

Ứng dụng phân tích dòng vật chất (MFA) đánh giá khả năng tái tuần hoàn dòng Nitơ trong mô hình ao nuôi cá tra theo hướng sinh thái khép kín

Trần Trung Kiên^{1,*}, Đồng Thị Thu Huyền², Nguyễn Hồng Anh Thư¹, Nguyễn Việt Thắng¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài này là đánh giá và phân tích khả năng tuần hoàn dòng Nitơ khi triển khai ứng dụng mô hình sinh thái khép kín cho ao nuôi cá tra thâm canh tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long phù hợp với điều kiện tự nhiên sẵn có tại khu vực. Mô hình sinh thái hướng đến khép kín được đề xuất nhằm tối ưu hóa dòng N phát thải từ hoạt động nuôi cá tra thâm canh trên cơ sở khép kín các dòng nguyên vật liệu, chất thải và năng lượng. Mô hình được áp dụng cho hộ Trần Trung Nhân tại phường An Bình B, thành phố Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp với 6 hệ thống phụ (ao cá, ủ phân compost, lúa nước, chăn nuôi, ủ đạm thủy phân, mương thủy sinh) trong mô hình tích hợp, các hệ thống này được thiết kế tương tác qua lại và sử dụng nguồn N từ ao cá tra làm nguồn dinh dưỡng chính cho hệ thống. Ứng dụng phương pháp phân tích dòng vật chất cho mô hình tích hợp để phân tích dòng N theo nguyên tắc cân bằng dòng vật chất để xác định khả năng tuần hoàn dòng N của mô hình. Kết quả cho thấy rằng tổng N đầu vào chủ yếu là từ thức ăn (43,35KgN), có 3 nguồn phát thải N chính là bùn thải (20,55KgN), nước thải (3,4KgN), dịch đạm (3KgN). Tổng N phát sinh từ bùn thải được sử dụng phối trộn cùng các chất thải trong hệ thống tạo thành phân compost (26KgN) cung cấp cho nông nghiệp, nước thải phát sinh từ ao cá tra sau khi xử lý thủy sinh được cung cấp cho hoạt động nông nghiệp (4,9KgN).

Từ khóa: phân tích dòng vật chất, MFA, mô hình sinh thái khép kín, ao cá tra, Nitơ

MỞ ĐẦU

Hiện nay, nghề nuôi cá tra ở các tỉnh Đồng bằng Sông Cửu Long chủ yếu được nuôi thâm canh trong ao đất. Cá tra đã được nuôi thâm canh ở hầu hết các tỉnh ở Đồng bằng Sông Cửu Long, trong đó An Giang, Đồng Tháp và Cần Thơ là các tỉnh có diện tích và sản lượng cá tra lớn nhất của vùng. Việc thâm canh hóa kết hợp với chế độ thức ăn không hợp lý đã làm cho chất lượng môi trường ao nuôi cá tra bị ô nhiễm, đặc biệt các ao nuôi chứa hàm lượng nitrite và amoni cao, oxy hòa tan thấp sẽ dẫn đến các loại bệnh lý khác nhau trên cá¹. Những yếu tố gây nên trở ngại và rủi ro gây ra cho người nuôi cá tra tại Đồng bằng Sông Cửu Long phụ thuộc vào nhiều yếu tố chủ quan lẫn khách quan. Ngoài các yếu tố gây ra do sản phẩm cá tra không đảm bảo chất lượng, yếu tố người mua và bán, thời điểm mua bán và phân phối sản phẩm thì yếu tố đảm bảo chất lượng môi trường nước cũng được đánh giá là một trong những yếu tố quan trọng gây nên rủi ro cho người nuôi cá tra tại khu vực². Lượng bùn thải của ao nuôi chứa tương đối một lượng lớn hàm lượng chất dinh dưỡng rất thích hợp làm phân bón hữu cơ. Quy mô ao thường dao động từ

0,1ha đến 2,2ha, độ sâu ao thay đổi từ 3,5m đến 4,5m và năng suất trung bình của ao nuôi cá khoảng 350–400 tấn/ha/vụ. Hệ số chuyển hóa thức ăn dao động từ 1-3 (trung bình là 1,69)³. Điều này có nghĩa là cần phải có 1,6 kg thức ăn để sản xuất 1 kg cá tra, và khoảng 37–38% thức ăn tích tụ trong ao sau khi thu hoạch (dưới dạng bùn và phân). Những chất thải này tích tụ trong nước ao và bùn, làm suy giảm chất lượng nước và bồi lắng⁴. Ước tính để sản xuất 1 tấn cá tra, gần 9.200 m³ nước ngọt được sử dụng và lượng nước thải tương tự được thải ra khoảng 33,3 tấn bùn bao gồm cả trầm tích và nước⁵. Lượng nước thải hằng ngày được bơm ra khỏi ao bằng 20% lưu lượng ao nuôi. Khu vực cụm hộ có sinh kế chính là nuôi cá tra với diện tích mặt nước là 10 ha, các ao nuôi cá với độ sâu trung bình 3m chứa khoảng 25.000 – 35.000 m³ nước, lượng nước thải ra hằng ngày sẽ là 5.000–7.000 m³/ha⁶. Lượng nước thải này có chứa các chất ô nhiễm như nitơ, photpho, kali, nhưng nó lại là một trong những chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng. Do vậy có thể sử dụng nước thải ao nuôi để trồng rau thủy sinh vừa có thể xử lý nước thải tránh ô nhiễm môi trường vừa tăng thu nhập cho hộ nuôi trồng.

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

²Trường 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: 19-7-2021
- Ngày chấp nhận: 14-10-2021
- Ngày đăng: 06-11-2021

DOI: 10.32508/stdjsec.v5iSI1.569



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.



Trích dẫn bài báo này: Kiên T T, Huyền D T T, Thư N H A, Thắng N V. **Ứng dụng phân tích dòng vật chất (MFA) đánh giá khả năng tái tuần hoàn dòng Nitơ trong mô hình ao nuôi cá tra theo hướng sinh thái khép kín.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(S11):SI1-SI12.

Hiện nay đã có các nghiên cứu và ứng dụng về mô hình sử dụng nguồn dinh dưỡng từ nuôi trồng thủy sản phục vụ cho canh tác nông nghiệp. Một nghiên cứu của Oehme, M. và cộng sự đã nghiên cứu về chu trình nitơ dưới các nguồn N đầu vào trong các mô hình khác nhau, kết quả cho thấy rằng cá có thể cải thiện sự hấp thụ N của cây lúa, hiệu quả của phân bón và thức ăn khi N đầu vào được đánh giá bằng cách thiết lập cân bằng N rõ ràng. Hơn nữa việc cung cấp thức ăn bổ sung có tác dụng tăng trưởng và tăng năng suất từ việc sử dụng các chất dinh dưỡng thông qua sinh trưởng của cây lúa⁷. Một nghiên cứu của Schneider, O và cộng sự⁸ phân tích dòng dinh dưỡng (nutrient flows) trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản thâm canh tích hợp. Trong các hệ thống này, cá được nuôi bên cạnh các sinh vật khác, chúng đang chuyển đổi các chất dinh dưỡng thải ra thành các sản phẩm có giá trị. Những chuyển đổi này được phân tích dựa trên cân bằng nitơ (N) và photpho (P) bằng cách sử dụng phương pháp cân bằng khối lượng. Trong các mô hình được xem xét thì mô hình độc canh cá giữ lại 20-50% N, mô hình nuôi cá kết hợp chuyển đổi chất thải giữ lại 15-50% N. Nếu không có sự kết hợp động vật ăn cỏ thì khả năng giữ chất dinh dưỡng giảm 60-85% N đầu vào. Đánh giá các tác động đến môi trường và tiềm năng thực hiện nuôi trồng thủy sản đa dinh dưỡng tổng hợp (integrated multi-trophic aquaculture - IMTA) từ hoạt động xả chất thải chứa nhiều dinh dưỡng từ các trang trại cá hồi của tác giả Wang, X và cộng sự⁹. Thông qua định lượng tỷ lệ thải carbon (C), nitơ (N) và photpho (P) của các trang trại, nhân thấy rằng 45% thức ăn N được bài tiết dưới dạng N vô cơ hòa tan.

