

DOI:10.22144/ctu.jvn.2020.015

ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG PROTEIN LÊN CHẤT LƯỢNG NƯỚC, TĂNG TRƯỞNG CỦA LƯƠN *Monopterus albus* (ZWIEW, 1793) VÀ CẢI THÌA (*Brassica chinensis*) TRONG MÔ HÌNH AQUAPONIC

Hứa Thái Nhân*, Dương Nhựt Long và Phạm Minh Đức

Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: [Hứa Thái Nhân \(email: htnhan@ctu.edu.vn\)](mailto:htnhan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 02/04/2019

Ngày nhận bài sửa: 01/06/2019

Ngày duyệt đăng: 28/02/2020

Title:

Effects of different dietary protein levels on water quality, growth performance of Asian swamp eel *Monopterus albus* (Zwiew, 1793) and pak choy (*Brassica chinensis*) in an aquaponic recirculating system

Từ khóa:

Aquaponic, cải thìa, lươn đồng *Monopterus albus*, protein khác nhau

Keywords:

Aquaponic, Asian swamp eel *Monopterus albus*, pak choy, protein levels

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effect of different dietary of protein levels on water quality, growth performance of Asian swamp eels *Monopterus albus* (Zwiew, 1793) and productivity of pak choy (*Brassica chinensis*) in aquaponic systems. Swamp eels (47.4 g/con) were fed with 4 different dietary protein levels of 25% (NT1), 30% (NT2), 35% (NT3) and 40% (NT4). The experimental swamp eels were hold in aquaponic recirculating system with pak choy (100 head/m²). The experiment was run for 60 days with two cycles of pak choy. The result showed that higher protein level of feed would induce higher concentration of nitrogen in the form of total ammonia and nitrate. There was a significant difference (P<0.05) in weight gain of animal among the dietary protein levels. The highest weight gain of swamp eels were 0.68±0.36 g/day for treatment 3 and was higher significantly compared to other treatments. The survival rate of swamp eels was highest in NT2 (63.33%) and lowest in the NT4 (45.73%). The lowest FCR (2.55±1.24) was found for those animals fed with diet contain 35% protein and lower significantly compared to other treatments. There was a significant difference in total length, weight and productivity of pak choy among these treatments (P<0.05). The highest productivity of pak choy was 5,819 g/m²/60days (NT3) and lowest one was found in the NT1 (4,770 g/m²/60 days). In general, dietary protein level of 35% produced good growth rate of swamp eels and high productivity of pak choy. The result suggested that diet contains 35% protein could be used for commercial culture of swamp eels in the aquaponic production system.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của thức ăn có hàm lượng protein khác nhau lên chất lượng nước, tăng trưởng của lươn đồng *Monopterus albus* (Zwiew, 1793) và năng suất của rau cải thìa (*Brassica chinensis*) trong mô hình aquaponic. Lươn giống (47,4 g/con) được cho ăn thức ăn với bốn hàm lượng protein khác nhau là 25% (NT1), 30% (NT2), 35% (NT3) và 40% protein (NT4). Lươn được nuôi trong hệ thống tuần hoàn aquaponic kết hợp trồng rau cải thìa. Thí nghiệm được thực hiện trong 60 ngày với hai chu kỳ rau. Kết quả cho thấy NT thức ăn có hàm lượng protein càng cao thì lượng nitrogen càng tăng, đặc biệt là TAN, NO₃-N. Tăng trọng tốt nhất của lươn là ở NT3 (0,68±0,36 g/ngày) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Tỷ lệ sống của lươn cao nhất ở NT2 là 63,33% và thấp nhất là ở NT4 (45,73%). FCR thấp nhất (2,55±1,24) ở NT3 và khác biệt có ý nghĩa thống kê (P<0,05) so với các nghiệm thức còn lại. Tăng trưởng về chiều dài, khối lượng và năng suất của rau ở các NT khác biệt có ý nghĩa thống kê (P<0,05). Năng suất cao nhất của cải thìa là 5.819 g/m²/60 ngày (NT3) và thấp nhất là 4.770 g/m²/60 ngày (NT1). Kết quả nghiên cứu cho thấy thức ăn có hàm lượng protein 35% có thể được sử dụng để nuôi lươn thương phẩm kết hợp với cải thìa trong mô hình aquaponic.

Trích dẫn: Hứa Thái Nhân, Dương Nhựt Long và Phạm Minh Đức, 2020. Ảnh hưởng của hàm lượng protein lên chất lượng nước, tăng trưởng của lươn *Monopterus albus* (Zwiew, 1793) và cải thìa (*Brassica chinensis*) trong mô hình aquaponic. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 56(1B): 143-152.

1 GIỚI THIỆU

Lươn đồng *Monopterus albus* (Zwiew, 1793) được nuôi phổ biến trên bề lót bạt với quy mô khác nhau ở Đồng bằng sông Cửu Long, như tỉnh An Giang, Cần Thơ, Đồng Tháp, Vĩnh Long,... Tuy nhiên, hạn chế lớn nhất của mô hình nuôi này là việc thay nước, nước nuôi lươn trong mô hình bề lót bạt phải được thay hàng ngày, dẫn đến môi trường bị ảnh hưởng, cũng như việc hạn chế nước để thay và chi phí nuôi tăng cao. Theo kết quả nghiên cứu của Phan Quỳnh Như và Hứa Thái Nhân (2018); Nhan *et al.* (2019), việc nuôi lươn trong mô hình aquaponic có thể được xem là mô hình nuôi thủy sản thân thiện và bền vững khi giải quyết được vấn đề môi trường và tăng năng suất sản xuất (lươn và rau) của mô hình. Aquaponics là một hệ thống kết hợp giữa nuôi trồng thủy sản với trồng rau thủy canh trong hệ thống tuần hoàn, trong mô hình này, một lượng nitơ hòa tan và phosphate được tạo từ nuôi trồng thủy sản sẽ được loại bỏ nhờ quá trình chuyển hóa của vi khuẩn có lợi và hấp thu dinh dưỡng từ rau thủy canh (Buzby and Lin, 2014). Theo Rakocy *et al.* (2006), trong các hệ thống aquaponic, nhiều loài thực vật được thích nghi tốt như rau diếp, cải xà lách xoong, cải thìa, rau muống,... Tuy nhiên, quá trình vận hành và hoạt động hiệu quả của hệ thống aquaponic bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như tốc độ dòng chảy qua bể trồng rau, tỷ lệ rau và cá trong hệ thống, và đặc biệt là hàm lượng protein trong thức ăn của cá nuôi trong hệ thống (FAO, 2014). Hàm lượng protein khác nhau trong thức ăn khi cho cá ăn sẽ ảnh hưởng đến lượng nitơ thải ra trong môi trường nước của hệ thống aquaponic cũng như ảnh hưởng đến quá trình chuyển hóa nitơ trong hệ thống aquaponic (Ako and Baker, 2009; Wongkiew *et al.*, 2017). Kết quả là ảnh hưởng đến sự tăng trưởng, phát triển và năng suất của rau trồng trong hệ thống. Bên cạnh đó, protein là thành phần dinh dưỡng quan trọng và thường được ưu tiên nghiên cứu đầu tiên so

