

# Ước tính lượng phát thải dinh dưỡng từ hoạt động nuôi cá lồng tại vịnh Bến Bèo, Cát Bà, Hải Phòng

Trịnh Thị Lê Hà<sup>1,\*</sup>, Đoàn Văn Bộ<sup>1</sup>

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN,  
334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 08 tháng 8 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 8 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 12 năm 2016

**Tóm tắt:** Kết quả ước tính lượng các chất thải N, P từ hoạt động nuôi lồng bè tại vịnh Bến Bèo cho thấy có tới 91% N và 90% P trong tổng lượng các thành phần N, P đầu vào (qua thức ăn) bị mất vào môi trường. Lượng thải tương ứng là 323,5t N và 37,3t P trong một vụ nuôi với sản lượng cá là 982,9t. Lượng N được thải ra dưới dạng vô cơ hòa tan (DIN) chiếm 48% tổng lượng N trong thức ăn được sử dụng, lượng P được thải ra dưới dạng vô cơ hòa tan (DIP) chiếm 21,5% tổng lượng P trong thức ăn sử dụng. Lượng N thải ra dưới dạng hữu cơ rắn (PON) chiếm 43% tổng lượng N trong thức ăn sử dụng, lượng P thải ra dưới dạng hữu cơ rắn (POP) chiếm 68% tổng lượng P trong thức ăn sử dụng.

*Từ khóa:* Nuôi, cá, dinh dưỡng, vô cơ, hữu cơ, hòa tan, rắn.

## 1. Đặt vấn đề

Chất thải từ các hoạt động nuôi trồng thủy sản chủ yếu là thức ăn thừa và các sản phẩm bài tiết của sinh vật. Tùy thuộc vào mức độ sản xuất, khả năng đồng hóa của khu vực, các chất thải này có thể gây ra những tác động đến chất lượng nước và trầm tích. Với các tác động xấu, môi trường có thể bị ô nhiễm, năng suất nuôi trồng bị suy giảm, năng lực của vùng nước tiếp nhận bị hủy hoại.

Để đánh giá được khả năng chịu tải của môi trường, những tác động môi trường của hoạt động nuôi trước hết cần phải có các thông tin về chất thải, lượng thải phát sinh từ hệ thống nuôi.

Bến Bèo là một trong những khu vực nuôi trồng thủy sản thuộc đảo Cát Bà có mức độ tập trung lồng bè nhiều nhất. Số lượng các bè nuôi

ở đây chiếm 63% tổng số lượng bè nuôi quanh khu vực đảo. Tổng diện tích các bè nuôi khoảng 6ha trên 10ha diện tích mặt nước có thể nuôi trồng [1]. Với mật độ phát triển như vậy, khả năng ô nhiễm rất dễ xảy ra. Đã có những báo cáo từ người dân về biểu hiện cá chết do ngạt khí và cá nuôi chậm lớn.

Bài báo này là những kết quả bước đầu trong việc đánh giá hiệu quả của hoạt động nuôi và áp lực từ hoạt động nuôi lên môi trường thông qua các đánh giá về dòng thải và lượng thải phát sinh từ hệ thống nuôi.

## 2. Tài liệu và phương pháp nghiên cứu

*2.1. Ước tính dòng thải dinh dưỡng từ hoạt động nuôi trồng dựa trên cân bằng vật chất trong cá và hệ thống nuôi trồng*

Theo nguyên tắc cân bằng khối lượng thức ăn được cá lấy vào ( $I_f$ ) sẽ bằng tổng lượng thức

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-988243503  
Email: hatl@vnu.edu.vn

ăn được cá đồng hóa ( $A_f$ ) cộng với lượng chất thải rắn (phân) mà cá thải ra môi trường ( $F_f$ ). Lượng thức ăn được đồng hóa một phần sẽ được sử dụng để xây dựng mô tế bào, phần còn lại được đào thải qua mang và qua nước tiểu. Do đó,  $I_f$  có thể được biểu diễn như sau:

$$I_f = A_f + F_f = G_f + E_f + F_f \quad (1)$$

trong đó,  $G_f$  là sự tăng trưởng và duy trì sinh khối,  $E_f$  là lượng bài tiết.