Mô hình canh tác tích hợp lúa – cá (RF: Rice – Fish) đã có từ lâu đời và nó mang lại hiệu quả sử dụng tài nguyên đất và nước, cung cấp an ninh lương thực và đặt biệt không gây hại cho môi trường địa phương, nhưng các mô hình này cần phải được cải thiện quy mô trong tương lai vì quy mô hiện tại tương đối nhỏ và năng suất thấp. Liangliang Hu và cộng sự đã đặt vấn đề nghiên cứu về việc tăng năng suất của mô hình lúa – cá (RF) nhưng không làm tăng thất thoát N ra môi trường bằng cách quản lý nguồn thức ăn đầu vào¹⁰. Một khảo sát thông lượng N trong mô hình nuôi cá – heo tích hợp của 9 ao cá tại khu vực Thành phố Cần Thơ được thực hiện bởi Takeshi Watanabe và cộng sự để làm rõ sự cân bằng Nitơ (N). Cân bằng N được tính toán với nguồn N đầu vào từ cám gạo và chất thải từ lợn, đầu ra kèm theo là trao đổi nước và còn lại được cá đồng hóa. Các dạng N được cân bằng bao gồm: Tổng N, Organic-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N. Kết quả cho thấy rằng đầu vào nitơ cho ao nuôi cá như phân lợn là 0,25 đến 1,48 Ng/m²/ngày. Trong khi,

nitơ phát thải từ ao cá là 0 đến 0,40 Ng/m²/ngày. Nitơ đồng hóa vào cá là 0,008 đến 0,054 Ng/m²/ngày, như vậy ao cá có chức năng giảm phát thải nitơ vào kênh và sông¹¹.

Các nghiên cứu về sử dụng thủy sinh để xử lý nước được ứng dụng điển hình trong công trình xử lý nước thải bể nuôi cá tra thâm canh tuần hoàn kín. Thực vật được trồng tích hợp trong mô hình là Bón bón (*Typha orientalis*). Nước đầu vào (hay nước từ bể cá) và nước đầu ra của hệ thống xử lý được thu trong 15 tuần để theo dõi diễn biến nồng độ NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, và TKN. Nhìn chung thì nồng độ Nitơ trong nước của hệ thống chảy ngầm ngang có trồng cây đều thấp hơn 3 hệ thống đối chứng không trồng cây còn lại¹². Đánh giá khả năng xử lý nước thải ao nuôi cá Tra thâm canh của Vạn thọ Pháp lùn (*Tagetes patula* L.) và hoa Cúc (*Chrysanthemum spp.*) thông qua tăng trưởng, sinh khối và khả năng loại bỏ một số dưỡng chất trong nước thải ao cá¹³. Phân tích và đánh giá diễn biến hàm lượng Nitơ từ nước thải ao nuôi thâm canh cá tra trong điều kiện thủy canh cây mồng tơi (*Hymenachne acutigluma*) với các nồng độ Nitơ vô cơ khác nhau được quan sát¹⁴. Cỏ mồng tơi có khả năng giúp giảm NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N và TKN tương ứng 69,7-96,9; 96,6-97,3; 99,3-9,9; 48,5-73,5%. Một nghiên cứu về khả năng xử lý ô nhiễm Nitơ (N) và lân (P) hữu cơ hòa tan trong nước thải ao nuôi cá tra của lục bình và cỏ vetiver được thực hiện bởi Khôi và cộng sự đã chứng minh khả năng giảm thiểu N và P theo thời gian. Sau 1 tháng thử nghiệm lục bình giúp giảm 88% N hữu cơ và 100% P hữu cơ, tương tự thì cỏ vetiver giảm 85% N hữu cơ và 99% P hữu cơ. Khi trồng lục bình và cỏ vetiver trực tiếp trong nước được lấy từ các ao nuôi cá tra cho thấy hàm lượng N và P hữu cơ gần như giảm 100% sau 1 tháng trồng với nồng độ P là 5mg/L ban đầu¹⁵.

Các nghiên cứu gần đây cũng chứng minh rằng việc bổ sung các vật liệu hữu cơ vào quá trình ủ phân compost từ bùn thải thủy sản sẽ làm tăng nồng độ các chất dinh dưỡng và hạn chế quá trình hình thành các độc tố từ bùn thải khi phân compost đến độ chín nhất định. Điều này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Kebibeche. H và cộng sự về việc bổ sung mùn của gỗ trong quá trình đồng phân bùn thải và rơm lúa mì ảnh hưởng đến hạt nảy mầm¹⁶. Công trình của De Guardia. A và cộng sự, nghiên cứu này tập trung vào quá trình biến đổi amoniac và Nitơ amoniac trong quá trình ủ phân hữu cơ thì các nguyên liệu ủ cũng sẽ ảnh hưởng đến chất lượng phân bón¹⁷. Bên cạnh đó các công trình nghiên cứu của nhóm tác giả L.T. Hải và cộng sự đã phát triển được mô hình sinh thái tích hợp hướng đến khép kín, nhằm xử lý ô nhiễm môi trường và tạo ra sinh kế mới cho hoạt động nuôi

trồng thủy sản. Mục đích của nghiên cứu này là điều tra quy trình xử lý chất thải (nước thải và chất thải rắn) trong một hệ thống nông nghiệp tích hợp không phát thải (AZEIS - Agro-based zero emission integrated system) cho hoạt động nuôi cá tra thâm canh trong đó nuôi cá, chăn nuôi và trồng trọt được kết hợp trong cùng một khu vực, cũng như vai trò của quá trình này đối với việc cải tạo đất của vườn trong cùng một hệ thống tích hợp^{18,19}. Cân bằng hàm lượng Nito trong sản xuất nông nghiệp hữu cơ bằng cách phân tích MFA/SFA để xác định sự hiện diện Nito trong hệ thống nông nghiệp, từ đó cải tiến phương pháp quản lý trang trại tránh làm ô nhiễm môi trường. Chúng còn có khả năng đánh giá vòng lập dinh dưỡng trong các trang trại thông qua việc tái chế phân, đánh giá sự thất thoát Nito và sự cân bằng Nito trên bề mặt đất trong các hệ thống canh tác khác nhau. Nhưng hầu hết các nghiên cứu này đều được đánh giá cho một loại hình canh tác nhất định, chưa được ứng dụng vào mô hình sinh thái khép kín nhằm định hướng tuần hoàn và quản lý dòng Nito theo hướng không phát thải²⁰⁻²².

Trong các hệ thống tích hợp sự tuần hoàn dinh dưỡng (N, P) phụ thuộc vào thành phần của hệ thống phụ, mỗi hệ thống tích hợp phải có chăn nuôi, cây trồng và quản lý chất thải. Trọng tâm của việc phân tích dòng dinh dưỡng với mục đích tuần hoàn chất dinh dưỡng tại chỗ là Nito²³. Việc tái chế các dòng dinh dưỡng này theo hướng hạn chế thất thoát và sử dụng một cách có hiệu quả để quản lý tài nguyên hiệu quả không chỉ trên khía cạnh kinh tế (thay thế phân bón) mà còn dựa trên yếu tố môi trường^{24,25}. Chính vì vậy nghiên cứu này sẽ tập trung đánh giá, phân tích dòng Nito trong mô hình sinh thái khép kín và đưa ra được những hiệu quả quản lý dòng Nito theo hướng tuần hoàn mà mô hình mang lại.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Khung phương pháp nghiên cứu mô hình sinh thái khép kín

Trên cơ sở tiếp cận các điều kiện tự nhiên sẵn có tại khu vực ao nuôi cá tra của địa phương, mô hình sinh thái khép kín được đề xuất như Hình 1. Trên cơ sở của các nghiên cứu trước đây đã triển khai thành công của nhóm nghiên cứu và phát triển, mô hình sinh thái hướng đến khép kín cho ao nuôi cá tra nhằm tuần hoàn các dòng vật chất và năng lượng để hướng tới không phát thải và tạo ra sinh kế bền vững cho hộ dân có sinh kế chính là nuôi cá tra. Ưu điểm chính của hệ thống này so với các hệ thống nông nghiệp thông thường khác là giảm thiểu và xử lý tối đa chất thải

