



DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.024

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ THẢI LƯỢNG TỪ AO NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei*) THÂM CANH Ở TỈNH SÓC TRĂNG

Ngô Thụy Diễm Trang*, Trần Đình Duy, Trịnh Phước Toàn, Nguyễn Hải Thanh, Nguyễn Thạch San và Trần Sỹ Nam

Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Ngô Thụy Diễm Trang (email: ntdtrang@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/08/2021

Ngày nhận bài sửa: 14/10/2021

Ngày duyệt đăng: 26/02/2022

Title:

Assessment of water quality and waste discharged from intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds in Soc Trang province

Từ khóa:

Chất lượng nước, mật độ nuôi, thải lượng, thâm canh, tôm thẻ chân trắng

Keywords:

Intensive, *Litopenaeus vannamei*, stocking density, waste amount, water quality

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate dynamics of water quality and wastes derived from intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds with different stocking densities in Soc Trang province. The ponds' depth was at average of 1.4 m, and pond area was in the range of 3,100-4,700 m². The low stocking density was 80-90 shrimp/m², and the high stocking density was 130-140 shrimp/m². Water samples were collected and evaluated from the first month to the end of one cycle with interval of every 2-weeks. The water quality of the culture ponds at the sampling times was maintained well by the farmers at the suitable concentration for shrimp growth and was in accordance with the QCVN 02-19:2014/BNNPTNT, except for water pH and alkalinity in the high stocking density ponds. However, to produce 1 ton of shrimp, 6,644-8,289 m³ wastewater, 27.9-29.9 m³ siphon water, 145-179 kg COD, 12.5-16.3 kg P and 57.6-77.5 kg N are discharged into the environment via water exchange and siphon. The accumulation of COD, TKN and TP was abundant in siphon water. Therefore, the management and treatment of wastewater and siphon water discharged from intensive shrimp ponds is essential to minimize the amount of wastes entering the environment around the farming area.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định môi trường nước ao nuôi và thải lượng từ ao tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) nuôi thâm canh với mật độ nuôi khác nhau ở tỉnh Sóc Trăng. Các ao nuôi có độ sâu trung bình 1,4 m và diện tích mặt nước 3.100-4.700 m². Nhóm ao nuôi mật độ thấp là 80-90 con/m² và nhóm ao nuôi mật độ cao là 130-140 con/m². Mẫu nước được thu và đánh giá từ đầu vụ đến cuối vụ nuôi với tần suất 2 tuần/lần. Chất lượng nước trong các đợt thu mẫu được người nuôi duy trì ở ngưỡng thích hợp cho tôm thẻ chân trắng sinh trưởng và nằm trong quy định của QCVN 02-19:2014/BNNPTNT, ngoại trừ pH và độ kiềm trong ao nuôi mật độ cao. Tuy nhiên, để sản xuất 1 tấn tôm cần có 6.644-8.289 m³ nước thải, 27,9-29,9 m³ nước xi phông, 145-179 kg COD, 12,5-16,3 kg P và 57,6-77,5 kg TKN thải vào môi trường qua quá trình thay nước và xi phông. Vì vậy, việc quản lý và xử lý nước thải ra và nước xi phông từ các ao nuôi tôm thâm canh là rất cần thiết để giảm thiểu lượng chất thải đưa vào môi trường xung quanh khu vực nuôi.