Lượng thức ăn được đồng hóa trên lượng thức ăn được cá ăn vào được gọi là hiệu suất đồng hóa ( $AE_f$ ). Hiệu suất đồng hóa N, P trong thức ăn có thể được xác định bằng công thức:

$$AE_f = A_f/I_f \quad (2)$$

Theo đó, lượng N, P được cá đồng hóa sẽ được sử dụng cho sự sinh trưởng và tăng trọng lượng cơ thể, đồng thời cũng được giải phóng ra môi trường qua quá trình hô hấp và bài tiết của sinh vật.

Hiệu suất tăng trưởng của sinh vật ( $GE_f$ ) là một đại lượng sinh thái, có thể được xác định dựa trên sản lượng sinh khối và lượng thức ăn được tiêu thụ trên cùng một đơn vị.

$$GE_f = G_f/I_f \quad (3)$$

Hiệu suất tăng trưởng đối với các thành phần N, P cũng tương tự như vậy.

Nếu C thường được giải phóng dưới dạng  $CO_2$  qua quá trình hô hấp thì N và P chủ yếu được cá giải phóng dưới dạng amoniac ( $NH_3$ ) qua mang và  $PO_4^{3-}$  trong nước tiểu. Lượng các thành phần dinh dưỡng bị đào thải được xác định bởi lượng dinh dưỡng được đồng hóa trừ đi lượng dinh dưỡng được giữ lại trong sinh khối theo phương trình:

$$E_f = A_f - G_f = (I_f \times AE_f) - G_f \quad (4)$$

Trong đó,  $I$  là tổng lượng các thành phần N, P trong thức ăn được cá lấy vào.  $AE$  là hiệu suất đồng hóa đối với mỗi loại.  $G$  là lượng N, P có trong sinh khối khi thu hoạch và được xác định bởi hàm lượng N, P có trong cá nhân với sản lượng cá thu hoạch.

Trong tổng lượng thức ăn mà cá ăn vào, phần không được tiêu hóa sẽ được bài tiết ra

môi trường dưới dạng chất thải rắn (phân). Lượng chất thải này có thể được ước tính như sau:

$$F_f = I_f - A_f = I_f \times (1 - AE_f) \quad (5)$$

Đối với một hệ thống nuôi trồng, lượng các chất thải thoát ra, ngoài những sản phẩm đào thải từ cá còn có thêm lượng thức ăn thừa và lượng cá chết. Trong nghiên cứu này lượng cá chết không được tính đến vì tỉ lệ cá chết chủ yếu tập trung trong 1 đến 2 tháng đầu khi giống mới thả nên lượng vật chất thải ra không đáng kể. Hơn nữa, cá chết còn được sử dụng lại làm thức ăn cho cá nuôi nên lượng phát thải không tạo ra dòng vật chất riêng trong hệ thống. Vì vậy nguồn vật chất rắn từ thức ăn thừa là dòng thải duy nhất góp phần vào dòng thải chung. Tổng lượng dòng thải này có thể chiếm tới 20 đến 40% tổng lượng thức ăn được đưa vào hệ thống [2-4].

Theo đó, tổng lượng thức ăn đưa vào hệ thống trong quá trình nuôi ( $I_f$ ) được biểu diễn như sau:

$$I_f = A_f + F_f + L_f \quad (6)$$

Lượng các hạt vật chất hữu cơ N, P (trong thức ăn) thoát ra môi trường ( $L_{POX}$ ) sẽ bằng tổng lượng các thành phần đó trong chất thải rắn của cá ( $F_x$ ) và trong thức ăn thừa ( $L_x$ ):

$$L_{POX} = F_x + L_x \quad (7)$$

với  $x$  là N hoặc P

Phần hòa tan của các hạt vật chất này sẽ tạo ra lượng vật chất hữu cơ hòa tan ( $L_{DOX}$ ) và được xác định như sau:

$$L_{DOX} = L_{POX} \times SF \quad (8)$$

Trong đó,  $SF$  là tỉ lệ hòa tan của chất thải cá và thức ăn thừa. Khi đó, dòng vật chất rắn ( $L_{NPOX}$ ) được phát thải từ hệ thống nuôi sẽ bằng tổng lượng các chất thải dinh dưỡng rắn ( $L_{POX}$ ) trừ đi tổng lượng hòa tan ( $L_{DOX}$ ) của chúng:

$$L_{NPOX} = L_{POX} - L_{DOX} \quad (9)$$

## 2.2. Giá trị các hệ số và số liệu sử dụng

Các số liệu liên quan đến sản lượng nuôi trồng, lượng thức ăn được sử dụng được tính toán dựa trên các thông tin cung cấp từ người

nuôi (qua kết quả điều tra phỏng vấn). Các hệ số đồng hóa, hàm lượng N, P trong thức ăn và trong mình cá, tỉ lệ hòa tan của chất thải cá được tham khảo từ những tài liệu liên quan (bảng 1). Tỉ lệ thức ăn thừa (lượng thất thoát vào môi trường) được lấy bằng 38% tổng lượng thức ăn được sử dụng. Đây là giá trị thu được từ kết quả nuôi thử nghiệm ngoài hiện trường (nuôi lồng) của Leung và các cộng sự (1999) tại trạm nghiên cứu cá biển Kat O, Hồng Kông. Đối tượng nuôi thí nghiệm là loài song chấm (*Epinephelus areolatus*) với thức ăn nuôi là cá tạp. Sai số chuẩn được ghi nhận là  $\pm 8\%$ . Cũng theo nghiên cứu này, tỉ lệ trọng lượng khô trên trọng lượng ướt trong thức ăn cá tạp xấp xỉ 30%, còn trong cá nuôi là 26% [5].

So với thức ăn tổng hợp, lượng dinh dưỡng hòa tan từ thức ăn thừa là cá tạp lớn hơn nhiều do chúng dễ bị phân hủy, kích thước các hạt bị rơi vãi nhỏ, tốc độ thâm thấu lớn. Theo kết quả thí nghiệm của trung tâm nghiên cứu phát triển nuôi trồng thủy sản Lampung, Indonesia, khả năng hòa tan của thức ăn là cá tạp khi lắng xuống đáy lồng được xác định dựa trên nồng độ gia tăng của  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  trong nước khi tiếp xúc với thức ăn. Kết quả đo đạc cho thấy nồng độ các chất và ion hòa tan đạt giá trị cao nhất trong ngày đầu và giảm nhiều khi sang ngày thứ 2 và thứ 3. Tỉ lệ nồng độ của chúng so với trọng lượng thức ăn thí nghiệm trong cùng khối nước ngày đầu lần lượt là  $\text{NH}_3$  - 0,036mg/100g,  $\text{NO}_2$

- 0,0275mg/100g,  $\text{NO}_3$  - 0,33mg/100g,  $\text{PO}_4$  - 8,5mg/100g [6]. Các giá trị này sẽ được sử dụng trong tính toán lượng hữu cơ hòa tan từ thức ăn thừa.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Tình hình nuôi trồng tại khu vực nghiên cứu

Bến Bèo là một vịnh hẹp nằm ở phía đông nam đảo Cát Bà với diện tích mặt nước khoảng  $6\text{km}^2$ , xung quanh có các đảo bao bọc tạo thành một vùng nước kín rất thuận lợi cho hoạt động nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi cá lồng bè.

Hiện tại trên vịnh có 305 bè với 5.687 ô lồng (số liệu thống kê năm 2016 của Ban quản lý các vịnh đảo Cát Bà), kích thước mỗi ô khoảng  $3\text{m}\times 3\text{m}\times 3\text{m}$  và  $3\text{m}\times 4\text{m}\times 3\text{m}$  (đài  $\times$  rộng  $\times$  cao).

