KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC CỦA BÈO TAI TƯỢNG *(Pistia stratiotes)* TRONG HỆ THỐNG TUẦN HOÀN NUÔI CÁ TRÊ VÀNG

Nguyễn Thị Hồng Nho[1*], Trương Quốc Phú[2], Phạm Thanh Liêm[2]

[1]Khoa Nông nghiệp và Tài nguyên môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp;

[2]Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ.

[*]Tác giả liên hệ: nguyenthihongnho1985@gmail.com

Nhận bài: 25/05/2021 *Hoàn thành phản biện:* 19/08/2021 *Chấp nhận bài*: 03/10/2021

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định diện tích bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) có khả năng xử lý nước thải trong hệ thống tuần hoàn (RAS) dựa trên tổng lượng chất thải của cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) nuôi ở các giai đoạn khác nhau. Số liệu tính toán dựa trên kết quả của 02 thí nghiệm bao gồm sự cân bằng vật chất dinh dưỡng trong RAS nuôi thương phẩm cá trê vàng và hiệu quả xử lý nước thải bằng thực vật thủy sinh trong hệ thống nuôi cá trê vàng thâm canh. Bèo tai tượng thể hiện tốt chức năng xử lý nước thải từ hệ thống nuôi. Trong 10 ngày đầu của thí nghiệm, tỉ lệ về hàm lượng các chất COD, TAN, N-NO_3^-, P-PO_4^{3-}, TN và TP từ bể bèo tai tượng đi ra giảm tương ứng là 34,28; 40,70; 46,70; 24,56; 39,92 và 9,16% so với hàm lượng các chất trong nước đầu vào từ bể lọc sinh học. Trên cơ sở cân bằng vật chất dinh dưỡng, lượng chất thải hàng ngày từ 4 m^3 thể tích bể nuôi cá trê vàng với mật độ 1.000 con/m^3 chứa 17,51mg/L COD, 1,22 mg/L TAN, 16,40 mg/L N-NO_3^-, 2,92 mg/L P-PO_4^{3-}, 28,55 mg/L TN và 17,32 mg/L TP. Như vậy, để đảm bảo chất lượng nước thải từ 4 m^3 bể nuôi cá trê vàng trong RAS theo các quy chuẩn nước thải của Bộ Tài nguyên và Môi trường thì diện tích bèo tai tượng cần thiết là trong khoảng 1,30 - 2,30 m^2.

Từ khóa: Cá trê vàng, Bèo tai tượng, Hệ thống nuôi tuần hoàn, *Pistia stratiotes*, Diện tích xử lý

WASTEWATER TREATMENT POTENTIAL OF PISTIA STRATIOTES IN THE RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM FOR GROW-OUT BIGHEAD CATFISH (*Clarias macrocephalus*)

Nguyen Thi Hong Nho[1*], Truong Quoc Phu[2], Pham Thanh Liem[2]

[1]Faculty of Agriculture, Natural resources and Environment, Dong Thap University;

[2]College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University.

ABSTRACT

The study aimed to determine the wastewater treating area of water lettuce (*Pistia stratiotes*) in a recirculating aquaculture system (RAS) based on total amount of waste released by bighead catfish (*Clarias macrocephalus*) at different stages. Data calculation based on results of the two experiments including the nutrients mass balance in RAS for grow-out bighead catfish and the efficiency of wastewater treatment by aquatic plant in the intensive culture system of bighead catfish. Water lettuce performed well functional in treating wastewater discharged from the culture system. In the first 10 days of experiment, concentrations of COD, TAN, N-NO_3^-, P-PO_4^{3-}, TN and TP of outlet water from water lettuce tanks reduced at 34.28, 40.70, 46.70, 24.56, 39.92 and 9.16%, respectively, in comparision with those of inlet waste from biofilter tank. Based on nutrient mass balances, daily waste releases from 4 m^3 culture tanks of bighead catfish stocking at 1,000 fish/m^3 contained 17.51mg/L COD, 1.22 mg/L TAN, 16.40 mg/L N-NO_3, 2.92 mg/L P-PO_4^{3-}, 28.55 mg/L TN and 17.32 mg/L TP. In order to control waste dischage according to the regulations of the Ministry of Natural Resources and Environment, the area of water lettuce needed for treating waste produce from 4 m^3 culture volume in RAS culture bighead catfish was in 1.30 - 2.30 m^2.

Keywords: *Clarias macrocephalus*, Recirculating aquaculture system, *Pistia stratiotes*, Treatment area, Water lettuce

