

Nghiên cứu đánh giá hiệu quả thu hồi chất dinh dưỡng (N, P) trong mô hình sinh thái tích hợp cho ao nuôi cá tra

Trần Trung Kiên^{1,*}, Đồng Thị Thu Huyền², Nguyễn Thanh Hùng¹, Trần Thị Huệ¹, Nguyễn Thị Phương Thảo¹, Nguyễn Việt Thắng¹

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng thu hồi chất dinh dưỡng (N, P) phát thải từ ao nuôi thông qua bùn thải, xác cá chết và nước thải trong mô hình sinh thái tích hợp hướng tới không phát thải. Một mô hình sinh thái khép kín đã được thiết kế và triển khai cho ao nuôi cá tra với diện tích mặt nước là 10.300m², nước thải được xử lý bằng ao thủy sinh có trồng lục bình, bùn thải được nạo vét định kỳ làm nguyên liệu sản xuất phân hữu cơ, xác cá chết làm nguyên liệu cho sản xuất dịch đạm cá. Công cụ SFA (substance flow analysis) được ứng dụng để đánh giá hiệu quả tuần hoàn nguồn dinh dưỡng trong mô hình thông qua các dữ liệu thu thập được trong quá trình vận hành. Kết quả cho thấy rằng nguồn cung cấp dinh dưỡng vào ao cá chủ yếu từ thức ăn cho cá (khoảng 30.450 kgN/ha/vụ và 3.675 kgP/ha/vụ), cá thu hoạch giai đoạn trưởng thành tích lũy hàm lượng N có trong sinh khối cá là 12.480 kgN/ha/vụ và hàm lượng P là 540 kgP/ha/vụ, hàm lượng N và P còn lại đi vào trong nước thải và bùn đáy. Nguồn nước thải từ ao cá được đưa vào ao thủy sinh có với hàm lượng khoảng 11.509 kgN/ha/vụ và 2.978 kgP/ha/vụ, sau khi được xử lý bằng thủy sinh (lục bình) thì nồng độ trong nguồn nước chỉ còn 3.453 kgN/ha/vụ và 893 kgP/ha/vụ, tương ứng hiệu suất 70%. Hiệu suất lưu giữ các chất dinh dưỡng sau khi ủ phân khoảng 70 - 80%, sản phẩm của quá trình này là phân hữu cơ chứa hàm lượng N và P lần lượt là 0,26% và 0,12% (tương ứng 536 kgN/vụ và 248 kgP/vụ).

Từ khoá: Mô hình tích hợp, tuần hoàn dinh dưỡng, SFA - substance flow analysis, cá tra

¹Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc gia TP HCM, Việt Nam

²Khoa Công nghệ, Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai, Việt Nam

Liên hệ

Trần Trung Kiên, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc gia TP HCM, Việt Nam

Email: trungkienmt95@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 05-10-2023
- Ngày chấp nhận: 01-12-2023
- Ngày đăng: 31-12-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v7i2.742>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



MỞ ĐẦU

Nuôi cá da trơn là một trong những nghề nuôi trồng thủy sản được áp dụng phổ biến nhất ở đồng bằng sông Cửu Long. Sản phẩm cá da trơn của Việt Nam được xuất khẩu sang hơn 100 nước trên thế giới dưới dạng phille đông lạnh¹. Tổng diện tích nuôi cá tra ở đồng bằng sông Cửu Long đạt 808.800 ha, sản lượng cá 2.251.825 tấn/năm, đóng góp lớn vào GDP của Việt Nam². Sản lượng thủy sản chín tháng đầu năm 2023 của tỉnh An Giang khoảng 476,8 ngàn tấn, tăng 7,21% hay tăng 32 ngàn tấn so cùng kỳ. Trong đó, sản lượng cá tra thu hoạch (bao gồm sản lượng nuôi lồng, bè) 429 ngàn tấn, tăng 9,36%, tăng 36,7 ngàn tấn so cùng kỳ³. Tuy nhiên, chất thải phát sinh từ hoạt động nuôi trồng thủy sản, nhất là cá tra gây tác động tiêu cực đến môi trường. Các loại chất thải phát sinh từ hoạt động này có thể bao gồm chất thải rắn như bùn thải, thức ăn dư thừa, xác cá chết và nước thải có hàm lượng dinh dưỡng (N, P) cao^{4,5}. Tại các khu vực nuôi cá tra bằng nước tự nhiên của tỉnh, hàm lượng ô nhiễm chất dinh dưỡng sẽ biến đổi theo mùa. Cụ thể, vào mùa khô hàm lượng các chất dinh dưỡng có xu hướng cao hơn so với mùa mưa đặc biệt là các kênh nội đồng. Chất

lượng nước tại các thủy vực tự nhiên xung quanh khu vực nuôi cá tra thâm canh chịu tác động trực tiếp từ hoạt động nuôi, trao đổi nguồn nước phục vụ nuôi cá. Các hàm lượng phosphate, tổng nitơ (TN) và tổng phospho (TP) trong nước có giá trị cao⁶.

Để giảm thiểu ô nhiễm môi trường nông thôn, những mô hình nông nghiệp tích hợp như mô hình Vườn - Ao (VA), mô hình Vườn - Chuồng (VC) mô hình Vườn - Ao - Chuồng (VAC và mô hình Vườn - Ao - Chuồng - Biogas (VACB) đã được ứng dụng và đem lại hiệu quả cao⁷. Ứng dụng mô hình tích hợp công - nông nghiệp không phát thải (Agriculture - Industry zero emission system: AIZES) bao gồm các thành phần như Vườn - Chuồng - Ao - Biogas - Nhà - Trạm (VACBNT) nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tạo ra sinh kế bền vững cho người dân ở vùng nông thôn khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long⁸. Trong đó các giải pháp như ủ phân hữu cơ, sản xuất trùn từ bùn đáy ao, xử lý nước thải bằng ao thủy sinh đã được tích hợp vào mô hình nhằm nâng cao hiệu quả xử lý và chuyển đổi chất ô nhiễm. Với mục đích tối ưu hóa quá trình vận hành và sử dụng tài nguyên hiệu quả, một mô hình sinh thái tích hợp đã được thiết kế. Mô hình bao gồm ao nuôi thủy sản, trồng rau trên giá thể

Trích dẫn bài báo này: Kiên T T, Huyền D T T, Hùng N T, Huệ T T, Thảo N T P, Thắng N V. **Nghiên cứu đánh giá hiệu quả thu hồi chất dinh dưỡng (N, P) trong mô hình sinh thái tích hợp cho ao nuôi cá tra**. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2023; 7(2):702-714.

rom và hệ thống ủ phân hữu cơ, năng suất tích lũy của cụm tăng đáng kể, giúp cải thiện 12% hiệu quả năng lượng, tăng 18% sản lượng lương thực và giảm 25% chi phí vận hành⁹. Nếu kỹ thuật thu bùn đúng và hiệu quả thì hàm lượng chất dinh dưỡng trong bùn thải ao nuôi cá tra công nghiệp rất cao, hoàn toàn có thể thay thế được phân hữu cơ¹⁰. Phân bón hữu cơ được sản xuất từ bùn đáy ao nuôi cá kết hợp với phân bón hóa học có thể thay thế 25-75% lượng phân bón vô cơ được sử dụng làm nguồn dinh dưỡng cho dưa chuột và rau muống, đồng thời làm tăng sản lượng rau¹¹. Trầm tích (bùn đáy) ao nuôi cá còn được bổ sung vào quá trình sản xuất phân hữu cơ từ phân xanh (Green Waste) giúp tăng cường hiệu quả của quá trình ủ¹². Bùn đáy được phối trộn để tạo thành phân hữu cơ 2-1-2 và phân bón lá 6-6-3 tương ứng với tỉ lệ N:P₂O₅:K₂O¹³. Phân bón từ bùn đáy ao có thành phần dinh dưỡng đa lượng N, P, K cao, các kim loại vi lượng (Cu, Mn, Zn) đạt giá trị thích hợp cho chất lượng phân bón hữu cơ, các chỉ tiêu kim loại nặng (As, Pb, Cd) và vi sinh có hại (*E. Coli*, *Coliforms*, và *Salmonella*), dưới tiêu chuẩn cho phép của phân bón hữu cơ theo Tiêu chuẩn Việt Nam. Việc sử dụng phân hữu cơ sản xuất từ bùn đáy ao nuôi cá giúp cải tạo đất rất tốt, giảm dung trọng của đất, tăng độ bền đoàn lạp và thể tích ẩm độ và thể tích hữu dụng¹⁴.

