

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MÔ HÌNH NUÔI TÔM SIÊU THÂM CANH TUẦN HOÀN NƯỚC KHÉP KÍN VÀ TÁI CHẾ NĂNG LƯỢNG TỪ Bùn THẢI

AN EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF SUPER-INTENSIVE SHRIMP FARMING TOWARD CLOSED-LOOP WATER CIRCULATION AND ENERGY RECYCLING FROM SEWAGE SLUDGE

Tiền Hải Lý^{1*}, Nguyễn Thị Kiều¹, Phạm Sỹ Nguyên², Trần Trung Kiên²

¹ Trường Đại học Bạc Liêu

² Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: Tiền Hải Lý; Email: thly@blu.edu.vn

Ngày nhận bài: 18/10/2024; Ngày phản biện thông qua: 23/12/2024; Ngày duyệt đăng: 25/12/2024

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiện trạng môi trường và hiện trạng tiêu thụ năng lượng của hoạt động nuôi tôm siêu thâm canh. Từ đó đề xuất mô hình sinh thái khép kín cho ao nuôi tôm siêu thâm canh hướng đến tuần hoàn dinh dưỡng và tiết kiệm năng lượng phù hợp với hiện trạng của ao nuôi và các điều kiện tự nhiên sẵn có. Kết quả cho thấy rằng năng suất năng lượng, năng lượng riêng và năng lượng ròng của sản xuất tôm siêu thâm canh truyền thống lần lượt là 0,19 kg/MJ, 5,58 MJ/kg và 1.206.133 MJ/ha. Trong khi đó hiệu quả sử dụng năng lượng của mô hình nuôi tôm siêu thâm canh theo hướng sinh thái khép kín cao gấp 2-3 lần so với với mô hình nuôi tôm truyền thống. Cụ thể, hiệu suất sử dụng năng lượng gấp 26,54 lần được quan sát trong nghiên cứu này cho thấy năng lượng được tạo ra trên mỗi đơn vị sản phẩm của mô hình sinh thái tích hợp. Năng suất năng lượng, năng lượng riêng và năng lượng ròng của sản xuất tôm siêu thâm canh tích hợp lần lượt là 26,45 kg/MJ, 0,04 MJ/kg và 11.294.813 MJ/ha.

Từ khóa: hệ sinh thái khép kín, Đồng bằng sông Cửu long, tuần hoàn dinh dưỡng, xử lý chất thải, phát triển năng lượng xanh. Đồng bằng sông Cửu long, hệ sinh thái khép kín, phát triển năng lượng xanh, tuần hoàn dinh dưỡng, xử lý chất thải.

ABSTRACT

The super-intensive shrimp farming system has been widely applied in the provinces of the Mekong Delta and brings high economic value to the region. However, the super-intensive shrimp farming system has a high energy demand during operation and generates a large amount of waste into the environment. In this study, the energy consumption and environmental problems of super-intensive shrimp farming were evaluated. Then, a closed ecological system for super-intensive shrimp farming aiming at nutrient circulation and energy saving was proposed. The results showed that the energy productivity, specific energy, and net energy of traditional super-intensive shrimp production were 0.19 kg/MJ, 5.58 MJ/kg, and 1,206,133 MJ/ha, respectively. Meanwhile, the energy efficiency of the super-intensive shrimp farming model following the closed ecological direction was 2-3 times higher than the traditional shrimp farming system. Specifically, the energy efficiency of 26.54 time observed in this study shows the energy generated per product. The energy yield, specific energy, and net energy of integrated super-intensive shrimp production were 26.45 kg/MJ, 0.04 MJ/kg, and 11,294,813 MJ/ha, respectively.

Keywords: closed ecological system, Mekong Delta, nutrient circulation, wastewater treatment, green energy development

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành nuôi tôm đã tăng đáng kể không chỉ trên thế giới mà cả ở Việt Nam. Đồng bằng sông cửu Long (ĐBSCL) được xem là trung

tâm thủy sản của cả nước, với đóng góp khoảng 65% tổng giá trị kim ngạch xuất khẩu, cung ứng 52% sản lượng thủy sản đánh bắt và gần 67% sản lượng nuôi trồng. Thế mạnh về điều

kiện tự nhiên, nhất là diện tích mặt nước lớn, hệ sinh thái ngập nước đa dạng... đã tạo nên tiềm lực quyết định vị thế sản xuất ngư nghiệp của vùng. Bên cạnh cá da trơn, tôm là loại hải sản nước lợ được nuôi phổ biến nhất ở ĐBSCL. Giá trị xuất khẩu hàng tỷ USD từ tôm nuôi mỗi năm đã tạo sức hút đáng kể để diện tích nuôi trồng liên tục được mở rộng ở hầu khắp các tỉnh ven biển trong vùng. Trong chỉ đạo phát triển ngành tôm Việt Nam vừa qua, Thủ tướng Chính phủ Nguyễn Xuân Phúc đã đề ra mục tiêu đưa ĐBSCL thành “thủ phủ tôm của thế giới”, phấn đấu đạt kim ngạch xuất khẩu tôm của vùng ở mức 10 tỷ USD vào năm 2025 [1]. Nuôi trồng thủy sản là một trong những ngành phát triển nhanh nhất trên toàn thế giới với tiềm năng to lớn để đáp ứng nhu cầu thủy sản tự nhiên ngày càng tăng, do đó giúp chấm dứt tình trạng đánh bắt quá mức. Các sinh vật thủy sinh chính được thế giới công nhận trên thị trường quốc tế là tôm, cá hồi và động vật hai mảnh vỏ. Nhóm này tổng cộng chiếm hơn 250 tỷ USD trong thương mại thủy sản và sản phẩm thủy sản quốc tế hàng năm [2].

Nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh được áp dụng phổ biến tại các tỉnh ĐBSCL, nhiều thiết bị công nghệ từ khâu cho ăn cho đến theo dõi môi trường, chăm sóc sức khỏe tôm,... đòi hỏi phải bảo đảm đầy đủ năng lượng để phát triển nuôi tôm bền vững. Thức ăn dành cho tôm chứa trung bình 30–40% protein thô, trong đó chỉ khoảng 20–25% được tôm sử dụng, phần còn lại tồn tại dưới đáy ao dưới dạng chất thải hữu cơ và hoàn tan trong nước dưới dạng ni tơ vô cơ như nitrat, nitrit,... Theo Benedict Terkula Iber cho rằng có tới 50g ni tơ amoniac được tạo ra cho mỗi 1 kg thức ăn tôm ăn vào. Ngoài ra, phân tôm và sinh vật chết cũng bổ sung amoniac (NH_3), nitrit (NO_2) và hydro sunfua (H_2S) vào nước ao, khiến nước không thích hợp để tái chế [3].

Ngoài ra, ngành nuôi tôm đòi hỏi năng lượng cao cho hệ thống sục khí để duy trì mức oxy hòa tan thích hợp trong ao liên tục để cải thiện chất lượng nước thúc đẩy sự phát triển của tôm; cũng như xử lý nước thải cho việc tuần hoàn tái sử dụng. Năng lượng chính từ

các trang trại nuôi tôm được tiêu thụ bởi: máy sục khí điện chiếm khoảng 80% nhu cầu năng lượng nông nghiệp trong khi máy bơm nước chiếm 10%, các thiết bị khác ở mức 10% [4]. Việc sử dụng năng lượng cho sục khí là nguyên nhân tiềm ẩn làm gia tăng sự nóng lên của trái đất [2]. Bên cạnh đó, chi phí hoạt động, đặc biệt là năng lượng cung cấp cho máy sục khí cao vì máy sục khí thường hoạt động 24 giờ một ngày. Ngoài ra, việc bố trí thêm hệ thống các bể, ao xử lý nước thải để tái sử dụng cũng phát sinh thêm nhu cầu sử dụng năng lượng cho các thiết bị sục khí, máy bơm. Việc sử dụng năng lượng cho sục khí trong một số trường hợp cũng làm lãng phí nguồn cung [5].

Hiện nay, nhiều mô hình nuôi tôm siêu thâm canh đã áp dụng công nghệ xử lý nước tuần hoàn (RAS), đây là công nghệ nuôi trồng thủy sản tái sử dụng nước bằng bộ lọc loại bỏ các sản phẩm nước thải sẽ chuyển đổi các hợp chất độc hại như amoni, chất thải rắn và CO_2 thành các hợp chất không độc hại để sử dụng lại trong ao [6]. Bên cạnh đó, tái chế bùn thải để tận dụng nguồn năng lượng sinh thái cho các hộ gia đình cũng đang được chú trọng. Tất cả nhằm mục đích tận dụng được các nguồn chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi tôm, giảm thiểu tác động xấu đến môi trường, giảm thiểu và xử lý chất thải đạt tiêu chuẩn, giảm chi phí đầu tư hệ thống xử lý, vận hành và có thể thu được lợi nhuận từ các sản phẩm phụ [7]. Từ những luận cứ trên, Nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước khép kín và tái chế năng lượng từ bùn thải” được thực hiện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, phạm vi, thời gian thực hiện

Nghiên cứu thực hiện ngẫu nhiên tại 10 hộ nuôi tôm công nghệ cao (áp dụng máy móc thiết bị: máy cho ăn, máy sục khí,... vào nuôi trồng thủy sản) của Huyện Mỹ Xuyên, Tỉnh Sóc Trăng dựa trên sự giới thiệu của cán bộ địa phương. Thời gian thực hiện khảo sát từ tháng 1-3 năm 2022.

Bổ sung đặc điểm của các mô hình của 10

hộ nuôi ở đã được lựa chọn nghiên cứu: diện tích nuôi, thành phần của mô hình (hệ thống nuôi, hệ thống xử lý nước và tuần hoàn, xử lý bùn thải, thu khí sinh học,...); mật độ nuôi, thời gian nuôi, loại, lượng thức ăn, tăng suất cho ăn; theo dõi chất lượng môi trường, bổ sung nước....

10 hộ dân theo dõi nếu có khoảng 2-3 mô hình tương đồng thì nên phân mô hình để so sánh kết quả về hiệu quả sử dụng năng lượng, phân tích những ưu và nhược điểm để xác định và đề xuất được giải pháp hiệu quả và có giá trị khoa học hơn.

2.2. Phương pháp thực hiện

Trong nghiên cứu này, sử dụng phương pháp các dữ liệu, thông tin từ những nghiên cứu, các báo cáo trước đây, nhóm tác giả đã triển khai các phương pháp sau:

- Phương pháp khảo sát thực địa: Phỏng vấn 30 hộ và lấy 10 mẫu quan trắc năng lượng về phát sinh nước thải, bùn thải, cách quản lý và xử lý các nguồn thải trên 10 hộ dân nuôi công nghệ cao ở Huyện Mỹ Xuyên, Tỉnh Sóc Trăng. Số lượng 30 hộ dân được thực hiện theo sự giới thiệu và chỉ định của cán bộ quản ngành của địa phương theo tình hình thực tế.

- Phương pháp đề xuất xây dựng mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước và tái chế từ bùn thải dựa trên dữ liệu mô hình thực tế của 01 hộ dân khảo sát.

- Phương pháp Tính toán hiệu suất năng lượng:

Bước 1: Xác định nhu cầu nguyên liệu đầu vào và sản phẩm đầu ra của các mô hình nuôi

tôm đã khảo sát và mô hình nuôi tôm siêu thâm canh đã xây dựng.

Lập phiếu khảo sát về nội dung gì??? Phiếu khảo sát khi khảo sát 30 hộ dân; khi khảo sát 10 hộ lấy mẫu và 01 hộ thì có gì khác biệt với nhau????Thu thập các cơ sở dữ liệu liên quan đến nhu cầu năng lượng sinh thái: diện tích nuôi, quy trình nuôi, số lượng và công suất máy móc thiết bị, sản lượng thu hoạch, lượng thức ăn và hóa chất sử dụng.

Thực hiện điều tra khảo sát nguồn thải chính của hoạt động nuôi tôm trên địa bàn khu vực nghiên cứu, hiện trạng sử dụng năng lượng.

Thực hiện điều tra bổ sung các chủ đề còn thiếu khác như: hoạt động xử lý chất thải hiện tại, chất lượng môi trường xung quanh.

Phương pháp khảo sát là khảo sát trực tiếp hay qua các phương thức nào? Phương pháp đánh giá và hiệu chỉnh phiếu khảo sát....

Lựa chọn ứng dụng Excel, số liệu được nhập và lưu trữ vào file dữ liệu. Thiết kế khung file số liệu thuận tiện cho việc nhập liệu. Sau đó, tiến hành hiệu chỉnh số liệu.

Bước 2: Tính toán năng lượng sinh thái tương đương nguyên liệu đầu vào và sản phẩm đầu ra.

Năng lượng tương đương (*Energy equivalents*) là khác nhau giữa các nguyên liệu khác nhau, sử dụng để tính toán các giá trị năng lượng sinh thái đầu vào và đầu ra, trong trường hợp năng lượng đầu ra của các hộ dân, chỉ xem xét năng lượng có trong các sản phẩm tôm. Theo đó năng lượng tương đương được trình bày trong Bảng 1 sau:

Bảng 1. Năng lượng (E) tương đương của đầu vào và đầu ra trong nuôi tôm

Năng lượng vào	Đơn vị	Năng lượng tương đương (MJ/ đơn vị)	Nguồn
Sức lao động	h	1,96	
Máy móc	h	62,7	
Nhiên liệu dầu diesel	l	56,31	
Năng lượng điện	kwh	3,6	
Phân bón:			[8]
- Nitrogen	kg	66,14	
- Phosphate	kg	12,44	
- Sulphur	kg	1,12	
Hóa chất	kg	120	
Nước	m ³	1,02	

Năng lượng vào	Đơn vị	Năng lượng tương đương (MJ/ đơn vị)	Nguồn
Thức ăn	kg	12,14	[9]
Vôi	kg	1,4	[10]
Bùn	kg	1,05	[11]
Rơm rạ	kg	12,5	[12]
Hạt	kg	25	[12]
Năng lượng ra	Đơn vị	Năng lượng tương đương (MJ/ đơn vị)	[9]
Sản lượng tôm (sprawn)	kg	49,86	[9]
Rau	kg	0,8	[12]

- Bước 3: Tính toán hiệu suất năng lượng (E).

(1) Hiệu quả sử dụng E (MJ/ha) = E đầu ra(MJ/ha)/E đầu vào (MJ/ha)

(2) Năng suất E (kg/MJ) = Sản lượng đầu ra (kg/ha)/E đầu vào (MJ/ha)

(3) E riêng (MJ/kg) = E đầu vào (MJ/ha)/

Sản lượng đầu ra (kg/ha)

(4) E ròng (MJ/ha) = E đầu ra(MJ/ha) - E đầu vào (MJ/ha)

- Phương pháp thu mẫu và phân tích chất lượng nước thải:

Các thông số và phương pháp phân tích nước thải được tổng hợp trong bảng sau:

Bảng 2. Thông số và phương pháp phân tích chỉ tiêu nước thải

TT	Thông số	Phương pháp	TT	Thông số	Phương pháp
1	pH	TCVN 6492:201	6	Tổng Photpho	SMEWW4500 -P.B&D:2017
2	COD	SMEWW 5220C:2017	7	Amoni	SMEWW4500 -NH3.B&C:2017
3	BOD ₅	SMEWW 5210B:2017	8	Nitrit	SMEWW 4500-NO2 -.B:2017
4	Tổng chất rắn lơ lửng	SMEWW 2540D: 2017	9	Nitrat	SMEWW 4500-NO3 -.E:2017
5	Tổng Nito	TCVN 6638:2000			

2.3 Phương pháp xử lý và phân tích số liệu: Sử dụng phần mềm Excel 2021 để tổng hợp và xử lý các số liệu điều tra và phân tích chất lượng mẫu nước và bùn.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả sử dụng năng lượng (E) của các hộ khảo sát

Bảng 3, 4 thể hiện năng lượng của các yếu tố đầu vào, ra năng lượng tương đương của chúng được sử dụng để sản xuất tôm tại các hộ gia đình nuôi tôm công nghệ cao trong thực hiện khảo sát.

Kết quả trên cho thấy năng lượng đầu vào tiêu thụ nhiều nhất cho các hoạt động khác nhau được điều tra là năng lượng của máy móc làm việc theo giờ (31.417 MJ chiếm

22,2%) và Thức ăn cho tôm (81.343 MJ chiếm 57,48%) hoạt động của 10 hộ dân trên địa bàn tỉnh Sóc Trăng. Từ Bảng trên cũng cho thấy mức tiêu thụ lao động của con người, nhiên liệu, lượn nước sử dụng, hóa chất, phân bón lần lượt là 7.405MJ (chiếm 5,23%), 241MJ (chiếm 0,17%), 15.517MJ (10,96%), 5.093MJ (3,6%) và 495MJ (chiếm 0,35%) trong tổng năng lượng đầu vào để sản xuất tôm. Năng suất trung bình của tôm được xác định là 27028,51 kg/ha và tổng sản lượng năng lượng tính toán là 1.347.641 MJ/ha. Phân tích này cho thấy những nỗ lực cải thiện hiệu quả năng lượng tổng thể nên tập trung vào việc sử dụng máy móc sao cho hiệu quả. Tuy nhiên, việc giảm đáng kể lượng máy móc cần thiết là không

Bảng 3. Hiệu quả sử dụng E của 5 hộ nuôi (1-5)

Họ và tên		Hồ Văn Công	Đào Văn Miên	Đỗ Văn Tràng	Nguyễn H.Thuận	Hồ Văn Khải	Trung bình
E đầu vào	Sức lao động (h)	3438,6	5043,3	4089,2	3981,6	5043,3	3778,3
	Giờ máy làm việc (h)	454,6	746,8	605,5	526,4	453,4	501,1
	Tổng số E trên đơn vị diện tích (đơn vị trên/ha)	61,5	102,5	83,1	71,1	63,6	66,9
	N h i ê u liệu sử dụng (Kwh)	14300,0	15600,0	15600,0	14300,0	16900,0	15210,0
	N ư ớ c (m3)	41,7	51,0	44,1	44,8	49,3	42,4
	Hóa chất (kg)	6,8	10,0	8,1	7,9	10,0	7,5
	Phân bón (kg)	6363,6	8333,3	6756,8	6842,1	8500,0	6700,4
	Thức ăn (kg)	6739,7	9884,9	8014,8	7803,9	9884,9	7405,4
	Sức lao động	28506,0	46824,8	37966,0	33006,9	28428,4	31416,7
	Giờ máy làm việc	221,3	368,9	299,1	255,9	229,0	240,8
	N h i ê u liệu sử dụng	14586,0	15912,0	15912,0	14586,0	17238,0	15514,2
	Nước	5007,3	6120,0	5293,0	5379,2	5916,0	5092,9
	Hóa chất	451,0	661,4	536,3	522,2	661,4	495,5
	Phân bón	77254,5	101166,7	82027,0	83063,2	103190,0	81342,6
Thức ăn	132765,8	180938,7	150048,2	144617,2	165547,7	141508,1	
Tổng E vào (MJ)							
E đầu ra	Tổng số E trên đơn vị diện tích (đơn vị trên/ha)	23386,6	48093,2	22254,8	20986,2	39115,9	27028,5
	Sản lượng tôm (kg)						
E ra	E tương đương (MJ/ha)	1166053,6	2397925,3	1109626,5	1046370,7	1950320,0	1347641,7
	Sản lượng tôm						
Tổng E ra (MJ)	1166053,6	2397925,3	1109626,5	1046370,7	1950320,0	1347641,7	

Bảng 4. Hiệu quả sử dụng E của 5 hộ nuôi (6-10)

Họ và tên		Phan Văn Tre	Nguyễn Thanh Vũ	Võ Văn Liêm	Nguyễn V.Phong	Hồ Văn Đức	Trung bình	
E đầu vào	Sức lao động (h)	3602,4	2017,3	5043,3	2161,4	3362,2	3778,3	
	Giờ máy làm việc (h)	514,4	448,1	346,8	274,4	640,1	501,1	
	Tổng số E trên đơn vị diện tích (đơn vị trên/ha)	65,4	61,5	40,6	33,8	85,9	66,9	
	N ư ớ c (m3)	15600,0	15600,0	14300,0	15600,0	14300,0	15210,0	
	Hóa chất (kg)	42,7	28,6	48,6	30,5	43,1	42,4	
	Phân bón (kg)	7,1	4,0	10,0	4,3	6,7	7,5	
	Thức ăn (kg)	5000,0	6600,0	8966,7	4085,7	5555,6	6700,4	
	E tương đương (MJ/ha)	Sức lao động	7060,7	3954,0	9884,9	4236,4	6590,0	7405,4
		Giờ máy làm việc	32255,1	28094,9	21744,8	17203,4	40136,8	31416,7
		Nhiều liệu sử dụng	235,4	221,4	146,2	121,8	309,4	240,8
Nước		15912,0	15912,0	14586,0	15912,0	14586,0	15514,2	
Hóa chất		5129,1	3427,2	5834,4	3654,5	5168,0	5092,9	
Phân bón		472,4	264,6	661,4	283,5	440,9	495,5	
Thức ăn		60700,0	80124,0	108855,3	49600,6	67444,4	81342,6	
Tổng E vào (MJ)		121764,7	131998,0	161713,0	91012,1	134675,5	141508,1	
E đầu ra	Tổng số E trên đơn vị diện tích (đơn vị trên/ha)	15084,9	23386,6	30164,8	23640,8	24171,4	27028,5	
	E tương đ ư ớ n g (MJ/ha)	752133,4	1166053,6	1504018,7	1178728,1	1205187,4	1347641,7	
Tổng E ra (MJ)6		752133,4	1166053,6	1504018,7	1178728,1	1205187,4	1347641,7	

khả thi vì sẽ làm giảm năng suất sản xuất và gây ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của tôm. Do đó cần có những mô hình tối ưu quả việc sử dụng

máy nhưng vẫn đem lại hiệu quả sử dụng năng lượng tốt hơn.

3.2. Các chỉ số về sử dụng năng lượng trong sản xuất

Áp dụng công thức chỉ số về sử dụng năng

lượng trong sản xuất (1), (2), (3), (4) để tính toán hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dân khảo sát, kết quả trình bày trong bảng sau:

Bảng 5. Hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dân

Hộ	Hiệu quả sử dụng năng lượng của tôm	Năng suất năng lượng (kg/MJ)	Năng lượng riêng (MJ/kg)	Năng lượng ròng (MJ/ha)
Hồ Văn Công	8,78	0,176	5,68	1033287,81
Đào Văn Miên	13,25	0,266	3,76	2216986,68
Đỗ Văn Trảng	7,40	0,148	6,74	959578,24
Nguyễn Hữu Thuận	7,24	0,145	6,89	901753,51
Hồ Văn Khải	11,78	0,236	4,23	1784772,28
Phan Văn Tre	6,18	0,124	8,07	630368,7
Nguyễn Thanh Vũ	8,83	0,177	5,64	1034055,64
Võ Văn Liêm	9,30	0,187	5,36	1342305,68
Nguyễn Văn Phong	12,95	0,260	3,85	1087716,00
Hồ Văn Đức	8,95	0,179	5,57	1070511,96
Trung bình	9,47	0,19	5,58	1206133,65

Hiệu quả sử dụng năng lượng, hiệu suất năng lượng, năng lượng riêng, năng lượng ròng trong sản xuất của 10 hộ tỉnh Sóc Trăng được liệt kê trong Bảng trên. Hiệu suất sử dụng năng lượng trung bình là 9,47 được quan sát trong nghiên cứu này cho thấy năng lượng được tạo ra trên mỗi đơn vị sản phẩm gấp 9,47 lần năng lượng sử dụng trong sản xuất. Trong cân bằng năng lượng, tỷ lệ năng lượng thường được sử dụng làm chỉ số để kiểm tra hiệu quả sử dụng năng lượng trong sản xuất cây trồng. Năng suất

năng lượng, năng lượng riêng và năng lượng ròng của sản xuất tôm siêu thâm canh lần lượt là 0,19 kg/MJ, 5,58 MJ/kg và 1.206.133 MJ/ha.

3.3. Đề xuất mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước và tái chế bùn thải

Mô hình nuôi tôm siêu thâm canh khép kín cùng các giải pháp xử lý chất thải hướng đến tuần hoàn dinh dưỡng được định hướng tính toán với các thông số của hệ thống nuôi tôm tuần hoàn siêu thâm canh tuần và tái chế bùn thải được trình bày trong Bảng 6:

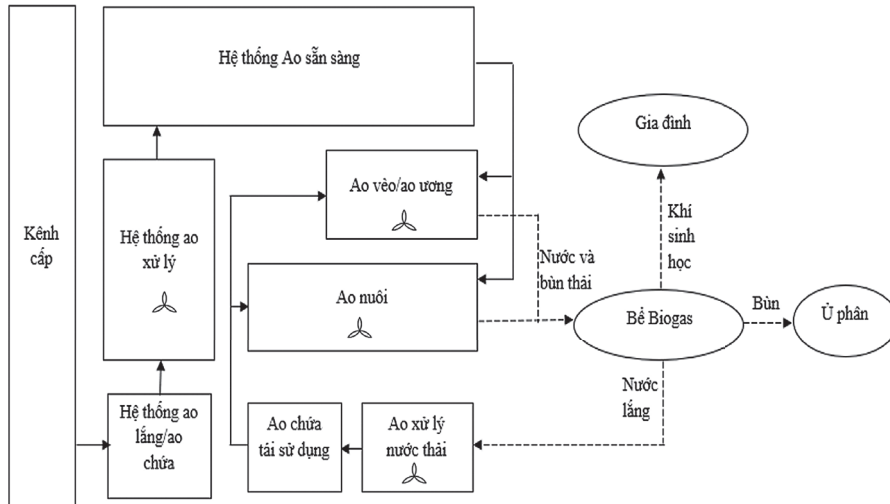
Bảng 6. Đặc điểm hệ thống nuôi tôm tuần hoàn siêu thâm canh tuần hoàn

Đơn vị	Tổng diện tích	Diện tích mặt nước ao nuôi	Diện tích ao cấp	Diện tích ao thải	Mật độ nuôi	Lượng thức ăn/100.000 con (100 ngày tuổi)	Khối lượng tôm thu hoạch	Tổng công suất quạt nước và máy thổi khí
		m ²			con/m ³	kg	kg/m ³	Hp
Thông số	10000	2400	4500	2000	300-500	1283,845	5,5	110

Các quá trình xảy ra trong giai đoạn nuôi tôm thương phẩm ở Huyện Mỹ Xuyên được trình bày dưới dạng sơ đồ trong Hình 1. Quá trình này bắt đầu từ khi sự xuất hiện của con giống cho đến khi thu hoạch (100 ngày nuôi). Thực hiện quy trình nuôi 2 giai đoạn, con giống không được chuyển trực tiếp xuống ao nuôi

mà sẽ được ương 30 ngày mới chuyển sang ao nuôi. Quản lý chất lượng nước theo qui trình Biofloc đối với ao nuôi tôm thương phẩm.

Nước nuôi tôm sau khi xi-phông sẽ tách được chất thải rắn bằng túi lọc lưới. Chất thải rắn gồm xác tôm chết, vỏ tôm, thức ăn thừa, phân tôm... có thể sử dụng cho chăn nuôi (nuôi



Hình 1. Mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước tái chế bùn thải.

vịt, cá...). Phân tôm có kích cỡ nhỏ hơn mắt lưới nên lọt qua túi lưới và được lắng lại trong hồ tách chất thải thứ nhất. Phần nước tiếp tục chảy tràn qua hồ tách chất thải thứ hai để lắng phân, sau đó chảy tràn ra ao lắng thô cấp I. Do được lắng hai lần nên nước sau khi chảy ra ao lắng thô cấp I đã sạch hoàn toàn. Phần nước này có thể tái sử dụng bơm ngược trở lại ao nuôi. Còn phân tôm sau khi được tách hết nước mặn sẽ dùng nước ngọt pha loãng để sử dụng cho việc trồng cây và làm biogas....

Bùn lắng sau biogas sau thời gian thu hồi khí sinh học có thể làm nguyên liệu hữu cơ ủ phân compost kết hợp chất thải từ đầu tôm trong bể, sản phẩm là phân hữu cơ bón cho vườn hoặc các loại rau ăn lá cho gia đình. Tiết kiệm phân bón vô cơ sử dụng và trồng rau sạch. Bùn đáy ao nuôi tôm được rửa mặn bằng nước mưa trực tiếp kết hợp với nước mưa thu gom từ mái nhà. Nước mưa được thu gom từ mái nhà vào những bể chứa, và chúng được sử dụng tưới trực tiếp lên đồng ủ bùn để rửa trôi muối có trong bùn đáy ao nuôi tôm. Cho nước ngập đồng ủ từ 2 - 3 ngày, sau đó tháo nước cho cạn, thực hiện từ 3 - 5 lần. Thời gian rửa mặn khoảng 1,5 tháng, hoặc ít hơn, phụ thuộc vào lượng mưa cũng như sức lưu trữ lại lượng nước mưa của doanh nghiệp, nông hộ quy mô công nghiệp

Độ ẩm của bùn khá cao đạt $80,6 \pm 0,24\%$. Kết quả phân tích một số thành phần hóa học, vật lý của bùn ao (bảng 2) cho thấy bùn ao có

pH kiềm (9,1), thành phần canxi cao do ao đang trong quá trình xử lý bằng vôi để nuôi vụ sau. Hàm lượng kim loại trong bùn đều trong ngưỡng cho phép theo, hàm lượng chất dinh dưỡng N, P đều thuộc đất bùn giàu. Tỷ lệ C/N thấp ($\sim 10\%$) và chưa phù hợp để ủ phân hữu cơ. Thông thường tỉ lệ này được đề xuất trong khoảng (25 – 30):1. Tuy nhiên các dạng hợp chất của C và N cũng cần được xem xét để đưa ra tỉ lệ tối ưu. Sau khi phối trộn, tỷ lệ C/N của hỗn hợp nguyên liệu ủ đạt 20:1 và tương đối phù hợp cho ủ phân hữu cơ. Ngoài ra, cần lưu ý khi tỉ lệ C:N > 40:1 sẽ ảnh hưởng đến quá trình phân hủy chất hữu cơ do có định nitơ ban đầu

3.4. Đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng đầu vào - đầu ra trong sản xuất tôm siêu thâm canh tuần hoàn

Các hoạt động, nguyên liệu đầu vào và đầu ra trong quá trình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn các dòng chất thải sẽ được tận dụng hạn chế việc xả thải, tận dụng tối đa việc thu hồi năng lượng trong quá trình nuôi. Trong đó, các dòng chất thải như bùn thải, vỏ tôm, thức ăn dư thừa, chất thải hữu cơ (CTHC) sẽ được sử dụng để ủ biogas và ủ phân compost, tận dụng năng lượng cho sinh hoạt gia đình và trồng rau và nước thải sẽ được xử lý để tuần hoàn tái sử dụng. Năng lượng của các hoạt động nuôi, thức ăn,... được tính toán trong Bảng 8.

Bảng 7. Nguyên liệu đầu vào và sản phẩm đầu ra của quá trình nuôi tôm

Công đoạn	Nguyên liệu vào		Sản phẩm ra		Dòng thải	
	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng
Chuẩn bị	Nước (m ³)	3120	Nước (m ³)	3120		
	Vôi (kg)	48				
	Phân bón (kg)	3				
	Hóa chất (kg)	10,2				
Ươm	Nước (m ³)	520	Tôm (kg)	133,71	Nước (m ³)	520
	Thức ăn (kg)	49,85			CTHC(kg)	62,38
	Tôm (kg)	14,04				
	Sức lao động (h)	240				
	Giờ máy móc (h)	80				
	Nhiên liệu (KWh)	117,46				
Nuôi	Mật ri (kg)	35,892				
	Nước (m ³)	2600	Tôm (kg)	55000	Nước (m ³)	2600
	Thức ăn (kg)	1234,5			CTHC(kg)	3718,15
	Tôm (kg)	133,71				
	Sức lao động (h)	480				
	Giờ máy móc (h)	160,1				
Xử lý nước thải	Nhiên liệu (KWh)	126,4				
	Nước thải (m ³)	3120	Nước(m ³)	3120		
	Giờ máy móc (h)	80				
Ủ biogas	Nhiên liệu (KWh)	117,46				
	CTHC(kg)	3780,5	Khí (m ³)	4285,6	Nước (m ³)	1,1
Ủ phân	Rơm rạ (kg)	151,2			Bùn (kg)	2797,6
	Bùn thải biogas (kg)	2797,6	Phân(kg)	2166,9	Nước (m ³)	0,9
	Nước bổ sung (m ³)	0,3				
Trồng cây	Chế phẩm SH (kg)	18,18				
	Hạt rau	12	Rau (kg)	12000		
Sinh hoạt	Phân bón (kg)	2166,9				
	Khí sinh học (m ³)	4285,6	NL(KWh)	5142,73		

Bảng 8. Quy đổi năng lượng tương đương của quá trình nuôi tôm

Công đoạn	Quy đổi năng lượng tương đương (MJ/ha)					
	Nguyên liệu vào		Sản phẩm ra		Dòng thải	
	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng
Chuẩn bị	Nước	13260,00	Nước	13260,00		
	Vôi	280,00				
	Phân bón	14,00				
	Hóa chất	5100,00				

Công đoạn	Quy đổi năng lượng tương đương (MJ/ha)					
	Nguyên liệu vào		Sản phẩm ra		Dòng thải	
	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng	Loại	Số lượng
Ươm	Nước	2210,00	Tôm	27779,14	Nước	2210
	Thức ăn	2521,58			Bùn	272,92
	Tôm	2916,81				
	Lao động	1960,00				
	Giờ máy	20900,00				
	Nhiên liệu	27559,05				
	Mật ri	1815,54				
Nuôi	Nước	11050,00	Tôm	11426250,00	Nước	11050
	Thức ăn	62445,13			Bùn	16266,91
	Tôm	27779,14				
	Lao động	3920,00				
	Giờ máy	41826,13				
	Nhiên liệu	29656,60				
Xử lý nước thải	Nước thải	13260,00	Nước	13260,00		
	Giờ máy	20900,00				
	Nhiên liệu	27559,05				
Ủ biogas	Bùn thải	16539,82	Khí	77140,97	Nước	4,82
	Rơm rạ	7876,11			Bùn	12239,47
Ủ phân	Bùn biogas	12239,47	Phân	10112,09	Nước	4,1
	Nước cấp	1,19				
	Chế phẩm sinh học	84,86				
Trồng cây	Hạt	1250,00	Rau	50000,00		
	Phân bón	10112,09				
Sinh hoạt	Khí	77140,97	NL	77140,97		
Tổng năng lượng		442177,53		11694943,17		42048,16

Dựa vào Bảng 8 cho thấy năng lượng đầu vào tiêu thụ nhiều nhất cho các hoạt động khác nhau được điều tra là năng lượng của máy làm việc theo giờ và thức ăn cho tôm tương tự như 10 hộ dân khảo sát.

3.5. Các chỉ số về sử dụng năng lượng trong sản xuất tôm siêu thâm canh

Áp dụng công thức (1), (2), (3), (4) để tính toán hiệu quả sử dụng năng lượng của các hộ dân khảo sát, kết quả trình bày trong bảng sau:

Bảng 9. Hiệu quả sử dụng năng lượng của mô hình

Hiệu quả sử dụng năng lượng của tôm	Năng suất năng lượng (kg/MJ)	Năng lượng riêng (MJ/kg)	Năng lượng ròng (MJ/ha)
26,54	26,45	0,04	11294813,81

Hiệu suất sử dụng năng lượng là 26,54 được quan sát trong nghiên cứu này cho thấy năng

lượng được tạo ra trên mỗi đơn vị sản phẩm gấp 26,54 lần năng lượng sử dụng trong sản

xuất. Năng suất năng lượng, năng lượng riêng và năng lượng ròng của sản xuất tôm siêu thâm canh lần lượt là 26,45 kg/MJ, 0,04 MJ/kg và 11.294.813 MJ/ha. Qua đó, hiệu quả sử dụng năng lượng của mô hình nuôi tôm siêu thâm canh hiệu quả sử dụng năng lượng gấp 2-3 lần so với mô hình nuôi tôm truyền thống của 10 hộ dân khảo sát. Bên cạnh đó, giảm thiểu dòng thải phát sinh, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Bảng 10. Chất lượng nước thải khảo sát thực tế hộ nuôi tôm công nghệ cao

Thông số	pH	COD	BOD5	TSS	
Đơn vị	-	mgO ₂ /L	mgO ₂ /L	mg/L	
Nguyễn Hữu Thuận	Mẫu 1	7,87	24	<3	13
	Mẫu 2	6,7	305	237	167
QCVN*	5,5-9	≤150	≤50	≤100	

Ghi chú: Mẫu 1: nước đầu vào mô hình nuôi tôm; Mẫu 2 nước thải đầu ra mô hình nuôi tôm tuần hoàn vật chất (không qua xi phông)

Nước trong ao nuôi được kiểm soát bằng cách hút bùn đáy và thay nước hàng ngày, lượng nước thay mới hàng ngày tăng dần theo tuổi của tôm, thường từ 10 đến 30% tổng lượng nước. Kết quả phân tích còn cho thấy nước trong ao nuôi tôm có tình trạng ô nhiễm hữu cơ với các chỉ tiêu BOD, COD, TSS vượt quá QCVN 02-19:2014/BTNMT [13] là 2,9-7,6 lần. Với hàm lượng hữu cơ cao, nếu không được xử lý, nước thải sẽ là tác nhân gây nhiễm

3.6. Ước tính hiệu quả xử lý nước thải của mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn bước.

Các tác động của nuôi tôm đến môi trường gắn liền với quy trình kỹ thuật nuôi tôm. Trong đó, lượng phân tôm thải ra (chiếm khoảng 70% lượng thức ăn đưa vào) được lấy ra khỏi ao nuôi hằng ngày bằng cách hút bùn đáy. Tôm càng lớn thì lượng thức ăn cần càng nhiều kéo theo đó là lượng chất thải càng tăng.

khẩn cho lưu vực tiếp nhận. Hệ thống nuôi tôm siêu thâm canh sẽ bố trí 2 ao lắng sau đó vào ao sẵn sàng có sục khí. Nước được lưu tổng ao lắng tối thiểu 24h, hiệu quả xử lý TSS lên đến 80-90% các chất rắn lơ lửng trong nước thải và 30% nồng độ COD, BOD. Quá trình sục khí đảm bảo xử lý BOD, COD đạt tiêu chuẩn trước khi thải ra môi trường, hiệu quả xử lý BOD và COD bằng phương pháp sục khí lên đến 80%.

Bảng 11. Ước tính chất lượng nước thải sau xử

lý tại hệ thống nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn

Stt	Chỉ số	Nồng độ nước thải (mg/L)	Lắng		Ao sẵn sàng		QCVN
			Hiệu quả xử lý	Nồng độ (mg/L)	Hiệu quả xử lý	Nồng độ (mg/L)	
1	TSS	167	80%	33,6	-	33,6	≤100
2	BOD ₅	237	30%	165,9	80%	33,18	≤50
3	COD	305	30%	213,5	80%	42,7	≤150

Ghi chú: Nồng độ đầu vào lấy nồng độ lớn nhất trong các mẫu phân tích

Kết quả phân tích các chỉ tiêu đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 02-19:2014/BTNMT [13]. Nhìn chung chất lượng nước thải được đảm bảo đạt tiêu chuẩn môi trường trước khi hoàn lưu về kênh tiếp nhận để tiến hành xử lý cấp nước đầu vào tuần hoàn cho ao nuôi.

Mô hình nuôi tôm siêu thâm canh khép kín

tuần hoàn vật chất và năng lượng có chi phí đầu tư cao hơn (gấp 2 -3 lần) so với các mô hình nuôi tôm truyền thống, điều này là do kinh phí xây dựng các ao xử lý nước thải, máy thổi khí, diện tích lớn,... Tuy nhiên, với sản phẩm thu được ngoài tôm thương phẩm, còn có: Phân bón, cây trồng, tiết kiệm chi phí vận hành tuần hoàn năng lượng, nên tổng giá trị sản xuất cao

Đánh giá hiệu quả kinh tế

	Mô hình nuôi tôm truyền thống	Siêu thâm canh khép kín tuần hoàn vật chất và năng lượng
Chi phí đầu tư, vận hành	150.000.000 VNĐ/ha	300.000.000 VNĐ/ha
Tổng giá trị sản xuất	2.381.468.741 VNĐ	26.744.500.000 VNĐ
Chi phí trung gian	1.777.860.000 VNĐ	20.808.770.000 VNĐ
Thu nhập ròng	603.608.741 VNĐ	5.035.730.000 VNĐ
Tỷ lệ đầu tư ban đầu	33,95%	17,16%
Thu nhập hàng năm	476.576.034 VNĐ	6.673.330.000 VNĐ

hơn nhiều so với các mô hình truyền thống. Góp phần nâng cao thu nhập hàng năm của các hộ dân.

IV. KẾT LUẬN

Hiệu quả sử dụng năng lượng, hiệu suất năng lượng, năng lượng riêng, năng lượng ròng trong sản xuất của 10 hộ tỉnh Sóc Trăng được quan sát trong nghiên cứu này cho thấy năng lượng được tạo ra trên mỗi đơn vị sản phẩm gấp 9,47 lần năng lượng sử dụng trong sản xuất.

Mô hình nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước kết hợp tái chế bùn thải có hiệu quả sử dụng năng lượng cao hơn so với các mô hình nuôi tôm đã khảo sát trên địa bàn tỉnh, hiệu quả sử dụng năng lượng là 26,54 (gấp 2-3 lần). Bên cạnh đó, việc áp dụng mô hình còn làm đa dạng hóa sản phẩm đầu ra, tiết kiệm được chi phí đầu vào cũng như chất thải ra giảm ô nhiễm môi trường.

Chất lượng nước qua xử lý có các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ BOD₅, COD, TSS lần lượt là 33,18 mg/L, 42,7 mg/L và 33,6 mg/l đạt QCVN

02-19:2014/BNNPTNT [13].

Việc áp dụng mô hình nuôi tôm siêu thâm canh vào thực tế sẽ gặp không ít khó khăn: (i) chi phí đầu tư và vận hành lớn; (ii) Việc duy trì hệ thống RAS đòi hỏi đội ngũ nhân viên có hiểu biết và chuyên môn cao, cần có kiến thức chuyên môn về nuôi tôm và quản lý chất thải (biogas, ủ phân,..), Mật độ nuôi cao đòi hỏi hệ thống hòa tan oxy hiệu quả. Điều này cần có sự hiểu biết và quản lý khí cơ bản phức tạp; (iii) Diện tích lớn để xây dựng các ao xử lý,... Để đối mặt với các thách thức này, cần nâng chất lượng đội ngũ nhân viên thị trường lao động, thành lập các hợp tác xã nuôi trồng thủy sản, hợp tác tương trợ lẫn nhau trong hoạt động sản xuất, kinh doanh.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-TPHCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2023-24-03.

TÀI LIỆU THAM KHẢO,

- [1] Nguyễn Minh Quang, Courtney Weatherby (2019), *Đổi mới sáng tạo từ mô hình nuôi tôm sinh thái ở ĐBSCL*, Tạp Chí Khoa học và Công nghệ Việt nam, Hà Nội.
- [2]. Abubakar Shitu, Gang Liu, et al (2022), Recent advances in application of moving bed bioreactors for wastewater treatment from recirculating aquaculture systems: A review, *Aquaculture and Fisheries*, Vol 7, pp. 244-258.
- [3]. Benedict Terkula Iber a,b, Victor Tosin Okomoda and etc (2021), Eco-friendly approaches to aquaculture wastewater treatment: Assessment of natural coagulants vis-a-vis chitosan, *Bioresource Technology Reports*, Vol 15.
- [4]. Nguyen Nhut Tien, Ryuji Matsuhashi and Vo Tran Thi Bich Chau (2019), A Sustainable Energy Model for Shrimp Farms in the Mekong Delta, *Elsevier Ltd*, pp. 926-938.
- [5]. Sergio Zimmermann, Anders Kiessling and Jiasong Zhang (2022), The future of intensive tilapia

production and the circular bioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture, *Reviews in Aquaculture*, Vol 15 (Suppl, 1), pp. 22-31.

[6]. Nathieli Cozer , Giorgi Dal Pont, Aline Horodesky and Antonio Ostrensky (2020), Infrastructure, management and energy efficiency in a hypothetical semi-intensive shrimp model farm in Brazil: a systematic review and meta-analysis, *Reviews in Aquaculture*, Vol 12, pp. 1072-1089.

[7]. Nguyễn Vĩnh Tiến và ctv (2020), Nghiên Cứu Nuôi Tôm Thẻ Chân Trắng (*Litopenaeus Vannamei*) Siêu Thâm Canh Trong Hệ Thống Tuần Hoàn, *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, tr. 228-234.

[8]. Shahin Rafiee, Ali Mohammadi, , Seyed Saeid Mohtasebi, Hamed Rafiee (2009), Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran, *Renewable Energy*, Vol 35, pp. 1071-1075.

[9]. Sanzidur Rahman, Basanta K. Barmon (2012), Energy productivity and efficiency of the ‘gher’ (prawn-fish-rice) farming system in Bangladesh, *Energy*, Vol 43, pp. 293-300.

[10]. Yupeng Feng , Xuhan Li, Haowen Wu, Chaoran Li, Man Zhang and Hairui Yang (2023), Critical Review of Ca(OH)₂/CaO Thermochemical Energy Storage Material, *Energies*, 16, pp. 3019.

[11]. Smrehan Berkay Celebi, Aysegul Aksoy, F. Dilek Sanin (2021), Maximizing the energy potential of urban sludge treatment: An experimental study and a scenario-based energy analysis focusing on anaerobic digestion with ultrasound pretreatment and sludge combustion, *Energy*, Vol 221, pp. 119876.

[12]. Burhan Ozkan, Handan Akcaoz, Cemal Fert (2004), Energy Input Output Analysis in Turkish Agriculture Article, *Renewable Energy*, Vol 29, pp. 39-51.

[13]. Ministry of Natural Resources and Environment (2020), *National standard of TCVN 6663-4:2020 Water quality - Sampling - Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made*, Decision No. 3936/QĐ-BKHCHN, Date 31/12/2020 (in Vietnamese).