Kết quả điều tra, phỏng vấn thực tế các hộ nuôi vào tháng 9/2016 cho thấy, đối tượng nuôi chủ yếu ở đây là các loài thuộc nhóm cá mú (song chấm xanh, song chấm đỏ, song hồ,...) chiếm khoảng 90% còn lại là các loài cá khác (cá còi, cá gáy, cá giò, các hồng,...) chiếm khoảng 10%.

Thức ăn được sử dụng là cá tạp đánh bắt từ tự nhiên, với lượng cho ăn hàng ngày dao động từ 5 đến 7kg cho một ô lồng khoảng trên 300 con cá nuôi.

Bảng 1. Giá trị của các hệ số được sử dụng trong tính toán [4-10]

(DW: trọng lượng khô, WW: trọng lượng ướt)

Hệ số	Giá trị	Nguồn tham khảo
Tỉ lệ thức ăn thừa (% tổng lượng thức ăn sử dụng)	38	Leung et al. (1999)
Tỉ lệ N trong cá (% DW)	11,50	Leung et al. (1999)
Tỉ lệ P trong cá (% WW)	0,40	Talbot et al. (1986)
Tỉ lệ N trong thức ăn (% WW)	3,40	FAO (2011)
Tỉ lệ P trong thức ăn (% WW)	0,40	FAO (2011)
Hiệu suất đồng hóa N	0,919	Leung et al. (1999)
Hiệu suất đồng hóa P	0,5	Reid et al. (2009), Bureau et al. (2003)
Lượng chất thải rắn (phân) của cá (mg khô/kg trọng lượng cơ thể/ngày)	2730,9	Leung et al. (1999)
Tỉ lệ N bị hòa tan từ phân cá (% DW)	15	Chen et al. (2003)
Tỉ lệ P bị hòa tan từ phân cá (% DW)	15	Sugiura et al (2006)

Thời điểm thả giống đến thời điểm có thể thu hoạch khoảng 10 đến 12 tháng tùy từng loại cá và kích thước con giống thả. Mật độ thả giống khoảng 500con/ô với kích thước từ 7-10cm, tương đương 70-100g/con.

Tỉ lệ cá chết khoảng 40% tập trung chủ yếu vào 2 tháng đầu khi con giống đang thích nghi với môi trường. Sau đó lượng cá chết không đáng kể trừ khi có dịch bệnh.

Theo ước tính của chủ nuôi qua các vụ thu hoạch, mức tăng trọng trung bình của cá loài cá mú khoảng 40g/tháng.

### 3.2. Giá trị ước tính

Với chu kỳ nuôi là 12 tháng, tổng sản lượng cá thu hoạch cuối vụ khoảng 982,9 tấn, trung bình 172,8kg/ô lồng. Lượng thức ăn được sử dụng cho cá vụ nuôi khoảng 1.0378,8 tấn. Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) tương ứng là 10,6. Đây là hệ số khá phổ biến đối với các hoạt động nuôi sử dụng cá tạp làm thức ăn với cách thức cho ăn và chất lượng thức ăn kém. Hiệu suất tăng trưởng trung bình (GE) đối với N, P lần lượt là 0,13 và 0,15. Như vậy chỉ có khoảng 13% N và 15% P được cá lấy vào dành cho sự tăng trưởng. Phần còn lại được thải ra môi trường qua quá trình bài tiết và trao đổi chất. Trong đó tỉ lệ N được cá đào thải lớn hơn tỉ lệ P.

Tổng các vật chất vô cơ hòa tan (DIN và DIP) do cá thải ra là 171,7 tấn N/vụ nuôi và 8,94 tấn P/vụ nuôi. Tỉ lệ DIN/DIP trong chất thải là 19,3, so với tỉ số Redfield (= 7,2), tỉ lệ này cho thấy lượng N vô cơ thải ra vượt quá nhu cầu của thực vật nổi.