Khi ứng dụng các loại thực vật để xử lý chất dinh dưỡng (N, P) từ nước thải thủy sản phụ thuộc vào phân bố của thực vật, hệ thống thực vật này làm giảm lượng dinh dưỡng (N, P) thất thoát đến 49% nhờ sản xuất sinh khối¹⁵. Khi tái sử dụng nước thải ao cá cho ruộng lúa, chúng được chứng minh là giảm tỷ lệ sử dụng phân bón theo truyền thống từ 20 – 40% đã cải thiện hiệu quả loại bỏ N từ ao cá thông qua ruộng lúa và năng suất lúa không thay đổi, bên cạnh đó còn hạn chế lượng N tích lũy trong đất sau thu hoạch¹⁶. Trong khi đó nếu ứng dụng nước thải ao cá tra cho sản xuất rau thì hiệu quả năng suất tăng lên gấp 1,8 lần so với canh tác truyền thống và tăng 13-14 lần so với độ canh cá tra¹⁷. Một loại chất thải rắn khác phát sinh từ ao cá là xác cá chết, phân bón lỏng từ xác cá chết là phân bón dạng lỏng chứa một hàm lượng lớn khoáng chất và rất giàu Nitơ, chất thải sẽ được phân hủy hiệu quả trong vòng 15 ngày dưới sự hỗ trợ của vi sinh¹⁸.

Các phương pháp phổ biến được dùng để đánh giá dòng vật chất thông thường là đánh giá vòng đời (LCA – Life cycle assessment), phân tích dòng vật chất (MFA – Material flow analysis), phân tích dòng chất (SFA – Substances flow analysis), phương pháp phân tích đầu vào và đầu ra (IOA – Input output analysis)¹⁹. Trong đó LCA là một công cụ chủ yếu để định lượng và đánh giá lợi ích và tác động môi trường của các giải pháp hoặc để lựa chọn các giải pháp xử lý

chất thải theo hướng tuần hoàn khác nhau. MFA tính đến trạng thái và sự thay đổi của các luồng nguyên liệu bên trong hệ thống bằng cách tính toán cân bằng khối lượng theo thời gian trong một không gian nhất định. Dòng vật chất được đo theo khối lượng của chúng, cung cấp thông tin về số lượng vật liệu đã được sử dụng nhưng không cung cấp thông tin về chất lượng của luồng vật liệu. Thách thức chính khi sử dụng phương pháp này chính là tính không chắc chắn của dữ liệu và tính sẵn có của thông tin. Tuy nhiên phương pháp này có thể được áp dụng trên các quy mô khác nhau. Phương pháp phân tích đầu vào và đầu ra được phát triển để mô tả và phân tích sự phụ thuộc lẫn nhau trong nền kinh tế khu vực. Khung phân tích IO thường được mở rộng để phân tích các tác động môi trường và kinh tế xã hội liên quan đến hoạt động của các ngành đó. Mô hình IO dành riêng cho phân tích chất thải dựa trên việc tương tác giữa các thành phần kinh tế và quá trình xử lý chất thải được tạo ra. Phương pháp SFA thường được sử dụng để đánh giá và xác định tiềm năng quản lý các dòng dinh dưỡng như N và P dựa trên phân tích định lượng và định tính các hệ thống phức tạp sử dụng định luật bảo toàn khối lượng²⁰. Công cụ phân tích dòng chất đã được điều chỉnh thêm để phù hợp với các điều kiện cụ thể ở các nước đang phát triển, nơi dữ liệu sẵn có còn khan hiếm và không chắc chắn^{21,22}. Việc phân tích và ước tính quá trình tái chế chất dinh dưỡng trong các hệ thống tích hợp đã cung cấp cơ sở cho quá trình đánh giá hệ sinh thái nông nghiệp²³. Các nghiên cứu về dòng nguyên liệu có thể phân tích được đồng thời các hệ thống phức tạp, đặc biệt là các chất dinh dưỡng có trong hệ thống nhằm đưa ra các phương án quản lý phù hợp²⁴⁻²⁷.

Các vùng nuôi cá tra nói riêng và thủy sản nói chung, các hoạt động này thải ra môi trường một lượng lớn chất thải chứa nhiều hàm lượng dinh dưỡng (N, P) ở các dạng khác nhau như bùn thải, nước thải và chất thải rắn. Các dạng chất thải này phải được quản lý theo hướng tuần hoàn và thu hồi cho các ứng dụng khác nhau trong nông nghiệp nhằm hạn chế hiện tượng phú dưỡng hóa cho các thủy vực xung quanh vùng nuôi. Trong nghiên cứu này phương pháp SFA đã được sử dụng để phân tích hai đối tượng chính là N và P trong mô hình sinh thái tích hợp được thiết kế cho vùng nuôi cá tra quy mô công nghiệp.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Cách tiếp cận

Nghiên cứu này hướng đến đề xuất mô xử lý chất thải tích hợp cho ao nuôi cá tra với mục tiêu tuần hoàn

nguồn dinh dưỡng (N, P) và giảm thiểu phát thải các nguồn dinh dưỡng này ra môi trường. Dựa trên các lý thuyết về hệ thống công nông nghiệp không phát thải và hiện trạng đối tượng nghiên cứu điển hình, có 5 bước để thiết kế mô hình sinh thái tích hợp cho ao nuôi được thực hiện như sau:

1. Khảo sát hiện trạng sản xuất và môi trường của vùng nuôi cá tra bao gồm: quy mô, diện tích ao nuôi, chế độ thay nước, chu kỳ nuôi, lượng thức ăn sử dụng, bố trí mặt bằng tổng thể, chất lượng nước cấp, tải lượng ô nhiễm của các nguồn thải khác nhau từ ao nuôi;
2. Kiểm toán đánh giá sơ bộ dòng vật chất của đối tượng nghiên cứu điển hình: định lượng các dòng vật chất, xác định các dòng thải có thể quay vòng khép kín trong mô hình;
3. Đề xuất mô hình xử lý chất thải từ ao nuôi cá theo hướng tuần hoàn dòng dinh dưỡng trên cơ sở hiện trạng của vùng nuôi kết hợp với các đối tượng vệ tinh xung quanh vùng nuôi đã được khảo sát và đánh giá.
4. Đánh giá hiệu quả xử lý của các giải pháp đã được đề xuất trong mô hình sinh thái tích hợp, nhất là đối với kỹ thuật xử lý bùn thải và nước thải từ ao nuôi.
5. Đánh giá hiệu quả tuần hoàn các dòng dinh dưỡng (N, P) trong mô hình bằng phương pháp SFA trên cơ sở đánh giá các nguồn dinh dưỡng đầu vào ao nuôi, các chất thải và sinh và quá trình chuyển đổi chất ô nhiễm thành các sản phẩm có giá trị.

Mô tả đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành tại trang trại nuôi cá tra, trang trại là một trong các vùng nguyên liệu của Công ty CP XNK Thủy sản Cửu Long tại Thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang, hiện trạng vùng nuôi được thể hiện trong Hình 1. Con giống của vùng nuôi được cung cấp và mua từ đại lý, mật độ nuôi từ 90-100 con/m² mặt nước với trọng lượng 30-33g/con. Một chu kỳ nuôi kéo dài khoảng 8-10 tháng, trọng lượng cá đạt từ 0,7-1,4kg/con. Kích thước hạt thức ăn thay đổi theo kích thước của cá, phần trăm protein trong thức ăn khoảng 28-30%. Chế độ thay nước đối với con nhỏ là 1-2 lần hoặc 3-4 lần trên ngày, đối với ao nuôi giai đoạn trưởng thành có thể thay liên tục lớn hơn 20% thể tích ao nuôi (khoảng 30-40%). Các hóa chất cơ bản được sử dụng trong quá trình nuôi trồng thủy sản như vôi với khối lượng 7-10kg/100m², thuốc tím, các enzym tiêu hóa được sử dụng chung với khẩu phần ăn của cá. Nguồn cấp nước chính cho vùng nuôi

là kênh Cái Sao, các hộ dân trong khu vực có chung lối đi với vùng nuôi. Hộ dân xung quanh đa số là nhân viên cho vùng nuôi, bên cạnh đó có các sinh kế chính khác như: trồng lúa (3 vụ trên năm), vườn tạp, chăn nuôi gia súc, gia cầm.

Tái thiết kế vùng nuôi hiện hữu

Mô hình cho vùng nuôi được thiết kế trên cơ sở lấy vùng nuôi làm trung tâm, nguồn nước cấp từ vùng nuôi được lấy từ kênh Cái Sao đây cũng là nơi tiếp nhận nước thải sau khi xử lý qua ao lắng thủy sinh. Ao nuôi thương phẩm được nghiên cứu điển hình với diện tích mặt nước là 10.300m², sâu 1,9m, tổng thể tích ao nuôi là 19.570m³, nước cấp được bơm trực tiếp từ hai máy bơm đi qua hệ thống kênh cấp nước của vùng nuôi đến các ao. Mỗi ngày thay nước 2 lần lúc nước lớn, tỷ lệ trao đổi nước 20% (tương đương 3.914m³/ngày.đêm). Vùng nuôi cá có bố trí 3 ao chứa hiện hữu, mỗi ao diện tích khoảng 6.000m², cải tạo một trong 3 ao để xử lý nước thải. Nước thải từ ao nuôi qua hệ thống thoát nước đến ao thủy sinh, diện tích mặt nước 5.600m², sâu 2,1m. Bố trí sinh khối lục bình che phủ ít nhất 70% diện tích mặt nước ao thủy sinh (tương đương 3.920 m²). Thời gian lưu nước trong mương thủy sinh là khoảng 3 – 4h (HRT = 4). Khu vực ủ phân hữu cơ được xây dựng với diện tích 400m² (DxRxH: 20m×20m×0.3m), có bố trí rãnh thoát nước rì. Bùn thải sau khi thu, được tách nước tự nhiên khoảng 2 ngày sau đó phối trộn cùng với lục bình và phân xanh theo tỷ lệ 8:1:1 tương ứng (bùn đáy:phân xanh:lục bình). Chế phẩm được sử dụng là chế phẩm Bio-EM, phối trộn cùng với 18 lít nước và 2 lít mật rỉ đường cho mỗi lần sử dụng. Phân hữu cơ được ủ theo phương pháp luống dài (windrow composting), mỗi luống ủ dài 15m và có đảo trộn. Phân compost hình thành được sử dụng bởi hộ dân lân cận, bón cho vườn chuối để thay thế lượng phân hóa học đang sử dụng, phân đạm từ xác cá chết cũng được hộ dân sử dụng cho vườn tạp (xoài, dứa) và rau màu (mướp đắng).

Xác cá chết từ ao thương phẩm được thu gom hằng ngày, sau đó được đưa vào khu vực sản xuất dịch đạm cá thủy phân. Tại đây, xác cá chết được băm nhỏ và phối trộn cùng với enzym Alcalase 2L với tỷ lệ enzym/cơ chất là 0,2% ở nhiệt độ thông thường và pH khoảng 8. Dịch thủy phân thành phẩm có thể được sử dụng sau 14 ngày ủ, dịch đạm được thu phía trên thiết bị ủ (Ø 58 mm, chiều cao là 890mm) và chất rắn được lắng đọng bên dưới sẽ được cung cấp cho quá trình ủ phân hữu cơ. Dịch đạm thành phẩm có thể được sử dụng cho vườn măng cầu xiêm dạng phân bón lá. Mô hình được đề xuất tổng quát như Hình 2, những



Hình 1: (a) Kênh cấp nước, (b) Ao nuôi, (c) Xác cá chết, (d) Ao chứa.

cụm công nghệ được đưa vào cân bằng bao gồm: ao cá, chuồng, vườn, ao lắng thủy sinh, ủ phân hữu cơ, ủ phân đạm.

Phương pháp phân tích dòng vật chất

Sử dụng phương pháp dòng chất (SFA) để định lượng dòng chảy N và P trong mô hình sinh thái khép kín, từ đó xác định được các vị trí tích tụ và phát thải hàm lượng dinh dưỡng. Hệ thống được xây dựng gồm có 6 hệ thống chính và 24 hệ thống phụ, được thể hiện chi tiết trong Bảng 1. Mỗi quan hệ giữ các hệ thống phụ được phân tích dựa trên sự tương tác qua lại thông qua quá trình trao đổi chất thải. SFA dựa trên định luật bảo toàn khối lượng, trong đó phát biểu rằng khối lượng của một hệ kín sẽ không đổi, bất kể các quá trình hoạt động bên trong hệ thống đó. Phần mềm STAN 2.6 (subSTANCE flow 280 Analysis) được sử dụng để mô tả trực quan động lực của dòng N và P trong hệ thống.

Phương pháp phân tích

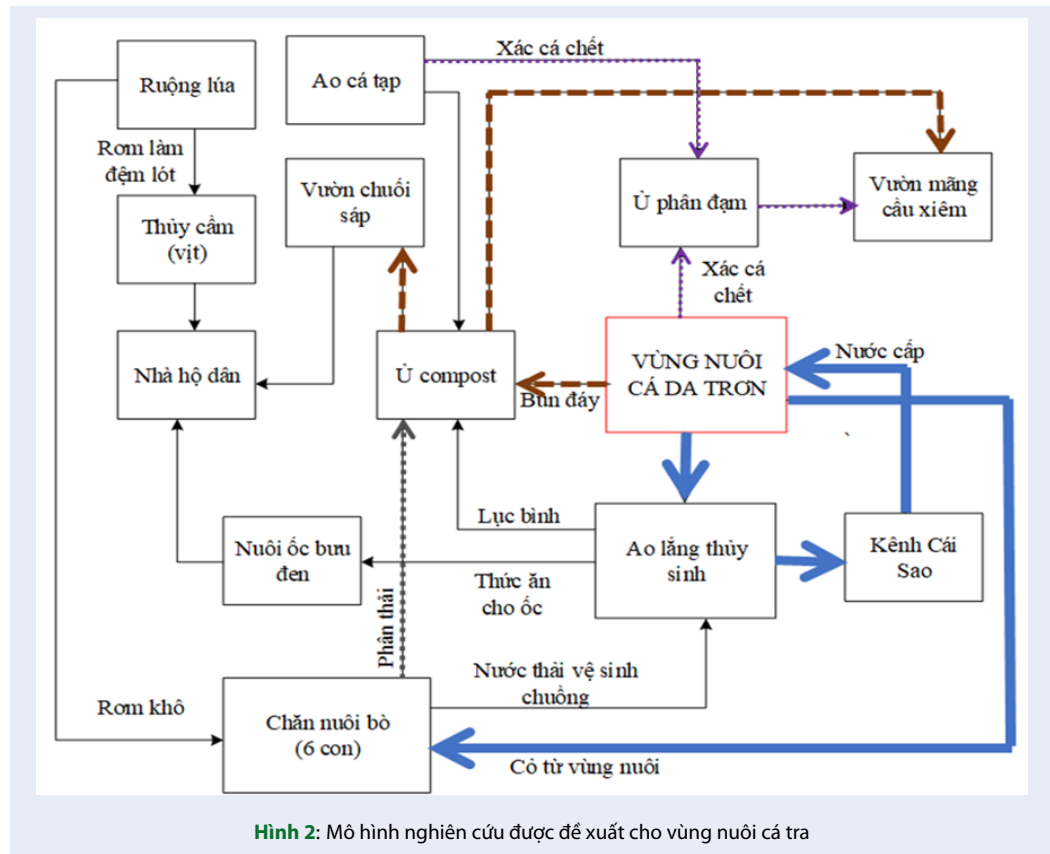
Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm của nghiên cứu được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Chất thải rắn và Chất thải nguy hại – Viện Môi trường và Tài nguyên. Mẫu nước được thu và bảo quản

theo Tiêu chuẩn TCVN 6663-3:2003. Các thông số pH, oxy hòa tan (DO), nhiệt độ được đo nhanh tại hiện trường bằng thiết bị máy đo đa năng cầm tay với điện cực WTW 350i (Germany), đối với chỉ tiêu tổng N của mẫu nước được phân tích theo tiêu chuẩn TCVN 6638:2000 (ISO 10048:1991). Chỉ tiêu tổng P được phân tích theo phương pháp SMEWW 4500-P&D:2017. Mẫu thịt cá thương phẩm và mẫu thức ăn được lấy tại thời điểm triển khai thực hiện mô hình, giai đoạn cá được 6 – 7 tháng nuôi. Lấy mẫu và bảo quản lạnh gửi về phòng thí nghiệm ngay sau khi thu để phân tích các thông số tổng Nitơ theo các phương pháp thử của Phòng thí nghiệm. Mẫu bùn đáy ao, thức ăn và phân hữu cơ sau khi ủ được thu và đưa về phòng thí nghiệm phân tích các chỉ tiêu về N theo phương pháp TCVN 6498:1999. Đối với hàm lượng N trong dịch đậm thủy phân được phân tích theo phương pháp TCVN 10682:2015.

KẾT QUẢ

Đánh giá hiệu quả tuần hoàn dinh dưỡng

Để đánh giá khả năng tuần hoàn dinh dưỡng trong mô hình, một loạt sáu hệ thống phụ từ X_1 đến X_6 được thực hiện kiểm kê dòng N và dòng P cụ thể, kết quả kiểm kê được trình bày trong Bảng 2. Ở mỗi hệ thống



Hình 2: Mô hình nghiên cứu được đề xuất cho vùng nuôi cá tra

phụ sẽ kiểm kê tổng N và P có trong hệ thống ở đầu vào và đầu ra. Trong mô hình sinh thái hướng đến khép kín thì nguồn N đầu ra của hệ thống phụ này sẽ là đầu vào của hệ thống phụ khác nhằm tuần hoàn và tái sử dụng các chất dinh dưỡng, chi tiết được thể hiện trong Hình 3. Trong mô hình nuôi cá tra tích hợp hướng đến không phát thải, nguồn chất thải phát sinh từ ao cá bao gồm hàm lượng nước thải chứa nhiều chất ô nhiễm dinh dưỡng và bùn thải từ trầm tích đáy là nơi lắng đọng nhiều chất thải hữu cơ thừa.

Tại hệ thống phụ X_1 , hàm lượng chất dinh dưỡng đầu vào chủ yếu có trong hàm lượng thức ăn cho cá (chứa khoảng 30.450kgN/ha/vụ và 12.480kgP/ha/vụ). Ở đầu ra của hệ thống X_1 , cá thu hoạch giai đoạn trưởng thành tích lũy hàm lượng N có trong sinh khối cá tươi là 12.480 kgN/ha/vụ và hàm lượng P là 540 kgP/ha/vụ, hàm lượng N và P còn lại sẽ chứa trong nước thải và bùn đáy. Nước thải ra hàng ngày tương ứng 20% lượng nước cấp vào ao, nồng độ N và P trong nước thải ra lần lượt là 24,5mg/L và 6,34mg/L tương ứng với phát thải 96kgN/ha/ngày và 24,8kgP/ha/ngày. Lượng nước thải này đưa qua ao lắng thủy sinh để xử lý chất dinh dưỡng có trong nước thải bằng thủy sinh (lục bình), còn bùn đáy ao sẽ được dùng để ủ phân compost.

Hệ thống phụ X_4 tiếp nhận nước thải từ hệ thống phụ X_1 với nồng độ khoảng 11.509 kgN/ha/vụ và 2.978 kgP/ha/vụ, tại đây các quá trình sinh hóa sẽ diễn ra do sự sinh trưởng và phát triển của lục bình cùng hệ vi khuẩn, sau đó lượng nước sau xử lý sẽ được đưa ra nguồn nước cấp với nồng độ 3.453 kgN/ha/vụ và 893 kgP/ha/vụ. Sự gia tăng sinh khối lục bình tích lũy 927kgN/m² và 855 kgP/m² với diện tích ao thủy sinh là 500m².

Bùn thải tích lũy từ đáy ao có chứa một hàm lượng lớn chất hữu cơ là đầu vào của hệ thống phụ X_5 . Bùn đáy được sử dụng là 165 tấn/vụ có khoảng 226,05 kgN/vụ và 79,2 kgP/vụ, nguồn bùn thải này được phối trộn với sinh khối lục bình (khoảng 424,88kgN/vụ và 391,88 kgP/vụ) và bổ sung nguồn dinh dưỡng từ phân xanh từ chăn nuôi bò tại hệ thống phụ X_2 (khoảng 245,44kgN/vụ và 165 kgP/vụ). Công thức phối trộn này theo tỉ lệ 10% lục bình lấy từ ao lắng thủy sinh, 10% phân bò và 80% bùn đáy ao. Các nguyên liệu được phối trộn và ủ ít nhất trong vòng 30 ngày trước khi đưa ra sử dụng. Lượng phân bón này được sử dụng bón cho vườn trồng cây rất tốt góp phần cải tạo chất lượng đất, đồng thời hạn chế việc sử dụng phân bón hóa học. Với lượng bùn thải được sinh ra từ ao

Bảng 1: Các dòng chất cần được phân tích và thiết lập công thức tính toán.

Thành phần		Ký hiệu	Dòng vật chất	Công thức
AO CÁ (X ₁)	Đầu vào	P1	Nước cấp vào ao cá	$C_{1,N(P)} \times S_{ao} \times D_{ao} \times 90 \times 0,2$
		P2	Thức ăn cho cá	$C_{2,N(P)} \times M_{food}$
		P3	Cá giống	$C_{3,N(P)} \times M_{ca}$
	Đầu ra	P4	Cá thu hoạch	$C_{4,N(P)} \times M_{ca}$
		P5	Nước thải	$C_{5,N(P)} \times S_{ao} \times D_{ao} \times f_{ao}$
		P6	Bùn thải	$C_{6,N(P)} \times S_{ao} \times H_{bun}$
		P7	Xác cá chết	$C_{7,N(P)} \times M_{ca}$
CHUỒNG (X ₂)	Đầu vào	P8	Thức ăn cho bò	$C_{8,N(P)} \times N_{bo} \times 10^{-3}$
		P9	Nước uống + tắm	$C_{9,N(P)} \times (Q_{bo} \times N_{bo})$
	Đầu ra	P10	Phân thải bò	$C_{10,N(P)} \times N_o \times 10^{-3}$
		P11	Sinh khối bò	$C_{11,N(P)} \times N_{bo} \times W_{bo} \times 10^{-3}$
		P12	Nước thải	$C_{12,N(P)} \times Q_{bo} \times 10^{-3}$
VƯỜN (X ₃)	Đầu vào	P13	Phân hữu cơ	$C_{13,N(P)} \times m_{cp} \times S_{vuon}$
		P14	Nước tưới vườn	$C_{14,N(P)} \times Q_{xl} \times S_{vuon}$
	Đầu ra	P15	Sản phẩm nông nghiệp (măng cầu xiêm)	$C_{15,N(P)} \times M_s$
AO LẮNG THỦY SINH (X ₄)	Đầu vào	P16	Nước thải sau ao cá	$C_{16,N(P)} \times Q_{sh} \times 10^{-3}$
	Đầu ra	P17	Sinh khối lục bình	$C_{17,N(P)} \times S_{ao} \times 15$
		P18	Nước thải sau xử lý	$C_{18,N(P)} \times Q_{sh} \times 10^{-3}$
COMPOST (X ₅)	Đầu vào	P19	Bùn thải từ ao cá	$C_{6,N(P)} \times S_{ao} \times H_{bun}$
		P20	Phân bò thải	$C_{21,N(P)} \times M_{phan}$
		P21	Thủy sinh (lục bình)	$C_{22,N(P)} \times M_{thuysinh}$
	Đầu ra	P22	Phân compost	$C_{23,N(P)} \times P_p$
	HỆ THỐNG Ủ PHÂN CÁ (X ₆)	Đầu vào	P23	Xác cá chết
Đầu ra		P24	Dịch thủy phân đậm	$C_{25,N(P)} \times Q_{dich\ dam}$

nuôi khoảng 375 tấn/ha/vụ, sau khi ủ phân compost đã xử lý được 165 tấn/ha/vụ, số bùn thải còn lại sẽ nằm ở ao lắng. Như vậy tỷ lệ giảm lượng bùn thải đạt tỷ lệ 44% so với trước khi triển khai mô hình.

Tại ao nuôi cá, ngoài nước thải và bùn thải thì một lượng cá chết cũng được kể đến. Toàn bộ lượng cá chết này được sử dụng để ủ phân đạm, là đầu vào của hệ thống phụ X₆ có chứa khoảng 41,6kgN/ha/vụ và 1,8kgP/ha/vụ. Sản phẩm đầu ra của quá trình này là dịch đạm thủy phân có khoảng 34 kgN/vụ và 1,458

kgP/vụ với hiệu suất lưu giữ N sau khi thủy phân là 90%. Sản phẩm phân đạm cá này có thể được sử dụng cho quá trình canh tác rau hữu cơ và nó được chứng minh là có tác động tích cực đến sinh trưởng và phát triển của thực vật²⁸. Ngoài ra, có thể tận dụng cây cỏ mọc xung quanh các ao và trong vườn cây trồng để làm thức ăn cho bò.

Đánh giá bổ sung hiệu quả của mô hình

Bảng 2: Ước tính khối lượng vật chất trong mô hình sinh thái khép kín

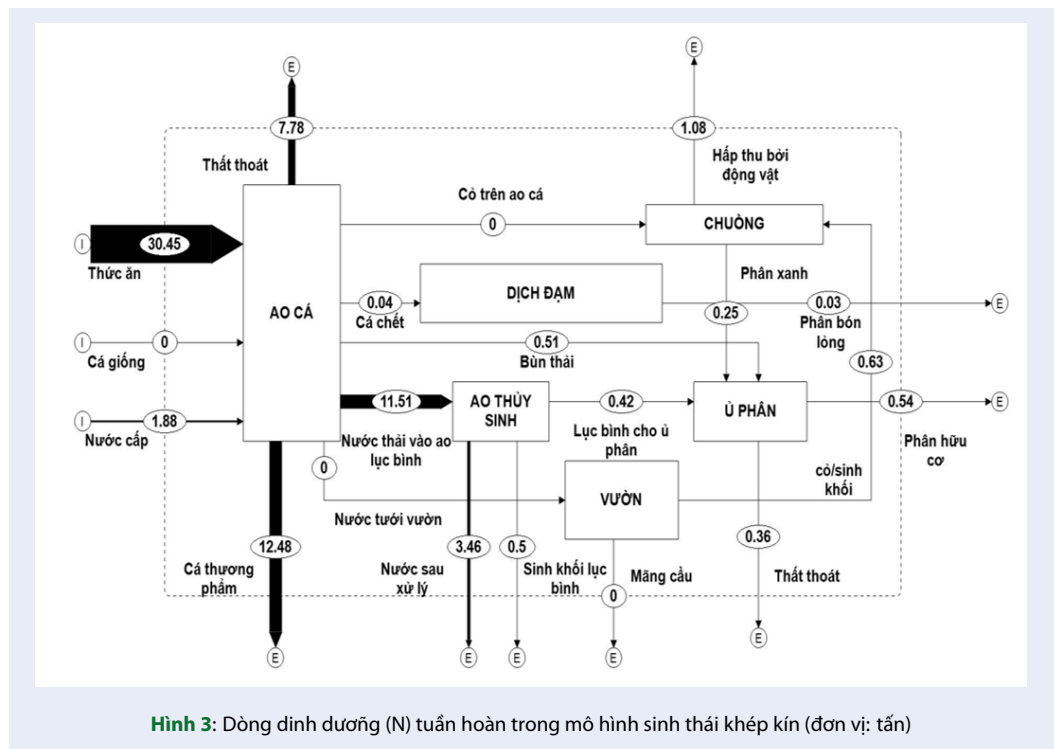
Ký hiệu	Dòng vật chất	Khối lượng (m)		Tổng N	Tổng P	Đơn vị
		Gía trị	Đơn vị			
P1	Nước cấp vào ao cá	450.000	m ³ /ha/vụ	1.876,5	76,50	kg/ha/vụ
P2	Thức ăn cho cá	15,000	tấn/ha/vụ	30.450	3.675	kg/ha/vụ
P3	Cá giống	0,21	tấn/ha/vụ	4.368	0.18900	kg/ha/vụ
P4	Cá thu hoạch	600	tấn/ha/vụ	12,480	540	kg/ha/vụ
P5	Nước thải	470.000	m ³ /ha/vụ	11,515	2,979.8	kg/ha/vụ
P6	Bùn thải	375	tấn/ha/vụ	513.750	180	kg/ha/vụ
P7	Xác cá chết	2.000	kg/ha/vụ	41,6	1,8	kg/ha/vụ
P8	Thức ăn cho bò	25	kg/con.ngày	630,0	472,5	kg /con.ngày
P9	Nước uống + tắm	15	L/con.ngày	0,00567	0,00605	kg/con.ngày
P10	Phân thải bò	7	kg/con.ngày	104,9	70,5	kg/con.ngày
P11	Sinh khối bò	400	kg/con.chu kỳ	1,075	0,448	kg/con.chu kỳ
P12	Nước thải	16,83	L/con.ngày	5.301,45	1.060,29	kg/con.ngày
P13	Phân hữu cơ	6,5	kg/vụ/m ²	20,57	3,33	kg/vụ/m ²
P14	Nước tưới vườn	0,2	m ³ /m ²	4,8	1,344	kg/m ²
P15	Sản phẩm nông nghiệp (màng cầu xiêm)	1,2	kg/m ²	4,56	0,36	kg/m ²
P16	Nước thải sau ao cá	469.760	m ³ /ha/vụ	11.509	2.978	kg/ha/vụ
P17	Sinh khối lục bình	15	kg/m ²	927	855	kg/500m ²
P18	Nước thải sau xử lý	469.760	m ³ /ha/vụ	3.453	893	kg/ha/vụ
P19	Bùn thải từ ao cá	165	tấn/ha/vụ	226,05	79,20	kg/ha/vụ
P20	Phân bò thải	21	tấn/vụ	245,44	165	kg/vụ
P21	Thủy sinh (lục bình)	20,62	tấn/vụ	424,88	391,88	kg/vụ
P22	Phân compost	206	tấn/vụ	536	248	kg/vụ
P23	Xác cá chết	2.000	kg/ha/vụ	41,60	1,80	kg/ha/vụ
P24	Dịch thủy phân đạm	1.800	lít/vụ	34	1,45	kg/vụ

Thu hồi dinh dưỡng từ quá trình đồng ủ lục bình và bùn đáy ao

Trong Bảng 3 thể hiện tổng hàm lượng N của bùn thải từ ao cá (1,5%) và lục bình (1,16%) làm nguyên liệu cho quá trình ủ phân compost, tổng hàm lượng N của phân trộn phụ thuộc đầu vào hàm lượng N ban đầu có trong nguyên liệu thô và mức độ phân hủy. Thời gian ủ phân hữu cơ kéo dài từ 30 đến 40 ngày thì sản phẩm hoàn thiện cuối dùng đạt nồng độ N là 1,2%, tổng hàm

lượng N trong chất ủ đã chuẩn bị gần bằng với chất nền ban đầu (Hình 4). Hàm lượng N tăng lên do sự khoáng hóa của các vật liệu giàu hữu cơ và hoạt động của vi sinh vật cố định N, sự giảm pH trong quá trình ủ phân từ 6,8 đến 6,5 là một yếu tố quan trọng trong quá trình lưu trữ N bằng phân bón mà nếu không sẽ có thể bị mất đi dưới dạng amoni tại mức pH cao hơn.

Khi có quá nhiều Nitơ, thì vi sinh vật sẽ bị thiếu hụt Cacbon. Khi đó vi sinh vật không có đủ năng lượng để biến Nitơ thành protein. Chính vì vậy chỉ



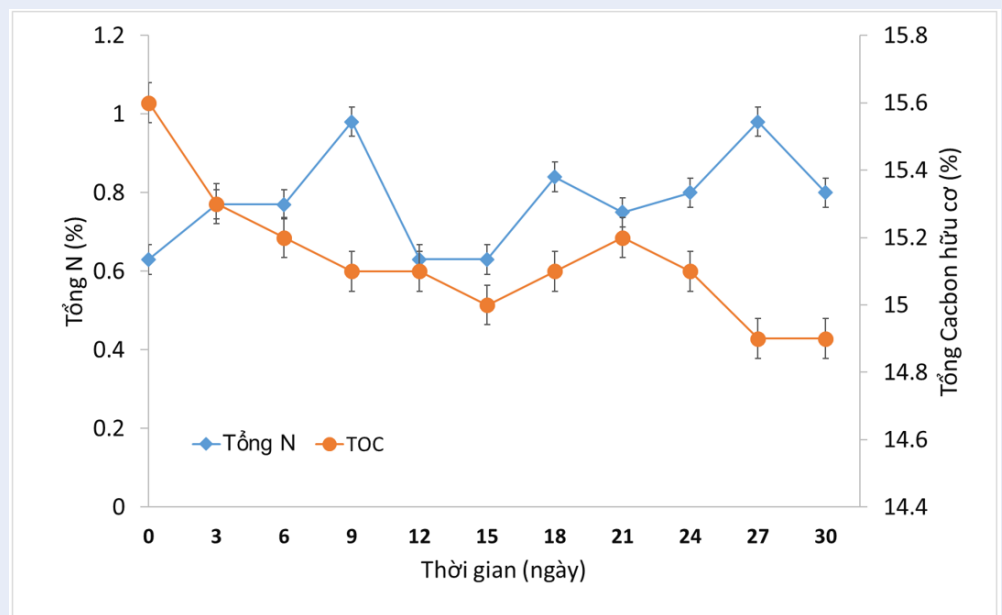
Bảng 3: Tính chất của của bùn thải và lục bình làm nguyên liệu ủ

Parameter	pH	EC	Độ ẩm	VS	Độ tro	Tổng	Tổng C	Tổng P	C/N
Đơn vị	-	dS/m	%	%	%-dwt	%-dwt	%-dwt	%-dwt	-
Bùn thải từ đáy ao	6,8	0,36	81,2	25,4	46,8	1,5	18,2	0,87	9,5
Lục bình từ ao thủy sinh	5,9	4,8	85,6	73,5	25,6	1,1	50,1	0,06	43,1
Phân bón thành phẩm	6,5	0,71	31,5	30,5	47,0	1,2	25,3	0,85	21

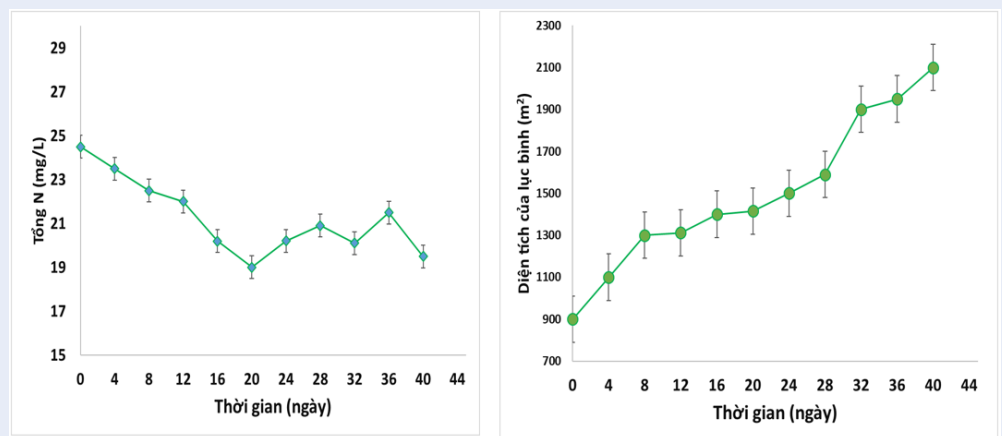
tiêu tổng cacbon hữu cơ cũng là một chỉ tiêu quan trọng có liên quan đến sự chuyển hóa N của vi sinh vật. Trong Hình 4 sự thay đổi hàm lượng tổng cacbon là tương đối đáng kể trong suốt quá trình ủ phân, giảm từ 15,6% xuống còn 14,9%, việc giảm cacbon trong quá trình ủ phân là do sự phân hủy sinh học của vật liệu ban đầu được chuyển thành carbon dioxide^{29,30}. Tổng hàm lượng C hữu cơ được quan sát thấy là 50% đối với lục bình đã giảm khi ủ phân³¹.

Hấp thu và loại bỏ chất dinh dưỡng của lục bình trong ao thủy sinh

Hiệu quả xử lý N từ nước thải ao nuôi cá bằng phương pháp sử dụng lục bình được thể hiện trong Hình 5. Thời gian thực hiện thử nghiệm kéo dài 30 đến 40 ngày, kết quả cho thấy hiệu quả xử lý tổng N trong ao thủy sinh đạt được là 79.5% với diện tích che phủ của lục bình là 42%, tương tự với³². Trong 20 ngày sau quá trình xử lý bằng lục bình nồng độ tổng N tăng nhẹ từ 19.1mg/L lên 20.2 mg/L do thành phần nitơ hữu cơ được đưa vào nước bởi quá trình phân hủy



Hình 4: Sự thay đổi tổng Nito và tổng cacbon hữu cơ trong quá trình ủ phân



Hình 5: Sự thay đổi của tổng N và độ che phủ của lực bình

của hệ sinh thái³³. Lực bình là loại thực vật chứa đến 95% là nước, sinh trưởng và phát triển của lực bình phụ thuộc vào nhiệt độ và hàm lượng dinh dưỡng có trong nước thải^{34,35}. Do tốc độ sinh trưởng của lực bình nhanh nên trong thời gian ngắn xử lý nước thải lực bình diện tích che phủ của ao thủy sinh đã tăng lên từ 900m² lên đến 2,100m² (Hình 4). Tuy nhiên, diện tích lực bình tăng nhanh trong thời gian ngắn sẽ ngăn chặn sự xâm nhập của ánh sáng mặt trời và oxy hòa tan trong nước, do vậy giải pháp được đưa ra là thu hồi Nito từ sinh khối lực bình cho quá trình ủ phân hữu cơ tương tự với các nghiên cứu trước đây³⁶.