DOI: 10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, các nước phát triển đã ứng dụng rất thành công hệ thống tuần hoàn (RAS) trong sản xuất thâm canh trên các đối tượng cá nước ngọt và cá biển (Emmanuelle và cs., 2009, Martins và cs., 2010). Ở Việt Nam, RAS được áp dụng phổ biến trong các trại sản xuất giống tôm càng xanh (Nguyễn Thanh Phương và cs., 2003) và đang được phát triển cho các mô hình ương nuôi cá tra, cá lóc, cá trê vàng (Nho và cs., 2012; Cao Văn Thích và cs., 2014; Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2018). Hoạt động của RAS dựa trên quá trình loại bỏ chất thải rắn ở hệ thống lắng, lọc và loại bỏ chất thải hòa tan ở bể lọc sinh học nhờ quá trình nitrate hóa. Quá trình nitrate hoá là quá trình oxy hoá amoniac (NH_3) thành nitrite (NO_2^-) sau đó lại được oxy hoá thành nitrate (NO_3^-) nhờ vi khuẩn nitrate hoá tự dưỡng như Nitrosomonas và Nitrobacter. Tuy nhiên nồng độ nitrate trong RAS đến cuối quá trình nuôi rất cao, lên đến trên 30mg/L ở hệ thống nuôi cá trê vàng có thay nước vào cuối vụ nuôi (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2019) và lên đến 400 - 500 mg/L N-NO_3 ở các RAS nước mặn (Otte và Rosenthal, 1979; Honda và cs., 1993). Đồng thời nồng độ PO_4^{3-} trong RAS cũng khá cao, trên 8 mg/L trong ương cá tra không thay nước (Nguyễn Thị Hồng Nho, 2013) và trên 5 mg/L trong nuôi cá trê vàng có thay nước vào cuối vụ nuôi (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2019). Hàm lượng NO_3^- và PO_4^{3-} cao trong môi trường nước sẽ kích thích sự phát triển quá mức của tảo (hiện tượng nở hoa của tảo) trong ao và tiến trình phân hủy tảo sẽ làm cho môi trường nước bị ô nhiễm, thiếu oxy cung cấp cho hoạt động hô hấp trong thủy vực; nếu nước thải chứa hàm lượng NO_3^- và PO_4^{3-} cao được thải trực tiếp ra kênh rạch có thể sẽ gây ô nhiễm môi trường và nguồn nước sử dụng cho sinh hoạt.

Thực vật thủy sinh đang là một trong những giải pháp hữu hiệu cho xử lý nước thải, vai trò của chúng trong xử lý nước thải đã được nghiên cứu trong và ngoài nước. Trương Thị Nga và cs. (2007) đã nghiên cứu sử dụng bèo tai tượng (*P. stratiotes*) và bèo tai chuột (*Salvinia cucullata*) để xử lý nước thải từ hoạt động chăn nuôi gia súc và kết quả đạt được rất khả quan. Bèo còn có tác dụng cung cấp oxy làm cải thiện oxy hoà tan trong môi trường nước thải, góp phần làm trong sạch nguồn nước. Một số loại bèo còn được dùng làm phân xanh, thức ăn cho cá, gia súc, gia cầm. Kết quả nghiên cứu của Trần Thị Lam Khoa và cs. (2013) cho thấy bèo tai tượng (*P. tratiotes)* có hiệu quả xử lý tốt nhất và ổn định thông qua sự hấp thu đáng kể làm lượng đạm TAN, NO_3^-, và TN trong nước thải. Đồng thời, Nguyễn Thị Hồng Nho và cs. (2021) đã nghiên cứu sử dụng các loài thực vật xử lý chất thải trong RAS nuôi cá trê vàng, kết quả cũng cho thấy bèo tai tượng (*P. tratiotes)* có khả năng xử lý hiệu quả NO_3^- và PO_4^{3-}. Do vậy, nghiên cứu này nhằm mục tiêu tính toán diện tích bèo tai tượng có khả năng xử lý tốt NO_3^- và PO_4^{3-} trong RAS dựa trên lượng chất thải của cá trê vàng trong suốt quá trình nuôi (có 4 cỡ cá trong RAS ở mọi thời điểm nuôi), từ đó làm cơ sở cho việc thiết kế và vận hành RAS kết hợp nuôi và xử lý chất thải cho cá trê vàng.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô tả hệ thống tuần hoàn thí nghiệm

Diện tích bèo tai tượng cần thiết được tính toán cho mô hình RAS nuôi cá trê vàng quy mô nông hộ gồm 4 bể nuôi (1 m^3/bể) được nối với bể lắng (500 L), bể chứa (300 L) và bể lọc sinh học (1 m^3). Hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng vận hành liên tục, tại một thời điểm bất kỳ trong hệ thống nuôi luôn có 04 lứa cá có kích cỡ khác nhau; khi thu hoạch lứa cá lớn nhất, cũng là thời điểm

thả cá giống mới vào bể mới thu hoạch (Bảng 1). Hệ thống trồng bèo tai tượng được nối với RAS và nước chảy tuần hoàn với hệ thống nuôi. Nước đầu vào của bể trồng bèo được dẫn từ bể lọc sinh học và nước đầu ra được chuyển đến bể nuôi trong RAS.

Bảng 1. Ngày thả cá và cỡ cá trê vàng trong hệ thống tuần hoàn (Phạm Thanh Liêm và cs., 2020)

Ngày thả	Cỡ cá ước tính tại mỗi thời điểm (g)			
	Bể 1	Bể 2	Bể 3	Bể 4
1	10	(-)	(-)	(-)
30	20 - 30	10	(-)	(-)
60	40 - 50	20 - 30	10	(-)
90	90 - 100	40 - 50	20 - 30	10
120	>150 - 10	90 - 100	40 - 50	20 - 30
150	20 - 30	>150 - 10	90 - 100	40 - 50
…	…	…	…	…

