

**HIỆU QUẢ CỦA MÔ HÌNH NUÔI TRỒNG THỦY SẢN KẾT HỢP
GỒM BÀO NGƯ (*Haliotis asinina*), CÁ CHÈM (*Lates calcarifer*),
HÀU (*Saccostrea cucullata*) VÀ RONG BIỂN (*Ulva reticulata*)
THE PERFORMANCE OF AN INTEGRATED CULTURE SYSTEM FOR ABALONE
(*Haliotis asinina*), SEABASS (*Lates calcarifer*), OYSTER (*Saccostrea cucullata*)
AND SEAWEED (*Ulva reticulata*)**

Phùng Thế Trung*, Monthon Ganmanee, Wenresti G. Gallardo
Khoa Nuôi trồng Thủy sản – Trường Đại học Nha Trang
Email: phungthetrung@gmail.com

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the potential for development of an integrated land-based semi-closed recirculating aquaculture system which consisted of abalone, seabass, oyster and *Ulva* compartments. Abalone and seabass fed artificial diets. Water in abalone tanks was flushed into the fish tank then filled by water pumped from seaweed tank. Water in the oyster tank was pumped to the seaweed tank then filled by water pumped from fish tank. The system was in three replicates. Water samples were taken from all compartments weekly for measurement of TAN, NO₂-N and NO₃-N. *Ulva* and cultured animals were sampled weekly and bi-monthly to determine their growth. Although *Ulva* showed a good ability to remove TAN (> 0.3 mg/L/day) to support their growth (> 10% day), nitrogen transformation under the effects of nitrobacteria resulted in the lack of TAN (< 0.2 ppm) and high concentration of nitrite and nitrate nitrogen (4.5 ppm maximum) accumulated in culture water. Therefore, all cultured species had poor growth and survival rates and the loss of nitrogen in feed supply was as high as in monoculture systems (60%). In order to improve system performance, recirculated water volume should be increased and water retention time should be shortened to maximize nitrogen removal efficiency of *Ulva*.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoạt động Nuôi trồng Thủy sản đang phát triển mạnh nhằm đáp ứng nhu cầu thực phẩm của con người. Tuy nhiên, sự phát triển các hình thức nuôi đơn luôn đi cùng với sự gia tăng ô nhiễm môi trường và lây lan dịch bệnh (FAO, 2009; Santos, 2006). Nuôi kết hợp các đối tượng thủy sản tự dưỡng và dị dưỡng với nhau để sử dụng hiệu quả tài nguyên đất và nước, lượng thức ăn sử dụng được xem là một trong những phương pháp thực hành tốt nhất cho Nuôi trồng Thủy sản bền vững (Neori và ctv., 2000; Troell và ctv., 2003).

Hiện nay, bào ngư *Haliotis asinina* và cá chẽm *Lates calcarifer* là hai trong nhiều loài hải sản được nuôi nhiều và cho hiệu quả cao ở các vùng nhiệt đới (Jarayabhand và Paphavasit, 1996; Glencross, 2006). Tuy nhiên, lượng chất thải từ các hệ thống nuôi đơn hai đối tượng trên chiếm tỷ lệ rất cao so với thức ăn cung cấp (Troell và ctv., 2003). Để hạn chế tác động môi trường cũng như tăng thu nhập, một số loài rong biển và động vật hai mảnh vỏ có thể được nuôi chung với bào ngư và cá chẽm. Động vật hai mảnh vỏ như hàu là loài ăn lọc, chúng có thể sử dụng thức ăn thừa và chất thải của cá để tăng sinh khối; vấn đề ở chỗ chúng cũng sản sinh ra ammonia có hại cho động vật nuôi (Day và ctv., 2000). Tuy nhiên, ammonia có thể được hấp thu tốt bởi một số loài rong biển như *Ulva* với hiệu quả sử dụng đạt đến 80% (Neori và ctv., 2000; Schuenhoff và ctv., 2003).

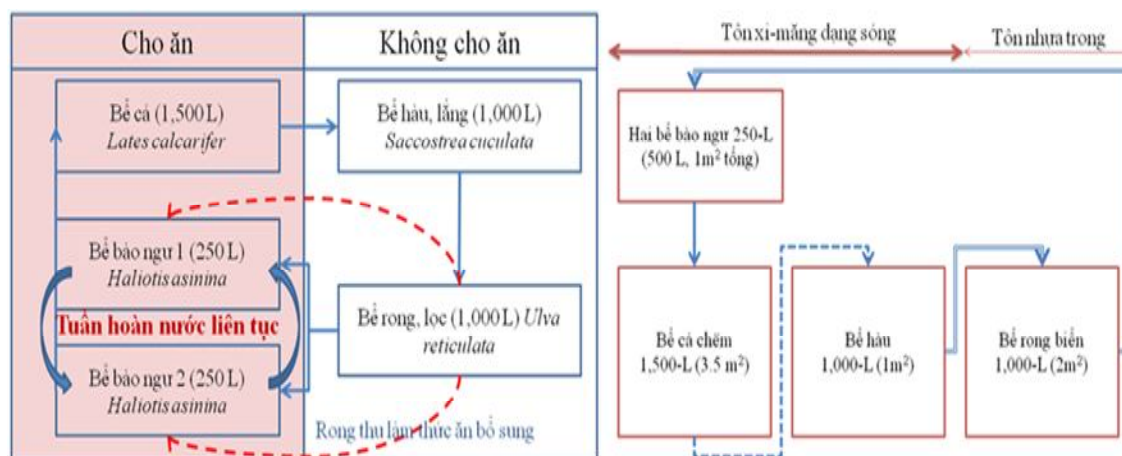
Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về nuôi trồng kết hợp rong biển, thân mềm và cá (Ellner và ctv., 1996; Neori và ctv., 1996; Neori và ctv., 1998; Neori và ctv., 2000; Schuenhoff và ctv., 2003; Shpigel và Neori, 1996; Shpigel và ctv., 1993; Troell và ctv., 2003), hầu hết chúng được tiến hành ở các vùng ôn đới với điều kiện môi trường và thành phần loài khác xa các nước nhiệt đới. Hiều biết về hiệu quả của một hệ thống nuôi trồng kết hợp với bào ngư *Haliotis*

asinine và cá chẽm *Lates calcarifer* là đối tượng chính; sử dụng rong *Ulva reticulata* và hầu đá *Saccostrea cucullata* như lọc sinh học ở vùng nhiệt đới vẫn còn thiếu. Nghiên cứu này được tiến hành tại Thái Lan từ tháng 11/2009 đến 3/2010 nhằm đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống nuôi trồng thủy sản kết hợp nêu trên.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thiết kế thí nghiệm