THẢO LUẬN

Qua quá trình đánh giá hiện trạng vùng nuôi, đề xuất mô hình, triển khai mô hình thực tế và áp dụng công cụ SFA vào lượng hóa các giá trị dinh dưỡng trong mô hình sinh thái khép kín. Mô hình này nếu được nhân rộng sẽ giúp cho vùng nuôi cá tra tại tỉnh An Giang nói riêng cũng như khu vực Đồng bằng sông Cửu Long nói chung giải quyết được các vấn đề ô nhiễm từ ao cá tra thâm canh quy mô công nghiệp. So sánh với các nghiên cứu về dòng nguyên liệu có thể được phân tích đồng thời trong các thiết kế phức tạp, đặc biệt là trong quá trình thu hồi dinh dưỡng được quản lý

bằng các giải pháp khác nhau để tái sử dụng chất dinh dưỡng và hạn chế ô nhiễm môi trường^{24,25}. Phương pháp này cũng đã được áp dụng cho việc tính toán dòng vật chất cho ao nuôi cá tra, xác định khối lượng chất thải đi vào từng công trình đơn vị hay lượng chất thải được xả thải trực tiếp ra môi trường. Nước thải xả ra kênh tiếp nhận chiếm 74,1%, phần còn lại bốc hơi vào không khí (21,17%), tích tụ trong phân hữu cơ và sinh khối của cây trồng (4,73%). Chất hữu cơ tích lũy trong cây trồng và trong đất lần lượt là 1,95% và 9,6%, phần còn lại được tích lũy trong phân hữu cơ^{26,27}. Trong khi kết quả của nghiên cứu này cho thấy phân tích hiệu suất xử lý của thủy sinh đạt 70% và hiệu suất lưu giữ các chất dinh dưỡng sau khi ủ là 70-80%. Hiện tại hầu hết các vùng nuôi cá tra lớn đều là các vùng nguyên liệu của các doanh nghiệp chế biến thủy sản, tạo thành chuỗi giá trị liên kết từ vùng nuôi đến nhà máy. Các vùng nuôi này đều phải thực hiện các giải pháp quản lý môi trường, nhằm hạn chế phát thải chất ô nhiễm ra môi trường xung quanh, nhất là nguồn nước mặt. Hầu hết các giải pháp này đều là các giải pháp xử lý cơ bản, dựa vào thực vật thủy sinh bản địa, tuy nhiên tốc độ sinh trưởng và phát triển của thực vật thủy sinh tương đối nhanh dễ gây mất kiểm soát và giảm khả năng xử lý. Các giải pháp được đề xuất trong mô hình nhìn chung đều là các giải pháp cơ bản, tuy nhiên khi kết hợp chúng lại sẽ tạo ra một vòng tuần hoàn dinh dưỡng khép kín. Từ đó các giải pháp này không chỉ giúp bảo vệ môi trường khu vực vùng nuôi mà còn tạo sự liên kết giữa các đối tượng sinh kế vệ tinh xung quanh ao nuôi, các đối tượng này khi triển khai mô hình sẽ được hưởng lợi trực tiếp từ các giải pháp đã được đề xuất. Bên cạnh đó các đối tượng xung quanh cũng sẽ trao đổi hoặc tiếp nhận, hoặc cung cấp chất thải cho mô hình để tạo nên sản phẩm có giá trị. Khi đó mô hình sẽ được duy trì và phát triển bền vững trong tương lai.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá được hiệu quả thu hồi chất dinh dưỡng của mô hình sinh thái khép kín cho ao nuôi cá tra thông qua công cụ SFA. Các dòng dinh dưỡng (N và P) trong mô hình sinh thái tích hợp cho vùng nuôi cá tra đã được đánh giá. Hàm lượng dinh dưỡng chính chủ yếu là từ thức ăn cho vùng nuôi, lượng dinh dưỡng được hấp thu bởi cá tra cho sinh trưởng và phát triển. Hàm lượng N và P còn lại được thải ra môi trường với các dạng chính bao gồm nước thải, bùn thải và chất thải rắn (xác cá chết). Trong nghiên cứu này các nguồn dinh dưỡng hòa tan, hoặc

xâm nhập từ không khí hoặc bị thất thoát vào đất được xem như không ảnh hưởng đến kết quả kiểm kê, các nguồn này được xem như là thất thoát. Nước thải của vùng nuôi được xử lý qua ao thủy sinh với thời gian lưu nước thấp nhất là 4 giờ, sau đó được thải ra nguồn tiếp nhận, bùn thải được ủ phân hữu cơ dùng để bón lại cho vườn tại trang trại và trao đổi với các hộ dân vệ tinh xung quanh. Xác cá chết được sử dụng như là cơ chất trong quá trình sản xuất dịch đậm thủy phân, sản phẩm này được sử dụng như phân bón lá cho vườn tạp của các hộ dân xung quanh. Các nghiên cứu tiếp theo cần tối ưu hóa việc sản xuất phân bón từ bùn thải, nhất là khi các kỹ thuật thu hồi bùn còn hạn chế, chất lượng bùn thải không cao.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số DN2022-24-02 với tên đề tài là “Ứng dụng phân tích dòng vật chất (MFA) trong việc quản lý dòng Nitơ hướng đến hệ sinh thái khép kín cho các ao nuôi cá tra khu vực đồng bằng sông Cửu Long”.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo “Nghiên cứu đánh giá khả năng thu hồi chất dinh dưỡng (N,P) trong mô hình sinh thái tích hợp cho ao nuôi cá tra”

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Trần Trung Kiên: Phân tích hình thức, Điều tra, Quản lý dữ liệu, Phương pháp luận, Viết – bản thảo gốc, Viết – rà soát & chỉnh sửa. Đồng Thị Thu Huyền: Phương pháp luận, phân tích dữ liệu. Nguyễn Thanh Hùng: Khái niệm hóa, Phương pháp luận, Nguồn tài liệu, Viết – rà soát & chỉnh sửa, Giám sát, Quản lý đề tài. Trần Thị Hiệu: Điều tra, Kiểm chứng, Phân tích hình thức, Viết – bản thảo gốc. Nguyễn Thị Phương Thảo: Điều tra, Quản lý dữ liệu. Nguyễn Việt Thắng: Khảo sát, Triển khai mô hình.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

N: Nitơ

P: Photpho

VS: Chất rắn bay hơi (volatile solids)