Những ngày có cỡ cá >150 - 10 là ngày thu hoạch và thả trở lại cá giống 10 g

Diện tích bèo tai tượng được tính toán cho mô hình RAS nêu trên dựa theo kết quả nghiên cứu của 02 thí nghiệm: (1) cân bằng vật chất dinh dưỡng trong RAS nuôi cá trê vàng (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2020) và (2) hiệu quả xử lý nước thải nuôi cá trê vàng thâm canh bằng hệ thống thực vật thủy sinh (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2021). 02 thí nghiệm này được thực hiện trong nhà và bố trí hoàn hoàn ngẫu nhiên trong RAS nuôi cá trê vàng. Cấu phần của RAS thí nghiệm bao gồm: bể nuôi có thể tích 100 L, bể lắng 30 L, bể chứa 60 L và bể lọc sinh học giá thể chuyển động 70 L. Bể lọc sinh học sử dụng giá thể nhựa RK-Plast (có diện tích riêng bề mặt 750 m^2/m^3) với tổng diện tích bề mặt giá thể là 30 m^2 (40 L giá thể). Hệ thống tuần hoàn được vận hành trước khi bố trí thí nghiệm 15 ngày để tạo dòng vi khuẩn nitrate hóa trong hệ thống lọc sinh học. Cá được cho ăn theo nhu cầu 2 lần/ngày bằng thức ăn công nghiệp có 41% protein.

(1) Thí nghiệm cân bằng vật chất dinh dưỡng trong RAS nuôi cá trê vàng (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2020): Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên trong hệ thống nuôi tuần hoàn nước với mật độ nuôi 100 con/100 L, 4 nghiệm thức (NT) cá có trọng lượng khác nhau gồm NT1: cá có trọng lượng trung bình 10 g/con, NT2: cá có trọng lượng trung bình 30 g/con, NT3: cá có trọng lượng trung bình 70 g/con và NT4: cá có trọng lượng trung bình 100 g/con, mỗi nghiệm thức được lặp lại 03 lần, và thời gian thí nghiệm là 15 ngày. $NaHCO_3$ được bổ sung khi pH giảm để duy trì pH trong khoảng 7,5 - 8,5.

Thu mẫu: (i) Các yếu tố đầu vào: nước cấp, cá giống, thức ăn, mẫu nước đầu vào được thu trước lúc bố trí thí nghiệm, thu ngẫu nhiên 30 con/bể để cân khối lượng và đo chiều dài từng con. Lượng thức ăn cho ăn được ghi nhận hằng ngày; (ii) Các yếu tố đầu ra: phân cá, cá thu hoạch, vật chất lơ lửng, nước, vi sinh vật, thất thoát. Sau 15 ngày cá thu hoạch, phân được thu phân tích và tổng mẫu nước được thu hoạch tại bể nuôi, bể lắng, bể chứa và bể lọc, riêng mẫu phân được thu liên tục mỗi ngày và trữ lạnh để phân tích. Phân cá được thu bằng phương pháp lắng tại bể lắng. Cá chết của các nghiệm thức được cân khối lượng và cộng vào khối lượng tổng của cá thu hoạch.

Trong suốt thời gian thực hiện thí nghiệm không thay nước, các chỉ tiêu môi trường như: nhiệt độ, DO, CO_2, TAN, độ kiềm, TSS, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$ $P\text{-}PO_4^{3-}$, TP và TN được đo ở bể nuôi vào đầu và cuối thí nghiệm. pH được đo 1 tuần/lần. Nhiệt độ được đo bằng nhiệt kế thủy ngân. pH đo bằng thiết bị đo pH cầm tay hiệu HANA.

DOI: 10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

Các chỉ tiêu môi trường nước còn lại được thu và phân tích theo American Public Health Association và cs. (1995).

Các chỉ tiêu phân tích mẫu cá, mẫu phân, mẫu thức ăn gồm: nitơ (N) và vật chất khô (DM). Tổng vật chất dinh dưỡng trong thức ăn cho cá ăn được chuyển hóa ở các dạng: tích lũy trong cơ thể cá giúp cá sinh trưởng và phát triển, một phần được thải ra ngoài qua phân và nước tiểu, một phần được vi khuẩn sử dụng và bay hơi. Các chỉ tiêu N và DM được phân tích theo American Public Health Association và cs. (1995).

(2) Thí nghiệm hiệu quả xử lý nước thải nuôi cá trê vàng thâm canh bằng hệ thống thực vật thủy sinh (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2021): thí nghiệm được thực hiện trong nhà và được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên trong hệ thống nuôi cá trê vàng tuần hoàn nước với mật độ nuôi 70 con/100L và cá có trọng lượng trung bình 60g/con, với 4 nghiệm thức (NT) trồng thực vật khác nhau gồm NT1: trồng bèo tai tượng (*Pistia stratiotes)*, NT2: trồng bèo tấm (*Lemna minor)*, NT3: trồng bèo nhật (*Limnobium laevigatum*) và NT4: đối chứng (không trồng thực vật), mỗi nghiệm thức được lặp lại 03 lần và thời gian thí nghiệm là 15 ngày. Hệ thống trồng thực vật gồm 03 máng nhựa 35 x 40 x 20 cm được nối với nhau và nối với RAS nuôi cá trê. Nước đầu vào của hệ thống trồng thực vật được dẫn từ bể lọc sinh học và nước đầu ra được đưa đến bể nuôi. Thực vật được trồng hết diện tích của cả 03 máng trồng thực vật cho mỗi nghiệm thức. Thí nghiệm được bố trí hệ thống đèn led chiếu sáng để bổ sung ánh sáng cho thực vật phát triển. $NaHCO_3$ được bổ sung khi pH giảm ở nghiệm thức đối chứng để duy trì pH trong khoảng 7,0 - 8,5.