1. GIỚI THIỆU

Những năm gần đây nghề nuôi tôm nước lợ ở các tỉnh ven biển Đông bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) phát triển nhanh, mở rộng diện tích nuôi và gia tăng vượt bậc về mặt sản lượng. Theo Tổng cục Thủy sản (2020), diện tích nuôi tôm cả nước năm 2019 đạt 720.000 ha, sản lượng tôm nước lợ đạt 750.000 tấn bằng 98,3% so với năm 2018, trong đó tôm sú đạt khoảng 270.000 tấn, tôm thẻ chân trắng (TCT) đạt 480.000 tấn. Riêng tỉnh Sóc Trăng năm 2019, diện tích tôm TCT có hơn 38 nghìn ha và đạt 150 nghìn tấn (chiếm 31,25% tổng sản lượng tôm TCT cả nước) (Sở Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn tỉnh Sóc Trăng, 2019). Tuy mang lại lợi nhuận cao cho người nuôi nhưng nghề nuôi tôm phát sinh nhiều vấn đề bất cập liên quan đến sản xuất như dịch bệnh trên tôm, ô nhiễm môi trường và các vấn đề liên quan đến biến đổi khí hậu. Trong đó, môi trường ao nuôi, chất lượng nước cấp và quản lý chất thải từ ao nuôi tôm là yếu tố quyết định năng suất, sản phẩm tôm và tính hiệu quả lợi nhuận mang lại từ mô hình (Phụng và ctv., 2013). Pham et al. (2010) ghi nhận để sản xuất 1 tấn tôm sú có 5.345 - 7.151 m³ nước thải, 259 kg BOD, 769 kg COD, 1.170 kg TSS, 30 kg N, 3,7 kg P và 4,8 kg N-NH₃ thải vào môi trường. Theo Sơn và ctv. (2014), N chuyển hóa từ thức ăn sang N trong tôm TCT nuôi là 20,6% và P là 12,5%. Bên cạnh đó, Mạnh và Nga (2011) ghi nhận vật chất hữu cơ tích lũy dạng bùn qua vụ nuôi tôm thâm canh (TC) tại Cà Mau trung bình dao động 111-137 m³/ha/vụ, trong đó chứa lượng hữu cơ 1,35-2,2 tấn/ha/vụ; TKN 33-79,8 kg/ha/vụ và TP 24,7- 50,2 kg/ha/vụ. Vì vậy, nguy cơ gây ô nhiễm trở lại ao nuôi tôm và môi trường xung quanh ao là rất lớn nếu

lượng chất ô nhiễm này được xả thải trực tiếp ra môi trường. Điều này chưa được quan tâm bởi người nuôi tôm ở ĐBSCL (Trúc và ctv., 2018; Nguyen et al., 2019). Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá chất lượng môi trường ao nuôi và thải lượng từ các ao nuôi tôm TC ở tỉnh Sóc Trăng trong một vụ nuôi với mật độ nuôi khác nhau nhằm cung cấp thông tin diễn biến môi trường nước và lượng chất thải, làm cơ sở giúp cho người nuôi và các nhà quản lý đề ra những giải pháp thích hợp để bảo vệ môi trường hướng đến sự phát triển bền vững trong ngành nuôi tôm.

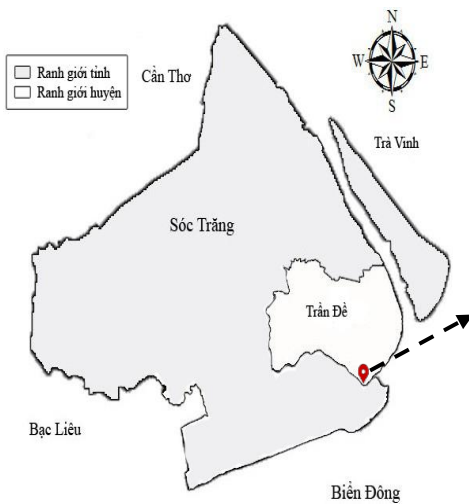
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các ao nuôi tôm TCT TC (9°25'7.6"N 106°8'4.9"E) tại huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng (Hình 1), từ tháng 10 năm 2019 đến tháng 01 năm 2020. Thí nghiệm được bố trí tại 6 ao có quy mô trang trại được sử dụng trong nghiên cứu là nuôi TC tôm TCT (Bảng 1).

2.2. Đặc điểm các ao thí nghiệm

Các ao nuôi tôm TCT được chọn để theo dõi diễn biến một số chỉ tiêu trong môi trường nước ao nuôi từ đầu vụ đến cuối vụ. Các ao nuôi có độ sâu mực nước dao động trong khoảng 1,38-1,43 m, có diện tích trong khoảng 3.100-4.700 m² và mật độ thả nuôi 80-140 con/m² (Bảng 1). Các thông tin kỹ thuật chung của các ao lựa chọn nghiên cứu cũng mang tính đại diện cho các ao nuôi TC ở các tỉnh ven biển ĐBSCL như Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau (Sơn và ctv., 2014; Long và Hiền, 2015; Trúc và ctv., 2018; Vân và ctv., 2018; Nguyen et al., 2019).