Lượng vật chất rắn (PON và POP) do cá bài tiết là 17,7 tấn N/vụ nuôi và 12,9 tấn P/vụ nuôi. Lượng này cộng với lượng hữu cơ rắn trong thức ăn thừa tạo ra lượng chất thải hữu cơ lớn với tổng lượng các hạt vật chất lên đến 151,82 tấn N/vụ nuôi và 28,65 tấn P/vụ nuôi. Tuy nhiên, một phần các hạt vật chất sẽ bị hòa tan sau khi tiếp xúc và tồn đọng trong môi trường. Phần hòa tan của các hạt tạo thành lượng hữu cơ hòa tan với tổng lượng không lớn, khoảng 26kgN/vụ nuôi và 346kgP/vụ nuôi.

Như vậy, sau một chu kỳ nuôi là 12 tháng, toàn bộ hệ thống nuôi trồng trong khu vực nghiên cứu sẽ phát thải ra một lượng vật chất rắn N, P lần lượt là 151,8 tấn và 28,3 tấn. Tỉ lệ N/P trong dòng thải là 5,4, không quá cách xa tỉ số Redfield nhưng vẫn cho thấy lượng P vẫn nhiều hơn mức yêu cầu của thực vật dù không nhiều.

Xét tỉ lệ cân bằng vật chất cho thấy, trong tổng lượng N đầu vào (qua thức ăn) chỉ có 8,3% được giữ lại trong sinh khối, 43% được thải ra ngoài dưới dạng hữu cơ rắn, 48% dưới dạng vô cơ hòa tan và một tỉ lệ không đáng kể dưới dạng hữu cơ hòa tan. Đối với P, trong tổng lượng P đầu vào chỉ có 9,5 % được giữ lại trong sinh khối, 21,5% thải ra ngoài dưới dạng vô cơ, 68% dưới dạng hữu cơ rắn, 1% dưới dạng hữu cơ hòa tan.

Như vậy, có tới 91%N và 90%P trong tổng lượng N và tổng lượng P có trong thức ăn sử dụng đã bị thất thoát ra ngoài với tổng khối lượng tương ứng là 323,5 tấn N và 37,6 tấn P, trung bình 1kg cá thải ra 329gN và 38gP.

Qua kết quả phân tích cân bằng tỉ lệ có thể thấy chất lượng thức ăn đang sử dụng tại khu vực nghiên cứu còn kém, kỹ thuật nuôi chưa đạt yêu cầu, dẫn đến sự thất thoát lớn các chất dinh dưỡng ra môi trường. Điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả điều tra, khi mà thức ăn được người nuôi mua về không được bảo quản tốt, thời gian cho ăn, cách thức cho ăn và lượng thức ăn sử dụng không theo quy trình. Mọi hoạt động nuôi chỉ dựa trên kinh nghiệm truyền miệng và điều kiện kinh tế của người nuôi.

So với các kết quả nghiên cứu khác, lượng chất thải N của nghiên cứu này lớn hơn nhiều lượng chất thải N được báo cáo từ hoạt động nuôi tương tự (đối với loài song chấm) tại Vân Đồn, Quảng Ninh (179,48gN/kg cá nuôi) do Mai và Tuấn (2012) thực hiện [11]. Cũng theo một báo cáo khác gần đây của Loan và Tuấn (2014), lượng N đưa vào môi trường từ hoạt động nuôi cá song và cá giò tại khu vực Bến Bèo lần lượt là 156,49gN/kg cá nuôi và 81,59gN/kg cá nuôi [12]. Sự chênh lệch này phát sinh từ hai cách tiếp cận khác nhau. Ở hai nghiên cứu công bố trước, lượng chất thải N

được tính chủ yếu dựa trên hệ số chuyển đổi FCR, hàm lượng N trong thức ăn và trong cá theo công thức của Foy và Rosell (1991). Trong đó lượng thức ăn thừa không nằm trong hệ số chuyển đổi đã tạo ra sự khác biệt lớn giữa các giá trị so sánh. Hơn nữa thức ăn thừa, đặc biệt là thức ăn tươi từ cá tạp là nguồn thải hữu cơ quan trọng trong các hoạt động nuôi trồng.

Nhưng so với kết quả thí nghiệm của Leung và các cộng sự (1999), giá trị lượng thải N tính được không có sự chênh lệch nhiều. Nếu kết quả thí nghiệm là 321kgN/tấn cá nuôi [5] thì kết quả tính chỉ lớn hơn 8kg/tấn cá nuôi.