Các yếu tố nhiệt độ DO, pH, CO_2, TAN, độ kiềm, TSS, COD, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4^{3-}$, TN và TP được thu 5 ngày/lần ở đầu ra của hệ thống trồng thực vật. Nhiệt độ được đo bằng nhiệt kế thủy ngân. pH đo bằng thiết bị đo pH HANA. Các chỉ tiêu môi trường nước còn lại được thu và phân tích theo American Public Health Association và cs. (1995).

Trong quá trình thí nghiệm, theo dõi và loại bỏ thực vật bị chết ra khỏi hệ thống máng trồng thực vật.

2.2. Các chỉ tiêu và công thức tính

- Lượng chất thải của 1 kg cá trê vàng (ở các cỡ cá 10, 30, 70 và 100 g/con) trong 1 ngày được tính toán dựa trên thí nghiệm cân bằng vật chất dinh dưỡng.

$$W\ (mg/L)\ = \frac{W_{đầu\ ra} - W_{đầu\ vào}}{Wt_{cá}.T}$$

Trong đó: W (waste) là lượng chất thải (COD/TAN/ NO_2^-/ NO_3^-/…) do 1 kg cá thải ra trong 1 ngày

$W_{đầu\ vào}$,$W_{đầu\ ra}$: lượng chất thải đầu vào/đầu ra của thí nghiệm (mg/L);

Wt (weight): trọng lượng cá thí nghiệm (kg);

T: Thời gian thí nghiệm (ngày).

- Các chỉ tiêu được tính toán dựa trên kết quả thí nghiệm hiệu quả xử lý nước thải nuôi cá trê vàng thâm canh bằng hệ thống thực vật thủy sinh.

+ Hiệu suất xử lý các chất thải của thực vật thủy sinh:

$$Hiệu\ xuất\ xử\ lý\ chất\ thải\ (\%) = \frac{C_0 - C_T}{C_0} * 100$$

+ Khả năng xử lý chất thải của 1 m^2 bèo tai tượng trong 1 ngày:

$$W_{bèo\ xử\ lý\ được}\ (mg/L) = \frac{C_{NTđối\ chứng} - C_{NTbèo\ tai\ tượng}}{T.S}$$

Trong đó:

$W_{bèo\ xử\ lý\ được}$: Lượng chất thải của 1 m^2 bèo tai tượng có khả năng xử lý trong 1 ngày;

C: Nồng độ chất thải (mg/L);

$_0$: Thời điểm bố trí thí nghiệm;

T: thời gian thí nghiệm (ngày);

S: Diện tích bèo tai tượng thí nghiệm (m^2).

- Diện tích bèo tai tượng cần thiết cho hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê được tính toán dựa trên tổng lượng chất thải của cá ở 04 bể nuôi mỗi ngày và khả năng xử lý chất thải của bèo tai tượng sao cho người nuôi có thể xử lý chất thải đạt yêu cầu chất thải theo quy định của cơ quan nhà nước có thẩm quyền.

$$S_{bèo} = \frac{W_{cá} - W_{QĐ}}{W_{bèo\ xử\ lý\ được}}$$

Trong đó: $S_{bèo}$: Diện tích bèo tai tượng có khả năng xử lý chất thải trong RAS (m^2);

$W_{cá}$: Lượng chất thải của cá trong RAS mỗi ngày (mg/L);

$W_{QĐ}$: Lượng chất thải được thải theo quy định của cơ quan nhà nước (mg/L);

$W_{bèo\ xử\ lý\ được}$: lượng chất thải 1 m^2 bèo tai tượng có khả xử lý được trong 1 ngày (mg/L).

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được tính trung bình ± độ lệch chuẩn. Sự khác biệt thống kê giữa các nghiệm thức được phân tích bằng ANOVA một nhân tố, với phép kiểm định Duncan sử dụng phần mềm SPSS 20.0 khi $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lượng chất thải trong hệ thống tuần hoàn

Lượng chất thải của cá tăng dần theo kích cỡ cá từ 10 g đến 100 g và khác biệt có ý nghĩa thống kê ở các chỉ tiêu COD, TAN, $N\text{-}NO_3^{3-}$, $P\text{-}PO_4^{3-}$ và TN (Bảng 2). Nguyên nhân là do cá có kích cỡ càng cao thì lượng thức ăn cung cấp cho hệ thống càng nhiều, trong khi đó cá chỉ tích lũy được một lượng rất thấp, lần lượt là 42,65; 35,62; 33,02 và 28,61% ở các cỡ cá 10, 30,70,100 g/con và thải ra môi trường tăng dần theo trọng lượng cá, lần lượt là 37,22% (cỡ cá 10 g/con) và 38,37% (cỡ cá 100 g/con) ở dạng đạm hòa tan và 14,71% (cỡ cá 10 g/con) và 30,97% (cỡ cá 100 g/con) đạm dạng không hòa tan (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2020).