Hình 1. Vị trí ao thu mẫu

Bảng 1. Đặc điểm ao thí nghiệm

Thông số	Mật độ 80-90 con/m ²			Mật độ 130-140 con/m ²		
	MA2	MA3	MA8	MA6	MA7	MA9
Diện tích ao (m ²)	3500	3500	3100	4000	4000	4700
Độ sâu mực nước (m)	1,42	1,40	1,42	1,41	1,38	1,43
Mật độ (con/m ²)	90	80	80	130	130	140
Thời gian nuôi (ngày)	80	78	78	87	82	85
Lượng thức ăn (tấn/ha/vụ)	20,06	16,44	21,79	19,09	16,72	26,87
Số giàn quạt nước	4	4	4	5	5	5
Tần suất xi phông (lần/ngày)	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
Số phút xi phông/ngày	8	8	8	8	8	8

Các ao nuôi có lót bạt bờ nhưng không lót đáy. Chủ hộ đầu tư hệ thống từ 4-5 giàn quạt nước (tần suất quạt 24 giờ/ngày) và các viên nén oxy để bổ sung oxy cho ao nuôi. Tôm giống kích cỡ PL₁₃ được sử dụng và thả nuôi trực tiếp không qua ương. Các ao nuôi bắt đầu tiến hành xi phông vào ngày thứ 30 sau khi thả tôm bằng máy bơm thiết kế hệ thống bơm tự động. Tần suất xi phông được thiết lập tự động là 1 giờ 15 giây xi phông 1 lần, mỗi lần 20 giây, do đó, tổng cộng 23,7 lần xi phông cho mỗi ngày, nhưng thời gian xi phông trong ngày chỉ có 8 phút (Bảng 1). Lượng nước xi phông được tính toán theo công suất của máy bơm với 970 L/phút x tần suất xi phông (phút/ngày) x số ngày. Các ao này thực hiện quá trình xi phông liên tục mỗi ngày đến khi thu hoạch tôm. Việc thay nước trong ao nuôi ít được áp dụng, chủ hộ chỉ bơm bổ sung nước vào ao nuôi khi mức nước trong ao bị giảm (dựa vào mức nước đã được đánh dấu bằng thước đo đặt trong ao nuôi) với tần suất mỗi buổi sáng bơm một lần. Tuy nhiên, khi có mưa thì chủ hộ không cần bơm bổ sung nước vào ao nuôi.

2.3. Phương pháp thu, bảo quản và phân tích mẫu nước

Mẫu nước trong ao được thu từ 8 giờ đến 9 giờ sáng, có 6 đợt thu mẫu theo thời gian nuôi từ đầu vụ đến cuối vụ nuôi, tần suất thu mẫu là 2 tuần thu 1 lần. Mẫu nước được thu theo phương pháp mẫu tổ hợp. Nước được thu ở tầng mặt cách bề mặt nước khoảng 20-30 cm, lấy cùng thể tích tại 4 góc ao và giữa ao rồi cho vào xô, sau khi trộn đều dùng chai nhựa dung tích 1 L thu đầy nước. Chai nước được trữ ngay trong điều kiện thùng xốp có chứa nước đá và chuyên ngay về Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ để phân tích trong ngày.

Các máy đo chuyên dụng của Hanna Instruments (Rumani) được sử dụng để đo thông số nhiệt độ, oxy hòa tan (DO) (HI 9146), pH (HI 8424), độ dẫn điện

(EC) (HI 9300) và độ mặn (Khúc xạ kế, Alla, Pháp) được đo ngay tại điểm thu mẫu. Các chỉ tiêu độ kiềm, COD, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, PO₄³⁻-P, TKN, TP được phân tích dựa vào phương pháp phân tích theo chuẩn APHA et al. (1998). Ngoài ra, mẫu nước xi phông được thu để phân tích tải lượng ô nhiễm thải ra từ ao tôm. Mẫu xi phông được thu trực tiếp từ miệng xả đường ống bơm ra từ ao vào 2 đợt thu mẫu cuối, bắt đầu từ ngày 60 và 74 sau thả nuôi. Đặc tính nước xi phông chỉ được tính từ ngày thứ 60 cho đến thu hoạch tôm, đây cũng là giới hạn của nghiên cứu này. Trong ngày thu, 3 đợt xi phông được thu sau mỗi 3 giờ. Mẫu xi phông được phân tích COD, TP và TKN.

2.4. Tính toán thải lượng từ ao nuôi

Trong điều kiện nghiên cứu này, chất hữu cơ (COD), đạm (TKN), lân (TP) trong bùn đáy ao cuối vụ không được đánh giá, do chủ trang trại không tiến hành sên vét bùn vì muốn giữ nước lại để nuôi vụ tiếp theo. Do đó, thải lượng chất hữu cơ (COD), đạm (TKN), lân (TP) (kg/ha/1 vụ nuôi) trong nước thải và nước xi phông phát sinh từ ao nuôi được tính toán dựa trên nồng độ COD, TKN, TP trong nước ao nuôi tại các thời điểm thu mẫu (2 tuần 1 lần) và trong nước xi phông (tại thời điểm thu) nhân với thể tích.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Chương trình Microsoft Excel 2017 được sử dụng để tổng hợp số liệu, dùng phần mềm Sigmaplot 14.0 (San Jose, California, USA) để vẽ hình và phần mềm Statgraphic Centurion XVI (StatPoint, Inc., USA) để xử lý thống kê. Việc so sánh giá trị chất lượng nước giữa 2 mật độ thả nuôi được thực hiện bằng kiểm định mẫu độc lập (Independent T-test; p<0,05); đánh giá tương cặp (Pearson) giữa các thông số kỹ thuật, môi trường nước ao nuôi và lượng ô nhiễm. Ngoài ra, các thông số môi trường nước cũng được so sánh với QCVN 02-19:2014/BNNPTNT.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến giá trị pH, DO, EC, độ mặn, độ kiềm và COD trong nước ao nuôi theo thời gian

Kết quả thống kê cho thấy mật độ nuôi không ảnh hưởng đến các giá trị môi trường nước ao nuôi

($p > 0,05$), ngoại trừ pH, tổng TKN và tổng P ($p < 0,05$, Bảng 2). Tuy nhiên, Costa et al. (2018) ghi nhận nồng độ các chất trong nước ao nuôi giữa hai mật độ nuôi 100 và 150 con/m² là như nhau và duy trì tốt trong ngưỡng phù hợp cho tôm TCT, có thể do hệ thống nuôi trong điều kiện có biofloc nên môi trường nước nuôi được quản lý tốt hơn.

Bảng 2. Giá trị trung bình môi trường nước ao nuôi của 2 mật độ

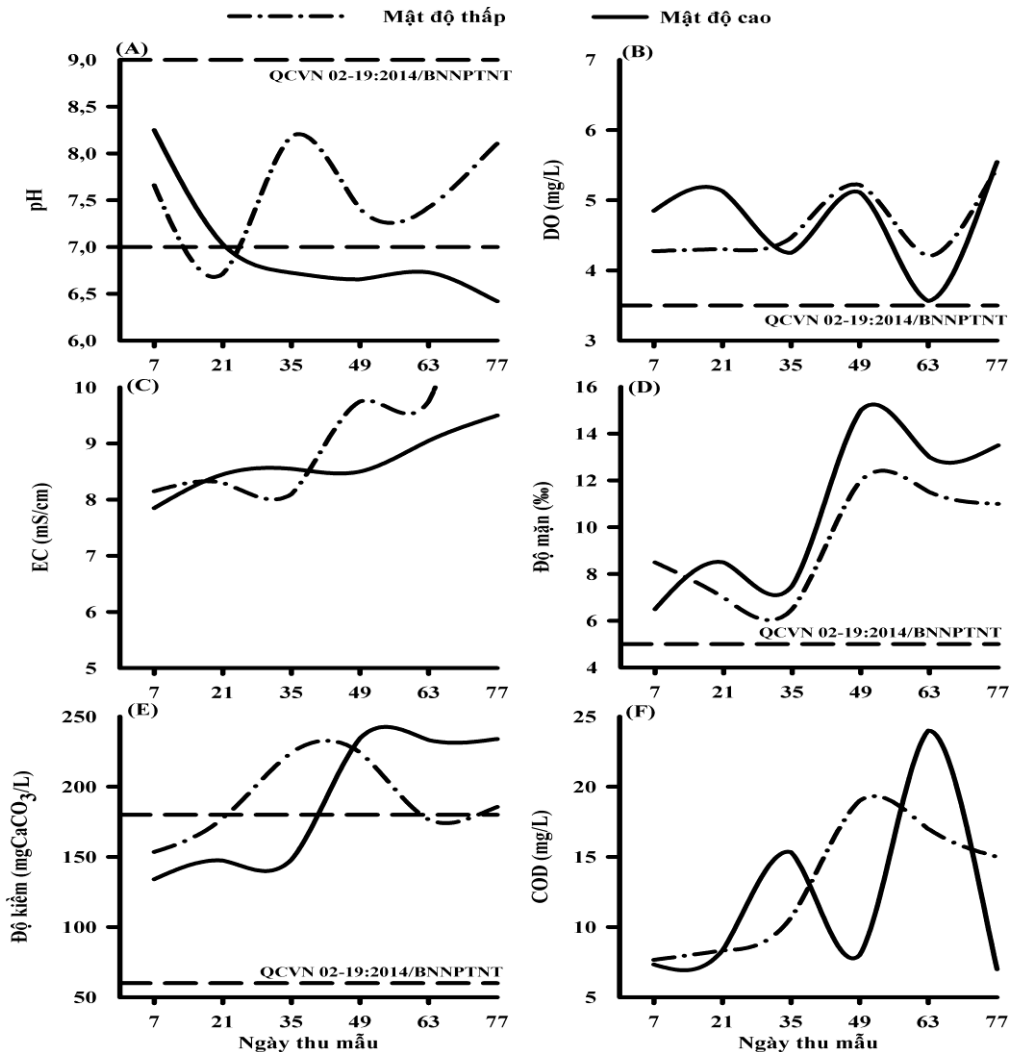
Thông số	Đơn vị	Mật độ thấp (80-90 con/m ²)	Mật độ cao (130-140 con/m ²)	QCVN ^x
Nhiệt độ	°C	30,03±1,26	29,49±1,08	18-33
pH	-	7,58±0,78 ^a	7,0±0,68 ^b	7-9
DO	mg/L	4,65±0,59	4,74±0,69	≥3,5
EC	mS/cm	9,72±2,31	8,65±0,57	
Độ mặn	‰	9,42±2,49	10,6±3,42	5-35
Độ kiềm	mgCaCO ₃ /L	190,3±34,2	188,6±48,5	60-180
COD	mg/L	12,94±5,97	11,67±6,68	≤150
NO ₂ ⁻ -N	mg/L	2,39±2,51	4,17±3,37	-
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	0,09±0,16	0,15±0,16	-
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	0,49±0,31	0,57±0,33	-
PO ₄ ³⁻ -P	mg/L	0,23±0,13	0,26±0,19	-
TP	mg/L	0,82±0,4 ^b	1,23±0,67 ^a	-
TKN	mg/L	3,99±2,59 ^b	5,89±2,4 ^a	-

Ghi chú: ^{a,b} giá trị cùng hàng (giữa 2 mật độ nuôi) có a, b khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê (dựa vào kiểm định T-test)

^xQCVN 02-19:2014/BNNPTNT: Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về cơ sở nuôi tôm nước lợ - điều kiện đảm bảo vệ sinh thú y, bảo vệ môi trường và an toàn thực phẩm.

Trong thời gian nghiên cứu được thực hiện vào những tháng cuối năm (cuối mùa mưa) và đầu năm sau (đầu mùa khô), giá trị nhiệt độ trong nước ao nuôi khoảng 28,0-32,3°C, nằm trong khoảng tối ưu cho sự phát triển tôm theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT (18-33°C). Giá trị pH được ghi nhận trong các ao thí nghiệm biến động nhiều qua các đợt thu mẫu (Hình 2A). Giá trị pH ở các ao mật độ thấp dao động khoảng 6,49-9,10, trong khi ở ao mật độ cao 5,93-8,43, với giá trị trung bình trong khoảng 7,00-7,58 (Bảng 2) tương đương với ghi nhận của Quý và Anh (2010). Xu hướng pH nước giảm vào cuối vụ ở ao nuôi tôm mật độ cao có giá trị pH thấp dưới 7,0 (Hình 2A) và thấp hơn so với