với các thành phần dinh dưỡng khác cho các loài thủy sản (NRC, 1993; Nhan and Ako, 2016) vì protein được cấu thành từ các acid amin thiết yếu. Tuy nhiên, hiện nay vẫn còn rất ít nghiên cứu về ảnh hưởng của thức ăn có hàm lượng protein khác nhau lên sự tăng trưởng của rau trong hệ thống aquaponic, cũng như lên sự tăng trưởng của lươn. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này nhằm (1) đánh giá chất lượng môi trường nước trong hệ thống, (2) bước đầu đánh giá sự ảnh hưởng của thức ăn có hàm lượng protein khác nhau lên sự tăng trưởng của lươn và (3) sự phát triển và năng suất của rau cải thìa trong mô hình aquaponic.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguồn lươn giống

Lươn giống (khối lượng trung bình ban đầu là 47,4 g/con) được mua từ trại giống tại Cần Thơ. Lươn được thích nghi với điều kiện thí nghiệm (1 tuần) tại Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Trong thời gian này, lươn được tập cho ăn bằng các loại thức ăn khác nhau về hàm lượng protein trước khi bố trí thí nghiệm cũng như điều kiện môi trường nước.

2.2 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện gồm 4 nghiệm thức thức ăn viên có các hàm lượng protein khác nhau:

- Nghiệm thức 1: 25% protein.
- Nghiệm thức 2: 30% protein.
- Nghiệm thức 3: 35% protein.
- Nghiệm thức 4: 40% protein.

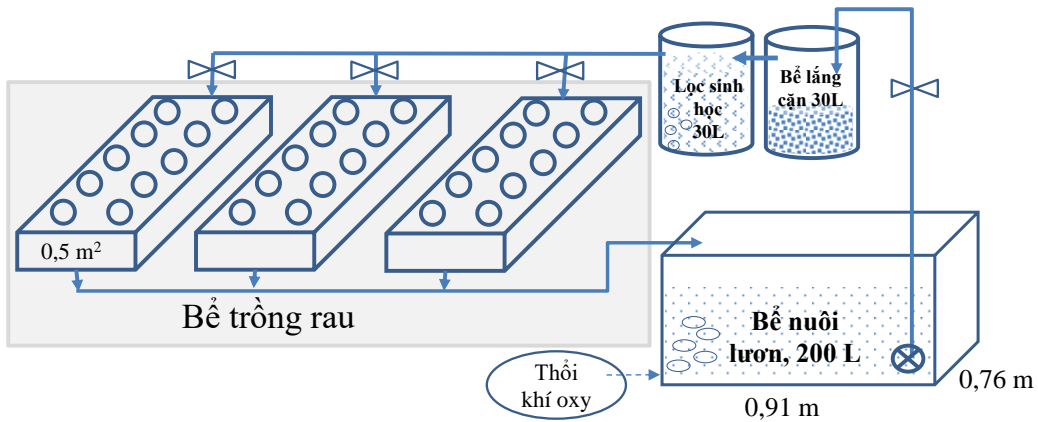
Thức ăn sử dụng trong thí nghiệm này là thức ăn viên nổi (1,0 – 1,5 mm) được bán phổ biến trên thị trường với các thành phần dinh dưỡng của thức ăn được phân tích (AOAC, 2000) và trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần hóa học của thức ăn dùng cho thí nghiệm

Thành phần dinh dưỡng (%)	Nghiệm thức thức ăn với hàm lượng protein khác nhau			
	NT1 (25%)	NT2 (30%)	NT3 (35%)	NT4 (40%)
Âm độ	9,50±1,25	8,6±1,35	10,2±0,92	10,3±1,34
Protein	24,6±1,01	29,2±1,12	34,6±0,86	41,3±1,21
Lipid	4,70±1,34	5,34±1,05	5,60±1,21	6,22±0,45
Tro	17,0±1,02	16,0±1,45	15,0±1,34	14,3±1,25
Xơ	5,30±0,56	4,53±1,31	5,10±1,11	4,25±1,23

Lươn được nuôi trong bể hệ thống tuần hoàn kết hợp trồng rau thủy canh theo mô hình aquaponic (Hình 1) được thiết kế theo phương pháp của Phan Quỳnh Như và Hứa Thái Nhân (2018); Nhan *et al.* (2019). Khối lượng lươn bố trí ban đầu là 2,21±0,06

kg/bể (70 con/bể hay 12,6 kg/m³). Bể nuôi lươn hình chữ nhật có thể tích 200 L (kích thước 0,91 x 0,76 x 0,41 m) với mức nước cao 0,30 cm (thể tích nước là 175 L). Các giá thể là sợi nylon đen (0,5 kg/bể) được sử dụng làm giá thể cho lươn chui rút.



Hình 1: Hệ thống thí nghiệm aquaponic kết hợp lươn và rau cải thìa

Hệ thống ương rau: Rau cải thìa được ương từ hạt giống (Công ty Phú Nông), đặt trong rọ nhựa (4 cm x 5 cm, đường kính miệng x chiều cao) khoảng 7 ngày đến khi lên 2 lá mầm và rễ bắt đầu dài ra (2-3 cm), sau đó đưa lên bể trồng rau (100 rọ/m²), khoảng cách giữa các rọ nhựa là khoảng 5 cm. Bể trồng rau thủy canh có diện tích 0,5 m² với thể tích nước 165 L (0,85 x 0,65 x 0,3 m). Tấm xốp (dày 5 cm) được dùng làm bệ đỡ trồng rau.