Bảng 2. Lượng chất thải ở từng giai đoạn phát triển của cá trê vàng nuôi trong hệ thống tuần hoàn trong 15 ngày (Trung bình ± Độ lệch chuẩn)

Chỉ tiêu	Cỡ cá (g/con)			
	10	30	70	100
COD (mg/L)	$2,93 \pm 0,46^a$	$7,06 \pm 0,83^b$	$10,0 \pm 0,80^c$	$12,4 \pm 0,80^d$
TAN (mg/L)	$0,24 \pm 0,01^a$	$0,43 \pm 0,02^b$	$0,69 \pm 0,01^c$	$0,89 \pm 0,03^d$
$N\text{-}NO_3^-$ (mg/L)	$5,93 \pm 0,01^a$	$7,26 \pm 0,10^b$	$7,87 \pm 0,15^c$	$8,20 \pm 0,04^d$
TN (mg/L)	$10,44 \pm 0,12^a$	$12,26 \pm 0,30^b$	$13,58 \pm 0,40^c$	$14,68 \pm 0,19^d$
$P\text{-}PO_4^{3-}$ (mg/L)	$0,95 \pm 0,04^a$	$1,22 \pm 0,03^b$	$1,31 \pm 0,01^c$	$1,77 \pm 0,01^d$
TP (mg/L)	$3,24 \pm 0,33^a$	$6,41 \pm 1,00^b$	$11,11 \pm 1,36^c$	$11,21 \pm 2,22^c$

$^{a, b, c, d}$: Các giá trị trong cùng một hàng có các ký tự giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$)

DOI: 10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

3.2. Khả năng xử lý chất thải khi nuôi cá trê vàng của một số loại thực vật thủy sinh

Trong quá trình thí nghiệm, nhiệt độ trung bình giữa các nghiệm thức dao động trong khoảng 27,63 ± 0,95ºC. Hệ thống nuôi được sục khí liên tục nên hàm lượng oxy hòa tan luôn được duy trì > 2 mg/L; hàm lượng oxy này sẽ giúp hoạt động của vi khuẩn phát triển bình thường. Bên cạnh đó, hàm lượng CO_2 cũng giảm bớt một phần nhờ quá trình sục khí ở bể lọc sinh học. pH và độ kiềm tăng đến ngày thứ 10 ở các NT trồng thực vật. Hàm lượng N-NO_3^-, COD, P-PO_4^{3-} giảm ở ngày thứ 10 và tăng lại vào ngày thứ 15 (Nguyễn Thị Hồng Nho và cs., 2021). Nguyên nhân là do sau 10 ngày thí nghiệm, thực vật trong hệ thống thí nghiệm bắt đầu chết từ từ, do vậy sau 10 ngày thì hiệu quả xử lý giảm. Kết quả nghiên cứu cho thấy sau 10 ngày thí nghiệm, bèo tai tượng có khả năng xử lý chất thải trong RAS nuôi cá trê vàng tốt hơn bèo tấm và bèo nhật (Bảng 3).

Bảng 3. Hiệu suất xử lý các chất thải của thực vật thủy sinh trong hệ thống tuần hoàn sau 10 ngày thí nghiệm (Trung bình ± Độ lệch chuẩn)

Chỉ tiêu	Loại thực vật thủy sinh		
	Bèo tai tượng	Bèo tấm	Bèo nhật
COD (%)	34,28 ± 14,88	10,23 ± 7,43	17,01 ± 7,79
TAN (%)	40,70 ± 24,44	-	17,06 ± 28,07
N-NO_3^- (%)	46,70 ± 16,29	45,02 ± 8,19	32,19 ± 5,20
TN (%)	39,92 ± 19,05	44,79 ± 7,45	28,09 ± 7,47
P-PO_4^{3-} (%)	24,56 ±17,24	13,80 ± 6,66	-
TP (%)	9,16 ± 13,29	-	-

"-" nồng độ các chất thải trong hệ thống tăng sau 10 ngày thí nghiệm, thực vật không xử lý được

Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nghiên cứu của Trương Thị Nga và cs. (2007) và Trần Thị Lam Khoa và cs. (2013). Các nghiên cứu cho thấy bèo tai tượng (*P. stratiotes*) và bèo tai chuột (*S. cucullata*) có khả năng xử lý tốt nước thải từ hoạt động chăn nuôi gia súc (Trương Thị Nga và cs., 2007). Bèo tai tượng (*P. tratiotes)* có hiệu quả xử lý tốt nhất và ổn định thông qua sự hấp thu đáng kể làm lượng đạm TAN, NO_3^-, và TN trong nước thải; với độ che phủ 25% bề mặt nước thải có hiệu quả cao trong việc xử lý các thành phần dinh dưỡng trong nước thải từ ao nuôi cá tra thâm canh, giúp giảm 66,7% COD; 60,1%TAN; 63,8% PO_4^{3-}; 88,4% NO_3^-; 83,7 % TN; và 70,4% PO_4^{3-} (Trần Thị Lam Khoa và cs., 2013).

Bèo tai tượng có khả năng làm giảm 34,28±14,88 %COD, 40,70±24,44 %TAN, 46,70±16,29 % N-NO_3^- và 24,56±17,24 % P-PO_4^{3-} trong RAS sau 10 ngày thí nghiệm (Bảng 4). Các nghiên cứu cho thấy rằng bèo lục bình, bèo tai tượng, rau má mơ (pennywort), và các cây nổi lớn có thể được sử dụng trong các hệ thống xử lý nitrate hóa hoặc khử nitơ bằng cách cho phép nước trở thành kỵ khí. Lượng nitrate không được thực vật hấp thụ thì nhanh chóng khuếch tán vào phần lớn nước, chúng có thể bị khử nitơ (Reed và cs., 1988; Tchobanolous và Burton, 1991).

