

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LỌC SINH HỌC TRONG HỆ THỐNG TUẦN HOÀN NƯỚC NUÔI GIỐNG CÁ BIỂN QUY MÔ SẢN XUẤT

Nguyễn Thị Thu Hiền¹, Trần Văn Nhân², Nguyễn Đức Cự³,
Nguyễn Thị Thanh Hương⁴

¹*Viện Nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản I*

²*Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, Đại học Bách khoa Hà Nội*

³*Viện Tài nguyên và Môi trường biển.*

⁴*Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Đến Tòa soạn ngày 19/1/2011

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

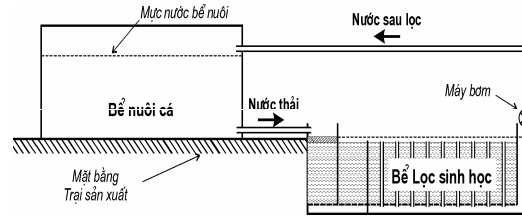
Hiện nay, nuôi cá biển đang là hướng phát triển quan trọng của nghề nuôi trồng thủy sản ở Việt nam. Một trong những giải pháp để phát triển thành công và bền vững nghề nuôi cá biển là giảm thiểu lượng nước sử dụng trong quá trình nuôi và sản xuất giống. Chính vì vậy, nhằm giảm thiểu lượng nước sử dụng trong nuôi trồng thủy sản bằng công nghệ tuần hoàn tái sử dụng nước nuôi (Recirculation Aquaculture System viết tắt là RAS) đã được nghiên cứu triển khai trong khoảng 15 năm qua. Tuần hoàn nước bằng công nghệ lọc sinh học ngập nước (Submerged Biofilter viết tắt là SBF) được coi là giải pháp làm giảm lượng nước đã sử dụng thải ra môi trường [6, 7, 11]. Đã có một số công trình nghiên cứu ứng dụng công nghệ lọc sinh học trong hệ thống RAS, và khẳng định sự cần thiết phải phát triển các hệ thống biofilter lọc sinh học ứng dụng trong quy mô sản xuất [6, 7, 8, 10].

Mục đích của nghiên cứu này là: ứng dụng công nghệ lọc sinh học ngập nước SBF để xử lý tuần hoàn nước nuôi cá biển giống. Nghiên cứu, đánh giá quá trình chuyển hóa hợp chất dinh dưỡng bằng công nghệ lọc sinh học ngập nước. Chất thải trong nuôi trồng thủy sản chủ yếu là hợp chất dinh dưỡng nitơ dạng amoni (Tổng nitơ dạng amoni viết tắt là TAN), nitrit và phot pho dạng photphat [1 - 4]. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi chỉ đánh giá hợp chất nitơ dạng amoni và nitrit. Ở quy mô sản xuất, nồng độ TAN) khác nhau theo từng giai đoạn phát triển của cá đã được nghiên cứu, đánh giá. Tính toán mối tương quan giữa tốc độ chuyển hóa thể tích TAN (Volume TAN Rate = VTR) và các thông số của mô hình. Tốc độ chuyển hóa diện tích nitrit (VNR) với lượng TAN thải ra (LR_{TAN}) và lượng nitrit thải ra (LR_{NO_2}). Sử dụng hai thông số VTR và VNR để đánh giá toàn diện hơn hiệu suất của hệ thống lọc sinh học ngập nước.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Sơ đồ thí nghiệm

Sơ đồ thử nghiệm hệ thống RAS ở được mô phỏng trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống RAS ứng dụng công nghệ SBF quy mô sản xuất

Giai đoạn phát triển cố định màng sinh học trên vật liệu đệm được thực hiện 20 ngày trước khi xử lý tuần hoàn nước bằng hệ thống SBF. Hệ thống bể lọc sinh học SBF được phát triển sinh khối các vi khuẩn thuộc nhóm *Nitromonas* spp, *Nitrobacteria* spp. Nuôi cá rô phi trong bể nuôi 3 – 5 kg/10 m³ với 4 m³ vật liệu đệm lọc, cho cá ăn và tuần hoàn nước liên tục 24/24 giờ.

