,76%), và 2018 (16%). Năng suất nuôi tôm nước lợ thấp (0,78 - 1,22 tấn/ha ao nuôi) và tăng dần trong các năm từ 2008 đến 2018. Điều đó, thể hiện diện tích nuôi thâm canh và siêu thâm canh còn thấp, diện tích nuôi quảng canh cải tiến và bán thâm canh vẫn chiếm đa số trên cả nước.

Năng suất tôm nuôi tăng từ 0,78 tấn/ha (2008) lên 1,22 tấn/ha (2018) cho thấy nuôi tôm còn hạn chế về năng suất; lãng phí diện tích đất nuôi còn lớn. Đây cũng là bài toán cần phải xem xét trong tổng thể các giải pháp về bảo vệ môi trường vùng nuôi tôm tập trung.

1.3.3. Cơ sở hạ tầng, sử dụng chế phẩm sinh học và thuốc thú y thủy sản

Kết quả khảo sát về cơ sở hạ tầng, hệ thống thiết bị, tình hình sử dụng chế phẩm sinh học và thuốc thú y thủy sản ở một số cơ sở nuôi tôm tỉnh ven biển phía Bắc bao gồm cả tỉnh Quảng Ninh trình bày cụ thể tại Bảng 1.5 cho thấy:

- *Cơ sở hạ tầng*: Ao nuôi chủ yếu hình vuông là nhiều nhất chiếm 34,4%, còn lại các ao hình chữ nhật, hình tròn, ao thường thiết kế dốc về cống thoát ở giữa ao để thuận lợi trong việc đảo nước, cung cấp O₂ và thu gom chất thải rắn. Vùng nuôi tôm phần lớn có mương cấp, mương thoát với công suất cấp thoát nước ao nuôi riêng biệt là tốt cho việc kiểm soát chất lượng môi trường nước.

- *Hệ thống thiết bị*: Ao nền đất cứng có kè bê tông xung quanh và ao lót bạt (phát triển vài năm gần đây). Thiết bị trong ao có guồng quay vòng nước (80,3%) phối hợp với sục khí đáy ao để tăng hàm lượng O₂, xả thải khí độc và thu gom chất thải rắn trong ao nuôi.

Bảng 1.3. Biến động diện tích và sản lượng tôm nuôi nước lợ ở Việt Nam trong 10 năm (2008 - 2018)

TT	Nội dung	Thời gian (năm)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	b - a
1	D. tích (ha)	629.300 ^a	632.300	639.115	653.003	655.156	664.783	673.768	681.254	694.645	721.100	736.000 ^b	106.700 ^c
2	S. (%)	100,00	100,48	101,07	102,17	100,32	101,46	101,35	101,11	101,96	103,81	102,07	116,95
3	S. lượng (tấn)	388.359 ^a	419.381	469.893	473.375	487.960	520.020	565.118	603.111	657.282	683.400	762.000 ^b	373.641 ^d
4	S. (%)	100,00	107,99	112,04	100,74	103,08	106,57	115,81	106,72	108,98	103,97	111,50	196,21
5	N. suất (tấn/ha)	0,62	0,66	0,74	0,72	0,74	0,78	0,84	0,88	0,94	0,95	1,04	d/c = 3,5

Ghi chú: S: tốc độ phát triển

Bảng 1.4. Biến động diện tích và sản lượng tôm nuôi nước lợ ở tỉnh Quảng Ninh trong 10 năm (2008 - 2018)

TT	Nội dung	Thời gian (năm)											
		2008 ^a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 ^b	b - a
1	D. tích (ha)	8.668	8.750	8.945	8.844	9.050	9.542	9.886	10.107	9.692	9.875	10.821	2.153 ^c
2	S. (%)	100,00	102,23	98,87	102,33	105,44	103,61	102,24	95,89	101,89	109,58	106,56	124,84
3	S. lượng (tấn)	6.787	6.990	7.033	7.003	8.024	8.088	9.035	8.420	10.000	11.320	13.193	6.406 ^d
4	S. (%)	100,00	100,62	99,57	114,58	100,80	111,71	93,19	118,76	113,20	116,55	116,00	194,39
5	N. suất (tấn/ha)	0,78	0,80	0,79	0,79	0,89	0,85	0,91	0,83	1,03	1,15	1,22	d/c = 2,97

Ghi chú: S: tốc độ phát triển

- *Chế phẩm sinh học*: Chủ yếu được sử dụng là các sản phẩm được chiết xuất từ thực vật như *Rotenol*, *Saponin*... Đây là những sản phẩm an toàn cho việc xử lý địch hại (cá tạp) trong ao chứa-lăng và ao nuôi. Việc sử dụng CPSH trong quá trình nuôi tập trung để tạo hệ vi sinh vật có lợi trong môi trường nước, lấn át những vi sinh vật có hại trong ao. Kết quả khảo sát cho thấy, phần lớn người nuôi sử dụng các CPSH này trong việc ổn định môi trường nước trong ao nuôi tôm (78,7%).

- *Hóa chất và thuốc thú y*: Việc sử dụng các loại hóa chất, thuốc thú y trong ao nuôi được các cơ sở tuân thủ theo đúng quy định. Tuy nhiên, qua khảo sát, người nuôi từ chối cung cấp thông tin chính thức việc sử dụng. Trên thực tế, nhiều cơ sở nuôi tôm vẫn sử dụng quá mức, không đúng hướng dẫn của nhà sản xuất gây tồn dư, dẫn đến ô nhiễm môi trường đất, nước.

Nhìn chung, cơ sở hạ tầng của vùng nuôi tôm tập trung còn nhiều bất cập, hình dạng ao nuôi chưa được chuẩn hóa, một số nơi cống xả nước thải của hộ này lại là nơi lấy nước cấp của hộ nuôi khác; Ao nuôi 90% đáy phẳng, ít được lót bạt và không có cống thu gom chất thải ở giữa ao. Guồng nước, sục khí, đáy ao nơi có, nơi không và không đủ công suất nên hiệu quả không cao.

Đa số các hộ nuôi không có hệ thống xử lý nước thải và một bộ phận không nhỏ thiếu ao chứa lắng để cấp nước vào ao nuôi. Một số hộ nuôi chưa có ý thức cải tạo, xử lý nước ao chứa lắng và chưa xử lý nước thải bằng CPSH. Việc sử dụng CPSH trong ao nuôi tôm chưa thực sự khoa học, thậm trí còn nặng về “hội chứng” đám đông. Vì vậy, CPSH là một trong những giải pháp cần quan tâm trong việc giảm thiểu ô nhiễm hữu cơ trong nuôi tôm.

Bảng 1.5. Cơ sở hạ tầng, thiết bị, CPSH và thuốc thú y hộ nuôi tôm [47]

TT	Nội dung	Hộ	%	Ghi chú
Số hộ khảo sát: 122; Địa điểm: Các tỉnh ven biển phía Bắc				
A	<i>Cơ sở hạ tầng</i>			
1	Ao/hồ xử lý nước cấp	74	60,7	Kích thước bé, chủ yếu chứa nước
2	Ao hình tròn	0	0,0	Tổn diện tích
3	Ao hình chữ nhật	32	26,2	Dài/rộng với nhiều cỡ khác nhau
4	Ao hình vuông	42	34,4	Nhiều cỡ khác nhau/tương đối
5	Ao dạng khác	36	29,5	Nhiều cỡ khác nhau/tương đối
6	Mương cấp/thoát riêng	69	56,6	Nhiều cỡ khác nhau/tương đối
7	Mương cấp/thoát chung/khác	31	25,4	Nhiều cỡ khác nhau/tương đối
8	Cống cấp/thoát riêng	69	56,6	Đa số nhận thức nên riêng biệt
9	Cống cấp/thoát chung/khác	31	25,4	Nhiều cỡ khác nhau/tương đối
10	Có cống thu gom chất thải	1	0,8	Chủ yếu tu gom bằng máy bơm
11	Ao chứa loại chất thải rắn, bùn	2	1,6	Rất ít, đa số xả thẳng ra bãi triều
12	Ao xử lý nước thải	3	2,5	Rất ít, đa số xả thẳng ra bãi triều
13	Ao xử lý tái sử dụng	2	1,6	Rất ít, đa số xả thẳng ra bãi triều
B	<i>Thiết bị chuyên dụng cho nuôi tôm</i>			
11	Guồng/máy đảo nước	98	80,3	Nhiều chủng loại khác nhau
12	Sục khí đáy ao	8	6,6	Dùng kết hợp với guồng đảo nước
13	Mái che ao (bạt)	2	50,0	Mang tính tạm thời
14	Sàng thức ăn	101	82,8	Nhiều kích cỡ khác nhau
15	Ao lót bạt	22	18,0	Lót đáy và bờ ao
16	Thiết bị khác	120	98,4	Đo độ mặn, nhiệt độ vvv
C	<i>Chế phẩm sinh học, hóa chất & thuốc thú y</i>			
17	Chế phẩm hóa sinh			
-	Cho ao chứa nước cấp			Chlorin, Rotenol & Saponin
-	Cho ao nuôi	78	63,9	Chlorin, Rotenol & Saponin
-	Cho ao xử lý nước thải			Các hộ cho là không cần thiết
-	Xử lý đáy ao	4	3,3	Các hộ cho là không cần thiết
18	Chế phẩm vi sinh			
-	Cho ao chứa nước cấp			Các hộ cho là không cần thiết
-	Cho ao nuôi	96	78,7	Đa số không rõ về chất lượng
-	Cho ao xử lý nước thải			Các hộ cho là không cần thiết
-	Xử lý đáy ao	2	1,6	Các hộ cho là không cần thiết
19	Hóa chất & thuốc thú y	100% từ chối cung cấp thông tin		
-	Cho ao chứa nước cấp			Không có thông tin
-	Cho ao nuôi			Không có thông tin
-	Cho ao xử lý nước thải			Không có thông tin
-	Xử lý đáy ao			Không có thông tin

Kết luận Chương 1

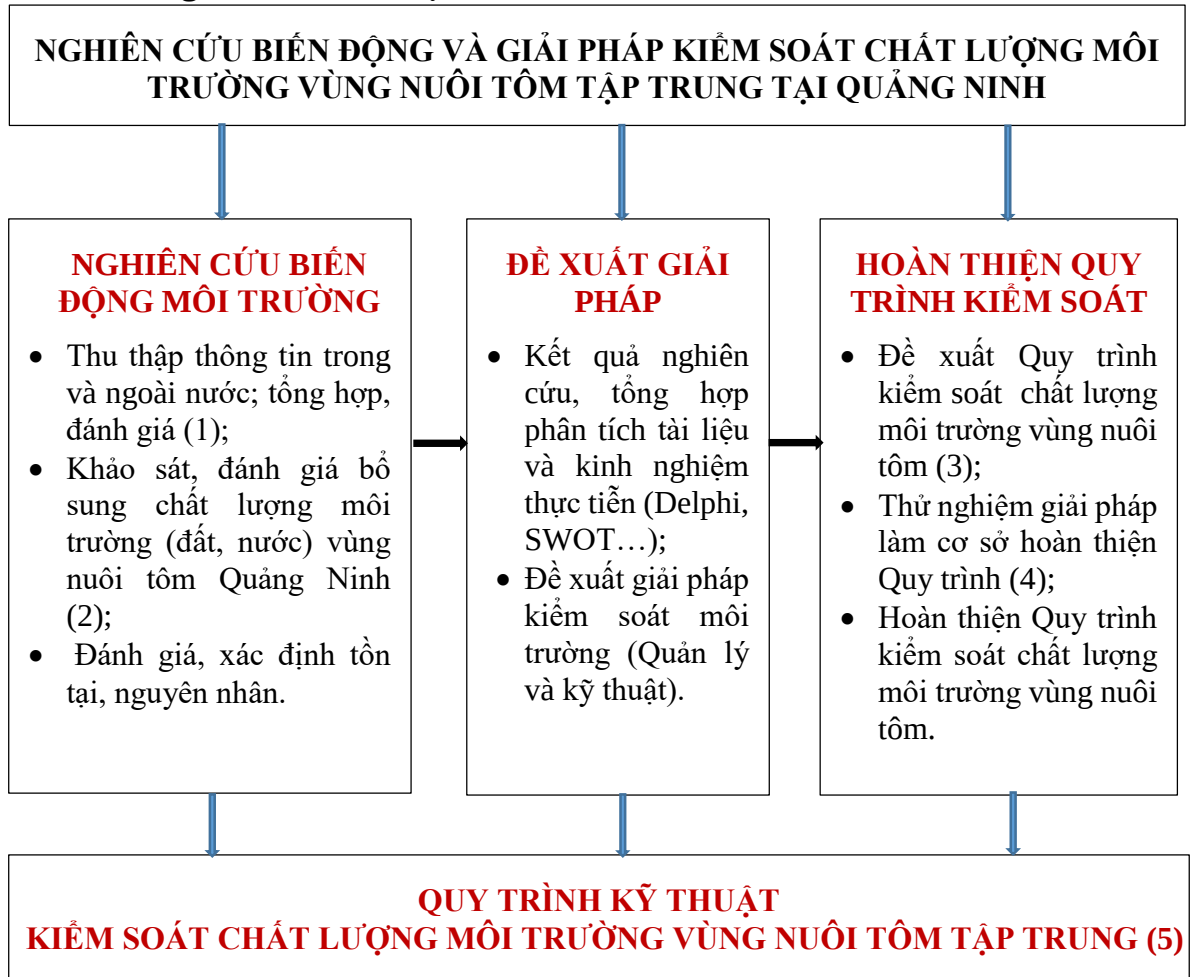
Qua phân tích nghiên cứu tài liệu ở trên cho thấy một số kết quả chính đạt được và những tồn tại cần giải quyết như sau:

Các kết quả nghiên cứu biến động chất lượng môi trường và giải pháp kiểm soát môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở một số nước trên thế giới, ở Việt Nam và tỉnh Quảng Ninh đã tập trung đánh giá hiện trạng chất lượng nước cấp, một phần nước trong ao nuôi và nước thải và đề xuất được giải pháp (quản lý và kỹ thuật) để kiểm soát chất lượng con giống, thức ăn, thuốc, hóa chất, CPSH, nước cấp, nước trong ao, chất thải ra ngoài môi trường cũng đã được đề cập. Tuy vậy, hầu hết các nghiên cứu còn rời rạc, khó kế thừa, thiếu tính quy luật và hệ thống; chủ yếu tập trung nghiên cứu theo một số nhóm vấn đề hoặc một khía cạnh để phục vụ tăng năng suất, chất lượng tôm nuôi mà chưa quan tâm nhiều đến chất lượng môi trường, phòng chống dịch bệnh trong quá trình nuôi tôm. Đặc biệt, chưa có các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường tổng thể ở từng khâu/hệ thống trong mô hình nuôi tôm.

Từ cơ sở trên, luận án sẽ tập trung nghiên cứu biến động chất lượng môi trường tổng thể từ nguồn nước cấp, nước trong ao, nước thải, bùn thải và nền đất vùng nuôi tôm tập trung, từ đó đưa ra được các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Sơ đồ nghiên cứu của luận án



Ghi chú:

1) Thông tin trong, ngoài nước về biến động chất lượng môi trường (đất, nước) vùng nuôi tôm và các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm;

2) Chất lượng môi trường nước cấp; nền đất tại Quảng Ninh; Chất lượng môi trường nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải tại Tân An, Quảng Ninh;

3) Đề xuất Quy trình kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm trên cơ sở chọn lọc, kế thừa các quy trình, hướng dẫn kỹ thuật có liên quan.

4) Thử nghiệm: (1) Hiệu quả CPSH trong việc giảm thiểu ÔNMT nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm; (2) Sử dụng CPSH đã chọn tốt nhất tại phòng thí nghiệm cùng với Quy trình KT kiểm soát chất lượng vùng nuôi tôm (đề xuất), thực hiện trên nền mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang thực hiện tại Tân An, Quảng Ninh.

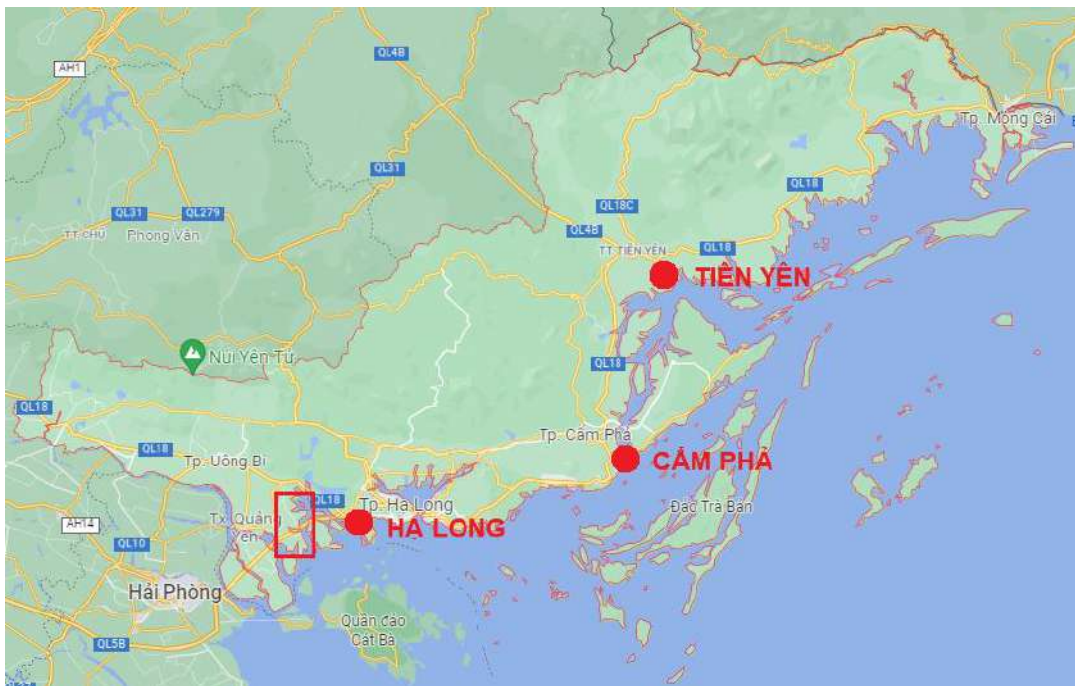
5) Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung được hoàn thiện trên cơ sở sau khi thử nghiệm đã đề xuất quy trình (bổ sung, mới).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Lựa chọn địa điểm thu mẫu

2.2.1.1. Địa điểm thu mẫu nước cấp ven bờ ở Quảng Ninh

Quảng Ninh có một số vùng nuôi tôm he chân trắng tập trung là Móng Cái, Tiên Yên và Quảng Yên. Trong đó, thị xã Quảng Yên là một trong các vùng nuôi tôm he chân trắng tập trung lớn của tỉnh. Điều kiện về địa hình, môi trường và phương thức canh tác tương đối giống và mang tính đại diện cho các tỉnh ven biển Bắc Bộ. Do vậy, để xác định biến động chất lượng nước vùng nuôi tôm tập trung, ngoài việc thu thập, tổng kết và đánh giá kết quả biến động chất lượng nguồn nước cấp vùng nuôi tôm tập trung ở các tỉnh ven biển Việt Nam, nghiên cứu sinh đã lựa chọn một số điểm tại Hạ Long, Cẩm Phả và Tiên Yên của tỉnh Quảng Ninh để thu mẫu nước cấp đại diện cho nuôi tôm (Hình 2.1).



Hình 2.1. Địa điểm nghiên cứu nước cấp nuôi tôm tập trung tỉnh Quảng Ninh

Việc lựa chọn các điểm thu mẫu trên dựa trên tiêu chí sau: nguồn cấp trực tiếp vào vùng nuôi; có tính ổn định và đại diện phục vụ cho hoạt động nuôi tôm tập trung của tỉnh Quảng Ninh. Đồng thời lựa chọn một số thông số đặc thù về nước cấp (pH, DO, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻) đã được tổng kết, nhận định qua nhiều năm quan

trắc môi trường phục vụ nuôi tôm ở các tỉnh miền Bắc để phân tích, đánh giá và nhận diện chất lượng nguồn nước cấp nuôi tôm của tỉnh Quảng Ninh. Điểm lấy mẫu cách bờ từ 6 -12 m vào những ngày nước thủy triều lên (Hình 2.1 và Bảng 2.1 bên dưới).

2.2.1.2. Địa điểm thu mẫu đất vùng nuôi tôm ở Quảng Ninh

Kết quả điều tra khảo sát nền đất vùng nuôi tôm tập trung Quảng Ninh năm 2014 và 2016 như sau:

Bảng 2.1. Điểm, thông số và thời gian quan trắc nước cấp ở Quảng Ninh

TT	Điểm lấy mẫu	Thông số quan trắc	Thời gian (Tháng/năm)
1	Hạ Long (20°9529; 107°0177)	pH, DO, COD, BOD ₅ , N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻	T1-12/2014, 2016
2	Cẩm Phả (21°0525; 107°3716)	pH, DO, COD, BOD ₅ , N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻	T1-12/2014, 2016
3	Tiên Yên (21°2963; 107°4457)	pH, DO, COD, BOD ₅ , N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻	T1-12/2014, 2016

Ghi chú: Tổng số mẫu 01 năm: 03 mẫu/tháng x 12 tháng = 36 mẫu

Đã tiến hành khảo sát lặp lại để tiếp tục chọn khu nuôi tôm tập trung của Công ty CP thủy sản Tân An tại phường Tân An, thị xã Quảng Yên, tỉnh Quảng Ninh (xem Hình 2.2) làm địa điểm nghiên cứu đại diện nền đất ao nuôi tôm tại tỉnh Quảng Ninh. Kết quả nghiên cứu sẽ nhằm phân tích, đánh giá và nhận diện được mức độ suy giảm chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm sau nhiều năm nuôi.

Khu nuôi tôm tập trung của Công ty CP thủy sản Tân An được xây dựng vào năm 2006 gồm có 61 ao, diện tích $\leq 4.000 \text{ m}^2$; có hệ thống mương cấp, thoát nước riêng biệt, bờ ao kè bê tông, đáy ao đất cứng nằm trên vùng cao triều. Các ao nuôi được bố trí quạt nước để cung cấp Oxy, quay vòng lưu thông nước, nuôi theo mô hình nuôi tôm ít thay nước. Để đánh giá chất lượng môi trường đất các ao nuôi ở các thời gian khác nhau (bắt đầu nuôi từ năm 2002, 2004 và 2006), luận án đã tiến hành thu mẫu ở các tầng đất có độ sâu khác nhau (20 - 30 cm, 50 - 60 cm và 80 - 90 cm) vào cuối vụ nuôi tôm theo phương pháp 5 điểm (ở 4 góc cách bờ ao 3m và 01 mẫu ở giữa

mỗi ao) để đảm bảo tính đại diện của mẫu. Lượng đất thu mỗi tầng đất, mỗi ao nuôi khoảng 1 kg được cho vào túi nilon sạch, hàn kín và bảo quản lạnh trước khi phân tích. Nghiên cứu được tiến hành vào các năm 2014, 2016. Kết quả được so sánh, đánh giá với kết quả năm 2008 của nghiên cứu sinh. Địa điểm, thông số quan trắc và thời gian được bố trí theo bảng 2.2 sau:

Bảng 2.2. Điểm, thông số và thời gian quan trắc đất tại Tân An

TT	Điểm lấy mẫu (Ao số)	Thông số quan trắc	Thời gian (Tháng/năm)
<i>Tại Công ty CP thủy sản Tân An vào cuối vụ nuôi tôm</i>			
1	6, 13, 8, 12, 40, 43	pH, Nts, C-HCts, Pts, Fe (di động) và Ndt	Tháng 8/2014
2	6, 13, 8, 12, 40, 43	pH, Nts, C-HCts, Pts, Fe (di động) và Ndt	Tháng 8/2016

2.2.1.3. Địa điểm thu mẫu nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải tại vùng nuôi tôm tại Tân An

Như trên đã đề cập, vùng nuôi tôm ở phường Tân An, thị xã Quảng Yên, tỉnh Quảng Ninh (gọi tắt là Tân An) được quy hoạch là vùng nuôi tôm tập trung, trong đó có doanh nghiệp, hộ gia đình và chủ yếu nuôi theo hình thức thâm canh với mô hình nuôi ít thay nước. Được đánh giá là vùng nuôi tôm tập trung tương đối điển hình ở các tỉnh ven biển miền Bắc (Hình 2.2).

Để đánh giá thực trạng chất lượng môi trường nước cấp, nước trong ao và nước thải của vùng nuôi tập trung, từ đó đề ra các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường, luận án đã lựa chọn đại diện ao nuôi của Công ty CP thủy sản Tân An tại phường Tân An, thị xã Quảng Yên và chọn đại diện 03 hộ nuôi gồm: Hộ nuôi tôm Bà Vũ Thị Thúy (hộ nuôi A1), Ông Hoàng Văn Xa (hộ nuôi A2) và Bà Bùi Thị Liên (hộ nuôi A3). Các hộ nuôi tôm nằm trong 01/10 vùng nuôi tôm tập trung của tỉnh Quảng Ninh. Các ao nuôi có điều kiện và hình thức nuôi thâm canh như nhau. Mỗi ao nuôi có diện tích khoảng 3000 m², có hệ thống mương cấp và thoát riêng. Địa điểm, thông số quan trắc và thời gian được bố trí theo Bảng 2.3.



Hình 2.2. Khu vực nghiên cứu tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh

Bảng 2.3. Điểm, thông số và thời gian quan trắc nước cấp, nước trong ao, nước thải và bùn thải tại vùng nuôi tôm Tân An

TT	Điểm lấy mẫu	Thông số quan trắc	Thời gian (Tháng/năm)
A	Công ty CP Thủy sản Tân An		
1	Nguồn nước cấp nuôi tôm	pH, Độ mặn (S‰), TSS, DO, COD, BOD ₅ , N-NH ₄ ⁺ , P-PO ₄ ³⁻	4, 5,6,7/2014 và 2016
2	Nước ao nuôi tôm: Ao nuôi số 6, 13, 8, 12, 40, 43	T°C, pH, S‰, DO, COD, N-NH ₄ ⁺ và P-PO ₄ ³⁻ , H ₂ S.	4, 5,6,7/2014 và 2016
3	Mương thải	TSS, BOD ₅ , COD, N-NH ₄ ⁺ , Nts và Pts	4 (đầu vụ nuôi) và 7 (cuối vụ nuôi) năm 2014 và 2016

<i>B</i>	<i>Ao nuôi tôm ở các hộ nuôi tôm tại Tân An</i>		
4	Nước ao các hộ nuôi tôm A1, A2, A3	t°C, pH, S‰, pH, COD, N-NH ₃ ⁻ , H ₂ S, N-NH ₄ ⁺ và DO	5/2018 đến 12/2018
5	Bùn thải ao các hộ nuôi tôm A1, A2, A3	pH, EC, N _{dt} , P _{dt} và As, Cd, Cu, Pb	12/2018 và 5/2019

2.2.2. Phương pháp thu và bảo quản mẫu

Việc thu mẫu, bảo quản và vận chuyển mẫu tiến hành theo phương pháp được nêu ở bảng 2.4 như sau:

Bảng 2.4. Phương pháp thu và bảo quản mẫu nước, đất và bùn

TT	Nội dung	Phương pháp	Ghi chú
A	<i>Thu mẫu</i>		
1	Nước biển ven bờ	TCVN 5998:1995	Lấy mẫu nước biển
2	Nguồn nước cấp	TCVN 6663-6:2018	Lấy mẫu nước sông và suối
3	Nước trong ao	TCVN 5994:1995	Hồ, ao tự nhiên và nhân tạo
4	Đất đáy ao	TCVN 6663-13:2015	Lấy mẫu bùn
B	<i>Bảo quản mẫu</i>		
5	Mẫu nước	TCVN 6663-3:2016	Bảo quản và xử lý mẫu nước
6	Mẫu đất	TCVN 6663-15:2004	Bảo quản và xử lý bùn và trầm tích
7	Mẫu bùn	TCVN 6663-3:2000	Lấy mẫu bùn nước, bùn nước thải

2.2.3. Phương pháp phân tích mẫu

Việc xác định các thông số cần phân tích dựa vào các QCVN hiện hành, kết quả tổng kết quan trắc chất lượng môi trường vùng nuôi tôm sau nhiều năm, và phương pháp Delphi để lựa chọn, xác định các thông số cần nghiên cứu nhằm đảm bảo tính đại diện và khoa học, cụ thể tại Bảng 2.5.

Bảng 2.5 Thông số và phương pháp phân tích các mẫu nước, đất và bùn của ao nuôi tôm

TT	Thông số	Phương pháp phân tích, số hiệu tiêu chuẩn
A	Mẫu nước nuôi tôm (nước cấp, nước trong ao và nước thải)	
1.	Nhiệt độ	SMEWW 2550B:2012; ISO 10523:2008
2.	pH	TCVN 6492:2011
3.	Độ mặn	SMEWW 2520B:2012
4.	DO	TCVN 7325:2004
5.	N-NH ₄ ⁺ Amoni (NH ₄ ⁺ tính theo N)	TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984); SMEWW-4500-NH ₄ ⁺ .F:2012.
6.	P-PO ₄ ³⁻ Phosphat (PO ₄ ³⁻ tính theo P)	TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004); SMEWW-4500-P.E:2012; SMEWW-4500-P.D:2012.
TT	Thông số	Phương pháp phân tích, số hiệu tiêu chuẩn
7.	COD	TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989); SMEWW 5220.C:2012.
8.	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997); SMEWW 2540.D
9.	Sunfua (H ₂ S)	TCVN 4567:1988.
10.	BOD ₅ (20 ⁰ C)	TCVN 6001-1:2008 (ISO 5815-1:2003); TCVN 6001-2:2008 (ISO 5815-2:2003); SMEWW-5210.B:2012.
11.	Tổng Nitơ	TCVN 6638:2000; SMEWW 4500-N.C.
12.	Tổng Phospho (tính theo P)	TCVN 6202:2008; SMEWW 4500-P.B&D.
13.	Xác định tảo đơn bào (<i>Chlorella</i> sp.)	<i>Phân tích định lượng:</i> Phương pháp so sánh hình thái và sử dụng buồng đếm Sedgewick - rafter dưới kính hiển vi huỳnh quang Nikon E600 (tế bào/lít hoặc tế bào/m ³). <i>Phân tích định tính:</i> Phương pháp so sánh hình thái dựa vào các tài liệu phân loại (đến loài).

B	Mẫu đất trong ao nuôi tôm	
14.	pH	TCVN 5979:2007
15.	Nitơ tổng (N_{ts})	TCVN 6498:1999 (phương pháp Kjeldahl)
16.	Cacbon hữu cơ tổng số ($C-HC_{ts}$)	TCVN 8941:2011 (Phương pháp Walkley - Black)
17.	Phospho tổng số (P_{ts})	TCVN 8940:2011 (Phương pháp so màu)
18.	Sắt (Fe^{2+} và Fe^{3+}) di động	TCVN 4618 - 88
19.	Nitơ dễ tiêu (N_{dt})	TCVN 5255:2009
C	Mẫu bùn ao nuôi tôm	
20.	Độ dẫn điện (EC)	TCVN 6650:2000 (ISO 11265: 1994)
21.	Phospho dễ tiêu (P_{dt})	TCVN 8942:2011
22.	Nitơ dễ tiêu (N_{dt})	TCVN 5255:2009
23.	Asen (As)	TCVN 8467: 2010 (ISO 20280:2007)
24.	Cadimi (Cd)	TCVN 6496:2009
25.	Đồng (Cu)	TCVN 6496:2009
26.	Chì (Pb)	TCVN 6496:2009

2.2.4. Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.2.4.1. Thử nghiệm chế phẩm sinh học giảm thiểu ô nhiễm nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm

Chế phẩm sinh học (CPSH) hiện đang được sử dụng trong nuôi tôm theo hình thức thâm canh được đánh giá hiệu quả. Tuy vậy, hiện nay, trên thị trường có rất nhiều thương hiệu CPSH sử dụng để xử lý nước nuôi tôm. Nhưng tiêu chí đánh giá như đặc tính sinh học, hiệu quả kinh tế trong việc xử lý chất lượng nước trong ao nuôi tôm đang dừng lại ở mức quảng cáo trên bao bì hoặc hướng dẫn ở người sản xuất mà chưa thấy kết quả thử nghiệm cụ thể về vai trò của CPSH trong việc xử lý, giảm thiểu và duy trì môi trường ổn định trong mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” ở mức định lượng.

Theo khảo sát và phỏng vấn thăm dò ý kiến của những người nuôi tôm và một số nhà khoa học [36], [47] thì CPSH nội địa có hiệu quả trong việc xử lý môi trường

không nhiều; rất nhiều CPSH có hoạt tính sinh học không cao, thậm chí nhiều hàng giả đang lưu hành trôi nổi trên thị trường.

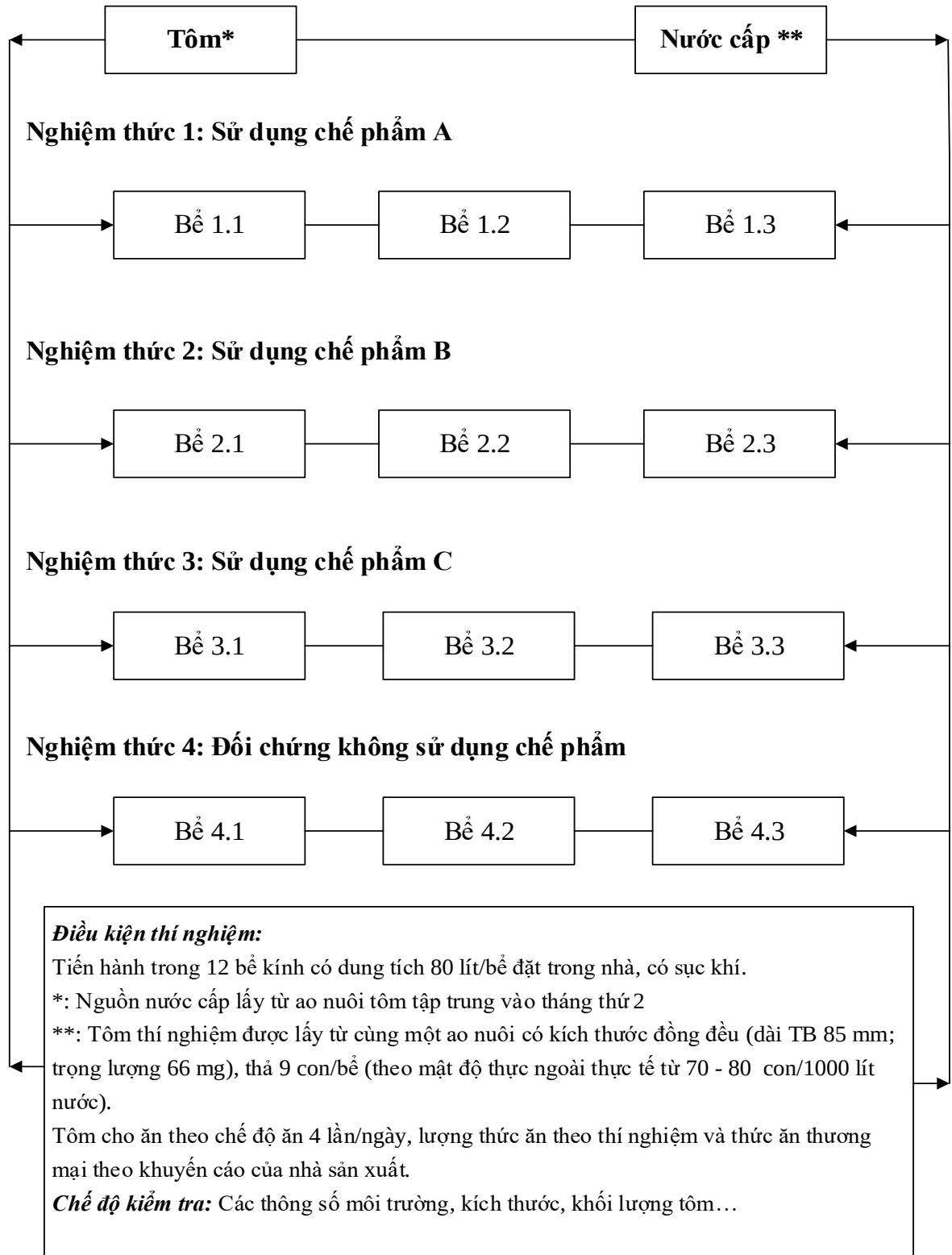
Để xác định vai trò của CPSH trong việc giảm thiểu ô nhiễm nguồn nước, cải tạo ao nuôi và làm cơ sở khoa học cho việc dự Quy trình kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung, tiến hành thử nghiệm 3 loại chế phẩm nội địa đang được người nuôi tôm các tỉnh ven biển Bắc bộ sử dụng phổ biến như sau: (1) Chế phẩm A (CPA): *Bacillus subtilis* 3×10^{10} CFU/g và tá dược dextrose vừa đủ cho 1 kg; (2) Chế phẩm B (CPB): *Bacillus subtilis* 2×10^{10} CFU/g và tá dược dextrose vừa đủ cho 1 kg; (3) Chế phẩm C (CPC): *Bacillus subtilis* 2×10^{10} CFU/g; Lactose và bột thảo dược vừa đủ cho 1kg. Công dụng của cả 3 loại CPSH: phân hủy chất thải, làm sạch đáy ao, hấp thụ khí độc đáy ao, giảm các chất độc trong ao sau khi dùng hóa chất và ổn định pH, tạo màu nước đẹp. Cách thức sử dụng mỗi loại theo hướng dẫn của nhà sản xuất ghi trên bao bì của từng loại CPSH (trung bình sử dụng 01kg CPSH/2.000 m³ nước).

- **Sơ đồ thí nghiệm:** Thí nghiệm được tiến hành trong 12 bể kính có dung tích 80 lít, chia làm 4 lô mỗi lô thí nghiệm gồm 3 bể. Mỗi loại CPSH bố trí 3 bể, lô thứ 4 gồm 3 bể là lô đối chứng.

- **Điều kiện thí nghiệm:** Các bể kính cùng bổ sung nguồn nước nuôi, tôm nuôi, con giống; chế độ sục khí và cung cấp thức ăn, chế độ cho ăn, chăm sóc như nhau. Nguồn nước thí nghiệm và tôm được lấy cùng một ao đang nuôi ở tháng thứ 2 (tôm đang 45 ngày tuổi). Mỗi bể thí nghiệm được nuôi 8 con tương đương mật độ 80 con/m³ (đúng như mật độ nuôi ngoài hiện trường).

- **Các yếu tố kiểm tra:** (1) Chỉ tiêu môi trường: nhiệt độ, pH, độ mặn, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻, H₂S theo dõi trong 15 ngày với 9 lần lấy mẫu kiểm tra, 1 lần lấy 4 mẫu (3 mẫu tại 3 bể thí nghiệm theo loại CPSH, 01 mẫu tại bể đối chứng) và (2) Chỉ tiêu sinh học: Đo kích thước (cm), trọng lượng (gram) và tỷ lệ sống (%) của tôm ngày thứ 5 và 15 trong thời gian thí nghiệm. Các yếu tố kiểm tra được lựa chọn các chỉ tiêu đặc thù trên cơ sở QCVN 02-19/2014/BNNPTNT và các QCVN khác có liên quan.

- **Thời gian thí nghiệm:** tháng 10/2017.



Hình 2.3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm sử dụng CPSH xử lý nước nuôi tôm

2.2.4.2. Thử nghiệm quy trình kiểm soát chất lượng môi trường ở quy mô sản xuất

- Bố trí thử nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành trong 03 ao nuôi tôm he chân trắng trong khu nuôi tôm tập trung tại Tân An với diện tích khoảng 4.000 m². Mật độ tôm thả là ao 1 là 25 con/m²; ao 2 là 35 con/m² và ao 3 là 45 con/m².

- Điều kiện thử nghiệm

+ Các ao thử nghiệm được nuôi theo mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang áp dụng tại Công ty CP thủy sản Tân An.

+ Bổ sung CPSH được lựa chọn tốt nhất qua việc thử nghiệm tại phòng thí nghiệm (*công dụng và cách sử dụng đã nêu ở mục thử nghiệm CPSH giảm thiểu ô nhiễm nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm*).

+ Các hoạt động kiểm soát chất lượng môi trường được thực hiện theo các nội dung Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm đề xuất (ở mục 3.3 Phụ lục 2).

+ Nền đáy các ao là nền đất cứng, bờ được kè bê tông. Chất lượng nguồn nước cấp với các yếu tố môi trường như nhau. Tôm giống được nhập từ một nguồn tôm mẹ, cùng kích cỡ và giai đoạn phát triển (P12). Thức ăn cùng một loại; thời gian khẩu phần, tần suất và lượng thức ăn như nhau theo các ao.

+ Khác với các ao nuôi trong hệ thống, các ao này được áp dụng và vận hành theo quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường đề xuất: Xử lý nước đầu vào, sử dụng CPSH để xử lý và duy trì sự ổn định chất lượng nguồn nước cấp; cải tạo đáy ao trước và sau khi nuôi; giảm thiểu ô nhiễm trong các ao nuôi trong suốt chu kỳ nuôi và xử lý nguồn nước thải trước khi thải ra môi trường bên ngoài; duy trì sự phát triển của lực tảo trong suốt chu kỳ nuôi tôm.

- Các yếu tố kiểm tra

+ Kiểm tra chất lượng môi trường các ao nuôi theo định kỳ: gồm các thông số nhiệt độ, pH, độ mặn, độ trong, DO, COD, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻, H₂S, BOD₅, N-NO₂⁻.

+ Kiểm tra thực vật thủy sinh, năng suất, sản lượng tôm nuôi và hiệu quả kinh

tế nuôi tôm.

Các yếu tố kiểm tra được lựa chọn các chỉ tiêu đặc thù trên cơ sở QCVN 02-19/2014/BNNPTNT và các QCVN khác có liên quan.

- **Thời gian thử nghiệm:** Vụ nuôi tôm (tháng 5 - 7 năm 2018)

2.2.5. Phương pháp chuyên gia

2.2.5.1. Phương pháp Delphi để lựa chọn các thông số môi trường

Phương pháp Delphi được coi một dạng kỹ thuật hỗ trợ quá trình thảo luận nhóm để đưa ra quyết định cho một vấn đề cụ thể. Phương pháp Delphi được luận án sử dụng để xác định, lựa chọn các thông số quan trắc chất lượng môi trường đất, nước trên cơ sở kết quả quan trắc môi trường nuôi tôm trong nhiều năm, cũng như đặc điểm, tính chất của nước cấp ao nuôi, nước ao nuôi, nước thải, bùn và đất để lựa chọn thông số môi trường thích hợp, hiệu quả và đảm bảo tính khoa học.

Luận án lấy ý kiến 30 chuyên gia để lựa chọn thông số quan trắc chất lượng môi trường (Nước cấp ao nuôi, nước ao nuôi, nước thải, bùn và đất). Cơ sở lựa chọn tiêu chí: Tập hợp ý kiến đồng thuận của các chuyên gia >75%.

2.2.5.2. Phương pháp SWOT đề xuất, lựa chọn các giải pháp

Phương pháp phân tích SWOT là một công cụ hữu ích, được sử dụng nhằm hiểu rõ điểm mạnh (strengths), điểm yếu (weaknesses), cơ hội (opportunities) và thách thức (threats) để áp dụng trong việc đề xuất, lựa chọn các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường..

Trên cơ sở các kết quả thu thập, tổng hợp, đánh giá các tài liệu thu được về công tác quản lý; các kết quả nghiên cứu của các đề tài, dự án; các kết quả quan trắc, cảnh báo môi trường ở các Trung tâm quan trắc và cảnh báo môi trường của các Viện nghiên cứu NTTS 1, 2, 3 và Viện Nghiên cứu Hải sản trong vòng 10 năm gần đây về:

- Hiện trạng về sự phát triển của nghề nuôi tôm nước lợ và sự suy giảm chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở các tỉnh ven biển Bắc, Trung và Nam.
- Hiện trạng công tác quản lý hệ thống và mạng lưới quan trắc và cảnh báo môi trường, dịch bệnh: Các văn bản quản lý, thông tư hướng dẫn; quy trình, quy phạm;

tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật Việt Nam;

- Các kết quả nghiên cứu của đề tài, dự án có liên quan về: Chất lượng môi trường nước, môi trường đất, nước thải và các mô hình xử lý nước thải và duy trì sự ổn định môi trường trong vùng nuôi tôm tập trung;

- Kinh nghiệm kiểm soát môi trường dịch bệnh của một số địa phương có nghề nuôi tôm phát triển;

- Các kết quả khảo sát bổ sung về đánh giá nguồn nước cấp, nước ao nuôi, nước thải và môi trường đất và các thực nghiệm khoa học.

Từ đó, áp dụng phương pháp SWOT để đánh giá điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức trong việc thực hiện đề xuất, lựa chọn các giải pháp (quản lý và kỹ thuật) kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung.

2.2.5.3. Xây dựng và hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường nuôi tôm tập trung

Trên cơ sở mô hình nuôi tôm sạch ít thay nước (Đề tài độc lập cấp nhà nước 1998; Bộ Khoa học & Công nghệ, Viện Nghiên cứu Hải sản, 1998) được ứng dụng và hoàn thiện ở đề tài KC.07.01 do Viện Nghiên cứu NTTS 1 chủ trì năm 2000 - 2003; đã được Trung tâm dạy nghề và chuyển giao công nghệ thủy sản (thuộc Hội Nghề Cá Việt Nam năm 2005 - 2012) và Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông - Thủy sản (CeRAF) ứng dụng có hiệu quả ngoài sản xuất ở một số tỉnh ven biển miền Bắc và được cập nhật hoàn chỉnh đến năm 2017. Mô hình nuôi tôm ít thay nước trên (xem Phụ lục 2) đang được áp dụng phổ biến tại vùng nuôi tôm tập trung ở tỉnh Quảng Ninh, trong đó có áp dụng quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường. Luận án đã kế thừa quy trình cũ, thông qua các kết quả thực nghiệm, cùng với áp dụng xin tham vấn ý kiến chuyên gia (phương pháp Delphi) gồm các nhà khoa học, cơ quan quản lý thủy sản và chủ cơ sở nuôi tôm thông qua hình thức hội thảo, đã bổ sung làm mới ở một số công đoạn (cơ sở hạ tầng, kiểm soát nguồn nước cấp, nước trong ao và xử lý nước thải) trong quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh.

2.2.6. Phương pháp đánh giá và xử lý số liệu

* Xác định một số chỉ tiêu sinh học của tôm he chân trắng

- Xác định chiều dài (L) và cân khối lượng (W) của tôm:

➤ Tốc độ tăng trưởng chiều dài tuyệt đối trung bình ngày của tôm (DLG):

$$DLG \text{ (cm/ngày)} = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1} \quad [2.1]$$

➤ Tốc độ tăng trưởng chiều dài tương đối tính theo ngày của tôm (SGRL):

$$SGRL \text{ (%/ngày)} = \frac{\ln(L_2) - \ln(L_1)}{t_2 - t_1} \times 100 \quad [2.2]$$

➤ Tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối trung bình ngày của tôm (DWG):

$$DWG \text{ (g/ngày)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \quad [2.3]$$

➤ Tốc độ tăng trưởng khối lượng tương đối tính theo ngày của tôm (SGRw):

$$SGRw \text{ (%/ngày)} = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1} \times 100 \quad [2.4]$$

Trong đó:

L_1 : Chiều dài trung bình tôm của lần kiểm tra tại thời điểm t_1

L_2 : Chiều dài trung bình tôm của lần kiểm tra tại thời điểm t_2

W_1 : Khối lượng trung bình tôm của lần kiểm tra tại thời điểm t_1

W_2 : Khối lượng trung bình tôm của lần kiểm tra tại thời điểm t_2

t_1 : thời điểm bắt đầu thí nghiệm

t_2 : thời điểm kết thúc thí nghiệm

- Xác định tỷ lệ sống:

Tỷ lệ sống của tôm (TLS, %) = (số tôm còn lại/số tôm ban đầu) x 100 [2.5]

* Xác định tốc độ tăng trưởng diện tích và sản lượng tôm nuôi

- Tốc độ tăng trưởng về diện tích nuôi (TĐTT)

$$TĐTT \text{ (%) } = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad [2.6]$$

(Ghi chú: TĐTT: Tốc độ tăng trưởng; S.2: Diện tích tại thời điểm sau; S.1: Diện tích tại thời điểm trước).

- Tốc độ tăng trưởng về sản lượng (TĐTTSL)

$$TĐTTSL (\%) = \frac{SL_2}{SL_1} \times 100 \quad [2.7]$$

(Ghi chú: TĐTTSL: Tốc độ tăng trưởng về sản lượng; SL.2: Sản lượng tại thời điểm sau; SL.1: Sản lượng tại thời điểm trước).

- Năng suất tôm nuôi

$$NS (\text{tấn/ha}) = \frac{SL}{S} \quad [2.8]$$

*** Đánh giá khả năng tự làm sạch (D%) của môi trường**

$$D (\%) = \frac{COD}{BOD_5} \times 100 \quad [2.9]$$

*** Thu mẫu, xác định thành phần và số lượng tảo đơn bào trong ao nuôi tôm**

Mẫu tảo được lấy theo phương pháp của APHA 10200 và bảo quản trong dung dịch formol 5% (theo Thông tư số 24/2017/TT-BTNMT).

Phân tích định lượng: Phương pháp so sánh hình thái và sử dụng buồng đếm Sedgewick - rafter dưới kính hiển vi huỳnh quang Nikon E600, đơn vị tính (tế bào/lít hoặc tế bào/m³).

Phân tích định tính: Phương pháp so sánh hình thái dựa vào các tài liệu phân loại (đến loài).

*** Đánh giá các thông số theo Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia (QCVN)**

Để đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước phục vụ cho mục tiêu giám sát chất lượng môi trường vùng nuôi thủy sản, luận án căn cứ vào GHCP theo các quy chuẩn Quốc gia đã được ban hành để đánh giá cho từng thông số quan trắc. Các quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia được áp dụng để đánh giá gồm:

- Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về cơ sở nuôi tôm nước lợ - điều kiện bảo đảm vệ sinh thú y, bảo vệ môi trường và an toàn thực phẩm (QCVN 02-19:2014/BNNPTNT).

- Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2015/BTNMT).

- Đánh giá chất lượng môi trường nuôi tôm nước lợ: QCVN 10-MT:2015/BTNMT áp dụng cho nước biển ven bờ phục vụ nuôi trồng thủy sản.

* Xác định chỉ số chất lượng nước theo phương pháp Entropy (WQI_E)

Để tính toán và đánh giá chất lượng nước nói chung và chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm nói riêng, việc xác định được trọng số của thông số đóng vai trò quan trọng trong việc phản ánh vị trí và vai trò của các nhân tố trong việc đánh giá chất lượng nước. Trọng số có thể xác định từ nhiều phương pháp khác nhau: Phương pháp phân tích cấp bậc, phương pháp phân tích thành phần chính, phương pháp Delphi, phương pháp Entropy. Khái niệm thông tin Entropy được đề xuất đầu tiên bởi Shannon năm 1948 [104]. Entropy được ứng dụng để đo lường kích thước của lượng thông tin, càng nhiều thông tin chứa đựng trong một chỉ thị đặc trưng thì ảnh hưởng của chỉ thị đó trong việc đưa ra quyết định càng trở lên quan trọng. Do đó, Entropy cũng được áp dụng để gán trọng số cho các chỉ thị môi trường [105].

Tính chỉ số chất lượng nước bằng phương pháp trọng số Entropy (WQI_E) theo nghiên cứu của Quỹ Vệ sinh Quốc Gia Mỹ (NSF), công thức có dạng như sau:

$$WQI = \sum_{j=1}^n w_j \cdot q_j \quad [2.10]$$

Trong đó:

- q_j là chỉ số phụ của thông số j được xác định bởi công thức: $q_j = \frac{C_j}{S_j} \cdot 100$

+ C_j là nồng độ đo được của thông số j (DO, BOD₅, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻, COD);

+ S_j là GHCP của thông số j với các QCVN tương ứng (Giới hạn của các thông số được áp dụng theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT và QCVN 10-MT:2015/BTNMT).

Xác định w_j theo Ding S F and Shi Z Z, J (2005) [68], Li *et al.*, (2010) [82].

- w_j là trọng số của thông số j được xác định bởi công thức: $w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n (1-e_j)}$

Ở đây e_j là thông số entropy của các thông số j thể hiện qua công thức:

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m P_{ij} \cdot \ln(P_{ij}), \quad P_{ij} = \frac{1+y_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1+y_{ij})}$$

Thông số y_{ij} được hình thành từ việc chuẩn hóa ma trận với $i=1,2,3,...,m$ điểm quan trắc và $j=1,2,3,...,n$ thông số; p_{ij} dao động trong khoảng từ 0-1. y_{ij} xác định bởi 2

công thức sau:

- Đối với thông số tích cực (giá trị càng lớn, chất lượng càng tốt (DO)), y_{ij} xác định như sau: $y_{ij} = \frac{x_{ij} - (x_{ij})_{\min}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}}$

- Đối với thông số tiêu cực (giá trị thông số càng lớn thì càng ô nhiễm (đinh dưỡng, vi sinh), y_{ij} xác định như sau: $y_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{(x_{ij})_{\max} - (x_{ij})_{\min}}$

Trong luận án, nghiên cứu sinh sử dụng chỉ số chất lượng nước WQI_E để đánh giá chất lượng nước cấp cho mục đích nuôi tôm tại những vùng được nghiên cứu:

Ưu điểm của phương pháp này có thể áp dụng cho nhiều loại nước khác nhau, ngoài ra có thể chọn được nhiều thông số thuận lợi cho việc đánh giá nghiên cứu. Tuy nhiên, trọng số của mỗi giá trị thông số phụ thuộc vào nguồn dữ liệu sử dụng. Thang phân loại chỉ số chất lượng nước theo trọng số Entropy WQI_E theo 5 mức chất lượng nước được thể hiện ở Bảng 2.6 [70], [82], [95]. [103].

Bảng 2.6. Thang phân loại chất lượng nước theo trọng số Entropy (WQI_E)

STT	WQI_E	Chất lượng nước
1	< 50	Rất tốt
2	50 - <100	Tốt
3	100 - <150	Trung bình
4	150 - <200	Kém
5	≥ 200	Rất kém

- Xử lý số liệu bằng phần mềm MS Excel 2010.

2.2.7. Tài liệu sử dụng

- Một số kết quả nghiên cứu của các đề tài, dự án từ các Viện nghiên cứu,

Trường đại học trong và ngoài ngành Thủy sản và thư viện Quốc gia.

- Báo cáo tổng kết và chuyên đề từ các cơ quan quản lý: Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn; các Tổng cục, Chi cục Thủy sản, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn các tỉnh/thành phố ven biển và các Bộ, ngành khác liên quan.

- Tài liệu quan trắc và cảnh báo môi trường của các Trung tâm quan trắc và cảnh báo môi trường của các Viện: nghiên cứu Hải sản; Nghiên cứu NTTS 1, 2, 3 và Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Quảng Ninh;

- Kết quả luận án Thạc sĩ, Nguyễn Tiến Long (2008), “Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nuôi tôm chân trắng đến môi trường đất và nước trong khu nuôi thâm canh ở huyện Yên Hưng, tỉnh Quảng Ninh, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

- Mô hình nuôi tôm ít thay nước (sản phẩm của đề tài độc lập cấp nhà nước năm 1998 - Bộ Khoa học và Công nghệ) được Viện nghiên cứu Hải sản thực hiện theo đề tài độc lập cấp nhà nước năm 1998, đã ứng dụng & hoàn thiện và phổ biến ra sản xuất năm 2000 - 2003 (đề tài KC.07.01, Bộ Khoa học và Công nghệ), do Viện Nghiên cứu NTTS I chủ trì), Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông-Thủy sản cập nhật và hoàn thiện tiếp năm 2017.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến động chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh

3.1.1. Biến động chất lượng nguồn nước cấp nuôi tôm

Qua kết quả quan trắc của 12 thông số môi trường: nhiệt độ, pH, độ mặn, độ kiềm, độ dẫn điện, TSS, DO, COD, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$, $N-NO_2^-$, H_2S , (không bao gồm các thông số về kim loại nặng, bệnh tôm) trong vòng 10 năm trở lại đây (2008-2018) của các Trung tâm quan trắc, cảnh báo môi trường phục vụ nuôi trồng thủy sản thuộc các Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản 1, 2, 3 cho thấy sự biến động chất lượng môi trường nguồn nước cấp vùng nuôi tôm tập trung ở các biển ven biển ở Việt nam không lớn. Chỉ có một số thông số mang tính đặc thù là COD, BOD_5 , NH_4^+ và PO_4^{3-} thường vượt mức GHCP theo QCVN thể hiện tại Bảng 3.1.

Từ kết quả Bảng 3.1 cho thấy, giá trị chỉ số COD trong nước nguồn cấp vào ao nuôi tôm trong mùa nuôi tôm không cao và ở trong giới hạn cho phép. Trong đó, miền Bắc dao động từ 2,20 đến 16,15 $mg\ O_2/l$, năm có chỉ số COD cao là 2008, 2009, 2010 và 2012; miền Trung từ 3,51 đến 13,20 $mg\ O_2/l$, năm 2008, 2016 chỉ số COD tương đối cao và miền Nam chỉ số COD dao động từ 8,10 đến 12,35 mgO_2/l và hầu như các năm chỉ số COD đều cao [53], [54], [55].

Kết quả khảo sát bổ sung năm 2018 tại phụ lục PL 3.5 ở một số điểm nuôi tôm tập trung trên cả 3 miền Bắc, Trung, Nam cho thấy: chỉ số COD, BOD_5 , NH_4^+ và PO_4^{3-} đều ở mức cao, miền Bắc và miền Nam các chỉ số về chất lượng đều cao hơn ở miền Trung; trong đó: chỉ số COD ở các tỉnh miền Nam cao, tiếp đến là miền Bắc và thấp nhất là miền Trung. Có thể do các tỉnh ven biển miền Bắc và miền Nam chịu ảnh hưởng của các nguồn phát thải của đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long còn miền Trung độ dốc vùng thềm lục địa cao, ít sông nên khả năng môi trường ít chịu ảnh hưởng của nguồn phát thải hơn.

Các chỉ số về hàm lượng COD, NH_4^+ và PO_4^{3-} cũng cho kết quả tương tự, cao là miền Nam, đến miền Bắc và thấp nhất là miền Trung. Giá trị tỷ lệ COD/ BOD_5 ở 3 miền Bắc, Trung, Nam cũng có sự sai khác rõ rệt: miền Bắc: 1,37%, miền Trung: 1,24% và miền Nam là 1,41% điều đó cho thấy khả năng tự làm sạch (phân hủy chất thải rắn) của môi trường nước ven biển của miền Nam và miền Bắc cao hơn các tỉnh miền Trung.

Bảng 3.1a. Giá trị trung bình của một số thông số môi trường nguồn nước cấp nuôi tôm cả nước trong giai đoạn 2008 - 2013

Thông số	Địa điểm	Thời gian (năm)					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
COD (mgO ₂ /l)	Bắc	16,15±4,2	11,05±4,4	12,50±1,3	9,10±2,9	12,70±3,4	2,20±0,9
	Trung	12,17±2,4	6,94±2,9	8,65±1,1	4,42±1,2	14,75±4,7	8,20±4,2
	Nam	14,16±2,8	10,64±3,2	9,94±1,5	12,54±3,8	12,35±3,3	8,10±3,1
BOD ₅ (mgO ₂ /l)	Bắc	3,22±0,9	3,66±1,5	2,99±0,7	4,45±1,3	4,77±1,9	3,99±1,6
	Trung	2,99±1,1	4,02±1,8	4,13±0,9	3,98±1,1	4,23±1,7	3,27±1,4
	Nam	4,01±1,6	3,88±1,4	3,65±0,8	4,49±1,5	5,12±1,8	4,99±2,1
NH ₄ ⁺ (mg/l)	Bắc	0,68±0,13	0,51±0,16	0,25±0,09	0,22±0,09	0,15±0,06	0,05±0,02
	Trung	0,153±0,18	0,301±0,13	0,137±0,06	0,121±0,06	0,213±0,09	0,166±0,07
	Nam	0,212±0,08	0,241±0,11	0,287±0,11	0,189±0,09	0,203±0,08	0,315±0,10
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Bắc	0,022±0,009	0,015±0,009	0,039±0,013	0,020±0,007	0,014±0,006	0,010±0,005
	Trung	0,013±0,011	0,073±0,031	0,099±0,028	0,117±0,07	0,141±0,071	0,012±0,007
	Nam	0,023±0,012	0,026±0,011	0,054±0,013	0,033±0,012	0,031±0,009	0,072±0,031

Bảng 3.1b. Giá trị trung bình của một số thông số môi trường nguồn nước cấp nuôi tôm cả nước trong giai đoạn 2014 - 2019

Thông số	Địa điểm	Thời gian (năm)					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019*
COD (mgO ₂ /l)	Bắc	5,30±1,6	5,33±2,7	13,33±3,6	17,55±3,1	13,17±2,8	7,3±2,7
	Trung	2,96±1,3	5,09±1,5	13,20±3,1	4,66±1,2	4,51±0,8	5,2±1,9
	Nam	8,95±3,4	8,89±2,1	8,93±2,2	10,33±3,3	10,65±2,3	11,2±2,3
BOD ₅ (mgO ₂ /l)	Bắc	4,89±2,1	5,12±1,6	5,06±1,1	5,27±2,5	5,33±2,1	5,31±2,6
	Trung	3,44±1,8	4,01±1,1	3,99±0,9	4,11±1,9	3,02±1,1	4,19±1,8
	Nam	5,55±2,3	4,89±1,3	6,11±2,3	5,98±2,3	6,55±2,1	7,94±3,2
NH ₄ ⁺ (mg/l)	Bắc	0,25±0,09	0,21±0,08	0,18±0,07	0,22±0,03	0,36±0,03	0,28±0,07
	Trung	0,076±0,03	0,054±0,01	0,25±0,10	0,044±0,02	0,062±0,02	0,11±0,05
	Nam	0,204±0,08	0,193±0,09	0,239±0,14	0,278±0,11	0,631±0,16	0,56±0,08
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	Bắc	0,010±0,009	0,022±0,013	0,016±0,009	0,028±0,009	0,018±0,006	0,020±0,015
	Trung	0,211±0,064	0,087±0,033	0,023±0,006	0,024±0,011	0,016±0,007	0,019±0,011
	Nam	0,078±0,021	0,056±0,022	0,079±0,018	0,091±0,015	0,093±0,024	0,089±0,022

*Ghi chú: 1) Giá trị ghi trên mỗi cột là giá trị trung bình; 2) Địa điểm quan trắc: Miền Bắc: gồm 13 điểm thuộc 6 tỉnh Nam Định, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế; Miền Trung: gồm 11 điểm thuộc 5 tỉnh Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận và Miền Nam: gồm 20 điểm thuộc tỉnh Cà Mau, Bạc Liêu, Trà Vinh và Bến Tre.

Nguồn: Viện Nghiên cứu NTTS I, II, III thực hiện trong mùa vụ nuôi các năm từ 2008-2019.

Nhìn chung, kết quả chất lượng môi trường nguồn nước cấp vùng nuôi tôm tập trung trên cả nước giai đoạn 2009 - 2018 cho thấy chỉ xuất hiện ô nhiễm cục bộ ở nguồn nước cấp. Cụ thể, trong thời gian 2015 - 2018, ghi nhận ô nhiễm cục bộ xảy ra ở các vùng nước cấp cho nuôi tôm theo mức độ và đặc thù khu vực. Khu vực ven biển miền Nam, tỷ lệ % vượt GHCP của thông số TSS là 95,0%; COD là 57,5%; N-NO₂⁻ là 48,3%; N-NH₄⁺ là 42,5%, độ kiềm là 9,5%; DO là 4,0%; pH là 1,8%. Khu vực ven biển miền Trung lần lượt với độ kiềm là 28,7%; COD là 17,0%; độ mặn là 13,5%; P-PO₄³⁻ là 10,6%; N-NH₄⁺ là 3,2%; pH là 1,4%; N-NO₂⁻ là 0,5%. Khu vực ven biển miền Bắc lần lượt với độ kiềm là 15,1%; N-NO₂⁻ là 9,3%; TSS là 6,1%; COD là 6,0%; độ mặn là 1,4%; N-NH₄⁺ là 0,3%.

So sánh biến động tốc độ gia tăng diện tích và sản lượng với chất lượng môi trường quan trắc được cả nước (tại Bảng 1.3 và Bảng 3.1 a và b) và với các thông số đặc thù như COD, BOD₅, NH₄⁺ và PO₄³⁻ ở nguồn nước cấp có thể nhận thấy mức độ phú dưỡng về môi trường do tác động của quá trình nuôi tôm nước lợ đã đến mức phải quan tâm. Các chỉ số được quan trắc, theo dõi tương đối cao gây nên hiện tượng ô nhiễm môi trường ở cục bộ ở khu vực quan trắc.

Không những mức độ ô nhiễm môi trường do ảnh hưởng của hoạt động nuôi tôm ngày càng tăng một phần do diện tích nuôi tôm tăng nhanh, năng suất nuôi thấp dẫn đến lãng phí đất đai và thu hẹp thủy vực tự làm sạch và mức độ kiểm soát chất lượng tôm nuôi sẽ bị hạn chế. Do vậy, nên giảm diện tích nuôi theo hình thức quảng canh cải tiến, bán thâm canh và tăng dần diện tích nuôi thâm canh, nuôi công nghiệp để trả lại diện tích vùng triều để phát triển trồng rong biển, trồng rừng ngập mặn, giảm thiểu ÔNMT cho vùng nuôi.

Đối với vùng nuôi tôm tập trung ở tỉnh Quảng Ninh, kết quả khảo sát nguồn nước cấp cho vùng nuôi thủy sản ở Quảng Ninh cho thấy: chất lượng nước chịu tác động bởi nhiều nguồn phát thải như: sự rửa trôi của phân, xác động, thực vật trên lục địa (rừng núi), chất thải sinh hoạt; chất thải của các hoạt động công nghiệp, nông nghiệp qua các dòng sông; chất thải của các nhà máy chế biến hải sản sau thu hoạch, bến tàu thuyền... chưa được kiểm soát. Từ đó, đã ảnh hưởng không nhỏ đến chất

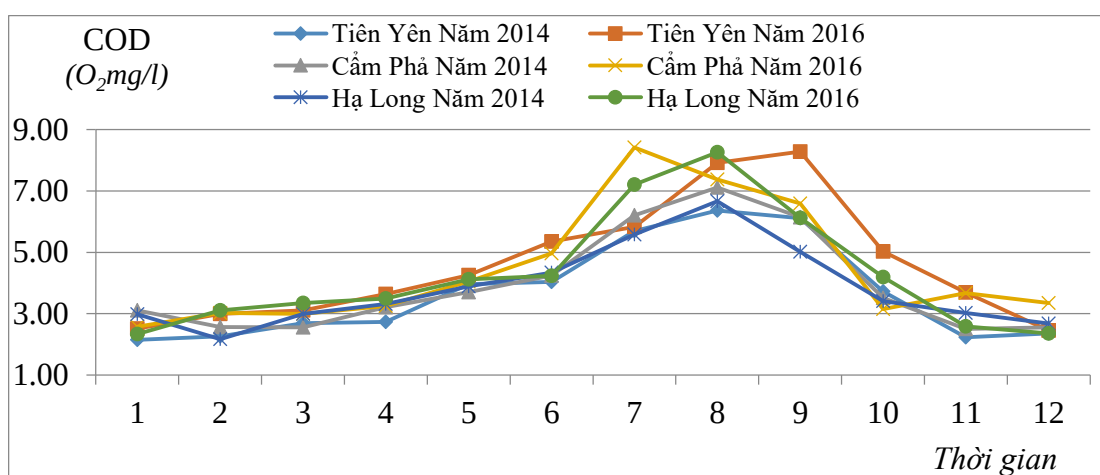
lượng nguồn nước cấp ven bờ.

Đa số các đầm nước lợ các tỉnh ven biển phía Bắc đều nằm ở vùng cao triều và trên triều, cao trình đáy > 2m so với không hải đồ. Do vậy, đặc điểm trao đổi nước vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh chủ yếu dựa vào những ngày thủy triều cao (nước lớn). Biên độ thủy triều cao nhất ở Quảng Ninh là từ 3,5 đến 4,5m thuận lợi cho thay đổi nước, cải tạo đáy ao khi bắt đầu một vụ nuôi mới thuận lợi, giảm chi phí cho môi trường nuôi, nhất là môi trường các ao nuôi bị ô nhiễm. Tuy vậy, đa số vùng nuôi tôm các công cấp nước và công thoát nước thải cùng ở một vùng ven biển đã không tránh khỏi hiện tượng chỗ này xả nước thải, chỗ khác lấy nước vào từ đó rất khó cho việc kiểm soát nước cấp vào ao nuôi tôm [6].

Để đánh giá sự biến động về chất lượng nguồn nước cấp cho một số vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh, luận án đã tiến hành quan trắc một số thông số chất lượng môi trường ở một số điểm nước cấp đầu vào cho các vùng nuôi tôm ở tỉnh Quảng Ninh như: Tiên Yên (TY), Cẩm Phả (CP) và Hạ Long (HL) vào các năm 2014 và 2016, kết quả cụ thể như sau:

a) Biến động hàm lượng COD và BOD₅

Kết quả quan trắc năm 2014 và 2016 thể hiện ở hình 3.1, hình 3.2 cho thấy:



Hình 3.1. Biến động COD trong nước cấp các tháng trong năm

- COD tại khu vực quan trắc có sự thay đổi rõ qua các tháng trong năm. Mùa khô (tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau), hàm lượng COD thường thấp hơn so với mùa mưa (tháng 5 đến tháng 10). Hàm lượng COD cao nhất vào các tháng mùa

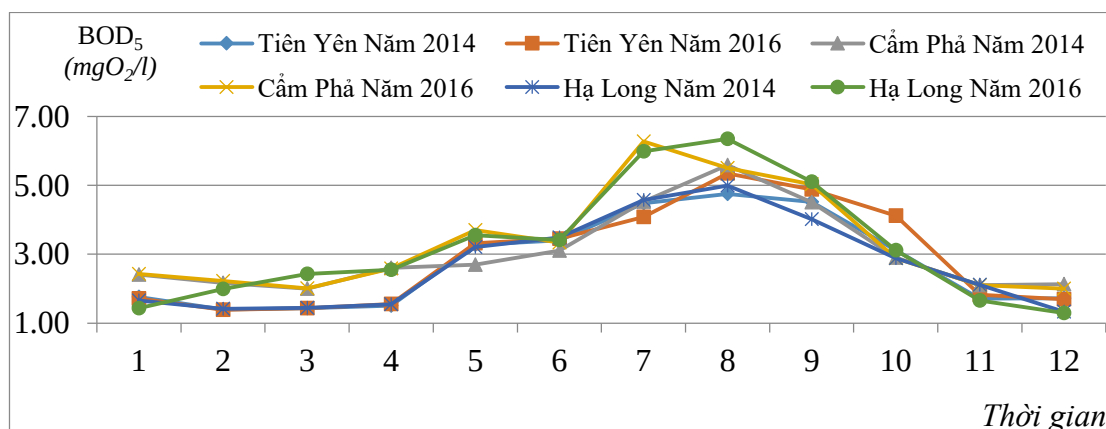
mưa (tháng 7, 8 và 9), có thể do mùa mưa chịu tác động nhiều của mưa lũ, sự rửa trôi các sản phẩm thải từ lục địa và xả nước thải của vùng nuôi thủy sản ven bờ.

Hàm lượng COD quan trắc năm 2014 thấp hơn 2016 (cao nhất tại Tiên Yên tháng 8/2014: 6,36 & 9/2016: 8,28. Tại Cẩm Phả tháng 8/2014: 7,11 và tháng 7/2016: 8,42; tại Hạ Long tháng 8/2014: 6,66 còn tháng 8/2016 là 8,26 mg/l). Tuy nhiên, kết quả này không vượt ngưỡng giá trị giới hạn theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT (A1).

- Biến động hàm lượng BOD₅

Hàm lượng BOD₅ mùa khô thường thấp hơn, mùa mưa. Trong đó, tháng có hàm lượng BOD₅ cao chủ yếu là 3 tháng mùa mưa (tháng 7,8,9). Trong đó, hàm lượng COD năm 2014 thường thấp hơn so với 2016. Điều đó có thể thấy những tháng mùa mưa (nhiệt độ cao, độ mặn thấp và môi trường chịu nhiều tác động của các nguồn phát thải) lượng vi sinh vật chuyển hóa trong vùng nước cao hơn những tháng mùa khô, đây là mùa nhiệt độ thấp, độ mặn cao.

Hàm lượng BOD₅ ở 3 khu vực quan trắc ven biển Quảng Ninh (Tiên Yên, Cẩm Phả và Hạ Long) không có sự sai khác nhau rõ rệt. BOD₅ cao nhất ở vùng Tiên Yên vào tháng 8/2014 là 4,75 mgO₂/l và 5,35 mgO₂/l vào tháng 8/2016; ở Cẩm Phả, Hạ Long cao vào tháng 8/2014: 5,59 & 6,28 vào tháng 7/2016; và Hạ Long là 4,99 mgO₂/l vào tháng 8/2014 & 6,35 mgO₂/l vào tháng 8/2016.



Hình 3.2. Biến động BOD₅ trong nước cấp các tháng trong năm

Có thể thấy, nếu so sánh với giới hạn A.1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT thông số COD ở mùa nuôi tôm chưa vượt ngưỡng giá trị giới hạn cho phép, còn BOD₅ có vượt ngưỡng giá trị giới hạn cho phép nhưng chưa nhiều. Tuy vậy, các thông số

COD và BOD₅ ở vùng ven biển Quảng Ninh cũng đã ở mức cao dẫn đến sức tải của môi trường có thể ảnh hưởng. Xử lý để giảm hàm lượng COD đầu vào sẽ có lợi cho năng suất và sản lượng tôm nuôi trong vùng trước khi đưa nước vào ao nuôi tôm.

Hàm lượng COD và BOD₅ cao các tháng có nhiệt độ cao của vụ nuôi tôm thể hiện sự rửa trôi các chất hữu cơ qua mưa lũ và sự xả thải của hoạt động nuôi tôm. Đây cũng là một bài toán cần giải quyết để kiểm soát môi trường trong mùa mưa lũ khi mà nuôi tôm ngày càng phát triển nhanh. Trong các tháng mùa hè, đặc biệt tháng mùa mưa, hàm lượng COD và BOD₅ tương đối cao thể hiện khả năng tự làm sạch của môi trường tự nhiên. Điều này phản ánh hoạt động của các chủng vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ ở các tháng có nhiệt độ cao tăng. Như vậy, nếu môi trường có mật độ vi sinh vật chuyển hóa cao thì chất lượng môi trường ổn định hơn.

b) Biến động hàm lượng N-NH₄⁺ và P-PO₄³⁻

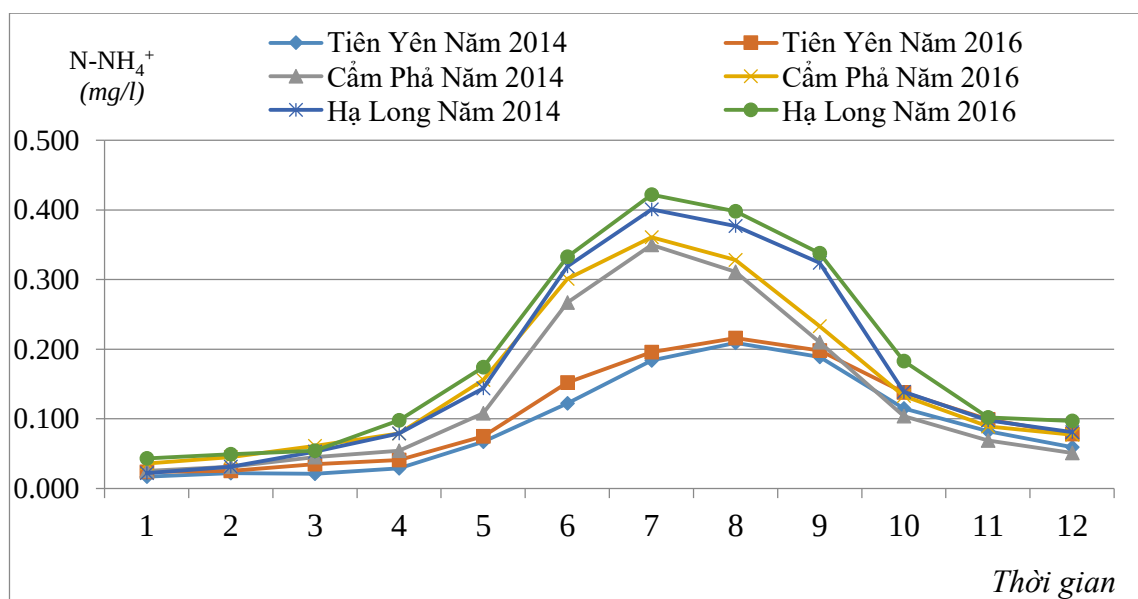
Hàm lượng N-NH₄⁺ và PO₄³⁻ trong nước biển ven bờ thường chịu ảnh hưởng của nguồn phát thải từ lục địa đổ ra theo các dòng sông, các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, nước thải ven bờ và các bãi tắm của các khu du lịch.

Ammonia tồn tại trong nước dưới dạng ion giữa NH₄⁺ hay NH₃ hòa tan phụ thuộc vào pH của nước. Tùy thuộc vào pH của nước mà luôn có cân bằng giữa NH₄⁺/NH₃ trong nước. Amoni có mặt trong nước do sản phẩm của quá trình phân hủy các chất hữu cơ (đặc biệt protein) đó là quá trình amoni hóa protein trong chu trình nitơ trong tự nhiên hoặc nước bị nhiễm nước thải sinh hoạt hoặc công nghiệp. Trong nước thải sinh hoạt có tới 65% là nitơ amoni do quá trình phân hủy urê của nước tiểu.

Thức ăn thừa và phân động vật liên tục cung cấp photpho cho nước. Sự hấp thụ của đất là hiện tượng mong muốn trong ao do kiểm soát được hàm lượng photpho trong nước, là nhân tố quan trọng ngăn ngừa sự phát triển quá mức của thực vật phù du. Dĩ nhiên, nếu tỉ lệ cho ăn đủ lớn, hàm lượng photpho dư thừa trong nước có thể đủ lớn để gây cản trở thực vật phù du nở hoa, kể cả đất hấp thụ phần lớn photpho.

Dẫn liệu tại Hình 3.3 cho thấy: Hàm lượng N-NH₄⁺ tại 03 vùng quan trắc biến động theo mùa rõ rệt. Mùa khô hàm lượng N-NH₄⁺ dao động từ 0,017 đến 0,377 mg/l năm 2014 và 0,024 đến 0,422 năm 2016 ở Tiên Yên; 0,025 - 0,069 năm 2014 và 0,036 - 0,089 ở Cẩm phả và 0,022 - 0,350 năm 2014, 0,043 - 0,361 mg/l.

Vào mùa mưa hàm lượng N-NH_4^+ tại cả 03 vùng quan trắc có biến đổi phức tạp. Những tháng đầu và cuối mùa mưa hàm lượng N-NH_4^+ ở Tiên Yên dao động từ 0,067 - 0,099; tại Cẩm phả tháng 4/2014 là 0,054 và tháng 10/2014: là 1,04; nhưng trong năm 2016 tháng 5/2014 hàm lượng N-NH_4^+ là 0,156 và tháng 10/2016: 0,133. Trong khi đó, tại Hạ Long những tháng đầu mùa mưa và cuối mùa mưa hàm lượng N-NH_4^+ đều ở mức cao vượt ngưỡng giới hạn cho phép (tháng 5/2014: 0,144 & tháng 10/2014: 0,139 mg/l; tháng 5/2016: 0,174 và tháng 10/2014: 0,183 mg/l). Đặc biệt, trong các tháng có lượng mưa cao hàm lượng N-NH_4^+ có giá trị cao, vượt ngưỡng so với giới hạn cho phép (tại Hạ Long, tháng 7,8,9/2014 là: 0,401; 0,377 và 0,324 mg/l còn tháng 7,8,9/2016 là: 0,422; 0,398 và 0,338 mg/l. Tại Cẩm phả tháng 7,8,9/2014 là: 0,350; 0,311; 0,210 và 7,8,9/2016 là 0,361; 0,328; 0,233 mg/l. Tại Tiên Yên tháng 7,8,9/2014 hàm lượng NH_4^+ là 0,184; 0,209; 0,198 và tháng 7,8,9/2016: 0,196; 0,216 và 0,198 mg/l). Trong đó hàm lượng NH_4^+ tăng dần từ Hạ Long đến Tiên Yên và mức vượt ngưỡng từ 2 đến gần 4 lần tùy địa điểm quan trắc.

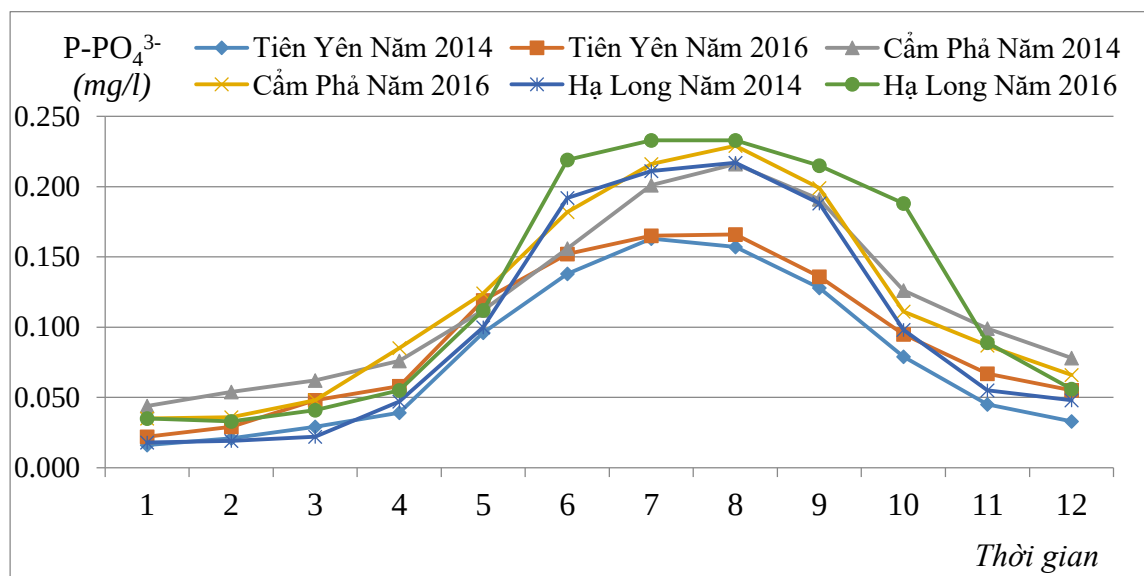


Hình 3.3. Biến động N-NH_4^+ trong nước cấp các tháng trong năm

- Hàm lượng PO_4^{3-}

Cũng giống như hàm lượng NH_4^+ hàm lượng PO_4^{3-} cũng có những biến động tương tự. Tuy vậy, mức độ vượt ngưỡng cho phép không cao. Hàm lượng PO_4^{3-} thấp vào những tháng mùa khô và cao vào những tháng mùa mưa. Giá trị cao nhất của

PO_4^{3-} tại Cẩm Phả các tháng 7,8 năm 2014 là 0,216 & 0,229. Còn tại Hạ Long vào các tháng 7,8: 0,211; 0,217 và năm 2016 là các tháng 6,7,8,9: 0,219; 0,233; 0,233 và 0,215. So sánh giữa 3 khu vực khảo sát tại Tiên Yên hàm lượng PO_4^{3-} thấp và không vượt ngưỡng giới hạn cho phép còn ở Hạ Long trị số PO_4^{3-} khá cao, đặc biệt là các tháng mùa mưa. Dữ liệu được thể hiện ở Hình 3.4.



Hình 3.4. Biến động PO_4^{3-} trong nước cấp các tháng trong năm

- Biến động hàm lượng NH_4^+ và PO_4^{3-} ở nguồn nước cấp ven biển Quảng Ninh tại 3 khu vực Tiên Yên, Cẩm Phả và Hạ Long cho thấy chất lượng nước vùng ven bờ đang có dấu hiệu ô nhiễm muối dinh dưỡng, đặc biệt là trong mùa mưa lũ có dấu hiệu của sự phú dưỡng. Nhìn chung, ở các tỉnh ven biển phía Bắc nói chung và Quảng Ninh nói riêng thời gian từ tháng 4 đến tháng 10 là thời gian có nhiệt độ cao phù hợp cho việc nuôi tôm nước lợ, nhưng chất lượng nguồn nước cấp ngày càng bị suy giảm, đây là một trong những sự bất cập, cần thiết phải có giải pháp khắc phục.

Để đánh giá chất lượng nước cấp cho mục đích nuôi tôm tại vùng nghiên cứu luận án đã áp dụng việc xác định chỉ số chất lượng nước WQI theo phương pháp Entropy (WQI_E), kết quả tính toán cho thấy chất lượng nước cấp ở vùng nuôi tôm thuộc khu vực Cẩm Phả, Hạ Long và Tiên Yên - Quảng Ninh đều biến động mạnh theo các tháng trong năm, từ mức nước cấp có chất lượng tốt đến suy giảm ở mức chất lượng trung bình. Nhìn chung, ở cả 3 vùng nghiên cứu đều thể hiện xu hướng

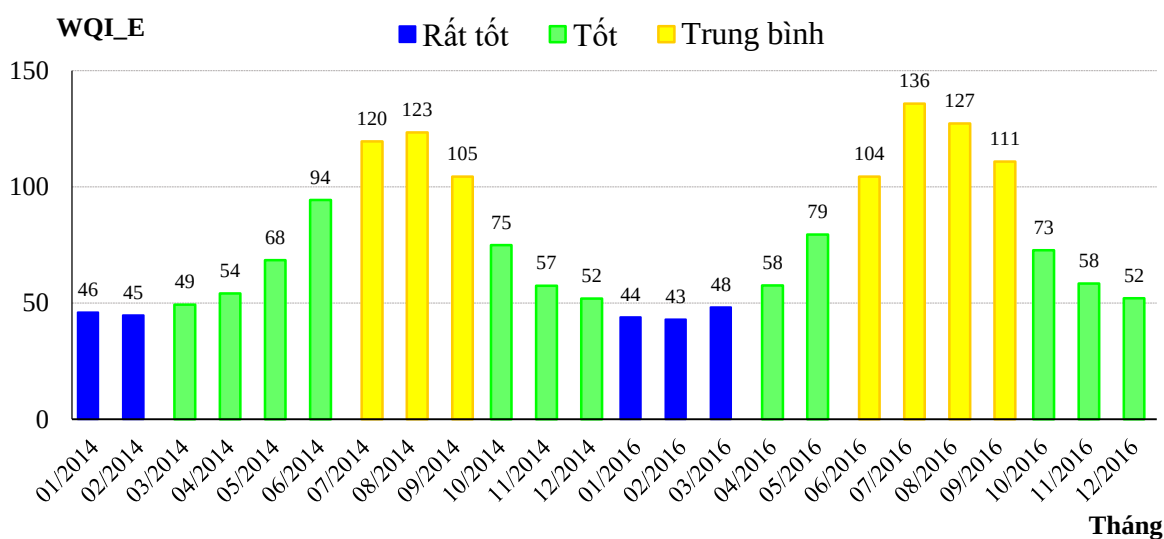
mức chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm suy giảm vào các tháng mùa mưa, nhất là các tháng 7 - 9 (Hình 3.5, hình 3.6 và hình 3.7). Đây là một trong những căn cứ để lấy nước và có biện pháp xử lý nước cấp phù hợp cho nuôi tôm. Mức chất lượng nước cấp ghi nhận được trong năm 2016 giảm thấp hơn so với năm 2014, được thể hiện qua sự tăng cao của giá trị chỉ số WQI_E. Tuy nhiên, mức độ và diễn biến mức độ chất lượng nước cấp ở mỗi vùng nuôi cũng có sự khác biệt nhau.

Trong 03 vùng nghiên cứu, chất lượng nước cấp ở vùng nuôi Tiên Yên (WQI_E trung bình đạt 64,0) tốt hơn Hạ Long (WQI_E trung bình đạt 75,4) và Cẩm Phả (WQI_E trung bình đạt 76,0) - (Bảng 3.1). Số tháng ghi nhận thấy chất lượng nước cấp ở mức chất lượng trung bình tại Hạ Long lớn nhất (8/24 tháng quan trắc), tiếp đến là Cẩm Phả 7/24 tháng quan trắc và thấp nhất ở Tiên Yên (1/24 tháng quan trắc) - (Hình 3.5, Hình 3.6 và Hình 3.7).

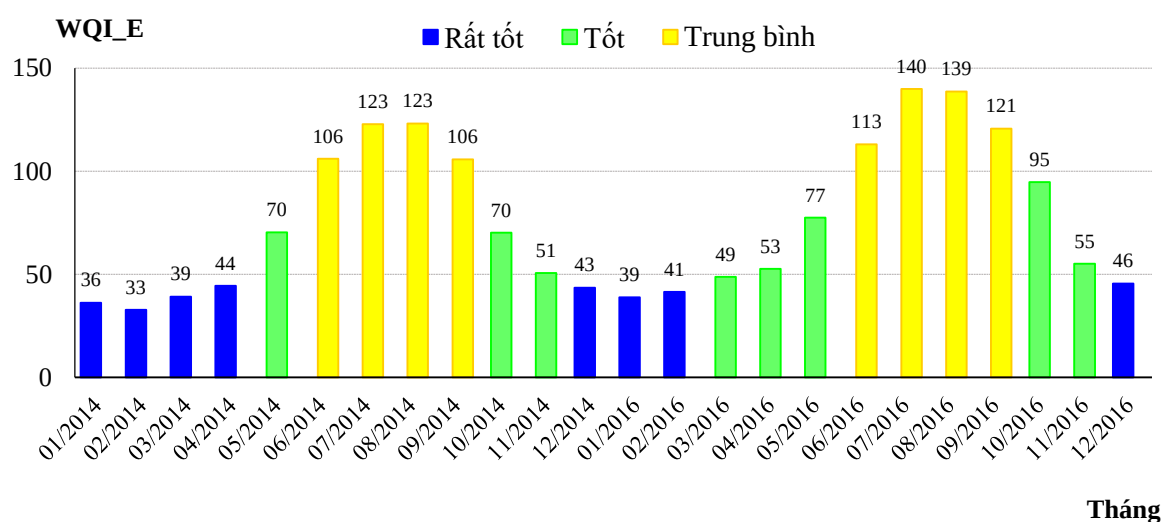
Bảng 3.2. Giá trị chỉ số WQI_E nước cấp nuôi tôm ở Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)

Vùng nuôi/mức chất lượng nước		Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình		
				Trung bình 2 năm 2014 và 2016	Năm 2014	Năm 2016
Cẩm Phả	Giá trị	43,0	135,9	$76,0 \pm 30,7$	$74,1 \pm 29,1$	$77,8 \pm 33,5$
	Chất lượng	Rất tốt	Trung bình	Tốt	Tốt	Tốt
Hạ Long	Giá trị	32,6	139,9	$75,4 \pm 36,6$	$70,4 \pm 34,9$	$80,5 \pm 39,0$
	Chất lượng	Rất tốt	Trung bình	Tốt	Tốt	Tốt
Tiên Yên	Giá trị	32,5	107,3	$64,0 \pm 26,0$	$60,6 \pm 26,0$	$67,4 \pm 26,6$
	Chất lượng	Rất tốt	Trung bình	Tốt	Tốt	Tốt

Chất lượng nước cấp ở vùng nuôi ở khu vực Cẩm Phả từ mức chất lượng rất tốt đến mức chất lượng trung bình. Tuy giá trị trung bình năm 2014 và năm 2016 đều mức chất lượng tốt, nhưng giá trị WQI_E năm 2016 (trung bình 77,8) tăng cao hơn năm 2014 (trung bình 74,1), thể hiện chất lượng nước giảm (Bảng 3.2 và Hình 3.5).



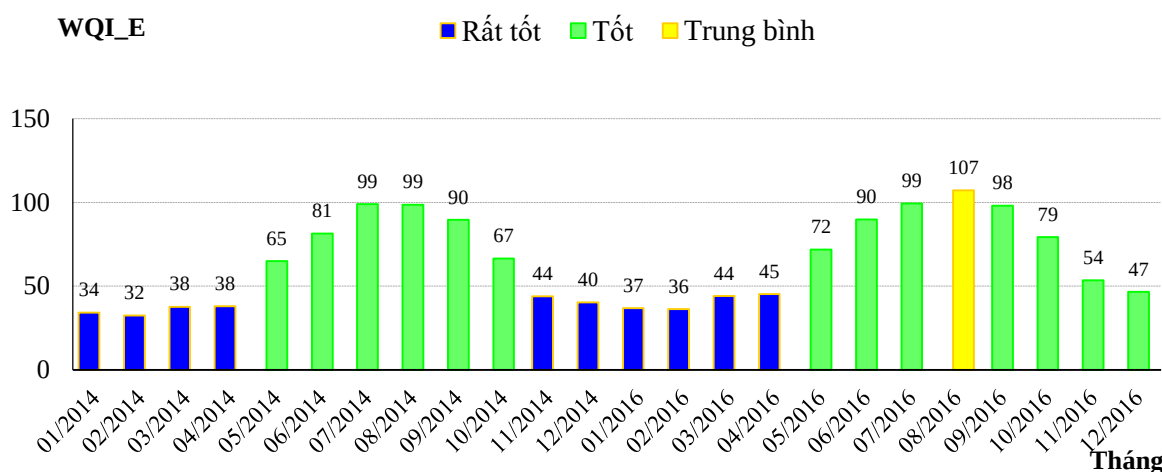
Hình 3.5. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Cẩm Phả - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)



Hình 3.6. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Hạ Long - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)

Chất lượng nước cấp ở vùng nuôi ở khu vực Hạ Long từ mức chất lượng rất tốt đến mức chất lượng trung bình. Tuy giá trị trung bình năm 2014 và năm 2016 đều mức chất lượng tốt, nhưng giá trị WQI_E năm 2016 (trung bình 80,5) tăng mạnh hơn năm 2014 (trung bình 70,4), thể hiện chất lượng nước giảm (Bảng 3.2 và Hình 3.6).

Chất lượng nước cấp ở vùng nuôi ở khu vực Tiên Yên có mức chất lượng tốt hơn Hạ Long và Cẩm Phả, duy nhất có tháng 8/2016 ở mức chất lượng trung bình. Tuy hầu hết các tháng mùa mưa ở mức chất lượng tốt, nhưng giá trị WQI_E ở mức gần đạt mức chất lượng trung bình. Giá trị WQI_E năm 2016 (trung bình 67,4) cũng tăng cao hơn năm 2014 (trung bình 60,6), thể hiện chất lượng nước giảm (Bảng 3.2 và Hình 3.7).



Hình 3.7. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Tiên Yên - Quảng Ninh (năm 2014 và năm 2016)

3.1.2. Biến động môi trường nền đất ao nuôi tôm

Môi trường đất vùng nuôi tôm tập trung có thành phần cơ học hầu hết là trầm tích bùn sét mịn có hàm lượng cấp hạt nhỏ hơn 0,063mm khoảng 50-90%, trung bình 70% và có chiều dày lớn khoảng 1,2-1,6m thuận lợi cho xây dựng các ao nuôi ở Quảng Ninh. Tuy vậy, sự bất lợi là các ao nuôi được xây dựng trên các vùng đất rừng ngập mặn, ở đó tích lũy hàm lượng lưu huỳnh tương đối cao, tạo thành tầng sinh phèn tiềm tàng yếm khí nền đáy ao: H_2S , FeS , S^0 , FeS_2 , S_{hc}gây hiện tượng chua phèn cho ao nuôi. Kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả cho thấy vùng cửa sông châu thổ sông Hồng và Cửu long tầng sinh phèn nằm sâu so với bề mặt 40-80 cm, với tổng hàm lượng lưu huỳnh sulfur thấp khoảng 0,5-1,5%. Các vùng khác có khu vực tầng sinh phèn nằm cách ngay bề mặt khoảng 10-20 cm với hàm lượng lưu huỳnh sulfur từ 2,0-3,5% tác động rất lớn đến môi trường nền đáy ao nuôi tôm.

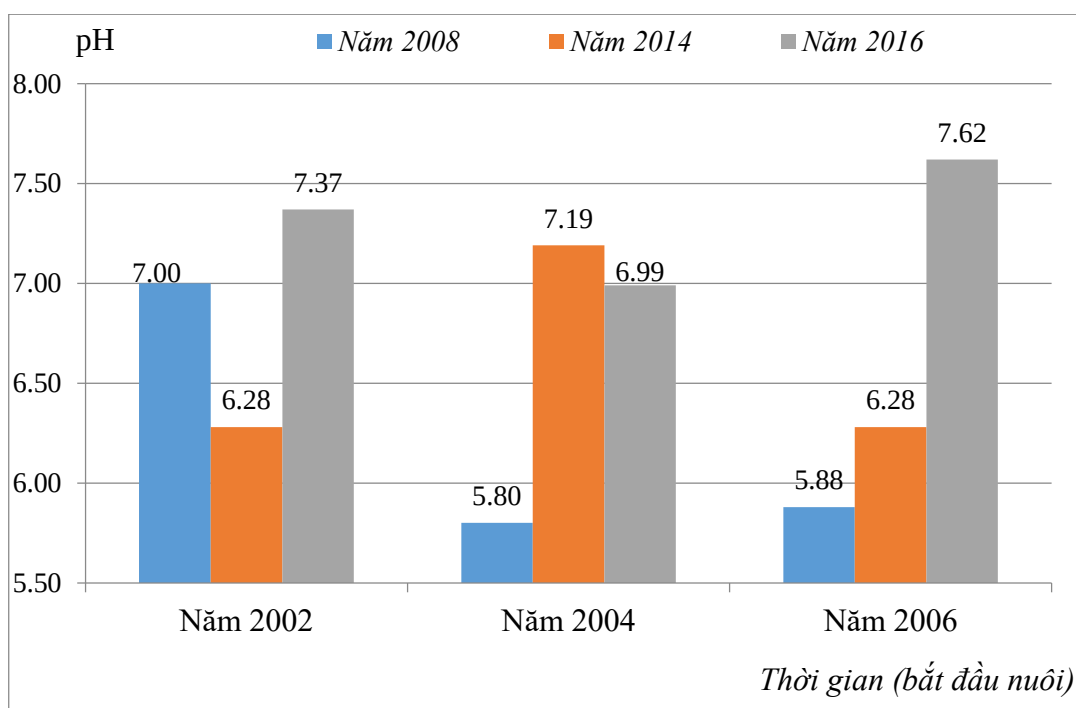
Ngoài đặc điểm về thổ nhưỡng vùng triều tác động đến nền đáy vùng nuôi, đất của ao nuôi tôm tập trung còn chịu nhiều sự tác động của các yếu tố như chất lượng nguồn nước cấp, mưa lũ, sự rửa trôi, thức ăn và các yếu tố đầu vào (chế phẩm sinh học, hóa chất, thuốc thú y...) từ đó, sau một số năm canh tác môi trường nền đất thường tồn dư lượng tạp chất, tiềm ẩn tác nhân gây bệnh, dẫn đến môi trường đất bị suy thoái và tôm nuôi dễ bị nhiễm bệnh hoặc còi, sinh trưởng kém. Thậm chí, nhiều vùng nuôi bị suy thoái nếu không được cải tạo hoặc luân canh đối tượng nuôi khác hoặc trồng rong biển.

Tuy hàng năm sau mỗi vụ nuôi, người nuôi thường tiến hành cải tạo ao nuôi. Cải tạo ao nuôi tôm thường được tiến hành theo các bước: vét bùn, xử lý nền đáy bằng vôi, chlorine hoặc thuốc tím... Quá trình cải tạo khu nuôi thường được thực hiện theo phương thức cải tạo khô (tháo cạn đáy ao, phơi khô và nạo vét lớp đất trên bề mặt khoảng 5-15cm), hoặc cải tạo ướt (với những ao khó tháo cạn nước hoặc ao có độ phèn cao), bằng cách hút, nạo vét lớp bùn bề mặt và dùng một số chế phẩm sinh học, hóa chất để diệt tạp và có thời gian phơi đáy ao. Đây cũng chính là thời gian làm thay đổi một số tính chất của nền đất, đặc biệt đối với các ao có nền đất là đất phèn (đất chua mặn). Chẳng hạn, dưới tác dụng của oxy không khí, phèn tiềm tàng (Fe^{2+}) sẽ chuyển thành phèn hoạt động làm tăng hàm lượng Fe^{3+} làm tăng độ chua phèn của đất. Việc sử dụng hóa chất cũng làm thay đổi thành phần loài, số lượng và chất lượng các loài vi sinh vật trong môi trường nền đáy... Có thể khẳng định nền đáy ao nuôi tôm có tác động lớn đến môi trường của ao nuôi. Không ít vùng nuôi tôm tập trung sau 3,4 năm canh tác nền đáy bị suy thoái, môi trường ô nhiễm, bệnh dịch xuất hiện phải ngừng nuôi tôm.

Để có cơ sở đánh giá chất lượng môi trường đất vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh chúng tôi đã tiến hành thu mẫu quan trắc nền đất ao nuôi tôm ở Tân An, Quảng Yên các năm 2008 [24], 2014 và 2016 với các thông số: pH, N tổng số (Nts), P tổng số (Pts), C hữu cơ tổng số (C-HCts), Fe di động và Nitơ dễ tiêu (Ndt). Kết quả cho thấy:

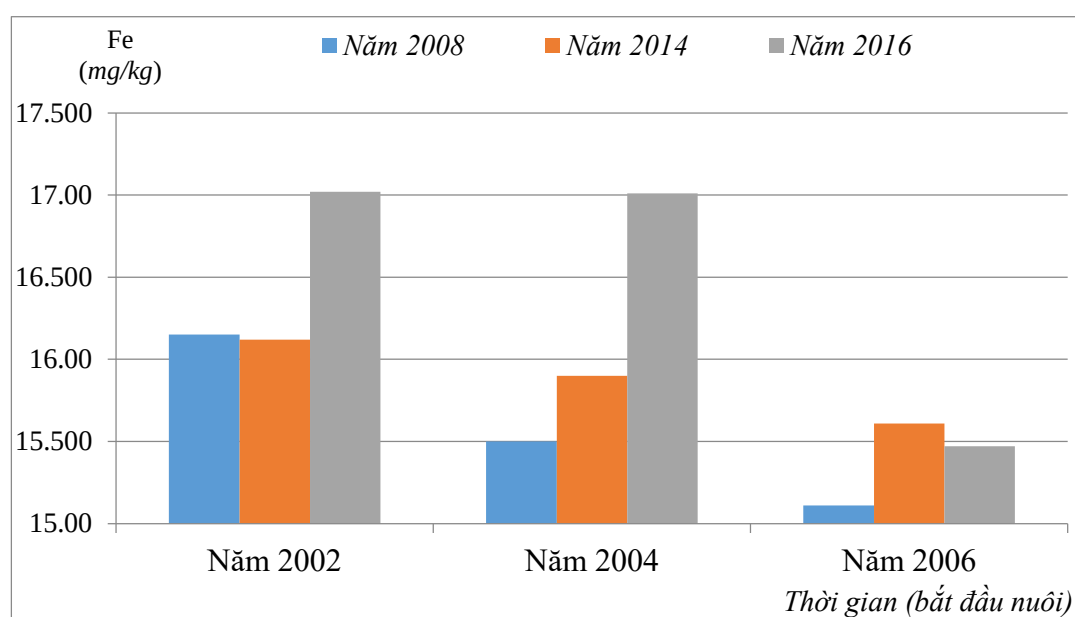
- Giá trị pH ở các ao thu mẫu trong các năm 2008, 2014 và 2016 ít có sự biến

động (4,41 - 7,62); tầng có độ sâu 20-30cm pH thường ở mức cao (6,28 - 7,62) phù hợp với điều kiện sinh thái phát triển của tôm nuôi. Có thể do hàng năm, khi bắt đầu một chu kỳ nuôi mới người dân trong quá trình cải tạo đã có bổ sung một lượng vôi để diệt tạp và tăng pH của nền đáy. pH ở những ao nuôi với những năm canh tác khác nhau (nuôi từ năm 2002, 2004 và 2006) cũng ít có sự biến động theo năm tháng canh tác của hoạt động nuôi tôm. pH ở độ sâu 50 - 60 và 80 - 90 pH dao động từ 4,61 - 5,96, có thể xác định ở độ sâu như trên ít tác động đến môi trường nước ao nuôi tôm (Hình 3.8).



Hình 3.8. Biến động pH trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016

- Fe tại các ao khảo sát dao động từ 15,11 đến 22,33 mg/kg; Fe tầng sâu (50-60 cm, 80-90 cm) ở các ao có thời gian nuôi khác nhau (từ năm 2002, 2004 và 2006) có sự ổn định tương đối và ít có sự chi phối đến môi trường nước trong ao. Tầng mặt (20-30 cm) ít có sự thay đổi (15,11 - 17,02 mg/kg) tạo nên sự ổn định “chua phèn” trong môi trường nước (Hình 3.9).



Hình 3.9. Biến động Fe trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016

Bảng 3.3a. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2008 tại Tân An, Quảng Ninh

Năm thu mẫu Năm nuôi	Thông số					
	pH	Nts	C-HCts	Pts	Fe (di động)	Ndt
Nuôi từ 2002						
20-30 cm	7,00	0,13	2,06	13,95	16,15	3,33
50-60 cm	4,68	0,11	2,15	7,29	17,20	2,98
80-90 cm	5,12	0,09	2,13	6,39	22,80	2,98
Nuôi từ 2004						
20-30 cm	5,80	0,12	2,02	12,80	15,50	2,54
50-60 cm	5,40	0,10	2,01	7,15	16,70	3,33
80-90 cm	5,05	0,08	1,94	6,05	16,26	2,50
Nuôi từ 2006						
20-30 cm	5,88	0,09	1,96	11,15	15,11	2,28
50-60 cm	4,79	0,10	1,93	6,90	15,70	2,15
80-90 cm	4,41	0,07	1,84	6,69	15,50	2,03

**Bảng 3.3b. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2014
tại Tân An, Quảng Ninh**

Năm thu mẫu Năm nuôi	Thông số					
	pH	Nts	C-HCts	Pts	Fe (di động)	Ndt
Nuôi từ 2002						
20-30 cm	6,28	0,29	2,36	26,18	16,12	4,54
50-60 cm	4,65	0,10	2,10	7,23	17,20	2,91
80-90 cm	5,47	0,08	2,11	6,22	17,11	2,78
Nuôi từ 2004						
20-30 cm	7,19	0,23	2,13	19,33	15,90	4,26
50-60 cm	5,52	0,09	1,88	6,70	15,80	3,33
80-90 cm	5,43	0,09	1,84	6,55	15,26	2,20
Nuôi từ 2006						
20-30 cm	6,28	0,22	2,10	17,30	15,61	4,11
50-60 cm	5,44	0,10	1,89	6,70	15,70	2,85
80-90 cm	5,37	0,08	1,74	6,49	17,50	2,33

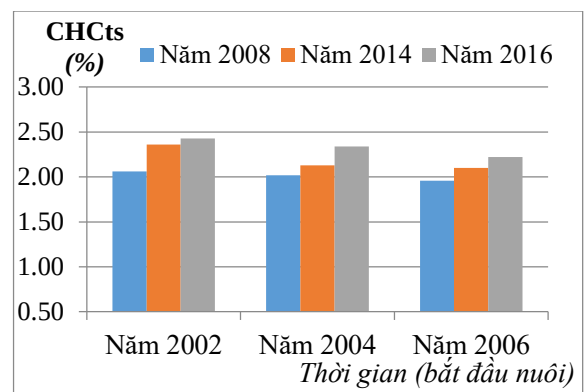
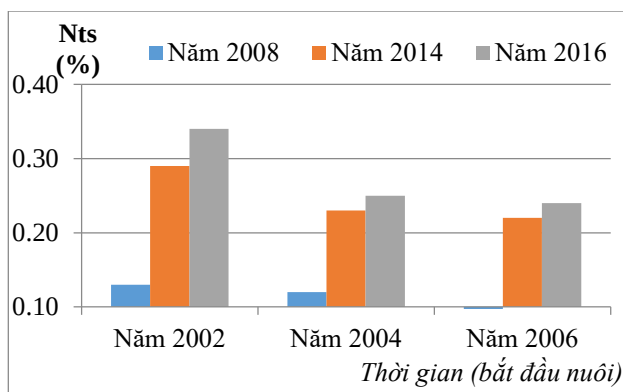
**Bảng 3.3c. Biến động chất lượng các tầng đất trong ao nuôi tôm các năm 2016
tại Tân An, Quảng Ninh**

Năm thu mẫu Năm nuôi	Thông số					
	pH	Nts	C-HCts	Pts	Fe (di động)	Ndt
Nuôi từ 2002						
20-30 cm	7,37	0,34	2,43	29,32	17,02	4,62
50-60 cm	5,96	0,11	2,25	7,19	17,21	2,91
80-90 cm	5,48	0,11	2,10	6,29	22,33	2,82
Nuôi từ 2004						
20-30 cm	6,99	0,25	2,34	23,78	17,01	3,95
50-60 cm	5,90	0,13	2,11	7,12	16,22	3,03
80-90 cm	5,16	0,09	1,97	6,15	16,00	2,56
Nuôi từ 2006						
20-30 cm	7,62	0,24	2,22	22,21	15,47	3,67
50-60 cm	5,90	0,09	1,92	6,89	15,10	2,89
80-90 cm	4,61	0,08	1,86	6,58	15,11	2,43

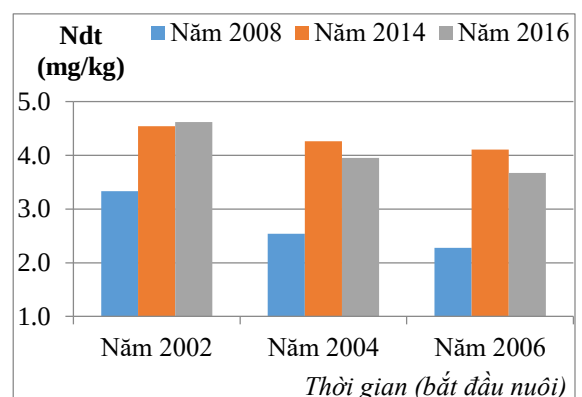
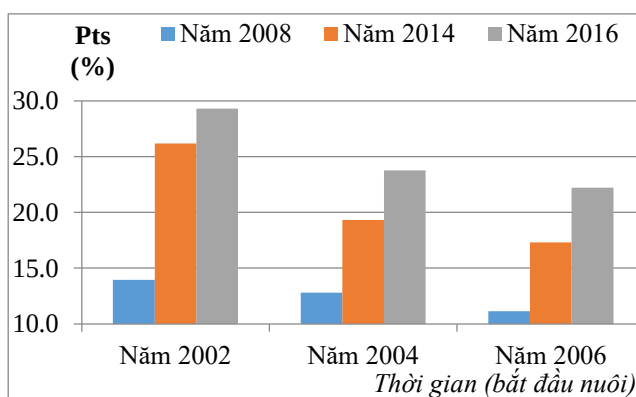
- Từ kết quả Bảng 3.3 b và c cho thấy, hàm lượng Nts, CHCts, Pts và Ndt ở tầng sâu 50 - 60 cm đến 80- 90 cm ít có sự biến động ở các năm 2008, 2014 và 2016

với các ao có nguồn gốc thời gian nuôi khác nhau (bắt đầu nuôi từ năm 2002, 2004 và 2006). Có thể thấy ở lớp đất sâu 50-60 cm, 80-90 cm chủ yếu là các trầm tích hữu cơ, ít có sự tác động trực tiếp đến lớp đất bề mặt khi những ao nuôi được xây dựng dưới dạng ao nổi.

Tuy vậy, kết quả khảo sát đánh giá năm 2008, 2014 và 2016 cho thấy ao có thời gian nuôi tôm càng lâu (năm 2002) thì mức độ ô nhiễm hữu cơ lớn hơn so với những ao nuôi từ năm 2004 và 2006. Hình 3.10, Hình 3.11, Hình 3.12, Hình 3.13 cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ tăng dần từ năm 2008, 2014 và 2016 ở đất tầng mặt (20-30 cm).



Hình 3.10. Biến động N_{ts} trong tầng đất 20 - 30 cm ao nuôi nuôi năm 2008, 2014, 2016 **Hình 3.11. Biến động CHC_{ts} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi năm 2008, 2014, 2016**



Hình 3.12. Biến động P_{ts} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi theo thời gian **Hình 3.13. Biến động N_{dt} trong tầng đất 20-30 cm ao nuôi theo thời gian**

Như vậy, có thể thấy thức ăn dư thừa, sự rửa trôi lắng tụ chất hữu cơ trên bờ và nguồn nước cấp; sự tồn đọng của những sản phẩm cải tạo, xử lý môi trường đã làm cho lớp đất bề mặt 20-30 cm có sự ô nhiễm. Khi lấy nước để nuôi tôm lớp đất bề mặt sẽ tác động trực tiếp đến môi trường ao nuôi (chưa phèn, phú dưỡng chất hữu cơ và tiềm ẩn nhiều tác nhân gây bệnh). Đây cũng là một vấn đề cần có giải pháp khắc phục nếu muốn phát triển nuôi tôm một cách bền vững.

Qua kết quả nghiên cứu biến động chất lượng môi trường nước cấp, nền đất trong ao nuôi tôm tại Quảng Ninh cho thấy chất lượng nguồn nước cấp có dấu hiệu ô nhiễm cục bộ trong đó đã nhận diện được một số thông số chính DO, N-NH_4^+ và P-PO_4^{3-} có tỷ lệ biến động vượt GHCP cao nhất. Đối với chất lượng đất ao nuôi tôm có xu hướng ô nhiễm sau nhiều năm nuôi tôm độc canh đặc biệt ở tầng đất mặt (20-30 cm). Đây cũng có cơ sở để tiếp tục nghiên cứu tổng thể về biến động chất lượng môi trường (nước cấp, nước trong ao, nước thải, bùn thải) ở vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh.

3.1.3. Biến động chất lượng môi trường nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh

3.1.3.1. Biến động chất lượng nguồn nước cấp nuôi tôm tại Tân An

Kết quả nghiên cứu về chất lượng nguồn nước cấp vùng nuôi tôm ở Tân An, Quảng Ninh tại Bảng 3.4 cho thấy:

- *pH* hoặc nồng độ của các ion hydro (H^+) có trong nước ao là thước đo độ axit hoặc kiềm. *pH* trong nước ao thay đổi chủ yếu do ảnh hưởng của khí carbon dioxide và các ion trong trạng thái cân bằng với nó. Trong nuôi trồng thủy sản giá trị cho phép *pH* đối với đời sống của tôm là 6,5 - 8,5 (GHCP). *pH* ảnh hưởng đến sự hình thành các khí gây độc cho tôm (H_2S khi *pH* thấp, NH_3 khi *pH* cao), ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất của sinh vật trong môi trường nước và *pH* thích hợp là điều kiện cho vi khuẩn nitrat hóa tăng trưởng cũng như thuận lợi cho các quá trình sinh lý khác của các sinh vật trong ao. Theo nghiên cứu nhiệt độ càng cao, tôm càng nhạy cảm hơn với sự thay đổi độ *pH*. Khi *pH* biến động sẽ ảnh hưởng tới quá trình sinh lý, sinh hóa trong cơ thể tôm, làm ảnh hưởng các yếu tố khác trong ao như tảo,

khí độc [61].

Kết quả quan trắc nước cấp vùng nuôi tôm Tân An cho thấy, giá trị pH nguồn nước cấp dao động trong khoảng 7,2 - 7,7 không có sự chênh lệch đáng kể và đều nằm trong GHCP.

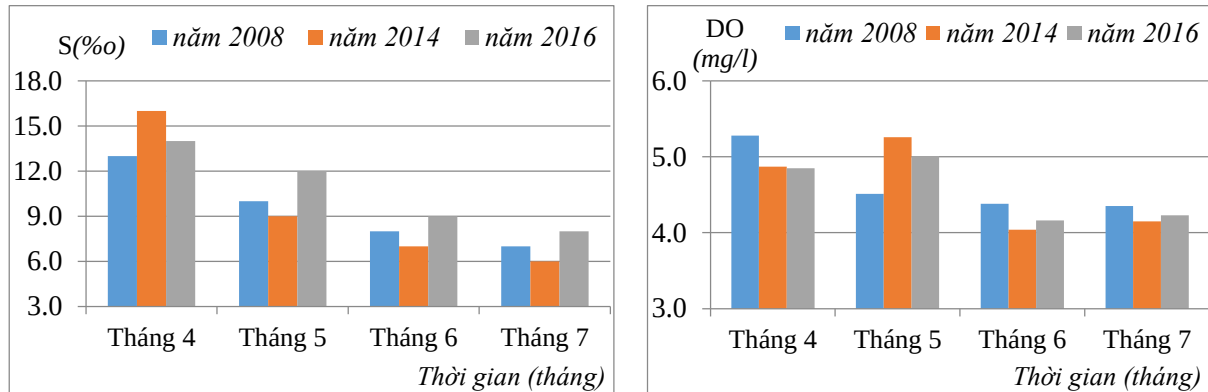
- *Độ mặn (S‰)*, đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của tôm nuôi nhờ điều chỉnh áp suất thẩm thấu của khoáng chất trong nước đối với khoáng chất mặt nước. S‰ thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của tôm là 15 - 25‰. Nếu độ mặn > 30‰ tôm nuôi thường bị bệnh mà đặc biệt là bệnh đốm trắng và đầu vàng. Nếu độ mặn thấp sẽ làm tôm bị còi, mềm vỏ. Trong những giai đoạn đầu đời của tôm, chúng đều đòi hỏi phải có độ mặn cao hơn so với khi trưởng thành. Để có mức độ sinh tồn và phát triển tốt, độ mặn tối ưu nên được duy trì trong ao nuôi tôm.

Nguồn nước cấp ở vùng nuôi tôm Tân An biến động theo mùa, cao vào mùa khô và thấp về mùa mưa. Mùa khô, độ mặn dao động trong khoảng 13 - 16‰; mùa mưa, độ mặn giảm xuống thấp ở mức 8,5 - 9,6‰. Kết quả nghiên cứu còn thể hiện, độ mặn nguồn nước cấp về mùa mưa năm 2016 cao hơn so với 2 giai đoạn trước đó (năm 2008 và 2014), do lượng mưa trung bình của năm 2016 (128,6 mm/năm) thấp hơn so với 2008 (146,3 mm/năm) và 2014 (154,8 mm/năm).

Theo Wanninayaete và các cộng sự (2001) cho thấy độ mặn tối ưu cho sự sinh trưởng và phát triển của tôm là 15- 25‰. Chanratchakool (1995) cho rằng độ mặn cao hơn 30‰ tôm nuôi thường bị bệnh mà đặc biệt là bệnh đốm trắng và đầu vàng; tôm nuôi ở nồng độ mặn thấp thì bệnh ít xảy ra nhưng độ mặn không nhỏ hơn 7‰. Nếu độ mặn thấp hơn sẽ làm tôm bị còi, mềm vỏ tỷ lệ sống thấp, khi tôm đạt trọng lượng từ 10 - 12g thì có thể nuôi ở độ mặn thấp mà ít ảnh hưởng đến sự sinh trưởng [64], [98].

Độ mặn biến động thể hiện rõ theo mùa; vào đầu vụ nuôi (tương ứng với tháng 4) độ mặn dao động trong khoảng 13 - 16‰; trong những cuối vụ nuôi (tương ứng với tháng 6,7) có độ mặn giảm xuống thấp (đối với năm 2014 chỉ đạt 6‰). Biến động độ mặn của nguồn nước cấp theo các năm nghiên cứu thể hiện rõ xu hướng độ mặn cao vào đầu vụ nuôi và giảm dần trong những tháng cuối vụ nuôi (Hình 3.14a).

- DO theo nhiều nghiên cứu cho biết mức DO giảm thấp hơn 3,0 mg/l tác hại xấu lên tôm có thể xảy ra. Cách phù hợp nhất đưa oxy vào nước ao nuôi tôm là khuếch tán oxy từ khí quyển vào nước ao. Tỷ lệ khuếch tán oxy phụ thuộc chủ yếu vào sự thiếu hụt oxy trong nước, lượng nước bề mặt tiếp xúc với không khí và mức độ chuyển động của chúng. Biện pháp phù hợp là thực hiện sục khí trong quá trình nuôi tôm.



a. Độ mặn S‰

b. DO

Hình 3.14. Biến động độ mặn, hàm lượng DO nước cấp năm 2008, 2014, 2016

Kết quả khảo sát cho thấy, trong nguồn nước cấp vùng nuôi tôm giai đoạn 2008, 2014 và 2016 cho thấy 3/12 tháng quan trắc là ở mức cho phép ≥ 5 mg/l, thể hiện rõ xu hướng biến động giá trị DO mùa mưa (4,5 mg/l - 4,8 mg/l) thấp hơn so với mùa khô (4,8 mg/l - 5,2 mg/l).

Hàm lượng O_2 trong nguồn nước cấp trong những tháng cuối vụ nuôi, hàm lượng DO thấp (đối với 2014 hàm lượng DO chỉ đạt 4,04 mg/l). Biến động hàm lượng DO trong nước thể hiện rõ sự suy giảm theo thời gian (Hình 3.14b), giá trị hàm lượng DO trung bình các năm 2008, 2014, 2016 tương ứng là 4,63 mg/l, 4,58 mg/l và 4,56 mg/l đều thấp hơn GHCP.

- *Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)* trong ao nuôi tôm nên duy trì ở mức 30 - 45 NTU. Độ đục của nước liên quan đến số lượng của vật chất lơ lửng trong nước. Trong đó, độ đục gây trở ngại cho sự thâm nhập ánh sáng trong cột nước. Trong nước cấp ao nuôi tôm, độ đục của nước có thể là kết quả của các sinh vật phù du hoặc từ hạt đất sét. Nếu ao nuôi sâu, độ đục trong ao hồ cao có thể gây ra nhiệt độ và oxy hòa tan phân tầng trong ao nuôi tôm. Nếu lượng đất cát đục lơ lửng trong nước cấp có thể gây ra tắc nghẽn mang tôm hoặc gây chấn thương trực tiếp đến các mô của tôm. Sự

xói mòn đất ven bờ gây ra độ đục do trôi rửa đất cát vào nước.

Độ đục trong nguồn nước cấp thay đổi khá rõ, thấp vào mùa khô và tăng dần trong mùa mưa. Biến động độ đục theo thời gian nghiên cứu thể hiện rõ xu hướng tăng dần từ các năm 2008, 2014 và 2016. Nguyên nhân chính làm cho độ đục mùa mưa cao hơn so với khô có thể hàm lượng chất thải rắn cao hoặc huyền phù do nước mưa đổ ra vùng ven biển. Kết quả quan trắc thu được có thể nhận thấy chất lượng nước cấp vùng ven biển Tân An đang có dấu hiệu suy thoái theo thời gian từ 2008 đến 2016.

Bảng 3.4. Biến động một số thông số môi trường nước cấp vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An

Thông số	2008		2014		2016		Khoảng giá trị		QCVN 10-MT/2015/BTNMT
	K	M	K	M	K	M	K	M	
pH	7,5	7,7	7,2	7,6	7,3	7,5	7,2 - 7,5	7,2 - 7,7	6,5 - 8,5
S‰ (ppt)	13	8,5	16	7,5	13,8	9,6	13 - 16	8,5 - 9,6	7 - 25
TSS (NTU)	32	58	39	58	42	57,5	32 - 39	57,5 - 58	
DO (mg/l)	5,2	4,5	4,8	4,8	4,8	4,5	4,8 - 5,2	4,5 - 4,8	≥ 5
COD (mg/l)	21,0	1,6	2,8	21,0	23,0	18,0	2,8 - 2,3	3,6 - 5,1	10 (*)
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,05	0,30	0,08	0,33	0,07	0,40	0,05 -	0,3 - 0,4	0,1
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,06	0,15	0,08	0,12	0,12	0,20	0,06 -	0,12 - 0,2	0,2

Ghi chú: K: Mùa khô (tháng 4,5 của vụ nuôi tôm), M: Mùa mưa (tháng 5,6 của vụ nuôi tôm).

(*) Theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT: Quy chuẩn quốc gia về chất lượng nước mặt.

- COD là lượng oxy cần thiết để chuyển hóa các chất hữu cơ trong nước thành CO₂, COD càng cao thì nước càng giàu các hợp chất hữu cơ làm oxy hòa tan giảm. (COD phù hợp để nuôi tôm < 10 mg/l).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng COD nước cấp nuôi tôm về mùa mưa cao hơn so với mùa khô (Mùa mưa: 3,6 - 5,1 mg/l, mùa khô 2,8 - 2,3 mg/l). Nguyên nhân chủ yếu do các chất ô nhiễm trên bờ bị nước mưa chảy tràn vào nước ao. Kết quả trên cho thấy vẫn ở mức thấp hơn 10mg/l so với QCVN 08-MT: 2015/BTNMT (A1).

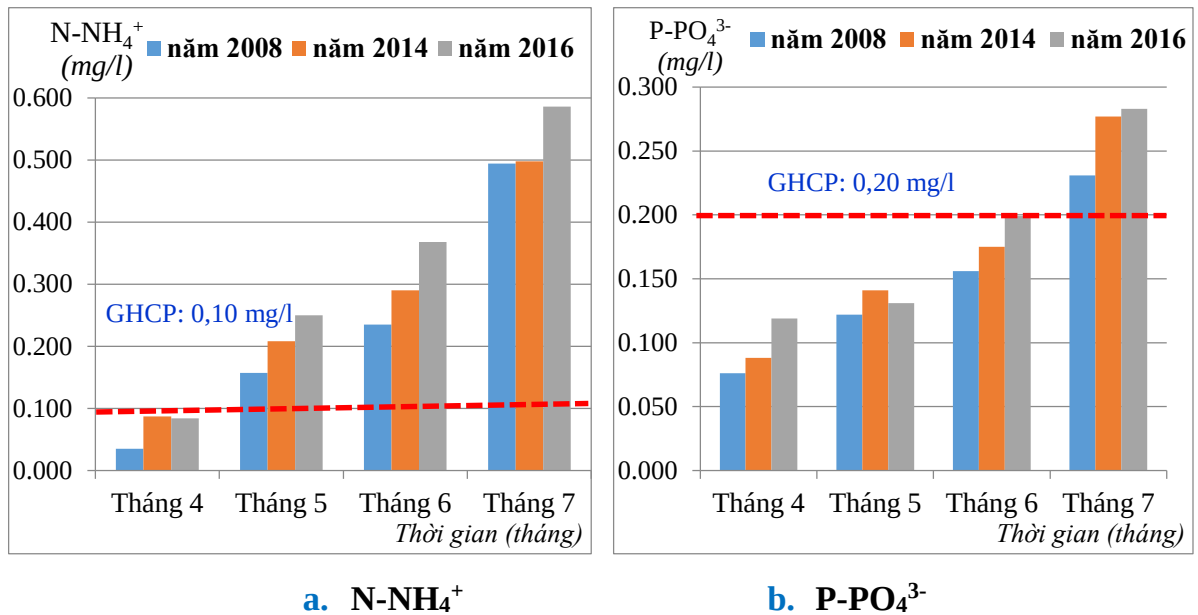
- $N-NH_4^+$ là sản phẩm phân hủy do vi khuẩn từ các chất hữu cơ chứa nitơ có trong chất thải nuôi tôm (thức ăn thừa, chất thải từ tôm nuôi, bùn cặn). Bên cạnh đó giá trị $N-NH_4^+$ trong nguồn nước cấp còn bị ảnh hưởng của nguồn chất thải trên bờ trôi theo nguồn nước thông qua nước mưa chảy tràn.

Hàm lượng $N-NH_4^+$ trong nguồn nước cấp ở Tân An qua các đợt quan trắc về mùa mưa đều cao hơn từ 2,9 đến 4,6 lần GHCP. Kết quả nghiên cứu còn thể hiện rõ có sự biến động lớn về giá trị $N-NH_4^+$ giữa mùa khô, mùa mưa và giữa các năm, cụ thể $N-NH_4^+$ mùa khô ở mức thấp, dao động trong khoảng 0,05 đến 0,08 mg/l, trong khi đó mùa mưa tăng ở mức từ 0,3 mg/l đến 0,4 mg/l.

Hàm lượng $N-NH_4^+$ trong nguồn nước cấp trong mùa vụ nuôi thường dao động trong khoảng rộng 0,035 - 0,475mg/l; những tháng cuối vụ nuôi, hàm lượng $N-NH_4^+$ cao vượt mức GHCP từ 2,9 - 4,6 lần và có xu hướng tăng thể hiện rõ sự ảnh hưởng của nguồn chất thải lục địa tác động đến nguồn nước ven bờ, nguồn nước cấp cho các khu vực nuôi tôm ven biển thể hiện tại Hình 3.15a.

$P-PO_4^{3-}$ trong nguồn nước cấp dao động trong khoảng 0,076 - 0,283 mg/l; theo thời gian trong năm, hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ tăng mạnh vào các tháng cuối vụ nuôi; biến động hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ trong thời gian nghiên cứu thể hiện rõ xu hướng tăng dần, năm 2008 hàm lượng PO_4^{3-} trung bình là 0,14 mg/l, năm 2016 đạt 0,183 mg/l. So sánh với vào cuối vụ nuôi các năm nghiên cứu đều ghi nhận hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ vượt GHCP (0,2 mg/l) từ 1,01 - 1,42 lần (Hình 3.15b).

$P-PO_4^{3-}$ là yếu tố dinh dưỡng ảnh hưởng đến mật độ tảo của ao nuôi gây nên biến động pH môi trường nước. Hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ trong nguồn nước cấp dao động trong khoảng 0,06 mg/l - 0,12 mg/l, tăng vào các tháng mùa mưa, dao động trong khoảng từ 0,12 mg/l đến 0,2 mg/l. Sự biến động hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ thể hiện rõ xu hướng tăng dần kể cả các tháng mùa khô năm 2008 $P-PO_4^{3-}$ trung bình là 0,06 mg/l, năm 2016 ở mức 0,12 mg/l.



Hình 3.15. Biến động hàm lượng N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ của nguồn nước cấp theo vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016

Hàm lượng P-PO₄³⁻ trong nguồn nước cấp theo thời gian nghiên cứu dao động trong khoảng 0,076 - 0,283 mg/l; theo thời gian trong năm, hàm lượng P-PO₄³⁻ tăng mạnh vào các tháng cuối vụ nuôi; biến động hàm lượng P-PO₄³⁻ trong thời gian nghiên cứu thể hiện rõ xu hướng tăng dần, năm 2008 hàm lượng P-PO₄³⁻ trung bình là 0,14 mg/l, năm 2016 đạt 0,183 mg/l. Vào cuối vụ nuôi các năm 2008, 2014 và 2016 thì hàm lượng P-PO₄³⁻ vượt GHCP (0,2 mg/l) từ 1,01 - 1,42 lần (Hình 3.15b).

Như vậy, kết quả quan trắc môi trường nước cấp thông qua 7 thông số pH, độ mặn, TSS, DO, COD, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ trong 3 vụ nuôi tôm vào các năm 2008, 2014 và 2016 nhận thấy chất lượng nguồn nước cấp có xu hướng suy giảm vượt GHCP theo mùa, thời gian các năm nuôi và theo thời gian trong vụ nuôi. Thể hiện rõ ở các thông số được quan trắc là TSS, DO, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻.

Bảng 3.5. Giá trị cực trị của một số thông số môi trường của nguồn nước cấp trong 3 vụ nuôi tôm theo các năm 2008, 2014, 2016

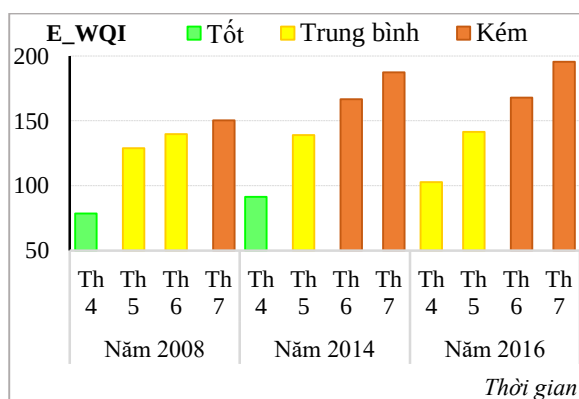
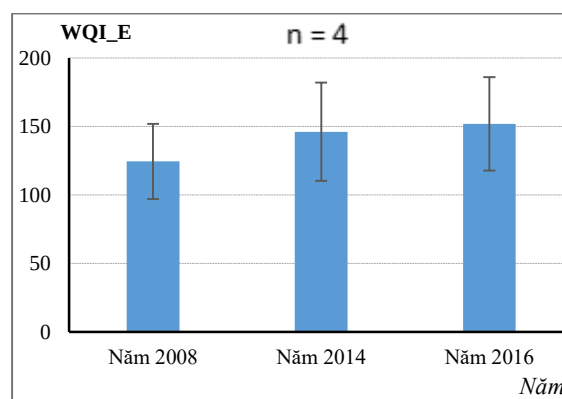
Thông số	Giá trị\Thời gian	Năm 2008	Năm 2014	Năm 2016
Độ mặn (‰)	NN	7	6	8
	LN	13	16	14
	TB	9,5 ± 2,6	9,5 ± 4,5	10,8 ± 2,8
DO (mg/l)	NN	4,35	4,04	4,16
	LN	5,28	5,26	5,01
	TB	4,63 ± 0,4	4,58 ± 0,6	4,56 ± 0,4
N-NH₄⁺ (mg/l)	NN	0,035	0,087	0,084
	LN	0,494	0,498	0,586
	TB	0,230 ± 0,19	0,271 ± 0,17	0,322 ± 0,21
P-PO₄³⁻ (mg/l)	NN	0,076	0,088	0,119
	LN	0,231	0,277	0,283
	TB	0,146 ± 0,07	0,170 ± 0,08	0,183 ± 0,08

Ghi chú: NN: Giá trị nhỏ nhất, LN: Giá trị lớn nhất và TB: giá trị trung bình

Để kiểm soát chất lượng nguồn nước cấp, thông qua kết quả tính toán mức độ ô nhiễm chất lượng nước cấp cho các ao nuôi tôm ở Tân An dựa vào phương pháp xác định chỉ số chất lượng nước WQI theo phương pháp Entropy để đánh giá chất lượng nước cấp cho một số vùng nuôi tôm ở tỉnh Quảng Ninh có kết quả tại Bảng 3.6 và Hình 3.16 như sau:

Bảng 3.6. Kết quả đánh giá chất lượng nước cấp ở Tân An, Quảng Ninh

Năm	Tháng	E-WQI	Đánh giá chất lượng nước
2008	4	78,6	Tốt
	5	128,9	Trung bình
	6	139,9	Trung bình
	7	150,3	Kém
2014	4	91,5	Tốt
	5	139,0	Trung bình
	6	166,6	Kém
	7	187,4	Kém
2016	4	102,7	Trung bình
	5	141,5	Trung bình
	6	167,8	Kém
	7	195,5	Kém

**a.WQI_E theo các tháng****b. WQI_E theo năm****Hình 3.16. Chỉ số chất lượng nước cấp vùng nuôi tôm ở Tân An, Quảng Ninh**

Như vậy, môi trường nước cấp nuôi tôm tại Tân An thể hiện rõ sự gia tăng ô nhiễm trong những tháng mùa mưa và tăng dần theo thời gian nghiên cứu các năm 2008, 2014 và 2016.

3.1.3.2. Biến động chất lượng nước trong ao nuôi tôm tại Tân An

- *Nhiệt độ*, kết quả quan trắc nhiệt độ nước trong ao nuôi tôm các năm 2008, 2014 và 2016 cho thấy có sự khác nhau rõ rệt về nhiệt độ nước trong ao nuôi tôm giữa mùa khô và mùa mưa, cụ thể là: Nhiệt độ nước ao nuôi tôm về mùa khô dao động trong khoảng 22,5 - 28°C, trong khi đó về mùa mưa là 35 - 38 °C. Như vậy về mùa mưa nhiệt độ nước ao nuôi tôm đã ở mức không phù hợp nuôi tôm (>33°C) (theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT về cơ sở nuôi tôm nước lợ). Trường hợp nhiệt độ tăng không những gây sốc cho tôm mà còn có nguy cơ gây ra các tác động bất lợi kéo theo cho đời sống của tôm như: thay đổi lượng DO, thay đổi quá trình quang hợp, thay đổi chất lượng nướcĐối với những ao sâu (thông thường quá 2m) sự thay đổi nhiệt độ theo mùa gây ra lớp nước trên nóng, dưới sâu lạnh và ngược lại vào mùa đông.

- *pH*, trong ao nuôi tôm thường dao động không lớn. Giá trị pH cao sẽ làm tăng tính độc của H₂S, tăng khả năng hòa tan của kim loại nặng vào nước, ngược lại pH thấp sẽ làm tăng tính độc của khí NH₃.

Kết quả quan trắc pH nước ao nuôi tôm Tân An các năm 2008, 2014 và 2016 cho thấy giá trị pH nguồn nước cấp dao động trong khoảng 7,5 - 7,8. Tất cả các giá trị pH cả mùa mưa và khô không có sự chênh lệch đáng kể và đều nằm trong GHCP theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT (7 - 9) (Bảng 3.7).

Nhận định về kết quả pH trong ao nuôi tôm trong nghiên cứu của luận án không trùng hợp với nghiên cứu của Nguyễn Mỹ Hoa, Tạ Văn Phương và Phan Thanh Bằng, 2010, trường Đại học Cần Thơ khi nghiên cứu về biến động nước nuôi tôm ở Hậu Giang. Các tác giả đã đưa ra nhận định là pH nước ao nuôi về mùa mưa giảm so với mùa khô do sự rửa trôi các ion gây chua từ bờ ao đã làm cho pH biến động lớn và giảm thấp. Nguyên nhân có sự sai khác khả năng phụ thuộc vào yếu tố lượng bón vôi và tính chất đất. Tính chất đất ở ao nuôi ở Hậu Giang là đất nhiễm phèn, nước nuôi tôm luôn ở mức pH < 7 (biến động từ 6-7) [13].

Bảng 3.7. Biến động một số thông số môi trường nước trong ao nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh năm 2008, 2014, 2016

Thông số	2008		2014		2016		Khoảng giá trị		QCVN 02-19:2014/BNNPTNT
	K	M	K	M	K	M	K	M	
T ^o nước	22,5	35,5	28	36,5	25,5	38	22,5 - 28	35 - 38	18 - 33
pH	7,5	7,8	7,9	7,7	7,7	7,7	7,5 - 7,7	7,7 - 7,8	7- 9
S (‰)	15,5	10,7	13,8	9,6	15,5	10,8	13,8 - 15,5	10,7 - 13,8	5 - 35
DO (mg/l)	4,5	4,1	5,0	4,2	4,8	5,1	4,5 - 5	4,1 - 5,1	≥ 3,5
COD (mg/l)	16,0	23,0	12,5	16,1	10,0	14,0	10 - 16	14 - 23	< 20
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,19	0,58	0,17	0,52	0,15	0,52	0,15 - 0,19	0,52 - 0,58	0,1
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,15	0,18	0,19	0,24	0,22	0,23	0,15 - 0,22	0,18 - 0,24	0,2
H ₂ S	0,010	0,015	0,011	0,022	0,020	0,016	0,01 - 0,02	0,015 - 0,02	< 0,05

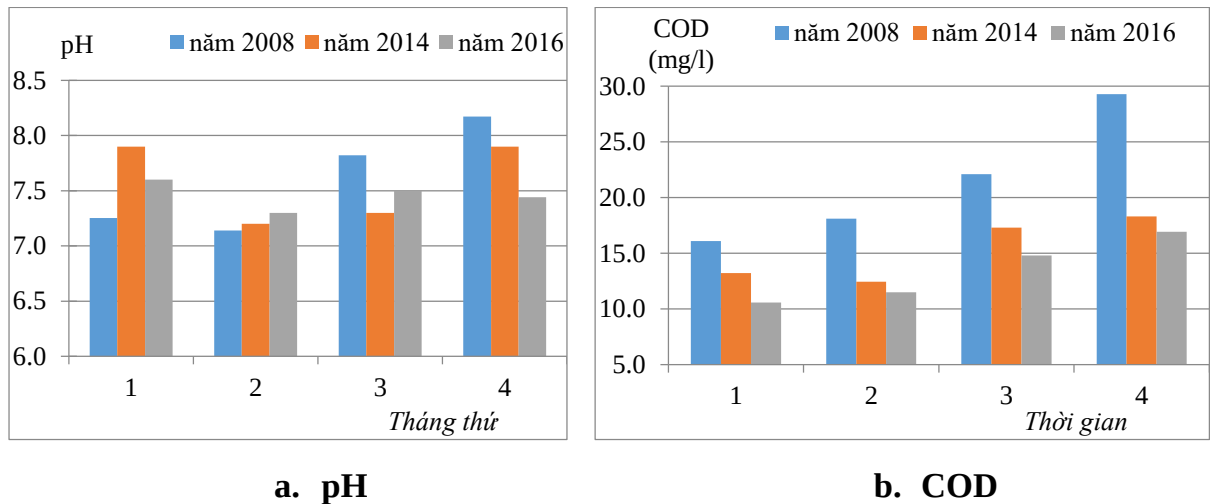
Ghi chú: K: Mùa khô (tháng 4,5 của vụ nuôi tôm), M: Mùa mưa (tháng 6,7 của vụ nuôi tôm). Mỗi tháng lấy 3 mẫu/tháng, khoảng giá trị trong mùa khô được tính với số $n = 18$, mùa mưa $n = 18$ theo năm 2008, 2014, 2016.

Đối với giá trị pH trong nước ao nuôi tôm theo thời gian vụ nuôi cho thấy dao động trong khoảng 7,1 - 8,2; Biến động pH theo thời gian nghiên cứu từ đầu đến cuối vụ nuôi là không nhiều (0,3 - 1,1), giá trị pH trong nước ao nuôi ổn định trong khoảng 7,5 - 7,6 được thể hiện tại Hình 3.15a và nằm trong GHCP theo QCVN 02 - 19: 2014/BNNT (7,0 - 9,0) thể hiện ở Hình 3.17a.

Một số nghiên cứu đưa ra quan điểm về pH cho đời sống của tôm tại các vùng nuôi khác nhau như tác giả Nguyễn Phú Hòa (2012) đưa ra nhận định là tôm sinh sống trong vùng nước lợ, chịu được khoảng pH ở mức rộng hơn tôm nước ngọt do mức pha loãng giữa nước ngọt và nước mặn biến động mạnh. Khoảng pH tối ưu của tôm nước lợ là 4,8 - 10,6 [14].

- COD, trong nước ao theo chu kỳ nuôi tôm thể hiện rõ sự gia tăng; trong đầu vụ nuôi hàm lượng COD dao động trong khoảng 10,6 - 16,1 mg/l, những tháng tiếp theo, quá trình tích lũy chất ô nhiễm dẫn đến hàm lượng COD trong ao nuôi tăng

dần, đến cuối vụ nuôi, ghi nhận hàm lượng COD tăng và dao động trong khoảng 16,9 - 29,3 mg/l được thể hiện ở Hình 3.17b.



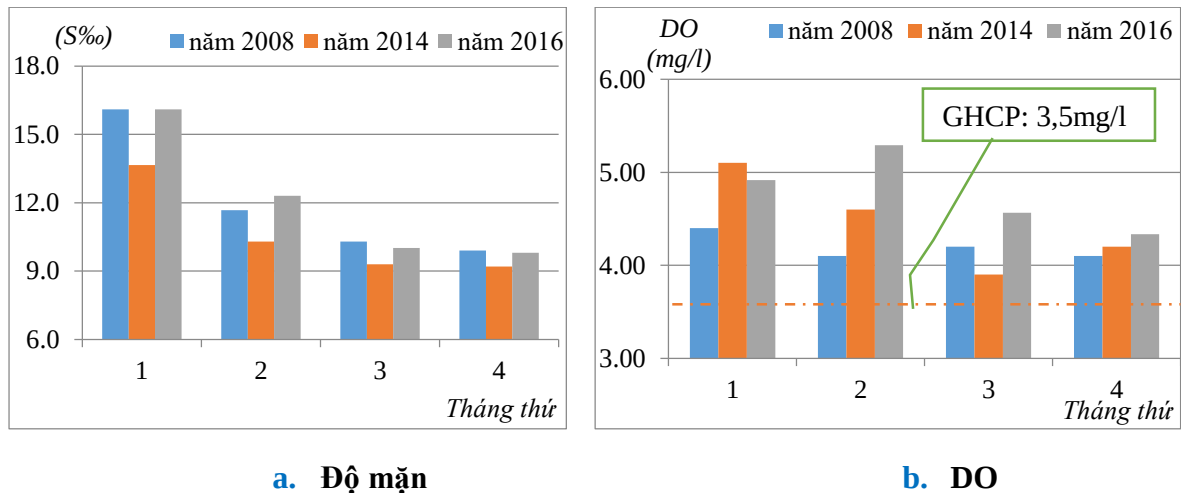
Hình 3.17. Biến động giá trị pH, COD nước trong ao tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016

- *Độ mặn (‰)*, trong ao nuôi của vùng nuôi tôm các năm nghiên cứu thể hiện rõ biến động theo mùa với xu hướng cao vào mùa khô và giảm về mùa mưa cụ thể vào mùa khô, độ mặn dao động trong khoảng 13,8 - 15,5‰; trong mùa mưa, độ mặn giảm xuống thấp ở mức 10,7 - 13,8‰. Nguyên nhân do mùa mưa nên lượng hơi nước mất đi ít hơn so với lượng nước mưa đổ vào làm cho nồng độ muối loãng dần. Độ mặn các năm 2008 2014 và 2016 trong ao nuôi không có sự chênh lệch nhiều trong các thời điểm khác nhau của mùa mưa và mùa khô. Kết quả cụ thể tại Bảng 3.7 và Hình 3.18.

Đối với độ mặn ‰ trong ao nuôi tôm theo thời gian vụ nuôi cho thấy biến động khá rõ theo vụ nuôi, cụ thể là đầu vụ nuôi độ mặn của nước ao nuôi trong 3 vụ nuôi dao động trong khoảng 9,9 - 16,1‰; cuối vụ nuôi, độ mặn giảm xuống thấp (năm 2016 độ mặn chỉ đạt 9,6‰) (Hình 3.16a). Độ mặn cả vụ nuôi đều trong GHCP theo QCVN 02 - 19: 2014/BNNPTNT (5 - 33‰).

So sánh kết quả nghiên cứu của luận án với một số kết quả nghiên cứu khác ở Việt Nam đã thực hiện trong đó có nghiên cứu của Nguyễn Đình Trung năm 2012 đều thống nhất đưa ra nhận định về ảnh hưởng và độ mặn tối ưu cho tôm. Cụ thể độ

mặn thay đổi vượt ra ngoài thích ứng của tôm đều gây ra các phản ứng sốc của cơ thể làm giảm khả năng kháng bệnh của tôm nuôi. Trong nghiên cứu của tác giả Nguyễn Đình Trung còn đưa ra nhận định cụ thể là độ mặn tối ưu cho tôm là 18 - 25‰ [45].



Hình 3.18. Biến động độ mặn, hàm lượng DO nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016

- DO, là yếu tố quan trọng trong việc duy trì chất lượng môi trường ao nuôi và sự sống của tôm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự thay đổi hàm lượng DO trong nước nuôi tôm không lớn: Về mùa khô từ 4,5 mg/l đến 5 mg/l, về mùa mưa từ 4,1 mg/l đến 5,1 mg/l (Bảng 3.7). Nguyên nhân chủ yếu do quạt nước thường xuyên vận hành. Tuy nhiên, thông qua kết quả nghiên cứu còn thể hiện rõ lượng DO đều < 5 mg/l. Điều này đồng nghĩa DO không thuận lợi cho phát triển của tôm. Do vậy, cần có biện pháp kiểm soát để lượng DO tăng hơn vì theo các chủ nuôi tôm thì khi hàm lượng DO dao động 2 - 3 mg/l tôm lớn chậm và nhỏ hơn 2 mg/l bắt đầu tôm có hiện tượng ngạt hoặc chết.

Sự suy giảm chất lượng nước trong ao còn ảnh hưởng nền đất ao nuôi tôm và hình thành tác nhân gây bệnh và sản sinh ra một số loại khí độc. Nhiều nghiên cứu đã nhận định nếu hàm lượng Oxy < 2mg/l tôm chết ngạt. Thực tế cho thấy, một số nghiên cứu cũng đồng thuận với nhận định trên của nghiên cứu như DO trong nước lý tưởng cho ao nuôi tôm sú là trên 5 mg/l và không vượt quá 15 mg/l. [104].

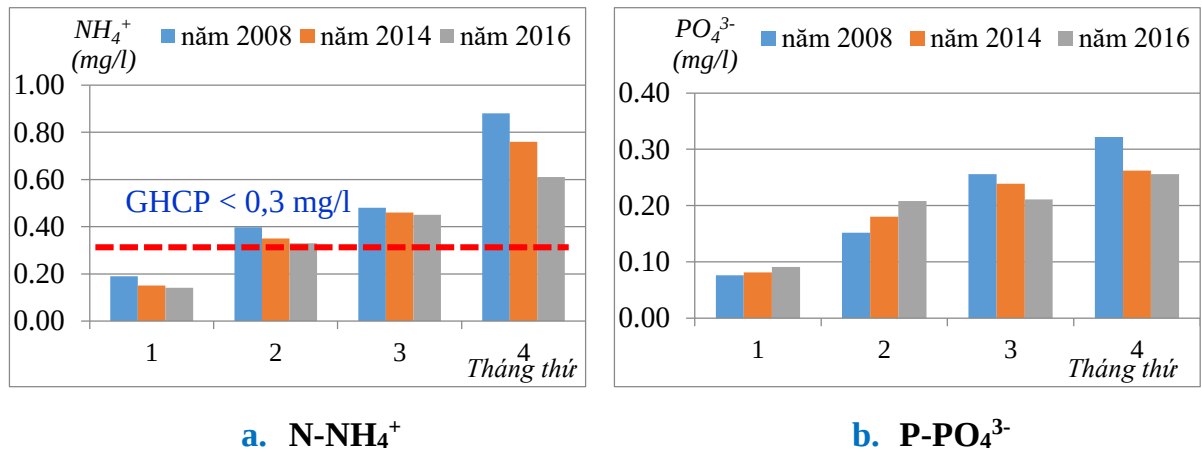
Kết quả nghiên cứu của luận án phù hợp với nhận định của Lê Thị Vinh đã đưa ra nhận định: Chất lượng môi trường nước tại các đầm thay đổi theo mùa rõ rệt. Nhìn chung chất lượng nước vào mùa khô thường tốt hơn so với mùa mưa. Chất lượng nước tại đầm nuôi đều có các thông số DO, TSS, Amoniac, nitrate, phosphate không nằm trong GHCP nước nuôi trồng thủy sản và bảo tồn thủy sinh [51].

Khi nồng độ DO giảm thấp, làm nước xuất hiện những độc tố NO_2^- , H_2S , Fe_2^+ ,... là tác nhân gây bệnh cho tôm. Kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy ở thời điểm đầu vụ nuôi hàm lượng DO dao động trong khoảng 4,4 - 5,1 mg/l (vụ nuôi 2014 DO trong nước thấp nhất ở mức 3,9 mg/l); hàm lượng DO vào cuối vụ nuôi giảm hơn so với đầu vụ. Theo thời gian nghiên cứu biến động hàm lượng DO trong nước ao nuôi thể hiện rõ xu hướng giảm vào cuối mỗi vụ nuôi (Hình 3.18b). DO trong nhiều thời điểm nuôi không đạt GHCP theo QCVN 02 - 19: 2014/BNNPTNT ($\geq 3,5$ mg/l).

Nguyễn Phú Hòa (2012) cũng đưa ra nhận định là khoảng DO thích hợp cho ao nuôi tôm thẻ chân trắng là 3 - 4 mg/l [14], với kết quả nghiên cứu của luận án cao hơn so với kết quả này và QCVN 02-19/2014/BNNPTNT.

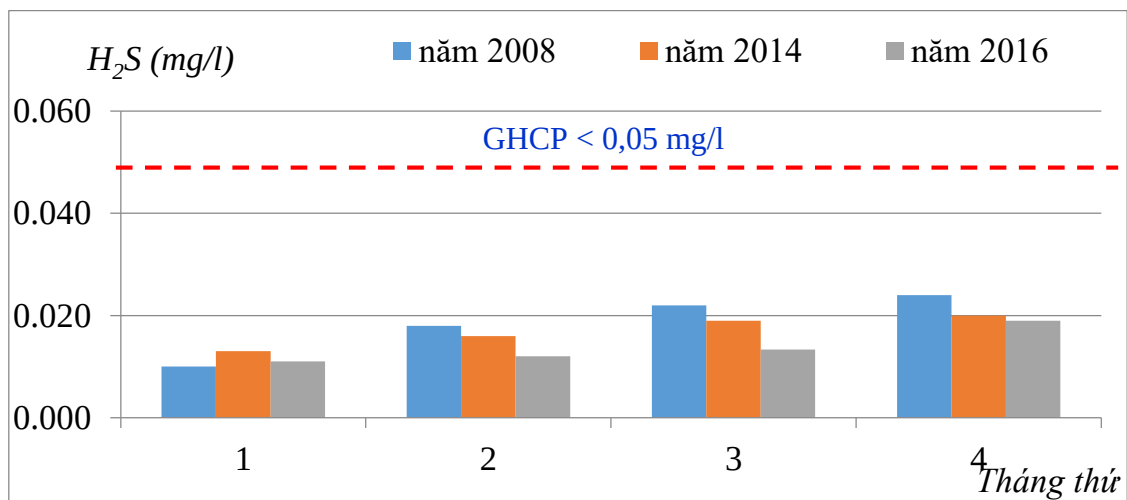
- *Hàm lượng N-NH_4^+* trong nước ao nuôi đầu vụ dao động trong khoảng 0,141 - 0,19 mg/l; trong quá trình nuôi hàm lượng N-NH_4^+ trong nước ao nuôi có xu hướng tăng mạnh cho đến cuối vụ nuôi (0,32 - 0,88 mg/l) vượt GHCP ($< 0,3$ mg/l) theo QCVN 02 - 19: 2014/BNNPTNT (Hình 3.19a)

- *Hàm lượng PO_4^{3-}* trong nước ao nuôi vào đầu vụ nuôi dao động trong khoảng 0,076 - 0,091 mg/l; theo thời gian trong vụ nuôi, hàm lượng P-PO_4^{3-} biến động khá mạnh trong chu kỳ nuôi và ghi nhận hàm lượng P-PO_4^{3-} cao nhất vào tháng nuôi thứ 4 năm 2008 đạt 0,322mg/l. Biến động hàm lượng P-PO_4^{3-} trong nước ao nuôi theo thời gian nghiên cứu các năm 2008, 2014 và 2016 thể hiện rõ xu hướng hàm lượng P-PO_4^{3-} gia tăng và được thể hiện trong Hình 3.19b.



Hình 3.19. Biến động N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016

- Hàm lượng H₂S trong nước ao nuôi biến động mạnh theo thời gian trong chu kỳ nuôi; hàm lượng H₂S thấp nhất là 0,010 mg/l, cao nhất đạt 0,024 mg/l. Trong chu kỳ nuôi theo các năm đều ghi nhận hàm lượng H₂S thấp hơn GHCP (<0,05 mg/l)



Hình 3.20. Biến động hàm lượng H₂S nước trong ao nuôi tôm tại Tân An năm 2008, 2014, 2016

theo QCVN 02 - 19: 2014/BNNPTNT. Theo các năm nghiên cứu, biến động H₂S trong nước ao nuôi thể hiện rõ xu thế hàm lượng H₂S gia tăng từ đầu vụ cho giữa đến cuối vụ nuôi, hàm lượng H₂S trung bình dao động trong khoảng 0,019 - 0,024 mg/l. Hàm lượng H₂S theo các tháng trong chu kỳ nuôi các năm nghiên cứu được thể hiện trong Hình 3.20.

Bảng 3.8. Giá trị cực trị một số thông số môi trường nước trong ao nuôi tôm trong 3 vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016

Thông số	Giá trị/Thời gian	2008	2014	2016
Độ mặn (‰)	NN	9,9	9,2	9,8
	LN	16,1	13,7	16,1
	TB	12,0 ± 2,8	10,6 ± 2,1	12,1 ± 2,9
DO (mg/l)	NN	4,1	3,9	4,3
	LN	4,4	5,1	5,3
	TB	4,2 ± 0,1	4,5 ± 0,5	4,8 ± 0,4
pH	NN	7,1	7,2	7,3
	LN	8,2	7,9	7,6
COD (mg/l)	NN	16,1	12,5	10,6
	LN	29,3	18,3	16,9
	TB	21,4 ± 5,8	15,3 ± 2,9	13,4 ± 3,0
N-NH₄⁺ (mg/l)	NN	0,190	0,150	0,141
	LN	0,880	0,760	0,610
	TB	0,487 ± 0,28	0,430 ± 0,25	0,383 ± 0,19
P-PO₄³⁻ (mg/l)	NN	0,076	0,081	0,091
	LN	0,322	0,262	0,256
	TB	0,202 ± 0,11	0,191 ± 0,08	0,192 ± 0,07
H₂S (mg/l)	NN	0,010	0,013	0,011
	LN	0,024	0,020	0,019
	TB	0,019 ± 0,006	0,017 ± 0,003	0,014 ± 0,004

Ghi chú: NN: Giá trị nhỏ nhất, LN: Giá trị lớn nhất và TB: giá trị trung bình

Nguyên nhân các thông số COD, N-NH₄⁺, H₂S có xu hướng tăng về cuối vụ nuôi do sự tích lũy chất hữu cơ trong ao. So sánh kết quả nghiên cứu của luận án với

các kết quả nghiên cứu đã thực hiện ở Việt Nam cho thấy các kết quả nghiên cứu nêu trên đồng nhất với nhận định nghiên cứu của nhóm tác giả Phạm Thị Tuyết Ngân và Trương Quốc Phú [30] với kết quả là các yếu tố thủy hóa DO, các hợp chất nitơ, H_2S tăng dần về cuối vụ nuôi. Kết quả quan trắc của nghiên cứu này đưa ra nhận định cụ thể là ngoại trừ H_2S là cao hơn, các thông số còn lại vẫn trong GHCP.

Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả trên so với kết quả nghiên cứu của luận án có một số yếu tố khác biệt như sau:

- Nghiên cứu của nhóm tác giả trên không thực hiện các thông số pH, độ mặn, COD, PO_4^{3-} nên thiếu nhận định so sánh với kết quả nghiên cứu của luận án [30].
- So với kết quả phân tích từ năm 2015 - 2019 của Tổng cục Thủy sản với kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy phù hợp cụ thể nước trong các ao nuôi tôm có tỷ lệ vượt ngưỡng cao trong đó COD (37,2%), $N-NH_4^+$ (13,2%), H_2S (8,3%).

3.1.3.3. Nước thải ao nuôi tôm tại Tân An

Nước thải ao nuôi tôm phát sinh gồm nước thải xả đáy ao, nước xả ao cuối vụ thu hoạch và nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi. Sau đây là kết quả quan trắc và đánh giá sự biến động tính chất nước thải nêu trên tại vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An các năm 2008, 2014 và 2016:

➤ Nước thải xả đáy ao

Thông thường, sau khoảng 2-3 tháng thả tôm nuôi, khi đáy ao tích tụ nhiều chất thải sẽ tiến hành xả nước thải xi phông đáy ao. Thải lượng hàng ngày thông thường chiếm khoảng 10 – 20 % tổng lượng nước ao nuôi. Nguồn nước thải từ các ao nuôi có khả năng gây ô nhiễm cho vùng nước xung quanh bởi các chất gây đục, chất hữu cơ và chất dinh dưỡng. Kết quả nghiên cứu của luận án khu vực nuôi tôm tập trung tại Tân An cho thấy nước thải có hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS) từ 12 mg/l đầu vụ đến 70 mg/l cuối vụ nuôi, tương tự các chất hữu cơ cao BOD_5 từ 7 mg/l đến 35 mg/l, COD từ 13 mg/l đến - 50 mg/l, $N-NH_4^+$ từ 0,2 mg/l đến 1 mg/l thể hiện tại Bảng 3.9.

Bảng 3.9. Đặc điểm một số thông số môi trường nước thải đáy ao theo chu kỳ nuôi tôm trong đầu vụ và cuối vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014, 2016

Thời gian Thông số	Năm 2008			Năm 2014			Năm 2016		
	Đầu vụ	Cuối vụ	TB	Đầu vụ	Cuối vụ	TB	Đầu vụ	Cuối vụ	TB
TSS	15	70	42,5	12	66	39,0	13	56	34,5
BOD ₅	17	35	26,0	10	33	21,5	7	29	18
COD	23	50	36,5	15	48	31,5	13	44	28,5
N-NH ₄ ⁺	0,4	1,0	0,70	0,3	0,9	0,60	0,2	0,8	0,48

Kết quả nghiên cứu của luận án đồng thuận so với các kết quả nghiên cứu đã thực hiện trước đây ở Việt Nam, trong đó có một số nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu của Trịnh Thị Long (2013) đã đưa ra nhận định là nguồn nước trong các ao nuôi tôm bị ô nhiễm bởi chất hữu cơ, các chất nitơ, photphat và amoni rất cao, đều vượt tiêu chuẩn cho phép (BOD₅ dao động 15,3 - 36 mg/l, amoni từ 0,17 - 5,12 mg/l, photphat từ 0,06 - 0,26 mg/l,...). Các nguồn nước xả thải từ bên ngoài vào hệ thống NTTS, các nguồn xả thải trong nội hệ thống do chính người dân bơm thau rửa nước bẩn, nước chứa mầm bệnh từ các ao nuôi đổ trực tiếp vào hệ thống kênh, quá trình nạo vét bùn thải cũng có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng môi trường nước trong ao nuôi tôm và có thể lan truyền sang vùng nuôi khác [23].

- Nghiên cứu của Lê Mạnh Tân (2006) về nuôi tôm tại Cần Giỏi đã đưa ra nhận định: Nước thải chứa hợp chất Nitơ, Photpho và các chất dinh dưỡng khác, gây nên sự tăng mạnh dinh dưỡng, kèm theo tăng sức sản xuất ban đầu và bùng phát vi khuẩn. Sự có mặt của các hợp chất cacbonic và chất hữu cơ sẽ làm giảm oxy hòa tan và tăng BOD₅, COD, H₂S, NH₃⁺ và CH₄⁻ trong vực nước tự nhiên [35].

➤ *Kết quả nước thải cuối vụ thu hoạch, nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi*

Tính chất nước thải thông qua các thông số TSS, BOD, COD, N-NH₄⁺, tổng Nitơ (Nts) và tổng Photpho (Pts) từ ao nuôi tôm các vụ nuôi 2008, 2014 và 2016 được thể hiện tại Bảng 3.12 cho thấy: cả 2 loại nước thải nuôi tôm đều ô nhiễm ở mức độ cao so với cột B, QCVN 40:2011/BTNMT.

Bảng 3.10. Kết quả nước ao xả thải và nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi tôm

STT	Thông số	Kết quả		QCVN 40:2011/BTNMT (Cột B)
		(1)	(2)	
1	TSS	48,5 - 185	825 - 1225	100
2	BOD	45 - 185	735 - 1250	50
3	COD	65 - 225	975 - 1625	150
4	N-NH ₄ ⁺	5 - 7	18,2 - 45	10
5	Tổng Nito (N _{ts})	10 - 18,2	45 - 60,5	40
6	Tổng Photpho (P _{ts})	1 - 5	21 - 35,5	6

Ghi chú: (1) Nước ao xả thải cuối vụ thu hoạch; (2) Nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi hồ cuối vụ nuôi.

Như vậy, tính chất 3 loại nước thải trên đều ô nhiễm do chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học: Giá trị tỷ lệ BOD₅/COD nước đáy ao xả định kỳ đều cao hơn 50%, cụ thể là: Nước ao xả đáy là 76 - 80%, nước ao xả ra cuối vụ nuôi là 69 - 82% và nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi là 75 - 77%.

So sánh với kết quả nghiên cứu với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Hoài Giang, Hoàng Thị Quyên thực hiện tại cơ sở nuôi tôm Nguyễn Xuân Công, xã Vĩnh Thạch, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng Trị đều đưa ra nhận định mức độ ô nhiễm của nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi cao hơn so với mức độ ô nhiễm nước đáy ao xả định kỳ và nước ao xả ra cuối vụ nuôi so với QCVN 40:2011/BTNMT (cột B) [9].

Tuy vậy, vẫn có sự khác biệt giữa 2 nghiên cứu, cụ thể là trong nghiên cứu của Nguyễn Thị Hoài Giang chỉ có thông số TSS là thể hiện rõ mức ô nhiễm nhất, các thông số còn lại (BOD₅, COD, N-NH₄⁺, N_{ts} và P_{ts}) hoặc thể hiện không rõ hoặc giá trị các thông số vẫn ở mức GHCP.

Sự sai khác ở đây là do hình thức nuôi khác nhau: Hộ ở Quảng Trị nuôi tôm kết hợp thả cá rong sụn và sò ở xã Vĩnh Thạch, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng Trị còn có chế độ chăm sóc ao khác nhau như: Việc dọn đáy ao tại hộ nuôi ở Quảng Trị thực hiện rất cẩn thận như theo quy định chung thì sau khi tháo cạn nước trong ao, dọn bùn đáy ao, phơi đáy 10 - 15 ngày, cày xới đáy ao để các khí độc NH₃ và H₂S thoát

ra khỏi đáy ao (như ao nuôi ở Quảng Ninh thực hiện), hộ còn sử dụng chế phẩm vi sinh để xử lý bùn đen ở đáy ao sau khi cày xới để tạo điều kiện thuận lợi cho hệ vi sinh vật phân giải ở đáy ao phát triển.

Qua kết quả nghiên cứu biến động chất lượng nước cấp, nước ao nuôi, nước thải tại vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An năm 2008, 2014 và 2016 có một số nhận định sau:

- Luôn có sự biến động chất lượng nước tại các loại ao nuôi tôm (nước cấp, nước ao nuôi, nước thải). Sự biến động này phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau như: theo mùa (mùa mưa và mùa khô), theo thời gian (năm nuôi), theo thời gian của vụ nuôi (đầu và cuối vụ nuôi).

- Sự biến động chất lượng nước tại tập trung Tân An các năm 2008, 2014 và 2016 cụ thể là:

➤ ***Chất lượng nước cấp nuôi tôm***

Từ bảng tổng kết về sự biến động các thông số thể hiện chất lượng nước vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An các năm 2008, 2014, 2016 cho thấy chất lượng nguồn nước cấp cho vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An trong 3 vụ nuôi tôm các năm 2008, 2014 và 2016 thể hiện xu hướng suy giảm và gia tăng theo thời gian nuôi.

Tại Quảng Ninh các thông số chính như DO, N-NH_4^+ và P-PO_4^{3-} có tỷ lệ biến động cao nhất đã xác định tới mức tương ứng 9%, 50% và 30%. Sự biến động và mức độ ô nhiễm của các thông số về chất lượng nước cấp nuôi tôm nếu vượt GHCP so với QCVN 10:2015/BTNMT dẫn đến việc suy giảm chất lượng nước, từ đó gây ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển tôm nuôi. Lượng các chất dinh dưỡng đối với thủy sinh vật (ở đây là N-NH_4^+ và P-PO_4^{3-}) trong nguồn nước cấp có sự biến động lớn (50% và 30% so với QCVN 10:2015/BTNMT phần nào thể hiện được chất lượng nước cấp chưa qua xử lý sơ bộ thì chưa đạt được hiệu quả xử lý theo quy định.

Tại vùng nuôi tôm tập trung ở Tân An kết quả theo dõi biến động của 7 thông số (pH, độ muối, TSS, DO, COD, hàm lượng N-NH_4^+ và P-PO_4^{3-}) trong 3 vụ nuôi tôm vào các năm 2008, 2014 và 2016 thể hiện chất lượng nước cấp cho vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An cho thấy:

- Giá trị DO thấp không đạt QCVN 02-19/2014/BNNPTNT đối với nguồn nước sử dụng nuôi trồng thủy sản cả 2 mùa khô và mưa.

- Giá trị COD của một số thời điểm cả 2 mùa khô và mưa đã ở mức không đạt QCVN đối với nguồn nước sử dụng nuôi trồng thủy sản.

- Giá trị $N-NH_4^+$ cao, không đạt tiêu chuẩn đối với nguồn nước sử dụng nuôi trồng thủy sản về mùa mưa.

Chất lượng nước cấp cho vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An có sự biến động lớn giữa mùa khô và mùa mưa, trong đó thể hiện rõ nhất là các thông số độ mặn, TSS, $N-NH_4^+$ và $P-PO_4^{3-}$.

➤ *Chất lượng nước trong ao nuôi tôm*

- Kết quả nghiên cứu môi trường nước trong ao nuôi cho thấy trong đầu vụ nuôi, chất lượng môi trường nước tương đối ổn định, những tháng nuôi tiếp theo xu hướng gia tăng chất ô nhiễm trong nước ao nuôi thể hiện rõ. Đồng nghĩa áp lực môi trường nuôi đến đối tượng nuôi là cao nhất.

- Chỉ có thông số COD và DO là có sự biến động vượt GHCP, các thông số còn lại pH, độ mặn, $N-NH_4^+$ và $P-PO_4^{3-}$, H_2S có sự biến động song đều nằm trong GHCP. Phân nào cho thấy mặc dù chất lượng nước cấp một số thông số không đạt GHCP song chất lượng nước ao nuôi đã được kiểm soát và đạt được hiệu quả nhất định ($N-NH_4^+$ không còn vượt GHCP) nhưng đối với thông số COD, DO và $N-NH_4^+$ vượt GHCP cả nước cấp và nước trong ao nuôi tôm.

Nguyên nhân COD và DO trong ao nuôi tăng do trong nước ao nuôi tôm chứa nhiều chất hữu cơ, dẫn đến có nguy cơ thiếu hụt oxy. Do vậy, cần tăng cường việc kiểm soát COD (thông qua việc cho ăn, mật độ nuôi, định kỳ xả nước đáy...) và DO (thông qua việc sục khí, định kỳ xả nước đáy, kiểm soát chặt chẽ DO về ban đêm...) theo đúng quy định.

- Từ kết quả nghiên cứu còn cho thấy có sự biến động lớn giữa nước cấp và nước trong ao nuôi (lấy thông số COD và $N-NH_4^+$ làm ví dụ) như sau:

+ Giá trị COD nước ao nuôi (tương ứng khoảng từ 10 mg/l đến 23 mg/l trong cả vụ nuôi) và cao gấp từ 6,25 đến 8,2 lần so với nước cấp (tương ứng khoảng từ 1,6

mg/l đến 2,8 mg/l trong vụ nuôi).

+ Giá trị N-NH_4^+ nước ao nuôi (tương ứng khoảng từ 0,15 mg/l đến 0,58 mg/l trong cả vụ nuôi) và cao gấp từ 1,45 lần đến 3 lần so với nước cấp (tương ứng khoảng từ 0,05 mg/l đến 0,4 mg/l).

Điều này thể hiện chất lượng nước trong ao nuôi tôm không chỉ chất hữu cơ (COD) tồn dư cao mà còn chất dinh dưỡng (N-NH_4^+) cũng gây ô nhiễm tới môi trường xung quanh nếu nước thải nuôi tôm không được xử lý trước khi xả thải.

➤ *Nước thải vùng nuôi tôm*

- Kết quả nghiên cứu của luận án khu vực nuôi tôm tập trung tại Tân An cho thấy, nước thải có hàm lượng chất ô nhiễm khá cao; ô nhiễm thể hiện qua các thông số: TSS, BOD_5 , COD, N-NH_4^+ .

- Từ kết quả thu được nhận thấy rõ đặc trưng nước thải từ ao nuôi có biến động theo thời gian trong mỗi chu kỳ nuôi tôm. Biến động môi trường nước thải các năm nghiên cứu cho thấy hàm lượng chất ô nhiễm trong nước thải vào cuối vụ nuôi cao hơn so với đầu vụ nuôi và giảm dần trong các năm nghiên cứu.

- Ô nhiễm cao nhất là nước thải vệ sinh ao cuối vụ nuôi, nước ao xả ra cuối vụ nuôi và sau cùng là nước đáy ao xả định kỳ. Từ kết quả thu được cho thấy nếu nước thải ao nuôi tôm không được xử lý trước khi thải ra môi trường thì có nguy cơ gây ô nhiễm cho khu vực tiếp nhận nguồn nước.

- Từ kết quả nghiên cứu còn cho thấy sự biến động lớn giữa nước cấp, nước ao nuôi và nước thải từ ao nuôi tôm (lấy thông số COD và N-NH_4^+ làm ví dụ) như sau:

+ Giá trị COD nước thải từ ao nuôi (tương ứng khoảng từ 65 mg/l đến 225 mg/l trong cả vụ nuôi) cao gấp từ 6,5 đến 9,8 lần so với nước trong ao nuôi (tương ứng khoảng từ 10 mg/l đến 23 mg/l trong cả vụ nuôi) và cao gấp từ 40,6 đến 80,36 lần so với nước cấp (tương ứng khoảng từ 1,6 mg/l đến 2,8 mg/l trong vụ nuôi).

+ Giá trị N-NH_4^+ nước thải từ ao nuôi (tương ứng khoảng từ 5 mg/l đến 7 mg/l trong cả vụ nuôi) cao gấp từ 33,3 đến 12,1 lần so với nước ao nuôi (tương ứng khoảng từ 0,15 mg/l đến 0,58 mg/l trong cả vụ nuôi) và cao gấp từ 17,5 lần đến 100 lần so với nước cấp (tương ứng khoảng từ 0,05 mg/l đến 0,4 mg/l).

Điều này thể hiện việc nuôi tôm gây ô nhiễm nghiêm trọng tới môi trường xung quanh nếu nước thải nuôi tôm không được xử lý đạt QCVN theo quy định trước khi xả thải ra ngoài môi trường.

Qua kết quả nghiên cứu về biến động môi trường nước cấp, nước trong ao và nước thải trong ao nuôi tôm tại Tân An đã nhận diện được một số thông số đặc thù, chỉ thị của ô nhiễm trong nuôi tôm tập trung. Tuy vậy, để có thêm cơ sở khoa học đã tiến hành đánh giá bổ sung biến động môi trường nước trong ao và bùn thải của 03 hộ nuôi tôm được thực hiện năm 2018, 2019 tại Tân An nhằm so sánh với kết quả nghiên cứu đã thực hiện năm 2008, 2014 và 2016. Cụ thể kết quả thể hiện tại mục tiếp theo.

3.1.3.4. Chất lượng nước trong ao và bùn thải các hộ nuôi tôm tại Tân An

➤ *Chất lượng nước trong ao nuôi tôm*

Kết quả quan trắc mẫu ao nuôi tôm của 03 hộ nuôi tại Tân An, Quảng Ninh trong vụ nuôi năm 2018 cho thấy:

- Thông qua 8 thông số quan trắc chất lượng nước trong ao nuôi (nhiệt độ nước, độ mặn, pH, COD, N-NH₃, H₂S, N-NH₄⁺ và DO) 2 thông số (nhiệt độ nước, độ mặn) là phù hợp cho tôm phát triển 6 thông số đã xuất hiện ở mức độ không phù hợp cho tôm phát triển (pH, COD, N-NH₃, H₂S, N-NH₄⁺ và DO) (theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT).

- Biến động chất lượng nước của cả 3 ao nuôi đều thể hiện xu hướng ô nhiễm theo thời gian vụ nuôi (thông qua giá trị COD, H₂S, N-NH₄⁺ và DO).

- Trong vụ nuôi, hộ nuôi số A1 và A2: Chất lượng nước nuôi tôm cao hơn GHCP 3 thông số DO, N-NH₄⁺ và H₂S; Hộ nuôi số A3: Chất lượng nước nuôi tôm cao hơn GHCP 4 thông số Nhiệt độ, pH, N-NH₄⁺ và H₂S.

- Thông qua kết quả nghiên cứu còn cho thấy có sự biến động về chất lượng nước giữa các ao nuôi trong tất cả các thông số. Sự khác nhau giữa các thông số thể hiện rõ nhất là H₂S, N-NH₄⁺ và COD, cụ thể là:

Bảng 3.11. Biến động chất lượng nước trong ao nuôi tôm của các hộ nuôi

Tháng nuôi	Ao hộ nuôi	Nhiệt độ	pH	DO (mg/l)	Độ mặn (‰)	COD (mg/l)	N-NH ₃ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	H ₂ S (mg/l)
T5	A1	24.0	7.51	3.55	17	4.24	0.004	0.197	0.01
T6		31.5	7.68	3.54	10	5.44	0.006	0.094	0.02
T7		28.0	7.86	3.62	9	4.96	0.000	0.004	0.01
T8		32.0	7.97	3.87	10	6.40	0.006	0.061	0.01
T9		28.3	7.13	5.39	8	6.24	0.006	0.539	0.01
T11		28.3	7.0	4.48	12	11.9	-	0.052	0.02
T12		26.5	6.94	4.16	11	10.24	0.000	0.000	0.02
TB		29.1	7.43	4.2	10	7.53		0.15	0.015
T5	A2	24.0	7.64	3.18	10	0.32	0.003	0.123	0.03
T6		31.5	7.89	5.82	10	5.92	0.018	0.302	0.02
T7		28.0	7.95	3.25	6	4.88	0.015	0.221	0.02
T8		32.0	7.91	4.22	8	10.24	0.014	0.143	0.01
T9		28.3	7.15	4.86	10	9.28	0.009	0.812	0.04
T11		28.3	6.93	3.22	19	12.48	0.000	0.058	0.05
T12		26.5	7.03	3.10	19	13.12	0.000	0.004	0.06
TB		33.1	8.75	4.61	13.7	9.37	0.01	0.3	0.04
T5	A3	24.0	7.52	4.11	10	1.36	0.003	0.127	0,00
T6		31.0	7.79	4.50	6	4.72	0.017	0.299	0.01
T7		28.0	7.46	4.82	7	3.52	0.001	0.021	0.00
T8		32.0	7.80	3.68	11	10.88	0.014	0.227	0.02
T9		28.3	7.14	5.62	11	3.36	0.002	0.170	0.01
T11		28.3	8.03	4.11	14	7.36	0.000	0.041	0.00
T12		26.5	7.79	4.49	14	8.32	0.000	0.000	0.01
TB		33.0	8.9	5.5	12.2	6.6	0.01	0.18	0.02
A		18-33	7-9	≥3,5	5-35	-	0,3	-	≤0,05
B		-	6,5–8,5	≥5	-	-	-	0,1	-

Ghi chú: 1.Hộ nuôi tôm A1; 2.Hộ nuôi tôm A2; 3. Hộ nuôi tôm A3.

A: QCVN 02 - 19: 2014/BNNPTNT; B: QCVN 10 -MT:2015/BTNMT.

+ Mức thay đổi H_2S tại ao thấp nhất (ao số A1) là 0,015 mg/l cao nhất (ao số A3) là 0,04 mg/l, gấp từ 3 đến 8 lần so với GHCP (0,005 mg/l).

+ Mức thay đổi N-NH_4^+ tại ao thấp nhất (ao số A1) là 0,15 mg/l cao nhất (ao số A2) là 0,3 mg/l, gấp từ 1,5 đến 3 lần so với GHCP (0,1 mg/l) thể hiện tại Bảng 3.11.

Nhận định chung về biến động chất lượng nước các ao nuôi khác nhau ở khu vực nghiên cứu của vụ nuôi tôm năm 2018 như sau:

Chất lượng nước ao nuôi còn phụ thuộc vào điều kiện cụ thể quản lý của mỗi chủ nuôi tôm. Sự biến động chất lượng nước trong mỗi ao nuôi là cơ sở để chủ nuôi tự chỉnh, điều phối lại các giải pháp quản lý ao nuôi, kiểm soát chất lượng nước ao. Các thông số chất lượng nước cần được theo dõi để phục vụ quản lý ao nuôi. Như vậy có thể tránh được các vấn đề ảnh hưởng xấu đến sự phát triển của tôm qua việc phát hiện các giá trị thông số vượt GHCP để kịp thời đưa ra biện pháp khắc phục cụ thể. Nếu lượng pH giảm đột ngột thường hay xuất hiện vào mùa mưa, cần rải vôi đều quanh bờ ao và mặt nước. Chú ý xử lý từ từ để đảm bảo pH không bị thay đổi đột ngột ($>0,5$ đơn vị trong ngày) và duy trì trong khoảng phù hợp từ 7,5-8,5. Về nguyên tắc, thông qua giá trị các thông số riêng lẻ sẽ góp phần để kiểm tra giá trị các thông số khác có liên quan như: nếu nhiệt độ nước tăng lên sẽ cần quan tâm tiếp theo đến giá trị DO vì độ hòa tan của oxy trong nước sẽ sụt giảm khi nhiệt độ nước tăng. Khi đó sẽ cần lưu tâm đến biện pháp gia tăng sục khí trong ao nuôi. Hoặc nếu hàm lượng N-NH_4^+ cao cho thấy ao nuôi có dấu hiệu dư thừa dinh dưỡng cần có các biện pháp kiểm soát lượng thức ăn thừa, xả nước đáy ao, kiểm soát chế độ sục khí... nhằm hạn chế nguy cơ bùng phát dịch bệnh.

➤ **Chất lượng bùn ao các hộ nuôi tôm tại Tân An**

Nghiên cứu lựa chọn bùn ao của 03 hộ nuôi tôm (hộ nuôi tôm A1, A2 và A3) tại khu vực nghiên cứu để đánh giá sự biến động chất lượng bùn ao. Bùn ao được lấy ngay sau nạo vét ao nuôi tôm (12/2018) và bùn ao sau 5 tháng nạo vét, được vận chuyển, lưu giữ ở ao chứa bùn (5/2019). Bùn lưu trữ được sử dụng để đắp bờ các ao nuôi tôm hoặc để trồng cây.

Tiến hành đánh giá sự biến động về đặc tính hóa lý học bùn thông qua thông

số: pH, độ dẫn điện (EC) và các chất dinh dưỡng Photpho dễ tiêu (Pdt), Nitơ dễ tiêu (Ndt) và các kim loại nặng (As, Cd, Pb và Cu). Kết quả phân tích sự biến động về chất lượng bùn ao nuôi tôm của nghiên cứu: giá trị pH, độ dẫn điện và các chất dinh dưỡng (Pdt, Ndt) như sau:

- *Giá trị pH*: dao động trong khoảng 6,8 - 7,9. Đây là khoảng giá trị phù hợp cho sự sinh trưởng, phát triển của cây trồng và hoạt động của vi sinh vật (pH = 6,5 - 8,5). Không có sự sai khác về giá trị pH bùn ao của 3 hộ nuôi tôm. Giá trị pH bùn ao không thay đổi theo thời gian (bùn ao mới nạo vét và bùn ao lưu sau 5 tháng) được thể hiện ở Bảng 3.12.

- *Độ dẫn điện của bùn (EC)*: là một trong các chỉ tiêu đánh giá độ mặn trong đất. Trên nguyên tắc, dung dịch đất càng mặn thì nồng độ ion (gồm cả cation - ion dương và anion - ion âm) trong dung dịch càng cao. Nghĩa là nồng độ muối càng cao, thì độ dẫn điện của dung dịch càng mạnh. Kết quả quan trắc cho thấy: Không có sự sai khác nhiều về giá trị độ dẫn điện bùn ao của 3 hộ nuôi tôm. Độ dẫn điện của bùn mới nạo vét của cả 3 hộ nuôi tôm đều cao hơn so với bùn nạo vét sau 5 tháng: Độ dẫn điện trung bình của bùn mới nạo vét của 3 hộ nuôi tôm là 11,7 - 13,5 mS.cm⁻¹, trong khi đó độ dẫn điện trung bình của bùn sau 5 tháng nạo vét là 1,62 - 1,7 mS.cm⁻¹. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, độ dẫn điện của bùn sau 5 tháng nạo vét thích hợp đối với cây trồng (< 4 mS.cm⁻¹). Nguyên nhân làm độ dẫn điện của bùn sau 4 tháng nạo vét thấp khả năng do tác động của mưa. Mặc dù từ tháng 12/2018 đến 5/2019 không thuộc mùa mưa, song lượng mưa trung bình các tháng ở mức 21,5 - 77,1 mm.

- *Photpho dễ tiêu (Pdt)*: Không có sự sai khác nhiều về giá trị Pdt trong bùn ao của 3 hộ nuôi tôm. Hàm lượng Pdt trong bùn ao có xu hướng giảm dần theo thời gian, cụ thể lượng Pdt của bùn ao ngay sau nạo vét cao hơn so với bùn ao sau 5 tháng nạo vét: Lượng Pdt trung bình trong bùn ao ngay sau nạo vét của 3 hộ nuôi tôm là 22 - 23,5 mg/kg và lượng Pdt trung bình trong bùn ao nạo vét sau 5 tháng của 3 hộ nuôi tôm là 17,5 - 19,5 mg/kg (Bảng 3.12). Nguyên nhân hàm lượng Pdt trong đất bùn thải ao nuôi tôm có xu hướng giảm theo thời gian sau 5 tháng nạo vét có thể là do tác động rửa trôi của mưa hoặc có thể do tác động đồng hóa của vi sinh vật [76] hoặc

phốt pho ở trong tình trạng kết tủa với một số chất trong đất và dễ bị rửa trôi do tác động của mưa [50], [69], [79].

- *Nitơ dễ tiêu* (Ndt): Kết quả cho thấy không có sự sai khác nhiều về giá trị Ndt trong bùn ao giữa 3 hộ nuôi tôm. Hàm lượng Ndt trong bùn ao giảm dần theo thời gian, cụ thể lượng Ndt của bùn ao ngay sau nạo vét cao hơn so với bùn ao sau 5 tháng nạo vét: Lượng Ndt trung bình trong bùn ao ngay sau nạo vét của 3 hộ nuôi tôm là 28,7 - 30,5 mg/kg. Lượng Ndt trung bình trong bùn ao nạo vét sau 5 tháng của 3 hộ nuôi tôm là 18,2 - 20,2 mg/kg (Bảng 3.12). Hàm lượng Ndt trong đất bùn đáy ao phụ thuộc nhiều vào các yếu tố khác nhau như lượng Nitơ ban đầu trong đất bùn ao, chất lượng chất hữu cơ... và sự rửa trôi cũng như bốc hơi ở dạng NH_3 .

Bảng 3.12. Giá trị một số thông số dinh dưỡng trong bùn ao nuôi tôm

Giá trị	pH		EC (ms/cm)		Pdt (mg/kg)		Ndt (mg/kg)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A1</i>								
Khoảng giá trị	7,2 – 7,5	6,8 – 7,9	5,5 - 16	1,6 – 1,8	13,5- 34	7 - 23	23 – 34,2	18,5 - 22
Trung bình	7,3	7,35	11,7	1,65	22	17,5	29,2	19,2
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A2</i>								
Khoảng giá trị	7,3-7,5	6,9 - 7,8	5,2-15,5	1,6-1,8	13 - 33	8,5 - 24	24,2 - 35	18-23,5
Trung bình	7,35	7,5	13,5	1,7	22,5	18,2	30,5	20,2
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A3</i>								
Khoảng giá trị	7,2-7,4	7-7,8	4,7 - 15	1,5-1,7	12,5 - 33	7-22,5	25-32,5	16-19,5
Trung bình	7,3	7,6	12,8	1,62	23,5	19,5	28,7	18,2

Ghi chú: A. Mẫu bùn 12/2018 B. Mẫu bùn: 5/2019

➤ **Hàm lượng của một số kim loại nặng trong bùn ao nuôi tôm:**

- Không có sự sai khác nhiều về giá trị kim loại nặng (KLN) trong bùn ao giữa 3 hộ nuôi tôm.

- Tất cả các mẫu đều thể hiện hàm lượng As, Cd, Pb và Cu trong bùn ao giảm

dần theo thời gian, cụ thể là: Lượng KLN trung bình trong bùn ao ngay sau nạo vét của 3 hộ nuôi tôm: As là 2,7 - 3,7 (dao động trong khoảng từ 1,1 đến 6,2 mg/kg); Cd là 0,45 - 0,52 mg/kg (dao động trong khoảng từ 0,35 đến 0,62 mg/kg); Pb là 6,5 - 7,8 mg/kg (dao động trong khoảng từ 5,2 đến 8,6 mg/kg); Cu là 10,2 - 10,7 mg/kg (dao động trong khoảng từ 8,5 đến 12,5 mg/kg). Lượng KLN trung bình trong bùn ao nạo vét sau 5 tháng của 3 hộ nuôi tôm: As là 1,5 - 2,7 (dao động trong khoảng từ 1,1 đến 4,1 mg/kg); Cd là 0,28 - 0,32 mg/kg (dao động trong khoảng từ 0,2 đến 0,35 mg/kg); Pb là 5,1 - 6,5 (dao động trong khoảng từ 4,5 đến 7,5 mg/kg), Cu là 7,5 - 9,2 mg/kg (dao động trong khoảng từ 6,5 đến 10,5 mg/kg) (Bảng 3.13).

Bảng 3.13. Giá trị các thông số kim loại nặng trong bùn ao nuôi tôm

Đơn vị: mg/kg theo khối lượng khô

Giá trị	As		Cd		Pb		Cu	
	A	B	A	B	A	B	A	B
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A1</i>								
Khoảng giá trị	1,3-5,3	1,1– 3,7	0,42–0,55	0,25–0,32	6,2 -8,5	5 -7 ,5	8,5– 11,2	6,5– 8,2
Trung bình	2,7	1,5	0,47	0,28	7,1	6,2	10,2	7,5
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A2</i>								
Khoảng giá trị	1,5– 6,2	1,5– 4,1	0,5–0,62	0,3–0,35	5,2 -7,8	4,5 -6,8	9,2– 12,5	7,2– 9,5
Trung bình	3,5	2,7	0,52	0,32	6,5	5,1	10,7	8,2
<i>Bùn ao hộ nuôi tôm A3</i>								
Khoảng giá trị	1,1-5,1	1,2– 3,9	0,35–0,55	0,2–0,32	5,7 -8,6	4,7 -7,2	8,7– 11,8	8,1– 10,5
Trung bình	3,7	2,3	0,45	0,28	7,8	6,5	10,5	9,2
QCVN 3:2012/BTNMT	41,6		4,2		112		108	
Nghị định 08//2017/NĐ CP	< 10		<5		<200			

Ghi chú: A. Mẫu bùn 12/2018 B. Mẫu bùn: 5/2019

Về lý thuyết bùn đáy của ao nuôi do quá trình sinh học thực vật bị phân hủy

hay những loại chất hữu cơ dư thừa đã tạo ra mùn ảnh hưởng đến tính chất của nước và bùn ao nuôi. Bên cạnh đó các KLN còn có khả năng tạo phức với các hợp chất hữu cơ có trong bùn. KLN sẽ gây độc cho tôm khi hàm lượng cao hơn GHCP. Ở hàm lượng thích hợp Cd ít ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng và lột xác của tôm. Hàm lượng Cd ở nước được khuyến cáo phải nhỏ hơn 9,3 mg/l. Hàm lượng Pb cao sẽ khiến tôm bị đen vây, stress, bỏ ăn, làm tôm không hô hấp được. Hàm lượng Pb khuyến cáo là nhỏ hơn 11,35 g/cm³. Hàm lượng Cu tăng cao làm tăng độc tính với tảo, ký sinh trùng và tôm nuôi. Ngoài ra, việc ô nhiễm ô nhiễm KLN còn ảnh hưởng đến màu sắc của tôm chuyển thành màu đỏ.

Tuy nhiên, hàm lượng các KLN này trong bùn ao đều trong giới hạn cho phép theo QCVN 43:2012/BTNMT (Quy định đối với trầm tích nước mặn, nước lợ) và theo Nghị định 108/2017/NĐ-CP ngày 20/ 9/2017 của Chính phủ quy định quản lý nhà nước về phân bón (Bảng 3.13). Nguyên nhân chính về kết quả giá trị KLN trong ao bùn không ở mức cao một phần là do giá trị pH trong bùn ao giữ ở mức ổn định do thực hiện theo quy trình nuôi tôm như: kiểm soát sự phát triển của tảo, lượng nước ăn thừa, thường xuyên xả đáy bùn, sục khí...).

Kết quả nghiên cứu một số thông số KLN của luận án đồng thuận hoặc tương đồng với nghiên cứu của các tác giả Tất Anh Thư và Võ Thị Gương thực hiện nghiên cứu đánh giá các đặc tính hóa lý học đất và hàm lượng kim loại nặng Cd, Pd có trong chất thải bùn ao nuôi tôm tại huyện Mỹ Xuyên và Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng. Nghiên cứu này cho thấy bùn thải ao có lượng Ndt và Pdt ở mức trung bình ($P \leq 20$ mg/kg và $N \leq 30$ mg/kg đến cao ($P > 20$ mg/kg và $N > 30$ mg/kg). Bên cạnh đó nghiên cứu cũng cho thấy, hàm lượng Cd và Pb trong bùn thải ao nuôi tôm thấp, dưới ngưỡng ô nhiễm [44].

Tóm lại, kết quả đánh giá sự biến động chất lượng bùn ao ngay sau nạo vét và bùn ao sau 5 tháng nạo vét cho thấy:

- Không có sự sai khác nhiều về tính chất bùn ao giữa 3 hộ nuôi tôm tại khu vực nghiên cứu.
- EC, Ndt và Pdt và các kim loại nặng (As, Cd, Pb và Cu) trong bùn ao giảm

dần theo 5 tháng nạo vét.

- Riêng giá trị pH bùn là không thay đổi theo thời gian.

Từ kết quả thu được cho thấy, trong điều kiện để lưu bùn sau 5 tháng lượng Nitơ và Photpho dễ tiêu vẫn ở mức khá cao, hàm lượng KLN thấp, độ muối giảm có thể tận dụng bùn làm vật liệu để ủ phân bón hoặc trồng cây. Nước thải ra từ ao/hồ chứa bùn ở đây có thể xử lý (chủ yếu là xử lý TSS) để tận dụng nước nuôi tôm ở vụ nuôi tiếp theo nếu đảm bảo. Đây cũng là một trong những biện pháp đơn giản, có hiệu quả nhất định để xử lý bùn nhằm kết hợp với những biện pháp xử lý bùn nuôi tôm khác hiện đang được nghiên cứu, xây dựng.

3.2. Các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh

Qua công cụ phân tích SWOT được sử dụng nhằm hiểu rõ điểm mạnh (strengths), điểm yếu (weaknesses), cơ hội (opportunities) và thách thức (threats) trong việc phân tích, lựa chọn các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm (chi tiết ở Phụ lục 1), đã có được một số nhận định sau:

Những năm gần đây, với sự gia tăng diện tích nuôi, sản lượng tôm nước lợ tương đối nhanh từ đó dẫn đến môi trường đã có dấu hiệu bị ô nhiễm, nền đáy bị suy thoái, bệnh dịch phát triển trên diện rộng cả ba miền Bắc, Trung và Nam. Thực tế, không những môi trường nước ao nuôi bị ô nhiễm do thức ăn dư thừa, sự rửa trôi của chất thải ven bờ, mật độ nuôi cao và sự bài tiết do hoạt động trao đổi chất của vật nuôi, mà nguồn nước cấp ven bờ cũng có dấu hiệu ô nhiễm do những hoạt động của sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, sự rửa trôi, nước thải sinh hoạt qua vùng cửa sông... Có thể nói sự gia tăng diện tích và sản lượng tôm nuôi ngày càng làm suy giảm chất lượng môi trường nước ven bờ và ô nhiễm diện tích đất ao nuôi, nếu như không có biện pháp kiểm soát môi trường thích hợp sẽ dẫn đến suy thoái môi trường vùng nuôi, cụ thể:

- Nguồn nước cấp ven bờ chịu tác động nhiều bởi các nguồn phát thải nên đã có dấu hiệu bị ô nhiễm, đặc biệt ở các tỉnh phía Bắc vào những tháng mùa mưa. Ở các tỉnh phía Bắc vào những tháng mùa mưa các thông số COD, BOD₅, NH₄⁺,

H₂S...đều ở mức vượt ngưỡng.

- Môi trường đất trong ao nuôi đều có dấu hiệu ô nhiễm; đặc biệt là lớp đất tầng mặt và tầng đất có độ sâu 20-30 cm. Hiện nay, nhiều ao nuôi sau 3-4 năm nuôi tôm độc canh nền đáy có hiện tượng suy thoái dẫn đến thường xảy ra dịch bệnh, nhiều ao nuôi tôm bị bỏ hoang.

- Chất lượng nước trong ao nuôi tôm có xu hướng giảm dần vào những tháng cuối của vụ nuôi. Thường tháng thứ 1 và tháng thứ 2 hàm lượng các chất dinh dưỡng nằm trong giới hạn cho phép, nhưng tháng thứ 3 và 4 các chỉ số muối dinh dưỡng, trong ao tăng; lượng khí độc trong ao như NH₃, H₂S và NH₄⁺ cũng có dấu hiệu tăng nếu như nước không được thay hoặc thiếu sự can thiệp của người nuôi. Nguồn phát thải trong ao nuôi chủ yếu là do thức ăn dư thừa và chất thải của tôm.

- Nước thải ở vùng nuôi tôm tập trung đa số xả thẳng ra môi trường. Đáng lưu ý là cùng trong một vùng nuôi, cống cấp nước và cống xả nước thải gần nhau dẫn đến có sự tương tác giữa hai nguồn nước làm giảm chất lượng nguồn nước cấp. Chất thải ao tôm trong một chu kỳ nuôi với khối lượng không nhỏ, nhưng đến nay chưa có biện pháp xử lý hiệu quả, đang tồn tại cần phải có giải pháp khắc phục một cách căn cơ.

- Đã có không ít người nuôi tôm sử dụng CPSH trong việc giảm thiểu ô nhiễm môi trường ao nuôi tháng thứ 2,3,4 nhưng việc sử dụng, lựa chọn loại chế phẩm, cách thức bổ sung còn nhiều bất cập và cho đến nay chưa có tài liệu nào đề cập đến sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý nước cấp, đặc biệt là sau khi dùng *Chlorine* diệt khuẩn đồng thời sử dụng để cải tạo đáy ao nuôi.

- Cơ sở hạ tầng, hệ thống thiết bị dụng cụ không đồng bộ, không phù hợp với hình thức nuôi và chất lượng thức ăn, kỹ thuật cho tôm ăn không đảm bảo cũng là những yếu tố tác động làm suy giảm chất lượng nước ao nuôi.

- Công tác giám sát, quan trắc môi trường từ Trung ương đến địa phương đã thu được nhiều kết quả giúp người nuôi tôm trong công tác kiểm soát môi trường và phòng ngừa dịch bệnh. Tuy vậy, công tác quan trắc, cảnh báo môi trường còn dàn trải và còn bất cập về lựa chọn địa điểm, đối tượng, thời gian, các thông số và tần suất quan trắc phù hợp, hiệu quả; công tác tổng hợp, cung cấp thông tin, cảnh báo cho

người nuôi còn hạn chế, nên hiệu quả chưa cao.

Do vậy, cần có các giải pháp tổng thể về quản lý và kỹ thuật để kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm để khắc phục các bất cập, tồn tại nêu trên.

Theo Luật Bảo vệ môi trường năm 2020 [25]: kiểm soát ô nhiễm môi trường là quá trình phòng ngừa, phát hiện, ngăn chặn và xử lý ô nhiễm. Về bản chất hoạt động kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung là các hoạt động nhằm phòng ngừa, giảm thiểu các tác động xấu đến môi trường vùng nuôi; khắc phục, xử lý chất ô nhiễm bằng các giải pháp tổng thể về quản lý và kỹ thuật. Theo đó, đề xuất một số giải pháp chính để kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở tỉnh Quảng Ninh như sau:

3.2.1. Giải pháp quản lý

3.2.1.1. Quan trắc môi trường

- Tiếp tục rà soát, hoàn thiện quy chế hoạt động của các Trung tâm quan trắc và cảnh báo môi trường phục vụ nuôi trồng thủy sản. Trong đó, phân biệt rõ hệ thống và mạng lưới và chỉ rõ cơ chế hoạt động; phân công trách nhiệm giữa nhà nước, địa phương, người nuôi tôm và các bộ, ngành có liên quan. Những thông số nào thuộc trách nhiệm các trung tâm quan trắc, những thông số nào phân cấp và xã hội hóa cho mạng lưới quan trắc và người nuôi tôm tự quan trắc; tránh sự chồng chéo, thiếu hiệu quả. Xác định rõ nhiệm vụ của đầu mối và mối quan hệ trong việc tập hợp và chia sẻ thông tin cơ sở dữ liệu quan trắc.

- Xác định vai trò quản lý nhà nước của các cơ quan: bộ và các tổng cục, cục và địa phương nhằm tránh tình trạng đầu tư dàn trải, phân tán như hiện nay. Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đóng vai trò quản lý nhà nước; các tổng cục, cục và các địa phương là đơn vị đặt hàng và tiếp nhận kết quả quan trắc để chỉ đạo sản xuất. Kinh phí của Bộ chủ yếu thực hiện quan trắc, cảnh báo những thông số chung cho ngành nông nghiệp (Nông-Lâm-Thủy sản và Thủy lợi). Những thông số môi trường có tính đặc thù được thực hiện theo đơn đặt hàng của các Tổng cục, các Cục có liên quan và địa phương.

- Nhận diện và dự báo những mối nguy, cảnh báo, dự báo về khả năng ô nhiễm

môi trường cho cơ sở/hộ nuôi tôm, từ đó huy động nguồn lực của nhà nước, địa phương và cơ sở/hộ nuôi tôm có trách nhiệm kiểm soát môi trường vùng nuôi tôm.

- Rà soát các thông số cần quan trắc, xác định những yếu tố **lỗi** bắt buộc; trong đó nêu rõ những thông số cần quan trắc thường xuyên, quan trắc theo mùa vụ và đột xuất. Xác định rõ ưu, nhược điểm và cách tiếp cận của những phương thức quan trắc, cảnh báo: Áp dụng công nghệ viễn thám, quan trắc tự động để phục vụ cảnh báo môi trường, dịch bệnh phục vụ nuôi tôm.

3.2.1.2. Cơ chế chính sách

- Tạo cơ chế thông thoáng để thu hút các nhà đầu tư trong và ngoài nước tham gia xây dựng hệ thống cấp nước đầu nguồn để cung cấp nước sạch cho khu nuôi tôm; hệ thống xử lý nước thải để xử lý nguồn chất thải trước khi xả ra môi trường hoặc tái sử dụng.

- Tạo chính sách kịp thời cho các nhà đầu tư như miễn thuế đất đai, thuế nhập khẩu thiết bị, để những nhà đầu tư huy động nguồn lực tham gia đầu tư vào nâng cấp hệ thống công trình thủy lợi, cấp thoát nước, khu nuôi tập trung, sản xuất vật tư thủy sản đầu vào nhằm góp phần nâng cao chất lượng tôm nuôi, môi trường đảm bảo.

3.2.1.3. Khoa học và Công nghệ

- Rà soát, xây dựng mới các đề tài nghiên cứu bổ sung hoặc nhập công nghệ mới phù hợp với điều kiện trong nước để kiểm soát chất lượng nguồn nước cấp, duy trì sự ổn định chất lượng môi trường nước trong suốt quá trình nuôi; đồng thời có giải pháp công nghệ hiện đại, tiên tiến để xử lý nước thải trước khi thải ra môi trường.

- Cần thiết phải tiêu chuẩn hóa về chủng loại, chất lượng và số lượng chế phẩm sinh học cho mỗi đơn nguyên/khu trong hệ thống ao nuôi tôm, phù hợp với điều kiện từng vùng, tiến tới hiện đại hóa kiểm soát môi trường ao nuôi, vùng nuôi.

- Nghiên cứu xác định/nhận diện các nguồn phát thải ảnh hưởng trực tiếp, gián tiếp chất lượng nguồn nước vùng nuôi tôm tập trung, đề xuất biện pháp kiểm soát.

3.2.1.4. Xây dựng và hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung

Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường là một trong các quy trình quan trọng trong mô hình nuôi tôm ít thay nước. Trong đó, ngoài việc kiểm soát chất lượng môi trường, cần quan tâm đến cơ sở hạ tầng; dụng cụ, thiết bị sử dụng để kiểm soát môi trường; duy trì chất lượng nước trong hồ chứa, ao xử lý; duy trì chất lượng, sự ổn định của môi trường nước ao nuôi và xử lý nguồn chất thải; việc sử dụng chế phẩm sinh học để thay thế hóa chất, thuốc kháng sinh để giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Do vậy, việc đề xuất xây dựng mới hoặc bổ sung để hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường được xem như hoàn thiện mô hình “Nuôi tôm ít thay nước”.

3.2.2. Giải pháp kỹ thuật

3.2.2.1. Cơ sở hạ tầng và trang thiết bị phục vụ nuôi tôm tập trung

a) Cơ sở hạ tầng

** Hạ tầng thủy lợi vùng nuôi tôm tập trung*

Bất cập hiện nay là: đa số vùng nuôi tôm tập trung nguồn nước cấp và nước thải ra gần nhau; vùng nuôi tôm và sản xuất nông nghiệp ranh giới không rõ ràng dẫn đến hiện tượng xâm mặn và ngọt đan chéo nhau, chưa có sự phối hợp thủy lợi cho nông nghiệp và thủy sản nên sử dụng tài nguyên nước chưa thực sự hợp lý. Thủy lợi nội đồng vùng nuôi tôm tập trung nhiều nơi quy hoạch còn nhiều bất cập: thiếu hệ thống hồ chứa và xử lý nước; mương cấp nước, mương thoát nước thải chung một kênh; cống cấp và thoát nước cùng một phía trong hệ thống ao nuôi; đa số thiếu hệ thống xử lý nước thải... Do vậy, cần có sự đầu tư quy hoạch hợp lý:

Thủy lợi vùng nuôi tập trung chủ yếu gồm 03 khâu chính là hệ thống cấp nước đầu nguồn, hệ thống ao nuôi và hệ thống xử lý nước thải.

Hệ thống cấp nước nên quy hoạch có hồ chứa nước, ao xử lý nước; với những địa điểm xa nguồn cấp nước, vùng cát... có thể xây dựng những hệ thống ống dẫn nước để hút nước từ xa, nơi có nguồn nước sạch (theo nguyên lý bình thông nhau) để cấp nước trực tiếp cho vùng nuôi tôm;

Hệ thống các ao nuôi: Cần quy hoạch mương, cống cấp nước, cống thoát nước riêng biệt để tránh hiện tượng nước thải ra ảnh hưởng đến nước cấp vào ao nuôi. Tùy theo đối tượng, hình thức nuôi mà bố trí hệ thống mương, cống cấp thoát nước cho hợp lý;

Hệ thống xử lý nước thải bao gồm: Ao thu gom nước thải, lắng lọc, loại chất thải rắn; ao xử lý nước thải hữu cơ; ao xử lý và tái sử dụng nước thải (xả ra vùng trồng rong biển, rừng ngập mặn hoặc tái sử dụng).

- Phối hợp sử dụng nguồn nước trong nông nghiệp và thủy sản:

Nguồn nước xả ra từ những ao nuôi thủy sản là nguồn nước giàu chất dinh dưỡng có thể được dùng trong sản xuất nông nghiệp (lúa chịu mặn, cây chịu mặn và chất thải ao nuôi thủy sản có thể xử lý làm phân bón cho cây trồng);

Tạo mương chức năng ngăn cách giữa vùng trồng cây nông nghiệp và vùng nuôi trồng thủy sản. Trong đó, nước mặn sẽ không ảnh hưởng đến vùng nông nghiệp và nước ngọt không xâm lấn vùng nuôi thủy sản. Mương chức năng này còn có tác dụng trong việc xử lý môi trường sau mỗi chu kỳ nuôi thủy sản (làm thay đổi hệ sinh thái từ đó tiêu diệt các mầm bệnh và giảm thiểu ô nhiễm hữu cơ...).

** Hạ tầng trong vùng nuôi tập trung*

Để kiểm soát tốt chất lượng môi trường trong vùng nuôi tôm tập trung giải pháp cơ sở hạ tầng đóng vai trò quan trọng, cụ thể cần có Hệ thống cấp nước sạch, khu ao nuôi tôm hợp lý và hệ thống xử lý nước thải, trong đó:

- Khu chứa và xử lý nước “*nhà máy nước*”: Hồ/ao chứa-lắng nước, ao xử lý nước trước khi cấp nước sạch vào ao nuôi. Nước cấp vào hồ chứa-lắng được thực hiện bằng độ cao của nước thủy triều hoặc bơm. Nước trong ao xử lý phải loại bỏ tác nhân gây bệnh và giảm thiểu độ phú dưỡng.

- Khu nuôi tôm “*khu chung cư*”: các ao nuôi với kích thước không lớn hơn 5.000 m², hình tròn hoặc hình vuông khép góc; có mương cấp, mương thoát, cống cấp nước và thoát nước riêng biệt; độ sâu không nhỏ hơn 1,5 m, đáy dốc vào giữa và có cống thoát nước để xả chất thải rắn. Đáy ao được lót bạt để tránh ảnh hưởng của nền đất đáy ao tác động đến nước ao nuôi và sau mỗi chu kỳ nuôi dễ dàng cho vệ sinh đáy ao. Đối với các ao đang bị bỏ hoang hóa cũng nên lót bạt để có thể tiếp tục nuôi.

- Khu xử lý nước thải “*nhà vệ sinh*”: ao chứa-lắng và loại chất thải rắn, tiếp đến ao xử lý nước thải và hệ thống lọc-xử lý nước nếu tái sử dụng để sử dụng cho mục đích khác.

b) Trang thiết bị, dụng cụ

- Xe vận chuyển, máy móc cải tạo ao và máy bơm có công suất phù hợp để cung cấp nước cho ao nuôi;
- Hệ thống thiết bị cung cấp O₂ và thu gom chất thải rắn;
- Các thiết bị, máy móc kiểm tra môi trường, kiểm tra sinh học và những dụng cụ chuyên dùng cho xử lý môi trường khác.

3.2.2.2. Kiểm soát chất lượng nước trong quá trình nuôi tôm

Trong nông nghiệp thường có câu “Nhất nước, nhì phân, tam cần, tứ giống”; trong nuôi thủy sản: “*nước*” tức là nguồn nước và vấn đề quản lý môi trường, “*phân*” tức là thức ăn và các vật tư thủy sản đầu vào (thức ăn chất lượng phải tốt, cho ăn đúng kỹ thuật), “*cần*” là tuân thủ quy trình, quy phạm thực hành nuôi trồng thủy sản tốt, “*giống*” tức là con giống phải khỏe, sạch bệnh và có nguồn gốc rõ ràng. Kiểm soát chất lượng môi trường trong nuôi tôm thực chất là kiểm soát nguồn nước cấp vào ao nuôi, duy trì sự ổn định môi trường nước trong ao và xử lý nguồn nước thải trước khi xả thải ra môi trường hoặc tái sử dụng. Do vậy, cần thiết phải kiểm soát được chất lượng nước (không có tác nhân gây bệnh, các yếu tố môi trường nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN); ổn định môi trường nước trong quá trình nuôi (duy trì sự ổn định của các yếu tố môi trường ở mức giới hạn cho phép trong suốt quá trình nuôi bằng những biện pháp cơ học, hóa học và sinh học..); đảm bảo nước thải ra môi trường đúng theo tiêu chuẩn cho phép của QCVN về nước thải hiện hành (xử lý chất thải rắn, chất hữu cơ lơ lửng, giảm thiểu chất thải vô cơ và tái sử dụng nước). Do đó, cần nghiên cứu hoàn thiện:

- *Kỹ thuật xử lý nguồn nước cấp đạt tiêu chuẩn chất lượng*: Lọc sơ cấp, lọc thứ cấp; xử lý tác nhân gây bệnh, các động vật trung gian gây bệnh, khôi phục hệ vi sinh vật có lợi; giảm thiểu các yếu tố môi trường không có lợi (độ phú dưỡng, ion kim loại nặng, các hóa chất độc hại và dư lượng các sản phẩm bảo vệ thực vật...).

- *Ổn định chất lượng môi trường nước trong quá trình nuôi tôm*: Đảm bảo đủ

nhu cầu O₂; giảm thiểu chất thải rắn, vật chất hữu cơ lơ lửng (phú dưỡng); duy trì sự phát triển của vi sinh vật có lợi và tảo trong ao nuôi.

- *Kỹ thuật xử lý nước thải trước khi xả ra môi trường*: Trong đó, quan tâm hoàn thiện công nghệ loại chất thải rắn, xử lý chất thải hữu cơ lơ lửng, xử lý dư lượng hóa chất, chất bảo vệ thực vật (nếu có) và xử lý mầm bệnh trước khi xả ra môi trường hoặc tái sử dụng nước. Bùn ao sử dụng làm phân hữu cơ cho sản xuất nông nghiệp.

- *Sử dụng chế phẩm sinh học*: Thay bằng việc đang sử dụng những loại hóa chất có hoạt lực cao, phân hủy chậm, tồn dư lâu dài ở trong đất và nước. Giải pháp sử dụng chế phẩm sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường ao nuôi và xử lý tác nhân gây bệnh đang được các khu nuôi, hộ nuôi áp dụng rộng rãi. CPSH dùng trong tôm khá đa dạng (dạng lỏng và bột). Hiệu quả sử dụng cũng không ổn định, vì ngoài chất lượng còn phụ thuộc vào yếu tố lý hóa môi trường nước ao nuôi, hoạt tính của loại vi sinh và tải lượng ô nhiễm nước trong ao. Các sản phẩm được sử dụng phổ biến để xử lý nước, bùn thải chủ yếu từ các cơ sở nuôi có quy mô lớn.

3.3. Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh

Trên cơ sở các giải pháp đề xuất nhằm kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung, luận án đã lựa chọn và áp dụng một trong các giải pháp kỹ thuật về sử dụng chế phẩm sinh học phù hợp xử lý nước trong ao nuôi tôm để thử nghiệm trong phòng thí nghiệm. Sau đó, sử dụng Chế phẩm sinh học tốt nhất đã lựa chọn trong phòng thí nghiệm, cùng với áp dụng quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường đề xuất để thử nghiệm ở quy mô sản xuất trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang thực hiện tại Tân An, Quảng Ninh để làm cơ sở hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm. Cụ thể kết quả được thể hiện tại mục 3.3.1 và 3.3.2.

3.3.1. Thử nghiệm giải pháp sử dụng CPSH xử lý nước ao nuôi tôm trong phòng thí nghiệm

Sử dụng chế phẩm sinh học (CPSH) trong quá trình nuôi tôm sẽ giúp tăng cường sức khỏe và ngăn chặn khả năng mắc các bệnh trên tôm: Chế phẩm sinh học

có khả năng sản sinh ra các chất tác dụng diệt các vi khuẩn gây bệnh bám trên thành ruột của tôm, do đó có thể coi chế phẩm vi sinh là một rào cản hữu hiệu ngăn chặn sự phát triển của mầm bệnh.

Hiện nay, CPSH đang được dùng phổ biến để xử lý môi trường. Đã có một số phương pháp xử lý nguồn nước nuôi tôm [74], [76], trong đó sử dụng vi sinh vật đang được ứng dụng nhiều trong công nghệ sinh học môi trường vì các chế phẩm sinh học có khả năng phân giải sinh học và không độc hại trong môi trường [28], [29], [36]. Biện pháp sinh học nhằm loại bỏ các chất rắn lơ lửng, làm sạch nước và nền đáy trong quá trình nuôi tôm [75].

Ngoài ra, CPSH có tác dụng phân hủy chất thải và bùn đáy, phân hủy khí độc, cải thiện chất lượng nước, tăng cường oxy hòa tan cho ao nuôi [19]. Đến nay, chế phẩm sinh học người nuôi tôm sử dụng chủ yếu để bổ sung vào ao nuôi tôm thâm canh.

Hiện nay, có rất nhiều loại CPSH được phép lưu hành trên thị trường [47], nhưng thiếu những thông tin chính xác về hiệu quả của từng loại CPSH sử dụng trong xử lý môi trường ao nuôi tôm đã gây lúng túng, khó khăn cho người nuôi lựa chọn và các cơ quan quản lý trong việc kiểm soát và khuyến cáo cho người nuôi.

Để khẳng định vai trò, hiệu quả của CPSH trong việc xử lý nước trong ao nuôi, luận án đã tiến hành thử nghiệm 03 loại chế phẩm sinh học trong điều kiện phòng thí nghiệm (mà theo kết quả khảo sát đang được bán phổ biến trên thị trường) với nguồn nước lấy từ ao nuôi tôm vào tháng thứ 3 (tháng có chất lượng môi trường thấp). Kết quả cho thấy, hiệu quả xử lý nước trong ao nuôi tôm bằng 03 loại chế phẩm cùng với đối chứng không sử dụng CPSH như sau:

- Nhiệt độ nước trong các ngày thí nghiệm vào buổi sáng dao động từ 24°C đến 28°C; buổi chiều từ 25 - 29°C. Nhiệt độ nước tương đồng tại các bể thí nghiệm theo thời gian, tại từng bể thí nghiệm đối với 3 loại chế phẩm và bể đối chứng.

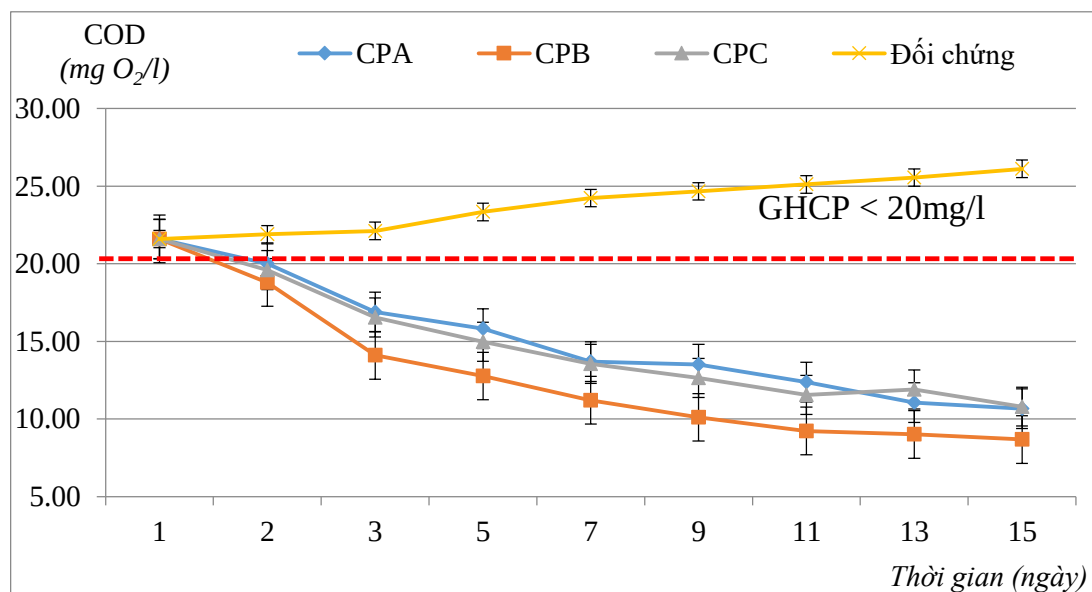
- Giá trị pH trong nước tại các lô thí nghiệm khá giống nhau ở các nghiệm thức và ổn định trong 8 ngày đầu thí nghiệm, dao động từ 7,9 - 8,5; đến ngày thứ 9, giá trị pH trong nước tại các bể thí nghiệm đồng loạt giảm, giá trị dao động từ 7,0 - 7,6.

- Độ mặn của nước tại các bể thí nghiệm là 14‰ bảo đảm điều kiện sống tốt

nhất cho tôm nuôi phục vụ nghiên cứu.

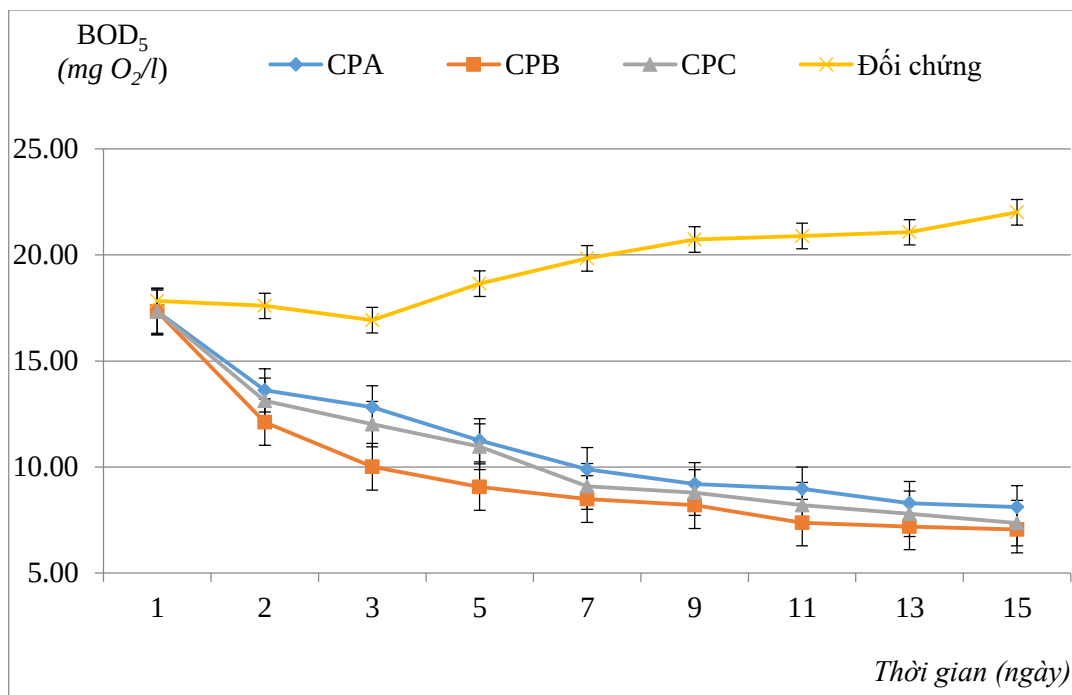
- Hàm lượng COD giảm dần theo thời gian xử lý. Sau 5 ngày, hàm lượng COD trong nước giảm 26,7 - 40,9 %; sau 15 ngày giảm 50,0 - 59,8%: với CPA giảm 50,6 %, hàm lượng COD trong nước còn 10,67 mg/l; CPB giảm 59,8%, hàm lượng COD trong nước còn 8,68 mg/l; chế phẩm CPC giảm 50,0%, chỉ số COD giảm xuống 0,8 mg/l. Các bể đối chứng không sử dụng chế phẩm sinh học xử lý, hàm lượng COD tăng liên tục trong thời gian thực nghiệm; đến ngày thứ 15, hàm lượng COD là 26,12 mg/l, tăng 20,9 lần so với ban đầu (Hình 3.21).

Trong 3 loại chế phẩm, hiệu quả xử lý của chế phẩm CPB cao nhất; CPA và CPC tương đương nhau. Hàm lượng COD trong nước sau xử lý nằm trong GHCP. Hiệu quả xử lý chất thải rắn và hợp chất hữu cơ lơ lửng trong nước nuôi khá tốt.



Hình 3.21. Biến động hàm lượng COD các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau

- Hàm lượng BOD₅ trong nước giảm dần theo thời gian; sau 5 ngày, BOD₅ trong nước giảm xuống 35,0 - 59,3% so với hàm lượng BOD₅ ban đầu (17,33 mg/l); sau 15 ngày chỉ số BOD₅ chế phẩm A giảm 53,2%, (8,11 mg/l); chế phẩm B giảm 59,3% (7,06 mg/l); chế phẩm C là 57,5% (7,36 mg/l). Đối với bể đối chứng, hàm lượng BOD₅ tăng liên tục, đến ngày thứ 15, hàm lượng BOD₅ tăng 27,0% (22,01 mg/l) (Hình 3.22).

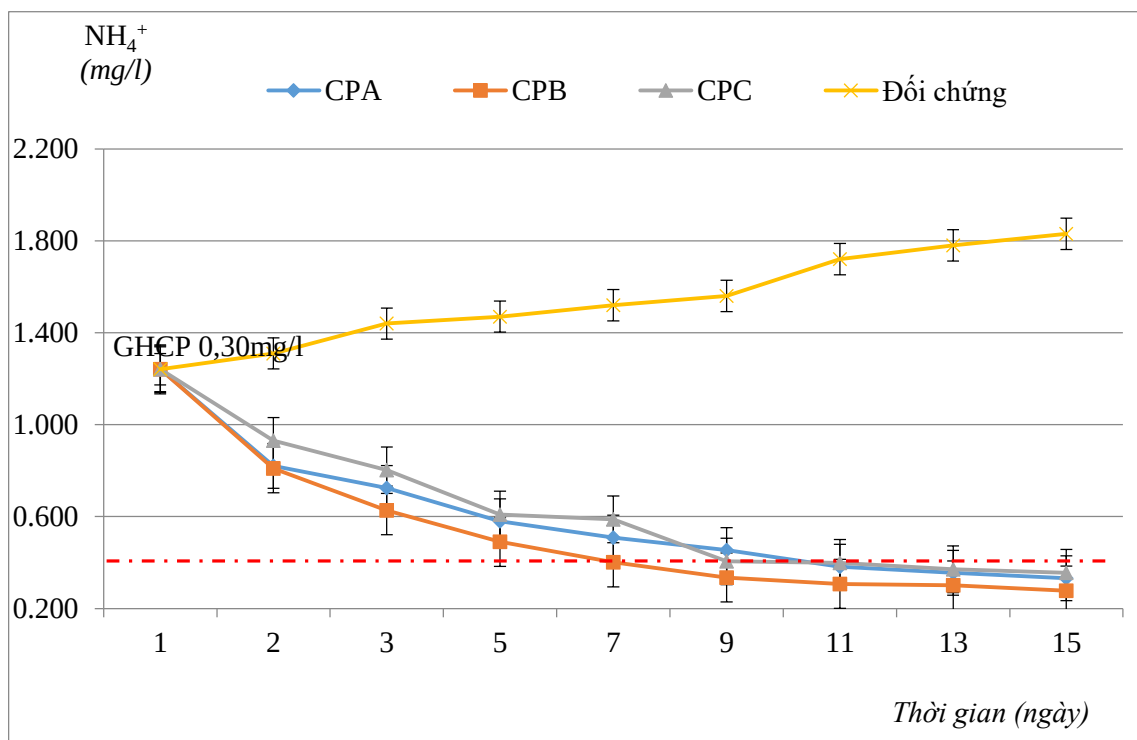


Hình 3.22. Biến động BOD₅ trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau

Hiệu quả xử lý chất thải rắn trong nước của 03 loại chế phẩm sau 15 ngày đều cho kết quả tốt, hàm lượng BOD₅ giảm đáng kể so với chất lượng nước ban đầu và lô đối chứng. Trong 3 loại chế phẩm thực nghiệm chế phẩm B có hiệu suất xử lý nước cao hơn so với chế phẩm A và chế phẩm C.

- Hàm lượng N-NH₄⁺

Hình 3.21 cho thấy sau 5 ngày, chỉ số N-NH₄⁺ giảm 50,9 - 77,6%. Sau 15 ngày, thực nghiệm, chế phẩm CPA, N-NH₄⁺ giảm 73,25% (0,332 mg/l); chế phẩm CPB, giảm 77,5% (0,278 mg/l); chế phẩm CPC giảm 71,3% (0,356 mg/l). Đối với lô đối chứng không sử dụng chế phẩm để xử lý nước; so với hàm lượng N-NH₄⁺ ban đầu, sau 5 ngày hàm lượng N-NH₄⁺ tăng 18,5%; sau 15 ngày, hàm lượng N-NH₄⁺ tăng 47,5% (Hình 3.23).



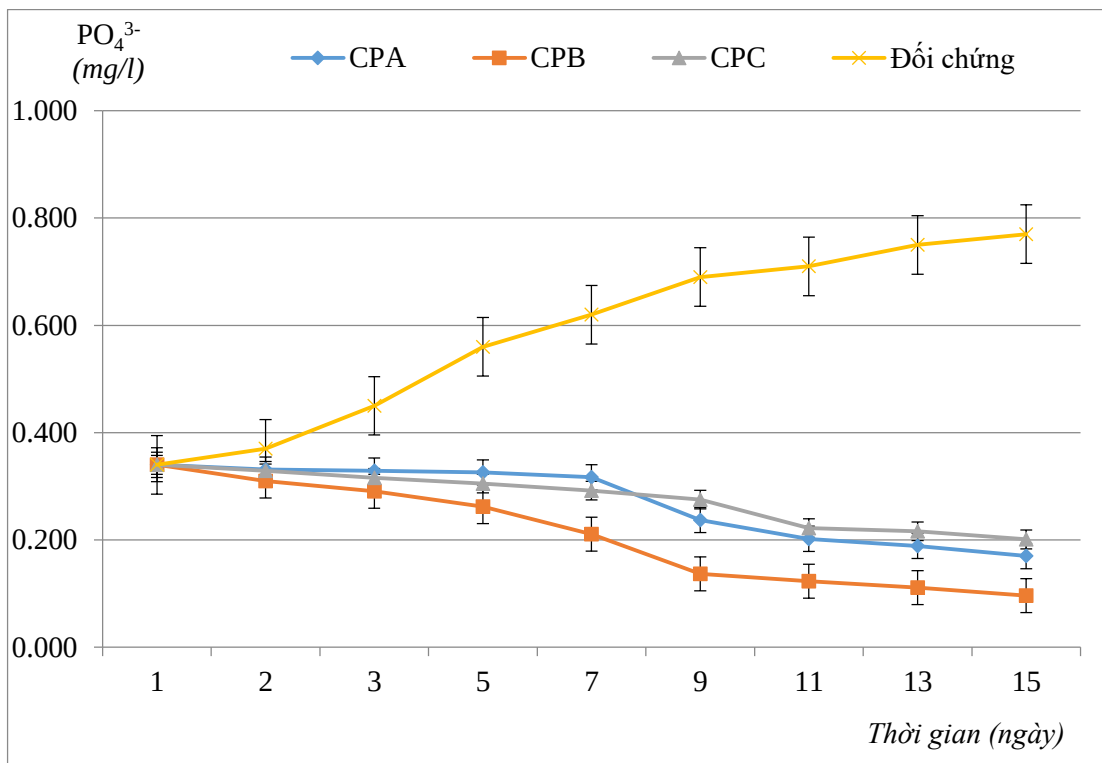
Hình 3.23. Biến động N-NH₄⁺ trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau

Trong 3 loại chế phẩm sau 15 ngày xử lý, hiệu quả xử lý của CPB cho hàm lượng N-NH₄⁺ nằm trong GHCP 0,3 mg/l. Hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ của 3 loại chế phẩm cao hơn so với nghiên cứu của Trương Văn Đoàn, hiệu quả xử lý N-NH₄⁺ trong ao nuôi tôm nước lợ đạt 77,4% và nghiên cứu của Ngô Quốc Bưu và cộng sự có kết quả nghiên cứu hiệu quả hơn, đạt 80,2% [3].

- Hàm lượng P-PO₄³⁻: kết quả xử lý P-PO₄³⁻ trong nước bằng 3 loại chế phẩm cho thấy hàm lượng P-PO₄³⁻ đều giảm: sau 5 ngày, hàm lượng P-PO₄³⁻ trong nước giảm đối với chế phẩm A là 4,12%, chế phẩm B là 22,9% và chế phẩm C là 10,3%. Sau 15 ngày, P-PO₄³⁻ với chế phẩm CPA giảm 50,0% (0,170 mg/l); chế phẩm CPB là 71,8% (0,096 mg/l); chế phẩm CPC là 40,9% (0,201 mg/l). Đối với bể đối chứng hàm lượng P-PO₄³⁻ tăng so với hàm lượng P-PO₄³⁻ ban đầu, sau 5 ngày tăng 64,7% và sau 15 ngày tăng 126,5%.

Trong 3 loại chế phẩm sử dụng để xử lý nước nuôi tôm, chế phẩm CPB có hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ cao nhất đạt 71,8%. Hiệu quả xử lý P-PO₄³⁻ với từng loại chế

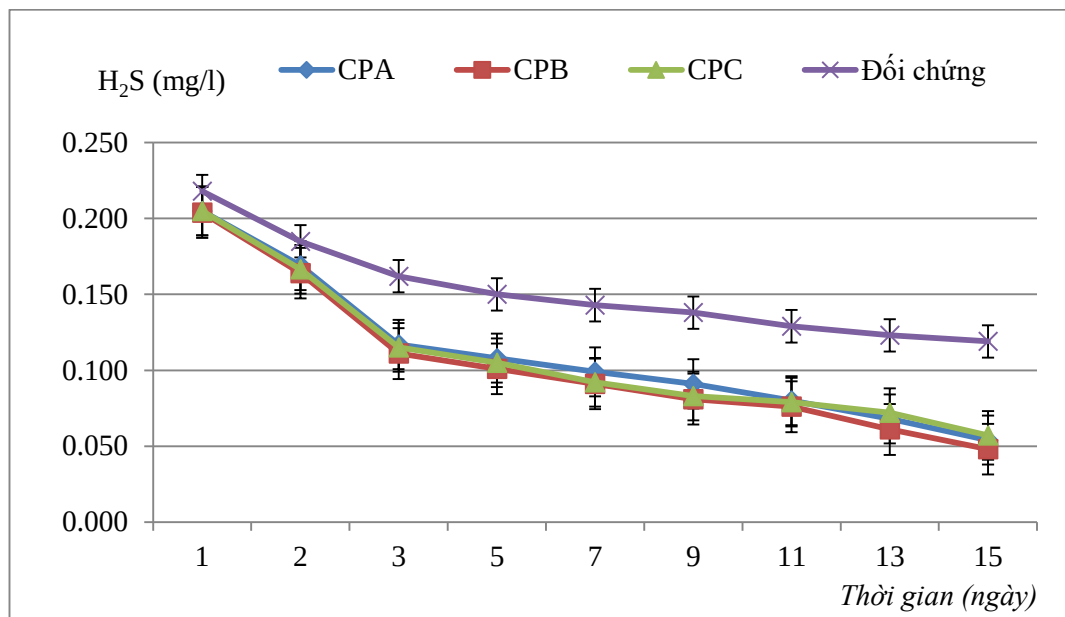
phẩm và biến động hàm lượng P-PO_4^{3-} (Hình 3.24).



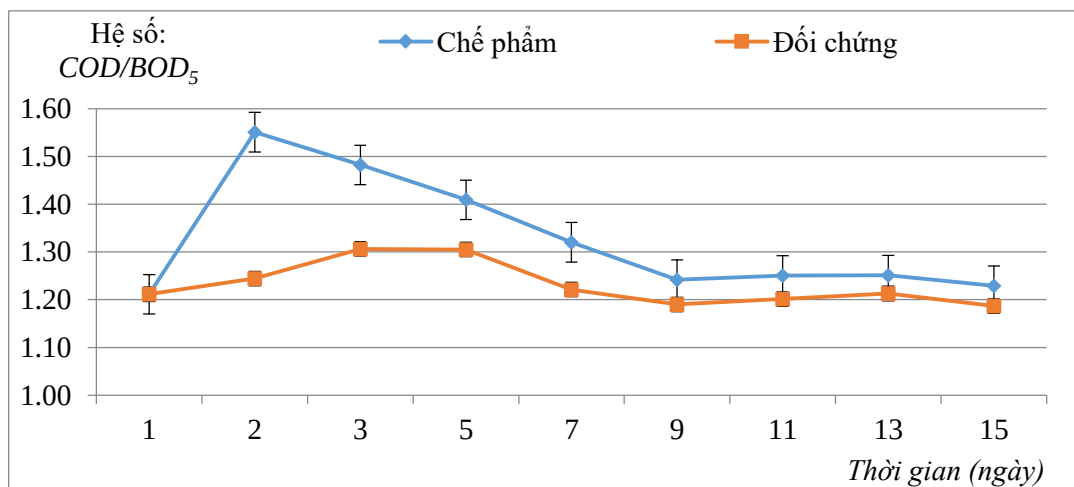
Hình 3.24. Biến động P-PO_4^{3-} trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau

- Hàm lượng H_2S : Khi sử dụng 3 loại chế phẩm trong xử lý H_2S trong nước, sau 5 ngày, hàm lượng H_2S giảm xuống nhanh (0,101 - 0,108mg/l), hiệu quả xử lý với CPA đạt 68,2%, CPB đạt 82,1%, CPC đạt 78,8%. Sau 15 ngày, với chế phẩm CPA, hiệu quả xử lý đạt 84,12% - hàm lượng H_2S trong nước sau xử lý còn 0,054mg/l; đối với chế phẩm CPB, hiệu quả xử lý đạt 77,7% - hàm lượng H_2S còn 0,048mg/l; với chế phẩm CPC, hiệu quả xử lý đạt 76,7 - hàm lượng H_2S trong nước sau xử lý còn 0,057mg/l. Đối với bể đối chứng trong điều kiện có sục khí, ghi nhận hàm lượng H_2S giảm; ban đầu, hàm lượng H_2S là 0,218mg/l, sau 5 ngày hàm lượng H_2S giảm 26,83% và sau 15 ngày giảm 41,95%, hàm lượng H_2S trong nước còn 0,119 mg/l (Hình 3.25).

Như vậy, sử dụng 3 loại chế phẩm xử lý đều cho kết quả hàm lượng H_2S trong nước giảm, trong đó chế phẩm CPB xử lý H_2S giảm xuống thấp nhất đạt 0,048mg/l nằm trong GHCP (0,05mg/l).



Hình 3.25. Biến động H_2S trong các lô thí nghiệm với CPSH khác nhau



Hình 3.26. Hệ số D trong các lô thí nghiệm có bổ sung CPSH và đối chứng

- Hệ số COD/BOD₅ (D) phản ánh khả năng tự làm sạch của môi trường nước. Hàm lượng BOD₅ càng lớn chứng tỏ trong môi trường mật độ vi khuẩn chuyển hóa chất hữu cơ cao. Như vậy D càng thấp thì khả năng tự làm sạch môi trường nước càng cao. đối với những bể thí nghiệm có sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý, hệ số D dao động trong khoảng 1,21 - 1,55; đối với bể đối chứng không sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý có hệ số D trong khoảng 1,19 - 1,30. Trong 5 ngày đầu, hệ số biến động

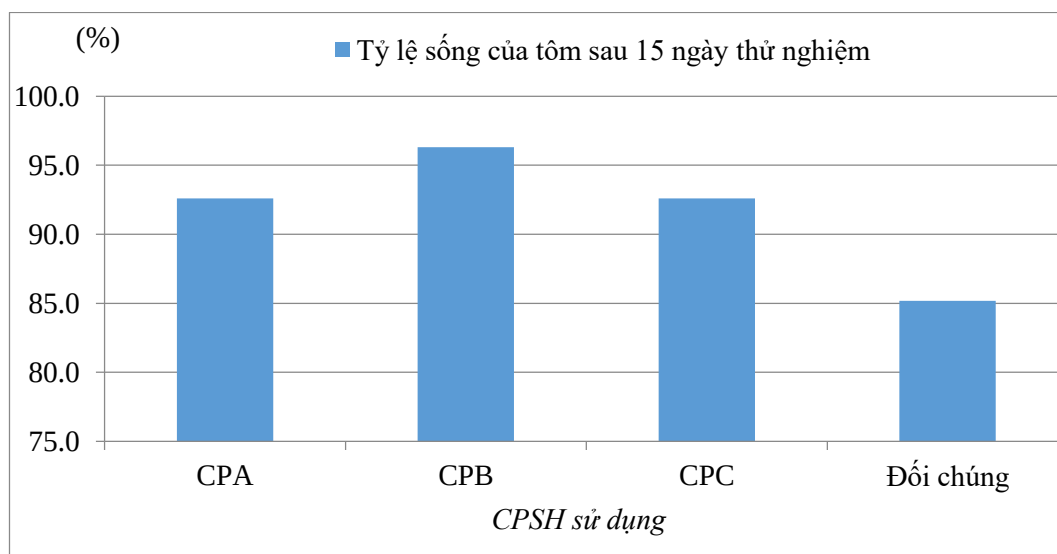
và chênh lệch hơn so với ngày thứ 6 đến ngày 15 (Hình 3.25).

Kết quả thí nghiệm trên cho thấy: Chế phẩm sinh học có tác dụng và hiệu quả trong việc giảm thiểu ô nhiễm hữu cơ trong nước ao nuôi tôm. Chế phẩm sinh học không những làm cho lượng chất thải rắn, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ giảm mà còn làm tăng vi sinh vật có lợi trong ao nuôi giúp môi trường luôn được ổn định.

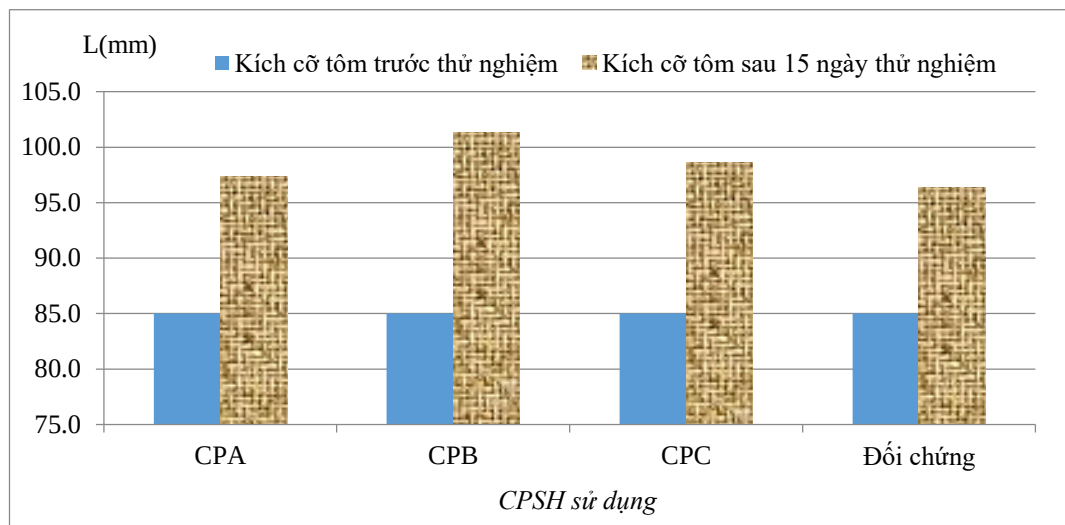
➤ **Tỷ lệ sống và tăng trưởng của tôm trong các lô thí nghiệm**

- Tỷ lệ sống của tôm trong các lô thí nghiệm khi sử dụng 3 loại chế phẩm xử lý nước nuôi cho kết quả: Lô thí nghiệm sử dụng CPA là 92,6%; Lô thí nghiệm sử dụng CPB đạt cao nhất là 96,3%; Lô thí nghiệm sử dụng CPC đạt 88,9% và lô thí nghiệm đối chứng KCP chỉ đạt 85,2%.

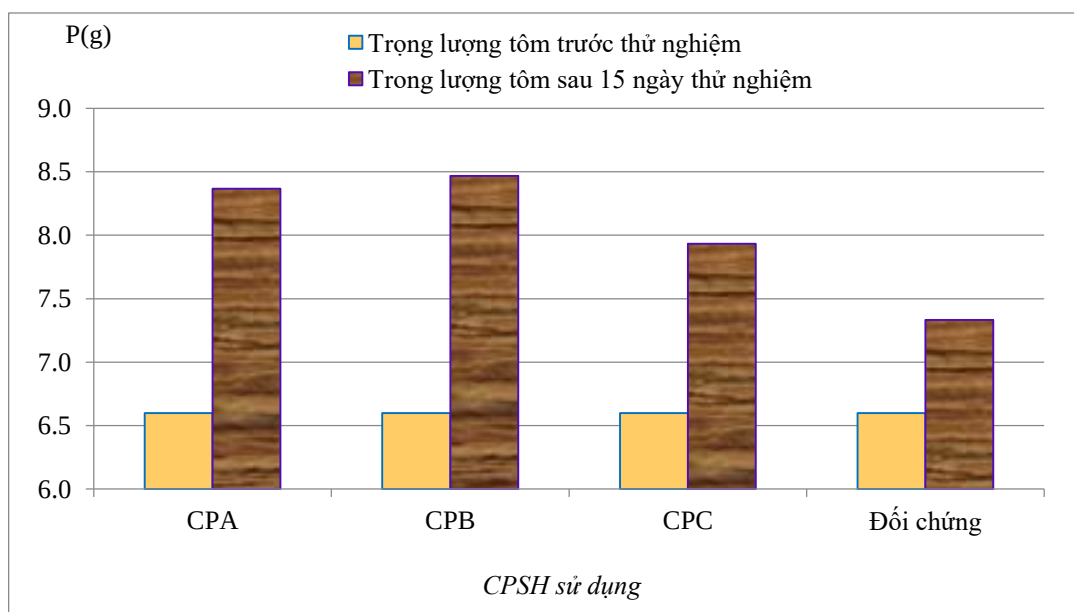
- Tăng trưởng của tôm trong các lô thí nghiệm: trước thí nghiệm, chiều dài trung bình của tôm $L = 85\text{mm}$; trọng lượng trung bình $P = 6,6\text{g}$. Sau 15 ngày, các lô thí nghiệm đều cho kết quả chiều dài và trọng lượng tôm tăng. Lô thí nghiệm sử dụng CPA: chiều dài trung bình của tôm tăng 12,3mm; trọng lượng trung bình tăng 1,8g. Lô thí nghiệm sử dụng CPB: chiều dài trung bình của tôm tăng 16,3mm; trọng lượng trung bình tăng 1,9g. Lô thí nghiệm sử dụng CPC: chiều dài trung bình của tôm tăng 13,7mm; trọng lượng trung bình tăng 1,3g. Lô thí nghiệm đối chứng KCP: chiều dài trung bình của tôm tăng 11,3mm; trọng lượng trung bình tăng 0,9g.



Hình 3.27. Tỷ lệ sống của tôm trong thời gian thử nghiệm



Hình 3.28. Kích cỡ tôm trong thời gian thử nghiệm



Hình 3.29. Trọng lượng tôm trong thời gian thử nghiệm

- Tỷ lệ sống và tăng trưởng của tôm trong lô thí nghiệm sử dụng CPB tốt nhất so với lô thí nghiệm sử dụng CPA, CPB. Kết quả nghiên cứu trên cho thấy chế phẩm vi sinh không có tác dụng không tốt cho môi trường và tôm nuôi (Hình 3.26, Hình 3.27 và Hình 3.28).

3.3.2. Thử nghiệm quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường ở quy mô sản xuất tại Tân An, Quảng Ninh

Sau đó, lựa chọn được CPH (CPB) tốt nhất trong 3 loại CPSH thử nghiệm trong phòng thí nghiệm để xử lý nước ao nuôi tôm, cộng với áp dụng quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường đề xuất để tiếp tục thử nghiệm ở quy mô sản xuất (4.000 m²) trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang thực hiện tại Tân An, Quảng Ninh để làm cơ sở hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm. Kết quả cụ thể như sau:

a) Biến động một số yếu tố môi trường tại các ao nuôi

Trên cơ sở của mô hình “nuôi tôm ít thay nước” đang được áp dụng tại vùng nuôi tại Tân An, Quảng Ninh luận án đã bổ sung một số kết quả thực nghiệm, tuyển chọn và ứng dụng các biện pháp kỹ thuật mới để hoàn thiện quy trình kỹ thuật kiểm soát ô nhiễm môi trường áp dụng cho mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đã bổ sung hoặc thay đổi một số công đoạn trong quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường tại Tân An, Quảng Ninh.

1 Hoàn thiện cơ sở hạ tầng và trang thiết bị đồng bộ. Tạo vùng nuôi tôm thành 3 khu (03 Block): Hệ thống cấp nước, Hệ thống ao nuôi và hệ thống xử lý nước.

2 Bổ sung CPSH (trung bình sử dụng 1kg CPSH/2.000 m³ nước) để xử lý và tạo nhóm vi sinh vật có lợi sau khi khử trùng nước cấp bằng Chlorine và xử lý nước thải từ ao nuôi tôm.

3 Dùng Saponine (hạt chè) để diệt dịch hại và CPSH để cải tạo nền đáy.

4 Hoàn chỉnh quy trình cấp nước và thay nước, chế độ sục khí, đảo nước.

5 Bố trí hệ thống sục khí đáy ao kết hợp máy đảo nước để cấp O₂ và thu gom chất thải rắn.

6 Bố trí lồng nuôi cá rô phi ở giữa ao để tiêu thụ chất thải rắn và duy trì và ổn định sự phát triển của tảo đơn bào.

7 Chuẩn hóa việc quản lý chăm sóc và ghi chép nhật ký hàng ngày.

Kết quả Bảng 3.14 cho thấy độ mặn, pH tương đối ổn định, mức dao động không vượt quá 0,7 - 1,1 mặc dù tôm nuôi trong những tháng mùa mưa. Biên độ biến

động t° sáng - chiều hàng ngày tương đối cao. $t^{\circ}_{\max}$ trong ngày tối đa lên tới 33°C nhưng chỉ xảy ra trong những ngày “động trời”.

Hàm lượng O_2 có lúc giảm thấp dưới $3,4 \text{ mg } \text{O}_2/\text{l}$ chỉ xảy ra vào một số buổi tối sau 2-3 h đêm. Hàm lượng N-NO_2^- , N-NH_4^+ , P-PO_4 và chỉ số BOD_5 , COD nằm trong giới hạn cho phép (vượt mức 04 chỉ một vài ngày) theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT và QCVN 02-19/2014/BNNPTNT. Đáng chú ý là những tháng cuối COD tăng lên ở tất cả các ao nhưng lượng khí độc trong ao vẫn ở mức tôm có thể chịu đựng được và hàm lượng Oxy hoà tan trong ao luôn ở ngưỡng cho phép.

Bảng 3.14. Biến động yếu tố môi trường trong ở mật độ nuôi khác nhau trong ao thử nghiệm và đối chứng

Yếu tố kiểm tra	Ao thử nghiệm/Mật độ			Ao đối chứng (35 con/m ²)
	25 con/m ²	35 con/m ²	45 con/m ²	
Độ mặn (S‰)	Dao động từ 7 - 17‰, thấp nhất vào tháng cuối chu kỳ nuôi	Dao động từ 6 - 16‰, thấp nhất vào tháng cuối chu kỳ nuôi	Dao động từ 6 - 16‰, thấp nhất vào tháng cuối chu kỳ nuôi	Dao động từ 7 - 15‰, thấp nhất vào tháng cuối chu kỳ nuôi
T ^o C	Dao động từ 23-32 ^o C, buổi sáng thấp hơn buổi chiều 2-6 ^o C.	Dao động từ 22-33 ^o C, buổi sáng thấp hơn buổi chiều 2-7 ^o C.	Dao động từ 22-32 ^o C, buổi sáng thấp hơn buổi chiều 2-9 ^o C.	Dao động từ 22-32 ^o C, buổi sáng thấp hơn buổi chiều 2-9 ^o C.
pH	7,5-8,2; thấp vào buổi sáng cao vào buổi chiều. Chênh lệch sang- chiều<0,7	7,5-8,4; thấp vào buổi sáng cao vào buổi chiều. Chênh lệch sang- chiều<0,9	7,5-8,3; thấp vào buổi sáng cao vào buổi chiều. Chênh lệch sang- chiều<0,8	7,4-8,5; thấp vào buổi sáng cao vào buổi chiều. Chênh lệch sang- chiều<1,1

Oxy mgO ₂ /l	Dao động từ 3,8-8,1; tầng mặt thường cao hơn tầng đáy, buổi chiều cao hơn buổi sáng. Tháng thứ 3-4 Oxy thấp hơn.	Dao động từ 3,8-8,5; tầng mặt thường cao hơn tầng đáy, buổi chiều cao hơn buổi sáng. Tháng thứ 3-4 Oxy thấp hơn	Dao động từ 3,4-8,6; tầng mặt thường cao hơn tầng đáy, buổi chiều cao hơn buổi sáng. Tháng thứ 3 Oxy thấp hơn.	Dao động từ 3,6-8,2; tầng mặt thường cao hơn tầng đáy, buổi chiều cao hơn buổi sáng. Tháng thứ 3 O ₂ thấp hơn.
Độ trong	22-40, giảm dần theo tháng nuôi	20-44, giảm dần theo tháng nuôi	22-40, giảm dần theo tháng nuôi	22-45, giảm dần theo tháng nuôi
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,09 - 0,50; cao vào tháng cuối	0,09 - 0,52; cao vào tháng cuối	0,09 - 0,57; cao vào tháng cuối	0,09 - 0,61; cao vào tháng cuối
N-NO ₂ ⁻ mg/l	0,011-0,04; cao vào tháng cuối	0,15-0,037; cao vào tháng cuối	0,011-0,046; cao vào tháng cuối	0,011-0,051; cao vào tháng cuối
N-NH ₄ ⁺ mg/l	0,09-0,55; cao vào tháng cuối	0,07-0,56; cao vào tháng cuối	0,07-0,61; cao vào tháng cuối	0,07-0,9; cao vào tháng cuối
BOD ₅ mgO ₂ /l	7,3-19,2; Cao vào tháng cuối vụ	7,1-20,6; Cao vào tháng cuối vụ	7,4-21,1; Cao vào tháng cuối vụ	7,3-32,1; Cao vào tháng cuối vụ
COD mgO ₂ /l	9,8-29,2; cao vào các tháng cuối vụ	9,6-32,0; cao vào các tháng cuối vụ	9,7-33,7; cao vào các tháng cuối vụ	9,4-39,3; cao vào các tháng cuối vụ

Hệ số giữa COD/BOD₅ ở tháng đầu chu kỳ nuôi dao động từ 1,28% đến 1,35% và không có sự sai khác giữa ao thí nghiệm và ao đối chứng.

Tháng cuối chu kỳ nuôi chỉ số COD và BOD₅ trong các ao nuôi và ao đối chứng tăng lên rõ rệt (COD: 29,2 - 39,3; BOD₅: 19,2 - 29,5), điều đó cho thấy có thể do tháng cuối vụ nuôi sản lượng tôm tăng, thức ăn sử dụng nhiều hơn dẫn đến sự dư thừa thức ăn làm cho chất thải rắn trong ao nuôi tăng.

Hệ số COD/BOD₅ của các ao thử nghiệm dao động từ 1,52% - 1,59%; trong khi đó ở ao đối chứng là 1,33%. Dẫn liệu trên chứng tỏ trong các ao thí nghiệm có bổ sung chế phẩm vi sinh hợp lý nên khả năng tự làm sạch tốt hơn so với ao đối chứng được thể hiện tại Bảng 3.15.

Bảng 3.15. Hệ số D ở tháng đầu và tháng cuối của chu kỳ nuôi tôm

TT	Ao/mật độ nuôi	COD đầu chu kỳ nuôi			COD cuối chu kỳ nuôi		
		COD	BOD ₅	COD/BOD ₅	COD	BOD ₅	COD/BOD ₅
1	25 con/m ²	9,8	7,3	1,34	29,2	19,2	1,52
2	35 con/m ²	9,6	7,1	1,35	32,0	20,6	1,55
3	45 con/m ²	9,7	7,4	1,31	33,7	21,1	1,59
4	ĐC: 35 con/m ²	9,4	7,3	1,28	39,3	29,5	1,33

Bảng 3.16. Biến động Oxy trung bình tầng mặt và tầng đáy ao nuôi tôm

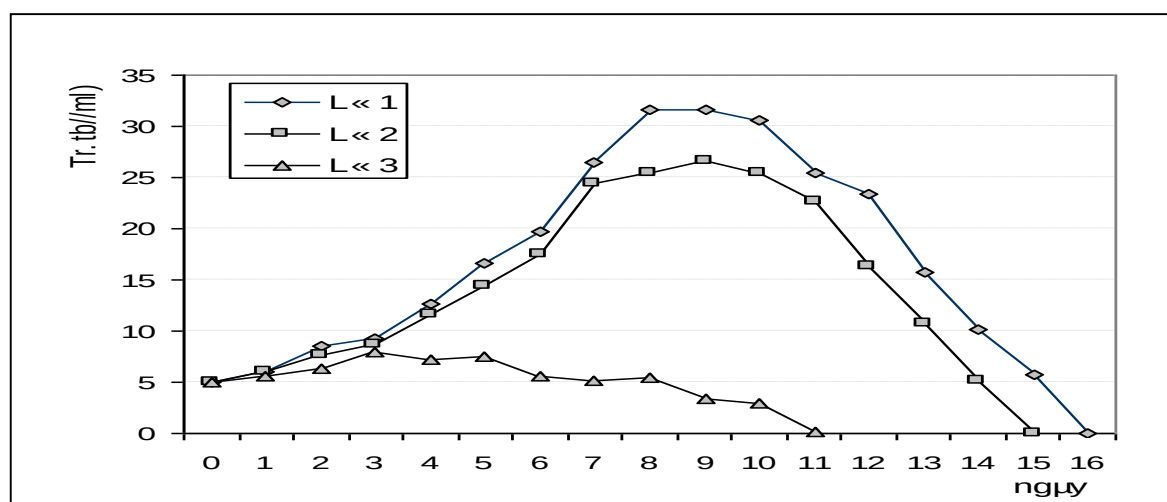
Lô TN	Tháng nuôi	Tầng nước	Thời gian thu mẫu, mgO ₂ /l							
			5h	8h	11h	14h	17h	20h	23h	2h
Lô thí nghiệm	Thứ 1	Mặt	4,1	4,9	6,5	7,1	7,0	6,0	4,3	4,3
		Đáy	3,3	4,0	4,8	5,5	5,1	5,1	3,6	3,3
	Thứ 2	Mặt	3,9	4,9	6,7	7,5	7,6	6,3	4,5	4,2
		Đáy	3,7	4,1	5,0	5,7	5,9	4,9	3,9	3,7
	Thứ 3	Mặt	3,9	4,9	6,3	7,9	7,8	6,9	4,2	4,1
		Đáy	3,4	3,9	4,9	5,7	5,9	5,0	3,7	3,5
Lô đối chứng	Thứ 1	Mặt	4,0	4,7	5,5	6,6	5,8	5,3	4,0	3,7
		Đáy	3,5	4,1	4,2	5,4	4,1	4,1	3,6	3,0
	Thứ 2	Mặt	3,5	4,6	6,3	6,5	6,6	6,3	4,5	3,6
		Đáy	3,1	4,0	4,1	4,3	4,4	4,1	3,8	3,2
	Thứ 3	Mặt	3,3	4,8	6,1	6,9	5,9	6,9	4,2	3,4
		Đáy	3,2	3,5	3,3	3,4	3,1	3,0	3,1	2,9

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 3.16 cho thấy trong ao có ứng dụng quy trình kiểm soát chất lượng môi trường hàm lượng O_2 tương đối ổn định và cao hơn lô đối chứng, đặc biệt là ở tầng đáy ao nuôi; Oxy tầng mặt thường cao hơn tầng đáy cả về ngày lẫn đêm; Lượng Oxy hoà tan trong ao cao vào lúc từ 11h đến 17h; Lượng Oxy hoà tan trong ao thấp vào lúc 2 - 5h sáng; tháng thứ 3 Oxy tầng đáy ban đêm không thấp dưới 3 mg/l.

b) Sự phát triển của tảo đơn bào trong ao nuôi tôm

Duy trì sự phát triển của tảo micro trong ao nuôi là cần thiết trong việc kiểm soát chất lượng môi trường trong ao nuôi. Trong quá trình quang hợp tảo hấp thu CO_2 và thải O_2 hòa tan trong ao; hấp thu muối dinh dưỡng và khí độc làm giảm thiểu sự phú dưỡng trong ao nuôi; quá trình phát triển, quần thể tảo đơn bào có tác dụng ức chế một số loại vi khuẩn có hại phát triển trong ao nuôi và làm giảm độ trong, từ đó ức chế sự phát triển của các loài tảo bậc thấp, đa bào sống đáy ao.

Các tỉnh ven biển phía Bắc nói chung và Quảng Ninh mùa nuôi tôm trùng với mùa mưa, độ mặn có xu hướng giảm dần. Do vậy, thường thời gian đầu độ mặn cao tảo khuê phát triển nhiều trong ao; vào tháng thứ 2 và 3 mưa làm cho độ mặn giảm dần và tảo lục sẽ phát triển, phổ biến là *Chlorella sp.* Trong ao thử nghiệm khi bổ sung thêm chế phẩm gây màu tảo và chế phẩm xử lý môi trường làm cho tảo *Chlorella sp.* phát triển tương đối ổn định (Bảng 3.17, Hình 3.21).



Hình 3.30. Sự phát triển của *Chlorella sp.* trong môi trường nước ao nuôi tôm

Trong các ao thí nghiệm, tháng thứ nhất tảo lục phát triển ít chủ yếu là tảo khuê, trong đó chiếm ưu thế là giống *Chaetoceros*. Tháng thứ 2 và 3 khi độ mặn giảm tảo *Chlorella sp* chiếm ưu thế trong ao. Các loài tảo khác với mật độ rất thấp; So với các ao thí nghiệm thì ao đối chứng, mật độ tảo thưa và nhanh bị tàn lụi trong vòng đến 7 đến 11 ngày.

Tiến hành lấy nước ao nuôi số 02, 03 và ao đối chứng 04 để nuôi thử nghiệm tảo *Chlorella sp*. Ao 02 và 03 nuôi theo nội dung hướng dẫn của Mô hình kiểm soát chất lượng môi trường, ao 04 (ĐC) nuôi theo kỹ thuật thông thường. Kết quả cho thấy tảo *Chlorella sp* phát triển tốt và lâu tàn lụi hơn so với tảo *Chlorella sp* trong ao đối chứng được thể hiện tại Hình 3.29.

Bảng 3.17. Thành phần một số loài tảo chủ yếu trong ao nuôi tôm

TT	Tảo/tháng Ao nuôi	<i>Chlorella sp.</i>			<i>Chaetoceros</i>			Tảo khác		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	25 con/m ²	-	+++	+++	++	+	-	+	-	-
2	35 con/m ²	-	+++	+++	++	+	-	-	-	-
3	45 con/m ²	-	+++	+++	++	+	-	+	-	-
4	ĐC: 35 con/m ²	-	+	++	+	-	-	-		

c) Tỷ lệ sống, năng suất và cỡ tôm nuôi trong các lô thực nghiệm

Sinh trưởng và phát triển của tôm nuôi phụ thuộc nhiều vào chế độ dinh dưỡng, chất lượng môi trường nước của ao nuôi. Tôm trong các ao thí nghiệm được nuôi trong vòng 115 ngày kể cả giai đoạn ương có tốc độ sinh trưởng tốt. Với mật độ nuôi cao nhưng mức tăng trọng trong các tháng phù hợp với quy luật chung của nhiều tác giả đã đề cập [4], [19].

Bảng 3.18. Tỷ lệ sống, cỡ tôm và năng suất đạt được trong các lô thí nghiệm

Ao	Mật độ	Tỷ lệ sống	Cỡ tôm (g/con)	Năng suất	Chất lượng tôm
1	25 con/m ²	65 %	17,9 ± 4,3	2.900 kg/ha	Không có dấu hiệu bệnh
2	35 con/m ²	64 %	16,7 ± 6,4	3.740 kg/ha	Cỡ tôm không đồng đều
3	45 con/m ²	65 %	17,4 ± 4,1	5.090 kg/ha	Không có dấu hiệu bệnh
4 (ĐC)	35 con/m ²	61 %	15,3 ± 7,1	3,266kg/ha	Cỡ tôm không đồng đều

Kết quả Bảng 3.18 cho thấy:

- Cùng mật độ nuôi (35con/m²) tuy tỷ lệ sống giữa ao thí nghiệm và đối chứng không chênh lệch nhiều (64/61%) nhưng cỡ tôm ao đối chứng nhỏ hơn ao thí nghiệm (16,7/15,3g/con) và năng suất là 3.740/3.266 kg/ha.

- Năng suất tôm trong các ao thí nghiệm với mật độ khác nhau đạt tương đối cao (2.900 kg/ha/vụ ở mật độ 25 con/m²; 3.740 kg/ha/vụ ở 35 con/m² còn ở mật độ 45 con/m² đạt 5.090 kg/ha/vụ).

- Tỷ lệ sống trong ao nuôi thí nghiệm đạt từ 64% đến 65%, cao ở lô mật độ 25 và 45 con/m² còn thấp ở ao có mật độ 35 con/m².

- Trọng lượng tôm nuôi trong các ao thí nghiệm đạt từ 16,7 đến 17,9g, không đều trong ao 35 con/m².

- Ao mật độ nuôi 35 con/m² có tỷ lệ sống thấp, kích thước không đồng đều là do ao có hiện tượng thẩm lậu (mất nước) dẫn đến các yếu tố môi trường biến động theo hướng không có lợi. Mức độ sử dụng chế phẩm sinh học và các chi phí khác ở ao này cũng cao hơn ao khác.

Một số nhận xét

- Mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” với Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường ao nuôi đề xuất ở Tân An, Quảng Ninh có kết quả khả quan; chất lượng môi trường ổn định, tôm khỏe, không có dấu hiệu bệnh và năng suất cao.

- Chế phẩm sinh học CPB thử nghiệm trong ao nuôi tôm có tác dụng tốt trong việc xử lý giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

3.3.3. Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh

Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung được xây dựng và hoàn thiện trên cơ sở áp dụng cho mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” (Phụ lục 02) vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh được hoàn thiện trên cơ sở tổng hợp, chỉnh sửa, bổ sung từ các kết quả thực nghiệm ở phòng thí nghiệm và quy mô sản xuất, của cùng với ứng dụng các biện pháp kỹ thuật bổ sung mới.

Trên cơ sở của quy trình kiểm soát chất lượng môi trường đang áp dụng cho

mô hình “nuôi tôm ít thay nước” tại vùng nuôi Tân An, Quảng Ninh, luận án đã chỉnh sửa, bổ sung quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm (quy trình đã có) thông qua các kết quả thực nghiệm ở phòng thí nghiệm và quy mô sản xuất cùng với áp dụng các biện pháp kỹ thuật được đề xuất mới, để hoàn thiện được quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm (quy trình bổ sung, mới) tại Bảng 3.19.

Bảng 3.19. Kết quả so sánh Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường đã có và quy trình hoàn thiện áp dụng cho mô hình nuôi tôm ít thay nước tại Tân An, Quảng Ninh

TT	Nội dung quy trình	Quy trình	Hoàn thiện quy trình (bổ sung, mới)
1	Cơ sở hạ tầng, trang thiết bị, con giống, thức ăn		
1.1	Bố trí mặt bằng hệ thống vùng nuôi	Đã có	Chi tiết, cụ thể và hợp lý hơn
1.2	Hệ thống trang thiết bị để kiểm soát chất lượng môi trường	Đã có	Chi tiết, cụ thể và hợp lý hơn
1.3	Con giống và thức ăn	Đã có	Chọn giống tốt, ương, thuần hóa lên P ₂₀ ; Kiểm tra chất lượng thức ăn, kiểm soát thức ăn thừa; Kiểm soát số lượng chất lượng những vật tư đầu vào khác.
1.4	Nền đáy ao nuôi tôm	Nền đất, bờ kè bê tông	<i>Mới</i> ; nền đáy được lót bạt để không ảnh hưởng môi trường từ nền đáy ao nuôi.
1.5	Người nuôi tôm		Cần được trang bị kiến thức về kiểm soát chất lượng môi trường
2	Kiểm soát nguồn nước cấp		
2.1	Hồ chứa lắng	Đã có	Chi tiết hơn về phương pháp làm nước không bị tù đọng.
2.2	Ao xử lý nước		
-	Diệt mầm bệnh bằng	Đã có	Cụ thể hơn và ko sử dụng hóa chất

	Chlorine hoặc hóa chất		
-	Bổ sung chế phẩm sinh học		<i>Mới</i>
2.3	Cấp nước vào ao nuôi	Đã có	Chi tiết, cụ thể và hợp lý hơn
3	Kiểm soát chất lượng môi trường nước trong ao nuôi tôm		
3.1	Diệt tạp ao nuôi	Đã có	Cụ thể hơn về liều lượng vôi, không dùng hóa chất
3.2	Cấp nước cho ao nuôi	Đã có	Cụ thể hơn; nên cấp ban đầu 70 cm, sau nâng dần mức nước trong ao.
3.3	Công thức bón phân gây màu tảo	Đã có	<i>Mới</i> ; có công thức bón phân cụ thể
3.4	Đảo nước, cung cấp Oxy và thu gom chất thải rắn		
-	Sử dụng quạt nước	Đã có	Cụ thể hơn về thời gian bổ sung
-	Sử dụng máy sục khí		<i>Mới</i> ; dùng máy nén khí để cung cấp oxy tầng đáy
-	Chế độ hoạt động của hệ thống đảo nước-sục khí		<i>Mới</i> ; khi nào 100% đảo nước, khi nào dùng đảo nước hỗn hợp
3.5	Duy trì màu nước ao trong suốt chu kỳ nuôi	Đã có	Cụ thể hơn về biện pháp
3.6	Chế độ bổ sung nước và thay nước	Đã có	Cấp thêm nước 15-20 cm/tuần đến khi đủ độ sâu nước ao nuôi; Cấp bù nước hàng ngày cho lượng bốc hơi và xả chất thải rắn; Thay nước theo định kỳ của chu kỳ nuôi, tăng dần về cuối vụ.
3.7	Thu gom chất thải rắn	Đã có	Cụ thể hơn
3.8	Sử dụng chế phẩm sinh học	Đã có	<i>Mới</i> ; cụ thể hơn về chủng loại và thời gian bổ sung để ổn định môi trường ao nuôi tôm.
3.9	Kiểm tra chất lượng môi trường trong quá trình nuôi	Đã có	<i>Cụ thể các thông số cần quan trắc:</i> Hàng ngày: t°C, pH O ₂ , TSS, màu nước, mùi vị...; Hàng tuần: S°/oo, COD, BOD ₅ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻ và H ₂ S...

4	Xử lý nước thải và tái sử dụng		
4.1	Loại chất thải rắn	Đã có	Cụ thể hơn về thời gian và biện pháp: Đào nước để dồn chất thải rắn vào hố lắng giữa ao; Siphon chất thải rắn theo định kỳ, tăng dần vào tháng cuối; Nuôi thêm rô phi ở lồng giữa ao để tiêu thụ chất thải rắn.
4.2	Xử lý nước sau khi loại chất thải rắn		<i>Mới</i> , trong đó sử dụng chế phẩm sinh học để xử lý
4.3	Tái sử dụng nước khi cần thiết	Đã có	Cụ thể hơn

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1.1. Đánh giá được biến động về chất lượng môi trường nguồn nước cấp, nền đất, nước trong ao, nước thải và bùn thải một số vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh:

- Chất lượng nguồn nước cấp có sự biến động rõ giữa các tháng mùa khô và mùa mưa; các tháng mùa mưa chất lượng môi trường giảm thấp dưới ngưỡng cho phép; nguồn phát thải chủ yếu do sự rửa trôi (mùn bã hữu cơ, hoạt động của sản xuất nông nghiệp, công nghiệp...) do mưa lũ từ sông đổ ra vào tháng 6, 7, 8, 9 của năm;

- Môi trường đất ao nuôi có xu hướng tích lũy các chất gây ô nhiễm sau nhiều năm nuôi tôm độc canh, đặc biệt ở tầng đất mặt (20-30 cm), thể hiện rõ ở các thông số Pts, Nts, NH_4^+ ; ở tầng 50 - 60 cm, 80 - 90 cm có biến động nhưng mức thấp;

- Chất lượng nước trong ao nuôi có sự biến động lớn vào các tháng cuối của chu kỳ nuôi (tháng nuôi thứ 3, 4); chủ yếu ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng. Nguồn phát thải đa phần là thức ăn dư thừa và chất thải của vật nuôi. Qua đây cho thấy những cơ sở nuôi có cơ sở hạ tầng tốt, tuân thủ quy trình nuôi, kiểm soát môi trường, con giống và thức ăn thì chất lượng môi trường tốt và ngược lại;

- Nước thải từ ao nuôi biến động theo thời gian trong mỗi chu kỳ nuôi tôm, tăng dần từ tháng thứ 1 đến tháng thứ 2, 3, 4. Ô nhiễm chất thải ao nuôi có mối quan hệ với mật độ nuôi tăng hoặc giảm, chất lượng thức ăn và số năm nuôi chuyên tôm ở một ao cố định;

- Bùn thải ngay sau nạo vét và bùn ao sau 5 tháng nạo vét từ các ao nuôi tôm cho thấy các thông số EC, Ndt và Pdt và các kim loại nặng (As, Cd, Pb và Cu) trong bùn ao giảm dần theo 5 tháng nạo vét. Trong điều kiện để lưu bùn sau 5 tháng thì lượng Nitơ và Photpho dễ tiêu vẫn ở mức khá cao, hàm lượng kim loại nặng thấp, độ muối giảm có thể tận dụng bùn làm vật liệu để ủ phân bón hoặc trồng cây.

1.2. Đưa ra được các giải pháp (quản lý và kỹ thuật) kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung phù hợp với điều kiện ở Quảng Ninh thông qua phân tích SWOT làm cơ sở xem xét, lựa chọn các giải pháp phù hợp nhất. Trong đó, giải pháp về quản lý: quan trắc môi trường, hoàn thiện cơ chế chính sách, khoa học và công nghệ và xây dựng, hoàn thiện quy trình kiểm soát chất lượng môi trường và giải pháp kỹ thuật: nâng cấp cơ sở hạ tầng, trang bị và kiểm soát chất lượng nước trong nuôi tôm.

1.3. Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung tại Tân An, Quảng Ninh được xây dựng, hoàn thiện thông qua: Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm: Giải pháp kỹ thuật về hiệu quả sử dụng 03 loại CPSH được sản xuất trong nước, đang được sử dụng phổ biến. Kết quả cho thấy đã giảm thiểu rõ rệt ô nhiễm môi trường nước ao nuôi tôm. Trong đó, chế phẩm sinh học CPB cho hiệu quả xử lý tốt nhất. Từ đó, sử dụng Chế phẩm sinh học CPB và áp dụng Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường để xuất để tiến hành thực nghiệm ở quy mô sản xuất với diện tích ao nuôi tôm 4.000 m² trên nền của mô hình “Nuôi tôm ít thay nước” đang thực hiện tại Tân An, Quảng Ninh đạt được kết quả tốt. Trên cơ sở bổ sung, hoàn thiện Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm để xem xét áp dụng rộng rãi trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh.

2. Kiến nghị

2.1. Đề nghị cơ quan quản lý các cấp xem xét áp dụng Quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung ở các mô hình nuôi tôm khác nhau ở các tỉnh ven biển phía Bắc.

2.2. Sử dụng kết quả nghiên cứu của Luận án làm tài liệu tham khảo cho việc xây dựng các chiến lược, quy hoạch và đề án phát triển nuôi tôm.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

- [1] Nguyễn Tiến Long, Đinh Vũ Thanh (2018), Diễn biến chất lượng môi trường đất tại các ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Penaeus vannamei*) tập trung ở tỉnh Quảng Ninh, *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn*-Kỳ 2-Tháng 6/2018, trang 70 - 77.
- [2] Nguyễn Tiến Long, Trần Quang Thư (2018), Nghiên cứu lựa chọn chế phẩm sinh học xử lý nước nuôi tôm tập trung, *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn*, Tháng 12/2018, trang 188 - 194.
- [3] Nguyễn Tiến Long (2020), Đánh giá hiện trạng và biến động môi trường khu vực nuôi tôm tập trung ven biển Việt Nam, *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn*, Tháng 02/2020, trang 73 - 81.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

- [1]. Lê Huy Bá (1996), *Sinh Thái môi trường đất*, Nhà xuất bản nông nghiệp (tái bản có bổ sung, 2000. Tái bản 2002, 2006).
- [2]. Bộ Nông nghiệp và PTNT (2017), *Đề án khung phát triển sản phẩm quốc gia Tôm nước lợ thuộc Chương trình phát triển sản phẩm quốc gia đến năm 2020* (tại Quyết định 4184/QĐ-BNN-TCTS).
- [3]. Ngô Quốc Bru, Phạm Văn Huyền, Huỳnh Quang Năng (2000), “Nghiên cứu sử dụng rong biển để xử lý nhiễm bẩn trong dinh dưỡng”, *Tạp chí Hóa học*, trang 38, số 3: 19-20.
- [4]. Đặng Kim Chi (1998), *Hóa học môi trường*, Tập 1, Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Văn Công (2017), *Tổng quan về ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam, Ngành thủy sản*. Ngân hàng Thế giới. tr 44.
- [6]. Nguyễn Đức Cự (2012), *Nghiên cứu xây dựng biện pháp phục hồi các ao nuôi tôm sú bị bỏ hoang*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN&PTNT.
- [7]. Nguyễn Tử Cương (2020), *Nghiên cứu xử lý chất thải nuôi tôm*, Báo cáo tổng kết gói thầu số 29 thuộc dự án Hỗ trợ nông nghiệp các bon thấp, Ban quản lý các dự án Nông nghiệp, Bộ Nông nghiệp và PTNT.
- [8]. Vũ Văn Dũng (2004), *Nghiên cứu lựa chọn công nghệ và hệ thống thiết bị phục vụ nuôi trồng thủy sản, kiểu công nghiệp, quy mô trang trại*, Báo cáo tổng kết Đề tài cấp nhà nước KC. 07.01.
- [9]. Nguyễn Thị Hoài Giang, Hoàng Thị Quyên (2014), *Xử lý nước thải nuôi tôm thẻ chân trắng thương phẩm bằng hệ thống hồ sinh học kết hợp thả cá rong sụn và sò ở xã Vĩnh Thạch, huyện Vĩnh Linh, tỉnh Quảng Trị*. Tạp chí Khoa học Đại học Huế: KT và CN; ISSN 2588-1175, Tập 127, Số 2A, 2018, Tr. 95-107).
- [10]. Ngô Xuân Hải (2004), *Nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật công trình thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản tại các vùng sinh thái khác nhau*. Đề tài KC07.06,

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Tp. Hồ Chí Minh.