Bảng 4. Khả năng xử lý các chất thải của bèo tai tượng trong hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng sau 10 ngày (Trung bình ± Độ lệch chuẩn)

Chỉ tiêu	Nghiệm thức bèo tai tượng (mg/L)	Nghiệm thức đối chứng (mg/L)	Hiệu xuất xử lý (%)	Khả năng xử lý chất thải của bèo tai tượng sau 10 ngày (mg/L)
COD	6,10 ± 1,40	21,5 ± 1,40	34,28 ± 14,88	15,33 ± 0,25
TAN	0,26 ± 0,03	0,75 ± 0,28	40,70 ±24,44	0,49 ± 0,29
$N\text{-}NO_3^-$	17,63 ± 4,73	43,70 ± 3,93	46,70 ± 16,29	26,08 ± 5,06
TN	21,45 ± 6,83	49,02 ± 3,29	39,92 ± 19,05	27,57 ± 6,78
$P\text{-}PO_4^{3-}$	3,38 ± 0,33	8,34 ± 0,29	24,56 ±17,24	4,96 ± 0,40
TP	4,94 ± 1,52	8,79 ± 1,46	9,16 ± 13,29	3,85 ± 1,96

Bảng 4 cũng cho thấy sau 10 ngày thí nghiệm, bèo tai tượng có khả năng loại bỏ 15,33 ± 0,25 mg/L COD, 26,08 ± 5,06 mg/L $N\text{-}NO_3^-$, 4,96 ± 0,40 mg/L $P\text{-}PO_4^{3-}$, 27,57 ± 6,78 mg/L TN và 3,85 ± 1,96 mg/L TP. So với nghiên cứu của Henry - Silva và Camargo (2006) về khả năng xử lý nước thải ao nuôi cá rô phi của bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) trong 14 tuần cho thấy chúng có khả năng loại bỏ được 0,15 mg/L TN, 62,4 mg/L TP, 23,6 mg/L $N\text{-}NO_3^-$ thì khả năng loại bỏ $N\text{-}NO_3^-$ và TN của bèo tai tượng ở thí nghiệm này là khá tốt.

3.3. Diện tích bèo tai tượng cần thiết trong RAS nuôi cá trê vàng

Để RAS vận hành liên tục, tại một thời điểm bất kỳ trong hệ thống nuôi luôn có 04 lứa cá có kích cỡ khác nhau. Khi thu hoạch lứa cá lớn nhất cũng là thời điểm thả cá giống vào bể mới thu hoạch. Việc thu hoạch và thả nuôi xoay vòng mỗi tháng 01 bể nuôi giúp duy trì một lượng cá nhất định đảm bảo cho việc tính toán và thiết kế hệ thống lọc sinh học trong RAS hoạt động đúng công suất và ổn định trong suốt quá trình nuôi. Lượng chất thải hàng ngày của cá trê vàng nuôi trong RAS được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5. Lượng chất thải trung bình mỗi ngày của hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng ($4\ m^3$ nước nuôi)

Chỉ tiêu	Cỡ cá (g/con)				Tổng
	10	30	70	100	
Mật độ (con/m^3)	1.000	875	786	750	
Sinh khối (kg)	10,00	26,25	55,02	75,00	166,27
COD (mg/L)	1,96	4,07	5,25	6,23	17,51
TAN (mg/L)	0,16	0,25	0,36	0,45	1,22
$N\text{-}NO_3^-$ (mg/L)	3,97	3,18	4,13	4,12	16,40
TN (mg/L)	6,99	7,07	7,13	7,37	28,55
$P\text{-}PO_4^{3-}$(mg/L)	0,64	0,70	0,69	0,89	2,92
TP (mg/L)	2,17	3,69	5,83	5,63	17,32

Bảng 5 cho thấy bình quân mỗi ngày RAS nuôi cá trê vàng với thể tích 4 m^3 nước nuôi cần tiêu tốn 17,51 mg/L oxy cho quá trình phân hủy vật chất hữu cơ. Lượng chất thải mỗi ngày trong RAS là 16,40 mg/L $N\text{-}NO_3^-$, 2,92 mg/L $P\text{-}PO_4^{3-}$, 28,55 mg/L TN và 17,32 mg/L TP. Nếu không có biện pháp xử lý các chất thải này thì qua quá trình nuôi lâu dài, lượng chất thải trong RAS sẽ tăng rất cao. Nếu nước thải chứa hàm lượng NO_3^- và PO_4^{3-} cao được thải trực tiếp ra kênh rạch có thể sẽ gây ô nhiễm môi trường và nguồn nước sử dụng cho sinh hoạt, hàm lượng $N\text{-}NO_3^-$ và $P\text{-}PO_4^{3-}$ cao trong môi trường nước sẽ kích thích sự phát triển quá mức của tảo (hiện tượng nở hoa của tảo) trong thủy vực

DOI: 10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

và tiến trình phân hủy tảo sẽ làm cho môi trường nước bị ô nhiễm, thiếu oxy cung cấp cho hoạt động hô hấp trong thủy vực.

Bình quân mỗi ngày 1 m^2 bèo tai tượng có khả năng xử lý 3,65 mg/L COD, 0,12 mg/L TAN, 6,21 mg/L $N\text{-}NO_3^-$, 1,18 mg/L $P\text{-}PO_4^{3-}$, 6,56 mg/LTN và 0,92 mg/L TP (Bảng 6). Tại Việt Nam hiện chưa có các văn bản quy định cụ thể các tiêu chuẩn nước thải cho nuôi trồng thủy sản. Do vậy, dựa vào một số quy chuẩn Việt Nam về cơ sở nuôi cá tra, nước thải công nghiệp và chất lượng nước mặt của Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn và Bộ Tài nguyên môi trường để tính được diện tích bèo tai tượng cần thiết cho RAS nuôi cá trê vàng.