2.2. Thu mẫu và phân tích mẫu

Mẫu nước được thu ở 2 điểm (điểm 1: nước thải ra từ bể cá vào bể lọc; điểm 2: nước sau khi xử lý bởi hệ thống lọc sinh học ngập nước); mẫu được phân tích ngay sau khi thu mẫu. Phương pháp phân tích mẫu theo APHA, 1995 [5] bao gồm: tổng số ammonia (TAN) xác định bằng phương pháp phenate, nitrit (NO₂⁻ - N) xác định bằng thuốc thử Greiss, nitrat (NO₃⁻ - N) cho mẫu qua cột khử Cu-Cd, rồi so màu bằng thuốc thử Greiss; nhu cầu oxy hóa học (BOD₅) ủ trong 5 ngày và xác định oxy bằng phương pháp Winkler. Độ mặn, oxy hòa tan (DO) và pH được đo hàng ngày bằng máy đo có độ chính xác đến 0,01.

2.3. Mô hình sự biến đổi ammonia của hệ thống lọc sinh học SBF

Tốc độ chuyển hóa thể tích TAN (Volume TAN Rate _VTR) là thông số đánh giá hiệu suất của hệ thống bể lọc sinh học. VTR được tính bằng phương trình 1 [10]:

$$VTR = (TAN_I - TAN_o) \frac{Qr}{Vm} \quad (1)$$

trong đó: VTR là tốc độ chuyển hóa thể tích (g/m³/ngày), TAN_I là lượng TAN trong nước vào bể lọc (g/m³), TAN_o là lượng TAN trong nước khi ra khỏi bể lọc (g/m³). Qr là lưu lượng nước chảy qua bể lọc (m³/ngày) và Vm là tổng thể tích của vật liệu đệm lọc (m³).

Tốc độ chuyển hóa thể tích nitrit (Volume Nitrit Rate _ VNR) là thông số đánh giá quá trình chuyển hóa nitrit trong nước trên một đơn vị thể tích vật liệu đệm lọc. VNR biểu thị hai chức năng VTR (Tốc độ chuyển hóa TAN) và tốc độ chuyển hóa thể tích nitrit thực tế (Volume Nitrit Rate Apparent = VNRA) trong hệ thống lọc sinh học [8], và được xác định bằng phương trình 2. Phương trình (3) mô tả tỉ lệ chuyển hóa Nitrit là lượng nitrit được tạo thành khi TAN được chuyển hóa thành nitrit trong hệ thống lọc [8].

$$VTRA = \frac{(NO_2 - N)_I - (NO_2 - N)_o}{Vm} Qr \quad (2)$$

$$VNR = VTR + VNRA \quad (3)$$

trong đó: VNR và VNRA được đo bằng g NO₂-N/m³.ngày, và (NO₂-N)_I, (NO₂-N)_o là nồng độ Nitrit của nước vào và nước ra (g/m³). Vm là thể tích vật liệu đệm lọc (m³).

Chất dinh dưỡng (chất nền) vào bể lọc được tính toán ở phương trình 4

$$LRS = \frac{S_1 \cdot Q_r}{V_m} \quad (4)$$

trong đó: LR_S = Lượng chất nền vào hệ SBF ($g/m^3 \cdot \text{ngày}$), S_1 = Nồng độ chất nền vào (g/m^3), Q_r = lưu lượng nước qua hệ thống lọc ($m^3/\text{ngày}$), và V_m = thể tích vật liệu đệm lọc (m^3).

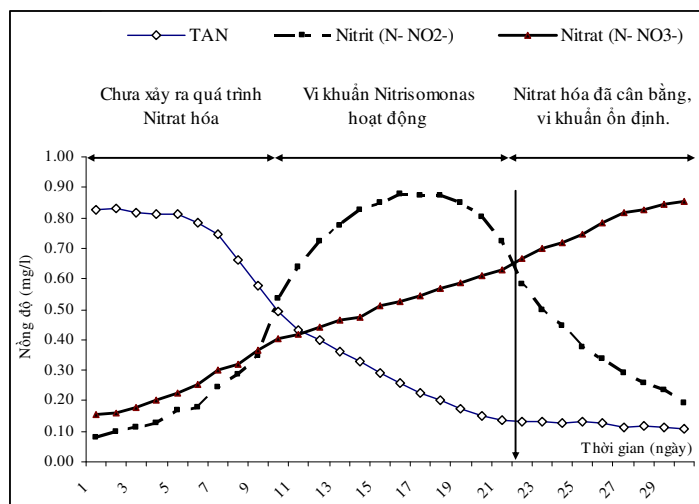
2.4. Phân tích thống kê

Các thông số mối quan hệ tỉ lệ chuyển hóa thể tích (VTR) và TAN, LR_{TAN} , $LR_{NO_2^-}$, lượng nước tuần hoàn Q_{ru} , thời gian lưu của nước HRT được phân tích thống kê mô tả trên phần mềm Excel. Phân tích mối tương quan của tỉ lệ chuyển hóa thể tích (VTR) với các thông số của bể lọc sinh học bằng phần mềm SPSS 13. Phương pháp so sánh đánh giá các số liệu, giá trị các thí nghiệm tiến hành, hệ số tương quan, mô hình tính toán theo phương pháp của Neter và ctv (1990) [9].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả kích hoạt hệ thống lọc sinh học của hệ thống tuần hoàn nước biển

Từ ngày đầu tiên đến ngày thứ 10 số lượng vi khuẩn phát triển chưa đủ lớn, từ ngày thứ 10 đến ngày thứ 21 số lượng vi khuẩn *Nitrosomonas* phát triển đủ để thực hiện quá trình nitrat hóa (hình 2). Từ ngày thứ 22 trở đi, quá trình nitrat hóa đi vào ổn định.



Hình 2. Sự biến đổi hàm lượng NH_4^+ , NO_2^- và NO_3^- trong hệ thống bể lọc sinh học giai đoạn kích hoạt (ổ định màng sinh học)

Kết quả ở hình 2 cho thấy, sau 15 ngày đã kích hoạt được bể lọc sinh học SBF phát triển hệ vi khuẩn và thực hiện quá trình chuyển hóa nitrit về dạng nitrat, sau 22 - 25 ngày có thể đưa hệ thống lọc sinh học SBF để xử lý nước tuần hoàn nuôi giống cá biển.

3.2. Các thông số của hệ thống lọc sinh học SBF quy mô sản xuất

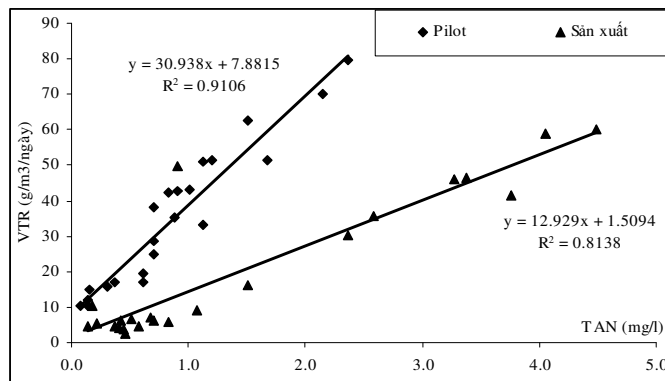
Các thông số của hệ thống lọc sinh học SBF quy mô sản xuất được trình bày trong bảng 1 dựa trên tính toán số liệu trong 69 ngày triển khai thực hiện.

Bảng 1. Một số thông số của hệ thống lọc sinh học SBF quy mô sản xuất nuôi cá Giò giống

Thông số	Đơn vị tính	Trung bình ± độ lệch chuẩn (min – max)
Tốc độ tải lượng thủy lực	m ³ /ngày	611+/-379,97 (120; 960)
Thời gian lưu thủy lực	Giờ	2,49 ± 2,55 (0,8, 7)
Nồng độ TAN vào	g/m ³	1,19 ± 1,50 (0,08; 4,92)
Lượng TAN thải vào	g/m ³ đệm lọc/ngày	210,03 ± 345,7 (2,16, 1064,08)
Hiệu suất (% TAN đã được chuyển hóa)	%	40,8 ± 21,11 (7,32, 97,9)
Tốc độ Nitrit thải vào	g/m ³ đệm lọc/ngày	82,63 ± 20,75 (0,479 - 359,27)
Tốc độ chuyển hóa thể tích TAN (VTR)	g/m ³ đệm lọc/ngày	60,87 ± 99,8 (0,45, 424,53)
Tốc độ chuyển hóa thể tích Nitrit (VNR)	g/m ³ đệm lọc/ngày	77,89 ± 125,86 (-19,97; 482,18)
Nồng độ DO vào	g/m ³	5,71 ± 0,1 (4,08, 7,27)
Nồng độ DO ra	g/m ³	4,24 ± 0,24 (0,67, 6,0)
ΔO ₂ (DO _{đầu ra} – DO _{đầu vào})	g/m ³	-1,51 ± 0,27 (-5,28, -0,25)
ΔpH (pH _{đầu ra} – pH _{đầu vào})		-0,29 ± 0,15 (-0,55; -0,140)

Hiệu suất chuyển hóa (R), tốc độ chuyển hóa thể tích (VTR) và tải lượng thủy lực là các thông số để đánh giá hiệu quả của hệ thống lọc SBF. Hiệu suất chuyển hóa trung bình trên 50%, các giá trị thông số được trình bày cụ thể trong bảng 1.

3.3. Mối tương quan tỉ lệ chuyển hóa VTR và các thông số



Hình 3. Sự phụ thuộc tốc độ chuyển hóa thể tích VTR (g/m³.ngày) với nồng độ TAN_i (g/m³). Đồ thị với 95% khoảng tin cậy các đường hồi quy và thông số tương quan

Thông số đánh giá hệ thống lọc sinh học quan trọng là VTR. VTR ảnh hưởng trực tiếp bởi các thông số của hệ thống như nồng độ TAN thải ra (được đặc trưng bởi nồng độ TAN vào bể lọc (TAN vào, đơn vị tính mg/l), Tổng lượng TAN thải ra (LR_{TAN} , đơn vị tính là $g/m^3/ngày$), tải lượng thủy lực, lượng nước tuần hoàn (Qru, đơn vị tính là $m^3/ngày$) ...

Ảnh hưởng nồng độ TAN vào (TAN_i) đến tốc độ chuyển hóa thể tích TAN (VTR): Tốc độ chuyển hóa thể tích VTR đã được tính toán mỗi ngày cho hệ thống lọc theo các giai đoạn phát triển của cá. Sự phụ thuộc của tốc độ chuyển hóa thể tích (VTR) và nồng độ TAN vào được trình bày ở hình 3. Phương trình (5) mô tả mối tương quan ảnh hưởng của nồng độ TAN và VTR:

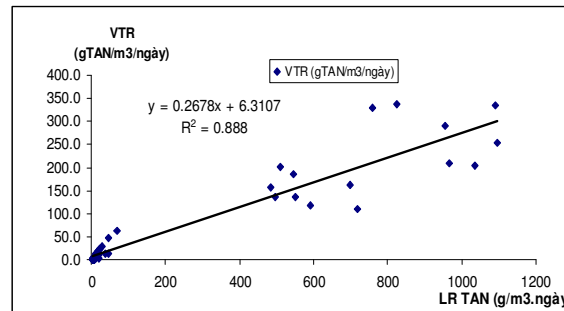
$$VTR = 12,929 TAN + 1,5049 \quad (5)$$

Giá trị tối thiểu của nồng độ TAN trong hệ thống đã được Zhu và Chen (1999) [12] đánh giá. Nồng độ TAN tối thiểu của bể lọc sinh học ngập nước, quá trình nitrat hóa phản ứng liên tục, giá trị trung bình là $0,07 \pm 0,05$ mg/l ở nhiệt độ $27,2^\circ C$. Đây là nồng độ nhỏ nhất để hệ thống có thể vận hành ổn định màng sinh học của hệ thống xử lý.

VTR và LR_{TAN}

Mô hình tính toán, biểu diễn sự phụ thuộc tuyến tính khối lượng TAN vào hệ (LR_{TAN}) (Phương trình 4) và tốc độ chuyển hóa thể tích được thể hiện ở hình 4. Phân tích thống kê để thiết lập phương trình tuyến tính giữa VTR và LR_{TAN} , cho thấy thông số LR_{TAN} biểu thị lượng TAN vào của hệ thống và ảnh hưởng tác động trực tiếp đến hệ thống lọc, với mối tương quan tuyến tính có ý nghĩa ($R^2 = 0,888$) ở phương trình (6).

$$VTR = 0,268 LR_{TAN} + 6,31 \quad (6)$$



Hình 4. Đồ thị tương quan giữa VTR và LR_{TAN} vào hệ thống lọc sinh học SBF

Mô hình tốc độ chuyển hóa thể tích (VTR) và các thông số của hệ thống lọc SBF

Các thành phần biến đổi theo ngày là đầu vào của hệ thống lọc sinh học SBF được theo dõi ngẫu nhiên, đánh giá sự ảnh hưởng của các thông số đến tốc độ chuyển hóa TAN (VTR) của hệ thống lọc sinh học SBF. Phương trình sử dụng cho mô hình để ước tính VTR có nghĩa với độ tin cậy 95%, $R^2 = 0,810$, $F = 0,00019$. Mô hình tương quan sử dụng các biến dự báo để ước tính VTR cho hệ thống SBF xử lý nước tuần hoàn nuôi cá biển được thể hiện bởi phương trình 7.

$$VTR = 132,56 - 12,2 Qru - 12 HRT + 20,1 TAN \text{ vào} + 5,55 BOD_5 \quad (7)$$

trong đó: VTR = Tốc độ chuyển hóa thể tích TAN ($g/m^3/ngày$); Qru là lưu lượng nước tuần hoàn (m^3); HRT là thời gian lưu của nước (giờ), TAN nồng độ TAN trong nước vào (g/m^3), BOD_5 là nồng độ BOD trong nước vào (g/m^3).

Ở quy mô nghiên cứu pilot, tốc độ chuyển hóa thể tích đạt cao nhất là 99,6 g/m³.ngày. Trong nghiên cứu ở quy mô sản xuất VTR cao nhất 145,3 g/m³.ngày.

Tỉ lệ chuyển hóa TAN trong nghiên cứu này cho thấy sự khác biệt đáng kể từ các nghiên cứu trước đó. Zhu và Chen (1999) [12] cho rằng kết quả tốc độ chuyển hóa TAN của lọc sinh học với đệm lọc chuyển động quy mô phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng TAN là chất nền đáng kể duy nhất ở nồng độ cao hơn so với nghiên cứu này. Các kết quả trung bình VTR (374 g/m³.ngày) khoảng 40% lớn hơn so với VTR trong nghiên cứu này (145 g/m³.ngày).

Kết quả từ nghiên cứu này nêu bật sự khác biệt đáng kể giữa hệ thống lọc quy mô lớn sử dụng nước từ hệ thống nuôi cá sản xuất thương mại và quy mô phòng thí nghiệm nhỏ, hệ thống lọc chỉ sử dụng các chất dinh dưỡng nhân tạo.

3.4. Tốc độ chuyển hóa VRN

Mô hình tương quan VNR và LR_{NO2} và LR_{TAN}

Mô hình dự báo giá trị VNR của bể lọc sinh học có ý nghĩa với R² = 0.76, trong đó, VNR được tính toán theo phương trình (3) có mối tương quan âm với khối lượng Nitrit vào bể lọc sinh học (LR_{NO2}), và tương quan dương với lượng TAN vào bể lọc (LR_{TAN}). Mô hình được cụ thể hóa ở phương trình 8.

$$VNR = 3,068 - 0,071 LR_{NO2} + 0,134 LR_{TAN}. \quad (8)$$

3.5. So sánh VTR và VNR

Phương trình (3) VNR = VTR+VNRA cho thấy VNRA có thể gần bằng 0, nếu như hệ thống lọc có thể được loại bỏ nitrit tốt. Giá trị VRN dương, tỉ lệ chuyển hóa của hệ thống lọc tốt, lượng nitrit được loại bỏ, thể hiện ở giá trị VNRA. Giá trị VNRA thể hiện khối lượng vi sinh vật trong hệ thống, VNRA âm, có thể nitrit vẫn được loại bỏ trong hệ thống, Giá trị VNR âm là báo hiệu hàm lượng Nitrit tích lũy cao, và là tình trạng không tốt của hệ thống lọc. Trong quá trình thực hiện ở ngày thứ 23 và 26 giá trị VNR đạt giá trị -14,8 và -15,5. VNR được coi là một thông số để đánh giá hiệu suất của hệ thống lọc. Tuy nhiên, giá trị VNR có rất ít các kết quả được công bố.

Bảng 3.3. Giá trị VTR và VNR của hệ thống lọc sinh học SBF ở quy mô sản xuất

	VTR (g/m ³ .ngày)	VNR = VTR + VTRA (g/m ³ .ngày)
Trung bình	26,97	27,21
Sai số chuẩn	8,60	9,31
Độ lệch chuẩn	42,14	45,59
Minimum	0,17	-15,51
Maximum	145,35	165,18

4. KẾT LUẬN

Thời gian kích hoạt hệ thống SBF ở quy mô sản xuất là 22 ngày.

Tốc độ chuyển hóa thể tích TAN ở quy mô sản xuất là $60,87 \pm 99,8$ (0,45, 424,53) g/m³ đềm lọc/ngày, thấp hơn so với nghiên cứu quy mô trong pilot.

Tốc độ chuyển hóa thể tích đạt cao nhất ở quy mô Pilot là 99,6 g/m³.ngày, ở quy mô sản xuất 145,3 g/m³.ngày

Mô hình tương quan giữa VTR nồng độ TAN, LR_{TAN} và LR_{NO2} là $VTR = 0,268 LR_{TAN} + 6,31$ và $VNR = 3,068 - 0,071 LR_{NO2} + 0,134 LR_{TAN}$.

Đánh giá hệ thống lọc sinh học thông qua so sánh hai thông số VTR và VNR để có thể sẽ toàn diện hơn hiệu suất của hệ thống lọc ở điều kiện sản xuất thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Cự, Nguyễn Thị Thu Hiền, Lê Quang Dũng, Nguyễn Mạnh Cường - Áp dụng công nghệ lọc sinh học cho ương nuôi cá giò. Hội nghị khoa học về nuôi trồng thủy sản toàn quốc tại Vũng Tàu, 2004.
2. Nguyễn Thị Thu Hiền, 2006 - Một số kết quả lọc sinh học áp dụng cho ương nuôi cá biển. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường biển, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Tập 13, 2006.
3. Nguyễn Đức Cự, Nguyễn Thị Thu Hiền, Lê Quang Dũng, Nguyễn Mạnh Cường - Quy trình công nghệ lọc sinh học cho ương nuôi giống cá biển, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển (2006) 116.
4. Nguyễn Thị Thu Hiền - Nghiên cứu động học quá trình các hợp chất dinh dưỡng trong hệ thống lọc sinh học tuần hoàn nước ương nuôi cá biển, Tạp chí Hội thảo Khoa học Môi trường Đại học Hàng hải Việt Nam lần thứ 1 năm 2008.
5. APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, DC, 1995.
6. Chen S., J. Ling and J. Blancheton - Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors, Aquacult. Eng. **34** (3) (2006) 179–197.
7. Losordo T. M., A. O. Hobbs and D. P. DeLong - The design and operational characteristics of the CP&L/EPRI fish barn: a demonstration of recirculating aquaculture technology, Aquacult. Eng. **22** (1) (2000) 3–16.
8. Malone R. F. and L. E. Beecher - Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems, Aquacult. Eng. **22** (1) (2000) 57–73.
9. Neter J., Wasserman W., Kutner M. H. - Applied Linear Statistical Models —Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs, 3rd ed. Richard D. Irwin, New York, 1990, 720 pp.
10. Pfeiffer T. and R. Malone - Nitrification performance of a propeller-washed bead clarifier supporting a fluidized sand biofilter in a recirculating warmwater fish system, Aquacult. Eng. **34** (3) (2006) 311–321.
11. Satoh H., S. Okabe N. Norimatsu, and Y. Watanabe - Significance of substrate C/N ratio on structure and activity of nitrifying biofilms determined by in situ hybridization and the use of microelectrodes, Water Sci. Technol. **41** (2000) (4–5) 317–321.
12. Zhu and Chen, S. Zhu and S. Chen - An experimental study on nitrification biofilm performances using a series reactor system, Aquacult. Eng. **20** (4) (1999) 245–259.

SUMMARY

APPLICATIONS TECHNOLOGY RECIRCULATION AQUACULTURE SYSTEM BY SUBMERGED BIOFILTER AT COMMERCIAL MODEL

Applications technology Recirculation Aquaculture System by Submerged Biofilter is orientation for future development. The biological filter system were evaluated in 69 days rearing culture cobia (*Rachycentron canadum*) at the Ngoc Hai hatchery, Do Son, Haiphong, a commercial scale research and demonstration recirculating aquaculture facility. Total ammoniacal nitrogen (TAN) removal rates were determined for this of biofilters for a range of concentrations ranging from 0.08 to 4.92 g TAN/m³/ngày. TAN concentrations were varied by feed rates, and limited by fish feeding response. Maximum feed rates were 0.71 kg/m³.day, using a 40% protein diet, total feeds was 23 kg/day. Average TAN removal rates (VTR) (in g TAN/m³.day of unexpanded media/day \pm standard deviation, min – max) were 60.87 \pm 99.8 (0.45, 424.53) g/m³.day this biofilter submerged. Nitrit remove rates (VNR) was 77.89 \pm 125.86 (-19.97; 482.18) g/m³.day. These results are considerably lower than results previously published at the laboratory scale using artificial waste nutrients. This study highlights the need for future biofilter evaluations at the commercial scale using real aquaculture waste nutrients.

Keywords. VTR; VNR; Biofilter; Recirculating aquaculture systems (RAS).