Thí nghiệm gồm 3 hệ thống nuôi được thiết kế giống nhau, xem như 3 lần lặp lại. Mỗi hệ thống bao gồm 4 bộ phận: bể nuôi bào ngư (*Haliotis asinina*), bể cá chẽm (*Lates calcarifer*), bể hầu (*Saccostrea cucullata*) và bể rong biển (*Ulva reticulata*). Bào ngư và cá chẽm được cho ăn bằng thức ăn công nghiệp. Nước thải từ bể bào ngư và cá chẽm được xả qua bể nuôi hầu và rong để xử lý trước khi tái sử dụng.



Hình 1. Lược đồ bố trí hệ thống thí nghiệm nhìn từ trên xuống (trái) và từ mặt bên (phải)

Nước nuôi được pha từ nước ót với nước ngọt và được duy trì ở độ mặn từ 28-32ppt. Đây là độ mặn phù hợp cho cả 4 đối tượng nuôi kết hợp trong hệ thống. Nước sau pha trộn được xử lý bằng chlorine A 30ppm, sục khí mạnh dưới ánh sáng mặt trời trực tiếp trong 3 ngày.

Hai lần mỗi ngày, toàn bộ nước (0,5m³) trong bể bào ngư được xả xuống bể cá, rồi nước từ bể cá được bơm và siphon sang bể hầu. Sau đó, bể bào ngư được bơm đầy nước từ bể nuôi rong biển. Tiếp đến, nước từ bể hầu được cấp đầy vào bể rong biển bằng máy bơm. Như vậy, khối lượng nước luân chuyển giữa các bể trong hệ thống là 1m³/ngày.

Bể bào ngư

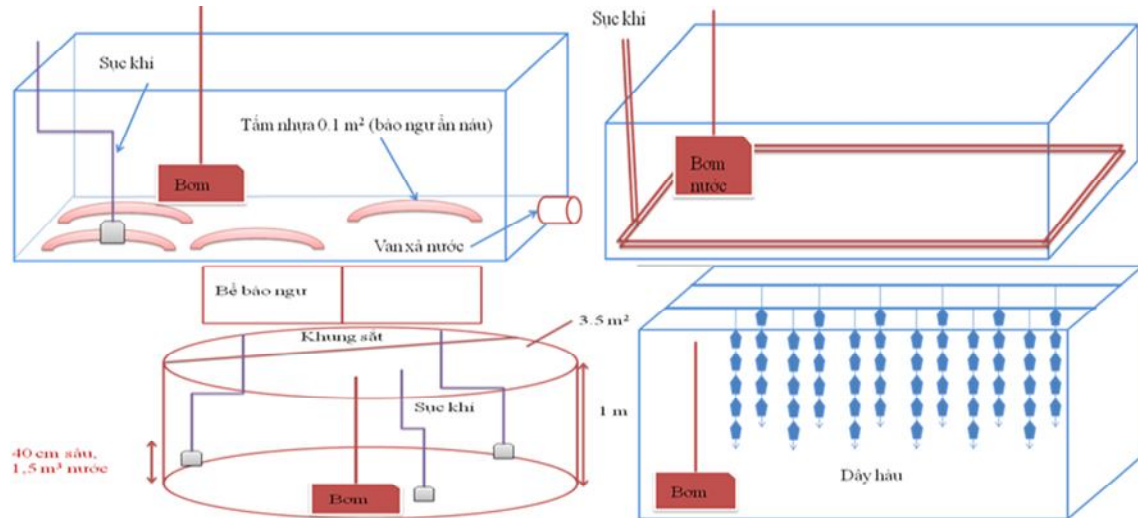
Mỗi đơn vị thí nghiệm gồm hai bể nhựa nuôi bào ngư hình chữ nhật thể tích 250L bố trí song song kết nối với nhau và tuần hoàn nước liên tục bởi 1 máy bơm nhỏ với lưu lượng được điều chỉnh ở mức 2,5L.phút⁻¹. Các bể bào ngư được đặt trên bể cá chẽm để nước có thể tự chảy xuống bể cá khi xả. Mỗi bể được bố trí 1 viên đá bọt và 4 tấm nhựa với tổng thể tích 0,4m² tạo chỗ ẩn núp cho bào ngư (Hình 2).

Bể cá chẽm

Bể cá chẽm là bể xi-măng hình tròn với thể tích có thể chứa nước lên đến 3,5m³. Tuy nhiên, lượng nước thường xuyên trong bể chỉ ở mức 1,5m³. Bể được bố trí 3 viên đá bọt cỡ lớn và 1 máy bơm nước với công suất 2m³.h⁻¹ đặt sát đáy để hàng ngày bơm nước vào bể nuôi hầu (Hình 2).

Bể lắng lọc (nuôi hàu)

Bể nuôi hàu là bể nhựa 1m³ đặt cạnh bể cá và chứa đầy nước biển. Hàu được xâu thành từng chuỗi treo đều trong cột nước. Chúng sử dụng mùn bã hữu cơ, tảo và vi khuẩn sinh ra trong hệ thống làm thức ăn. Tốc độ sinh trưởng của hàu trong bể được tính toán dựa trên kết quả cân đo 50 cá thể được đánh dấu.