Bảng 6. Diện tích bèo tai tượng cần thiết để xử lý nước thải trong hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng (4 m^3 nước nuôi)

Chỉ tiêu	Khả năng xử lý chất thải của 1 m^2 bèo tai tượng/ngày	Tiêu chuẩn nước thải ra bên ngoài	Diện tích bèo tai tượng cần thiết (m^2)	Ghi chú
COD (mg/L)	3,65	< 150	0	QCVN02-20:2014/BNNPTNT
TAN (mg/L)	0,12	1	1,85	QCVN 38:2011/BTNMT
$N\text{-}NO_3^-$ (mg/L)	6,21	5 - 15	0,23 - 1,84	QCVN 08-MT:2015/BTNMT
TN (mg/L)	6,56	20 - 40	0 - 1,30	QCVN 40:2011/BTNMT
$P\text{-}PO_4^{3-}$(mg/L)	1,18	0,2 - 0,5	2,05 - 2,30	QCVN 08-MT:2015/BTNMT
TP (mg/L)	0,92	4 - 6	12,36 - 14,55	QCVN 40:2011/BTNMT

Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng TP trong nước được thực vật hấp thu thấp hơn $P\text{-}PO_4^{3-}$ (Bảng 6). Phốt pho (lân) là nguyên tố dinh dưỡng cần thiết cho sinh trưởng và phát triển của thực vật. Lân tổng số (TP) trong nước bao gồm các dạng lân hữu cơ và lân vô cơ hòa tan và không hòa tan. Thực vật chỉ hấp thu được lân hữu cơ hòa tan và lân vô cơ hòa tan (orthophosphate – $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} và PO_4^{3-}), việc hấp thụ $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} và PO_4^{3-} của thực vật phụ thuộc vào pH của môi trường (Street và Kidder, 1989). Việc loại bỏ phốt pho trong các hệ thống xử lý chất thải chủ yếu là do sự hấp thu của thực vật, sự cố định vi sinh vật với các mảnh vụn thực vật, hấp thụ các trầm tích đáy và kết tụ trong cột nước. Việc loại bỏ vĩnh viễn khỏi hệ thống chỉ có thể được thực hiện bằng cách thu hoạch thực vật và loại bỏ trầm tích (WPCF, 1990 - Trích bởi Hastie, 1992).

Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích thực vật cần thiết để xử lý lượng TP là rất cao (12,36 - 14,55 m^2) so với thể tích 4 m^3 nước nuôi. Bên cạnh đó, việc loại bỏ TP hoàn toàn ra khỏi môi trường nước không chỉ phụ thuộc vào việc hấp thu của thực vật. Do đó diện tích bèo tai tượng cần thiết để xử lý các chất thải của RAS nuôi cá trê vàng (4 m^3 nước nuôi) là 1,30 - 2,30 m^2. Theo Nguyễn Thị Hồng Nho và cs. (Dữ liệu chưa công bố), trong thời gian 15 ngày, 2 m^2 bèo tai tượng có khả năng làm giảm 16,53% COD, 64,27% TAN, 70,37% NO_3^-, 27,80% PO_4^{3-}, 10,79% TN và 31,51% TP của mô hình RAS nuôi cá trê vàng có thể tích nuôi 4 m^3 (1 m^3/bể nuôi) thì diện tích bèo tai tượng được tính toán trong kết quả nghiên cứu này là phù hợp.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) nuôi trong RAS có thể tích 4 m^3 nước nuôi, 04 cỡ cá ở 04 bể nuôi (1 m^3/bể nuôi, xen kẽ mỗi tháng thu hoạch và thả mới vào 01 bể) ở mật độ 1000 con/m^3 có khả năng thải lần lượt là 17,51 mg/L COD, 1,22 mg/L TAN, 16,40 mg/L $N\text{-}NO_3^-$, 2,92 mg/L $P\text{-}PO_4^{3-}$, 28,55 mg/L TN và 17,32 mg/L TP mỗi ngày.

Bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) có khả năng xử lý tốt các chất thải trong RAS

trong 10 ngày đầu thí nghiệm. Bèo tai tượng có khả năng làm giảm 34,28% COD, 40,70% TAN, 46,70% $N\text{-}NO_3^-$ 24,56 % $P\text{-}PO_4^{3-}$, 39,92%TN và 9,16% TP trong nước thải so với nồng độ ban đầu.

Bình quân mỗi ngày 1 m^2 bèo tai tượng có khả năng xử lý 3,65 mg/L COD, 0,12 mg/L TAN, 6,21 mg/L $N\text{-}NO_3^-$, 6,56 mg/L TN, 1,18 mg/L $P\text{-}PO_4^{3-}$ và 0,92 mg/L TP.

Diện tích bèo tai tượng cần thiết để xử lý chất thải trong RAS nuôi cá trê vàng (mật độ nuôi 1.000 con/m^3, tại một thời điểm bất kỳ luôn có 04 cỡ cá ở 4 bể nuôi) là 1,30 - 2,30 m^2/4 m^3 thể tích nước nuôi.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

Trần Thị Lam Khoa, Trần Thị Bé Gấm và Nguyễn Tấn Duy. (2013). *Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải từ ao nuôi cá tra thâm canh bằng các loại thực vật thượng đẳng thủy sinh sống trôi nổi*. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học của sinh viên tham gia xét giải thưởng "Tài năng Khoa học trẻ Việt Nam" năm 2013 dành cho sinh viên. 46 trang.