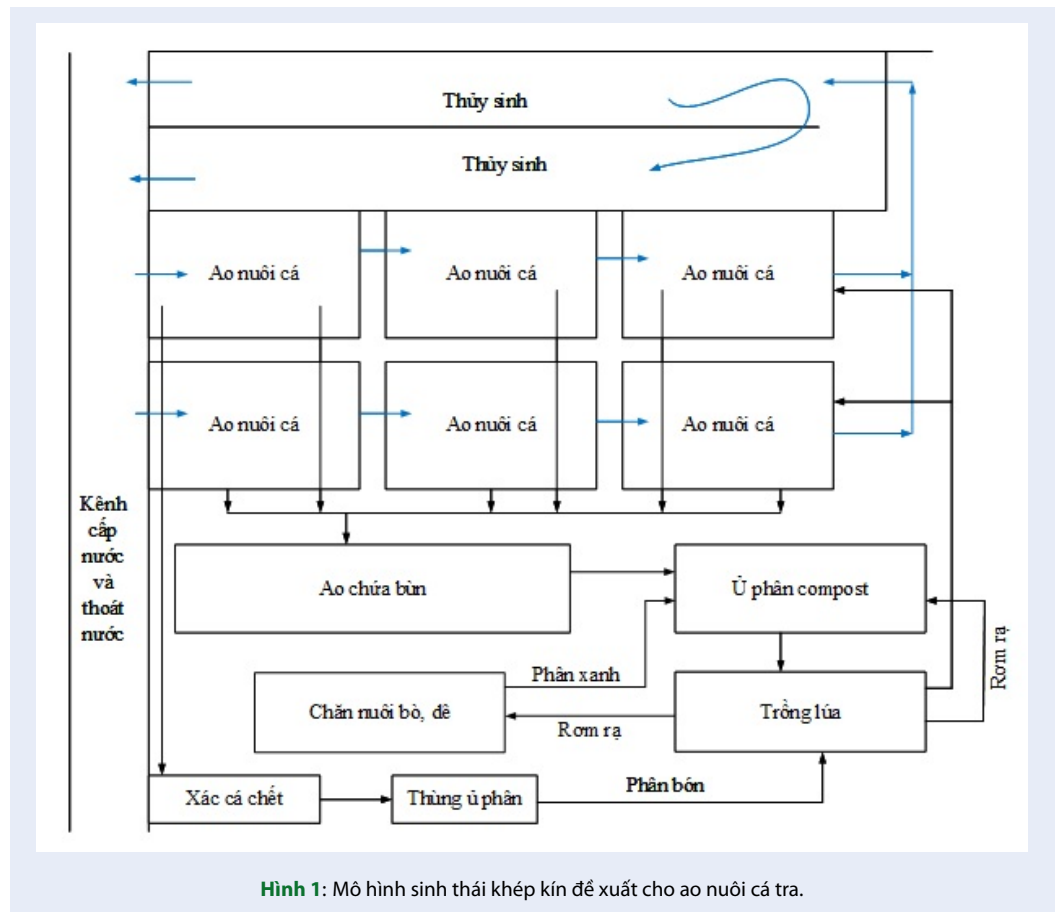
đạt tiêu chuẩn thải bỏ cho phép, giảm chi phí đầu tư và vận hành hệ thống, đồng thời mang lại lợi ích cho việc canh tác đất cho vườn trong cùng hệ thống^{18,19}. Một mô hình tích hợp các yếu tố khác nhau lại trên cơ sở tối ưu hóa dòng vật chất và năng lượng, áp dụng các kỹ thuật tốt nhất sẵn có và phù hợp với điều kiện sinh thái hiện tại của khu vực. Trên cơ sở tuần hoàn các dòng vật chất trong mô hình, hạn chế thấp nhất sự thất thoát năng lượng, bên cạnh đó cũng để đạt được yếu tố xử lý môi trường định hướng bền vững thì mô hình được đề xuất như Hình 1.

Mô hình đề xuất dựa trên quá trình xử lý các chất thải phát sinh từ ao nuôi cá da trơn. Nước thải phát sinh từ quá trình nuôi cá sẽ được xử lý tại ao lục bình, tại đây lục bình hấp thu các chất ô nhiễm cho quá trình sinh trưởng và phát triển của lục bình. Lục bình là một loài thực vật phổ biến tại khu vực, ứng dụng hệ sinh thái tự nhiên sẵn có để xử lý chất thải là biện pháp tối ưu nhằm đạt các lợi ích về kinh tế cũng như môi trường²⁶. Nước thải sau quá trình xử lý bằng lục bình sẽ được dẫn về kênh lằng để ổn định nồng độ trước khi đưa trực tiếp ra môi trường. Sau khi sử dụng các chất ô nhiễm trong nước thải để phát triển, sinh khối lục bình tương đối lớn sẽ được cung cấp bổ sung cho quá trình ủ phân compost nhằm tận dụng tối đa nguồn sinh khối này. Một loại chất thải khác phát sinh từ quá trình nuôi cá da trơn đó chính là bùn thải được bơm hút định kỳ. Lượng bùn này chứa hàm lượng chất ô nhiễm tương đối cao, các chất ô nhiễm chủ yếu là Nito và photpho, phát sinh từ quá trình lắng đọng và phân giải các hợp chất hữu cơ từ quá trình nuôi trồng cá da trơn. Nguồn chất thải này được xử lý bằng biện pháp làm phân compost kết hợp với việc bổ sung phân xanh từ chăn nuôi bò, quá trình ủ hiếu khí sẽ là điều kiện tốt nhất để chuyển đổi các hợp chất độc phát sinh từ quá trình phân hủy chất hữu cơ về dạng dễ hấp thu và không có độc tính cho môi trường cũng như cây trồng²⁷. Lượng phân bón này được cung cấp cho quá trình khảo nghiệm sự ảnh hưởng của phân bón lên nồng độ các chất dinh dưỡng trong đất cũng như sự hấp thu các chất dinh dưỡng từ phân bón cho sự sinh trưởng và phát triển của thực vật.

Phương pháp phân tích dòng vật chất (MFA)

Phương pháp tiếp cận phân tích MFA

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích dòng nguyên liệu MFA (Material Flow Analysis) để ước tính dòng N vận chuyển và lưu trữ. Phương pháp MFA phân tích N dựa trên nguyên tắc cân bằng khối lượng, khối lượng của tất cả các yếu tố đầu vào trong một quá trình cân bằng phải bằng khối lượng của tất



Hình 1: Mô hình sinh thái khép kín để xuất cho ao nuôi cá tra.

cả các đầu ra của quá trình cộng với thời hạn lưu trữ có tính đến sự tích tụ hoặc cạn kiệt của nguyên liệu trong quá trình đó. Nghiên cứu này tập trung vào xác định tổng nguồn thải N chính và định hướng tuần hoàn chúng bằng mô hình sinh thái khép kín. Dòng N trong mỗi hoạt động được xác định bằng các kết nối với nhiều hoạt động khác. Các phân tích và đánh giá trong mô hình này chủ yếu là đánh giá xác định dựa trên nguyên tắc cân bằng khối lượng cùng một số giả thiết. Đối với mỗi hoạt động, các phương trình để ước tính lưu lượng nitơ bao gồm các phương trình con của hệ thống phụ để tính toán lưu lượng nitơ và để cân bằng lưu lượng N²⁸. Theo nguyên tắc cân bằng khối lượng (phương trình (1)), khối lượng của tất cả các đầu vào (imports) vào một quá trình (hệ thống) bằng khối lượng của tất cả các đầu ra (exports) của quá trình này (system) cộng với sự thay đổi của quá trình lưu trữ (ΔS) xem xét sự tích tụ ($\Delta S > 0$) hoặc sự cạn kiệt ($\Delta S < 0$) của vật chất trong quá trình (system).

$$\sum_{i=1}^j N_i = \sum_{i=1}^k N_i + \Delta S \quad (1)$$

Trong đó j: số lượng đầu vào, k: số lượng đầu ra và Ni: dòng N. Các dữ liệu có thể chia thành các nhóm

chính là định lượng các hoạt động có ảnh hưởng đến phát thải N và nồng độ của N trong môi trường. Việc tính toán các dữ liệu không chắc chắn cũng được sử dụng và đưa vào phân tích, các dữ liệu và kết quả được mô phỏng bằng phần mềm STAN 2.6 (subSTance flow ANalysis).