Hình 2. Thiết kế của bể bảo ngư (trái trên), cá chêm (trái dưới), hàu (phải dưới) và rong biển (phải trên)

Bể rong biển

Bể rong biển được sục khí bởi hệ thống ống PVC hình chữ nhật được đục lỗ và đặt sát đáy bể để giữ rong *Ulva* lơ lửng và phân tán đều trong cột nước. Các lỗ khí có đường kính 3mm và cách nhau khoảng 10cm tạo ra các bong bóng khí lớn. Bố trí này giúp rong đảo đều nhưng không làm thất thoát đáng kể ammonia trong nước (Neori và *ctv.*, 1998). Bể rong biển được bố trí một máy bơm công suất 2m³.h⁻¹, đặt trong khung lưới lọc nhằm tránh tổn hại đến các tản rong khi hoạt động (Hình 2).

Vận hành hệ thống

Thông tin về kích thước ban đầu của các đối tượng nuôi, chế độ cho ăn và lịch thu mẫu được thể hiện trong Bảng 1. Vì cá chêm có kích thước thả nhỏ, chúng được cho ăn với khẩu phần ban đầu 8% sau đó giảm dần.

Bảng 1. Các thông số về đối tượng nghiên cứu

Species	Bào ngư	Cá chêm	Hàu đá	Rong
Tên khoa học	<i>Haliotis asinina</i>	<i>Lates calcarifer</i>	<i>Saccostrea cucullata</i>	<i>Ulva reticulata</i>
Chiều dài (mm)	26.6 ± 1.5 (SD)	38.5 ± 3.37	27 ± 3.6	-
Khối lượng (g)	4.23 ± 0.80	1.49 ± 0.35	-	-
Mật độ thả (/m ³)	160 con	120, giảm còn 40 sau 45 ngày	150 con	2,000 g
Thức ăn	Thức ăn tôm, 40% protein	Thức ăn công nghiệp, 35% protein	Tảo, vi khuẩn	TAN
Lượng cho ăn (% BW)	1.0	8, 5, 3, 2 (giảm sau mỗi 2 tuần)	-	-
Sục khí	2 vòi	3 vòi	2 vòi	Ống PVC
Thu mẫu	30 con, 2 tuần/lần	30 con, 2 tuần/lần	50 con, 2 tuần/lần	Cân hàng tuần

Thu thập số liệu

Thiết bị và/hoặc phương pháp thu mẫu, đo đạc các chỉ tiêu được liệt kê trong bảng 2. Hàm lượng oxy hòa tan và pH được đo trong từng bể trong khi độ mặn và nhiệt độ nước chỉ được đo ở bể cá. Nhiệt độ không khí và cường độ ánh sáng được ghi lại bởi các data logger đặt trong bể rong biển. Khối lượng nước và lượng thức ăn sử dụng cũng được ghi nhận trong suốt quá trình thí nghiệm.

Bảng 2. Thiết bị và phương pháp xác định các chỉ tiêu nghiên cứu.

Chỉ tiêu	Phương pháp/ thiết bị	Frequency
Độ mặn	Khúc xạ kế	Hàng ngày, thay nước
TAN	Phương pháp Phenate	Hàng tuần
NO ₂	Phương pháp Colorimetric	
NO ₃	Phương pháp Cadmium reduction	
Nhiệt độ không khí	Data logger (HOBO UA-002-64)	Mỗi 15 phút
Cường độ ánh sáng	Data logger (HOBO UA-002-64)	
Chiều dài vỏ	Vernier	Mỗi 2 tuần
Khối lượng cá thể	Cân điện tử (0.01 g)	Mỗi 2 tuần
Khối lượng rong	Cân(1 g)	Hàng tuần

Phân tích số liệu

Số liệu thu được được lưu trữ và tính toán bởi phần mềm MS Excel 2007. Số liệu được trình bày dưới dạng *Trung bình ± Độ lệch chuẩn*. Tỷ lệ sống, tốc độ sinh trưởng tuyệt đối, tốc độ sinh trưởng đặc trưng, khả năng hấp thu nitơ của rong biển được tính toán theo các công thức thông dụng được thừa nhận.

Lượng nitơ tích lũy trong cơ thể của các đối tượng nuôi được tính toán dựa trên mức tăng sinh khối trong thử nghiệm và hàm lượng nitơ trung bình của loài đã được công bố (Bảng 3). Lượng nitơ cung cấp được tính toán từ hàm lượng nitơ trong thức ăn và vật nuôi ban đầu. Nitơ thải ra được ước lượng dựa trên đầu vào cung cấp và lượng tích lũy trong sản phẩm.

Bảng 3. Hàm lượng nitơ trong thức ăn và đối tượng nuôi sử dụng trong tính toán.

Hàm lượng (%)	Chất khô	Protein (DM)	Nitơ	Tham khảo
Thức ăn bào ngư		42	7.7 DM	Nhà sản xuất
Thức ăn cá chêm		40	7.3 DM	Nhà sản xuất
Thịt bào ngư	40	75	16 CP	Neori và <i>ctv.</i> , 2000
Thịt cá chêm	35	60	16 CP	Williams và <i>ctv.</i> , 2003
Hàu	10	65	16 CP	Internet
<i>Ulva</i>			0.8 FW	Neori và <i>ctv.</i> , 1998

(DM) dựa trên chất khô; (CP): dựa trên protein thô; (FW) dựa trên khối lượng tươi.