Khác N, P không phải là thành phần chất thải được quan tâm trong hệ thống nuôi. Các dẫn liệu liên quan về lượng thải này cũng rất hạn chế. Ở một số nghiên cứu ngoài nước đã được công bố, các giá trị báo cáo rất khác nhau. Theo Wu (1995) có khoảng 82% P từ thức ăn của cá bị mất ra môi trường [13], còn theo Pearson và Black (2001) có khoảng 34 - 41% P trong thức ăn thoát ra môi trường dưới dạng hòa tan [14]. Trong nghiên cứu của mình, Islam (2005) đã đưa thành phần P vào quỹ dinh dưỡng của hoạt động nuôi lồng biển để tính toán, kết quả thu được cho thấy có khoảng 71,4% lượng P đầu vào bị thất thoát ra môi trường [3]. Một nghiên cứu khác của Strain và Hargrave (2005) cũng sử dụng phương pháp cân bằng khối để ước tính lượng thải P hòa tan từ nuôi cá hồi, giá trị thu được là 4,9kg /tấn cá nuôi [15]. Với cách tiếp cận bằng mô hình, Bouwman và các cộng sự (2013) đã báo cáo rằng có khoảng 27% P mà cá lấy vào thải ra môi trường dưới dạng hòa tan, 40% dưới dạng rắn, 33% được giữ lại trong mình cá [16].

Mặc dù không thể so sánh giá trị ước tính P trong nghiên cứu này với các giá trị tham khảo vì đối tượng nuôi, vùng nuôi, quy trình nuôi khác nhau. Tuy nhiên, các giá trị có được đã nói lên được sự hiện diện của thành phần P trong chất thải với các tỉ lệ tham khảo (bao gồm cả tỉ lệ cân bằng). Đáng chú ý là quy mô của P so N trong chất thải, các giá trị ước tính P thường rất nhỏ.

#### 4. Kết luận

Phương pháp cân bằng khối có thể giúp ước tính được lượng chất thải N, P từ nguồn dinh dưỡng đầu vào trong hoạt động nuôi lồng bè.

Dựa trên mối tương quan giữa các đại lượng theo dòng dinh dưỡng trong hệ thống bài tiết, tiêu hóa có thể ước tính được lượng dinh dưỡng vô cơ và hữu cơ sinh vật thải ra.

Đối với hệ thống nuôi, dòng các hạt vật chất phát sinh là tổng lượng vật chất rắn sinh vật thải ra và lượng vật chất từ thức ăn thừa.

Kết quả ước tính cho thấy trong một chu kỳ nuôi với sản lượng thu hoạch khoảng 982,9 tấn cá, các hoạt động nuôi lồng bè trong vịnh Bến Bèo đã thải vào môi trường (bao gồm cả dạng hòa tan và rắn) 323,5 tấn N và 37,6 tấn P. Tỉ số N/P trong dòng thải là 8,6, không quá cao so với tỉ số Redfield.

Trong tổng lượng N, P cung cấp từ thức ăn, chiếm tỉ lệ thải lớn nhất là lượng N được thải ra dưới dạng vô cơ hòa tan (48%) và lượng P được thải ra dưới dạng hữu cơ rắn (68%).

Cũng giống như mọi mô hình tính toán, giá trị của số liệu đầu có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính. Đối với một số biến khó xác định như tỉ lệ thức ăn thừa, sự đồng hóa N, P của sinh vật có thể tạo ra những thay đổi trong kết quả tính. Vì vậy các ước tính gần đúng những giá trị này sẽ cho những kết quả có độ tin cậy cao.