Lưu lượng của nước từ bể lươn qua hệ thống thủy canh được kiểm tra thường xuyên và duy trì ở mức 3 L/phút (Endut *et al.*, 2009). Thời gian thực hiện thí nghiệm là 60 ngày, với 2 chu kỳ rau.

Cho ăn và quản lý thức ăn: Lươn được cho ăn theo nhu cầu, 2 lần/ngày vào lúc 7-8 giờ và 16-18 giờ. Khoảng 1 giờ sau khi cho ăn, lượng thức ăn thừa được vớt ra kiểm tra để điều chỉnh lượng thức ăn cho ngày kế tiếp.

2.3 Đánh giá sự tăng trưởng của lươn

Sự tăng trưởng của lươn được xác định vào ngày thứ 30 và khi kết thúc thí nghiệm. Các chỉ tiêu theo dõi gồm:

Tăng trưởng chiều dài (Length gain, LG): $LG (cm) = L_c - L_d$

Tăng trưởng tuyệt đối chiều dài (Daily length gain, DLG): $DLG (cm/ngày) = (L_c - L_d)/t$

Tăng trọng (Weight gain, WG): $WG (g) = W_c - W_d$

Tăng trọng tuyệt đối: $DWG (g/ngày) = (W_c - W_d)/t$

Tăng trọng tương đối (%/ngày) = $(LnW_c - LnW_d) / t \times 100$

Trong đó: L_c : Chiều dài cuối (cm), L_d : Chiều dài đầu (cm), W_c: Khối lượng cuối (g), W_d : Khối lượng đầu (g), t : Thời gian nuôi.

Tỷ lệ sống (%) = $(Số\ lượng\ cá\ thể\ khi\ thu\ hoạch / Số\ lượng\ cá\ thể\ ban\ đầu) \times 100$

Hệ số thức ăn (FCR) = $Tổng\ lượng\ thức\ ăn\ tiêu\ thụ / khối\ lượng\ tăng\ trọng.$

2.4 Tăng trưởng của rau cải thìa

Sự phát triển và sinh khối của rau được xác định sau mỗi chu kỳ rau: Chiều cao rau được tính từ mặt giá thể đến đỉnh của ngọn, chiều dài rễ được tính từ mặt giá thể đến chót rễ, sinh khối của rau $(BMS, g/m^2) = khối\ lượng\ của\ rau\ (thu\ hoạch) / diện\ tích\ trồng.$

2.5 Chỉ tiêu môi trường nước

Các yếu tố môi trường được thu tại bể lươn và bể rau: Oxy hòa tan (DO), pH, nhiệt độ được đo hàng ngày vào lúc 7:00 giờ và 14:00 giờ bằng máy đo đa chỉ tiêu (HANNA HI 98196 Rumani); TAN (NH₄⁺/NH₃), NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P được thu và phân tích 1 tuần/lần theo các phương pháp tương ứng là Phenate, so màu quang phổ, Salycilate và Mobibden blue tại phòng thí nghiệm thủy hóa, Khoa Thủy sản, Đại học Cần Thơ.

2.6 Phân tích và xử lý số liệu

Các số liệu về sự tăng trưởng của lươn và rau được thu thập và tính toán giá trị trung bình và độ lệch chuẩn bằng chương trình Excel 2013 và được phân tích đánh giá bằng phương pháp kiểm định phương sai ANOVA (SPSS, version 23.0, SPSS Inc., Chicago. IL, USA) và phép thử Tukey test ở mức ý nghĩa $P < 0,05.$

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Các chỉ tiêu môi trường

Chỉ tiêu thủy lý, hóa của các nghiệm thức trong nghiên cứu này được trình bày trong Bảng 2. Nhiệt độ trong hệ thống nuôi dao động từ 27,9°C đến 29,7°C. Oxy luôn được duy trì ổn định (>5 mg/L) bằng hệ thống thổi khí liên tục, tuy nhiên ở

nghiệm thức 4 hàm lượng Oxy trung bình (4,15 mg/L) thấp hơn các nghiệm thức còn lại. Kết quả ghi nhận còn cho thấy, trong quá trình thí nghiệm hàm lượng oxy có xu hướng giảm dần đến cuối mỗi chu kỳ rau, điều này có thể là do hàm lượng oxy tiêu hao cho quá trình oxy hóa các chất hữu cơ trong hệ thống thí nghiệm. Tương tự, pH cũng được đo đạt và duy trì >5 (trung bình dao động từ 5,16 đến 7,53) bằng KOH với tỷ lệ 1:10 (KOH: Lượng thức ăn hàng ngày) (Ako and Barker, 2009). Oxy và pH đóng vai trò rất quan trọng trong mô hình aquaponic vì 2 yếu tố môi trường này được xem là yếu tố trung gian

giúp quá trình nitrate hóa và hiệu quả hoạt động của vi khuẩn có lợi trong hệ thống để cung cấp dinh dưỡng cho hệ thống thủy canh. Theo Rakocy *et al.* (2006), hàm lượng oxy hòa tan trong hệ thống phải cao hơn >5,5 mg/L và pH phải được duy trì ở mức ổn định 6,0-7,5. Do đó, kết quả đo đạt và ghi nhận hàm lượng oxy hòa tan và pH trong nghiên cứu này là tương đối phù hợp, mặc dù các chỉ tiêu này có biểu hiện giảm vào cuối mỗi chu kỳ rau do lượng thức ăn và vật chất lơ lửng tích lũy nhiều trong hệ thống.