Phân tích các hệ thống phụ tác động đến nguồn N

Các dòng vật chất được đánh giá dựa trên việc thiết lập các hệ thống con trong một hệ thống lớn bằng việc định lượng chúng từ nguồn đầu vào ao cá và sự phát thải qua nước thải và bùn thải. Từ hai nguồn nguyên liệu được tính toán chính là chất rắn (bùn thải, phân compost...) và chất lỏng từ nước thải. Trong mô hình sinh thái khép kín được thiết kế cho khu vực ao nuôi cá tra bao gồm 6 hệ thống phụ như Bảng 1, các hệ thống phụ sẽ tương tác và trao đổi các dòng Nitơ trên nguyên tắc tuần hoàn hướng đến khép kín, hạn chế phát thải N ra môi trường dưới dạng chất thải rắn và lỏng. Từ công thức (1) áp dụng cho 6 hệ thống con trong mô hình bằng việc cân bằng vật chất giữa đầu vào và đầu ra.

Bảng 1: Phân tích các hệ thống phụ trong mô hình tích hợp

Hệ thống	Mô tả	Quá trình cân bằng	
S1	Ao cá tra thâm canh	2 input: nước cấp, thức ăn. 3 output: cá thương phẩm, bùn thải, nước thải	$N(\text{nước cấp}) + N(\text{thức ăn}) = N(\text{cá}) + N(\text{bùn thải}) + N(\text{nước thải})$ $N_{\text{cá}} = \sum F(\text{sinh khối (kg)}) \cdot P(\text{protein cá}) \cdot 0.16$
S2	Ủ phân hữu cơ ^{17,31,32}	3 input: bùn đáy, rơm, lục bình, phân xanh. 1 output: phân compost	$N(\text{bùn}) + N(\text{phân xanh}) + N(\text{rơm}) = N(\text{loss}) + N(\text{compost})$
S3	Lúa nước	3 input: phân bón, compost, nước thải 1 output: rơm, lúa	$N(\text{nước thải vào}) = N(\text{hấp thu}) + N(\text{bốc hơi})$ $N(\text{compost vào}) = N(\text{hấp thu}) + N(\text{lắng đọng})$ $Gw / Ns = (Nt/Ns) \cdot (Gw/Nt)^{(*)}$
S4	Chăn nuôi bò	1 input: rơm 2 output: phân xanh, nước tiểu	$N(\text{output}) = N(\text{phân xanh}) + N(\text{nước tiểu})$
S5	Ủ đạm cá	2 input: ri đường, xác cá 1 output: dịch đạm thủy phân	$N(\text{xác cá}) + N(\text{ri đường}) = N(\text{dịch đạm})$
S6	Mương thủy sinh ^{29,30}	1 input: nước thải 2 output: lục bình, nước sau xử lý	$N(\text{nước thải}) = N(\text{lục bình}) + N(\text{nước sau xử lý})$

(*): Gw - khối lượng khô của lúa; Ns - Nguồn cung cấp nitơ (ví dụ: g/cây); Nt - tổng lượng Nitơ của cây; Nt/Ns - hiệu suất hấp thu; Gw/Nt - hiệu quả sử dụng.

Phương pháp thu và phân tích mẫu

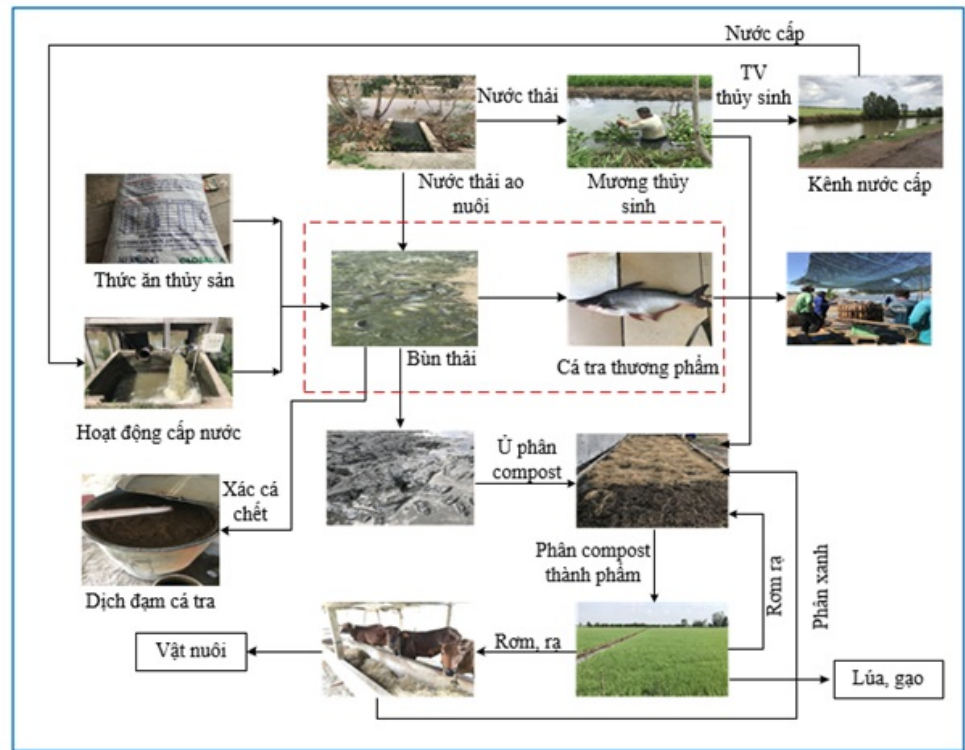
Mẫu nước được thu và bảo quản theo Tiêu chuẩn TCVN 6663-3:2003 và được phân tích ngay sau khi thu. Các thông số pH, oxy hòa tan (DO), nhiệt độ được đo nhanh tại hiện trường bằng thiết bị máy đo đa năng cầm tay với điện cực WTW 350i (Germany), đối với chỉ tiêu tổng N của mẫu nước được phân tích theo tiêu chuẩn TCVN 6638:2000. 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 đạm thủy phân được phân tích theo phương pháp TCVN 10682:2015.

KẾT QUẢ

Mô tả đối tượng nghiên cứu điển hình

Nghiên cứu này được triển khai thực hiện thí điểm tại hộ nuôi cá tra có diện tích 6 hecta với 6 ao nuôi, lựa chọn ao nuôi có diện tích 1.500 m² để triển khai mô hình tại hộ Huỳnh Trung Nhân (địa chỉ: An Bình B, Hồng Ngự, Đồng Tháp). Sản lượng một vụ đạt 800-1.000 tấn cá/vụ trong khoảng thời gian tám tháng. Một ao điển hình cho sản lượng khoảng 600 tấn với hệ số tiêu thụ thức ăn khoảng 1:5. Bùn đáy ao nuôi cá tra được hút bùn định kỳ khoảng 45 ngày/lần bơm vào ao chứa bùn, để lắng, xả nước và thu bùn lắng. Trại cá được vận hành với 4 lao động, vùng nuôi được nằm trong khu để bao vượt lũ nên sinh kế chính của cụm dân cư khu vực xung quanh chủ yếu là trồng lúa và chăn nuôi. Mô hình triển khai thực tế với đối tượng trọng tâm là ao cá tra và các công trình phụ khác được triển khai xây dựng cụ thể để xử lý chất thải phát sinh như Hình 2.