SFA: Phân tích dòng chất

HRT: Thời gian lưu nước

QCVN : Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phan LT, Bui TM, Nguyen TT, Gooley GJ, Ingram BA, Nguyen HV, et al. Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture*. 2009;296(3-4):227-36; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.017>.
- GSO. Statistical Yearbook of Viet Nam 2020 General Statistics Office 2021;
- GSO. Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội tháng 9 và 9 tháng đầu 2023 In: Giang CTktA, editor. An Giang: Tổng cục Thống Kê; 2023 p. 8-9;
- Dauda AB, Ajadi A, Tola-Fabunmi AS, Akinwale AO. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture Fisheries*. 2019;4(3):81-8; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>.
- Nhu TT, Schaubroeck T, De Meester S, Duyvejonck M, Sorgeloos P, Dewulf J. Resource consumption assessment of *Pangasius fillet* products from Vietnamese aquaculture to European retailers. *Journal of Cleaner Production*. 2015;100:170-8; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.030>.
- Giang TT, Hòa ẤV, Phú TQ, Giang HT, Út VN. Hàm lượng dinh dưỡng môi trường nước tự nhiên khu vực nuôi cá tra tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*. 2021;57(3):207-18; Available from: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.103>.
- Son NN, Nhân ĐK, Linh HC. Yếu tố ảnh hưởng đến sự chấp nhận Biogas của nông dân trong mô hình canh tác vườn-ao-chuồng-Biogas ở vùng nước ngọt Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*. 2010(15a):64-74;
- Hieu TT, Van Tung T, Thao NTP, Kien TT, Hong NT, Thu NHA. The intergrated model of industry-agriculture towards sustainable development: A pilot model in Cho Moi district, An Giang province. *VNUHCM Journal of Earth Science Environment, Development Sustainability*. 2020;4(2):188-96; Available from: <https://doi.org/10.32508/stdjsee.v4i2.523>.
- Nenciu F, Voicea I, Cocarta DM, Vladut VN, Matache MG, Arsenoia V-N. "Zero-Waste" Food Production System Supporting the Synergic Interaction between Aquaculture and Horticulture. *Sustainability*. 2022;14(20):13396; Available from: <https://doi.org/10.3390/su142013396>.
- Nguyễn PQ, Bé NV, Công NV. Xác định số lượng, chất lượng bùn đáy ao nuôi cá tra (*Pangasianodon Hypophthalmus*) và sử dụng trong canh tác rau. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*; 2014(35):78-89;
- Da CT, Vu TH, Duy DT, Ty NM, Thanh DT, Nguyen-Le M-T, et al. Recycled pangasius pond sediments as organic fertilizer for vegetables cultivation: Strategies for sustainable food production. *Clean Technologies Environmental Policy*. 2023;25(2):369-80;
- Zhang L, Sun X. Addition of fish pond sediment and rock phosphate enhances the composting of green waste. *Biore-source technology*. 2017;233:116-26; PMID: 28260662. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.073>.
- Phú TQ, Tinh TK, Giang HT. Khả năng sử dụng bùn thải ao nuôi cá tra (*pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh cho canh tác lúa. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*. 2012(24a):135-43;
- Khôn Huyền N, Thanh Hải L, Văn Tung T, Thị Hiệu T, Việt Thắng N, Anh Thư NH, et al. Nghiên cứu tận dụng bùn thải ao nuôi cá tra làm phân hữu cơ và đánh giá hiệu quả của nó trong nông nghiệp. *Science of The Earth Environment*. 2020;4(1);
- Yang T, Kim H-J. Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2020;274:122619; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619>.
- Qi D, Yan J, Zhu J. Effect of a reduced fertilizer rate on the water quality of paddy fields and rice yields under fishpond effluent irrigation. *Agricultural Water Management*. 2020;231:105999; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.105999>.
- Limbu SM, Shoko AP, Lamtane HA, Kische-Machumu MA, Joram MC, Mbonde AS, et al. Fish polyculture system integrated with vegetable farming improves yield and economic benefits of small-scale farmers. *Aquaculture Research*. 2017;48(7):3631-44; Available from: <https://doi.org/10.1111/are.13188>.
- Khiri Z, Kaluthota S, Savidov N. Aerobic bioconversion of aquaculture solid waste into liquid fertilizer: Effects of bioprocess parameters on kinetics of nitrogen mineralization. *Aquaculture*. 2019;500:492-9; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.059>.
- Corona B, Shen L, Reike D, Carreón JR, Worrell E. Towards sustainable development through the circular economy-A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation Recycling*. 2019;151:104498; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498>.
- Hamilton HA, Brod E, Hanserud O, Müller DB, Brattebø H, Haraldsen TK. Recycling potential of secondary phosphorus resources as assessed by integrating substance flow analysis and plant-availability. *Science of the Total Environment*. 2017;575:1546-55; PMID: 27745928. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.056>.
- Do-Thu N, Morel A, Nguyen-Viet H, Pham-Duc P, Nishida K, Kootattep T. Assessing nutrient fluxes in a Vietnamese rural area despite limited and highly uncertain data. *Resources, Conservation Recycling*. 2011;55(9-10):849-56; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.04.008>.
- Laner D, Rechberger H. Material flow analysis. Special types of life cycle assessment LCA Compendium - The Complete World of Life Cycle Assessment: Springer, Dordrecht; 2016. p. 293-332; Available from: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7610-3_7.
- Fernandez-Mena H, Nesme T, Pellerin S. Towards an Agro-Industrial Ecology: A review of nutrient flow modelling and assessment tools in agro-food systems at the local scale. *Science of the Total Environment*. 2016;543:467-79; PMID: 26599147. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.032>.
- Tanzer J, Rechberger H. Complex system, simple indicators: Evaluation of circularity and statistical entropy as indicators of sustainability in Austrian nutrient management. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020;162:104961; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104961>.
- Tanzer J, Zoboli O, Zessner M, Rechberger H. Filling two needs with one deed: Potentials to simultaneously improve phosphorus and nitrogen management in Austria as an example for coupled resource management systems. *Science of the Total Environment*. 2018;640:894-907; PMID: 29879674. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.177>.
- Hieu TT, Van Tung T, Thao NTP, Thu NHA, Thang NV, Kien TT, et al. Material flow analysis in an integrated catfish farming system in Mekong Delta, Vietnam: A case study. *Case Studies in Chemical Environmental Engineering*. 2021;4:100154; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100154>.
- Kien TT, Dong HTT, Nguyen THA, Nguyen TV. Application of material flow analysis (MFA) for estimating the potential of Nitrogen recirculation in closed-ecosystem based catfish farming. *Science Technology Development Journal-Science of The Earth Environment*. 2021;5(S1):S11-S112;
- Ahuja I, Dauksas E, Remme JF, Richardsen R, Løes A-K. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming-With status in Norway: A review. *Waste Management*. 2020;115:95-112; PMID: 32736033. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>.
- Sortino O, Dipasquale M, Montoneri E, Tomasso L, Perrone DG, Vindrola D, et al. Refuse derived soluble bio-organics enhancing tomato plant growth and productivity. *Waste management*. 2012;32(10):1792-801; PMID: 22658869. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.04.020>.
- Cofie O, Kone D, Rothenberger S, Moser D, Zubruegg C. Co-composting of faecal sludge and organic solid waste for agriculture: Process dynamics. *Water research*. 2009;43(18):4665-

- 75;PMID: 19660779. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.07.021>.
31. Mathur A, Mathur SK, Singh A, Rao AS. Enriched Compost Production Technique from Water Hyacinth. *Water Quality Management*: Springer; 2018. p. 465-82; Available from: https://doi.org/10.1007/978-981-10-5795-3_38.
 32. Akinbile C, Yusoff MS. Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. *International Journal of phytoremediation*. 2012;14(3):201-11; PMID: 22567705. Available from: <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.587482>.
 33. Kadlec RH, Wallace S. *Treatment wetlands*: CRC press; 2008; Available from: <https://doi.org/10.1201/9781420012514>.
 34. Sindhu R, Binod P, Pandey A, Madhavan A, Alphonsa JA, Vivek N, et al. Water hyacinth a potential source for value addition: an overview. *Bioresource technology*. 2017;230:152-62; PMID: 28209247. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.035>.
 35. Rezania S, Ponraj M, Talaiekhosani A, Mohamad SE, Din MFM, Taib SM, et al. Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of environmental management*. 2015;163:125-33; PMID: 26311085. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.018>.
 36. Rai PK. *Eichhornia crassipes* as a potential phytoremediation agent and an important bioresource for Asia Pacific region. *Environmental Skeptics Critics*. 2016;5(1):12;

 Open Access Full Text Article

Research on evaluating the efficiency of recovery nutrients (N, P) in an integrated ecology system for catfish farming

Tran Trung Kien^{1,*}, Dong Thi Thu Huyen², Nguyen Thanh Hung¹, Tran Thi Hieu¹, Nguyen Thi Phuong Thao¹, Nguyen Viet Thang¹

ABSTRACT

The purpose of this is to evaluate the ability to recover nutrients (N, P) emitted from catfish farming by using an integrated ecological system towards zero emissions. An integrated system has been designed and implemented for a catfish pond with a water surface area of 10,300 m². Wastewater is treated with water hyacinth, sludge is used for organic fertilizer production, and dead fish carcasses are used as raw material for liquid fertilizer production. The SFA (substance flow analysis) method was applied to evaluate the efficiency of nutrient source recovery in the system. The results show that the nutrient supply to fish ponds is mainly from fish food (about 30,450 kgN/ha/crop and 3,675 kgP/ha/crop). Harvested fish in the adult stage accumulate N and P content in fish biomass of 12,480 kgN/ha/crop and 540 kgP/ha/crop respectively. Wastewater from fish ponds sent through aquatic ditches has an amount of 11,509 kgN/ha/crop and 2,978 kgP/ha/crop. The treatment efficiency of the aquatic pond reached 70%, and the amount of nutrients emitted into the environment through wastewater was 3,453 kgN/ha/crop and 893 kgP/ha/crop respectively. The efficiency of retaining nutrients after composting is about 70 - 80%, the product of this process is organic fertilizer containing N and P contents of 0.26% and 0.12% respectively.

Key words: Integrated system, nutrient recycling, SFA - substance flow analysis, catfish farming

¹Institute for Environment and Resources, VNUHCM, Vietnam

²Faculty of Technology, Dong Nai Technology University, Bien Hoa City, Vietnam

Correspondence

Tran Trung Kien, Institute for Environment and Resources, VNUHCM, Vietnam

Email: trungkienmt95@gmail.com

History

- Received: 05-10-2023
- Accepted: 01-12-2023
- Published Online: 31-12-2023

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v7i2.742>



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Kien T T, Huyen D T T, Hung N T, Hieu T T, Thao N T P, Thang N V. **Research on evaluating the efficiency of recovery nutrients (N, P) in an integrated ecology system for catfish farming.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2023, 7(2):702-714.