

ĐÁNH GIÁ BIẾN ĐỘNG MUỐI DINH DƯỠNG TRONG AO NUÔI HẢI SẢN

ASSESSMENT FLUCTUATION OF NUTRIENTS IN MARINE-CULTURE PONDS

Nguyễn Đắc Kiên¹, Phan Minh Thu², Lê Nguyễn Na Uyên¹

¹Trường Đại học Nha Trang, 02 Nguyễn Đình Chiểu, Nha Trang, Khánh Hòa

Email: nguyendackien@gmail.com; kiennnd@cb.ntu.edu.vn

²Viện Hải Dương Học, 01 Cầu Đá, Nha Trang, Khánh Hòa

Email: phanminhthu@vnio.org.vn; phanminhthu@gmail.com

ABSTRACT

Aquaculture is increasingly playing an important role in marine economy. However developing aquaculture industry has had a negative effect on ecosystems and the environment. Study results in ponds of Nha Trang Aquaculture Company were essential to the fluctuations of the nutrition concentration in aquaculture ponds. The concentration of N and P changes strongly in temporal. The concentration of N nutrients in aquaculture ponds was increased by more and more extruded feeds and waste from cultured species, whereas it was went down ponds managements such as water exchange processes (fish ponds) or added water (shrimp ponds). Conversely, the changes of P content were depended on water exchanges and developing cycles of phytoplankton. Therefore, pond managements play important role of improving environmental quality in cultured ponds and increasing aquaculture profits.

Keywords: Aquaculture, salt concentrations nutritional, volatility

TÓM TẮT

Nuôi trồng thủy sản đang ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế biển. Tuy nhiên nuôi trồng thủy sản cũng tác động xấu đến hệ sinh thái và môi trường. Kết quả thực nghiệm tại các ao nuôi trồng thủy sản ở Công ty NTTS Nha Trang đã khái quát sự biến động của các hàm lượng muối dinh dưỡng trong các ao nuôi thủy sản. Hàm lượng muối dinh dưỡng biến động mạnh theo thời gian nuôi. Muối dinh dưỡng N trong ao nuôi tăng là do thức ăn thừa và chất thải của đối tượng nuôi, và giảm do quá trình thay nước (ao nuôi cá) hoặc châm thêm nước (ao nuôi tôm). Trong khi đó, hàm lượng P biến động phụ thuộc vào hoạt động thay nước và chu kỳ phát triển của tảo. Do đó, quản lý ao nuôi tốt góp phần tạo môi trường tốt cho đối tượng nuôi phát triển và tăng hiệu quả NTTS.

Từ khóa: Nuôi trồng thủy sản, Muối dinh dưỡng, Biến động muối dinh dưỡng

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam đã đạt được những thành tựu to lớn, góp phần vào công cuộc xóa đói giảm nghèo. Hàng thủy sản xuất khẩu luôn đóng vai trò quan trọng trong việc tăng thu nhập ngoại tệ mạnh cho đất nước. Tuy nhiên, để đạt được những mục tiêu kinh tế ngắn hạn, vấn đề phát triển NTTS bền vững (về kinh tế, xã hội, môi trường) chưa được quan tâm đúng mức. Phát triển NTTS quá nhanh không theo qui hoạch và qui định, gây tác động xấu đến môi trường khu vực NTTS đặc biệt là môi trường nước và các hệ sinh thái thủy sinh tự nhiên (Phan Minh Thu và Populus, 2007). Trong đó, hàm lượng muối dinh dưỡng cao trong nước thải NTTS cũng gây ra những tác động tiêu cực như gây ra hiện tượng “nở hoa” của tảo trong thủy vực và tạo ra những hiệu ứng tiêu cực liên đới. Khi “tảo tàn” sau đợt nở hoa có thể gây suy thoái chất lượng nước, từ đó ảnh hưởng tới tỷ lệ sống và sinh trưởng của các loài thủy sinh vật.