Giá trị ước tính lượng hữu cơ hòa tan trong tài liệu này chỉ có tính chất tham khảo. Hiện tại chưa có một phương pháp chính thống nào có thể xác định được tỉ lệ hòa tan của các hạt hữu cơ rắn.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Đề án “Quy hoạch, quản lý nghề nuôi trồng thủy sản và bảo vệ môi trường trên các vịnh thuộc quần đảo Cát Bà giai đoạn 2016-2020”, Ban quản lý các vịnh đảo Cát Bà, 2016.
- [2] Beveridge M. C. M (1987), Cage Aquaculture, Fishings News Books, Farnham.
- [3] Islam MS (2005), Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and

- impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development, *Marine Pollution Bulletin* 50, p.48-61.
- [4] Reid et al. 2009, A review of the biophysical properties of salmonid faeces: implication for aquaculture waste dispersal models and integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Research* 40, p.257-273
- [5] Leung KMY et al. (1999), Nitrogen budgets for the areolated grouper *Epinephelus areolatus* cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 186, p.271-281.
- [6] FAO (2011), Annex 2 “Comparison of the environmental impact between fish fed trash fish/low-value fish and pellet”. In: The project TCP/RAS/3203 “Reducing the dependence on the utilization of trash fish/low-value fish as an aquaculture feed for marine finfish in the Asian region”, p.121-147.
- [7] Talbot C et al. (1986), Body-composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) studied by neutron-activation analysis. *Comp Biochem Physiol A* 85:445-450.
- [8] Bureau DP et al. (2003), Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture operation in Ontario. *N Am J Aquaculture* 65, p.33-38.
- [9] Chen YS et al. (2003), Nutrient leaching and settling rate characteristics of the faeces of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and implications for modelling of solid waste dispersion. *J Appl Ichthyol* 19:114-117 doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00449.x.
- [10] Sigiura SH et al (2006), Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. *Environmental Pollution* 140:95-101.
- [11] Nguyễn Thị Mai, Lê Anh Tuấn, Tác động của việc sử dụng thức ăn tươi trong nuôi cá biển lên môi trường ở vùng biển Vân Đồn, tỉnh Quảng Ninh, *Tạp chí Khoa học – Công nghệ thủy sản, trường Đại học Nha Trang*, số 2/2012.
- [12] Phạm Thị Loan, Lê Anh Tuấn, Nuôi cá biển tại Cát Bà, Hải Phòng: Tình hình sử dụng thức ăn, hiệu quả kỹ thuật và tác động môi trường, *Tạp chí Khoa học – Công nghệ thủy sản, trường Đại học Nha Trang*, số 1/2015.
- [13] Wu RSS (1995), The environment impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin* 31, p.159-166.
- [14] Pearson TH, Black KD (2001), The environmental impacts of marine fish cage culture. In: Black KD (ed) *Environmental impacts of aquaculture*, CRC Press, Boca Raton, FL, p.1-31.
- [15] Strain P, Hargrave B (2005), Salmon aquaculture, nutrient fluxes and ecosystem processes in southwestern New Brunswick. In: Hargrave B (ed) *Environmental effects of marine finfish aquaculture*, *Handbook of environmental chemistry*, Vol. 5M, Springer-Verlag, Berlin, p.29-57.
- [16] Bouwman L et al. (2013), Mariculture: significant and expanding cause of coastal nutrient enrichment, *Environmental Research Letters* 8:044026.

## Estimation of Nutrient Loadings from Cage-culture Practices in Ben Beo, Cat Ba Island, Hai Phong

Trinh Thi Le Ha, Doan Van Bo

*Faculty of Hydro-Meteorology and Oceanography, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi*

**Abstract:** Results of quantifying release rates of nitrogen (N) and phosphorus (P) waste from cage-culture practices in Ben Beo show that 91% N and 91% P of the total feed input was lost to the environment, equivalent to an aquaculture period (12 months) of about 323,5t N, 37,3t P, based on total fish production of 982,9t. The average N/P ratio of total waste was 8,6, not far from Redfiel ratio, but with N in excess.

It was predicted that 48% feed N was excreted as dissolved inorganic N (DIN), and 21,5% of feed P was excreted as dissolved inorganic P (PIN). Approximately 45% feed N was released as particles, and 68% of feed P was released as particles.

**Keywords:** Culture, fish, nutrient, organic, inorganic, dissolve, particles.