Nước lấy trực tiếp từ kênh nội đồng vào ao nuôi đầu tiên diện tích mặt nước là 1.500m², sâu 1,5m, tổng thể tích ao nuôi là 2.250 m³, nước cấp từ kênh và chảy vào các ao còn lại thông qua cống nổi, có lưới bao không



Hình 2: Mô hình sinh thái hướng đến khép kín cho hộ Huỳnh Trung Nhân tại An Bình B, Hồng Ngự, Đồng Tháp.

cho cá ở các ao bơi qua lại. Mỗi ngày lấy nước 2 lần, bơm nước vào ao nuôi cá tra và lúc nước kênh dâng lên, tỷ lệ trao đổi nước là 20% (tức 450 m³/ngày.đêm). Nước sau khi chảy lần lượt vào các ao và chảy đến ao cuối cùng sẽ chảy trực tiếp qua mương và dẫn vào kênh thủy sinh, tại đây có trồng lục bình để xử lý nước. Tiến hành cải tạo mương thoát nước hiện hữu thành mương xử lý thủy sinh. Mương thoát nước có chiều dài khoảng 40 m, rộng 1,5 m chạy dọc ao nuôi cá tra. Tiến hành trồng lục bình với mật độ che phủ là 60% diện tích mặt nước trên kênh thoát nước hiện hữu để xử lý nước thải sơ bộ trước khi đưa ra môi trường (26). Như vậy diện tích mương xử lý thủy sinh là 60m², độ sâu tại mương thủy sinh là 0,5m thì tổng lượng nước trong mương là 30m³ thời gian lưu nước trong mương thủy sinh là khoảng 3 – 4h (HRT = 4). Tổng lượng nước sử dụng cho một mùa vụ cá trong 6 đến 8 tháng khoảng 13.500 m³, tổng lượng thức ăn khoảng 414 tấn thức ăn trên ao.

Bùn đáy ao nuôi cá tra được hút bùn định kỳ khoảng 15 ngày/lần bơm vào ao chứa bùn, để lắng, xả nước và thu bùn lắng. Bùn được trộn với rơm rạ khô và phân bò theo tỷ lệ 80:10:10 tổng là 1 tấn hỗn hợp. Hỗn hợp phân bón được ủ theo mô hình luống trộn

có thông khí tự nhiên do quá trình đảo trộn (Window composting), chế phẩm sinh học được sử dụng là EM (200g Bio-EM + 2 lít mật rỉ đường + 18 lít nước) (27).. Xác cá chết trung bình hàng ngày khoảng 10 kg/ao, xác cá chết sẽ được ủ cùng với dịch rỉ đường và chế phẩm vi sinh EM để ủ dịch đậm cá (Ø 58 mm, chiều cao là 890mm, có trọng lượng từ 17 kg đến 19 kg)³³.

Đánh giá khả năng tuần hoàn dòng N trong mô hình

Để đánh giá khả năng tuần hoàn dòng N trong mô hình, một loạt sáu hệ thống phụ từ S1 đến S6 được thực hiện kiểm kê dòng N cụ thể như Bảng 2. Mỗi hệ thống phụ sẽ kiểm kê tổng N 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 N.

Trong mô hình nuôi cá tra tích hợp hướng đến sinh thái khép kín, nguồn chất thải phát sinh từ ao cá bao gồm hàm lượng nước thải chứa nhiều chất ô nhiễm dinh dưỡng, bùn thải từ trầm tích đáy là nơi lắng đọng nhiều chất thải hữu cơ thừa. Nguồn cung cấp N chủ yếu là hàm lượng thức ăn (khoảng 43.350 mgN/kg) và

Bảng 2: Kiểm kê dòng vật chất và dòng N trong mô hình thí điểm

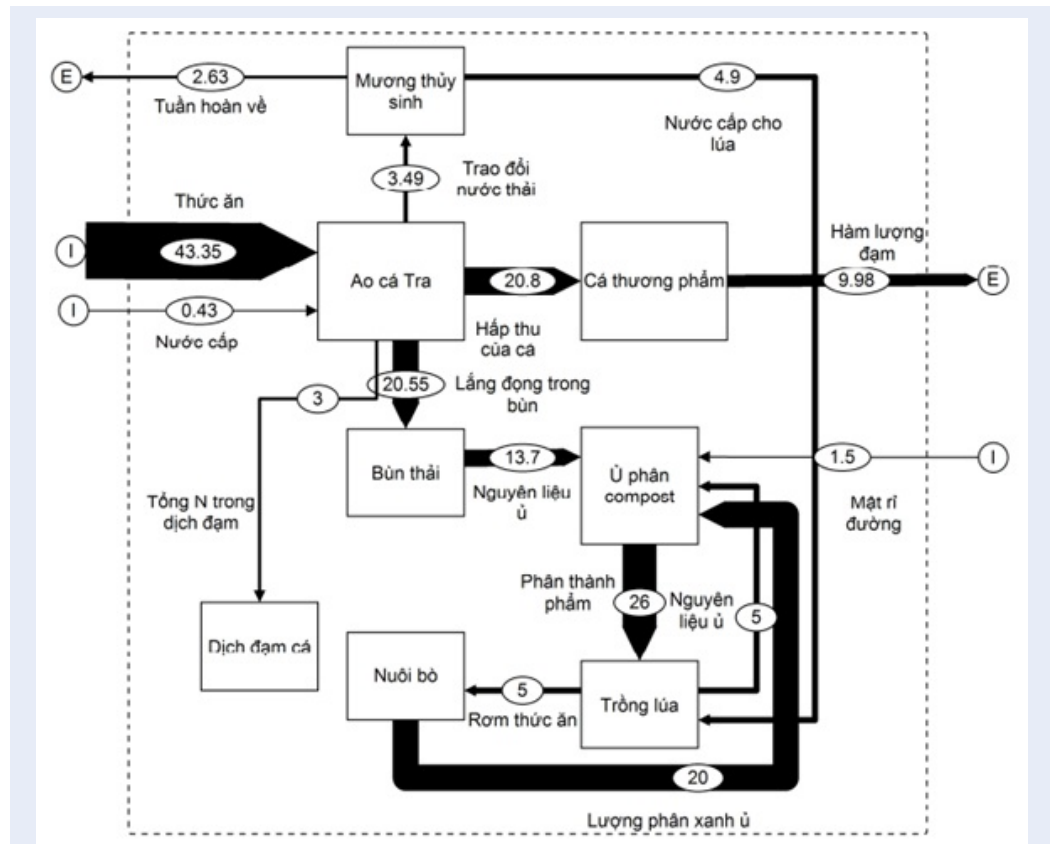
Hệ thống	Mô tả	Kí hiệu	Đầu vào, đầu ra	Đơn vị	Tổng chất thải/sản phẩm	Giá trị N (KgN)
S1	Ao cá tra thâm	S1 _{in}	Nước cấp	m ³ /ngày.đêm	450	0.43
			Thức ăn	kg/ngày	2800	43.35
		S1 _{out}	Cá thương phẩm	Tấn/vụ	600	9.98
			Bùn thải	Tấn	375	20.55
S2	Ủ phân hữu cơ	S2 _{in}	Nước thải	m ³ /ngày.đêm	450	3.49
			Bùn đáy ao	Tấn	0,8	13.7
			Phân xanh	Tấn	0,1	20.0
			Rơm	Tấn	0,05	5.0
		S2 _{out}	Lục bình	Tấn	0,05	0,3
			hân compost	Tấn	0,93	26
S3	Lúa nước	S3 _{in}	Nước thải	mm/vụ.ngày	8,52	4,9
			Phân com-post	Tấn/vụ	30	26,0
		S3 _{out}	Rơm, rạ	Tấn/ha	2,1	5,0
S4	Chăn nuôi bò	S4 _{in}	Rơm, rạ	kg/ngày	12	5,0
		S4 _{out}	Phân xanh	Tấn/chu kỳ	5,4	20,0
S5	Ủ đạm cá	S5 _{in}	Xác cá chết	Kg	19	9,98
			Mật đường	Lít	2,0	5,0
		S5 _{out}	Dịch đạm thủy phân	Lít	18	3,0
S6	Mương thủy sinh	S6 _{in}	Nước thải ao cá	m ³ /ngày.đêm	450	3.49
			S6 _{out}	Lục bình	%	60
			Nước sau xử lý	m ³ /ngày.đêm	450	2.63

nguồn nước cấp được trao đổi hàng ngày với tỷ lệ 20% lượng nước trong ao (khoảng 4,31 mgN/L).

Lượng N tích lũy tích lũy vào sinh khối cá là 20.800 mgN/kg sinh khối cá tươi (tương ứng cá thu hoạch giai đoạn trưởng thành là 9.984mgN/con), còn lại N sẽ có trong nước và bùn đáy. Tốc độ hàm lượng N thất thoát ra từ nước thải với tốc độ 34,9gN/m²/ngày, lượng nước này được xử lý bằng thủy sinh (lục bình) với nồng độ khoảng 24,5 mgN/L, tại đây các quá trình sinh hóa sẽ diễn ra do sự sinh trưởng và phát triển của lục bình cùng hệ vi khuẩn với tốc độ tích lũy N khoảng 48,92 gN/m²/ngày, sau đó lượng nước sau xử lý sẽ được đưa ra nguồn nước cấp với nồng độ 4,37 mgN/L được thể hiện cụ thể trong Hình 3.

Một nguồn N khác được tái sử dụng và tuần hoàn trong mô hình nuôi cá tra tích hợp là bùn thải được tích lũy từ đáy ao với một lượng lớn hàm lượng chất hữu cơ. Hàm lượng N thất thoát từ bùn đáy ra khỏi ao nuôi là 2,055 kgN/ao, nguồn bùn thải này được phối trộn với rơm rạ từ những cánh đồng xung quanh (khoảng 5.000 mgN/kg) và bổ sung nguồn dinh dưỡng từ phân xanh của các hộ chăn nuôi bò (khoảng 20.000 mgN/kg).

Chất lượng phân hữu cơ thành phẩm tương đối tốt, chứa khoảng 2.600 mgN/kg, lượng phân bón hữu cơ này được sử dụng trong nông nghiệp, những hộ trồng lúa xung quanh dùng phân hữu cơ từ bùn đáy ao để cải tạo đất, cung cấp một phần nguồn N, hạn chế sử



Hình 3: Sơ đồ tuần hoàn dòng Nitơ trong mô hình sinh thái khép kín cho hoạt động nuôi cá tra

dụng phân hóa học. Cây lúa sinh trưởng và phát triển cung cấp thức ăn cho hoạt động chăn nuôi tại khu vực bằng nguồn rơm rạ, nguồn rơm rạ cũng một phần được cung cấp cho quá trình ủ phân hữu cơ từ bùn đáy, từ đó góp phần hoàn thiện chu trình N trong mô hình.

Đánh giá hiệu quả của mô hình sinh thái khép kín

Sau khi áp dụng mô hình điển hình vào thực tế cho cụm hộ dân điển hình, ta có thể thống kê các số liệu dựa vào thực tế của hộ dân để đánh giá hiệu quả về mô hình triển khai. Trước khi triển khai mô hình, nước thải từ hoạt động nuôi trồng thủy sản đều xả thải trực tiếp ra môi trường xung quanh mà chưa được xử lý. Sau khi triển khai mô hình các nguồn thải đều được thu gom xử lý cụ thể trong Bảng 3.

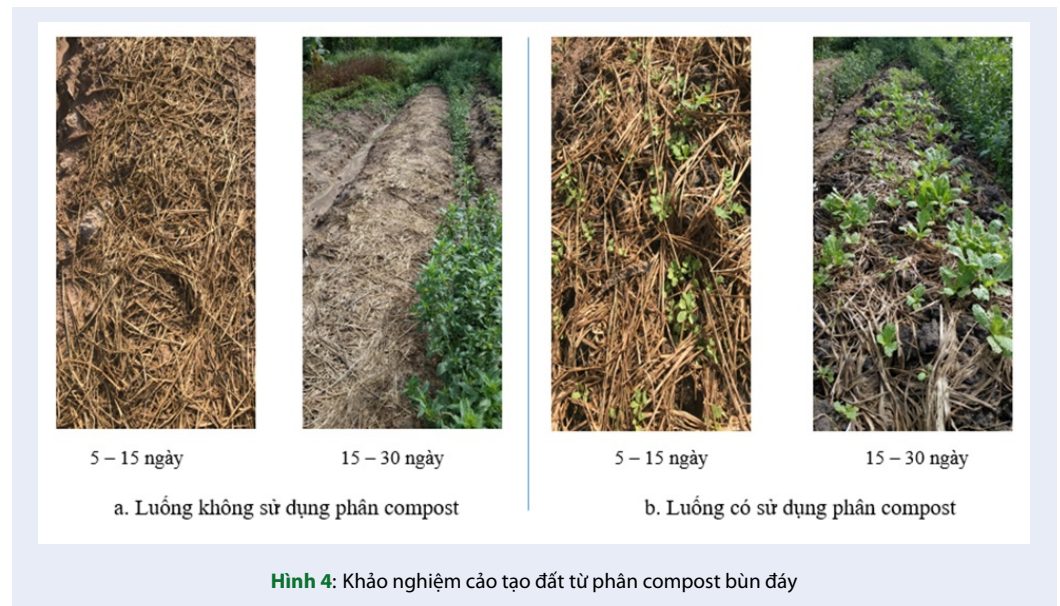
Sau khi triển khai và vận hành mô hình, các nguồn thải phát sinh đã được xử lý một cách triệt để theo hướng tận dụng và thu hồi chất dinh dưỡng. Trong đó sinh kế chính chủ yếu là thủy sản phát sinh nước thải và bùn thải đã được thu gom và xử lý. Nước thải từ ao nuôi cá tra được xử lý bằng mương thủy sinh

với thời gian lưu nước (HRT) đảm bảo cho các quá trình sinh hóa và hấp thu chất dinh dưỡng của thực vật diễn ra. Sau đó nước thải được đưa đến kênh tiếp nhận và đi vào kênh nước cấp đảm bảo QCVN 02-20-2014/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về cơ sở nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) trong ao - điều kiện bảo đảm vệ sinh thú y, bảo vệ môi trường và an toàn thực phẩm. Bùn thải được nạo vét định kỳ dựa vào chế độ cho ăn và chất lượng nước về mặt cảm quan, lượng bùn đáy được đưa đến ao ổn định bằng cách sử dụng máy bơm, sau đó lượng bùn này được phối trộn làm phân compost từ bùn đáy ao đảm bảo mức chất lượng phân bón dùng cải tạo đất. Xác cá chết được thu gom và ủ dịch đạm cá làm phân bón lá, sử dụng cho các loại cây trong không viên ao cá hoặc sử dụng tưới cho rau màu. Phân bón compost sau khi ủ đạt đến giai đoạn hoai có thể sử dụng cho trồng lúa.

Hàm lượng phân bón hữu cơ theo quy chuẩn về phân bón có tính chất cải tạo đất được ưu tiên, đối với chỉ tiêu hàm lượng hữu cơ tương đối cao. Phân bón hữu cơ được ủ từ bùn đáy ao có tác dụng chính là cải tạo đất được sử dụng cho quá trình trồng rau hữu cơ một

Bảng 3: Tổng hợp hiện trạng trước và sau khi triển khai mô hình

TT	Trước khi triển khai mô hình	Sau khi triển khai mô hình
1	Bùn thải từ các ao nuôi sau khi nạo vét đáy ao để lộ thiên gây đọng nước và mùi	Bùn thải được tách để ủ phân compost hợp vệ sinh, không gây mùi, đảm bảo mỹ quan; tạo thêm sản phẩm kinh tế hiệu quả cao.
2	Nước thải từ ao nuôi gây ô nhiễm môi trường đất, nước	Nước thải từ ao nuôi được thu gom và xử lý qua hệ thủy sinh, bên cạnh đó nước thải cũng được tái sử dụng cho nông nghiệp như nguồn bổ sung dinh dưỡng, giảm sử dụng phân hóa học.
3	Xác cá chết chưa được xử lý triệt để, vương vãi gây mùi hôi	Xác cá được đem đi ủ phân làm phân bón lá, không gây mùi, tạo mỹ quan đẹp.
4	Mùi hoạt động nuôi cá gây ô nhiễm môi trường	Không còn mùi.



phần có tác dụng cải tạo đất phèn của khu vực. Với hai nghiệm thức bón và không bón phân compost từ bùn đáy ao đã chứng minh khả năng cải tạo đất của phân hữu cơ này khi ứng dụng trồng giống cải xanh ăn lá ngắn ngày được mô tả như Hình 4. Khi so sánh với luống đối chứng không sử dụng bùn để cải tạo đất thì hạt giống không nảy mầm do hàm lượng phèn khu vực khá cao.

THẢO LUẬN

Qua quá trình triển khai mô hình và tính toán các giá trị trong sự chuyển hóa các hợp chất N trong mô hình nuôi cá tra tích hợp hướng đến sinh thái khép kín đã giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường do hoạt động nuôi trồng thủy sản gây ra. Đối với nước thải từ quá trình nuôi cá tra được xử lý theo hướng sử dụng các sinh vật thủy sinh bản địa để xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ trước khi đưa ra môi trường,

trong nghiên cứu này lục bình được lựa chọn so với các nghiên cứu khác vì lục bình là thủy sinh có thể tự phát triển¹². Đối với bùn thải từ đáy ao được thu gom và nạo vét định kỳ có tác dụng làm sạch môi trường ao nuôi, hạn chế khả năng ngộ độc cấp tính của cá tra, bùn được thu hồi và xử lý bằng cách phối trộn với các nguyên liệu sẵn có ở địa phương như rơm từ nông nghiệp, phân xanh từ chăn nuôi gia súc. Phân xanh được thêm vào ủ phân như một nguồn N hiệu quả hơn so với các nghiên cứu không có phân xanh trong quá trình đồng ủ phân^{18,19}. Bên cạnh việc cải thiện chất lượng môi trường bằng mô hình tích hợp hướng đến sinh thái khép kín thì đánh giá sự chuyển hóa các hợp chất N trong mô hình là quan trọng nhất nhằm kiểm soát tối đa lượng N ra môi trường. Hạn chế gây phú dưỡng hóa môi trường ao nuôi bằng cách loại bỏ và tuần hoàn dòng N trong mô hình tích hợp chứ không chỉ cung cấp N cho một hoạt động khác⁸.

Mỗi thành phần tham gia trong mô hình tích hợp đều có nhiệm vụ riêng, mỗi công trình sẽ có một quá trình chuyển hóa các hợp chất N khác nhau, nhưng N trong mô hình tích hợp thì luôn được khép kín và tuần hoàn. Vì trong nghiên cứu này đánh giá dinh dưỡng chủ yếu dựa trên hàm lượng tổng Nito chính vì vậy các số liệu không chắc chắn trong nghiên cứu này sẽ xảy ra, chúng sẽ bị chi phối bởi các quá trình chuyển hóa của Nito trong sự tương tác sinh hóa giữa các dạng môi trường khác nhau, mà cụ thể là các hợp chất nitrit, nitrat, amoni, nito hữu cơ. Trong mô hình khả năng khép kín của hệ thống phụ thuộc vào các điều kiện kinh tế xã hội xung quanh hiện hữu tại khu vực nghiên cứu, các dòng thải chủ yếu được sử dụng tối đa cho việc chuyển đổi chất thải thành nguyên liệu hay năng lượng nhằm khép kín tối ưu nhất có thể có của mô hình.

KẾT LUẬN

Các dòng N trong mô hình tích hợp đã được đánh giá cụ thể là nguồn cung cấp N chủ yếu là hàm lượng thức ăn và nguồn nước cấp được trao đổi hàng ngày với tỷ lệ 20% lượng nước trong ao. Lượng N tích lũy tích lũy vào sinh khối cá tươi (tương ứng cá thu hoạch giai đoạn trưởng thành), còn lại N sẽ có trong nước và bùn đáy và thức ăn thừa. Hàm lượng N thất thoát từ ao cá sẽ được xử lý và thu hồi thông qua sinh khối của lục bình bà sử dụng nước sau xử lý cho nông nghiệp. Hàm lượng N này có triển vọng sẽ thay thế hàm lượng N trong các loại phân bón vô cơ hiện nay. Lượng N thất thoát và phát thải thông qua bùn thải được thu hồi và phối trộn cùng với các chất thải trong hệ thống (phân bò, lục bình, rơm) để ủ phân compost thành phẩm, lượng phân thành phẩm có thể được sử dụng bón nền, cải tạo đất các khu vực bị phèn hoặc trợ dinh dưỡng. Xác cá chết đã được thu hồi để sản xuất dịch đạm cá, hàm lượng đạm trong cá chết tương đối lớn, lượng đạm này được sử dụng cho các loại rau ăn lá và cây ăn quả trong nông nghiệp hữu cơ. Đây được xem như là kết quả sơ bộ của việc thực hiện đánh giá hiệu quả và khả năng tuần hoàn chất dinh dưỡng (Circular Nutrient Economy) của ao nuôi cá tra, phân tích này có thể được áp dụng định hướng cho việc quản lý chất dinh dưỡng (N, P) đối với một vùng nguyên liệu rộng lớn (vùng nguyên liệu nuôi cá tra, vùng sản xuất cánh đồng lớn) nhằm tuần hoàn dòng dinh dưỡng theo hướng khép kín. Nghiên cứu này có thể mở rộng hơn khi kết hợp với các loại hình kinh tế khác nhằm hướng đến tuần hoàn dinh dưỡng chứ không phải đơn thuần chỉ là mô hình xử lý chất thải ao nuôi theo hình thức tuyến tính như truyền thống.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành gửi lời cảm ơn đến Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Tiền Giang đã tài trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này thông qua Hợp đồng thực hiện đề tài số 140/HĐ-QPTKH&CN.

Xin cảm ơn đến Đại học Quốc gia TP.HCM, Viện Môi trường và Tài nguyên đã hỗ trợ, tạo mọi điều kiện thuận lợi để chúng tôi có thể hoàn thành nghiên cứu, xin cảm ơn các Sở Ban Ngành ở các tỉnh ĐBSCL đã hỗ trợ và cung cấp số liệu, tạo điều kiện khảo sát thực tế địa phương.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo “Ứng dụng phân tích dòng vật chất (MFA) đánh giá khả năng tái tuần hoàn dòng Nitơ trong mô hình sinh thái hướng đến khép kín cho ao nuôi cá tra”

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Nhóm tác giả Trần Trung Kiên, Đồng Thị Thu Huyền, Nguyễn Hồng Anh Thu, Nguyễn Việt Thắng cùng thực hiện và thảo luận với nhau để hoàn thành bài báo.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

RF Hệ thống lúa - cá

N : Nitơ

TKN : Tổng Nito theo Kjeldahl

AZEIS : Hệ thống công nông tích hợp

MFA : Phân tích dòng vật chất

HRT : Thời gian lưu nước

QCVN : Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dung TT. Bệnh trên cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) và quản lý dịch bệnh trong nuôi. Khoa Thủy sản: Trường Đại học Cần Thơ; 2015;.
2. Xê ĐV, Bảo CT. Phân tích thị trường người nuôi cá da trơn ở Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 2010;Số 14 44-55;.
3. Oanh PTH, Minh TH. Tình trạng nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878) lồng ghép và không lồng ghép ở đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 2011;20b:48-58;.
4. Anh PT, Kroeze C, Bush SR, Mol APJ. Ô nhiễm nước từ nuôi cá tra (*Pangasius*) tại Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam: các nguyên nhân và các phương án kiểm soát. Các Nghiên cứu ngành Thủy sản. 2010;42:108 - 28;.
5. Công NV. Tổng quan về ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam: Ngành thủy sản. Washington, DC: The World Bank; 2017;.
6. Kiên TT. Đánh giá sự chuyển hóa các hợp chất Nitơ trong mô hình nuôi cá tra tích hợp hướng đến sinh thái khép kín tại tỉnh Đồng Tháp: Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; 2020;.
7. Oehme M, Frei M, Razzak MA, Dewan S, Becker K. Studies on nitrogen cycling under different nitrogen inputs in integrated rice-fish culture in Bangladesh. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2007;79(2):181-91; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10705-007-9106-6>.

8. Schneider O, Sereti V, Eding E, Verreth J. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural engineering*. 2005;32(3-4):379-401; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.09.001>.
9. Wang X, Olsen LM, Reitan KI, Olsen Y. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*. 2012;2(3):267-83; Available from: <https://doi.org/10.3354/aei00044>.
10. Hu L, Ren W, Tang J, Li N, Zhang J, Chen X. The productivity of traditional rice-fish co-culture can be increased without increasing nitrogen loss to the environment. *Agriculture, ecosystems environment*. 2013;177:28-34; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.023>.
11. Watanabe T, Nagumo T. Nitrogen flow in Can Tho province of the Mekong Delta. *JIRCAS working report*; 2002.
12. Nhiên LTM, Khoa NH, Bix H, Trang NTD. Đánh giá đạm trong hệ thống xử lý nước thải ao nuôi cá tra thâm canh Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 2013;25:44-51;.
13. Trang NTD, Hoa LNN. Khả năng xử lý nước thải ao nuôi cá tra thâm canh của vụn thỏ (*Tagetes patula* L.) và cúc (*Chrysanthemum* spp.). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học An Giang*. 2016;11 (3);.
14. Kiều LD, Nguyễn PQ, Trang NTD, Như TTH. Diễn biến thành phần đạm của nước thải ao nuôi thâm canh cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) trong điều kiện thủy canh có mồi mỡ (*Hymenachne acutigluma*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 2015:80-7;.
15. Khôi CM, Dũng NVC. Khả năng xử lý ô nhiễm đạm, lân hữu cơ hòa tan trong nước thải ao nuôi cá tra của lục bình (*Eichhornia crassipes*) và cỏ vetiver (*Vetiver zizanioides*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 2012:151-60;.
16. Kebibeché H, Khelil O, Kacem M, Harche MK. Addition of wood sawdust during the co-composting of sewage sludge and wheat straw influences seeds germination. *Ecotoxicology environmental safety*. 2019;168:423-30; PMID: 30399541. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.075>.
17. De Guardia A, Mallard P, Teglia C, Marin A, Le Pape C, Launay M, et al. Comparison of five organic wastes regarding their behaviour during composting: Part 2, nitrogen dynamic. *Waste Management*. 2010;30(3):415-25; PMID: 19945839. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.018>.
18. Van Tung T, Thao NTP, Hieu TT, Le Thanh S, Braunneg S, Braunneg G, et al. Waste treatment and soil cultivation in a zero emission integrated system for catfish farming in Mekong delta, Vietnam. *Journal of Cleaner Production*. 2021;288:125553; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125553>.
19. Van Tung T, Tran QB, Thao NTP, Hieu TT, Le S, Tuan NQ, et al. Recycling of aquaculture wastewater and sediment for sustainable corn and water spinach production. *Chemosphere*. 2021;268:129329; PMID: 33360937. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129329>.
20. HongYeng L, Agamuthu P. Nitrogen flow in organic and conventional vegetable farming systems: a case study of Malaysia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2015;103(2):131-51; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9728-z>.
21. Tadesse ST, Oenema O, Van Beek C, Ocho FL. Manure recycling from urban livestock farms for closing the urban-rural nutrient loops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2021;119(1):51-67; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10103-8>.
22. Musyoka MW, Adamtey N, Muriuki AW, Bautze D, Karanja EN, Mucheru-Muna M, et al. Nitrogen leaching losses and balances in conventional and organic farming systems in Kenya. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2019;114(3):237-60; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10705-019-10002-7>.
23. Wiel BZ, Weijma J, van Middelaar CE, Kleinke M, Buisman CJN, Wichern FJR, Conservation, et al. Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. *Resources, Conservation Recycling* 2020;160:104901; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104901>.
24. Hidalgo D, Corona F, Martín-Marroquín J. Nutrient recycling: from waste to crop. *Biomass Conversion Biorefinery*. 2021;11(2):207-17; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00590-3>.
25. Otoo M, Drechsel P, Hanjra MA. Business models and economic approaches for nutrient recovery from wastewater and fecal sludge. *Wastewater*: Springer; 2015. p. 247-68; Available from: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9545-6_13.
26. Mayo AW, Hanai EE. Modeling phytoremediation of nitrogen-polluted water using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Physics Chemistry of the Earth*. 2017;100:170-80; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.10.016>.
27. Michel Jr FC, Pecchia JA, Rigot J, Keener HM. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost science utilization*. 2004;12(4):323-34; Available from: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702201>.
28. Laner D, Rechberger H. Material flow analysis. Special types of life cycle assessment: Springer; 2016. p. 293-332; Available from: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7610-3_7.
29. Martin JF, Reddy K. Interaction and spatial distribution of wetland nitrogen processes. *Ecological modelling*. 1997;105(1):1-21; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(97\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(97)00122-1).
30. Fritz JJ, Middleton AC, Meredith DD. Dynamic process modeling of wastewater stabilization ponds. *Journal (Water Pollution Control Federation)*. 1979;2724-43;.
31. Fukumoto Y, Inubushi K. Effect of nitrite accumulation on nitrous oxide emission and total nitrogen loss during swine manure composting. *Soil Science Plant Nutrition*. 2009;55(3):428-34; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2009.00376.x>.
32. Awasthi MK, Sarsaiya S, Wainaina S, Rajendran K, Kumar S, Quan W, et al. A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2019;111:115-31; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.017>.
33. Khiari 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>.

Application of material flow analysis (MFA) for estimating the potential of Nitrogen recirculation in closed-ecosystem based catfish farming

Tran Trung Kien^{1,*}, Dong Thi Thu Huyen², Nguyen Hong Anh Thu², Nguyen Viet Thang¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate and analyze the possibility of nitrogen recirculation when applying a closed eco-system for intensive catfish ponds in the Mekong Delta in accordance with the existing available natural conditions in the local area. A closed ecosystem is proposed for optimizing N emissions from intensive pangasius farming on the basis of closed flows of materials, waste, and energy. The entire system is applied to Tran Trung Nhan household in An Binh B ward, Hong Ngu city, Dong Thap province consisting of 6 sub-systems (catfish ponds, composting, rice cultivation, livestock, liquid fertilizer, aquatic ditches) which are designed to be interacted, and Nitrogen in the catfish ponds are used as the main nutrient sources throughout the integrated system. The material flow analysis (MFA) method, which is based on the principle of material flow balance, is applied in the integrated system to analyze the potential of Nitrogen circulation in the whole system. The results show that the input N source is mainly from feed (43.35 kgN), and there are 3 main sources of N emissions from the system: sewage sludge (20.55 KgN), wastewater (3.4 KgN), and hydrolyzed nitrogen from dead fish (3 KgN). The source of N generated from sewage sludge is mixed with other wastes (biomass from rice straw and water hyacinth) in the system to produce compost (26 KgN), and wastewater generated from catfish ponds after aquatic treatment is supplied to agricultural activities (4.9 KgN).

Key words: material flow analysis (MFA), close ecosystem, catfish farming, nitrogen circulation

¹Institute for Environment and Resources, VNU-HCM, Vietnam

²Dong Nai Technology University, Vietnam

Correspondence

Tran Trung Kien, Institute for Environment and Resources, VNU-HCM, Vietnam

Email: trungkienmt95@gmail.com

History

- Received: 19-7-2021
- Accepted: 14-10-2021
- Published: 06-11-2021

DOI : 10.32508/stdjsee.v5iSI1.569



Copyright

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



Cite this article : Kien TT, Huyen DTT, Thu NHA, Thang NV. Application of material flow analysis (MFA) for estimating the potential of Nitrogen recirculation in closed-ecosystem based catfish farming. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(SI1):SI1-SI12.