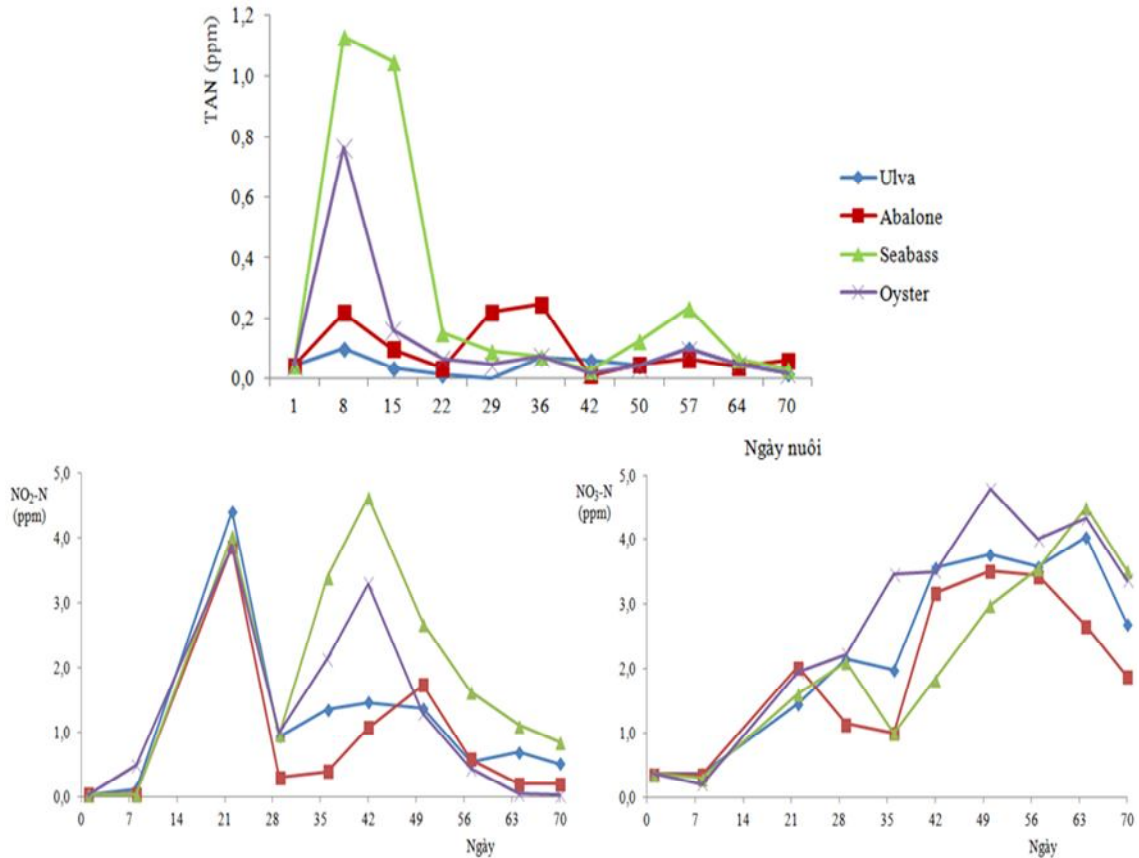
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sự tích lũy TAN, nitrite và nitrate trong hệ thống

Hàm lượng ammonia tổng số (TAN) thường được đề cập như là một khó khăn lớn của hệ thống tuần hoàn (Losordo và *ctv.*, 1998). Tuy nhiên, trong thử nghiệm này, hàm lượng ammonia tổng số chỉ cao trong 2 tuần đầu tiên. Như có thể thấy trong Hình 3, hàm lượng TAN khác nhau nhiều giữa 4 hợp phần của hệ thống, nhất là trong 15 ngày đầu. Nhìn chung,

chỉ số này cao nhất ở bể cá chêm (đạt gần 1,2 ppm vào ngày thứ 8), theo sau là bể hầu và bể bào ngư. Hàm lượng TAN trong bể *Ulva* luôn rất thấp do hiệu quả hấp thu của loài rong biển này. Sau đó, hàm lượng TAN trong hệ thống còn chịu ảnh hưởng của vi khuẩn *Nitrosomonas* từ ngày thứ 15. Vì vi khuẩn lúc này đã hình thành trong tất cả các bể của hệ thống nên sự khác biệt hàm lượng TAN giữa các bể không còn cao như trước.

Trong thí nghiệm này, vì thời gian lưu nước trong mỗi bộ phận dài, hầu hết TAN bị chuyển đổi thành nitrite trước khi nước được chuyển về bể rong biển. Sự thiếu hụt TAN từ ngày 15, nhất là trong bể rong biển gây nên sự mất cân bằng của hệ thống. Trong khi *Ulva* không có đủ ammonia để tăng trưởng, sự tích tụ của TAN và nitrite trong các bể khác ảnh hưởng nghiêm trọng đến sinh trưởng của vật nuôi. Kết quả là sinh khối *Ulva* giảm cùng tỷ lệ chết của bào ngư và cá chêm tăng cao (Hình 5 & Hình 6).



Hình 3. Sự biến đổi hàm lượng TAN, nitrite và nitrate ở các bể trong quá trình thí nghiệm

Tóm lại, sự tích lũy TAN trong thí nghiệm này lại không phải là khó khăn lớn như trong một số hệ thống khác như được báo cáo bởi Qian và *ctv.*, 2001. Khó khăn ở đây là sự chuyển đổi TAN thành nitrite mà rong biển không thể sử dụng được làm mất cân bằng của hệ thống nuôi.

Kết quả thể hiện trong Hình 3 cho thấy hàm lượng nitrite tăng lên nhanh chóng sau tuần đầu tiên cùng với sự giảm đi của TAN, sau đó giảm với sự thay thế của nước biển mới vào ngày 23. Trong thí nghiệm này, hàm lượng nitrite đã thay đổi với việc thay nước và sự phát triển của *Nitrosomonas* (sau 1 tuần) và *Nitrobacter* (sau 6 tuần).

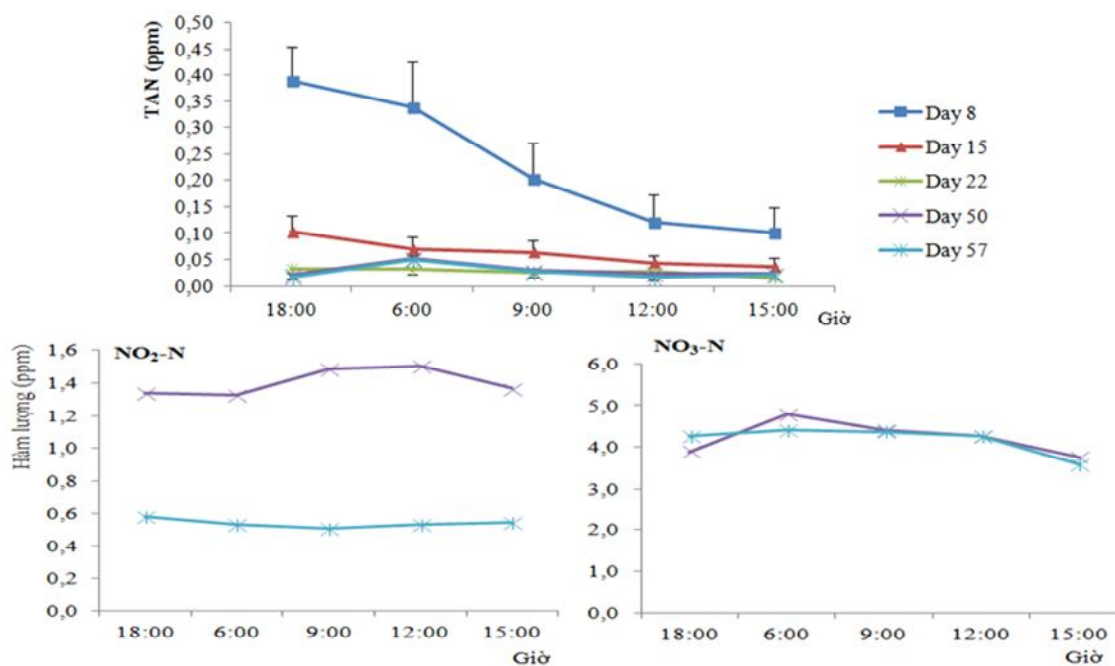
Tương tự, hàm lượng nitrate tăng dần theo thời gian ngoại trừ trong những lần thay nước và trong quãng thời gian cuối thí nghiệm. Hàm lượng nitrate thấp trong những tuần đầu, sau đó tăng dần nhưng chậm hơn và theo sau sự tăng lên của hàm lượng nitrite. Sự gia tăng hàm lượng nitrate trong bể hầu xảy ra sớm hơn các bể khác có thể do vi khuẩn nitrate hóa phát

triển nhanh với chất thải hữu cơ tích lũy nhiều trong bể này. Mặt khác, việc giảm hàm lượng nitrate trong bể hầu cũng xảy ra trước bể cá chêm do lượng nước trong bể cá cần nhiều thời gian để thay thế hơn.

Trên thực tế, nitrate an toàn cho sự sống của động vật thủy sinh đến một mức rất cao, vào khoảng 200 ppm (Losordo và ctv., 1998). Tuy nhiên, hàm lượng nitrate cao trong hệ thống nuôi có thể đã giảm khả năng chuyển đổi nitrite thành nitrate. Điều này gián tiếp làm nitrite tích tụ trong nước nuôi luôn ở mức cao gây hại cho vật nuôi.

Một số nghiên cứu cũng đã mô tả sự liên hệ trong tích lũy nitơ vô cơ với sức khỏe vật nuôi trong hệ thống tuần hoàn. Họ thấy rằng hiện tượng cá chết thường xuất hiện 2 lần trong thời kỳ khởi động lọc sinh học. Lần đầu tiên do hàm lượng ammonia quá cao trong 2 tuần đầu và lần thứ hai do hàm lượng nitrite quá cao sau đó. Đề xuất được đưa ra là việc hoạt hóa lọc sinh học nên được tiến hành trước khi thả cá (Masser và ctv., 1999). Vì thế, thí nghiệm này chỉ nên được chạy sau khi hệ vi khuẩn nitrobacteria đã phát triển ổn định.

Sự hấp thu nitơ của *Ulva*



Hình 4. Diễn biến TAN, nitrite và nitrate một số ngày trong các bể rong biển

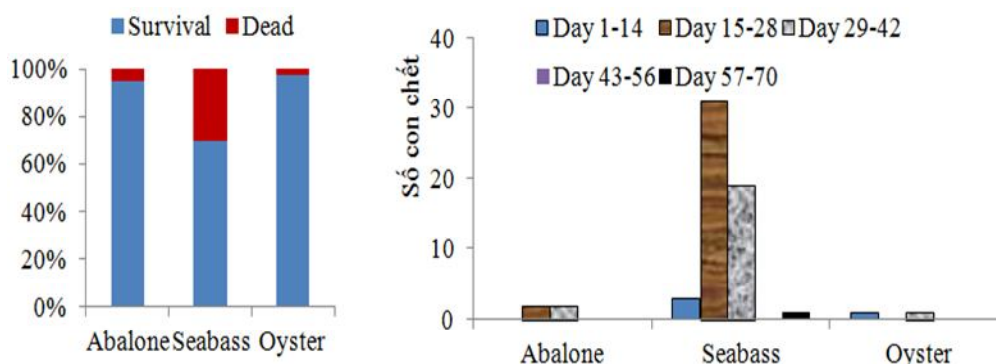
Mặc dù *Ulva* cho thấy khả năng hấp thu tốt ammonia trong hệ thống vào ngày 8, lượng và tỷ lệ TAN mà *Ulva* có thể hấp thu không được xác định rõ trong thử nghiệm. Lý do là ammonia cũng được chuyển đổi thành nitrite nhờ hoạt động của *Nitrosomonas* từ ngày 15. Hình 4 cho thấy hàm lượng ammonia trong bể *Ulva* có thể giảm xuống nhanh chóng trong ngày. Hàm lượng ammonia trong bể rong biển luôn thấp nhất khi so sánh với các bể khác. Việc chuyển đổi TAN thành nitrite từ ngày 15 đã dẫn đến sự suy giảm của ammonia trong nước nuôi từ đó làm giảm khả năng sử dụng nguồn dinh dưỡng này của rong biển.

Những thay đổi về hàm lượng nitrite và nitrate theo chu kỳ ngày đêm trong bể rong biển không thể hiện xu hướng rõ ràng như TAN. Như có thể thấy trong Hình 4, hàm lượng nitrite và nitrate trong bể *Ulva* biến động phức tạp theo ngày. Hàm lượng nitrate tăng nhẹ vào ban đêm sau đó giảm vào ban ngày. Nồng độ nitrate giảm khoảng 1 ppm từ 06:00-15:00 có thể là kết quả sự hấp thụ nitrate của rong biển. Tuy nhiên, mức này thấp hơn rất nhiều khi so với khả năng hấp thụ ammonia của *Ulva*.