- [11]. Nguyễn Văn Hảo, Cao Thành Trung và Lê Hồng Phước (2011), Thực trạng sử dụng thuốc, hóa chất và chế phẩm sinh học trong ao nuôi thâm canh, vấn đề tôm bệnh trên diện rộng ở các mô hình trang trại ở Mỹ Thanh, Sóc Trăng, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.
- [12]. Nguyễn Thị Thu Hiền, Vũ Văn In, Nguyễn Quang Huy (2016), *Công nghệ biofloc và sự phát triển bền vững nuôi tôm thẻ chân trắng (Litopenaeus vannamei)*, Khoa học công nghệ trong phát triển nuôi trồng thủy sản, Nhà xuất bản nông nghiệp, tr 198 - 208.
- [13]. Nguyễn Mỹ Hoa, Tạ Văn Phương và Phan Thanh Bằng (2010), Khảo sát tính chất môi trường đất nước của mô hình nuôi tôm sú (PENAEUS MONODON) kết hợp lúa, màu trên vùng đất phèn nhiễm nặng ở Hậu Giang, *Tạp chí Khoa học* 2010:16b 80-87.
- [14]. Nguyễn Phú Hòa (2012), *Chất lượng môi trường nước trong nuôi trồng thủy sản*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 156 trang.
- [15]. Mai Thế Hùng (2008), “Sơ đồ kết cấu và tính toán thủy lực Cống tiêu nước đáy ao nuôi tôm thâm canh kiểu ống chữ T đục lỗ”, *Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường*, số 20, 03.
- [16]. Nguyễn Minh Kha (2017), “Hiệu quả của mô hình nuôi kết hợp tôm thẻ chân trắng (Litopenaeus vannamei) với các mật độ rong câu (Gracilaria sp) khác nhau”, *Tạp chí KH và CN Nông nghiệp*, ISSN 2588-1256 Tập 1(2) - 2017.
- [17]. Huỳnh Minh Khánh, ThS. Nguyễn Văn Dụng (2018), *Nghiên cứu hàm lượng amoni tổng số (NH_4^+-N) và Amoniac (NH_3-N) có trong các nguồn nước sử dụng sản xuất tôm giống tại Ninh Thuận*). Báo cáo của Chi cục Chăn nuôi và Thú y Ninh Thuận.
- [18]. Nguyễn Đắc Kiên, Nguyễn Quang Trung, Nghiêm Thị Duyên, Lê Thị Hoàng Oanh, Nguyễn Thị Hà (2016), “Tận dụng bùn thải ao nuôi tôm để sản xuất phân bón hữu cơ”, *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Các khoa học Trái đất và Môi*

- trường*, Tập 32, Số 1S (2016) 231 - 237.
- [19]. Đặng Đình Kim (2006), *Nghiên cứu xử lý bùn đáy ao nuôi tôm thâm canh*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Thủy sản.
- [20]. Bùi Lai và cộng sự (2009), *Nghiên cứu về quá trình ô nhiễm hữu cơ trong ao nuôi tôm sú công nghiệp, Kỹ yếu Hội thảo bảo vệ môi trường vùng duyên hải Việt nam phục vụ phát triển thủy sản bền vững, Tp.Hồ Chí Minh.*
- [21]. Lam Mỹ Lan, Dương Nhựt Long và Jean-Claude Micha (2008), So sánh biện pháp kỹ thuật và hiệu quả kinh tế mô hình nuôi tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*) xen canh với trồng lúa. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. Tr 82-88.
- [22]. Nguyễn Văn Lân (2011), *Đánh giá suy thoái môi trường trong quá trình chuyển đổi đất 148 nông lâm sang nuôi trồng thủy sản ở các huyện ven biển ĐBSCL*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Tp. Hồ Chí Minh, Đề tài cấp Nhà nước KC08- 21/06-10.
- [23]. Trịnh Thị Long (2013), *Nghiên cứu giải pháp tổng thể bảo đảm phát triển bền vững các trang trại nuôi tôm nước lợ ở ĐBSCL*, Viện Khoa học Thủy Lợi miền Nam, Tp. Hồ Chí Minh. Đề tài cấp Bộ.
- [24]. Nguyễn Tiến Long (2008), *Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động nuôi tôm chân trắng đến môi trường đất và nước trong khu nuôi thâm canh ở huyện Yên Hưng, tỉnh Quảng Ninh*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [25]. Luật Bảo vệ môi trường (2020).
- [26]. Luật Thủy sản (2017).
- [27]. Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Thị Nga (2011), *Đánh giá mức độ tích tụ và ô nhiễm bùn đáy ao nuôi thâm canh tôm sú, Khoa học công nghệ - nông nghiệp và phát triển nông thôn Tr.173).*
- [28]. Trần Thế Mưu, Bùi Văn Điền (2017), *Tác động của nuôi tôm thẻ chân trắng (Litopenaeus vannamei) quảng canh, quảng canh cải tiến đến môi trường, dịch*

- bệnh và phát triển kinh tế xã hội*, tham luận trình bày tại hội nghị Nghiên cứu khả năng nuôi tôm thẻ chân trắng Quảng canh, Quảng canh cải tiến tại đồng bằng sông Cửu Long, Bộ NN và PTNT, ngày 03/3/2017.
- [29]. Phan Thị Hồng Ngân, Phạm Khắc Liệu (2012), “Đánh giá khả năng xử lý nước thải nuôi trồng thủy sản nước lợ của bể lọc sinh học hiếu khí có lớp đệm ngập nước”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*.
- [30]. Phạm Thị Tuyết Ngân và Trương Quốc Phú (2010), “Biến động các yếu tố môi trường trong ao nuôi tôm Sú (PENAEUS MONODON) thâm canh tại Sóc Trăng”, *Trường Đại học Cần Thơ, Tạp chí Khoa học* 2010:15a 179-188.)
- [31]. Huỳnh Phú (2016), *Nghiên cứu đánh giá môi trường chất lượng nước vùng nuôi tôm sú ven biển Trà Vinh và đề xuất các giải pháp phát triển bền vững*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học thủy lợi Hà Nội.
- [32]. Lê Thị Siêng (2003), *Nghiên cứu diễn biến môi trường nước do hoạt động nuôi tôm ở các tỉnh Bạc Liêu, Cà Mau ảnh hưởng tới môi trường và đề xuất các biện pháp khắc phục*, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Tp. Hồ Chí Minh. Đề tài cấp Bộ Nông nghiệp &PTNT.
- [33]. Nguyễn Hồng Sơn, Bùi Thị Lan Hương, Mai Văn Trinh, Trần Quốc Việt, Đỗ Phương Chi, Lê Huy Bá, Lê Thị Thanh Thủy, Sái Hồng Dương, Trịnh Thị Long (2016), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tiên tiến, phù hợp xử lý suy thoái môi trường nước nhằm sử dụng bền vững tài nguyên cho vùng nuôi tôm các tỉnh ven biển Bắc Bộ và vùng nuôi cá tra ĐBSCL*, Báo cáo tổng kết Đề tài cấp nhà nước KC08/11-15.
- [34]. Sở NN&PTNT Quảng Ninh (2016), *Báo cáo tổng hợp quy hoạch phát triển ngành thủy sản tỉnh Quảng Ninh đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030*.
- [35]. Lê Mạnh Tân (2006), “Đánh giá các tác động ảnh hưởng tới chất lượng nước vùng nuôi tôm Cần Giờ”, *Tạp chí Phát triển KH&CN*, Tập 9, số 4-2006.
- [36]. Mai Văn Tài (2003), *Điều tra đánh giá hiện trạng các loại thuốc, hóa chất và chế phẩm sinh học dùng trong nuôi trồng thủy sản nhằm đề xuất các giải pháp quản lý*, Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản 1, Báo cáo tổng kết nhiệm vụ

môi trường cấp Bộ NN&PTNT.

- [37]. Mai Văn Tài (2008, 2009, 2010), *Quan trắc và cảnh báo chất lượng môi trường, dịch bệnh thủy sản miền Bắc Việt Nam*, Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản 1, Báo cáo tổng kết nhiệm vụ môi trường cấp Bộ NN&PTNT.
- [38]. Lương Văn Thành (2016), *Nghiên cứu giải pháp thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản, giảm thiểu ô nhiễm môi trường vùng ven biển từ Vũng Tàu - Trà Vinh*, Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam.
- [39]. Tăng Đức Thắng (2015-2018), *Nghiên cứu dự báo và giải pháp giảm thiểu sự lan truyền ô nhiễm theo dòng chảy phục vụ nuôi trồng thủy sản vùng bán đảo Cà Mau*, Báo cáo tổng kết, Đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT.
- [40]. Tăng Đức Thắng (2005), *Nghiên cứu giải pháp KHCN đánh giá và quản lý nguồn nước hệ thống thủy lợi có cống ngăn mặn và đề xuất giải pháp khắc phục ô nhiễm ở ĐBSCL*, Báo cáo tổng kết, Đề tài cấp Bộ NN và PTNT.
- [41]. Nguyễn Hữu Thọ (2006-2007), *Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến suy thoái môi trường, đề xuất giải pháp sử dụng đất và nước hiệu quả ở những vùng nuôi tôm đang bị giảm năng suất*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Thủy sản (nay là Bộ Nông nghiệp và PTNT).
- [42]. Thông tư số 45/2010/TT-BNNPTNT ngày 22/7/2010 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về Quy định điều kiện cơ sở, vùng nuôi tôm sú, tôm chân trắng thâm canh đảm bảo an toàn vệ sinh thực phẩm.
- [43]. Hà Lương Thuận (2004), *Xây dựng các giải pháp công trình thủy lợi phục vụ nuôi trồng thủy sản tại các vùng sinh thái khác nhau*. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật Đề tài, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [44]. Tất Anh Thư và Võ Thị Gương (2010), Đặc tính hóa lý học của bùn thải ao nuôi tôm tại Sóc Trăng, *Tạp chí Khoa học* 2010:16a 209-215, Đại học Cần Thơ.
- [45]. Nguyễn Đình Trung (2011), *Bài giảng quản lý chất lượng nước trong nuôi trồng thủy sản*, Trường Đại học Nha Trang.
- [46]. Lê Trần Tiểu Trúc, Ngô Thụy Diễm Trang, Đặng Thị Thúy Ái, Nguyễn Thị Bé

- Ly, Nguyễn Thị Hồng Ngọc, Đặng Thị Thu Trang, Phạm Việt Nữ (2018), “Hiện trạng quản lý và xử lý chất thải từ ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh tại tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*.
- [47]. Tổng cục Thủy sản (2018), *Đề án tổng thể phát triển ngành công nghiệp Tôm Việt Nam đến năm 2030*.
- [48]. Tổng cục Thủy sản (2019), *Thống kê số liệu quan trắc môi trường vùng nước cấp, trong ao nuôi tôm giai đoạn 2015 - 2018*.
- [49]. Tổng cục Thủy sản (2020), *Quy trình công nghệ nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh 3 giai đoạn, giảm chất thải*, Công nhận tiến bộ kỹ thuật lĩnh vực thủy sản (tại QĐ số 473/QĐ-TCTS-KHCN&HTQT ngày 27/8/2020).
- [50]. Đỗ Thị Cẩm Vân (2019), “Nghiên cứu thành phần, đặc tính của các mẫu bùn thải ao nuôi tôm tỉnh Nghệ An và đánh giá chất lượng bùn thải cho mục đích sản xuất phân Compost”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, số 53 (2019) 90 - 95.
- [51]. Lê Thị Vinh (2015), “*Chất lượng môi trường nước tại các đầm từ Bình Định đến Ninh Thuận trong thời gian gần đây*”, Viện Hải dương học-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*; Tập 15, Số 2; 2015: 176-184 DOI: 10.15625/18593097/15/2/5141).
- [52]. Dương Văn Viện (2007), *Nghiên cứu đề xuất biện pháp thủy lợi trong chuyển dịch cơ cấu NTTS vùng ven biển Nam Bộ*, Đề tài KHCN cấp Bộ.
- [53]. Viện nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản 1 (2019), *Kết quả quan trắc môi trường vùng nuôi tôm tập trung các tỉnh ven biển khu vực miền Bắc - Bắc Trung Bộ (2009 - 2018)*.
- [54]. Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản III (2019), *Kết quả quan trắc môi trường vùng nuôi tôm tập trung các tỉnh ven biển khu vực Nam Trung Bộ (2009 - 2018)*.
- [55]. Viện Nghiên cứu nuôi trồng thủy sản II (2019), *Kết quả quan trắc môi trường vùng nuôi tôm tập trung các tỉnh ven biển khu vực Nam Bộ (2009 - 2018)*.
- [56]. Viện Tài nguyên và Môi trường biển (2018), *Đánh giá sức tải môi trường phục*

vụ lập quy hoạch chi tiết vùng nuôi trồng thủy sản tập trung thành phố Móng Cái đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030. Báo cáo tổng kết đề tài Khoa học công nghệ tỉnh Quảng Ninh.

TIẾNG ANH

- [57]. Apud, F. D. (1985), Extensive and semi-intensive culture of prawn and shrimp in the Philippines, In Taki, Y., Primavera, J. H., Llobrera, J. A. (Eds.), *Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawns/Shrimps*, 4-7 December 1984 (pp. 105-113). Iloilo City, Philippines: Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department.
- [58]. Boyd (1998), Shrimp aquaculture and the environment. *Scientific American*, June 1998.
- [59]. Boyd, C.E and A.W. Fast (1992), Pond monitoring and management. In: *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, edited by fast AW and Lester LJ, Elsevier, Amsterdam. pp. 497-508.
- [60]. Bossier P. and Ekasari J (2017), Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals, *Microbial Biotechnology*. 10 (5). p. 1012-1016.
- [61]. Briggs M., Simon Funge-Smith, Rohana Subasinghe and Machael Phillips (2004), Introduction and movement of *Penaeus vannamei* and *stylirostris* in Asia and the Pacific, *RAP publication /10*.
- [62]. Chakraborti, R.K., D.D. Haldar, N.K.Das, S.K.Mondal and M.L.Bhowmik (1986), Growth of *Penaeus monodon* (Fabricius) under different environmental conditions, *Aquaculture*, 51: 189 - 194.
- [63]. Chanratchakool, P., Turnbull, J., Funge-Smith, S., and Limsuwan, C. (1995), *Health Management in Shrimp Ponds. 2nd Edition*, 111pp. Published by the Aquatic Animal Health Research Institute, Department of Fisheries, Kasetsart University Campus, Bangkok 10900, Thailand.
- [64]. Chanratchakool, P (1995), White patch disease of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *AAHRI Newsletter*. 4,3.

- [65]. Chien Y (1992), Water quality requirements and management for marine shrimp culture, In: Proceedings of the special session on shrimp farming. *World Aquaculture Society*, USA, pp 144-156.
- [66]. David J. W. Moriarty (1999), *Disease control in shrimp Aquaculture with probiotic bacteria*. Biomanagement system Pty. Ltd., 315 Main road, Wellington point. Queensland 4160 Australia and Department of Chemical Engineering. The University of Queensland. Qld. 4072 Australia.
- [67]. Deb, A.K (1998), Fake Blue Revolution: Environmental and Socio-Economic Impacts of Shrimp Culture in the Coastal Areas of Bangladesh, *Ocean and Coastal Management*, 4, 63-88.
- [68]. Ding S F and Shi Z Z, *J Information Sci.*, (2005). Studies on incidence pattern recognition based on information entropy, 31 (6), 497-502.
- [69]. Enell, M. and S. Löfgren (1988), Phosphorus in interstitial water: methods and dynamics. *Hydrobiologia* 170:103-132. Gianello, C., and J.M. Bremner (1986). Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17, 215-236.
- [70]. Feng, Y., Fanghui, Y., & Li, C. (2019). Improved entropy weighting model in water quality evaluation. *Water Resources Management*, 33(6), 2049–2056.
- [71]. Gräslund, S. & Bengtsson, B.E (2001), Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment, *The Science of the Total Environment* 280: 93-131.
- [72]. *Guidelines on ASEAN Good Aquaculture Practices (ASEAN GAqP) for Food Fish* (2015), The ASEAN Secretariat Jakarta.
- [73]. Hazel Monica Matias Peralta (2002), Effects of Commercial Microbial Products on Water Quality in Tropical Shrimp Culture Ponds, *Fisheries Science* 15:239-248, January 2002).
- [74]. Houtte A. V., (2000), Preliminary review of the legal framework governing the use of chemicals in aquaculture in Asia, *In Use of Chemicals in Aquaculture*

- in Asia*. Arthur J. R.; Lavilla-Pitogo C. R. and Subasinghe R. P. 235 p. p 61-71.
- [75]. Huseva, B., Lunestad, B. T., Johanessen, P. J., Enger, i. & Samuelsen, O. B. (1991), Simultaneous occurrence of *Vibrio salmonicida* and antibiotic resistant bacteria in sediments at abandoned aquaculture sites, *Journal of Fish Disease*, 14, 631- 40.
- [76]. Inglis V (2000), Antibacterial Chemotherapy in Aquaculture: Review of Practice, Associated Risks and Need for Action, *In Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Arthur J. R.; Lavilla-Pitogo C. R. and Subasinghe R. P., 2000. 235p. p7-22.
- [77]. Islam, M. S., M. Aminul Islam, M. S. Alam and B. Z. Reshma (1998), Effects of shrimp farming on physico-chemical qualities of water in some medium saline areas in greater Khulna district, *Bangladesh Journal of Fisheries*, 21(1): 83-89.
- [78]. Kadlec, R.H. and Knight, R (1996), Treatment Wetlands, *Lewis Publishers, Boca Raton*, 893 p.
- [79]. Kadlec R.H., and R.L. Knight (1996), Treatment wetlands. Boca Raton, FL: CRC/Lewis Publishers; 1996. ponds in Thailand, *Aquac. Fish. Manage.* 25, 789-811.
- [80]. Kungvankij, P, L.B. Tiro, Jr., B.J. Pudadera, Jr., E. Borlongan, E.T. Tech, T.E. Chua (1986), A prototype warm water shrimp hatchery FAO Field Document, *Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA), NACA Technology Series*, June 1986, 32 pp.
- [81]. Larkins PE (1995), *Report on disease problems of cultured brackish water shrimp and freshwater prawns in Bangladesh*, vol 1. Bangladesh Second Aquaculture Development Project. MOFL/DOF, Government of Bangladesh, 134 pp.
- [82]. Li, P., Qian, H., & Wu, J (2010). Groundwater quality assessment based on improved water quality index in Pengyang County, Ningxia, North west China. *Journal of Chemistry*, 7, 209- 216.

- [83]. M.S. Islam¹, A.H.M. Mustafa Kamal, M.A. Wahab and S. Dewan (2004), *Water quality parameters of coastal shrimp farms from southwest and southeast regions of Bangladesh* ©BFRI Department of Fisheries Management, Bangladesh Agricultural University, Bangladesh Fisheries Research Institute, Brackishwater Station, Paikgacha, Khulna 9280 8(1), 2004: 53-60).
- [84]. Iftekhar. M.S, Islam. M.R (2004), A strategy analysis Journal of Coastal Conservation, *Managing mangroves in Bangladesh* vol. 10, pages 139-146.
- [85]. M. A. Zafar¹, M. M. Haque¹, M. S. B. Aziz¹ and M. M. Alam (2015), *Study on water and soil quality parameters of shrimp and prawn farming in the southwest region of Bangladesh*, Department of Aquaculture and Department of Fisheries Technology, Bangladesh Agricultural University, 13(1): 153-160, 2015 ISSN 1810-3030.
- [86]. Myla S Chakravarty, PRC Ganesh, D Amarnath, B Shanthi Sudha and T Srinu Babu (2016), Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 4(4): 390-395).
- [87]. New, M.B (1995), Status of freshwater prawn farming, *Aquaculture Research*, 26:1-54.
- [88]. Nyan Taw (2014), Shrimp farming, biofloc as biosecurity.
- [89]. Pankaj Kumar¹, K. L. Jetani¹, S. I. Yusuzai¹, A. N. Sayani¹, Shabir Ahamd Dar and Mohd Ashraf Rather (2013), Effect of sediment and water quality parameters on the productivity of coastal shrimp farm, *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*, 2012, 3 (4): 2033-2041 ISSN: 0976-8610 CODEN (USA): AASRFC.
- [90]. Ping Yang, Derrick Y. F. Lai, Baoshi Jin, David Bastviken, Lishan Tan and Chuan Tong (2017), Dynamics of dissolved nutrients in the aquaculture shrimp ponds of the Min River estuary, *China: Concentrations, fluxes and*

environmental loads.

- [91]. Predalumpaburt, Y. and K. Chaikyakam (1994), Impacts of shrimp farm effluent on water qualities, *Technical Paper* No. 7, NACA, 39 pp.
- [92]. Samocha, T.M.; Gandy, R.L.; McMahon, D.Z.; Blacher, T.; Benner, R.A.; Lawrence, A.L (2002), Use of intensive nursery raceway system with limited water discharge to improve production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *World Aquaculture Society Annual Meeting*, Beijing, 23-27 apr./2002, Proceedings... Beijing: *Society Annual Meeting*.
- [93]. Sansanayuth P, Phadungchep A, Ngammontha S, Ngengam S, Sukasem P, Hoshino H, Ttabucanon M.S (1996), Shrimp pond effluent: pollution problems and treatment by constructed wetlands, *Water Science and Technology* 34 (11): 93-98.
- [94]. Schuur A. M (2003), Evaluation of biosecurity application for intensive shrimp farming, *Aquacultural Engineering* June 2003, 28(1-2):3-20.
- [95]. Singh, K. R., Dutta, R., Kalamdhad, A. S., & Kumar, B (2019). Information entropy as a tool in surface water quality assessment. *Environment and Earth Science*, 78(1), 15.
- [96]. Sivakumar J, Harinath Reddy P, Surya Bhaskar Rao S (2014), Basic Deviations of Water Quality Parameters of Shrimp (*L. vannamei*) Culture Ponds at Kongodu, Mogalipalem, and Gorripudi areas of East Godavari District, India, *Journal of Aquaculture Research & Development*, Vol. 11 Iss. 10 No: 613).
- [97]. Sukenda¹, Enang Harris¹, Kukuh Nirmala¹ and Daniel Djokosetiyanto (2016), *Water Quality and Sediment Profile in Shrimp Culture with Different Sediment Redox Potential and Stocking Densities Under Laboratory Condition*, Agricultural University Kampus IPB Cilibende, Jalan Kumbang No 14, Bogor, Jawa Barat 16151. June 2016 Vol 21(2):65-76 ISSN 0853-7291).
- [98]. Lam Van Tan (2019), Soil and Water Quality Indicators of Diversified Farming Systems in a Saline Region of the Mekong Delta, Vietnam, *Agriculture EISSN* 2077-0472, *Published by MDPI*.

- [99]. Tonguthai, K (2000), The use of chemicals in aquaculture in Thailand. In J. R. Arthur, C. R. Lavilla-Pitogo, & R. P. Subasinghe (Eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia: Proceedings of the Meeting on the Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*, Tigbauan, Iloilo, Philippines (pp. 207-220), Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- [100]. Xie Biao (2004), Impact of intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China, *Marine Pollution Bulletin* 48 (5-6): 543-53).
- [101]. X. Biao, L. Tingyou, W. Xipei and Q. YI (2009), Variation in the water quality of organic and conventional shrimp ponds in a coastal environment from Eastern China, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (No 1) 2009, 47-59 Agricultural Academy.
- [102]. Wanninayate, W.M., T.B. Ratnayate, R.M.T.K and Edirisinghe (2001), Experiment culture of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in low salinity environment in Sri Lanka, *Asian Fisheries Forum, Kaohsiung* (Taiwan).
- [103]. Wu, J., Li, P., & Qian, H. (2011). Groundwater quality in Jingyuan County, a semi-humid area in Northwest China. *Journal of Chemistry*, 8 (2), 787-793.
- [104]. Vahab Amiri, Mohsen Rezaei, Nasim Sohrabi (2014), Groundwater quality assessment using entropy weighted water quality index (EWQI) in Lenjanat, Iran.
- [105]. Zhenxiang Xing, Qiang Fu, Dong Liu (2011). Water quality evaluation by the fuzzy comprehensive evaluation based on entropy method Shanghai, *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, Eighth International Conference on 1p. 476 - 479.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Sơ đồ nghiên cứu của luận án

Phụ lục 2: Mô hình nuôi tôm ít thay nước

Phụ lục 3: Số liệu biến động chất lượng nguồn nước cấp ven biển vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh.

Phụ lục 4: Một số hình ảnh khu vực nghiên cứu tại Tân An, Quảng Yên, Quảng Ninh.

Phụ lục 5: Một số hình ảnh thí nghiệm chế phẩm sinh học xử lý nước nuôi tôm tại phòng thí nghiệm.

PHỤ LỤC 1

ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG MÔI TRƯỜNG VÙNG NUÔI TÔM TẬP TRUNG

(PHÂN TÍCH SWOT)

	Tích cực/có lợi trong việc đạt mục tiêu <i>(Kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung)</i>	Tiêu cực/gây hại trong việc đạt mục tiêu <i>(Kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm tập trung)</i>
Tác nhân bên trong vùng nuôi tôm	S- Điểm mạnh - Cơ sở hạ tầng và trang thiết bị đồng bộ, hiện đại (tách biệt nguồn nước cấp và nước thải). - Kiểm soát tốt nguồn giống, chất lượng nước (nguồn nước cấp, trong ao, nước thải), bùn thải và nền đất thông qua việc áp dụng các giải pháp (quản lý, kỹ thuật) nhằm đảm bảo chất lượng nước nuôi tôm, nâng cao năng suất, chất lượng của tôm nuôi. - Bước đầu áp dụng các mô hình nuôi ít thay nước, mô hình nuôi sinh thái nhằm hạn chế phát thải ra ngoài môi trường.	W- Điểm yếu - Chất lượng nước cấp đang chịu tác động bởi nhiều nguồn phát thải. - Chất lượng môi trường nước trong ao có sự biến động vào các tháng cuối của chu kỳ nuôi, tập trung do ô nhiễm dinh dưỡng (N-NH₄⁺). - Nền đất có xu hướng tích tụ chất ô nhiễm sau nhiều năm nuôi độc canh. - Hạ tầng ở nhiều vùng chưa đồng bộ. - Một số người nuôi chưa tuân thủ việc sử dụng thuốc kháng sinh, hóa chất trong quá trình nuôi tôm, gây tồn dư, ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước, đất trong và ngoài vùng nuôi tôm.

Tác nhân bên ngoài vùng nuôi tôm	O- Các cơ hội - Quan trắc, cảnh báo môi trường phòng ngừa dịch bệnh trên tôm nhằm nhận diện các mối nguy, từ đó cảnh báo khả năng ô nhiễm cho các cơ sở/hộ nuôi tôm. - Hoàn thiện cơ chế chính sách (QCVN/TCVN, hướng dẫn kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường...). - Áp dụng và ứng dụng kết quả của khoa học công nghệ và môi trường trong nuôi tôm. - Xây dựng, hoàn thiện và áp dụng quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm. - Tăng cường kiểm tra, giám sát và thông tin, tuyên truyền các chủ cơ sở nuôi tôm.	T- Các thách thức - Công tác quan trắc, cảnh báo còn dàn trải, chưa xác định được những thông số “đặc thù” cần quan trắc, cảnh báo; - Cơ chế chính sách còn thiếu hoặc chưa kịp điều chỉnh để đáp ứng với quá trình phát triển sản xuất nhanh ngoài thực tế. - Thiếu các quy trình kỹ thuật kiểm soát chất lượng môi trường dịch bệnh cho tôm ở các mô hình nuôi khác nhau.
---	---	---

Ghi chú: Phân tích SWOT là một công cụ hữu ích, được sử dụng nhằm hiểu rõ điểm mạnh (Strengths), điểm yếu (Weaknesses), cơ hội (Opportunities) và thách thức (Threats) để áp dụng trong việc đề xuất, lựa chọn các giải pháp kiểm soát chất lượng môi trường vùng nuôi tôm.

PHỤ LỤC 2

MÔ HÌNH NUÔI TÔM ÍT THAY NƯỚC

1. Vị trí địa lý

1.1. Vị trí địa lý

Nằm ở vùng trên triều; cao triều, cao triều thấp hoặc trung triều cao (có thể phơi khô được đáy ao và lấy nước biển theo thủy triều); vùng bãi ngang, ven đảo hoặc cửa sông; gần vùng có nguồn nước biển sạch, các yếu tố lý-hóa thích hợp, tương đối ổn định và có sự tuần hoàn liên tục; gần nguồn nước ngọt để tiện cho việc điều chỉnh độ mặn.

1.2. Điều kiện kinh tế xã hội

Trật tự an ninh tốt, dễ thuê lao động. Gần đường giao thông và nguồn cấp điện; nơi cung cấp thức ăn, nguyên liệu làm thức ăn hoặc cung ứng thuận lợi; Cung cấp và vận chuyển giống dễ dàng, thuận tiện.

1.3. Các yếu tố môi trường

a) *Chất lượng đất*: Là cát, cát pha đất, đất thịt pha cát hoặc đất cát-sỏi hay đất thịt; không bị chua phèn (độ pH $\geq 5,5$), ít trầm tích hữu cơ, rễ cây sủ, vẹt; các kim loại như: Fe, Zn, Pb, Cd.....trong giới hạn cho phép.

b) *Chất lượng nước*: Nguồn nước không bị tù đọng, ô nhiễm do các nhà máy, bến cảng hoặc khu dân cư...Một số chỉ tiêu môi trường tối thiểu: pH: 7,5 - 8,5; S‰o: 10 - 25; O₂ $\geq 4\text{mgO}_2/\text{l}$; Các ion kim loại nặng thấp dưới mức cho phép.

2. Cơ sở hạ tầng

2.1. Hệ thống cấp nước

a) *Hồ chứa nước*: Súc chứa trong hồ đủ để cung cấp cho ao nuôi đầu vụ trong vòng 15 ngày. Độ sâu hồ chứa $\geq 2\text{m}^{(1)}$, dự trữ nước mặn. Có hệ thống cống (hoặc máy bơm) cấp nước vào những ngày triều cường; với những nơi xa nguồn nước có thể dùng hệ thống ống vươn xa để lấy nước thông qua máy bơm hoặc lợi dụng nguyên lý bình thông nhau. Hồ chứa được trồng rong, nhuyễn thể, nuôi cá theo hình thức quảng canh (trừ tôm, cua), có thiết bị sáo trộn nước để đảm bảo "nước sống".

b) *Ao xử lý nước*: Ao hình vuông, diện tích 0,3-0,5 ha, độ sâu ≥ 2 m, có cống cấp và thoát nước; có hệ thống bơm cấp nước (nếu cần).

2.2. Hệ thống mương, máng cấp và thoát nước

a) *Máng cấp nước*: Máng nổi (có thể dùng ống nhựa đường kính lớn thay cho máng cấp) ; đảm bảo có thể cấp thay nước được cho nhiều ao trong cùng một thời điểm; Nếu đảm bảo cho nước trong mương tự chảy vào ao chứa-lắng hoặc ao nuôi tốt.

b) Cống thoát nước, cống xi phong chất thải rắn

- *Cống thoát*: Cao trình đáy thấp hơn đáy ao 10 - 20 cm. Nếu ao nuôi có ống xi phong chất thải ở giữa ao thì cao trình đáy cống ngang với mặt đáy ao khu vực ven bờ. Vật liệu xây dựng có thể là gạch-xi măng, ống nhựa, composite; nếu sử dụng ống nhựa và composite nên bố trí theo tầng nước; cống thoát nước phải vững chắc không rò rỉ.

- *Ống xi phong chất thải rắn*: Ống xi phong chất thải bố trí ở giữa ao (tùy theo từng hoàn cảnh cụ thể) thông ra mương thoát và có hệ thống khớp nối điều chỉnh.

c) *Mương thoát nước*: Cao trình đáy cao hơn mức thủy triều thấp (con nước kém) khi ròng là 20-30 cm và thấp hơn đáy ao nuôi 20 cm vào lúc nước ròng. Độ dốc của mương là 1/1000 đến 1/2000. Đáy mương thấp hơn cao trình đáy ao 20-30 cm để dễ dàng thay nước khi cần thiết.

2.3. Hệ thống ao nuôi

a) Hình dạng và diện tích

- *Hình dạng*: Hình dạng của ao nuôi có liên quan đến vấn đề thu gom chất thải trong quá trình nuôi. Ao có hình tròn, hình vuông lượn tròn góc (khép góc).

- *Diện tích*: Ao nhỏ dễ quản lý nhưng chi phí xây dựng cao. Nên xây dựng ao có diện tích từ 0,2 đến 0,5 ha. Độ sâu của ao $\geq 1,5$ m (mức nước thấp hơn bờ ao 0,3m).

- *Đáy và bờ ao*: Là đất nện cứng, xây bằng gạch, lát gạch, phủ composite hoặc khung (sắt, inox) lát gạch hình tròn.

b) Yêu cầu kỹ thuật

- Ao nuôi nằm giữa mương cấp và mương thoát nước.

- Đáy ao: Đáy ao phải cao hơn đáy ruộng thoát tối thiểu là 30cm; độ dốc đáy ao là 1/1000 về phía cống thoát hoặc cống si phon; đáy ao phải được gia cố cứng bằng đất sét, hoặc lát bạt tạo nên vùng sạch để tôm sinh sống. Giữa ao có thể làm lồng nuôi cá rô phi;

- Bờ ao: Bờ ao phải cao hơn mức nước triều cao nhất từ 30 - 50 cm; chất đất tốt, đầm nện chống rò và có lõi chống thấm; Hệ số mái 1/1,5 hoặc 1/1 (nếu chất lượng đất tốt). Bờ ao đủ rộng để thuận tiện cho việc đi lại và vận chuyển thức ăn, thiết bị...

- Nên lát bạt bờ ao và đáy ao khi nuôi tôm mật độ cao⁽²⁾

2.4. Hệ thống xử lý nước thải

- Ao chứa và loại chất thải rắn: Ao hình tròn hoặc vuông khép góc, diện tích 0,1ha, độ sâu ≥ 2 m có hệ thống đảo nước để quay vòng thu gom chất thải rắn⁽³⁾; có ống cống thông sang ao xử lý;

- Ao xử lý nước thải: Diện tích 0,2-0,5ha, độ sâu $\geq 1,5$ m, nuôi cá rô phi⁽⁴⁾, có ruộng dẫn nước thông sang khu trồng rong biển hoặc rừng ngập mặn;

- Hệ thống ao trồng rong biển hoặc rừng ngập mặn.

3. Quy trình công nghệ

3.1. Chuẩn bị ao nuôi, khử trùng và gây màu nước

a) Chuẩn bị ao nuôi

- Dọn đáy ao: Tháo cạn nước, dọn sạch chất thải rắn bờ ao và đáy ao; vét bùn lớp bùn trên mặt, sau đó xử lý chế phẩm cải tạo đáy⁽⁵⁾ (nếu ao có bùn dày), rửa xả bùn trên bề mặt (nếu ao đáy cứng, đáy lát bạt); phơi đáy ao 7-15 ngày (với ao đáy đất). Với ao mới sau khi xây dựng phải loại bỏ rễ cây sù, vẹt; rửa chua bằng vôi⁽⁶⁾.

- Chống rò rỉ: Ao bị rò rỉ, thấm lậu là do: bờ ao khi đào đắp không lu lèn, chất đất không tốt, độ rộng của bờ hẹp và con còng, cáy đào hang... Nếu ao mới bắt đầu xây dựng thì tùy theo chất đất mà xây dựng lõi chống thấm bằng đất sét hoặc đất núi (lu lèn kỹ); nếu là ao cũ thì dùng bạt, nilon, bạt nhựa ... ghim sâu vào chân bờ ở hai phía với độ sâu 0,8-1,2 m (tùy thuộc vào của lớp đất có khả năng bị rò rỉ ở đáy ao).

- Diệt tạp: Tháo cạn nước, dọn tạp, tu sửa bờ và đáy ao; diệt tạp, cá, cá đở đáy ao bằng Saponin (15 g/m³), Rotenon (4-5g/m³) hoặc bằng các loại dược liệu có nguồn gốc từ thực vật khác.

b) Cấp, xử lý và gây màu nước

- *Cấp nước, khử trùng môi trường*: Chuyển nước từ hồ chứa nước sang ao xử lý, chuyển nước từ ao xử lý sang ao nuôi với mức nước 70cm (0,7m)⁽⁷⁾.

- *Khử trùng môi trường nước*: Bằng Chlorine với nồng độ 5 - 10 ppm (5-10 kg/1.000m³ nước), sau 12h thì sục khí hoặc đảo nước 24-36 h để bay hết lượng Chlorine dư thừa.

- *Bổ sung chế phẩm vi sinh*: Sau khi khử trùng nước thì các tác nhân gây bệnh, địch hại, tảo và vi sinh vật có lợi dễ bị tiêu diệt. Do vậy việc bổ sung vi sinh vật có lợi (chế phẩm sinh học là tổng hợp của những chủng vi sinh vật có lợi, có tác dụng giảm thiểu chất thải hữu cơ Amonia, Nitrit, Nitrat & Hydrogensulfide...; cải thiện môi trường, giảm stress và làm tăng sức đề kháng vật nuôi với bệnh tật) vào ao nuôi; liều dùng tùy thuộc vào hướng dẫn của các nhà sản xuất.

- Gây màu nước

+ Gây nuôi lục tảo hoặc khuê tảo⁽⁸⁾: (*Chlorella* sp) bón phân vô cơ với liều lượng: 10 - 20kg/1ha (Đạm/lân = 2/1) hoặc phân NPK; khuê tảo thì bón phân theo công thức: (NH₄)₂SO₄/Ca(H₂PO₄)₃ H₂O/(NH₂)₂CO là 100/15/5 với liều dùng 10 - 20 kg/ha/lần bón.

+ Để duy trì sự ổn định của tảo trong thời gian đầu có thể bổ sung dịch chiết phân gà (ngâm 100 kg/m³ sau 3-5 ngày sau lọc lấy nước) hoặc đậu nành: 0,2 kg + bột cá: 1,0 kg + cám: 0,2 kg (đậu nành và cám gạo rang chín sau đó nấu với bột cá, liều lượng trên dùng cho 1000m³ nước (tổng kết kinh nghiệm của người nuôi tôm).

3.2. Chọn giống, thức ăn và cách cho ăn

3.2.1. Lựa chọn, ương và thả tôm giống

a) *Lựa chọn con giống*: Con giống có xuất xứ rõ ràng, cùng một mẹ đẻ ra⁽⁹⁾, giai đoạn P₁₂₋₁₅; kích cỡ đồng đều, không có dấu hiệu bệnh, hoặc mang mầm bệnh lý⁽¹⁰⁾.

b) *Thuần hóa, ương tôm và thả tôm ra ao nuôi*: Con giống mua về được thuần hóa trong bể một tuần (P₁₅ đến P₂₀)⁽¹¹⁾; sau đó chuyển từ bể thuần hóa ra ao ương, ương tiếp 25 đến 30 ngày thì chuyển sang ao nuôi. Mật độ, bể ương 5000 - 10.000 P₁₅/m³, ao ương mật độ 500 - 1000 con/m³, mật độ nuôi thả từ 50 - 200 con/m² (tùy theo kích cỡ thu hoạch và độ sâu của nước)⁽¹²⁾.

c) *Thả giống*: Thời gian thả tôm tốt nhất là lúc 5-8h sáng, 16 - 18h chiều hoặc lúc thời tiết mát mẻ, tôm có thời gian môi trường thuận lợi để nhanh thích ứng. Không nên thả tôm vào lúc đang có cơn mưa hoặc sắp có cơn mưa. Nên thả tôm vào đầu gió để tôm nhanh phát tán ra khắp ao. Ngâm túi đựng tôm trong ao khoảng 10 - 20 phút để thuận hoá nhiệt trong túi và ao nuôi. Khi mở túi ra phải để cho nước vào từ từ tránh gây sốc cho tôm.

3.2.2. *Thức ăn và cách cho ăn*

- Lựa chọn thương hiệu thức ăn có chất lượng cao (Hệ số FCR) thấp để tôm sinh trưởng và phát triển nhanh, hạn thức ăn thừa trong ao nuôi.

- Lượng thức ăn cấp hàng ngày cho từng giai đoạn thuần hóa, ương và nuôi tuân theo chỉ dẫn của cơ sở sản xuất. Thức ăn được rải đều quanh ao bằng phương pháp thủ công hoặc dùng máy cho ăn. Nên bổ sung thêm những chất dẫn dụ⁽¹³⁾ để kích thích (dễ dàng) cho tôm ăn đủ, ăn hết thức ăn.

- Giai đoạn thuần hóa trong bể (hoặc trong giai), ngoài thức ăn chế biến nên cho ăn thêm Artemia sinh khối⁽¹⁴⁾ (hoặc thức ăn tươi sống khác). Giai đoạn ương cần thiết phải gây nuôi thức ăn tự nhiên, nếu được bổ sung Artemia sinh khối sống (hoặc đông lạnh) thì rất tốt.

- Dùng phương pháp đặt vó, căn cứ vào lượng thức ăn thừa để điều chỉnh lượng thức ăn hàng ngày cho thích hợp. 01 ha dùng 8-16 vó có diện tích 70x70 hoặc 80x80. Vị trí đặt vó cách bờ tối thiểu là 01m. Sau khi rải thức ăn xung quanh ao thì mới cho thức ăn vào vó. Lượng thức ăn cho vào vó và thời gian kiểm tra phụ thuộc vào trọng lượng tôm.

- Thức ăn bổ sung không nên dùng các loại thức ăn ươn thối vì như vậy sẽ mang mầm bệnh vào và gây ô nhiễm môi trường; thức ăn tươi sống có nguồn gốc từ những loài giáp xác vì chúng sẽ mang mầm bệnh vào ao nuôi tôm.

3.3. *Quy trình kiểm soát môi trường, dịch bệnh*

a) *Dụng cụ, thiết bị sử dụng để kiểm soát môi trường*

- *Máy đảo nước, máy thổi khí, máy nén khí*: Thiết bị sục khí có tác dụng luân chuyển nước trong ao nuôi để tăng hàm lượng Oxy, giảm các loại khí độc và loại bỏ

những chất thải rắn. Tùy theo hình thức, ao nuôi, độ sâu khác nhau mà sử dụng chủng loại máy khác nhau (máy đảo nước-paddle wheel; máy thổi khí hiệu ứng-ventury; máy sục khí-compressor).

- Sơ đồ bố trí thiết bị trong ao nuôi: để hạn chế góc tù động chất thải rắn, các dàn quạt bố trí ở 4 góc ao, số lượng cánh quạt tùy thuộc vào mật độ tôm và diện tích ao nuôi. Đáy ao được bố trí mạng lưới đá bọt khí hoặc ống thổi khí (độ dày, thưa phụ thuộc vào mật độ tôm nuôi). Sử dụng máy thổi hoặc máy nén khí và công suất máy tùy theo độ sâu của ao nuôi (nếu ao sâu nên dùng máy nén khí).

- Thiết bị kiểm tra môi trường: Máy đo Oxy, pH meter, nhiệt kế....

b) Cấp và duy trì chất lượng nước trong hồ chứa

- Nước cấp vào hồ chứa thông qua: Thủy triều, lấy nước vào những ngày triều cường (nước có độ mặn cao và ít tác nhân gây bệnh); cấp nước bằng máy bơm và trường hợp nước ven bờ bị ô nhiễm có thể dùng ống vươn xa để hút nguồn nước có độ mặn cao và sạch (theo phương pháp bình thông nhau).

- Kiểm soát nước trong hồ chứa: Duy trì chất lượng nước trong hồ chứa có thể trồng các dàn rong biển, cây tảo lục, tảo khuê để làm sạch nước. Khuấy đảo để tạo dòng chảy, cung cấp Oxy. Nếu pH thấp có thể bón 200 - 300 kg Dolomite/ha. Không được để nước ở dạng tù đọng.

- Trước khi bổ sung nước (hoặc thay nước), nước được huyển từ hồ chứa nước sang ao xử lý và nước được xử lý theo khoản b) mục 2.2.1.

c) Bổ sung nước và thay nước

- Tăng dần độ sâu (tăng 15- 20 cm/tuần nuôi) cho đến khi đủ độ sâu. Nước cấp vào ao được bơm từ ao chứa; Duy trì độ sâu nước tối đa khi có thể (tùy theo độ sâu của ao nuôi).

- Cấp nước và thay nước: Tùy theo lượng bốc hơi nước hàng ngày, và thu gom, loại dung dịch chất thải rắn hàng tuần mà có kế hoạch bổ sung đủ độ sâu nước. Tùy theo mức độ phú dưỡng của ao nuôi, mật độ nuôi mà có kế hoạch thay nước.