Bảng 2: Trung bình các yếu tố nhiệt độ, oxy và pH của các nghiệm thức

Yếu tố	Bể	Buổi	Nghiệm thức thức ăn với hàm lượng protein			
			NT1 (25%)	NT2 (30%)	NT3 (35%)	NT4 (40%)
Nhiệt độ (°C)	Lươn	Sáng	28,5±0,20	28,4±0,39	28,0±0,21	27,9±0,40
		Chiều	29,3±0,12	29,2±0,01	29,5±0,40	29,5±0,42
	Rau	Sáng	28,6±0,10	28,2±0,39	28,0±0,20	28,6±0,10
		Chiều	29,7±0,30	29,5±0,21	29,5±0,40	29,5±0,30
Oxy (mg/L)	Lươn	Sáng	5,11±0,09	5,75±0,02	5,06±0,02	4,15±0,12
		Chiều	6,03±0,02	6,07±0,07	6,13±0,06	6,07±0,17
	Rau	Sáng	5,43±0,02	5,17±0,07	5,23±0,06	5,12±0,05
		Chiều	6,11±0,09	6,05±0,02	5,06±0,02	6,05±0,15
pH	Lươn	Sáng	6,46±0,1	7,03±0,2	6,86±0,2	7,53±0,3
		Chiều	5,19±0,2	6,22±0,2	5,17±0,1	6,22±0,1
	Rau	Sáng	5,16±0,4	5,53±0,3	6,16±0,2	5,53±0,2
		Chiều	6,29±0,1	6,72±0,2	6,17±0,1	6,72±0,4

Bảng 3 mô tả hàm lượng trung bình các chỉ tiêu thủy hóa ở các nghiệm thức trong thời gian thí nghiệm. Kết quả cho thấy hàm lượng trung bình các yếu tố thủy hóa tăng dần và có sự tương đồng tỷ lệ thuận giữa các nghiệm thức thức ăn. Ở nghiệm thức thức ăn có hàm lượng protein cao thì hàm lượng các chỉ tiêu TAN, nitrite, nitrate đều tăng cao. Điều này cho thấy khi cho lươn ăn thức ăn có hàm lượng protein càng cao thì lượng nitơ trong thức ăn thải ra môi trường càng cao. Tuy nhiên, sau khi qua bể trồng rau thì hàm lượng các chỉ tiêu này đều giảm

từ 10 - 30%, đặc biệt là nitrite, nitrate và phosphate. Điều này cho thấy việc kết hợp trồng rau giúp quá trình chuyển hóa và hấp thu chất dinh dưỡng từ nước thải nuôi lươn mà không cần phải thay nước hàng ngày. Đặc biệt, nếu thay nước thì hàm lượng nitơ sẽ bị đào thải ra môi trường bên ngoài dẫn đến vấn đề ô nhiễm môi trường. Theo nhóm tác giả Nhan *et al.* (2019), để đạt được 1,0 kg lươn thịt thì tổng thể tích nước cần thay khoảng 17,5 L. Kết quả này cho thấy một lượng lớn nitrogen bị thải ra và gây ô nhiễm môi trường nếu thay nước hàng ngày.

Bảng 3: Hàm lượng trung bình các yếu tố thủy hóa của các nghiệm thức

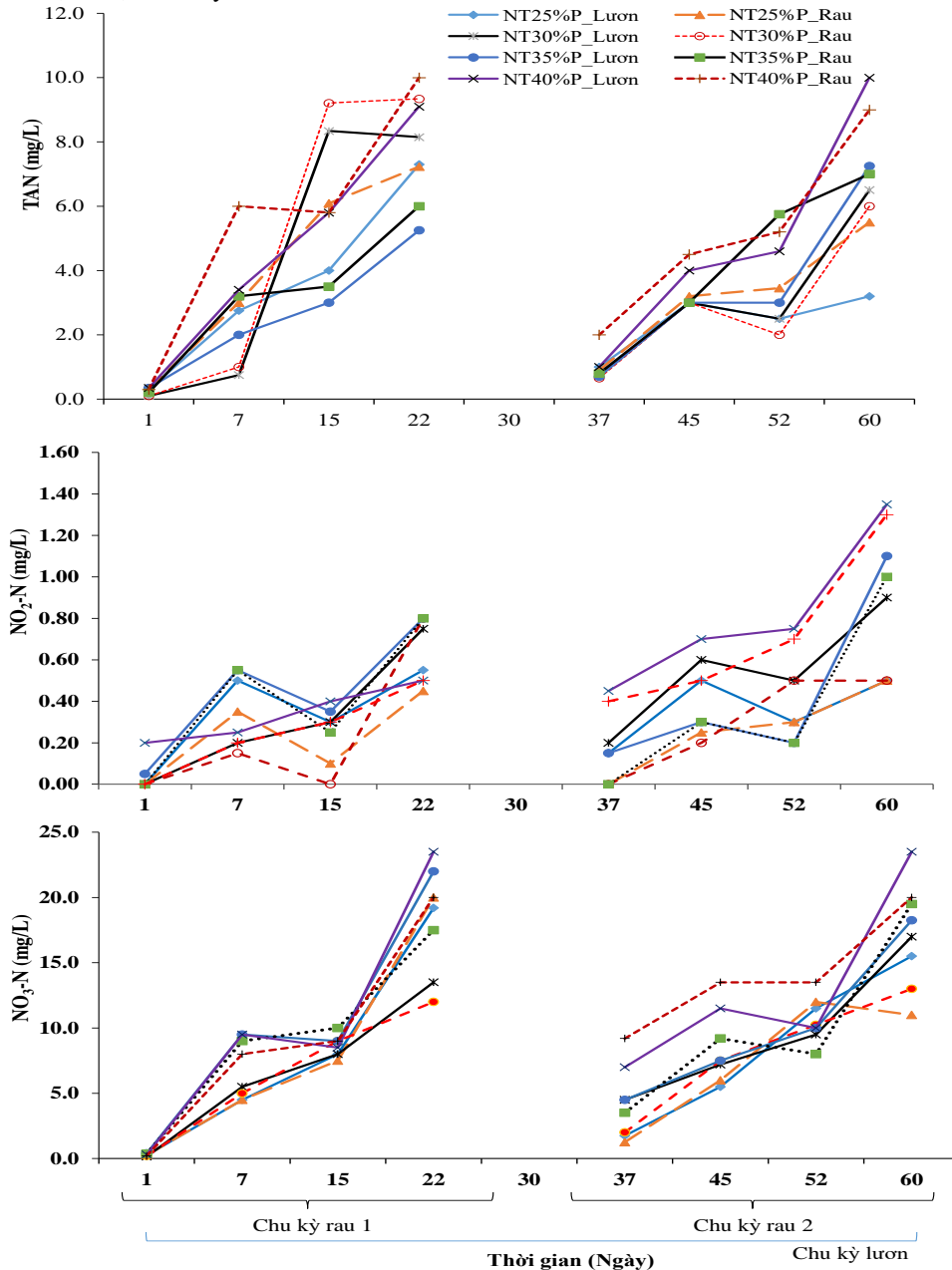
Yếu tố môi trường	Bể	Nghiệm thức thức ăn với hàm lượng protein (%) khác nhau			
		NT1 (25%)	NT2 (30%)	NT3 (35%)	NT4 (40%)
TAN (mg/L)	Lươn	3,01±2,11	3,76±3,41	3,07±2,28	4,78±3,45
	Rau	3,71±2,44	3,91±3,78	3,68±2,4	5,35±3,23
NO ₂ -N (mg/L)	Lươn	0,35±0,20	0,43±0,31	0,44±0,46	0,58±0,37
	Rau	0,24±0,19	0,27±0,30	0,36±0,37	0,49±0,39
NO ₃ -N (mg/L)	Lươn	8,28±6,67	8,17±5,26	10,14±6,99	11,73±8,00
	Rau	7,81±6,45	7,37±4,63	9,63±6,40	11,68±6,59
PO ₄ -P (mg/L)	Lươn	6,48±4,95	6,84±5,19	8,28±6,10	8,42±4,95
	Rau	6,37±4,32	6,61±5,33	8,42±4,95	8,11±5,02