Sinh trưởng và tỷ lệ sống của đối tượng nuôi

Tỷ lệ sống của đối tượng nuôi

Kết quả biểu diễn trong Hình 5 cho thấy, tỷ lệ chết cao nhất đạt 30% thuộc về cá chẽm nuôi trong hệ thống. Nhìn chung, các động vật nuôi có tỷ lệ sống thấp trong thời gian từ ngày nuôi thứ 15 đến ngày thứ 42. Đây là kết quả tất yếu của sự tích tụ nitrite với hàm lượng cao kéo dài. Tỷ lệ chết của cá chẽm còn có thể do kích thước thả của chúng khá nhỏ ($<1,5\text{g.con}^{-1}$). Nhiều nghiên cứu cũng cho rằng cá chẽm dưới 2 tháng tuổi rất nhạy cảm với môi trường bất lợi, trong khi sự bài tiết ammonia tính trên tổng khối lượng cao hơn so với cá có kích thước lớn hơn (Tantikitti và *ctv.*, 2005).

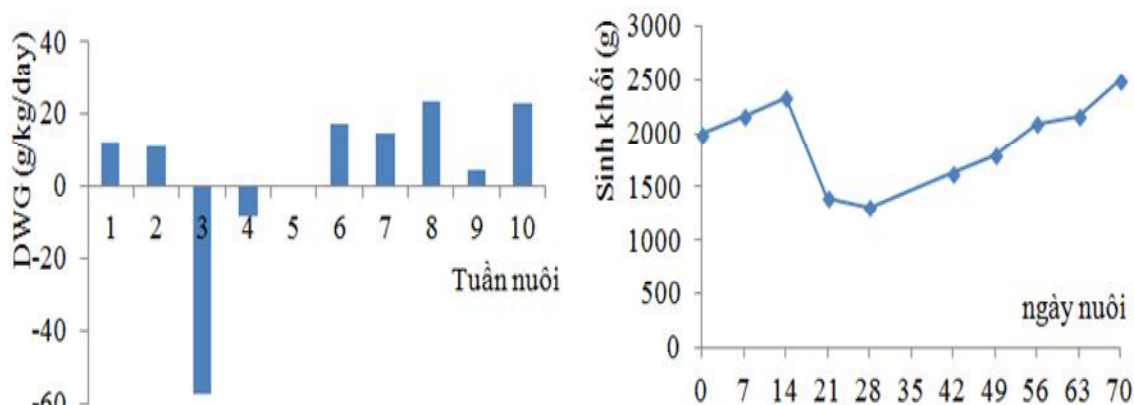


Hình 5. Tỷ lệ sống và số vật nuôi bị chết theo thời gian thí nghiệm

Sinh trưởng của vật nuôi trong hệ thống

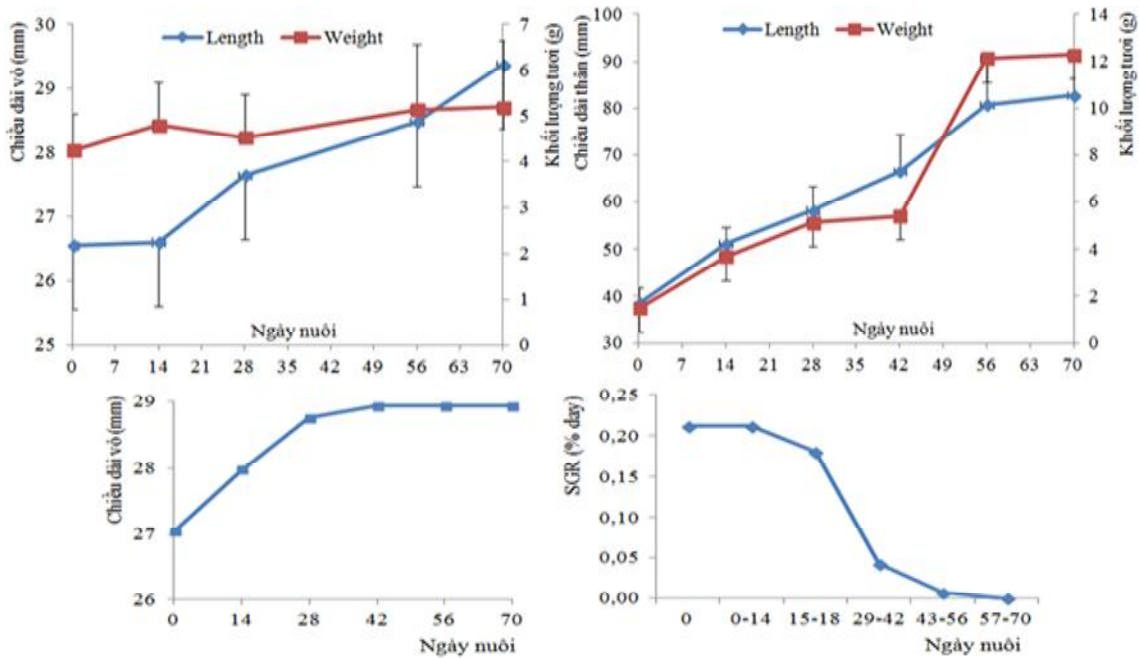
Với hàm lượng nitơ cao trong hầu hết thời gian thử nghiệm, chất lượng nước trong hệ thống không thể hỗ trợ tốt cho sinh trưởng của vật nuôi. Môi trường bất lợi dẫn đến tốc độ sinh trưởng chậm của các đối tượng, đặc biệt trong giai đoạn quá trình nitrate hóa được kích hoạt.

Tốc độ sinh trưởng của rong biển chậm kéo dài vì sự thiếu hụt TAN và sự tích tụ nitrite cao trong hệ thống. Trong thực tế, *Ulva* cũng có thể hấp thụ được nitrate ở nồng độ cao mặc dù với tốc độ thấp hơn TAN (Buapet và *ctv.*, 2008). Tuy nhiên, nitrate trong hệ thống được hình thành chậm (sau 35 ngày) nên rong biển đã mất đi một lượng sinh khối đáng kể. Tốc độ sinh trưởng của rong mang giá trị âm khi cả TAN và nitrate trong nước nuôi đều rất thấp vào tuần thứ 3, 4 và 5. Sự tàn lụi của rong biển có lúc đạt đến mức hơn 55g.day^{-1} trên mỗi kg khối lượng tươi (Hình 6). Điều này dẫn đến sự suy giảm chất lượng nước không chỉ trong bể *Ulva* mà trong cả hệ thống nuôi có nước trao đổi.