Thức ăn nhân tạo được sử dụng để nâng cao sản lượng nuôi. Tuy nhiên, vật nuôi chỉ hấp thụ 21% N và 19% P (Siddiqui và Al-Harbi, 1999). Lượng còn lại phân rã trong môi trường hoặc lắng đáy. Neori và Krom (1991) xác định chỉ 14% N và 21% P tổng lượng thức ăn sau khi phân rã được thực vật nổi sử dụng. Lượng phân rã còn lại được các loài vi khuẩn, nấm phân hủy và sử dụng. Theo Jackson và ctv., (2003), đối với nghề nuôi tôm, chỉ có 22% tổng lượng N đưa vào ao được chuyển hóa thành sản phẩm, và có đến 57% lượng N thải ra môi trường nước và 14% N lắng đáy. Tuy nhiên, trong hầu hết các mô hình nuôi ở Việt Nam, chất thải thải trực tiếp ra môi trường mà không qua bất kỳ quá trình xử lý nào. Đối với ao nuôi quảng canh cải tiến, hiệu quả chuyển hóa thức ăn của tôm chỉ đạt 18-24% (Alongi và ctv., 2000). Trong khi đó, đối với ao nuôi tôm sú thâm canh, để nuôi được 1 tấn tôm thịt, môi trường tự nhiên phải gánh chịu 30 kgN và 3,7 kg P (Phạm Thị Anh và ctv., 2010). Còn đối với những đối tượng nuôi khác, hầu như chưa có những nghiên cứu cụ thể về vấn đề này. Các nghiên cứu về muối dinh dưỡng và tương tác trong hệ thống ao NTTS và ngoài môi trường tự nhiên còn khá khiêm tốn. Vì vậy đánh giá biến động các muối dinh dưỡng trong ao nuôi thủy sản góp phần đánh giá tác động của hoạt NTTS đối với môi trường.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp thu thập tài liệu có liên quan

Cơ sở của phương pháp là thu thập, nghiên cứu các tài liệu có liên quan tới vấn đề nghiên cứu, các quy định, các tiêu chuẩn môi trường cho các mục đích khác nhau. Hệ thống các tài liệu, số liệu rời rạc sẵn có về các muối dinh dưỡng trong ao nuôi trồng thủy sản.

Phương pháp theo dõi thí nghiệm

Hai ao nuôi tôm sú và cá mú ở Công ty NTTS Nha Trang Vĩnh Trường – Nha Trang – Khánh Hòa được chọn làm địa điểm nghiên cứu (Bảng 1). Mẫu nước được thu tại hai ao này với chu kỳ 7 ngày và vào buổi sáng sớm (7-8 giờ). Mẫu nước dùng để phân tích muối dinh dưỡng N và P được thu bằng chai nhựa, giữ ở nhiệt độ 4°C và chuyển về phòng thí nghiệm phân tích. Trong đó:

- NO_2^- : theo phương pháp Colorimetric (U.S. EPA, 1979)
- NO_3^- : theo phương pháp khử trên cột Cd-Cu sau đó xác định NO_2 (U.S. EPA, 1979) (trong APHA 2004).
- NH_4^+ : theo phương pháp Indophenol Blue (Parsons và ctv., 1984),
- PO_4 được xác định theo phương pháp Ascorbic acid (Strickland và Parsons, 1965);

KẾT QUẢ THẢO LUẬN

Tình hình hoạt động sản xuất tại Công ty NTTS Nha Trang

Công ty NTTS Nha Trang là một chi nhánh thuộc tổng công ty Long Shin nằm ở xã Vĩnh Thái, thành phố Nha Trang. Tổng diện tích gần 10ha, bao gồm cơ sở hạ tầng và ao nuôi thủy sản. Đối tượng nuôi chính của công ty là tôm sú và cá mú (Bảng 1).

Với cá mú: diện tích nuôi là 2,5ha, độ sâu ao nuôi trung bình là 1,6 m, mật độ thả nuôi thay đổi theo thời gian cụ thể là trong ao ương mật độ sẽ là 5 con/m², trong 3 tháng tiếp theo mật độ sẽ là 2 con/m² và trong 3 tháng cuối cùng mật độ chỉ còn lại 1 con/m². Với chu kỳ nuôi trung bình là từ 8-11 tháng, sản lượng trung bình đạt 5 tấn/ao 5000m². Thức ăn được sử dụng là thức ăn công nghiệp và thức ăn tươi sống (thường là các loài cá tạp, nhuyễn thể,...). Chu kỳ thay nước dao động từ 15 -20 ngày. Điều khá đặc biệt trong quy trình nuôi cá mú ở

đây là cứ 3 tháng sẽ thay đổi ao nuôi cá 1 lần. Trong quá trình nhằm phân loại kích cỡ trong ao để có biện pháp chăm sóc tốt hơn. Từ đó, giúp tăng tỷ lệ sống của đối tượng nuôi, giảm ô nhiễm nước trong ao và quản lý tốt mật độ nuôi theo đúng quy định kỹ thuật.

Bảng 1: Đặc điểm ao nuôi trồng thủy sản tại địa điểm nghiên cứu

Nội dung	Cá	Tôm
Tổng diện tích (m ²)	25000	30000
Độ sâu trung bình (m)	1,6	1,6
Chu kỳ nuôi	8-11 tháng	3,5 tháng
Mật độ thả	5 con/m ² xuống 1 con/m ²	160con/m ²
Sản lượng trung bình	5tấn/ao	5tấn/ao
Thức ăn	Thức ăn công nghiệp và thức ăn tươi (cá tạp, các loài nhuyễn thể,...)	Thức ăn công nghiệp
Chu kỳ thay nước	15- 20ngày. Sau 3 tháng thay đổi ao nuôi	Chỉ châm thêm nước với chu kỳ 7 - 30 ngày tùy giai đoạn nuôi.
Xử lý chất thải rắn và bùn đáy ao:	Vận chuyển đến điểm tập trung để xử lý.	Vận chuyển đến điểm tập trung để xử lý

Đối với tôm, tổng diện tích nuôi là 3,0 ha, độ sâu trung bình là 1,6m. Chu kỳ nuôi là 3,5 tháng với mật độ nuôi là 160con/m². Loại thức ăn được sử dụng là thức ăn công nghiệp. Trong quá trình nuôi, chu kỳ châm thêm nước khoảng 20 – 30 ngày đối với tháng đầu tiên, và 10-15 ngày đối với những tháng tiếp theo và 7 ngày/lần vào tháng trước khi thu hoạch. Sản lượng trung bình đạt khoảng 5 tấn/5000m².

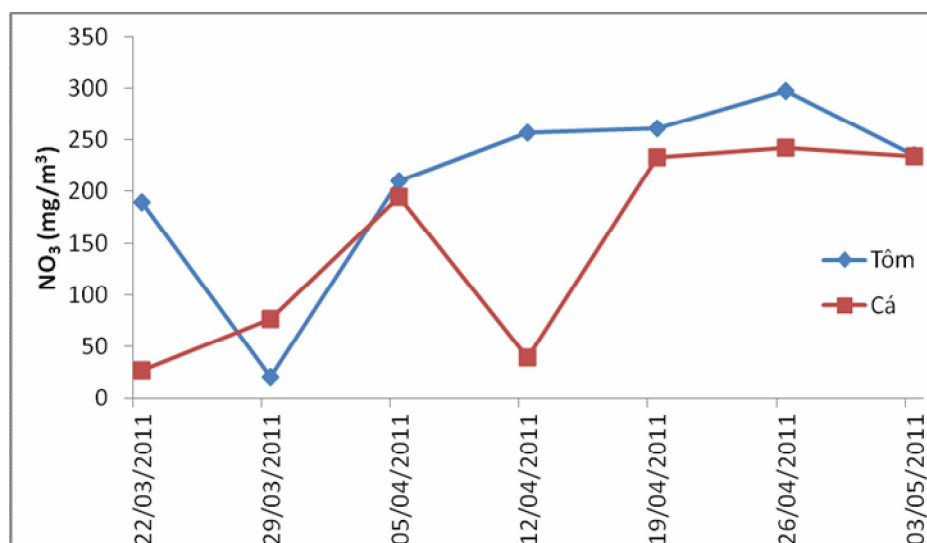
Chất thải trong quá trình nuôi bao gồm chất thải rắn, nước thải, rác thải sinh hoạt, bùn đáy ao...các loại chất thải này sẽ được thu gom và xử lý khác nhau. Bùn đáy sẽ được nạo vét và vận chuyển tới nơi tập trung. Riêng nước thải trong quá trình nuôi được thải thẳng ra môi trường theo chu kỳ thủy triều không qua xử lý. Điều này cũng xảy ra ở toàn bộ các hộ nuôi trong khu vực. Do vậy, đã làm phát sinh nhiều vấn đề môi trường và bùng phát dịch bệnh thủy sản rất khó kiểm soát.

Biến động hàm lượng NO₃⁻ trong ao NTTS:

Hàm lượng NO₃⁻ trong ao nuôi có sự biến động mạnh theo thời gian (Bảng 2 và Hình 1), nhưng có sự khác nhau giữa ao nuôi tôm và ao nuôi cá.

Bảng 2: Biến động hàm lượng NO₃⁻ trong ao NTTS

Ngày	Hàm lượng NO ₃ ⁻ (mgN/m ³)	
	Tôm	Cá
22/3/2011	189,00	27,40
29/3/2011	21,27	76,51
05/4/2011	210,82	194,36
12/4/2011	256,74	39,73
19/4/2011	260,63	233,14
26/4/2011	296,97	242,89
03/5/2011	235,62	234,48



Hình 1: Biến động hàm lượng NO_3^- trong ao NTTS

Trong ao nuôi tôm, hàm lượng NO_3^- gia tăng 189,00 mgN/m^3 lên tới 296,97 mgN/m^3 . Do thả giống vào ngày 21/3/2011 (trước ngày thu mẫu một ngày), trong những ngày đầu, chất lượng môi trường tương đối sạch. Thêm vào đó, muối dinh dưỡng thấp, thực vật nổi phát triển đã có vai trò làm giảm dinh dưỡng. Tuy nhiên, trong thời gian sau, có thể do do lượng thức ăn dư thừa phân rã kết hợp với chất thải của đối tượng nuôi, muối dinh dưỡng trong ao tăng lên. Bên cạnh đó, trong suốt quá trình nuôi không có sự thay nước, thức ăn thừa và chất thải của đối tượng nuôi tiếp tục tăng lên vượt quá ngưỡng hấp thụ của thực vật nổi là nguyên nhân chính làm cho nitrate tăng lên.

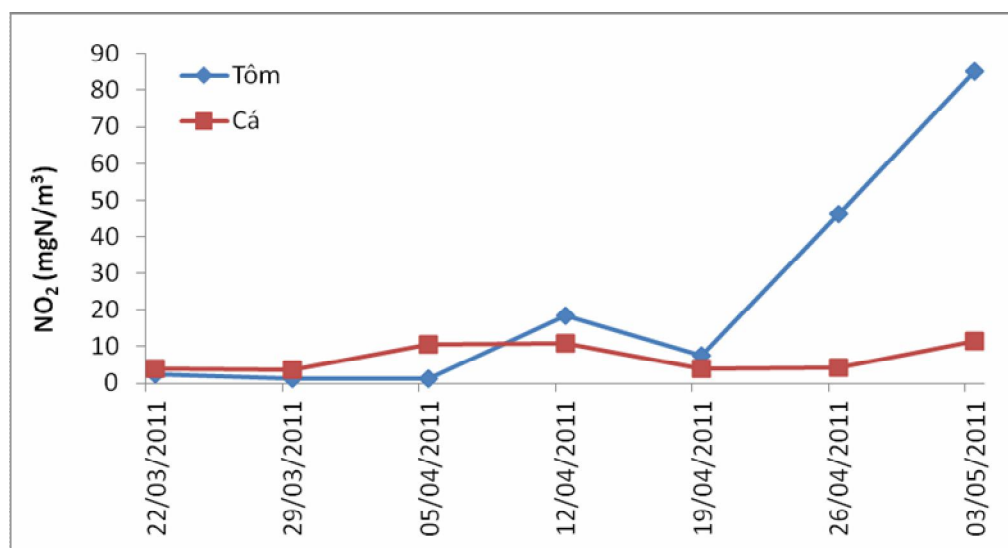
Đối với ao cá, hàm lượng muối dinh dưỡng gia tăng từ 27,40 mgN/m^3 lên 242,89 mgN/m^3 . Trong thời gian đầu, nitrate tăng là do thức ăn cá tạp và lượng cho ăn cao hơn nhu cầu của cá, lượng thức ăn thừa phân bị phân hủy và tham gia vào các chu trình vật chất trong ao nuôi. Khi xảy ra hiện tượng thay nước hoặc bổ sung nước vào ao đã làm cho nitrate giảm đột biến (từ 194,36 mgN/m^3 xuống 39,73 mgN/m^3), nhưng sau đó nitrat tăng trở lại theo quy luật của nó.

Biến động hàm lượng NO_2^- trong ao NTTS:

Biến động NO_2^- theo chu kỳ thu mẫu (Bảng 3 và Hình 2)

Bảng 3: Biến động hàm lượng NO_2^- trong ao NTTS

Ngày	Hàm lượng NO_2^- (mgN/m^3)	
	Tôm	Cá
22/3/2011	2,40	3,84
29/3/2011	1,10	3,53
05/4/2011	1,24	10,45
12/4/2011	18,27	10,79
19/4/2011	7,69	3,84
26/4/2011	46,15	4,32
03/5/2011	85,18	11,35



Hình 2: Biến động hàm lượng NO₂⁻ trong ao NTTS

Trong ao cá Mú, hàm lượng NO₂⁻ biến động chủ yếu do quá trình thay nước trong ao. Lúc thấp nhất hàm lượng NO₂⁻ trong nước là 3,53 mgN/m³ và cao nhất là 11,35 mgN/m³. Trước khi thay nước hàm lượng NO₂⁻ trong nước cao 10,79 mgN/m³. Khi thay nước trong ao (19/4/2011) hàm lượng NO₂⁻ trong nước giảm đột ngột từ 10,79 mgN/m³ xuống còn 3,84 mgN/m³, nhưng sau đó tăng dần lên do quá trình phân hủy thức ăn thừa và chất thải của đối tượng nuôi. Tuy nhiên NO₂⁻ chỉ là sản phẩm trung gian và nó dễ dàng chuyển sang các chất khác như amonia, nitrate,... nhờ các quá trình nitrat hóa và phản nitrat hóa. Chính điều này cũng làm ảnh hưởng tới hàm lượng amonia, nitrate trong ao.

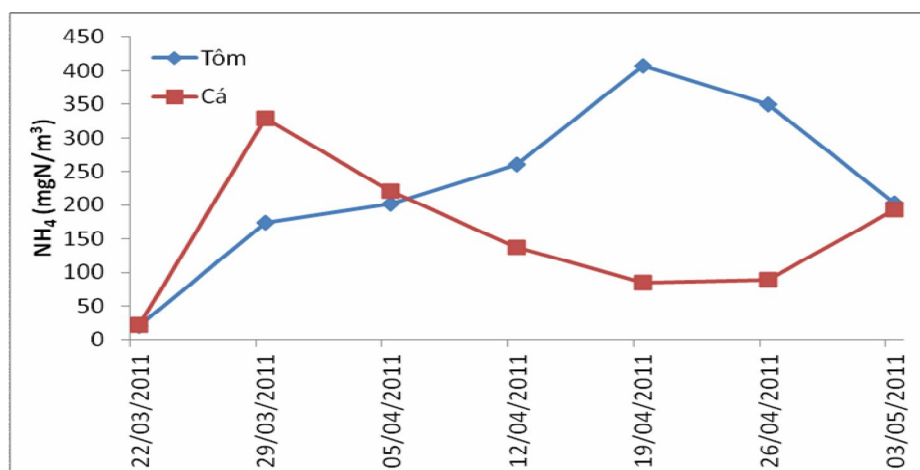
Trong ao nuôi tôm, hàm lượng NO₂⁻ tăng cao theo thời gian (hình 2). Phần lớn là do ảnh hưởng của việc cung cấp thức ăn cho vật nuôi. Phần thức ăn thừa sẽ bị phân hủy và tham gia vào các chu trình tự nhiên trong ao nuôi. Do tác động của các hoạt động quản lý ao như quạt nước, xử lý nước trong ao nuôi bằng các chế phẩm sinh học... mà hàm lượng NO₂⁻ thay đổi. Thấp nhất 1,10 mgN/m³ và cao nhất 85,18 mgN/m³. Hàm lượng NO₂⁻ giảm khi cấp thêm nước (19/4/2011) từ 18,27 mgN/m³ xuống 7,69 mgN/m³ và tăng dần trong thời gian.

Biến động hàm lượng NH₄⁺ trong ao:

NH₄⁺ được ưu tiên sử dụng cho nhu cầu quang hợp của thực vật nổi, cho nên biến động mạnh theo thời gian (Bảng 4 và Hình 3).

Bảng 4: Biến động hàm lượng NH₄⁺ trong ao nuôi trồng thủy sản

Ngày	Nồng độ NH ₄ ⁺ (mgN/m ³)		QCVN 10: 2008/BTNMT (mgN/m ³)
	Tôm	Cá	
22/3/2011	20,06	22,04	
29/3/2011	173,48	329,69	
05/4/2011	201,50	220,67	
12/4/2011	260,33	136,75	100,00
19/4/2011	407,39	84,30	
26/4/2011	350,00	89,69	
03/5/2011	202,29	193,91	



Hình 3: Biến động hàm lượng NH₄⁺ trong ao NTTS

Trong ao nuôi cá, lúc đầu NH₄⁺ tăng đột biến từ 22,04 mgN/m³ lên 329,69 mgN/m³, sau đó phần lớn lượng NH₄⁺ được thực vật nổi hấp thụ trong quá trình quang hợp làm cho hàm lượng trong nước giảm xuống còn 84,3 mgN/m³. Tuy nhiên, sau khi thay nước hàm lượng NH₄⁺ lại tăng lên 84,30 mgN/m³ đến 193,91 mgN/m³. Điều này chứng tỏ hàm lượng NH₄⁺ trong nước cấp cao hơn trong ao nuôi cá.

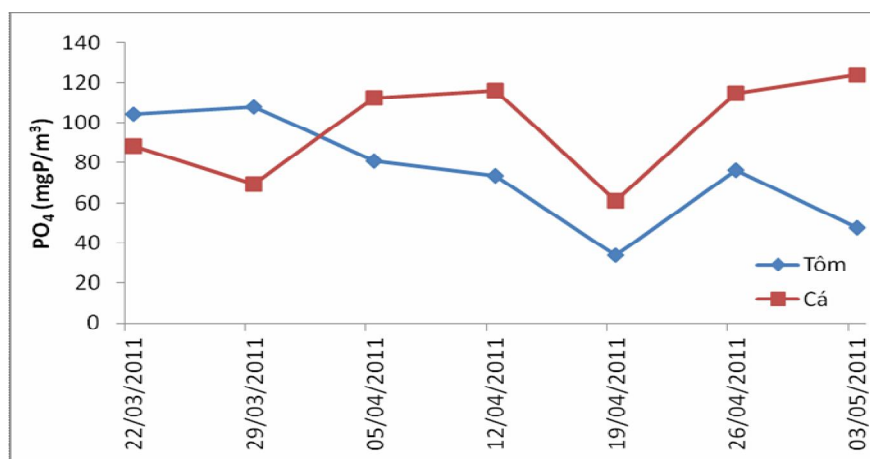
Trong ao nuôi tôm, NH₄⁺ có xu hướng tăng dần theo thời gian nuôi do lượng thức ăn dư thừa bị phân hủy, chất thải của tôm... Sau khi bổ sung thêm nước hàm lượng NH₄⁺ lại giảm đột ngột. Cao nhất là 407,39 mgN/m³ và thấp nhất là 20,06 mgN/m³. Có thể do hàm lượng NH₄⁺ trong nước cấp thấp hơn trong ao nên sau khi hoàn thành việc châm nước thì hàm lượng NH₄⁺ sẽ giảm xuống.

Biến động hàm lượng PO₄³⁻ trong ao NTTS:

Kết quả (Bảng 5 và Hình 4) cho thấy hàm lượng PO₄³⁻ biến động mạnh theo thời gian nuôi. Hàm lượng PO₄³⁻ trong ao cá có biên độ dao động khá cao, 61,23 – 123,93 mgP/m³. Khi thay nước, hàm lượng PO₄³⁻ trong ao giảm từ 116 mgP/m³ xuống còn 61 mgP/m³. Điều đó chứng tỏ hàm lượng PO₄³⁻ trong nước cấp vào thấp. Hàm lượng PO₄³⁻ tăng cao vào những ngày sau đó. Thức ăn dư thừa hàng ngày bị phân hủy, chất thải của cá,... là nguyên nhân làm cho hàm lượng PO₄³⁻ tăng cao.

Bảng 5: Biến động hàm lượng PO₄³⁻ trong ao NTTS

Ngày	Nồng độ PO ₄ ³⁻ (mgP/m ³)	
	Tôm	Cá
22/3/2011	104	88
29/3/2011	108	69
05/4/2011	81	112
12/4/2011	74	116
19/4/2011	34	61
26/4/2011	76	115
03/5/2011	48	124



Hình 4: Biến động hàm lượng PO₄³⁻ trong ao NTTS.

Hàm lượng PO₄³⁻ trong ao tôm có xu hướng giảm theo thời gian nuôi. Khi mới bắt đầu nuôi hàm lượng PO₄³⁻ cao là do những nguyên nhân như: hàm lượng PO₄³⁻ trong nước cấp vào cao, quá trình xử lý chất đáy ban đầu làm tồn dư nhiều PO₄³⁻. Lượng photphat giảm do quá trình quang hợp và lắng đáy. Tuy nhiên, vào thời gian đầu, lượng tảo chưa đủ, cộng thêm với nguồn photphat được bổ sung từ thức ăn làm cho hàm lượng photphat trong nước tăng lên. Châm thêm nước cũng là nguyên nhân làm tăng lượng photphat trong ao nuôi (Hình 4).

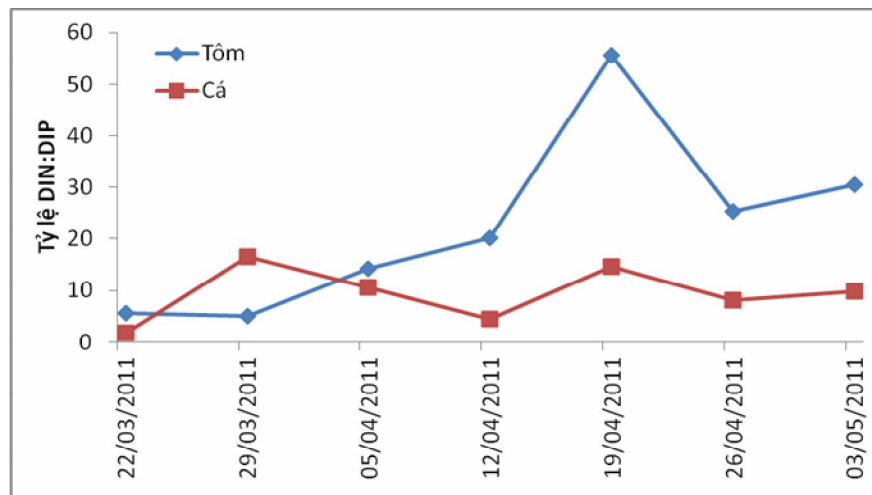
Mối quan hệ của N:P trong môi trường ao NTTS

Tỷ lệ DIN: DIP (Bảng 6 và Hình 5) biến động mạnh trong cả ao nuôi tôm và ao nuôi cá. Tuy nhiên, biến động của chúng khác nhau dẫn đến vai trò của N và P cũng thay đổi theo thời gian. Tỷ lệ DIN:DIP thích hợp cho sự phát triển của tảo là 16:1. Tuy nhiên, trong ao nuôi tôm, thời gian đầu tỷ lệ này thấp hơn 16:1 cho thấy N là yếu tố giới hạn của quá trình quang hợp, nhưng sau đó, càng về cuối vụ nuôi, tỷ lệ này càng tăng cao. Ngược lại, trong ao nuôi cá, muối dinh dưỡng P có vai trò giới hạn quá trình quang hợp trong ao.

Sự mất cân bằng của tỷ lệ DIN:DIP cho thấy sự bất ổn về môi trường trong ao nuôi tôm. Trong khi đó, trong ao nuôi cá, chất lượng nước khá tốt.

Bảng 6: Tỷ lệ mol của N và P

Ngày	Tôm			Cá		
	DIN (molN/m ³)	DIP (molN/m ³)	DIN:DIP	DIN (molN/m ³)	DIP (molN/m ³)	DIN:DIP
22/3/2011	15,13	2,68	5,65	3,81	2,26	1,68
29/3/2011	13,99	2,77	5,05	29,27	1,78	16,46
05/4/2011	29,54	2,08	14,22	30,39	2,89	10,53
12/4/2011	38,24	1,89	20,23	13,38	2,98	4,48
19/4/2011	48,27	0,87	55,59	22,95	1,57	14,62
26/4/2011	49,51	1,96	25,25	24,06	2,95	8,16
03/5/2011	37,36	1,22	30,55	31,41	3,18	9,88



Hình 5: tỷ lệ lượng Nito và Photphat trong ao

KẾT LUẬN

Hoạt động NTTS đã có những tác động gián tiếp và trực tiếp, tích cực và tiêu cực lên đời sống kinh tế cũng như môi trường tự nhiên của khu vực ba xã Phước Đồng, Vĩnh Thái và Vĩnh Trường. Hàm lượng muối dinh dưỡng biến động mạnh theo thời gian nuôi mà nguyên nhân chủ yếu là do thức ăn thừa và chất thải của đối tượng nuôi làm gia tăng muối dinh dưỡng N và P trong ao nuôi. Thay nước ở ao nuôi cá hay châm thêm nước ở ao nuôi tôm làm giảm đột ngột hàm lượng muối dinh dưỡng N. Tuy nhiên, đối với muối dinh dưỡng P, trong khi châm thêm nước làm giảm muối dinh dưỡng P trong ao nuôi tôm thì quá trình thay nước là lại bổ sung muối P cho ao nuôi cá.

Hàm lượng muối dinh dưỡng có chứa N, P đều vượt quá tiêu chuẩn Việt Nam về nước ven bờ đối với vùng NTTS, bảo tồn thủy sinh như đối với giá trị NH_4^+ kết quả thu được là 0.23 mgN/L gấp 2,3 lần trong ao tôm và 1,53 lần trong ao cá (0.153 mgN/L); còn đối với PO_4^{3-} trong ao tôm là 0.075 mgP/L gấp 75 lần và trong ao cá là 0.098 mgP/L gấp 98 lần đối với giá trị cho phép đối với nước NTTS (QCVN 10: 2008/BTNMT). Hàm lượng các muối dinh dưỡng trong môi trường ao nuôi cao, khi nó được thải trực tiếp ra môi trường thì khả năng gây ảnh hưởng tới vùng nước cửa sông Tắc khá cao.

Tuy nhiên, các nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng các muối dinh dưỡng trong nước thải NTTS đối với môi trường xung quanh còn rất ít, cho nên cần tiến hành nghiên cứu biến động muối dinh dưỡng trong ao nuôi nhiều hơn cũng như xác định khả năng phân hủy chất hữu cơ và sức tải của môi trường nhằm xây dựng chiến lược dài hạn trong bảo vệ môi trường và phát triển bền vững nghề NTTS.

LỜI CẢM ƠN

Hoàn thành nghiên cứu này, chúng tôi nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của Viện Hải Dương Học (Đề tài VAST.07.04/11-12), Trường Đại học Nha Trang và Công ty nuôi trồng thủy sản Nha Trang. Nhân đây, cho phép chúng tôi gửi lời cảm ơn chân thành đến sự giúp đỡ quý báu đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alongi, D. M., Johnston, D. J., & Xuan, T. T., 2000. Carbon and nitrogen budgets in shrimp ponds of extensive mixed shrimp–mangrove forestry farms in the Mekong delta, Vietnam. *Aquaculture Research*, 31(4), 387-399.
- Jackson, C., Preston, N., Thompson, P. J., & Burford, M., 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture*, 218(1-4), 397-411.
- Neori, A. and M.D. Krom, 1991. Nitrogen and phosphorous budgets in an intensive marine fishpond: the importance of microplankton. In *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste* (Eds. C.V. Cowey and C.Y. Cho). 223-230.
- Phạm Thi Anh, Kroeze, C., Bush, S. R., & Mol, A. P. J., 2010. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*, 97(6), 872-882.
- Phan Minh Thu & Populus, J., 2007. Status and changes of mangrove forest in Mekong Delta: Case study in Tra Vinh, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 98-109.
- Siddiqui, A. Q. and A.H. Al-Harbi, 1999. Nutrients budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. *Aquaculture* 170: 245-252.