Phạm Thanh Liêm, Nguyễn Thị Hồng Nho, Trần Thị Thanh Hiền và Trương Quốc Phú. (2020). *Quy trình kỹ thuật nuôi cá trê vàng (Clarias macrocephalus) trong hệ thống tuần hoàn*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Trương Thị Nga, Lương Nhã Ca, Trương Hoàng Đan, Nguyễn Xuân Lộc và Nguyễn Công Thuận (2007). Xử lý nước thải chăn nuôi bằng bèo tai tượng (*pistia stratiotes*) và bèo tai chuột (*salvinia cucullata*). *Khoa Học Đất* 28, trang 80-83.

Nguyễn Thị Hồng Nho. (2013). *Cân bằng vật chất dinh dưỡng trong hệ thống tuần hoàn ương cá tra* (*Pangasianodon hypophthalmus*). Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Nuôi trồng thủy sản, trường Đại học Cần Thơ. 93 trang.

Nguyễn Thị Hồng Nho, Huỳnh Thị Kim Hồng và Phạm Thanh Liêm. (2018). Ảnh hưởng của mật độ nuôi lên chất lượng nước, tăng trưởng và tỉ lệ sống của cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) trong hệ thống tuần hoàn. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 54*, 108-114.

Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú và Phạm Thanh Liêm. (2019). ảnh hưởng của phương thức cho ăn lên chất lượng nước, sinh trưởng và tỉ lệ sống của cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) nuôi trong hệ thống tuần hoàn. *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản, trường Đại học Nha Trang*. (4), 88-96.

Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú và Phạm Thanh Liêm. (2020). Cân bằng vật chất dinh dưỡng trong hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*). Tạp chí khoa học trường đại học Cần Thơ, *56* (Số chuyên đề thủy sản) (2), 21-28.

Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú và Phạm Thanh Liêm. (2021). Hiệu quả xử lý nước thải nuôi cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) thâm canh bằng hệ thống thực vật thủy sinh. Tạp chí khoa học trường Đại học Cần Thơ, *57* (Số chuyên đề Thủy sản), 1-9.

Nguyễn Thanh Phương, Trần Ngọc Hải, Trần Thị Thanh Hiền và Marcy N. Wilder. (2003). Nguyên lý và kỹ thuật sản xuất giống tôm càng xanh (*Macrobrachium rosenbergii*). Nhà xuất bản Nông nghiệp, 127 trang.

Cao Văn Thích, Phạm Thanh Liêm và Trương Quốc Phú. (2014). Ảnh hưởng mật độ nuôi đến chất lượng nước, sinh trưởng, tỷ lệ sống của cá lóc (*Channa striata*) nuôi trong hệ thống tuần hoàn. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Số chuyên đề Thủy sản (2), 79-85.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

American Public Health Association (APHA), Amarican Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation. (1995). *Standard method for the examination of water and wastewater (19th Edition)*. Washington DC.

Emmanuelle Roque d'orbcastel, Jean-Paul Blancheton, Belaud, A. (2009). Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: Comparison with a flow through system. *Aquacultural Engineering*, *40*, 135-143.

Hastie. (1992). *The use of aquatic plants in wastewater treatment: a literature review*.

DOI: 10.46826/huaf-jasat.v6n1y2022.826

Master thesis of science in engineering. The University of Texas at Austin. 131 page.

Henry - Silva, G.G., & Camargo, A.F.M. (2006). Efficiency of aquatic macrophytes to treat nile tilapia pond effluents. *Scientia Agicola* (Piacicaba, Braz.), *63*(5), 433 - 438.

Honda, H., Watanaba, Y., Kikuchi, K., Iwata, N., Takeda, S., Uemoto, H., Furata, T., & Kiyono, M. (1993). High density rearing of Japanese Flounder, Paralichthys olivaceus with a closed seawater recirculation system equipped with a denitrification unit. Suisanzoshoku 41, 19-26.

Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegema, M.C.J., Heinsbroeka, L.T.N., Schneiderc, O., Blanchetond, J.P., Roque d'Orbcasteld, E., & Verretha, J.A.J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering, *43*(3), 83-93.

Tchobanolous, G., & Burton, F.L., (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, (3rd ed.). Metcalf & Eddy Inc. and McGraw-Hill.

Nho, N.T.H., Liem, P.T., & Phu, T.Q. (2012). Nutrients mass balance in recirculation system for nursing striped catfish **(***Pangasianodon hypophthalmus*). In: *Sharing knowledge for sustainable aquaculture and fisheries in the South-East Asia*. Proceedings of the International Fisheries Symposium-IFS 2012, 06-08th December 2012, held at Can Tho City, Vietnam. Agriculture Publishing House, pp. 212-216.

Otte, G., & Rosenthal, I.I. (1979). Management of a closed brackish water system for high-density fish culture by biological and chemical water treatment. *Aquaculture*, *18*, 169-181.

Reed, S.C., Middlebrooks, E.J., & Crites, R.W. (1988). *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. McGraw-Hill, Inc.

Street, J. J., & Kidder, G. (1989). *Soils and Plant Nutrition*. Fact Sheet SL-8. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences.