

Ứng dụng đất ngập nước xử lý nước thải ao nuôi tôm tại Bạc Liêu cho mục đích tái sử dụng

Application of constructed wetland for shrimp pots wastewater treatment in bac lieu province for reuse purpose

THS VŨ PHƯƠNG THU¹, THS NGUYỄN KIM CHUNG², PHAN ĐÌNH TUẤN³

¹Khoa Môi trường - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.Hồ Chí Minh

Email: vpthu@hcmunre.edu.vn

²Khoa Môi trường - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.Hồ Chí Minh

Email: nkchung@hcmunre.edu.vn

³Giảng viên, Viện Nghiên cứu Phát triển Bến Vững, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.Hồ Chí Minh

Email: phantuan23bhht@gmail.com

TÓM TẮT

Mô hình đất ngập nước kiến tạo được sử dụng để xử lý nước thải ao nuôi tôm nước mặn tại Bạc Liêu. Nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý các chất hữu cơ và dinh dưỡng trong đất ngập nước với diện tích 400 m², sử dụng các loại thực vật bản địa có khả năng chịu mặn như năng tượng, thủy trúc, cỏ nước mặn. Hệ thống xử lý bao gồm hồ sinh học kết hợp đất ngập nước với mục đích tái sử dụng nước cho ao nuôi tôm sú với diện tích 2000m², cũng chính là nguồn nước thải đưa vào hệ thống xử lý. Lưu lượng nước thải vào mô hình được giữ ở mức ổn định là 200 m³/ngày, hiệu quả xử lý COD, BOD₅, NH₄⁺ và TP ở cuối giai đoạn vận hành đều đạt trên 50%. Nồng độ NH₃ tính theo TAN thể hiện lượng Amoni không phân cực có khả năng gây độc cho tôm trong nước đầu ra đất ngập nước tương đối thấp (<0,1 mg/L), nằm trong giới hạn quy định của quy chuẩn Q1-80:2011/BNNPTNT và QCVN 10-MT:2015/BNMT đảm bảo cho mục đích tái sử dụng nước thải.

Từ khóa: Đất ngập nước, Xử lý nước thải ao nuôi tôm; Tái sử dụng.

ABSTRACT

Constructed wetland was used to treat wastewater from saltwater shrimp pond in Bac Lieu province. The study evaluated treatment ability of organic matters and nutrients in the wetland with an area of 400 m² using native plants such as bulrush (*Scirpus littoralis*), cypress (*Cyperus involucratus*) and seagrass (*Posidoniaceae*). The treatment system combined a biological pond and the wetland with the purpose of reusing effluent for the black tiger shrimp pond with an area of 2000m², which was also the influent for the treatment system. The influent was kept at a stable level of 200 m³/day, the treatment efficiency of COD, BOD₅, NH₄⁺ and TP at the end of main operation period was above 50%. The NH₃ concentration (calculated from TAN) represented the amount of non-polar ammonium that is potentially toxic to shrimp in the effluent of the wetland was relatively low (<0.1 mg/L), within the limits specified by the regulation Q1-80:2011/BNNPTNT and QCVN 10-MT:2015/BNMT ensured wastewater reuse purposes.

Keywords: Constructed wetland; Shrimp pond wastewater treatment; Wastewater reuse.

1. GIỚI THIỆU

Nghề nuôi tôm ở nước ta nói chung và tại Bạc Liêu nói riêng đang phát triển mạnh, góp phần quan trọng trong nền kinh tế, nhưng song song với nó là vấn đề dịch bệnh và sự suy thoái của môi trường nuôi [1]. Thường các vùng nuôi tôm chỉ cho lợi nhuận cao trong vòng 2 đến 4 năm đầu, sau đó do bệnh dịch bộc phát, môi trường suy thoái [2,3], con tôm dễ bị bệnh, bệnh dịch tràn lan gây nhiều thiệt hại to lớn cho người nuôi và làm giảm diện tích, sản lượng tôm nuôi. Nguyên nhân chính của việc giảm năng suất

trầm trọng trên được xác định do phát triển nuôi nóng vội, các khu vực nuôi chỉ tập trung vào phát triển diện tích nuôi và tăng sản lượng trong các ao nuôi mà bỏ qua việc xử lý chất thải phát sinh trong quá trình nuôi.

Công trình đất ngập nước kiến tạo hay bãi lọc ngập nước (constructed wetland - CW) được biết đến trên thế giới như một giải pháp công nghệ xử lý nước thải trong điều kiện tự nhiên, thân thiện với môi trường, đạt hiệu suất cao, chi phí xử lý thấp được áp dụng rộng rãi trên thế giới. Đất ngập nước đã được áp dụng phổ

biển trong nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản từ thời cổ đại [4]. Các nghiên cứu khoa học tiên phong về chủ đề này đã được ghi lại trong những năm 1950 và 1960 bởi nhà thực vật học người Đức Seidel cho một số các loài thực vật được tìm thấy ở Châu Âu [5].

Trong nghiên cứu này đất ngập nước dòng chảy ngập theo phương ngang sử dụng thực vật vùng tại Bạc Liêu là năng tượng, thủy trúc và cỏ nước mặn để xử lý nước thải thực tế từ ao nuôi tôm nhằm xác định khả năng áp dụng mô hình này cho mục đích xử lý và tái sử dụng nước thải, giảm thiểu suy thoái môi trường khu vực. Hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu về việc kết hợp ba loại thực vật này trong xử lý nước thải tại đất ngập nước.

2. THÍ NGHIỆM

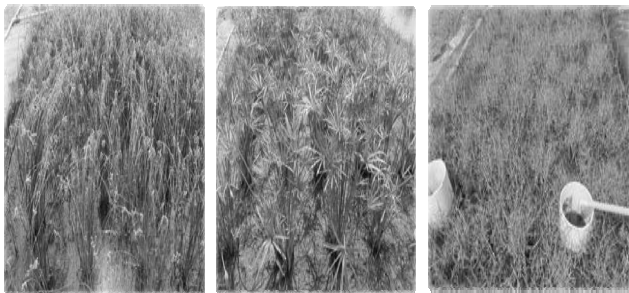
2.1 Mô hình thực nghiệm



Hình 1: Đất ngập nước kiến tạo trong quá trình thi công



Hình 2: Đất ngập nước đã phủ lớp đất và trồng cây



Hình 3 – Thực vật vùng được sử dụng (năng tượng, thủy trúc, cỏ nước mặn)



Hình 4: Phòng thí nghiệm di động Mobilab

Mô hình thí nghiệm được triển khai cạnh ao nuôi tôm sú rộng 2000 m² tại tỉnh Bạc Liêu, tôm được nuôi dạng bán thâm canh (10-

30 con trên 1 m²), hàng tuần ao được thay một lượng nước nhất định, lượng nước này được đưa vào hồ điều hòa trữ nước. Nước từ hồ điều hòa được đưa qua xử lý trong hồ sinh học trước khi đưa vào mô hình đất ngập nước. Bài báo này chỉ giới hạn nội dung đánh giá hiệu quả xử lý trong đất ngập nước. Hình 1 mô tả mô hình đất ngập nước ban đầu khi được phủ lớp HDPE và lớp cát. Hình 2, hình 3 là đất ngập nước đã được phủ lớp đất và trồng ba loại thực vật bản địa. Lưu lượng nước vào mô hình là 200 m³/ngày. Nước sau khi ra khỏi mô hình được lấy mẫu để xác định các chỉ tiêu tổng amoni (TAN), BOD₅, COD, NH₄⁺, TP, tần suất lấy mẫu là 3 ngày 1 lần. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu trên dựa vào các phương pháp đã được công bố trước đây [6,7]. Phòng thí nghiệm di động Mobilab (Hình 4) do nhóm nghiên cứu của Viện Công nghệ và Quản lý môi trường IEEM thuộc Đại học Tổng hợp Witten/Herdecke (Cộng hòa Liên bang Đức) thiết kế và thử nghiệm trong nghiên cứu này. Mobilab được trang bị các thiết bị phân tích mẫu như một phòng thí nghiệm chuẩn đảm bảo đo được các chỉ tiêu theo yêu cầu của nghiên cứu.

2.2 Vật liệu và cấu tạo mô hình

Đất ngập nước được sử dụng trong nghiên cứu thuộc loại cánh đồng ngập nước dạng chảy ngầm với dòng chảy ngang (Horizontal subsurface flow constructed wetlands).

- Cấu tạo mô hình:

+ Diện tích bề mặt mô hình đất ngập nước: 400 m²

+ Chiều dài: 50 m

+ Chiều rộng: 8 m

- Chiều cao lớp vật liệu: 0,65 m trong đó từ đáy lên thứ tự và chiều cao mỗi lớp như sau:

+ Đáy được bao phủ bởi lớp chống thấm HDPE

+ Lớp sỏi cỡ 20x30mm, dày 0,2m

+ Lớp cát dày 0,25 m

+ Hỗn hợp đất trồng và cát dày 0,2 m

Thiết kế của mô hình dựa trên một số nghiên cứu trước đây [8,9,10,11]. Năng tượng, thủy trúc, cỏ nước mặn đã được trồng thích nghi với nước thải từ ao nuôi tôm tại mô hình đất ngập nước và phát triển ổn định (Hình 3). Mật độ thực vật là 6 khóm cây/m². Thời gian khảo sát là 60 ngày với thông số nước thải đầu vào mô hình đất ngập nước (sau xử lý tại hồ sinh học) được trình bày trong bảng 1. Kết quả phân tích cho thấy nước thải sau xử lý bằng hồ sinh học có nồng độ các chất hữu cơ không quá cao, tuy nhiên thông số Nitơ và Photpho lại vượt Quy chuẩn.

Bảng 1: Chất lượng nước thải đầu vào

Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả phân tích	Yêu cầu sau xử lý (QCVN 10-MT:2015/BTNMT, QCVN 01-80:2011/BNNPTNT)
BOD ₅	mg O ₂ /L	23,1 - 47,2	50
COD	mg O ₂ /L	36,3 - 78,4	100
P tổng	mg/L	0,29 - 0,93	0,2
NH ₄ ⁺	mg/L	0,04 - 0,32	0,1

Đáng lưu ý là hàm lượng muối trong nước thải ao nuôi tôm cao nên việc loại bỏ các chất ô nhiễm rất khó đạt hiệu quả cao khi thực hiện các giải pháp thông thường. Do đó, nghiên cứu sử dụng các đối tượng vi sinh vật và thực vật đã thích nghi với môi trường nước mặn để xử lý nước thải ao nuôi tôm sau khi đã qua hồ sinh học.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

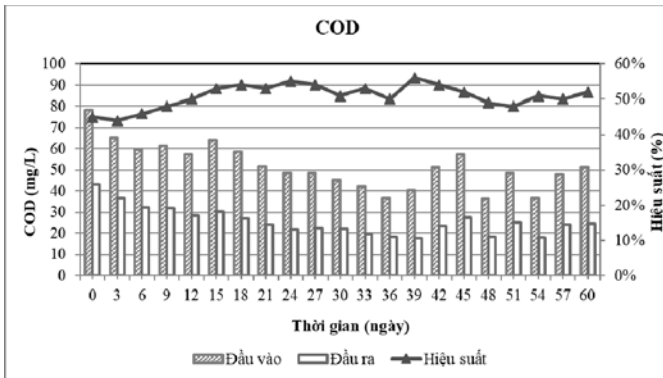
3.1 Kết quả thí nghiệm

Khả năng xử lý COD

Giá trị đầu vào có xu hướng giảm từ ngày 0 đến ngày 36 chủ yếu là do hiệu quả xử lý tăng dần của hồ sinh học, sau đó dao động trong khoảng 40 - 50 mg/L.

Hiệu suất xử lý COD đạt được không cao do nồng độ COD trong nước thải đầu vào tương đối thấp, dao động trong khoảng 44 - 56%. Tuy nhiên với nồng độ đầu ra là 17,82 - 43,12 mg/L, nước thải đầu ra của đất ngập nước đảm bảo đạt yêu cầu theo QCVN 01-80:2011/BNNPTNT (<100 mg/L).

Giá trị COD đầu ra thấp nhất đạt được vào ngày 39 là 17,82 mg/L với hiệu suất xử lý là 56%, giá trị này phù hợp cho tái sử dụng nước thải cho ao nuôi tôm.



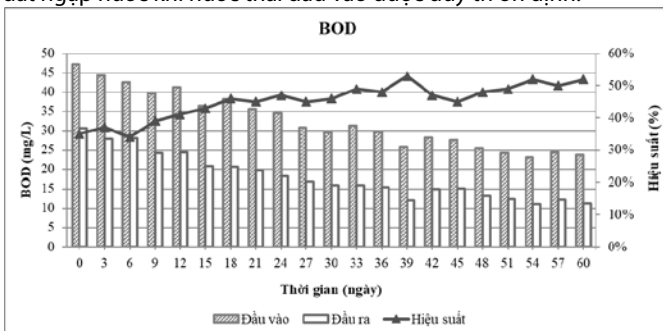
Hình 5: Biến thiên thông số COD trong đất ngập nước

Cơ chế xử lý COD trong đất ngập nước chủ yếu là thông qua quá trình trao đổi chất được thực hiện bởi các vi sinh vật tồn tại, bám dính trên bề mặt vật liệu lọc hay rễ cây trong đất ngập nước và sự hấp thụ chất hữu cơ của thực vật. Có thể thấy cây trồng và vi sinh vật đã thích nghi tốt và ổn định từ giai đoạn vận hành thích nghi nên khả năng xử lý tương đối ổn định theo thời gian.

Khả năng xử lý BOD₅

Giá trị BOD đầu vào có xu hướng giảm trong 60 ngày vận hành do nước thải từ hồ sinh học được xử lý với hiệu quả tăng dần đi sang đất ngập nước. Giá trị BOD₅ đầu vào nằm trong khoảng 23,1 - 47,2 mg/L tương ứng với tải trọng bề mặt 11,55 - 23,6 g/m²/ngày. Với tải trọng này, hiệu quả xử lý BOD₅ trong đất ngập nước tương đối tốt, hiệu suất xử lý có xu thế tăng dần, đạt giá trị cao nhất là 53% vào ngày 39; và tương đối ổn định trong khoảng 45% đến 52% trong các ngày còn lại của giai đoạn vận hành cho thấy khả năng thích nghi của hệ sinh vật trong đất ngập nước đối với nước thải cần xử lý.

Giá trị BOD₅ đầu ra của đất ngập nước nằm trong khoảng 11,09 - 30,68 mg/L, như vậy trong suốt thời gian vận hành 60 ngày, giá trị BOD₅ đầu ra luôn đạt QCVN 01-80:2011/BNNPTNT (<50 mg/L). Giá trị đầu ra có xu hướng giảm một phần do giá trị BOD₅ nước thải đầu vào (từ hồ sinh học) giảm trong thời gian vận hành. Cần có thời gian nghiên cứu dài hơn để đánh giá đúng hiệu quả xử lý của đất ngập nước khi nước thải đầu vào được duy trì ổn định.



Hình 6: Biến thiên thông số BOD₅ trong đất ngập nước

Khả năng xử lý chất hữu cơ trong đất ngập nước phụ thuộc chủ yếu vào hệ vi sinh vật sinh trưởng, bám dính trên bề mặt vật liệu lọc hay rễ cây trong đất ngập nước, bên cạnh đó thực vật cũng đóng vai trò hấp thụ một phần các chất hữu cơ dạng hòa tan trong nước thải. Ngoài ra, tải trọng BOD₅ ở cuối giai đoạn vận hành (khoảng dưới 12g/m²/ngày) phù hợp với tải trọng thường áp dụng trong đất ngập nước xử lý nước thải nên hiệu suất xử lý đạt được tốt.

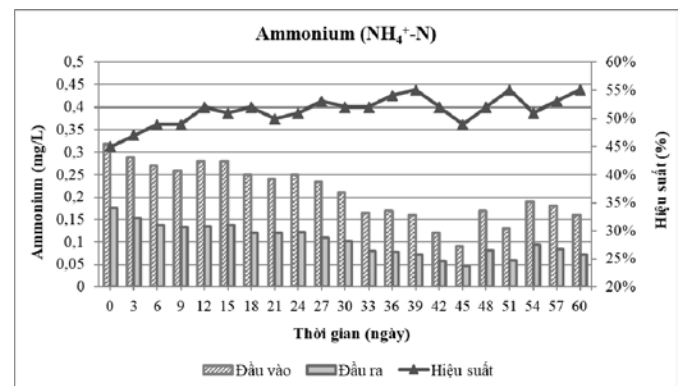
Khả năng xử lý Nitơ

Giá trị giới hạn của thông số Ammonium (NH₄⁺ tính theo N) theo QCVN 01-80:2011/BNNPTNT về nước thải nuôi tôm đạt yêu cầu xả thải là 10 mg/L, Ammonium (NH₄⁺ tính theo N) theo QCVN 10-MT:2015/BTNMT về Chất lượng nước mặt để nuôi thủy sản là 0,1 mg/L, trong khi đó giá trị NH₄⁺ trung bình của nước thải đầu vào đất ngập nước dao động trong khoảng 0,09-0,32 mg/L.

Nồng độ Amoni đầu vào có xu hướng giảm đến ngày 45 sau đó dao động trong khoảng 0,13 - 0,19 mg/L chủ yếu do ảnh hưởng của hiệu quả xử lý của công trình phía trước là hồ sinh học cùng với sự thay đổi của nồng độ Amoni trong nước thải ao nuôi tôm. Hiệu suất xử lý tăng nhẹ trong giai đoạn đầu của quá trình vận hành nhưng nhìn chung hiệu suất xử lý dao động không nhiều, nằm trong khoảng 45%-55%.

Nồng độ đầu ra trong giai đoạn từ ngày 0 đến ngày 30 tương đối thấp nhưng chưa đạt QCVN 10-MT:2015/BTNMT về Chất lượng nước mặt để nuôi thủy sản là 0,1 mg/L. Từ ngày 33 đến cuối giai đoạn vận hành nồng độ đầu ra thấp hơn 0,1 mg/L và đạt yêu cầu quy định.

Nhìn chung nồng độ NH₄⁺ có xu hướng giảm, đạt được yêu cầu tái sử dụng nước ở cuối giai đoạn vận hành 60 ngày, điều này xảy ra chủ yếu nhờ sự kết hợp giữa quá trình nitrat hóa, khử nitrat của các vi sinh vật trong đất ngập nước và sự hấp thụ đạm của thực vật trồng trong đất ngập nước.



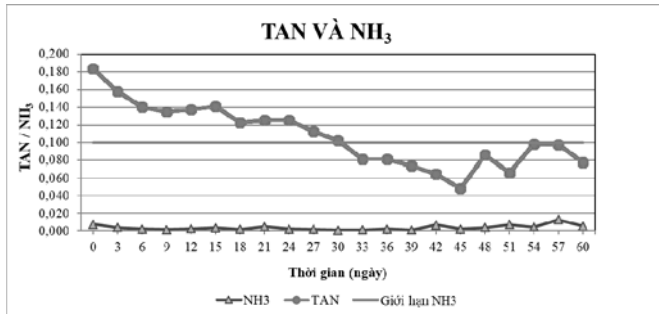
Hình 7: Biến thiên thông số NH₄⁺ trong đất ngập nước

Nước thải đã được xử lý trong hồ sinh học nên nồng độ Amoni đầu vào tương đối thấp, nhưng với yêu cầu chất lượng nước mặt để nuôi thủy sản là 0,1 mg/L cần đảm bảo hiệu quả xử lý Amoni khoảng trên 52% để có thể tái sử dụng nước thải cho ao nuôi tôm. Do đó cần tiếp tục khảo sát với thời gian dài hơn để đảm bảo yêu cầu nước tái sử dụng.

Tổng Nitơ Amoni TAN và NH₃

Nồng độ NH₃ cao trong các ao nuôi tôm sẽ ảnh hưởng đến sự sinh trưởng của tôm và cũng có thể gây chết tôm, do đó theo QCVN 01-80:2011/BNNPTNT hàm lượng NH₃ không vượt quá 0,1 mg/l. Phương pháp xác định NH₃ được sử dụng là xác định tổng đạm amon (TAN) bao gồm NH₃ và NH₄⁺ (TAN = NH₃ + NH₄⁺).

Dựa vào giá trị nhiệt độ và pH, ta có thể xác định tỷ lệ NH_3 trong TAN, từ đó xác định nồng độ NH_3 đầu ra của đất ngập nước. Có thể thấy NH_3 đầu ra luôn đạt giá trị nhỏ hơn 0,1 mg/L đạt yêu cầu quy định đối với nước thải tái sử dụng cho ao nuôi tôm. Điều này đạt được là nhờ sự kiểm soát tốt nhiệt độ và pH trong đất ngập nước, pH trong quá trình vận hành đất ngập nước không có thời điểm tăng lên quá 9,5. Trong khi đó, Nitơ đã được xử lý tốt ở hồ sinh học và đất ngập nước nên tổng số Nitơ Amoni- TAN cũng được duy trì ở mức thấp dưới 0,2 mg/L nên NH_3 đầu ra không có thời điểm nào vượt quá 0,1 mg/L.

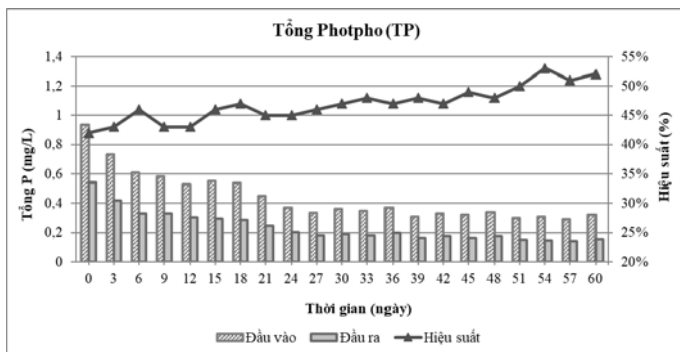


Hình 8: TAN và NH_3 , giá trị giới hạn theo QCVN

Khả năng xử lý Photpho

Giá trị giới hạn của thông số Phosphate (PO_4^{3-} tính theo P) theo QCVN 10-MT:2015/BTNMT- quy định chất lượng nước mặn để nuôi thủy sản là 0,2 mg/L, trong khi đó giá trị Tổng Photpho (TP) của nước thải đầu vào là 0,29-0,934 mg/L.

Nồng độ Photpho đầu vào có xu hướng giảm từ ngày 0 đến ngày 27, sau đó duy trì trong khoảng tương đối ổn định từ 0,29 đến 0,37 mg/L. Hiệu quả xử lý đạt được trong suốt quá trình vận hành nằm trong khoảng 42%-53% trong đó hiệu suất cao nhất là 53% đạt được tại ngày 54. Khả năng xử lý Photpho trong đất ngập nước đạt được là do thực vật và vi sinh vật hấp thụ photpho cho quá trình sinh trưởng, phát triển và một phần photpho được kết tụ, lưu giữ trong bùn đáy.



Hình 9: Biến thiên thông số TP trong đất ngập nước

Nồng độ TP đầu ra tính đến ngày 21 là chưa đạt QCVN 10 - MT:2015/BTNMT - quy định chất lượng nước mặn để nuôi thủy sản (0,2 mg/L), từ ngày 24 đến cuối giai đoạn vận hành 60 ngày nồng độ TP đầu ra <0,2 mg/L và đảm bảo yêu cầu chất lượng nước cung cấp cho ao nuôi tôm.

4. KẾT LUẬN

- Nghiên cứu đã triển khai sử dụng đất ngập nước là công nghệ có tính khả thi, phù hợp với điều kiện địa phương để xử lý

nước thải ao nuôi tôm đạt tiêu chuẩn tái sử dụng về các chỉ tiêu COD, BOD₅, NH_4^+ và TP, cụ thể:

+ Hiệu quả xử lý COD, BOD₅ của đất ngập nước đạt cực đại lần lượt là 56% và 53%. Nồng độ COD, BOD₅ đầu ra thuộc giới hạn lần lượt là 17,82 – 43,12mg/L và 11,09 – 30,68mg/L đảm bảo đạt quy chuẩn 01-80:2011/BNNPTNT về các chỉ tiêu vệ sinh thú y đối với nước thải.

+ Hiệu suất xử lý NH_4^+ và TP tối đa của đất ngập nước lần lượt là 55% và 53%. Nồng độ đầu ra của NH_4^+ và TP từ ngày 33 (nửa cuối giai đoạn vận hành) lần lượt là 0,046 – 0,093 mg/L và 0,14 – 0,20 mg/L đạt được yêu cầu nước cấp cho ao nuôi tôm theo QCVN 10-MT:2015/BTNMT. Giá trị NH_3 tính theo TAN trong nước sau xử lý luôn đạt mức nhỏ hơn 0,1 mg/L theo quy chuẩn.

- Cần có các nghiên cứu bổ sung về các chỉ tiêu khác như độ mặn, nhiệt độ, độ đục, pH... để xác định khả năng tái sử dụng nước thải cho ao nuôi

- Ba loại thực vật năng lượng, thủy trúc và cỏ nước mặn được kết hợp sử dụng hiệu quả trong đất ngập nước cho thấy khả năng xử lý nước thải nhiễm mặn của các loại thực vật bản địa.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ khoa học và công nghệ Việt Nam (MOST) trong đề tài mã số ĐTDL.CN-51/18 và Bộ giáo dục và nghiên cứu Đức (BMBF) trong đề tài mã số 02WCL1474M.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hà Văn Thái, Phí Thị Hằng, Phan Thị Ngọc Diệp, Trần Trung Dũng (2017), *Tổng quan các mô hình có thể áp dụng để xử lý nước thải cho nuôi tôm thẻ chân trắng (Litopenaeus vannamei) vùng Bắc Trung Bộ*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 38.
- Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Vũ Anh Tuấn, Nguyễn Tiên Giang, Nguyễn Quang Hưng (2013), *Đánh giá các nguồn nước phục vụ nuôi trồng thủy sản ở tỉnh Quảng Trị*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 29, số 15, 134 – 140.
- Nguyễn Quang Hưng, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Vũ Anh Tuấn (2015), *Tổng quan các phương pháp xử lý có khả năng áp dụng để xử lý nước thải nuôi trồng thủy sản tại tỉnh Quảng Trị*. Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Đại học Tự nhiên và Công nghệ, tập 31, số 15 (39-47).
- Crossley P. L. (2004), *Sub-irrigation in wetland agriculture*, Agriculture and Human Values, 21(2), 191-205.
- Vymazal J. (2011), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience*, Environmental Science & Technology 45(1), 61-9.
- Salama Y., Chennaoui M., Mountadar M., Rihani M. and Assobhei O. (2015), *Influence of support media on COD and BOD removal from domestic wastewater using biological treatment in batch mode*, Desalination and Water Treatment 54(1), 37-43.
- Kanownik W., Policht-Latawiec A. and Fudala W. (2019), *Nutrient Pollutants in Surface Water-Assessing Trends in Drinking Water Resource Quality for a Regional City in Central Europe*, Sustainability 11(7), 1988.
- Friedrichs F., Rudolph K. U., Panning F., Huyen P. T. (2016), *Occurrence of Toxic Substances Inhibiting the Nitrification in Waste Water from Industrial Zones in Vietnam*, Genthe W. J. V. J. o. S. N. S. and Technology 32(3).
- Dinh N. (2017), *Highly Efficient Treatment of Shrimp Farm Wastewater by Using the Horizontal Subsurface Flow (HSSF) Constructed Wetlands with Phragmites australis Plant*, Asian Journal of Environment & Ecology 4(3), 1-9.
- Rudolph K.-U., Stolpe H., Nestmann F., Norra S., Brömmer K., Börsig N., Zimmer J. and Zemann M. (2019), *R&D Project ViWaT-Mekong- Research of integrated solutions for sustainable development in the Mekong delta*, International conference water resources research on water resources security, disaster prevention and climate change adaptation.
- Anh B. T. K., Van Thanh N., Phuong N. M., Ha N. T. H., Yen N. H., Lap B. Q. and Kim D. D. (2020), *Selection of Suitable Filter Materials for Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland Treating Swine Wastewater*, Water, Air, & Soil Pollution 231(2), 88.