Hình 6. Tốc độ sinh trưởng tuyệt đối và biến động sinh khối của *Ulva* theo thời gian nuôi

Một số nghiên cứu cho rằng *Ulva* có thể tăng trưởng hơn 200g.day⁻¹ cho mỗi kg tươi trong môi trường phù hợp (De Paula Silva và ctv., 2008; Neori và ctv., 2004; Neori và ctv., 1998), nên sinh trưởng của rong trong hệ thống thí nghiệm thấp hơn rất nhiều so với khả năng của loài. Mặc dù có thể sử dụng nitrate cho sinh trưởng, khả năng hấp thu nitrate của *Ulva* trong hệ thống không được xác định do sự chuyển đổi từ nitrite sang nitrate trong cân bằng nitơ.



Hình 7. Tốc độ sinh trưởng của bào ngư (trái trên), cá chẽm (phải trên) và hàu trong hệ thống. Chiều dài vỏ bào ngư tăng trong suốt quá trình nuôi, từ 26,6 ± 1,50 mm lúc mới thả đến 29,4 ± 2,17 vào ngày thứ 70. Tuy nhiên, tăng trưởng về khối lượng tươi của bào ngư không tương ứng với sự tăng lên của chiều dài vỏ. Đôi khi khối lượng bào ngư giảm xuống trong khi chiều dài vỏ vẫn tăng, đặc biệt từ ngày thứ 14 đến 56. Kết quả này hẳn là do sự xuống cấp của chất lượng nước nuôi với hàm lượng nitrite tích tụ quá cao. Tương tự, sự tăng lên về chiều dài vỏ của hàu nuôi trong hệ thống cũng giảm nhanh và dường như không tăng vào nửa sau của thí nghiệm (Hình 7).

Tốc độ sinh trưởng đặc trưng về khối lượng của cá chẽm trong thử nghiệm đạt khoảng 3%.day⁻¹. Tốc độ này thấp hơn hai lần so với tốc độ tăng trưởng đặc trưng của cá chẽm giống trong điều kiện nuôi thích hợp (Katersky và Carter, 2007). Chiều dài của cá trong hệ thống nuôi có xu hướng tăng đều hơn so với khối lượng. Điều này chứng tỏ cá nuôi trong thí nghiệm ngày càng ốm đi vì điều kiện môi trường không phù hợp.

Nhìn chung, tốc độ sinh trưởng và tỷ lệ sống của tất cả các đối tượng nuôi trong hệ thống đều rất thấp khi so với kết quả thu được trong các nghiên cứu khác. Điều này thể hiện ở hiện tượng rong tàn lụi, cá chẽm ngày càng ốm đi và chết nhiều, tăng trưởng của động vật thân mềm kém.

Hiệu quả sử dụng nước và nitơ cung cấp từ thức ăn

Hiệu quả sử dụng nước

Thí nghiệm đã sử dụng 34,6m³ nước cho cả 3 lần lặp lại. Tổng khối nước được trao đổi tuần hoàn (đi qua bể rong biển) chỉ dừng lại ở 91,8m³; tức chỉ cao gần gấp 3 lần so với tổng lượng nước sử dụng. Có thể thấy nước nuôi đã không được hệ thống xử lý hiệu quả. Do thời gian lưu nước trong mỗi bể dài (12 giờ), hầu hết ammonia tạo ra trong bể bào ngư, cá chẽm và hàu

đã được chuyển hóa thành nitrite trước khi được đưa về bể rong biển. Điều này làm cho *Ulva* không có đủ nitơ dành cho sinh trưởng trong khi ammonia và nitrite lại gây hại cho vật nuôi ở các bể khác.

Tuy nhiên, tổng lượng nước sử dụng cho hệ thống không nhiều như trong các hệ thống nuôi đơn khác. Với các vùng nuôi nội địa xa nguồn nước biển, điều này thích hợp cho việc nuôi các đối tượng nuôi biển có giá trị. Khác với việc nuôi chung các đối tượng thủy sản đòi hỏi sự thống nhất về điều kiện môi trường, nuôi thủy sản kết hợp có thể tiến hành trên các đối tượng có nhu cầu khác nhau ở các hợp phần khác nhau. Tuy vậy, chi phí trao đổi nước sử dụng năng lượng điện cần được cân nhắc khi nhiều mô hình thành công trong thử nghiệm nhưng lại thất bại với quy mô thương mại (Masser và *ctv.*, 1999).

Hiệu quả sử dụng nitơ từ thức ăn

Mặc dù hàm lượng nitơ tích lũy trong vật nuôi không được phân tích, lượng nitơ đồng hoá được và trong chất thải đã được ước lượng dựa trên các số liệu công bố có liên quan. Như được trình bày trong Bảng 4, lượng nitơ thất thoát chiếm đến 67%. Chỉ có 33% nitơ đầu vào được giữ lại trong sinh khối vật nuôi. Lượng nitơ thất thoát này cao tương đương với lượng thất thoát thường thấy trong các hệ thống nuôi đơn (Troell và *ctv.*, 2003).

