

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI NUÔI ẾCH THÁI LAN (*Rana rugulosa*) BẰNG BÈO TAI TƯỢNG (*Pistia stratiotes* L.)

Lê Diễm Kiều¹, Nguyễn Thị Diễm My¹, Trịnh Ngọc Tuyết Phương¹, Phạm Quốc Nguyên^{1*}

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

*Tác giả liên: pqnguyen@dthu.edu.vn

Ngày nhận bài: 14.11.2022

Ngày chấp nhận đăng: 18.04.2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý nước thải ao nuôi ếch Thái Lan của bèo tai tượng được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 nghiệm thức 0% (đối chứng), 50%, 75%, 100% bèo tai tượng, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần, trong 8 tuần. Mẫu nước được thu ở thời điểm 24, 48, 72 giờ lưu nước để xác định thời gian lưu nước, và ở thời điểm 2, 4, 6, 8 tuần để đánh giá khả năng xử lý nước thải của bèo theo giai đoạn sinh trưởng. Kết quả cho thấy, chất lượng nước thải nuôi ếch ở các nghiệm thức có bèo đạt QCVN 40/2011/BTNMT sau 72 giờ lưu nước. Nồng độ $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ và COD sau xử lý đạt cột A của QCVN 40/2011/BTNMT và nồng độ $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ và $N-NO_3^-$ đạt cột A1, $P-PO_4^{3-}$, COD đạt cột B2 của QCVN 08/2015/BTNMT sau 4 tuần. Hiệu suất xử lý $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, TN, $P-PO_4^{3-}$, TP, COD của các nghiệm thức có bèo lần lượt là 28,5-58,6; 39,4-59,8; 56,9-71,6; 32,1-58,7; 64,9-80,1; 43,7-71,8 và 57,4-79,8%, tương quan thuận với độ che phủ của bèo. Bèo tai tượng giúp tăng hiệu quả xử lý nước thải nuôi ếch và tăng trưởng chồi và sinh khối tốt, tuy nhiên xuất hiện bèo chết ở nghiệm thức 75 và 100% bắt đầu từ tuần 6 do mật độ cao, vì vậy nên thu hoạch tuyền bèo để tránh tình trạng tái ô nhiễm.

Từ khóa: Bèo tai tượng, nước thải, hệ thống nuôi ếch, mật độ che phủ.

Wastewater Treatment of Thai frog (*Rana rugulosa*) Farm using Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.)

ABSTRACT

The study on treatment capacity of water lettuce for wastewater from Thai frog farm was arranged in a completely randomized design with 4 coverages: 0% (control treatment), 50%, 75%, and 100% of plants, 3 replications for each treatment in 8 weeks. The water samples were collected at 24, 48, 72 hours interval to determine the retention time, and at 2, 4, 6, and 8 weeks to evaluate the wastewater treatment capability of water lettuce by phase growth. The results showed that the quality of outlet water in planted treatments met the A column of QCVN 40/2011/BTNMT after 72 hours. The concentrations of $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ and COD met A column of QCVN 40/2011/BTNMT and concentrations of $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ and $N-NO_3^-$ met column A1, $P-PO_4^{3-}$ and COD met B2 column of QCVN 08/2015/BTNMT after 4 weeks. The treatment efficiency of $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, TN, $P-PO_4^{3-}$, TP and COD was 28.5-58.6; 39.4-59.8; 56.9-71.6; 32.1-58.7; 64.9-80.1; 43.7-71.8 and 57.4-79.8%, respectively, which increased and had positive correlation with the density of plants. Water lettuce helped to increase the treatment efficiency of frog farming wastewater and shoot and biomass grew well, however, plants were dead in 75% and 100% treatments from 6 weeks due to high density, so it was advisable to harvest a part of biomass to avoid re-release of nutrients from decomposing plants.

Keywords: Water lettuce, wastewater, frog farming, coverage density.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ếch Thái Lan (*Rana rugulosa*) là đối tượng thủy sản tương đối dễ nuôi, tăng trưởng nhanh, tỷ lệ sống cao, thịt ngon và nhiều dinh dưỡng nên khi du nhập vào nước ta loài ếch này được nuôi ở

nhiều tỉnh Nam Bộ đặc biệt là Đồng Tháp và Tiền Giang (Le Minh Quoc, 2012). Diện tích nuôi ếch Thái Lan ở tỉnh Đồng Tháp tăng nhanh trong thời gian gần đây, sản lượng ếch đạt trên 2.600 tấn trong 6 tháng đầu năm 2017 (Chi cục Thủy sản tỉnh Đồng Tháp, 2017), diện tích thả nuôi ở

huyện Thập Mười khoảng 68ha với 60 triệu con năm 2020 (UBND huyện Thập Mười, 2020). Nước thải nuôi ếch thường có hàm lượng chất ô nhiễm cao (Lê Văn Cát & cs., 2006) với tải lượng N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, TN, P-PO₄³⁻ và TP lần lượt là 0,3; 0,24; 0,18, 8,9, 2,54, 3,92 kg/tấn ếch thịt (Lê Diễm Kiều & cs., 2022). Hiện nay, ếch chủ yếu được nuôi với quy mô nhỏ lẻ, công tác quản lý nước thải ít được quan tâm và hầu hết thải trực tiếp ra các thủy vực (Lê Diễm Kiều & cs., 2022), gây ô nhiễm môi trường nước.

Nghiên cứu thực vật thủy sinh xử lý nước thải nuôi thủy sản đang được quan tâm và đã ghi nhận nhiều kết quả như xử lý nước thải nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*), lục bình (*Eichhornia crassipes*) là 88% N hữu cơ và 100% P hữu cơ, cỏ vetiver (*Vetiver zizanioides*) giúp giảm 85% N hữu cơ và 99% P hữu cơ (Châu Minh Khôi & cs., 2012), cỏ mồm mễ (*Hymenachne acutigluma*) với hiệu suất xử lý TSS, COD, N-NH₄⁺, TN, P-PO₄³⁻ và TP lần lượt là 49,0-63,5, 30,8-48,5, 91,9-96,6, 38,9-40,7, 14,0-20,3 và 11,7-14,9% (Lê Diễm Kiều & cs., 2018). Trong đó, bèo tai tượng là thực vật sống nổi trên mặt nước, phân bố phổ biến ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long, có khả năng thích nghi với môi trường ô nhiễm cao (Lê Văn Cát & cs., 2006), sinh trưởng và phát triển nhanh nên có khả năng xử lý COD, TAN, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, TN và TP trong nước thải nuôi cá trê vàng (*Clarias macrocephalus*) với hiệu suất xử lý tương ứng là 34,28; 40,70; 46,70; 24,56; 39,92 và 9,16% (Nguyễn Thị Hồng Nho & cs., 2022). Tuy nhiên, hiện vẫn chưa có nhiều thông tin về nghiên cứu bèo tai tượng xử lý nước thải nuôi ếch Thái Lan nên “Nghiên cứu khả năng xử lý nước ao nuôi ếch Thái Lan (*Rana rugulosa*) của bèo tai tượng (*Pistia stratiotes* L.)” được thực hiện.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 08/2020 đến tháng 11/2020 tại Ấp 4, xã Ba Sao, huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp.

Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức ĐC (đối chứng, không bèo), 50, 75 và 100 tương ứng với mức độ che phủ của bèo là 0, 50%, 75% và 100% với mật độ 0, 35, 49 và 75 cây/chậu. Mỗi nghiệm thức có ba lần lặp lại và được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên theo sơ đồ ở hình 1.

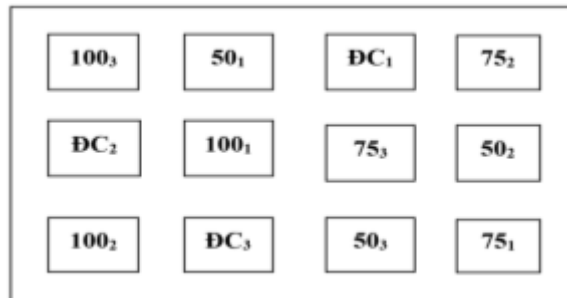
Bèo tai tượng trong giai đoạn sinh trưởng, có trọng lượng 5-6 g/cây (Hình 2), thu từ kênh rạch huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp và được dưỡng một tuần trong nước thải nuôi ếch trước khi bố trí thí nghiệm vào chậu nhựa có kích thước dài × rộng × cao lần lượt là 60 × 40 × 24cm với 30l nước thải/chậu (Hình 2).

Nước từ bể nuôi ếch ở giai đoạn sinh trưởng, diện tích bể nuôi 16m² (4 × 4m) với mật độ thả 100 con/m². Ếch được nuôi bằng thức ăn viên nén của USFEED (30% đạm và 1% lân tổng), vào sáng và chiều với 3 kg/16m². Bể nuôi ếch được thay nước sau 4-5 ngày/lần ở 1-3 tuần đầu, sau đó giảm 3-4 ngày/lần, lượng nước thải trung bình 4 m³/bể/lần.

2.2. Theo dõi và phân tích mẫu nước

Thí nghiệm gồm hai giai đoạn:

Giai đoạn 1: Xác định thời gian lưu nước thích hợp. Sau khi bố trí thí nghiệm 1 tuần (để thực vật ổn định), thay nước cho hệ thống và thu mẫu nước trong 3 ngày liên tục với tần suất thu nước là 1 lần/ngày.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm xử lý nước thải nuôi ếch của bèo tai tượng



Hình 2. Bèo tai tượng (bên trái) và bèo được bố trí thí nghiệm (bên phải)

Bảng 1. Phương pháp đo và phân tích các thông số lý hóa của mẫu nước

| Chỉ tiêu | Phương pháp |
|--|--|
| pH; Nhiệt độ (°C); EC (mS/cm); TDS (g/l) | Máy đo HI 98130 (HANNA) |
| DO (mg/l) | Máy đo Toledo MO128 (Anh) |
| COD (mg/l) | Phương pháp $K_2Cr_2O_7$, chuẩn độ bằng FAS |
| $N-NO_2^-$ (mg/l) | Phương pháp Colorimetric (APHA & cs., 1998) |
| $N-NO_3^-$ (mg/l) | Phương pháp Salicylate (APHA & cs., 1998) |
| $N-NH_4^+$ (mg/l) | Phương pháp Indophenol blue (APHA & cs., 1998) |
| TN (mg/l) | Phương pháp Kjeldahl (APHA & cs., 1998) |
| $P-PO_4^{3-}$; P-TP (mg/l) | Phương pháp Acid Ascorbic (APHA & cs., 1998) |

Giai đoạn 2: Đánh giá khả năng xử lý nước thải của bèo theo giai đoạn sinh trưởng của bèo và ếch. Sau khi xác định thời gian lưu nước ở giai đoạn 1 đã ghi nhận chất lượng nước được cải thiện tốt sau 3 ngày lưu nước, nên ở giai đoạn 2 nước được lưu trong 3 ngày. Thời gian thu mẫu nước để đánh giá khả năng xử lý nước thải của bèo là sau mỗi 15 ngày (mẫu nước được thu trước khi thay nước sau 3 ngày xử lý). Thời gian nuôi ếch thương phẩm dao động từ 60-65 ngày/vụ nên số đợt thu mẫu nước của hệ thống là sau 2, 4, 6 và 8 tuần thả nuôi ếch (4 đợt).

Nhiệt độ, pH, DO, EC, TDS được đo tại hiện trường, mực nước được đo trước khi thu mẫu (để xác định lượng chất ô nhiễm), sau đó thực hiện thu mẫu nước vào 7-8 giờ sáng, trữ lạnh mẫu ở 4°C và chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, TN, $P-PO_4^{3-}$, TP và COD trong 24 giờ. Nước thải nuôi ếch đầu vào (ĐV) cũng được đo, thu mẫu và phân tích các chỉ tiêu tương tự như nước trong hệ thống xử lý. Phương pháp đo và phân tích mẫu nước được trình bày ở bảng 1.

2.3. Theo dõi và thu mẫu thực vật

Sinh khối tươi và sinh khối khô của bèo được xác định khi bắt đầu và kết thúc thí nghiệm. Sinh khối tươi được cân sau 10 phút lấy cây ra khỏi nước, thu mẫu đại diện và sấy ở 60°C đến trọng lượng không đổi để ước tính sinh khối khô. Tổng số chồi mới/chậu được khảo sát ở mỗi đợt thu mẫu nước (sau mỗi 2 tuần).

2.4. Xử lý số liệu

2.4.1. Các công thức tính

Lượng chất ô nhiễm xử lý được:

$$L = V_1 \times C_1 - V_2 \times C_2$$

Hiệu suất xử lý nước thải:

$$H = \frac{V_1 \times C_1 - V_2 \times C_2}{V_1 \times C_1} \times 100$$

Trong đó: L: lượng chất ô nhiễm ($N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$, TN, $P-PO_4^{3-}$, TP, COD) xử lý được (mg/chậu); H: hiệu suất xử lý (%); V_1 : thể tích nước ĐV (L); V_2 : thể tích nước sau 3 ngày xử lý (được đo trước khi thu mẫu nước) (L); C_1 :

hàm lượng thông số ô nhiễm ĐV (mg/l); C2: hàm lượng thông số ô nhiễm sau 3 ngày xử lý (mg/l).

2.4.2. Xử lý số liệu

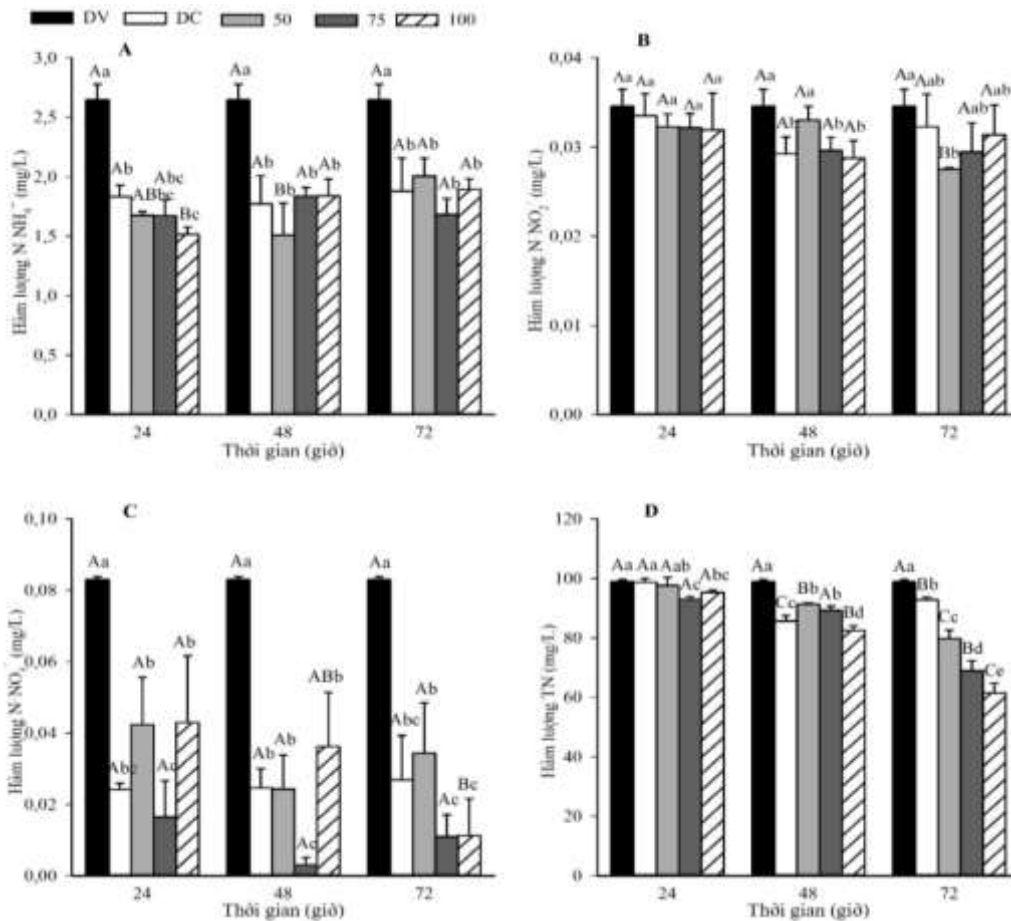
Phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) và kiểm định Duncan của phần mềm

SPSS 22 nhằm so sánh hàm lượng chất ô nhiễm của nước thải, hiệu suất xử lý và sự sinh trưởng của thực vật ở các nghiệm thức; phép thử T-test được sử dụng để so sánh sinh trưởng của thực vật khi bắt đầu và kết thúc thí nghiệm. Sử dụng phần mềm Sigmaplot 12.5 để vẽ biểu đồ.

Bảng 2. Diễn biến nhiệt độ, pH, DO, EC và TDS của nước thải trong 3 ngày đầu thí nghiệm

| Nghiệm thức | Nhiệt độ (°C) | pH | DO (mg/l) | EC (mS/cm) | TDS (g/l) |
|-------------|---------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ĐV | 31,61 ± 0,44 | 8,28 ^b ± 0,24 | 4,91 ^a ± 1,03 | 1,29 ^a ± 0,01 | 0,64 ^a ± 0,01 |
| ĐC | 29,93 ± 2,44 | 8,47 ^a ± 0,05 | 4,36 ^{ab} ± 0,55 | 1,06 ^b ± 0,09 | 0,58 ^b ± 0,01 |
| 50% | 29,91 ± 1,99 | 8,35 ^{ab} ± 0,11 | 4,03 ^{bc} ± 0,48 | 1,09 ^b ± 0,07 | 0,52 ^c ± 0,04 |
| 75% | 29,63 ± 1,91 | 8,27 ^b ± 0,13 | 3,60 ^c ± 0,55 | 1,02 ^b ± 0,32 | 0,54 ^c ± 0,04 |
| 100% | 29,79 ± 1,99 | 8,11 ^c ± 0,16 | 2,68 ^d ± 0,26 | 1,12 ^b ± 0,07 | 0,57 ^b ± 0,03 |

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a, b, c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); ĐV: nước thải đầu vào.



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a, b, c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A, B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 3. Diễn biến hàm lượng đạm của nước thải trong 3 ngày đầu thí nghiệm

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khả năng xử lý nước thải nuôi ếch của bèo tai tượng ở ba ngày đầu thí nghiệm

3.1.1. Diễn biến nhiệt độ, pH, DO, EC và TDS

Nhiệt độ của nước thải ở các nghiệm thức ổn định trong 3 ngày đầu thí nghiệm và không có sự thay đổi so với nước thải ĐV ($P > 0,05$). pH trung bình của nước thải ở nghiệm thức ĐC tăng, nhưng ở nghiệm thức 100% bèo lại giảm so với ĐV. Hàm lượng DO của nước thải của các nghiệm thức có bèo đều thấp hơn so với ĐV và nghiệm thức 75% và 100% thấp hơn nghiệm thức ĐC ($P < 0,05$), tuy nhiên vẫn đạt QCVN 08/2015-BTNMT (cột B2, $DO \geq 2$ mg/l). Hàm lượng DO và pH trong ở các nghiệm thức có bèo thấp hơn so với ĐC có thể là do quá trình chuyển hóa ở nghiệm thức này diễn ra nhiều hơn như quá trình nitrat hóa tiêu thụ oxy là $3,16 \text{ mg O}_2/\text{mg N-NH}_4^+$ và $1,11 \text{ mg O}_2/\text{mg N-NO}_2^-$ bị oxy hóa, quá trình này còn làm giảm pH của nước (Lee & cs., 2009). EC và TDS của nước thải sau 3 ngày xử lý cũng thấp hơn ĐV và hàm lượng TDS của nghiệm thức 50 và 75% thấp hơn ĐC ($P < 0,05$; Bảng 2).

3.1.2. Diễn biến hàm lượng đạm

Hàm lượng đạm trong nước sau xử lý đều giảm so với nước thải ĐV. Hàm lượng N-NH_4^+ , N-NO_2^- của các nghiệm thức hầu như không khác biệt ngoại trừ nghiệm thức 100% thấp hơn so với các nghiệm thức khác ở thời điểm 24 giờ (Hình 3A, 3B). Tuy nhiên, hàm lượng N-NO_3^- của nghiệm thức 75% (ở cả ba thời điểm lưu nước) và nghiệm thức 100% (ở thời điểm 72 giờ lưu nước) thấp hơn các nghiệm thức khác ($P < 0,05$; Hình 3C). Hàm lượng TN của nước thải trong hệ thống xử lý tỷ lệ nghịch với độ che phủ của bèo và giảm theo thời gian lưu nước ($P < 0,05$). Qua đây cho thấy vai trò của bèo trong xử lý đạm của nước thải nuôi ếch. Trong cùng một điều kiện thí nghiệm, hàm lượng đạm vô cơ ở các thời gian lưu nước ít có sự biến động, tuy nhiên hàm lượng TN của các nghiệm thức có bèo giảm theo thời gian lưu (Hình 3D), vì quá trình amon hóa (đạm hữu cơ bị phân hủy thành

amoniac-nitơ vô cơ) diễn ra nhanh hơn quá trình nitrat hóa (Lee & cs., 2009).

3.1.3. Diễn biến hàm lượng lân và COD

Hàm lượng P-PO_4^{3-} , TP và COD trong nước thải của các nghiệm thức cũng giảm hơn so với ĐV, tỷ lệ nghịch với mật độ bèo trong hệ thống xử lý và đều giảm theo thời gian lưu nước ($P < 0,05$; Hình 4B, 4C). Hàm lượng COD trong nước thải nuôi ếch cao hơn rất nhiều so với QVCN 08/2015/BTNMT (cột B2 là 50 mg/l) và cả QVCN 40/2011/BTNMT (cột A1 là 75 mg/l), sau 1 ngày lưu nước thì các nghiệm thức có bèo đều có nồng độ COD đạt QVCN 40/2011/BTNMT (cột A1) (Hình 4C). Kết quả trên đã minh chứng về vai trò của bèo tai tượng trong xử lý lân và COD trong nước thải hệ thống nuôi ếch.

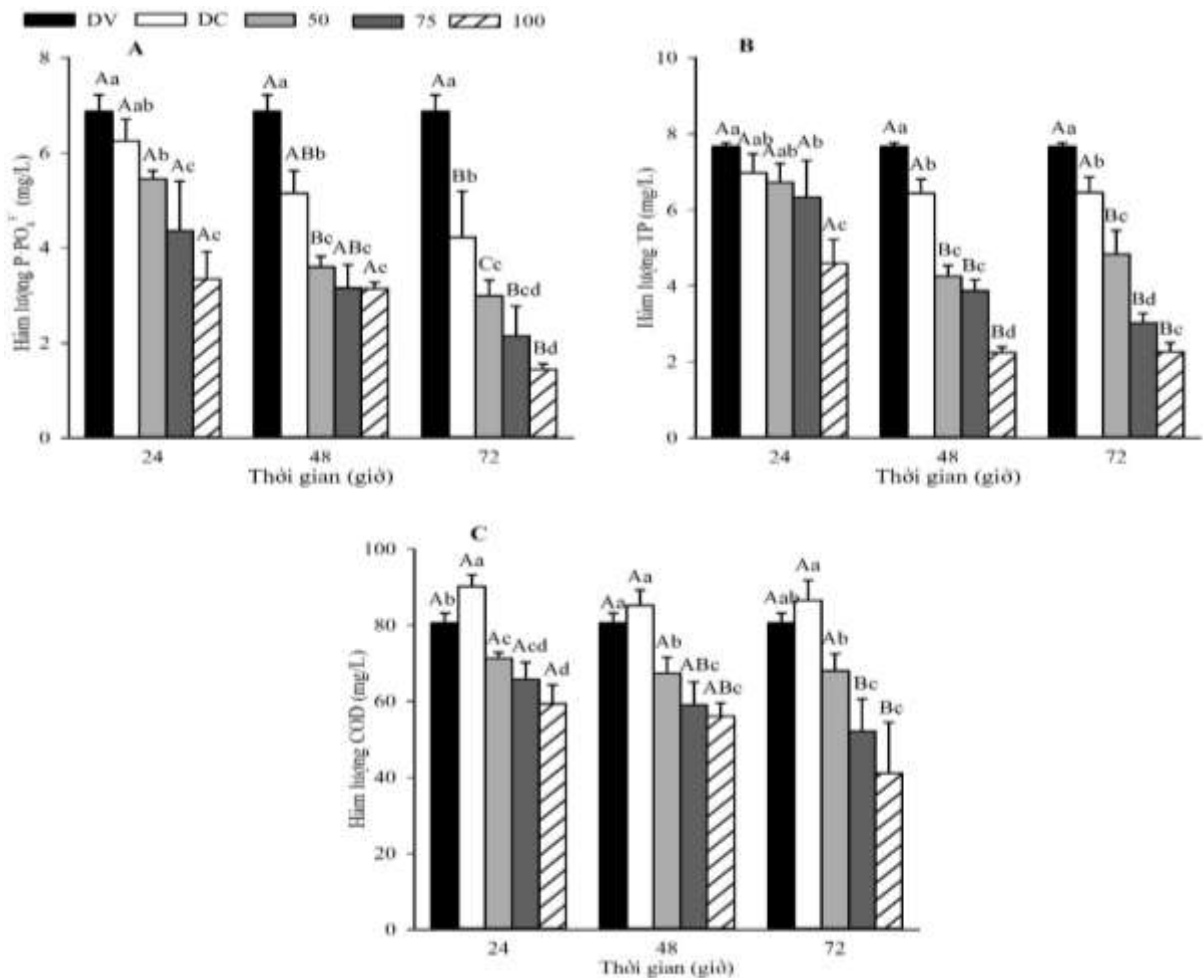
Như vậy, sau 72 giờ lưu nước thì hiệu quả xử lý đạm, lân và COD của nước thải nuôi ếch bằng bèo tai tượng ở điều kiện thủy canh tốt hơn nghiệm thức không có bèo và hầu hết hộ nuôi cũng thay nước sau 3 ngày, vì vậy áp dụng thời gian lưu nước thải là 72 giờ cho giai đoạn hai của thí nghiệm.

3.2. Khả năng xử lý nước thải ao nuôi ếch theo giai đoạn sinh trưởng của bèo tai tượng

3.2.1. Diễn biến hàm lượng các thông số ô nhiễm qua các đợt khảo sát

a. Nhiệt độ, pH, DO, EC và TDS

Diễn biến nhiệt độ, pH, DO, EC và TDS của các nghiệm thức qua các đợt thí nghiệm cũng tương tự như ở những ngày đầu tiên thí nghiệm. pH và DO của nước thải ở nghiệm 75 và 100% giảm thấp hơn so với nước thải ĐV và nghiệm thức ĐC ($P < 0,05$). pH của nước thải ở nghiệm thức 75 và 100% thuận lợi cho sinh trưởng của bèo và hoạt động của vi khuẩn chuyển hóa đạm và giảm chuyển hóa NH_4^+ sang NH_3 (Ip & cs., 2001). Hàm lượng DO trong nước thải ở nghiệm thức có bèo giảm có thể là do hoạt động của hệ vi sinh vật phân giải, chuyển hóa chất hữu cơ và chuyển hóa đạm (Schmittou, 2004). Nồng độ TDS trong nước thải ở các nghiệm thức sau 3 ngày xử lý đều thấp hơn so với nước thải ĐV ($P < 0,05$; Bảng 3).



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 4. Diễn biến hàm lượng lân và COD của nước thải trong 3 ngày đầu thí nghiệm

Bảng 3. Diễn biến nhiệt độ, pH, DO, EC và TDS của nước thải ở 4 đợt khảo sát

| Nghiệm thức | Nhiệt độ (°C) | pH | DO (mg/l) | EC (ms/cm ²) | TDS (ppt) |
|-------------|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ĐV | 29,16 ± 1,78 | 8,02 ^a ± 0,28 | 4,88 ^a ± 1,04 | 0,85 ± 0,39 | 0,53 ^a ± 0,10 |
| ĐC | 28,92 ± 2,28 | 7,94 ^a ± 0,47 | 4,63 ^a ± 0,52 | 0,66 ± 0,27 | 0,40 ^b ± 0,13 |
| 50% | 28,79 ± 2,04 | 7,74 ^{ab} ± 0,40 | 4,49 ^a ± 0,61 | 0,65 ± 0,32 | 0,30 ^b ± 0,14 |
| 75% | 28,71 ± 1,94 | 7,56 ^b ± 0,39 | 3,59 ^b ± 0,52 | 0,57 ± 0,32 | 0,31 ^b ± 0,15 |
| 100% | 28,55 ± 1,98 | 7,44 ^b ± 0,41 | 2,87 ^c ± 0,37 | 0,66 ± 0,32 | 0,36 ^b ± 0,13 |

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

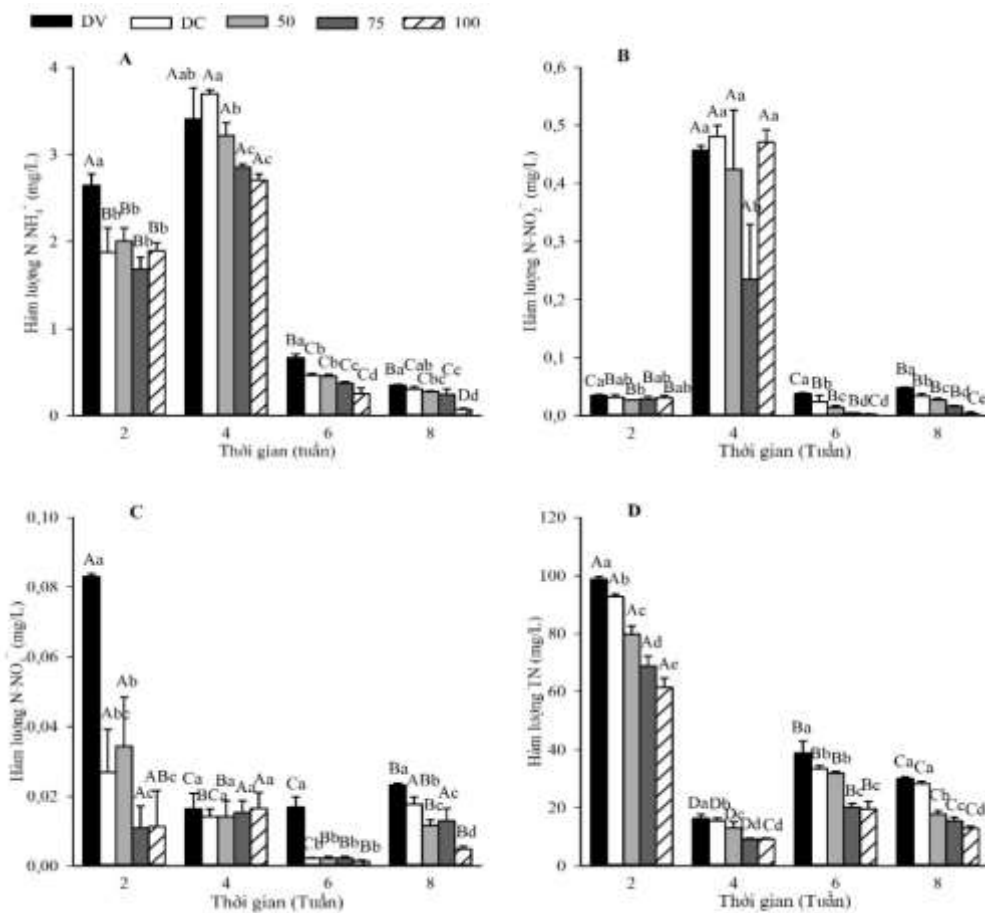
b. Diễn biến hàm lượng đạm

Hàm lượng đạm của nước thải sau 3 ngày lưu nước ở các nghiệm thức hầu hết đều giảm so với ĐV. Trong đó hàm lượng đạm vô cơ ở nghiệm

thức có bèo thấp hơn so với nghiệm thức ĐC và có khuynh hướng giảm khi độ che phủ của bèo tăng, thể hiện rõ ở thời điểm 4 tuần (N-NH₄⁺), 6 tuần (N-NO₂⁻) và 8 tuần (N-NO₃⁻) thí nghiệm

(Hình 5A, 5B, 5C). Hàm lượng N-NH₄⁺ của nước thải nuôi ếch đều cao hơn QCVN 08/2015/ BTNMT (cột A1 0,3 mg/l), sau 3 ngày lưu nước thì hàm lượng N-NH₄⁺ trong nước của nghiệm thức 100% (6 tuần) và các nghiệm thức có bèo (8 tuần) đều đạt cột A1 của qui chuẩn này. Hàm lượng N-NH₄⁺ có xu hướng giảm thấp do quá trình nitrata hóa diễn ra trong môi trường hiếu khí xung quanh hệ rễ cây và thực vật hấp thu (Brix, 1997). Ở điều kiện nhiệt độ 28,55-28,92°C và pH 7,44-7,94 thì NH₄⁺ trong nước còn giảm nhờ chuyển hóa sang khí NH₃ với tỷ lệ NH₃/NH₄⁺ dao động 2,25-7,0% (Emerson & cs., 1975). Nhiệt độ và pH của nước giảm theo mức độ tăng của độ che phủ của bèo vì vậy hàm lượng NH₄⁺ chuyển hóa sang NH₃ ở các nghiệm thức này cũng giảm. Hàm lượng N-NO₂⁻ của

nước trong hệ thống xử lý giảm đã minh chứng cho quá trình nitrata hóa diễn ra ở điều kiện hiếu khí. Nitrata là dạng oxy hóa cao nhất trong chu trình nitơ và thường đạt đến những hàm lượng đáng kể trong các giai đoạn cuối cùng của quá trình oxy hóa sinh học của nitơ, do vậy hàm lượng N-NO₃⁻ của các nghiệm thức có khuynh hướng giảm khi tỷ lệ che phủ của bèo tăng ở điều kiện DO của các nghiệm thức luôn cao hơn 2,8 mg/l (môi trường hiếu khí) đã minh chứng cho khả năng hấp thu N-NO₃⁻ của bèo. Hàm lượng TN của nước trong hệ thống thí nghiệm cũng giảm so với nước thải đầu vào và luôn tỷ lệ nghịch với sự gia tăng mật độ của bèo (Hình 5D). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy vai trò của bèo tai tượng tới việc giảm hàm lượng N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ và TN trong nước thải nuôi ếch.



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

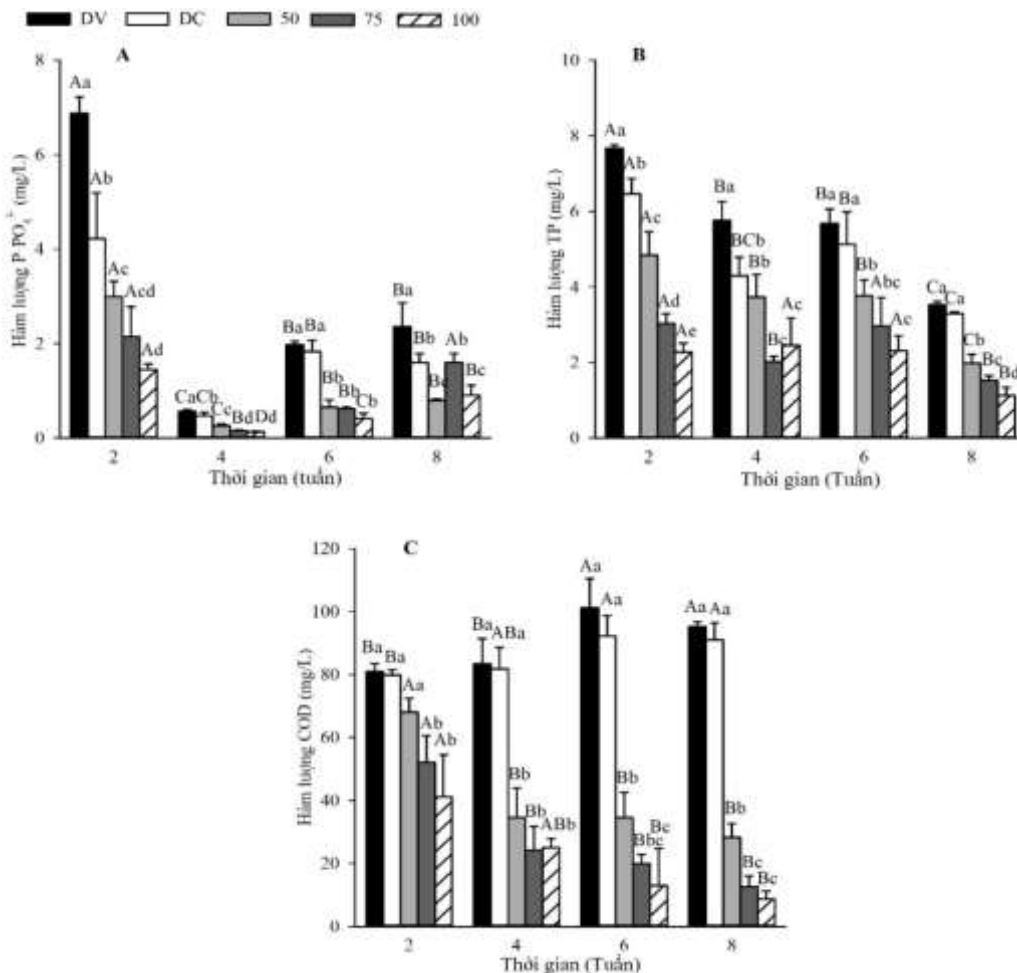
Hình 5. Diễn biến hàm lượng đạm của nước thải ở 4 đợt khảo sát

c. Diễn biến hàm lượng lân và COD

Hàm lượng P và COD của nước thải ở các nghiệm thức cũng giảm so với ĐV và tỷ lệ nghịch với mật độ bèo ($P < 0,05$; Hình 6). Nghiệm thức 75 và 100% có khả năng xử lý tốt hơn nghiệm thức 50%. Hàm lượng $P-PO_4^{3-}$ của nước thải cao hơn so với QCVN 08/2015/BTNMT (cột B2 với 0,5 mg/l) và cao hơn QCVN 40/2011/ BTNMT (cột B2 với 6 mg/l) ở 2 tuần. Sau 3 ngày xử lý ở tuần 2, nước trong nghiệm thức có bèo đạt cột A1 QCVN 40/2011/BTNMT (4 mg/l) ở tuần 2, đạt QCVN 08/2015/BTNMT (cột A1 với 0,3 mg/l) ở tuần 4 và 6. Hàm lượng P ở nghiệm thức có bèo giảm thấp hơn so với ĐC sau 3 ngày xử lý là vì lân là chất dinh dưỡng cần thiết cho sự sinh trưởng của bèo và vi sinh vật nên được chúng hấp

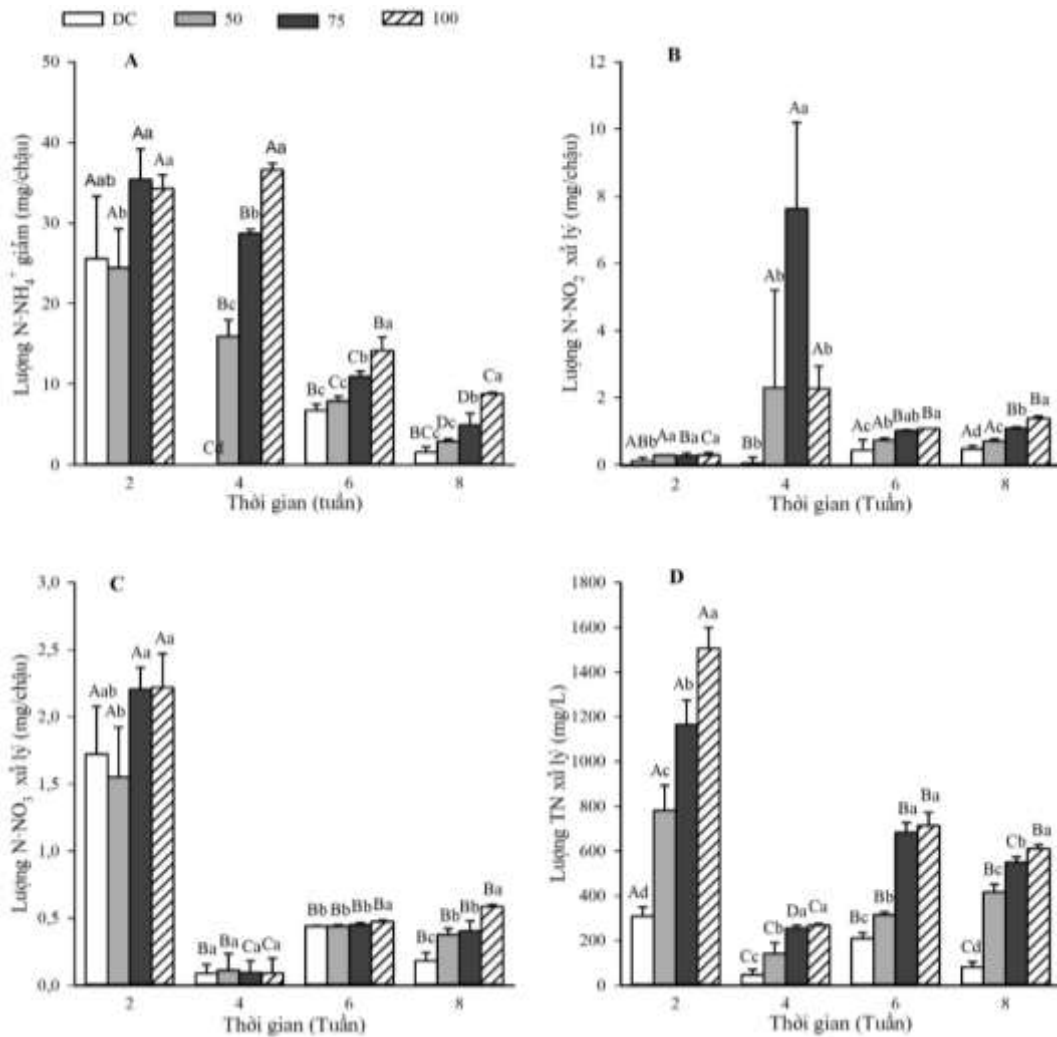
thu. Trong đó, P hữu cơ được chuyển hóa bởi hoạt động của vi sinh vật thành P vô cơ có thể được thực vật hấp thu, khoảng 20% P được vi khuẩn, nấm và tảo hấp thu (Moss, 1998) và P dạng hạt sẽ được loại bỏ nhờ quá trình lọc hoặc hấp thụ của hệ thống rễ (Tanner & cs., 2002).

Hàm lượng COD của nước thải hệ thống nuôi ếch cao hơn so với QCVN 08/2015 BTNMT (Cột B2 - 50 mg/l) và QCVN 40/2011 BTNMT (Cột A1 - 75 mg/l). Sau 3 ngày lưu nước thì hàm lượng COD trong nước của các nghiệm thức có bèo đều đạt QCVN 40/2011 BTNMT (Cột A1). Hàm lượng COD của nước thải ở nghiệm thức 75% và 100% đạt QCVN 08/2015 BTNMT cột B2 ở tuần 2, cột B1 ở tuần 4 và 6 và cột A1 (COD < 10 mg/l) ở tuần 8 (Hình 6).



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 6. Diễn biến hàm lượng lân và COD của nước thải ở 4 đợt khảo sát



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 7. Lượng đạm của nước thải nuôi ếch hệ thống xử lý được

3.2.2. Lượng chất thải xử lý được theo giai đoạn sinh trưởng của bèo

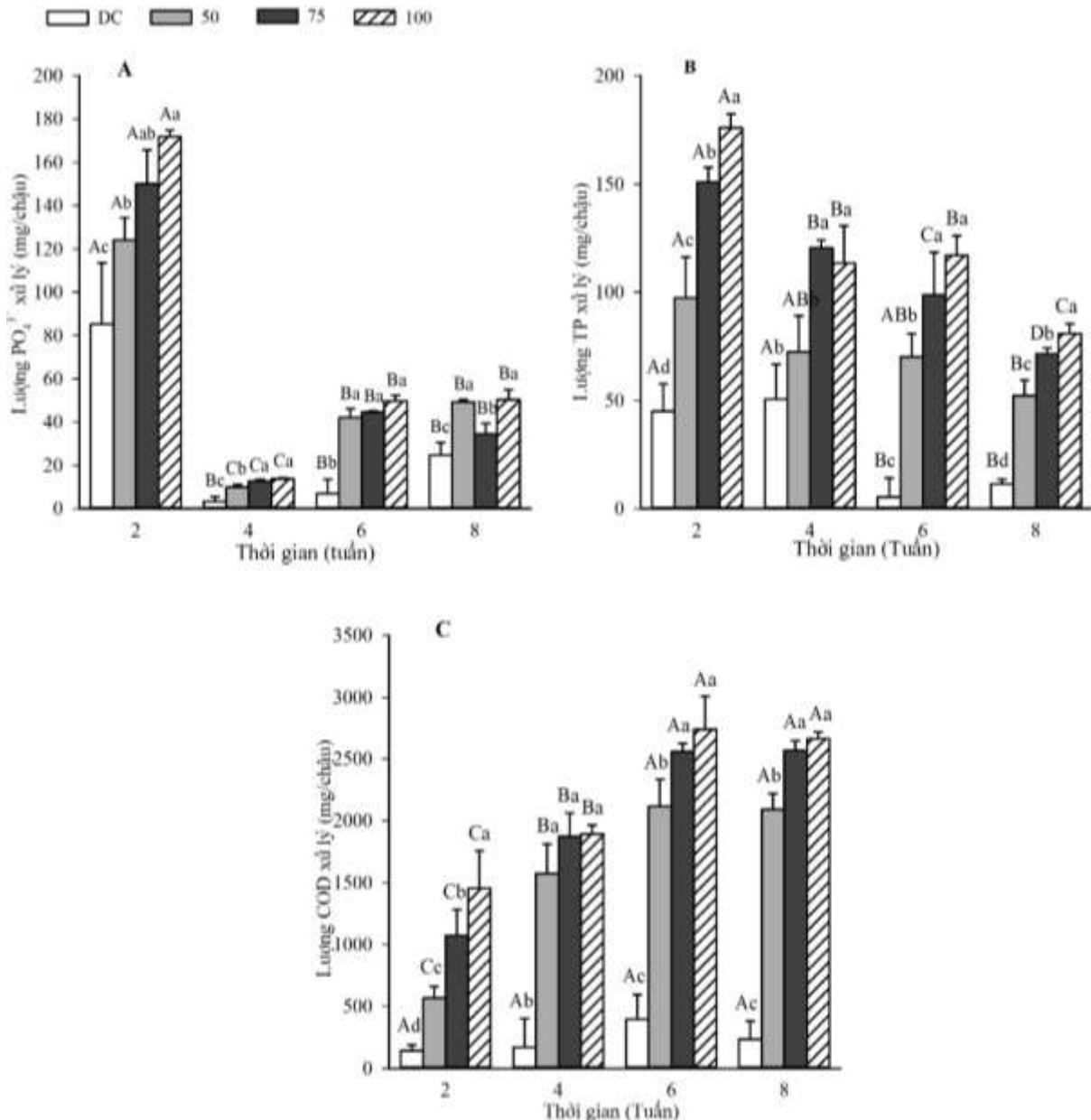
Lượng chất ô nhiễm xử lý được ở các nghiệm thức được ước tính dựa vào hàm lượng chất ô nhiễm và lượng nước thải của các nghiệm thức sau 3 ngày xử lý. Kết quả ghi nhận lượng chất ô nhiễm xử lý được sau 3 ngày lưu nước tăng theo tỷ lệ che phủ của bèo, vì hàm lượng chất ô nhiễm của nước thải tỷ lệ nghịch với độ che phủ của bèo và lượng nước bốc hơi tăng theo tỷ lệ che phủ của bèo. Lượng chất thải xử lý được ở tuần 2 cao hơn ở tuần 4, 6 và 8 là do nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải cao và nghiệm thức 75%

và 100% có xuất hiện bèo chết bắt đầu từ tuần 6 gây tái ô nhiễm (Hình 7, Hình 8).

Hiệu suất xử lý đạm, lân và COD trong nước thải nuôi ếch của các nghiệm thức có bèo đều cao hơn so với nghiệm thức ĐC và tăng theo tỷ lệ che phủ của bèo (Bảng 4). Hiệu suất xử lý N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, TN, P-PO₄³⁻, TP, COD tương quan thuận với độ che phủ của bèo với hệ số tương quan lần lượt là 0,5; 0,68; 0,91; 0,85; 0,93 và 0,85 ($P < 0,01$) (ngoại trừ N-NO₃⁻). Hiệu suất xử lý N-NH₄⁺, TN, P-PO₄³⁻, TP của các nghiệm thức bèo ở tuần thứ 2 thấp hơn so với các thời điểm còn lại vì ở giai đoạn này hàm lượng chất ô nhiễm của nước thải nuôi ếch cao.

Hiệu suất xử ở nghiên cứu này cao hơn so với nghiên cứu bèo tai tượng xử lý nước trong hệ thống nuôi cá trê vàng với hiệu suất xử lý COD, TAN, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, TN và TP tương ứng là 34,28; 40,70; 46,70; 24,56; 39,92 và 9,16% (Nguyễn Thị Hồng Nho & cs., 2022). Hệ thống xử lý nước thải nuôi ếch *Lithobates catesbeianus* kết hợp với lục bình (*Eichhornia crassipes*) cũng chỉ giúp giảm 28% COD trong

nước thải (Sipaúba-Tavares & cs., 2019). Kết quả nghiên cứu đã ghi nhận được, bèo tai tượng góp phần giúp ổn định nhiệt độ, pH và giảm TDS, đạm, lân và COD trong nước thải nuôi ếch. Ở giai đoạn đầu của vụ nuôi, nồng độ ít thay nước có thể dẫn đến tình trạng gia tăng hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải, vì vậy có thể tăng thời gian lưu nước ở giai đoạn này để có thể giảm ô nhiễm cho các thủy vực tiếp nhận.



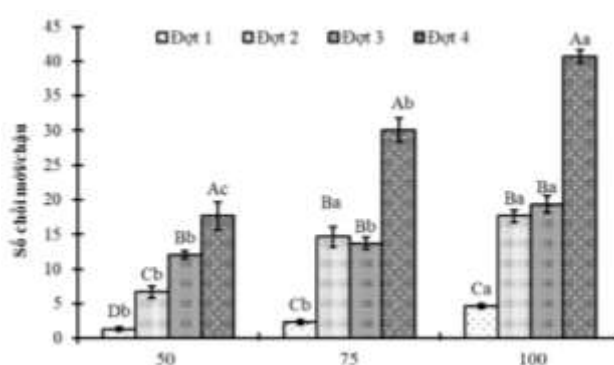
Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 8. Lượng lân và COD của nước thải nuôi ếch hệ thống xử lý được

Bảng 4. Hiệu suất xử lý đạm, lân và COD trong nước thải nuôi ếch

| Nghiệm thức | Hiệu suất xử lý (%) | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | N-NH ₄ ⁺ | N-NO ₂ ⁻ | N-NO ₃ ⁻ | TN | P-PO ₄ ³⁻ | TP | COD |
| ĐC | 19,6 ^c ± 16,5 | 20,6 ^b ± 20,6 | 50,4 ± 31,8 | 11,8 ^c ± 4,6 | 27,0 ^c ± 15,9 | 15,7 ^c ± 11,4 | 8,5 ^c ± 6,1 |
| 50 | 28,5 ^c ± 9,6 | 39,4 ^{ab} ± 21,7 | 56,9 ± 27,5 | 32,1 ^b ± 9,9 | 64,9 ^b ± 7,4 | 43,7 ^b ± 7,5 | 57,4 ^b ± 21,6 |
| 75 | 43,7 ^b ± 12,1 | 61,7 ^a ± 26,6 | 63,9 ± 31,8 | 52,8 ^a ± 9,3 | 68,3 ^b ± 12,6 | 65,2 ^a ± 7,0 | 73,4 ^a ± 19,2 |
| 100 | 58,6 ^a ± 21,1 | 59,8 ^a ± 38,3 | 71,6 ± 33,8 | 58,7 ^a ± 7,3 | 80,1 ^a ± 6,6 | 71,8 ^a ± 7,2 | 79,8 ^a ± 15,4 |

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).



Ghi chú: Trong cùng một thời điểm các cột (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b,c) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan); Giữa các đợt trong cùng một nghiệm thức các cột có ký tự (A,B) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, Duncan).

Hình 9. Biểu đồ tăng trưởng chồi của bèo tai tượng theo giai đoạn sinh trưởng

Bảng 5. Sinh khối tươi và khô của bèo tai tượng

| Thông số | Thời điểm thí nghiệm | Nghiệm thức (độ che phủ của bèo) | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | 50% | 75% | 100% |
| Sinh khối tươi (g/chậu) | Bắt đầu thí nghiệm | 280,3 ^b ± 0,15 | 310,1 ^b ± 0,07 | 479,8 ^b ± 0,17 |
| | Kết thúc thí nghiệm | 613,3 ^a ± 32,6 | 771,3 ^a ± 12,9 | 876,7 ^a ± 20,5 |
| Sinh khối khô (g/chậu) | Bắt đầu thí nghiệm | 22,8 ^b ± 0,01 | 25,27 ^b ± 0,01 | 39,0 ^b ± 0,01 |
| | Kết thúc thí nghiệm | 49,53 ^a ± 2,64 | 62,42 ^a ± 1,04 | 72,52 ^a ± 1,69 |

Ghi chú: Trong cùng một cột các giá trị (Trung bình ± độ lệch chuẩn) có cùng ký tự (a,b) theo sau giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$, T-Test).

3.3. Sinh trưởng của bèo tai tượng

Sau thời gian 8 tuần thí nghiệm, bèo tai tượng ở các nghiệm thức đều tăng trưởng chồi mới tốt. Tuy nhiên, thời điểm 4-6 tuần sự tăng trưởng chồi của bèo ở nghiệm thức 75 và 100% thấp hơn (Hình 9), vì ở giai đoạn này các chồi của bèo tăng trưởng về kích thước nên số lượng chồi mới tăng lên thấp, bên cạnh đó có thể còn do hàm lượng N-NO₃⁻ và P-PO₄³⁻ trong nước thải ĐV thấp (Hình 5C và Hình 6A). Sự tăng trưởng

chồi mới phụ thuộc rất lớn vào hàm lượng dinh dưỡng và hấp thu các chất ô nhiễm trong nước thải, bèo có sức sống mạnh thì tốc độ nảy chồi sẽ cao (Châu Minh Khôi & cs., 2012). Tình trạng bèo bị chết ở nghiệm thức có độ che phủ 75% và 100% bắt đầu xuất hiện ở tuần thứ 6 (Hình 10), vì vậy nên thu hoạch tuyển những cây bèo đã già ở hai nghiệm thức này sau 6 tuần xử lý để hạn chế tình trạng tái ô nhiễm, cũng như tạo điều kiện sinh trưởng cho các chồi mới.



Hình 10. Nghiệm thức 75% bèo (bên trái) và 100% bèo (bên phải) ở tuần thứ 6

Tương ứng với tăng trưởng chồi, sinh khối của bèo tai tượng tăng 1,94-2,38 lần so với lúc bắt đầu thí nghiệm ($P < 0,05$; Bảng 5). Sinh khối của bèo tai tượng từ hệ thống xử lý nước thải nuôi ếch có thể sử dụng cho chăn nuôi hoặc sản xuất khí sinh học.

4. KẾT LUẬN

Bèo tai tượng có khả năng xử lý nước thải của hệ thống nuôi ếch sau 3 ngày lưu nước như giúp ổn định pH, giảm TDS, đạm, lân và COD, khả năng xử lý tăng theo mật độ trồng. Bèo tai tượng sinh trưởng chồi và tăng sinh khối tốt trong nước thải nuôi ếch Thái Lan, tuy nhiên có xuất hiện tình trạng bèo bị chết sau 6 tuần thí nghiệm, vì vậy cần thu hoạch tuyển bèo ở giai đoạn này để hạn chế tình trạng tái ô nhiễm và tạo điều kiện phát triển các chồi bên. Kết quả nghiên cứu cho thấy nên nghiên cứu bổ sung bèo tai tượng vào hệ thống xử lý nước thải nuôi ếch ở qui mô thực tế

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được Trung tâm Thực hành - Thí nghiệm, Trường Đại học Đồng Tháp hỗ trợ trang thiết bị trong phân tích mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

APHA, AWWA & WEF. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater (20th ed.).

American Public Health Association. Washington DC, USA.

Brix H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands?. *Water Science & Technology*. 35(5): 11-17. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00047-4).

Châu Minh Khôi, Nguyễn Văn Chí Dũng & Châu Thị Nhiên (2012). Khả năng xử lý ô nhiễm đạm, lân hữu cơ hòa tan trong nước thải ao nuôi thủy sản của lục bình (*Eichhorina crassipes*), và cỏ vetiver (*Vetiver zizanioides*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 21b: 151-160.

Chi cục Thủy sản tỉnh Đồng Tháp (2017). Niên giám thống kê tỉnh Đồng Tháp. Nhà xuất bản Thống kê.

Emerson K., Russo R.C., Lund R.E. & Thurston R.V. (1975). Aqueous Ammoniac Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 32: 2379-2383.

Ip Y.K., Chew S.F. & Randall D.J. (2001). Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. In: Wright, P.A., Anderson, P.M. (Eds.), *Nitrogen Excretion. Fish Physiology*, 20. Academic Press, San Diego. pp. 109-148.

Lee C., Fletcher T.D. & Sun G. (2009). Nitrogen removal in constructed wetland systems-Review. *Eng. Life Sci.* 9 (1): 11-22.

Lê Diễm Kiều, Trần Thị Thùy Trang, Đặng Phương Thủy & Phạm Quốc Nguyên (2022). Nghiên cứu chất lượng và tải lượng đạm và lân của nước thải ao nuôi ếch Thái Lan (*Rana tigerina*) thương phẩm ở huyện Cao Lãnh tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Môi trường và chăn nuôi*. tr. 47-54.

Lê Kiều Diễm, Nguyễn Minh Đạt, Nguyễn Xuân Lộc, Phạm Quốc Nguyên, Nguyễn Văn Công & Ngô

- Thụy Diễm Trang (2018). Khả năng xử lý nước thải ao nuôi thâm canh Cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) của hệ thống đất ngập nước kiến tạo dòng chảy mặt liên tục kết hợp với cỏ Mồm mỡ (*Hymenachne acutigluma*). Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. 5: 103-110.
- Le Minh Quoc (2012). Frog value chain case study in Ho Chi Minh City Vietnam (master's thesis). University of Tromso.
- Lê Văn Cát, Đỗ Thị Hồng Nhung & Ngô Ngọc Cát (2006). Nước nuôi thủy sản, chất lượng và biện pháp cải thiện chất lượng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Moss B. (1998). Ecology of freshwater: Man and Medium, Past to Future. Blackwell Science Publishers, Oxford.
- Nguyễn Thị Hồng Nho, Trương Quốc Phú & Phạm Thanh Liên (2022). Khả năng xử lý nước của bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) trong hệ thống tuần hoàn nuôi cá trê vàng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp. 6(1): 2769-2778.
- Schimittou H.R. (2004). Principles and Practices of high density fish culture in low volume cages. Auburn, Alabama, USA.
- Sipauba-Tavares L.H., Silva Peres L.R.D. & Scardoeli-Truzzi B. (2019). Treatment of frog farming effluent with *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Plant and environment 1(1): 31-39.
- Tanner C.C., Kadlec R.H., Gibbs M.M., Sukiz J.P.S. & Nguyen M.L. (2002). Nitrogen processing gradients in subsurface-flow treatment wetlands - influence of wastewater characteristics. Ecological Engineering. 18(4): 499-520. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00011-3).
- UBND huyện Tháp Mười (2020). Tổng hợp kết quả thực hiện Nghị quyết số 20/2016 / NQ-HĐND ngày 10/8/2016 của HĐND huyện, nhiệm kỳ 2016-2021.