Sự thay đổi hàm lượng TAN, NO₂-N, NO₃-N ở 2 chu kỳ rau được trình bày ở Hình 2. Kết quả cho thấy, hàm lượng TAN tăng dần ở cả hai chu kỳ rau đến khi thu hoạch, dao động từ 0,1 mg/L đến 10

mg/L. Trong hệ thống aquaponic, TAN đóng vai trò quan trọng vì đây là tiền chất cung cấp chất dinh dưỡng NO₃⁻ và NH₄⁺ cho cây trồng trong hệ thống thông qua quá trình nitrate hóa và khử nitrate hóa

của vi sinh vật. Trong nghiên cứu này, ở nghiệm thức thức ăn có hàm lượng protein càng cao thì hàm lượng TAN tăng cao. Trong đó, cao nhất là ở NT 40% protein, đặc biệt là ở chu kỳ 2 của rau do thời gian này lượng thức ăn của lươn tăng nhiều. Kết quả này tương tự kết quả nghiên cứu của Timmons *et al.* (2002) và Ebeling *et al.* (2006), các nghiên cứu này cho thấy tần suất lượng TAN thải ra môi trường phụ thuộc vào hàm lượng protein trong thức ăn theo công thức: $P_{TAN} = F \times PC \times 0,092$; trong đó: P_{TAN} là tần suất lượng TAN thải ra môi trường, F là tỷ lệ cho ăn hàng ngày (kg/day), PC là hàm lượng protein trong thức ăn, và 0,092 là tỷ lệ đào thải TAN trên

đơn vị protein. Theo Rakocy *et al.* (2006, 2011), hàm lượng TAN tối ưu cho hệ thống aquaponic là từ 0,95 mg/L đến 2,2 mg/L. Mặc dù trong nghiên cứu này hàm TAN cao hơn nhiều so với nghiên cứu của Rakocy *et al.* (2004 và 2011), tuy nhiên hoạt động và sinh trưởng của lươn vẫn bình thường. Điều này có thể do lượng NH_3^- được chuyển hóa bởi vi khuẩn có lợi trong hệ thống. Trong đó, ở nghiệm thức 35% protein thì mức TAN tương đối thấp hơn các nghiệm thức còn lại, vì vậy việc chuyển hóa NH_3^- trong hệ thống ở nghiệm thức này có thể hiệu quả hơn so với các nghiệm thức còn lại.



Hình 2: Sự biến đổi TAN, NO₂-N, NO₃-N trong thí nghiệm

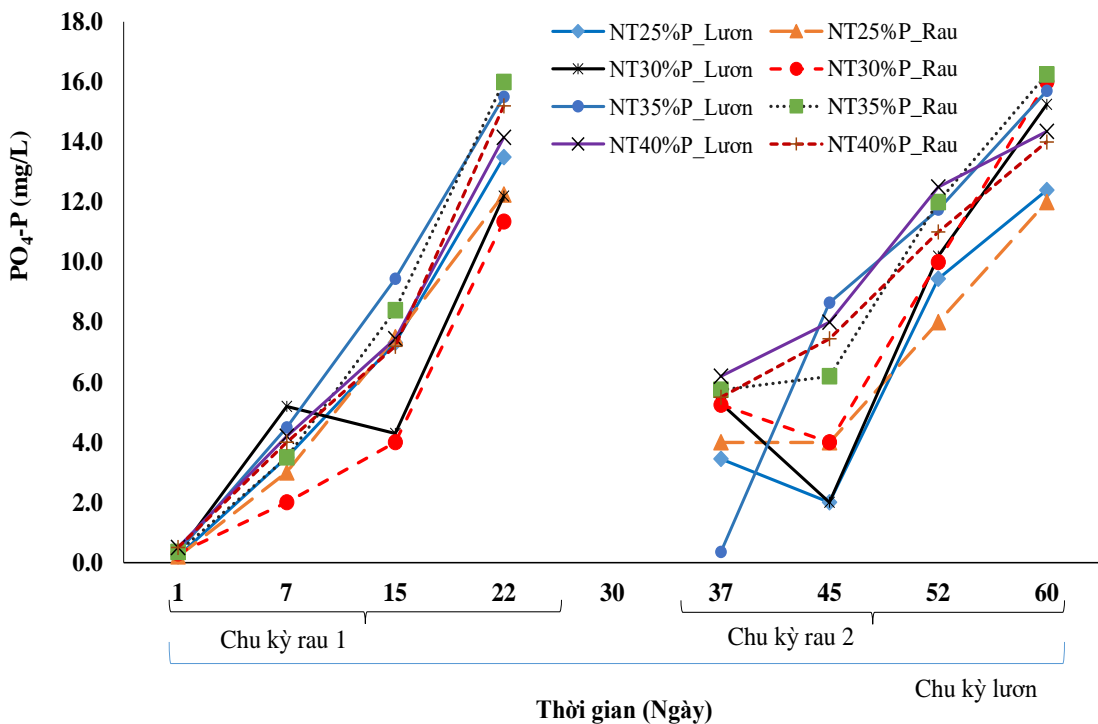
Hàm lượng $\text{NO}_2\text{-N}$ trung bình trong tất cả các nghiệm thức dao động từ 0,00 mg/L đến 1,35 mg/L và có xu hướng gia tăng đến cuối chu kỳ rau của mỗi nghiệm thức. Đặc biệt là ở nghiệm thức 40% protein ở bể lươn và bể trồng rau luôn tăng cao hơn các nghiệm thức thức còn lại. Điều này cho thấy lượng nitơ trong hệ thống có thể cao hơn khả năng hoạt động của vi khuẩn nitrobacter hay có thể mất cân bằng vi khuẩn trong hệ thống của nghiệm thức này.

Kết quả ghi nhận cho thấy, hàm lượng nitrate ở cả 2 chu kỳ dao động từ 0,1 mg/L đến 23,5 mg/L và tăng lên đến cuối thí nghiệm. Trong mô hình aquaponic, nitrate là 1 trong những nguồn dinh dưỡng quan trọng cho sự phát triển của rau trong hệ thống, nitrate là sản phẩm của quá trình oxy hóa TAN và NO_2^- thông qua 2 dòng vi khuẩn chính là *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như oxy, pH, thức ăn, phát triển của rau,...(Ebeling *et al.*, 2006). Trong đó, hàm lượng protein trong thức ăn đóng vai trò rất quan trọng do protein là nguồn cung cấp dinh dưỡng chính hệ thống aquaponic. Tư tượng TAN, trong nghiên cứu này hàm lượng nitrate tương quan tỷ lệ thuận với lượng protein trong thức ăn, nitrate thấp ở các NT thức ăn có hàm lượng protein thấp (25% protein, 30% protein) và cao nhất ở nghiệm thức 40% protein. Hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ giảm sau khi qua bể trồng rau,

một phần là do sự hấp thu của rau, mặt khác có thể là do quá trình khử nitrate xảy ra trong hệ thống do hàm lượng oxy thấp. Theo Lam *et al.* (2015), hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ trong hệ thống aquaponic dao động từ 10 – 200 mg/L, tuy nhiên hàm $\text{NO}_3\text{-N}$ tối ưu cho hệ thống aquaponic từ 26,3 mg/L đến 42 mg/L (Rakocy *et al.*, 2006, 2011). Mặc dù trong nghiên cứu này hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ cao nhất là 23,5 mg/L, tuy nhiên hàm lượng $\text{NO}_3\text{-N}$ cao hay thấp còn tùy thuộc vào mật độ rau trồng trong hệ thống cũng như sự phát triển rau trong thời gian nghiên cứu. Kết quả tăng trưởng của rau cải thìa (Mục 3.3) cho thấy ở nghiệm thức 35 % protein hiệu quả hơn các nghiệm thức còn lại.

Phosphate

Phosphate cũng là thành phần dinh dưỡng quan trọng cho sự phát triển của rau thủy canh trong hệ thống aquaponic. Trong nghiên cứu này, hàm lượng phosphate trung bình trong các nghiệm thức dao động từ 0,20 mg/L đến 16,25 mg/L, cao nhất là ở nghiệm thức có hàm lượng protein cao (35% và 40%) và có xu hướng tăng lên đến cuối thí nghiệm (Hình 3). Các nghiên cứu trước đây cho thấy tổng hàm lượng phosphate tối ưu trong hệ thống aquaponic là từ 8,20 mg/L đến 16,4 mg/L (Rakocy *et al.*, 2006, 2011). Như vậy, kết quả này cho thấy hàm lượng $\text{PO}_4\text{-P}$ trong nghiên cứu này phù hợp cho sự phát triển của rau.



Hình 3: Sự biến đổi $\text{PO}_4\text{-P}$ trong quá trình thí nghiệm

3.2 Tăng trưởng của lươn ở các nghiệm thức

Sự tăng trưởng của lươn ở các nghiệm thức thức ăn với các hàm lượng protein khác nhau được trình bày trong Bảng 4. Kết quả sau 60 ngày nuôi cho thấy tăng trưởng về chiều dài (DLG) của lươn dao động từ 0,18 cm/ngày đến 0,31 cm/ngày, cao nhất là ở nghiệm thức 40% protein. Tăng trưởng lươn trong thí nghiệm này cao hơn kết quả nghiên cứu của Nguyễn Tường Duy (2010), khi cho lươn ăn bằng thức ăn viên thì tăng trưởng về chiều dài của lươn chỉ đạt 0,026 cm/ngày.

Kết quả phân tích thống kê cho thấy tăng trưởng (g/ngày) của lươn trong các nghiệm thức khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$), cao nhất là ở nghiệm thức 35% protein ($0,68 \pm 0,36$ g/ngày) khác biệt có nghĩa thống kê so với các nghiệm thức 25% và 30% protein, nhưng không khác biệt với nghiệm thức 40% protein. Kết quả này cho thấy thức ăn có hàm lượng protein thấp 25 - 30% protein có thể không cung cấp đủ dinh dưỡng như acid amin thiết yếu cho lươn phát triển và tăng trưởng tốt. Kết quả ghi nhận, có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về FCR của lươn ở các nghiệm thức, trong đó cao nhất là ở nghiệm

thức 25% protein và thấp nhất là ở nghiệm thức 35% protein. Kết quả phân tích còn cho thấy hiệu quả sử dụng Protein của lươn ở nghiệm thức 35% protein hiệu quả hơn so với các nghiệm thức còn lại. Điều này có thể là do lươn cần duy trì mức năng lượng cần thiết hàng ngày, nên phải ăn một lượng thức ăn nhiều hơn có hàm lượng protein thấp so với thức ăn có độ đậm cao hơn. Theo nghiên cứu của Herawati *et al.* (2018), tăng trưởng của lươn đạt cao nhất khi cho ăn bằng thức ăn tươi sống (trùn chỉ) là do trùn chỉ cung cấp lượng acid amin (lysine, isoleucine, glutamic acid) tương đồng với lươn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này dùng thức ăn viên có sẵn trên thị trường nên việc phối trộn công thức cũng như chọn lựa và cung cấp một số thành phần dinh dưỡng cần thiết cho lươn bị hạn chế.

Tỷ lệ sống trung bình của lươn trong nghiên cứu này tương đối thấp 45,7 - 63,3%, thấp nhất là ở nghiệm thức 35% và 40% protein, vì trong quá trình quản lý và chăm sóc thí nghiệm, lươn bị thất thoát ra ngoài. Kết quả này thấp hơn so với nghiên cứu của Nhan *et al.* (2019) khi nuôi lươn trong hệ thống aquaponic đạt tỷ lệ sống hơn 80% sau 3 tháng nuôi.

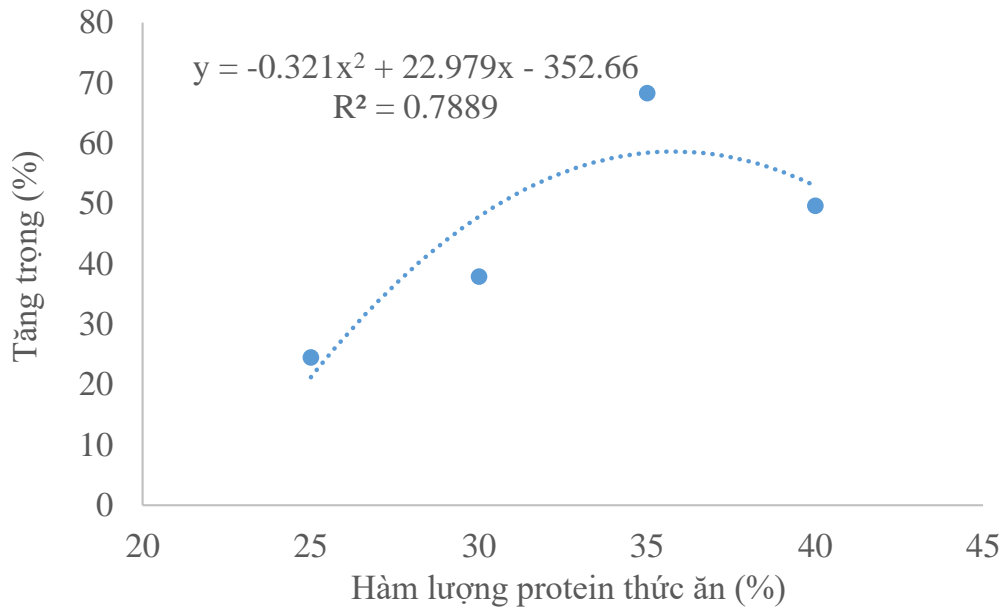
Bảng 4: Tăng trưởng của lươn ở các nghiệm thức sau 60 ngày nuôi

Các chỉ tiêu	Nghiệm thức (% protein)			
	NT1 (25%)	NT2 (30%)	NT3 (35%)	NT4 (40%)
Chiều dài ban đầu (cm)	32,23±3,69	38,25±6,19	40,20±3,34	33,72±6,81
Chiều dài cuối (cm)	38,30±2,72	40,59±1,90	43,96±7,60	40,98±5,06
Tăng trưởng chiều dài (cm)	5,74±1,04 ^a	3,98±0,83 ^a	5,01±2,11 ^a	6,82±0,84 ^a
DLG (cm/con/ngày)	0,28±0,00 ^b	0,18±0,01 ^a	0,19±0,04 ^a	0,31±0,01 ^b
Tăng trọng WG, g/ngày)	0,25±0,07 ^a	0,38±0,06 ^b	0,68±0,36 ^c	0,50±0,07 ^c
SGR (%/ngày)	0,60±0,31 ^a	0,70±0,37 ^a	0,84±0,13 ^a	1,02±0,46 ^a
FCR	3,76±1,21 ^b	3,44±0,87 ^b	2,55±1,24 ^a	3,28±2,18 ^{ab}
Tỷ lệ sống (%)	55,99 ±26,9	63,3±24,5	47,8±24,1	45,7 ±11,2

Giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. a, b, c là các kí hiệu thống kê. Các giá trị trong cùng một hàng theo sau bằng những chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $p < 0,05$

Kết quả phân tích nhu cầu protein của lươn còn được thể hiện qua phương trình bậc 2 (quadratic models) là: $Y = - 0,321 x^2 + 22,98x - 352,7$, với độ tin cậy $r = 0,89$ (Hình 4). Kết quả cho

thấy xu hướng tăng trưởng của lươn tăng theo lượng protein có trong thức ăn (từ 25% và đạt cao nhất ở thức ăn có hàm lượng protein 35-37%), nhưng sau đó giảm dần ở mức 40% protein.



Hình 4: Tăng trọng của lươn ở các nghiệm thức thức ăn có hàm lượng protein khác nhau

3.3 Tăng trưởng và sinh khối rau

Sinh trưởng và năng suất của rau cải thìa ở 2 chu kỳ được trình bày trong Bảng 5. Kết quả cho thấy sinh trưởng và năng suất của rau đạt cao nhất ở nghiệm thức 35% protein, tương ứng 5,819 g/m² sau 60 ngày nuôi lươn. Kết quả này cho thấy lượng thức ăn cung cấp cho lươn phù hợp với sự tăng trưởng của lươn cũng như quá trình chuyển hóa và hấp thu chất dinh dưỡng trong hệ thống ở nghiệm thức 35% và hiệu quả hơn so với các nghiệm thức khác. Lượng thức ăn cung cấp cho lươn hàng ngày trong mô hình trung bình ở các nghiệm thức 25 % protein là (19,86

g/ngày), 30% protein (19,93 g/ngày) và 40% protein (22,3 g/ngày). Theo nghiên cứu của Rakocy *et al.* (1993), lượng thức ăn cung cấp hàng ngày cho cá rô phi với các loại rau khác nhau dao động từ 60 - 100 g/m²/ngày, tuy nhiên tác giả không đề cập đến hàm lượng đạm trong thức ăn. Ở một nghiên cứu khác của Endut *et al.* (2009), khi nuôi cá trê kết hợp với rau muống trong hệ thống aquaponic, thì lượng thức ăn tối ưu cung cấp cho hệ thống là từ 15g - 42g thức ăn/m²/ngày. Có thể thấy rằng lượng thức ăn cung cấp cho hệ thống trong thí nghiệm này là tối ưu cho hệ thống aquaponic, đặc biệt là ở nghiệm thức thức ăn 35% protein.

Bảng 5: Tăng trưởng và năng suất của rau cải thìa ở 2 chu kỳ

Chỉ tiêu tăng trưởng	Chu kỳ rau	Nghiệm thức thức ăn với hàm lượng protein khác nhau			
		NT1 (25%)	NT2 (30%)	NT3 (35%)	NT4 (40%)
Khối lượng thân (g/cây)	Chu kỳ 1	4,56±3,40 ^a	12,02±5,31 ^b	15,73±3,91 ^c	5,67±1,71 ^a
	Chu kỳ 2	20,16±6,98 ^b	17,85±4,63 ^a	24,42±11,31 ^c	30,47±10,06 ^c
Khối lượng lá (g/cây)	Chu kỳ 1	2,45±2,45 ^a	8,80±3,42 ^{bc}	12,29±3,49 ^b	4,74±1,20 ^{ac}
	Chu kỳ 2	14,57±4,75 ^{ab}	12,40±4,07 ^a	16,81±8,33 ^b	22,11±4,67 ^b
Khối lượng rễ (g/cây)	Chu kỳ 1	2,07±1,01 ^a	3,22±1,89 ^b	3,45±0,42 ^c	0,97±0,56 ^a
	Chu kỳ 2	5,59±2,23 ^a	5,45±0,56 ^a	7,62±2,98 ^a	9,60±5,05 ^a
Tổng sinh khối (g/bê)	Chu kỳ 1	780±523,26 ^a	570 ±226,27 ^a	714,1±33,05 ^a	510±70,71 ^a
	Chu kỳ 2	1.605±714,18 ^a	1.822,3±31,82 ^a	2.195 ±32,53 ^a	2.065±91,92 ^a
Năng suất (g/m ² /60 ngày)	Chu kỳ 1	1.560±1046,5 ^a	1140±452,5 ^a	1429±66,1 ^a	1.020±141,4 ^a
	Chu kỳ 2	3.210±1428,4 ^{ab}	3.645±63,6 ^b	4.390±65,1 ^a	4.330±183,8 ^a
	Tổng	4.770	4.785	5.819	5.350

Giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. a, b, c là các ký hiệu thống kê. Các giá trị trong cùng một hàng theo sau với các chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức P<0,05



Hình 5: Rau cải thìa 3 ngày trước khi thu hoạch. A: nghiệm thức 25% protein, B: nghiệm thức 30% protein, C: nghiệm thức 35% protein và D: nghiệm thức 40% protein

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Thức ăn có hàm lượng protein càng cao thì lượng nitơ thải ra môi trường càng tăng, đặc biệt là TAN, NO₃-N. Tốc độ tăng trưởng của lươn (SGR: 0,68±0,36 g/ngày) tốt nhất khi cho ăn thức ăn có hàm lượng 35% protein. Tăng trưởng và năng suất của rau cải thìa cao nhất (5,819 g/m²/60 ngày) ở nghiệm thức cho lươn ăn thức ăn, có hàm lượng protein là 35%. Nên thực hiện các nghiên cứu sâu hơn về các nhu cầu dinh dưỡng (như lipid, carbohydrate) của lươn để xây dựng được công thức thức ăn tối ưu cho sự phát triển của lươn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện từ nguồn kinh phí của đề tài cấp tỉnh theo hợp đồng 08/HĐ-2016 với Sở Sở Khoa học và Công nghệ Vĩnh Long-Vĩnh Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ako, H., and Baker, A., 2009. Small-scale lettuce production with hydroponics or aquaponics. Ins: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Sustainable agriculture. 2 (10): 1-7.

AOAC, 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 17th edn. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.

Ebeling, J.M., Timmons, M.B., and Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257: 346-358.

Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W.N.S., Hassan, A., 2009. Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of vegetables in an aquaponic recirculating systems. *Desalination and water treatment*. 5: 19-28.

FAO, 2014. Building a common vision for sustainable food and agriculture. *PRINCIPLES AND APPROACHES*. Rome, 2014.

Herawati, V.E., Nugroho, R.A., Pinandoyo, Hutabarat, J., Prayitno, B., and Karnaradजा, O., 2018. The growth performance and nutrient quality of Asian swamp eel *Monopterus albus* in Central Java Indonesia in a Freshwater aquaculture system with different feeds. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 27(6): 658-666

Buzby, K.M and Lin, L.S., 2014. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*. 63: 39-44

Lam S.S., Ma. N.L., Jusoh. A., and Ambak. M.A., 2015. Biological nutrient removal by recirculating aquaponic system optimization of the dimension ratio between the hydroponic and rearing tank components. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 1-9.

- National Research Council (NRC), 1993. Nutrient Requirements of Fish. The National Academy Press, Washington, D.C., pp 345–346.
- Nguyễn Tường Duy, 2010. Thử nghiệm nuôi lươn đồng *Monopterus albus* (Zuiew, 1973) bằng thức ăn viên. Luận văn tốt nghiệp Cao học Nuôi trồng thủy sản. Khoa Thủy Sản, Đại học Cần Thơ.
- Nhan, T.H and Ako, H., 2016. Dietary protein and carbohydrate requirement of juvenile Hawaiian limpet (*Cellana sandwicensis* Pease, 1861) fed practical diet. International Aquatic Research. 8: 323–332. <https://doi.org/10.1007/s40071-016-0145-y>.
- Nhan, T.H, Tai, T.N., Liem, T.P., Ut, N.V., and Ako, H., 2019. Effects of different stocking densities on growth performance of Asian swamp eel *Monopterus albus*, water quality and plant growth of watercress *Nasturtium officinale* in an aquaponic recirculating system. Aquaculture. 503: 96-104.
- Phan Quỳnh Như và Hứa Thái Nhân, 2018. Ảnh hưởng của mật độ rau xà lách xoang *Nasturtium officinale* lên tăng trưởng và chất lượng nước trong mô hình nuôi kết hợp aquaponic. Tạp chí khoa học Nông Nghiệp Việt Nam. 9 (94): 118-124.
- Rakocy, J.E., Hargreaves, J.A., and Bailey, D.S., 1993. Nutrient accumulation in a recirculation aquaculture system integrated with vegetable hydroponics. In: Wang, J.K. (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of a Conference, 21–23 June 1993, Spokane, WA, pp. 148–158.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., and Losordo, T.M., 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. SRAC Publication No. 464.
- Rakocy, J.E., Michael, M.P., and Thomas, L.M., 2011. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources - Oklahoma State University.
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., and Vinci, B.J., 2002. Recirculating aquaculture systems, 2nd. Ed. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY.
- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Woo, J., and Khanal, S.K., 2017. Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. Aquaculture Engineering. 76: 9-19.