Bảng 4. Nitơ tích lũy trong cơ thể vật nuôi và trong nước thải

Chỉ tiêu	Bào ngư	Cá chẽm	<i>Ulva</i>	Hàu	Tổng
Thức ăn (g)	280	1754	-	-	
Nitơ trong thức ăn (%)	7.7	7.3	-	-	
Nitơ đầu vào (g)	21.56	128.07	-	-	149.63
Sinh khối tăng thêm (g)	69	1208	506	75	
Nitơ trong vật nuôi (%)	4.8	3.36	1.04	0.8	
Nitơ đồng hóa (g)	3.33	40.58	5.26	0.60	49.77

Trong một hệ thống nuôi kết hợp tương tự, nitơ tích lũy được đạt khoảng 4% đối với bào ngư, 19% với cá, 32% với rong biển và ít hơn 45% bị thất thoát (Neori và *ctv.*, 2000). Nhìn chung, trong hệ thống nuôi kết hợp, động vật nuôi thường đồng hóa được 25% nitơ trong thức ăn còn rong biển sẽ đồng hóa hầu hết lượng nitơ còn lại (Buschmann và *ctv.*, 1996; Neori và *ctv.*, 1996). Khi so sánh với những kết quả này, nitơ từ thức ăn đưa vào hệ thống thí nghiệm đã được cá chẽm đồng hóa tốt (trên 27%), trong khi khả năng đồng hóa của bào ngư chỉ đạt khoảng 50% (2,2% so với 4%). Vấn đề lớn nhất của hệ thống là bể rong biển vốn được thiết kế làm lọc sinh học đã không hoạt động tốt. Chỉ có 3,5% nitơ từ thức ăn được đồng hóa bởi *Ulva*, thấp hơn gần 10 lần so với kết quả được công bố bởi Neori và *ctv.*, 2000.

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Kết luận

Mặc dù thí nghiệm đã không đạt được kết quả mong muốn, một số kết quả thu được vẫn cho thấy tiềm năng của việc phát triển hệ thống nuôi kết hợp này ở vùng nội địa nhiệt đới, nhất là sau khi tiếp tục thử nghiệm với các đề xuất trong báo cáo nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn dinh dưỡng của hệ thống.

Đề nghị

Các chủng vi khuẩn nitrobacteria và quá trình nitrate hóa cần được xem trọng hơn trong việc thiết kế và quản lý một hệ thống nuôi biển kết hợp. Không nên đưa các đối tượng vào nuôi trong hệ thống trong suốt quá trình khởi động nitrate hóa.

Vì sự hấp thu nitơ của *Ulva* không hiệu quả với nitrate, các loài cỏ biển nhiệt đới hoặc được kích thích nhỏ có thể được trồng trong bể hầu đá để hấp thu nitrate nhanh hơn. Tuy nhiên, nếu lượng trao đổi nước được cải thiện ngay từ đầu với quá trình nitrate hóa ổn định, nitrite và nitrate sẽ không quá cao và có thể sẽ không cần sử dụng các loại thực vật bậc cao này.

Để cải thiện hiệu quả của hệ thống, nước trong hệ thống nên được tuần hoàn liên tục. Tuy nhiên, vấn đề kinh tế (điện tiêu thụ) và lưu lượng nước (duy trì mức nước trong các bể) cần được xem xét kỹ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Buapet, P., Hiranpan, R., Ritchie, R.J. và Prathep, A. (2008). Effect of nutrient inputs on growth, chlorophyll, and tissue nutrient concentration of *Ulva reticulata* from a tropical habitat. *ScienceAsia* 34, 245-252.
- Buschmann, A.H., López, D.A. và Medina, A. (1996). A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacultural Engineering*, 15, 397-421.
- Day, A.J., Hawkins, A.J.S. và Visootiviset, P. (2000). The use of allozymes and shell morphology to distinguish among sympatric species of the rock oyster *Saccostrea* in Thailand. *Aquaculture*, 187, 51-72.
- De Paula Silva, P.H., McBride, S., de Nys, R. và Paul, N.A. (2008). Integrating filamentous 'green tide' algae into tropical pond-based aquaculture. *Aquaculture*, 284, 74-80.
- Ellner, S., Neori, A., Krom, M.D., Tsai, K. và Easterling, M.R. (1996). Simulation model of recirculating mariculture with seaweed biofilter: development and experimental tests of the model. *Aquaculture*, 143, 167-184.
- FAO (2009) The state of world fisheries and aquaculture 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, pp. 196 p.
- Glencross, B. (2006). The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer* - a review. *Aquaculture Nutrition*, 12, 291-309.
- Jarayabhand, P. và Paphavasit, N. (1996). A review of the culture of tropical abalone with special reference to Thailand. *Aquaculture*, 140, 159-168.
- Katersky, R.S. và Carter, C.G. (2007). High growth efficiency occurs over a wide temperature range for juvenile barramundi *Lates calcarifer* fed a balanced diet. *Aquaculture*, 272, 444-450.
- Losordo, T.M., Masser, M.P. và Rakocy, J. (1998). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - An Overview of Critical Considerations. *SRAC Publication*, No 451.
- Masser, M.P., Rakocy, J. và Losordo, T.M. (1999). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - Management of Recirculating Systems. *SRAC Publication*, No 452.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., và ctv. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361-391.
- Neori, A., Krom, M.D., Ellner, S.P., Boyd, C.E., Popper, D., Rabinovitch, R., và ctv. (1996). Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture*, 141, 183-199.
- Neori, A., L.C. Ragg, N. và Shpigel, M. (1998). The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: II. Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquacultural Engineering*, 17, 215-239.
- Neori, A., Shpigel, M. và Ben-Ezra, D. (2000). A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186, 279-291.
- Qian, P.-Y., Wu, M.C.S. và Ni, I.H. (2001). Comparison of nutrients release among some maricultured animals. *Aquaculture*, 200, 305-316.

- Santos, R. (2006). Special issue opening comments: Seaweed-based integrated mariculture. *Aquaculture*, 252, 1-2.
- Schuenhoff, A., Shpigel, M., Lupatsch, I., Ashkenazi, A., Msuya, F.E. và Neori, A. (2003). A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. *Aquaculture*, 221, 167-181.
- Shpigel, M. và Neori, A. (1996). The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: I. Proportions of size and projected revenues. *Aquacultural Engineering*, 15, 313-326.
- Shpigel, M., Neori, A., Popper, D.M. và Gordin, H. (1993). A proposed model for "environmentally clean" land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture*, 117, 115-128.
- Tantikitti, C., Sangpong, W. và Chiavareesajja, S. (2005). Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 248, 41-50.
- Troell, M., Halling, C., Neori, A., Chopin, T., Buschmann, A.H., Kautsky, N., và *ctv.* (2003). Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*, 226, 69-90.
- Williams, K.C., Barlow, C.G., Rodgers, L., Hockings, I., Agcopra, C. và Ruscoe, I. (2003). Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. *Aquaculture*, 225, 191-206.