Ngoài lượng cấp bù lượng nước bay hơi hàng ngày, lượng nước thay hàng tháng trong chu kỳ nuôi có thể được dự tính như sau:

Chế độ thay nước % tổng số nước, tăng thay dần vào những tuần cuối vụ			
<i>Tháng thứ 01</i>	<i>Tháng thứ 02</i>	<i>Tháng thứ 03</i>	<i>Tháng thứ 4</i>
Cấp đủ độ sâu	60%	120%	160%

d) Kiểm soát chất lượng môi trường

- Quan trắc môi trường ao nuôi:

+ Quan trắc hàng ngày: thời tiết, T°C, pH, O₂, độ trong, màu nước và các hoạt động của tôm nuôi;

+ Quan trắc hàng tuần tổ thiểu các thông số: S^o/o, COD, BOD₅, NH₄⁺, NO₂⁻ và H₂S;

+ Một số yếu tố môi trường phù hợp cho ao nuôi tôm (*Phụ lục 01*)

- Sử dụng chế phẩm sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường:

+ Bổ sung chế phẩm sinh học⁽¹⁵⁾ vào ao nuôi, liều lượng, chu kỳ và thời gian bổ sung tùy theo hướng dẫn của nhà sản xuất;

+ Loại chế phẩm sinh học (thương hiệu) do người nuôi tự lựa chọn.

- Vận hành hệ thống cấp O₂ hợp lý (Bảng 1)

Bảng 1. Chế độ quạt nước và sục khí ao nuôi tôm

TT	Tuần nuôi	Thời điểm quạt nước sục khí	Thời gian (h)
1	1 - 4	4h30 - 5h30	01
2	4 - 6	2h - 5h30; 17h - 18h	4,5
3	7 - 11	2h-5h30; 8h30 - 9h30; 17h-18h; 20h30 - 21h30	6,5
4	12 - 14	0h- 5h30; 8h30 - 9h30; 17h -18h; 20h30 - 21h30	8,5
5	15 - thu hoạch	23h-6h; 7h-9h; 16h-18h; 19h30-21h30	12

- Loại chất thải rắn

+ Xi phông chất thải rắn:

Tháng thứ 01	Tháng thứ 02	Tháng thứ 03	Tháng thứ 4
30 ngày/lần	5-7 ngày/lần	4-5 ngày/lần	1-3 ngày/lần

+ Nuôi rô phi trong chuồng⁽¹⁶⁾: Chuồng nuôi phi (*khung inox, chắn lưới xung quanh và đáy*), đặt ở giữa ao-nơi lắng tụ chất thải rắn khi quay vòng nước.

- Duy trì sự phát triển của tảo⁽¹⁷⁾:

+ Để duy trì sự phát triển của tảo trong ao nuôi, ngoài việc bón phân gây màu tảo theo theo khoản b mục 2.2.1, tháng đầu có thể bổ sung thêm dịch chiết phân gà hoặc dịch chiết của hỗn hợp cám gạo+bột đậu nành ngâm (tuyệt đối không đưa cả bã xuống ao nuôi).

+ Tháng thứ 2 trở đi khi chất thải của tôm và thức ăn dư thừa có nhiều trong ao thì không cần phải bón dung dịch hữu cơ xuống ao nuôi.

3.4. Chăm sóc ao nuôi

- Đảm bảo độ sâu (*mặt nước cách bờ 30 cm*) sẽ giúp ổn định nhiệt độ, độ mặn trong ao khi có những biến đổi về thời tiết hoặc mưa lũ.

- Độ đục thích hợp cho ao nuôi tôm là $30 \div 45$ NTU (*Theo Buck (1956)*). Khi độ đục lớn hơn 40 NTU nên bón bổ sung thêm phân vô cơ 20 - 30 kg/ha. Khi độ đục nhỏ hơn 30 NTU thay nước 15 - 20%. Duy trì pH từ 7,5 - 8,5 nếu lớn hơn 8,5 thay bớt nước bón Dolomite để tăng hệ đệm ổn định pH. Nếu pH thấp hơn 7,5 bón vôi ngâm nước-Ca(OH)₂ với lượng 100kg/ha. Sau khi trời mưa phải chú ý kiểm tra pH trong ao để kịp điều chỉnh.

- Thường xuyên kiểm tra bờ, cống, mương, vệ sinh lưới chắn, lưới lọc, khay thức ăn... Định kỳ kiểm tra tốc độ tăng trưởng, mật độ để có biện pháp chăm sóc thích hợp. Nếu thấy tôm có biểu hiện bất thường phải xác định rõ nguyên nhân để có biện pháp xử lý đúng đắn.

- Thường xuyên theo dõi tình trạng sức khỏe tôm nuôi; xác định các chỉ tiêu sinh học theo định kỳ; ghi nhật ký đầy đủ theo quy định.

- Duy trì sự phát triển của thực vật phù du trong ao, khi tảo trong ao có hiện tượng tàn lụi thì cải tạo môi trường, bổ sung giống tảo; một số loài tảo như: *Chlorella sp*, *Nanochloropsis*, *Chaetoceros*... Giống các loài tảo lục, khuê được giữ giống trong phòng thí nghiệm.

- Nếu màu nước sẫm và đục có nhiều tảo chết thì nên tháo bớt nước tầng đáy bơm cấp nước từ ao chứa sang cho đến khi màu nước tốt hơn và bón vôi với lượng 50 - 100 kg/ha/lần.

- Những trận mưa lớn cần thiết phải tháo nước tầng mặt và tăng sục khí và quạt nước để xáo trộn, tránh để phân tầng nước mặn và nước ngọt⁽¹⁸⁾.

4. Nhân lực và bố trí nhân lực theo kế hoạch sản xuất

- Một cơ sở sản xuất có quy mô diện tích > 10 ha mặt nước ao nuôi cần có 01 các bộ kỹ thuật, 2-5 công nhân kỹ thuật và khoảng 8-12 công nhân mùa vụ.

- Có tài liệu hướng dẫn kỹ thuật, sổ sách ghi chép....

5. Hạch toán kinh tế

- *Phần chi phí (A)*: Khấu hao tài sản cố định; Lãi suất ngân hàng; Các loại thuế; Chi phí: các vật tư đầu vào, thức ăn, con giống, lương cán bộ...

- *Phần thu (B)*: Sản lượng, giá thành, giá bán.

- *Lãi (C)*: $A - B$

Ghi chú:

(1) Độ sâu hồ chứa $\geq 2m$, hoặc sâu hơn để đảm bảo sự ổn định về $t^{\circ}C$, S‰, pH, đỡ tốn diện tích và hồ có sức chứa lớn hơn.

(2) Có thể dùng bể composte hoặc bể bọt để nuôi tôm.

(3) Nước được ly tâm bởi hệ thống quạt nước, phân lắng đọng đáy ao gom để làm phân bón.

(4) Phần nước trên của ao chứa là hỗn hợp chất thải đang phân hủy (dạng Biofloc) và chất thải vô cơ được dùng để nuôi rô phi. tại đây có bổ sung chế phẩm sinh học để thúc đẩy quá trình phân hủy. Nước thải được dùng để trồng rong hoặc tái sử dụng khi cần thiết.

(5) Dùng chế phẩm sinh học phân hủy nhanh các chất hữu cơ tồn đọng ở bùn đáy ao.

(6). Sau khi xây dựng phải rửa chua 3-5 lần, rải vôi khắp đáy, phơi từ 10-20 ngày trước khi gây màu nước để thả tôm. Lượng vôi bón vào ao phụ thuộc vào độ pH của đất đáy ao: pH: 6,0-7,0 thì bón 300 - 625 kg/ha; pH: 4,5-6,0 dùng 625 - 1000 kg/ha; pH: 3,0 - 4,5 dùng 1000 -1800 kg/ha; Với ao cũ đáy đất thì lượng vôi 125-320kg/ha.

(7). *Mức nước trên phù hợp với khối lượng tôm ban đầu thấp, để gây màu nước và chăm sóc.*

(8). *Có thể nuôi cấy giống tảo lục và tảo khuê trong phòng thí nghiệm hoặc trong bể (ao) để cấy giống ban đầu gây màu nước cho ao nuôi.*

(9) *Con giống cùng một mẹ đẻ ra sẽ lột xác cùng một thời điểm, tránh được con nọ ăn con kia khi lột xác.*

(10) *Chất lượng giống tốt khi: Khi tắt sục khí bể ương tôm tốt sẽ bung mạnh lên mặt nước; cho tôm vào chậu, lấy tay khuấy nước quay chậm, tôm giống khoẻ sẽ bơi ngược dòng nước và nhanh chóng bám vào đáy chậu, khi nước ngưng quay tôm sẽ bơi men theo thành chậu, những con tụ ở giữa chậu là tôm yếu hoặc đã chết; Sốc Formol với nồng độ 100ppm trong vòng 30 phút để loại trừ những cá thể yếu mang mầm bệnh.*

(11) *Tô chuyển từ trung tâm giống thường độ mặn cao, giảm độ mặn trong thời gian thuần hóa (mỗi ngày giảm 3-5‰), tôm sẽ thích ứng với môi trường mới.*

(12) *Nếu thu hoạch sau 70-90 ngày nuôi thì nên thả dày, độ sâu càng cao thì thả mật độ dày (mức nước cao thì sức tải sinh học trên đơn vị diện tích cao).*

(13) *Dầu gan cá, dầu mực, các loại vitamin.*

(14) *Artemia salina được nuôi trong bể, ao xi măng bằng cám gạo xay nhỏ, hoặc dung dịch các loài tảo lục đơn bào...*

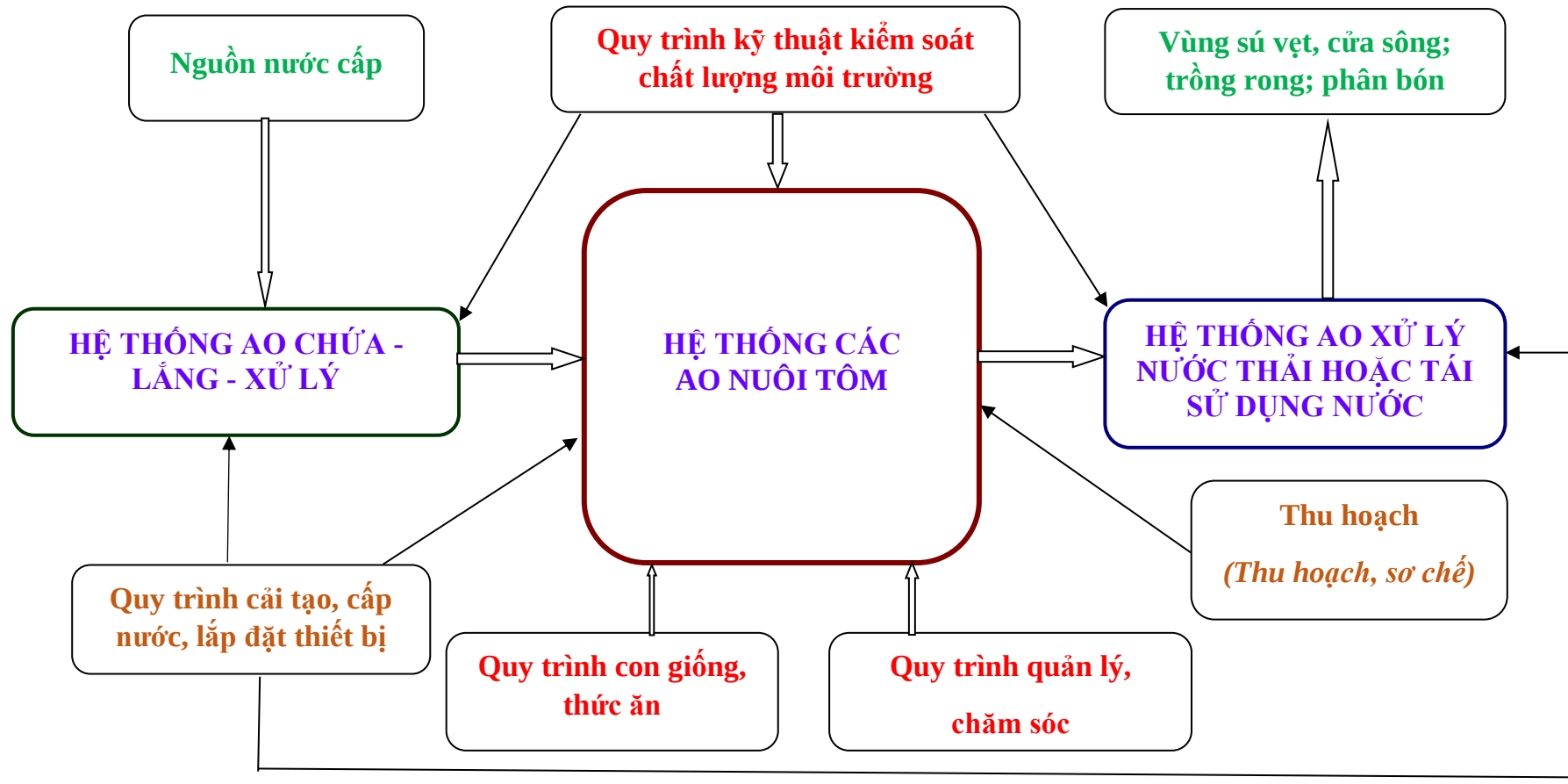
(15) *Chế phẩm sinh học là tổng hợp của những chủng vi sinh vật có lợi trong tự nhiên kèm với những chất ổn định và kích thích sự tăng trưởng. Nó hạn chế những chất thải gây ô nhiễm như Amonia, Nitrit, Nitrat & Hydrogensulfide... cải thiện môi trường, giảm stress & làm tăng sức đề kháng của tôm với bệnh tật. Không nên sử dụng chế phẩm sinh học bừa bãi; chỉ sử dụng chế phẩm sinh học khi: trong danh mục được phép sử dụng và khi môi trường ao nuôi có khả năng bị ô nhiễm (thường bổ sung chế phẩm sinh học vào ao nuôi từ tháng thứ 2 và lượng tăng dần đến tháng cuối của chu kỳ nuôi).*

(16) *Rô phi là loài cá ăn tạp, khi nuôi lồng trong ao nuôi tôm có tác dụng dọn tạp làm giảm lượng chất thải rắn. Không thả rô phi vào ao nuôi vì chúng sẽ cạnh tranh thức ăn với tôm và ăn tôm khi tôm lột xác. Phân rô phi trong là môi trường phù hợp để duy trì sự phát triển của lục tảo nước lợ.*

(17) *Vai trò của tảo trong ao: 1) Giảm thiểu ô nhiễm và ổn định môi trường: Quá trình quang hợp tảo sẽ hấp thu CO_2 , các muối dinh dưỡng (NH_4^+ , NH_3 , H_2S , NO_2^- và các ion kim loại nặng, ...) và giải phóng O_2 , từ đó thúc đẩy quá trình phân hủy hữu cơ xảy ra nhanh hơn; 2) Giảm độ trong của nước từ đó hạn chế sự phát triển của rong rêu bám ở đáy ao; 3) Ức chế sự phát triển của các loại vi sinh vật gây bệnh trong ao; 4) Là mắt xích đầu tiên của chuỗi thức ăn tự nhiên trong ao. Tuy vậy, tảo có những hạn chế sau: Hiện tượng nở hoa trong ao khi tàn lụi sẽ làm cạn kiệt O_2 trong ao, ban đêm hô hấp sẽ làm giảm O_2 ; Sự phát triển quá mức sẽ làm tăng độ pH trong môi trường; Một số loài tảo không mong đợi như tảo lam, giáp tảo... sẽ gây độc cho môi trường và khả năng tiêu hóa của tôm nuôi. Độ mặn từ 15‰ trở xuống thường tảo lục phát triển, độ mặn lớn hơn 20‰ thường tảo khuê chiếm ưu thế trong ao.*

(18) *Sau những trận mưa lớn nước ao nuôi có hiện tượng phân tầng trên ngọt-dưới mặn) khi trời nắng sẽ tạo thành thấu kính hội tụ làm cho tầng đáy nhiệt độ tăng cao (có thể lên tới 50-70°C).*

TÓM TẮT MÔ HÌNH NUÔI TÔM ÍT THAY NƯỚC



PHỤ LỤC 3

Bảng 1. Kết quả tính toán chỉ số WQI_E nước cấp ven biển vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh

Vùng	Thời gian	VAR					yij Đ1					Pij Đ1					ln(Pij) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
CP1	01/2014	6,16	2,41	0,03	0,04	3,11	0,66	0,89	1,00	1,00	0,87	0,22	0,20	0,22	0,26	0,20	-1,50	-1,61	-1,50	-1,37	-1,60
CP2	02/2014	6,76	2,17	0,03	0,05	2,56	1,00	0,95	0,98	0,94	0,99	0,27	0,21	0,22	0,25	0,22	-1,31	-1,58	-1,50	-1,40	-1,54
CP3	03/2014	5,77	2,00	0,05	0,06	2,55	0,43	1,00	0,94	0,90	0,99	0,19	0,21	0,22	0,24	0,22	-1,64	-1,55	-1,53	-1,42	-1,53
CP4	04/2014	6,75	2,60	0,05	0,08	3,21	0,99	0,83	0,91	0,81	0,85	0,27	0,19	0,21	0,23	0,20	-1,31	-1,64	-1,54	-1,46	-1,61
CP5	05/2014	6,02	2,70	0,11	0,11	3,70	0,57	0,81	0,74	0,60	0,74	0,21	0,19	0,20	0,20	0,19	-1,55	-1,66	-1,63	-1,59	-1,67
CP6	06/2014	5,02	3,11	0,27	0,16	4,24	0,00	0,69	0,26	0,35	0,62	0,14	0,18	0,14	0,17	0,18	-2,00	-1,72	-1,96	-1,76	-1,74
CP7	07/2014	5,03	4,53	0,35	0,20	6,21	0,01	0,30	0,00	0,09	0,20	0,14	0,14	0,11	0,14	0,13	-1,99	-1,99	-2,19	-1,98	-2,04
CP8	08/2014	6,02	5,59	0,31	0,22	7,11	0,57	0,00	0,12	0,00	0,00	0,21	0,11	0,13	0,13	0,11	-1,55	-2,25	-2,08	-2,06	-2,22
CP9	09/2014	6,11	4,51	0,21	0,19	6,14	0,63	0,30	0,43	0,15	0,21	0,22	0,14	0,16	0,15	0,13	-1,51	-1,98	-1,83	-1,92	-2,03
CP10	10/2014	5,14	2,90	0,10	0,13	3,51	0,07	0,75	0,76	0,52	0,78	0,14	0,19	0,20	0,19	0,19	-1,93	-1,69	-1,63	-1,64	-1,65
CP11	11/2014	6,27	2,10	0,07	0,10	2,50	0,72	0,97	0,86	0,68	1,00	0,23	0,21	0,21	0,21	0,22	-1,46	-1,57	-1,57	-1,54	-1,53
CP12	12/2014	6,31	2,13	0,05	0,08	2,55	0,74	0,96	0,92	0,80	0,99	0,24	0,21	0,22	0,23	0,22	-1,45	-1,57	-1,54	-1,47	-1,53

Vùng	Thời gian	VAR					yij Đ1					Pij Đ1					ln(Pij) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
CP1	01/2016	6,16	2,43	0,04	0,04	2,57	0,66	0,90	1,00	1,00	1,00	0,22	0,21	0,24	0,25	0,22	-1,50	-1,58	-1,45	-1,37	-1,52
CP2	02/2016	6,76	2,22	0,05	0,04	3,02	1,00	0,95	0,97	0,99	0,92	0,27	0,21	0,23	0,25	0,21	-1,31	-1,56	-1,46	-1,37	-1,56
CP3	03/2016	5,77	2,01	0,06	0,05	2,99	0,43	1,00	0,92	0,93	0,93	0,19	0,22	0,23	0,25	0,21	-1,64	-1,53	-1,48	-1,40	-1,56
CP4	04/2016	6,75	2,59	0,08	0,09	3,25	0,99	0,86	0,87	0,74	0,88	0,27	0,20	0,22	0,22	0,21	-1,31	-1,60	-1,51	-1,51	-1,58
CP5	05/2016	6,02	3,70	0,16	0,12	4,05	0,57	0,60	0,63	0,54	0,75	0,21	0,17	0,19	0,20	0,19	-1,55	-1,75	-1,65	-1,63	-1,66
CP6	06/2016	5,02	3,34	0,30	0,18	4,96	0,00	0,69	0,18	0,24	0,59	0,14	0,18	0,14	0,16	0,17	-2,00	-1,70	-1,97	-1,84	-1,75
CP7	07/2016	5,03	6,28	0,36	0,22	8,42	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,14	0,11	0,12	0,14	0,11	-1,99	-2,22	-2,14	-2,00	-2,21
CP8	08/2016	6,02	5,51	0,33	0,23	7,37	0,57	0,18	0,10	0,00	0,18	0,21	0,13	0,13	0,13	0,13	-1,55	-2,06	-2,04	-2,06	-2,05
CP9	09/2016	6,11	5,03	0,23	0,20	6,59	0,63	0,29	0,39	0,15	0,31	0,22	0,14	0,16	0,15	0,14	-1,51	-1,97	-1,81	-1,92	-1,94
CP10	10/2016	5,14	2,88	0,13	0,11	3,15	0,07	0,79	0,70	0,61	0,90	0,14	0,19	0,20	0,20	0,21	-1,93	-1,64	-1,61	-1,59	-1,57
CP11	11/2016	6,27	2,10	0,09	0,09	3,67	0,72	0,98	0,84	0,73	0,81	0,23	0,21	0,22	0,22	0,20	-1,46	-1,54	-1,53	-1,51	-1,62
CP12	12/2016	6,31	2,00	0,08	0,07	3,35	0,74	1,00	0,87	0,84	0,87	0,24	0,22	0,22	0,23	0,20	-1,45	-1,53	-1,51	-1,45	-1,59
HL1	01/2014	6,16	1,66	0,02	0,02	2,98	0,66	0,91	1,00	1,00	0,82	0,22	0,23	0,24	0,25	0,21	-1,50	-1,49	-1,42	-1,38	-1,55
HL2	02/2014	6,76	1,41	0,03	0,02	2,17	1,00	0,98	0,98	0,99	1,00	0,27	0,23	0,24	0,25	0,23	-1,31	-1,45	-1,43	-1,39	-1,45

Vùng	Thời gian	VAR					yij Đ1					Pij Đ1					ln(Pij) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
HL3	03/2014	5,77	1,44	0,05	0,02	2,99	0,43	0,97	0,92	0,98	0,82	0,19	0,23	0,23	0,25	0,21	-1,64	-1,45	-1,46	-1,39	-1,55
HL4	04/2014	6,75	1,54	0,08	0,05	3,32	0,99	0,94	0,85	0,85	0,74	0,27	0,23	0,22	0,23	0,20	-1,31	-1,47	-1,49	-1,46	-1,59
HL5	05/2014	6,02	3,21	0,14	0,10	3,89	0,57	0,49	0,68	0,59	0,62	0,21	0,18	0,20	0,20	0,19	-1,55	-1,74	-1,59	-1,61	-1,66
HL6	06/2014	5,02	3,49	0,32	0,19	4,34	0,00	0,41	0,22	0,13	0,52	0,14	0,17	0,15	0,14	0,18	-2,00	-1,79	-1,91	-1,96	-1,73
HL7	07/2014	5,03	4,58	0,40	0,21	5,58	0,01	0,11	0,00	0,03	0,24	0,14	0,13	0,12	0,13	0,15	-1,99	-2,03	-2,11	-2,05	-1,93
HL8	08/2014	6,02	4,99	0,38	0,22	6,66	0,57	0,00	0,06	0,00	0,00	0,21	0,12	0,13	0,13	0,12	-1,55	-2,13	-2,05	-2,08	-2,14
HL9	09/2014	6,11	4,02	0,32	0,19	5,02	0,63	0,27	0,20	0,15	0,37	0,22	0,15	0,15	0,14	0,16	-1,51	-1,90	-1,92	-1,94	-1,83
HL10	10/2014	5,14	2,88	0,14	0,10	3,41	0,07	0,58	0,69	0,60	0,72	0,14	0,19	0,21	0,20	0,20	-1,93	-1,68	-1,58	-1,61	-1,60
HL11	11/2014	6,27	2,11	0,10	0,06	3,02	0,72	0,79	0,80	0,81	0,81	0,23	0,21	0,22	0,23	0,21	-1,46	-1,55	-1,52	-1,48	-1,55
HL12	12/2014	6,31	1,33	0,08	0,05	2,68	0,74	1,00	0,84	0,85	0,89	0,24	0,24	0,22	0,23	0,22	-1,45	-1,44	-1,50	-1,46	-1,51
HL1	01/2016	6,16	1,43	0,04	0,04	2,33	0,66	0,97	1,00	0,99	1,00	0,22	0,24	0,24	0,27	0,22	-1,50	-1,45	-1,43	-1,32	-1,51
HL2	02/2016	6,76	1,99	0,05	0,03	3,11	1,00	0,86	0,98	1,00	0,87	0,27	0,22	0,24	0,27	0,21	-1,31	-1,50	-1,43	-1,31	-1,58
HL3	03/2016	5,77	2,43	0,05	0,04	3,35	0,43	0,77	0,97	0,96	0,83	0,19	0,21	0,24	0,26	0,20	-1,64	-1,55	-1,44	-1,33	-1,60
HL4	04/2016	6,75	2,55	0,10	0,06	3,49	0,99	0,75	0,85	0,89	0,80	0,27	0,21	0,22	0,25	0,20	-1,31	-1,57	-1,50	-1,37	-1,61

Vùng	Thời gian	VAR					yij Đ1					Pij Đ1					ln(Pij) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
HL5	05/2016	6,02	3,55	0,17	0,11	4,12	0,57	0,55	0,65	0,61	0,70	0,21	0,19	0,20	0,22	0,19	-1,55	-1,68	-1,61	-1,53	-1,67
HL6	06/2016	5,02	3,41	0,33	0,22	4,23	0,00	0,58	0,23	0,07	0,68	0,14	0,19	0,15	0,14	0,19	-2,00	-1,67	-1,91	-1,94	-1,68
HL7	07/2016	5,03	5,99	0,42	0,23	7,21	0,01	0,07	0,00	0,00	0,18	0,14	0,13	0,12	0,13	0,13	-1,99	-2,06	-2,12	-2,01	-2,04
HL8	08/2016	6,02	6,35	0,40	0,23	8,26	0,57	0,00	0,06	0,00	0,00	0,21	0,12	0,13	0,13	0,11	-1,55	-2,13	-2,06	-2,01	-2,20
HL9	09/2016	6,11	5,11	0,34	0,22	6,12	0,63	0,25	0,22	0,09	0,36	0,22	0,15	0,15	0,15	0,15	-1,51	-1,91	-1,92	-1,92	-1,90
HL10	10/2016	5,14	3,12	0,18	0,19	4,19	0,07	0,64	0,63	0,23	0,69	0,14	0,20	0,20	0,16	0,19	-1,93	-1,63	-1,63	-1,80	-1,68
HL11	11/2016	6,27	1,66	0,10	0,09	2,58	0,72	0,93	0,84	0,72	0,96	0,23	0,23	0,22	0,23	0,22	-1,46	-1,47	-1,51	-1,46	-1,53
HL12	12/2016	6,31	1,29	0,10	0,06	2,36	0,74	1,00	0,86	0,89	0,99	0,24	0,24	0,22	0,25	0,22	-1,45	-1,43	-1,50	-1,37	-1,51
TY1	01/2014	6,16	1,76	0,02	0,02	2,15	0,66	0,89	1,00	1,00	1,00	0,22	0,23	0,24	0,25	0,23	-1,50	-1,46	-1,42	-1,37	-1,46
TY2	02/2014	6,76	1,40	0,02	0,02	2,26	1,00	1,00	0,97	0,97	0,97	0,27	0,25	0,24	0,25	0,23	-1,31	-1,40	-1,43	-1,39	-1,47
TY3	03/2014	5,77	1,43	0,02	0,03	2,69	0,43	0,99	0,98	0,91	0,87	0,19	0,24	0,24	0,24	0,22	-1,64	-1,41	-1,43	-1,42	-1,53
TY4	04/2014	6,75	1,51	0,03	0,04	2,73	0,99	0,97	0,94	0,84	0,86	0,27	0,24	0,23	0,23	0,22	-1,31	-1,42	-1,45	-1,45	-1,53
TY5	05/2014	6,02	3,27	0,07	0,10	3,96	0,57	0,44	0,74	0,46	0,57	0,21	0,18	0,21	0,18	0,18	-1,55	-1,73	-1,56	-1,69	-1,70
TY6	06/2014	5,02	3,40	0,12	0,14	4,04	0,00	0,40	0,45	0,17	0,55	0,14	0,17	0,18	0,15	0,18	-2,00	-1,76	-1,74	-1,91	-1,71

Vùng	Thời gian	VAR					yij Đ1					Pij Đ1					ln(Pij) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
TY7	07/2014	5,03	4,48	0,18	0,16	5,69	0,01	0,08	0,13	0,00	0,16	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	-1,99	-2,02	-1,99	-2,06	-2,00
TY8	08/2014	6,02	4,75	0,21	0,16	6,36	0,57	0,00	0,00	0,04	0,00	0,21	0,12	0,12	0,13	0,12	-1,55	-2,10	-2,11	-2,02	-2,15
TY9	09/2014	6,11	4,52	0,19	0,13	6,11	0,63	0,07	0,10	0,24	0,06	0,22	0,13	0,13	0,16	0,12	-1,51	-2,03	-2,01	-1,85	-2,09
TY10	10/2014	5,14	3,12	0,12	0,08	3,72	0,07	0,49	0,49	0,57	0,63	0,14	0,18	0,18	0,20	0,19	-1,93	-1,70	-1,71	-1,61	-1,67
TY11	11/2014	6,27	1,71	0,08	0,05	2,23	0,72	0,91	0,66	0,80	0,98	0,23	0,23	0,20	0,23	0,23	-1,46	-1,45	-1,60	-1,48	-1,47
TY12	12/2014	6,31	1,72	0,06	0,03	2,36	0,74	0,90	0,78	0,88	0,95	0,24	0,23	0,22	0,24	0,23	-1,45	-1,45	-1,53	-1,43	-1,48
TY1	01/2016	6,16	1,71	0,02	0,02	2,51	0,66	0,92	1,00	1,00	0,99	0,22	0,23	0,25	0,28	0,23	-1,50	-1,48	-1,37	-1,27	-1,46
TY2	02/2016	6,76	1,39	0,03	0,03	2,99	1,00	1,00	0,99	0,95	0,91	0,27	0,24	0,25	0,27	0,22	-1,31	-1,44	-1,37	-1,29	-1,51
TY3	03/2016	5,77	1,43	0,04	0,05	3,11	0,43	0,99	0,94	0,82	0,89	0,19	0,24	0,25	0,26	0,22	-1,64	-1,44	-1,40	-1,36	-1,52
TY4	04/2016	6,75	1,55	0,04	0,06	3,64	0,99	0,96	0,91	0,75	0,80	0,27	0,23	0,24	0,25	0,21	-1,31	-1,46	-1,41	-1,40	-1,57
TY5	05/2016	6,02	3,32	0,08	0,12	4,25	0,57	0,51	0,73	0,33	0,69	0,21	0,18	0,22	0,19	0,20	-1,55	-1,72	-1,51	-1,68	-1,63
TY6	06/2016	5,02	3,40	0,15	0,15	5,35	0,00	0,49	0,33	0,10	0,50	0,14	0,18	0,17	0,15	0,17	-2,00	-1,73	-1,77	-1,87	-1,74
TY7	07/2016	5,03	4,08	0,20	0,17	5,83	0,01	0,32	0,10	0,01	0,42	0,14	0,16	0,14	0,14	0,17	-1,99	-1,85	-1,96	-1,95	-1,80
TY8	08/2016	6,02	5,35	0,22	0,17	7,92	0,57	0,00	0,00	0,00	0,06	0,21	0,12	0,13	0,14	0,12	-1,55	-2,13	-2,06	-1,96	-2,09

Vùng	Thời gian	VAR					y _{ij} Đ1					P _{ij} Đ1					ln(P _{ij}) Đ1				
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD	DO	BOD ₅	N- NH ₄ ⁺ (mg/l)	P- PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD
TY9	09/2016	6,11	4,88	0,20	0,14	8,28	0,63	0,12	0,09	0,21	0,00	0,22	0,13	0,14	0,17	0,12	-1,51	-2,02	-1,97	-1,77	-2,15
TY10	10/2016	5,14	4,12	0,14	0,10	5,03	0,07	0,31	0,41	0,49	0,56	0,14	0,16	0,18	0,21	0,18	-1,93	-1,86	-1,72	-1,56	-1,71
TY11	11/2016	6,27	1,82	0,10	0,07	3,69	0,72	0,89	0,61	0,69	0,79	0,23	0,22	0,21	0,24	0,21	-1,46	-1,50	-1,58	-1,44	-1,57
TY12	12/2016	6,31	1,69	0,08	0,06	2,45	0,74	0,92	0,72	0,77	1,00	0,24	0,23	0,22	0,25	0,23	-1,45	-1,48	-1,52	-1,39	-1,46

Bảng 2. Kết quả tính toán chỉ số WQI_E nước cấp ven biển vùng nuôi tôm tập trung ở Quảng Ninh (tiếp)

Vùng	Thời gian	Pij.ln(Pij) Đ1					qi					WQI_E	Đánh giá
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)		
CP1	01/2014	-0,34	-0,32	-0,34	-0,35	-0,32	81,2	60,3	25,0	22,0	31,1	44,6	Rất tốt
CP2	02/2014	-0,35	-0,33	-0,33	-0,35	-0,33	74,0	54,3	31,0	27,0	25,6	44,0	Rất tốt
CP3	03/2014	-0,32	-0,33	-0,33	-0,34	-0,33	86,7	50,0	45,0	31,0	25,5	49,5	Rất tốt
CP4	04/2014	-0,35	-0,32	-0,33	-0,34	-0,32	74,1	65,0	54,0	38,0	32,1	52,8	Tốt
CP5	05/2014	-0,33	-0,32	-0,32	-0,32	-0,31	83,1	67,5	108,0	56,0	37,0	69,3	Tốt
CP6	06/2014	-0,27	-0,31	-0,28	-0,30	-0,31	99,6	77,8	267,0	78,0	42,4	109,7	Trung bình
CP7	07/2014	-0,27	-0,27	-0,25	-0,27	-0,26	99,4	113,3	350,0	100,5	62,1	136,9	Trung bình
CP8	08/2014	-0,33	-0,24	-0,26	-0,26	-0,24	83,1	139,8	311,0	108,0	71,1	132,5	Trung bình
CP9	09/2014	-0,33	-0,27	-0,29	-0,28	-0,27	81,8	112,8	210,0	95,5	61,4	105,3	Trung bình
CP10	10/2014	-0,28	-0,31	-0,32	-0,32	-0,32	97,3	72,5	104,0	63,0	35,1	74,1	Tốt
CP11	11/2014	-0,34	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	79,7	52,5	69,0	49,5	25,0	56,9	Tốt
CP12	12/2014	-0,34	-0,33	-0,33	-0,34	-0,33	79,2	53,3	51,0	39,0	25,5	51,3	Tốt
CP1	01/2016	-0,34	-0,33	-0,34	-0,35	-0,33	81,2	60,8	36,0	17,5	25,7	45,8	Rất tốt
CP2	02/2016	-0,35	-0,33	-0,34	-0,35	-0,33	74,0	55,5	45,0	18,0	30,2	45,1	Rất tốt

Vùng	Thời gian	Pij.ln(Pij) Đ1					qi					WQI_E	Đánh giá
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)		
CP3	03/2016	-0,32	-0,33	-0,34	-0,35	-0,33	86,7	50,3	61,0	24,0	29,9	51,2	Tốt
CP4	04/2016	-0,35	-0,32	-0,33	-0,33	-0,33	74,1	64,8	79,0	42,5	32,5	58,4	Tốt
CP5	05/2016	-0,33	-0,30	-0,32	-0,32	-0,32	83,1	92,5	156,0	62,0	40,5	84,4	Tốt
CP6	06/2016	-0,27	-0,31	-0,27	-0,29	-0,30	99,6	83,5	301,0	91,0	49,6	120,0	Trung bình
CP7	07/2016	-0,27	-0,24	-0,25	-0,27	-0,24	99,4	157,0	361,0	108,0	84,2	148,9	Trung bình
CP8	08/2016	-0,33	-0,26	-0,27	-0,26	-0,26	83,1	137,8	328,0	114,5	73,7	136,7	Trung bình
CP9	09/2016	-0,33	-0,28	-0,30	-0,28	-0,28	81,8	125,8	233,0	99,5	65,9	113,0	Trung bình
CP10	10/2016	-0,28	-0,32	-0,32	-0,32	-0,33	97,3	72,0	133,0	55,5	31,5	77,9	Tốt
CP11	11/2016	-0,34	-0,33	-0,33	-0,33	-0,32	79,7	52,5	89,0	43,5	36,7	59,5	Tốt
CP12	12/2016	-0,34	-0,33	-0,33	-0,34	-0,32	79,2	50,0	77,0	33,0	33,5	54,4	Tốt
HL1	01/2014	-0,34	-0,34	-0,34	-0,35	-0,33	81,2	41,5	22,0	9,0	29,8	37,7	Rất tốt
HL2	02/2014	-0,35	-0,34	-0,34	-0,35	-0,34	74,0	35,3	31,0	9,5	21,7	36,8	Rất tốt
HL3	03/2014	-0,32	-0,34	-0,34	-0,35	-0,33	86,7	36,0	53,0	11,0	29,9	44,2	Tốt
HL4	04/2014	-0,35	-0,34	-0,34	-0,34	-0,32	74,1	38,5	79,0	23,5	33,2	49,5	Tốt
HL5	05/2014	-0,33	-0,31	-0,32	-0,32	-0,32	83,1	80,3	144,0	50,0	38,9	77,3	Tốt

Vùng	Thời gian	Pij.ln(Pij) Đ1					qi					WQI_E	Đánh giá
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)		
HL6	06/2014	-0,27	-0,30	-0,28	-0,28	-0,31	99,6	87,3	319,0	96,0	43,4	125,2	Trung bình
HL7	07/2014	-0,27	-0,27	-0,26	-0,26	-0,28	99,4	114,5	401,0	105,5	55,8	147,9	Trung bình
HL8	08/2014	-0,33	-0,25	-0,26	-0,26	-0,25	83,1	124,8	377,0	108,5	66,6	142,3	Trung bình
HL9	09/2014	-0,33	-0,28	-0,28	-0,28	-0,29	81,8	100,5	324,0	94,0	50,2	124,3	Trung bình
HL10	10/2014	-0,28	-0,31	-0,33	-0,32	-0,32	97,3	72,0	139,0	49,0	34,1	77,7	Tốt
HL11	11/2014	-0,34	-0,33	-0,33	-0,34	-0,33	79,7	52,8	98,0	27,5	30,2	57,9	Tốt
HL12	12/2014	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,33	79,2	33,3	81,0	24,0	26,8	50,1	Tốt
HL1	01/2016	-0,34	-0,34	-0,34	-0,35	-0,33	81,2	35,8	43,0	17,5	23,3	42,4	Rất tốt
HL2	02/2016	-0,35	-0,33	-0,34	-0,35	-0,33	74,0	49,8	49,0	16,5	31,1	44,4	Rất tốt
HL3	03/2016	-0,32	-0,33	-0,34	-0,35	-0,32	86,7	60,8	54,0	20,5	33,5	51,1	Tốt
HL4	04/2016	-0,35	-0,33	-0,33	-0,35	-0,32	74,1	63,8	98,0	27,5	34,9	58,7	Tốt
HL5	05/2016	-0,33	-0,31	-0,32	-0,33	-0,31	83,1	88,8	174,0	56,0	41,2	85,9	Tốt
HL6	06/2016	-0,27	-0,31	-0,28	-0,28	-0,31	99,6	85,3	333,0	109,5	42,3	130,3	Trung bình
HL7	07/2016	-0,27	-0,26	-0,25	-0,27	-0,27	99,4	149,8	422,0	116,5	72,1	160,9	Trung bình
HL8	08/2016	-0,33	-0,25	-0,26	-0,27	-0,24	83,1	158,8	398,0	116,5	82,6	154,4	Trung bình

Vùng	Thời gian	Pij.ln(Pij) Đ1					qi					WQI_E	Đánh giá
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)		
HL9	09/2016	-0,33	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	81,8	127,8	338,0	107,5	61,2	135,0	Trung bình
HL10	10/2016	-0,28	-0,32	-0,32	-0,30	-0,31	97,3	78,0	183,0	94,0	41,9	96,6	Tốt
HL11	11/2016	-0,34	-0,34	-0,33	-0,34	-0,33	79,7	41,5	102,0	44,5	25,8	60,1	Tốt
HL12	12/2016	-0,34	-0,34	-0,33	-0,35	-0,33	79,2	32,3	97,0	28,0	23,6	53,8	Tốt
TY1	01/2014	-0,34	-0,34	-0,34	-0,35	-0,34	81,2	44,0	17,0	8,0	21,5	37,0	Rất tốt
TY2	02/2014	-0,35	-0,34	-0,34	-0,35	-0,34	74,0	35,0	22,0	10,5	22,6	35,2	Rất tốt
TY3	03/2014	-0,32	-0,34	-0,34	-0,34	-0,33	86,7	35,8	21,0	14,5	26,9	38,8	Rất tốt
TY4	04/2014	-0,35	-0,34	-0,34	-0,34	-0,33	74,1	37,8	29,0	19,5	27,3	39,0	Rất tốt
TY5	05/2014	-0,33	-0,31	-0,33	-0,31	-0,31	83,1	81,8	67,0	48,0	39,6	62,5	Tốt
TY6	06/2014	-0,27	-0,30	-0,31	-0,28	-0,31	99,6	85,0	122,0	69,0	40,4	81,6	Tốt
TY7	07/2014	-0,27	-0,27	-0,27	-0,26	-0,27	99,4	112,0	184,0	81,5	56,9	101,1	Trung bình
TY8	08/2014	-0,33	-0,26	-0,26	-0,27	-0,25	83,1	118,8	209,0	78,5	63,6	102,9	Trung bình
TY9	09/2014	-0,33	-0,27	-0,27	-0,29	-0,26	81,8	113,0	189,0	64,0	61,1	94,7	Tốt
TY10	10/2014	-0,28	-0,31	-0,31	-0,32	-0,31	97,3	78,0	115,0	39,5	37,2	72,3	Tốt
TY11	11/2014	-0,34	-0,34	-0,32	-0,34	-0,34	79,7	42,8	82,0	22,5	22,3	51,9	Tốt

Vùng	Thời gian	Pij.ln(Pij) Đ1					qi					WQI_E	Đánh giá
		DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	COD (mg/l)		
TY12	12/2014	-0,34	-0,34	-0,33	-0,34	-0,34	79,2	43,0	59,0	16,5	23,6	46,2	Rất tốt
TY1	01/2016	-0,34	-0,34	-0,35	-0,36	-0,34	81,2	42,8	24,0	11,0	25,1	38,8	Rất tốt
TY2	02/2016	-0,35	-0,34	-0,35	-0,35	-0,33	74,0	34,8	25,0	14,5	29,9	36,6	Rất tốt
TY3	03/2016	-0,32	-0,34	-0,35	-0,35	-0,33	86,7	35,8	35,0	24,0	31,1	43,5	Rất tốt
TY4	04/2016	-0,35	-0,34	-0,34	-0,35	-0,33	74,1	38,8	41,0	29,0	36,4	43,4	Rất tốt
TY5	05/2016	-0,33	-0,31	-0,33	-0,31	-0,32	83,1	83,0	75,0	59,5	42,5	66,7	Tốt
TY6	06/2016	-0,27	-0,31	-0,30	-0,29	-0,30	99,6	85,0	152,0	76,0	53,5	88,8	Trung bình
TY7	07/2016	-0,27	-0,29	-0,28	-0,28	-0,30	99,4	102,0	196,0	82,5	58,3	101,7	Trung bình
TY8	08/2016	-0,33	-0,25	-0,26	-0,28	-0,26	83,1	133,8	216,0	83,0	79,2	108,1	Trung bình
TY9	09/2016	-0,33	-0,27	-0,27	-0,30	-0,25	81,8	122,0	198,0	68,0	82,8	99,0	Tốt
TY10	10/2016	-0,28	-0,29	-0,31	-0,33	-0,31	97,3	103,0	138,0	47,5	50,3	83,1	Tốt
TY11	11/2016	-0,34	-0,34	-0,32	-0,34	-0,33	79,7	45,5	99,0	33,5	36,9	57,9	Tốt
TY12	12/2016	-0,34	-0,34	-0,33	-0,35	-0,34	79,2	42,3	78,0	27,5	24,5	52,0	Tốt

PHỤ LỤC 4

MỘT SỐ HÌNH ẢNH ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU TẠI TÂN AN, QUẢNG YÊN, QUẢNG NINH



Hình 1: Địa điểm nghiên cứu môi trường nuôi tôm tại Tân An, Quảng Ninh.



Hình 2: Hệ thống mương cấp, thoát nước vào các ao nuôi tôm.



Hình 3: Guồng/máy đảo nước, CPSH, hóa chất cho nuôi tôm tại Tân An.



Hình 4: Trạm bơm cấp nước cho hệ thống các ao nuôi tôm tại Tân An.



Hình 5: Lấy mẫu nền đất ao nuôi tôm tại Tân An



Hình 6: Ao nuôi tôm từ năm 2002 cho đến nay



Hình 7: Vệ sinh nền đáy ao nuôi đầu vụ trước khi thả tôm tại Tân An



Hình 8: Hệ thống thoát nước nuôi tôm tại các ao tại Tân An



Hình 9: Kiểm tra môi trường nước và sinh trưởng, phát triển của tôm nuôi tại Tân An.



Hình 10: Hệ thống các ao nuôi tôm tại Tân An, Quảng Ninh



Hình 11: Nguồn nước cấp phục vụ nuôi tôm tại Tân An, Quảng Ninh



Hình 12: Bãi cây sú vẹt bên ngoài khu vực nuôi tôm tại Tân An, Quảng Ninh.

PHỤ LỤC 5
MỘT SỐ HÌNH ẢNH THỬ NGHIỆM HIỆU QUẢ CỦA CHẾ PHẨM
SINH HỌC XỬ LÝ NƯỚC NUÔI TÔM TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM



Hình 1: Ba loại CPSH thử nghiệm hiệu quả xử lý nước nuôi tôm



Hình 2: Bố trí thí nghiệm nuôi tôm để đánh giá hiệu quả xử lý của CPSH



Hình 3: Theo dõi thông số môi trường và chất lượng tôm nuôi