ao nuôi mật độ thấp ($p < 0,05$, Bảng 2). Điều này có thể ảnh hưởng tiêu cực đến tôm nuôi. Sự biến động và giá trị pH thấp của nước phụ thuộc vào quá trình quang hợp và hô hấp xảy ra trong cột nước, pH thấp vào lúc bình minh và tăng cao vào giữa buổi chiều (Chamberlain, 1988). Thời điểm thực hiện thu mẫu nước vào buổi sáng 8-9 giờ, do đó, giá trị pH ghi nhận trong nước ao nuôi thí nghiệm thấp. Ngoài ra, mưa cũng làm giảm pH nước. Vì vậy, pH nước ao nuôi cần theo dõi với tần suất dày hơn như trong ngày (khuyến cáo người nuôi đo pH nước vào buổi sáng và chiều tối), sau mỗi cơn mưa và mỗi ngày để có kết luận chính xác hơn về sự biến động pH nước và có giải pháp can thiệp kịp thời để ổn định pH.



Hình 2. Diễn biến giá trị pH (A), DO (B), EC (C), độ mặn (D), độ kiềm (E) và COD (F) trong nước ao nuôi tôm TCT TC theo thời gian ở 2 mật độ nuôi 80-90 (thấp) và 130-140 con/m² (cao)

Hàm lượng oxy hòa tan (DO) thường có xu hướng giảm dần theo thời gian nuôi, do sự tích lũy chất hữu cơ thông qua thức ăn dư thừa, phân tôm và nhu cầu oxy cho hoạt động của tôm (Lin et al., 2005). Cũng theo Boyd (1998), lượng thức ăn dư thừa và sự bài tiết của tôm sẽ tăng dần và tạo ra sự tích lũy chất hữu cơ trong môi trường nuôi cần oxy để phân hủy. Trong ao tôm, DO là điều kiện cực kỳ quan trọng vì ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động sống của tôm. Trong nghiên cứu hiện tại, giá trị trung bình của DO của hai mật độ nuôi là như nhau (4,65 và 4,74 mg/L), dao động tương ứng 3,63-5,52 và 3,31-5,57 mg/L (Hình 2B). Có thể do các ao nuôi này được chủ hộ đầu tư hệ thống quạt nước, trung bình 4-5 giàn quạt/ao (Bảng 1) nhằm đảm bảo tốt điều kiện DO trong nước cho sự phát triển của tôm.

Ngoài ra, chủ hộ nuôi còn sử dụng thêm men vi sinh và hóa chất cung cấp thêm oxy trong nước như oxy superliar, do đó, giá trị DO trong các ao nghiên cứu đều đạt giá trị quy định theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT ($DO \geq 3,5$ mg/L). Qua đó cho thấy người nuôi rất quan tâm đến điều kiện oxy hòa tan trong nước ao nuôi.

Giá trị EC ở các ao nuôi có xu hướng tăng ở cuối vụ nuôi và giống nhau giữa 2 mật độ nuôi ($p > 0,05$; Bảng 2). Giá trị EC ở các ao mật độ thấp và cao dao động trong khoảng 7,6-15,8 và 7,7-9,9 mS/cm (Hình 2C), tương ứng với độ mặn ở các ao mật độ thấp (6,0-14‰) và ao mật độ cao (6,0-15‰) (Hình 2D). Theo Kungvankij et al. (1986) và Wanninayake et al. (2001) trích bởi Sơn và ctv. (2014) độ mặn tốt nhất để tôm tăng trưởng nhanh là từ 10-30‰. Ảnh

hưởng của độ mặn đến sinh trưởng tôm đã có nhiều minh chứng: ở độ mặn 5‰ tôm có tỷ lệ sống 12,5% sau 96 giờ; ở các nồng độ 15-40‰ hầu như không có sự tồn tại của tôm (Zhang et al., 2009); trong khi, Quý và Anh (2010) ghi nhận tôm TCT có thể sinh trưởng tốt ở điều kiện nước lợ (độ mặn thấp 4‰) và độ kiềm thấp 40 mg CaCO₃/L. Theo QCVN 02-19/2014/BNNPTNT, độ mặn ở các ao nuôi trong nghiên cứu vẫn thỏa mãn yêu cầu về độ mặn cho nước cấp vào ao tôm (5-35‰). Vì vậy, độ mặn trong nghiên cứu này không là yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng tôm nuôi.

Trong nuôi tôm, độ kiềm cũng là một trong những yếu tố quan trọng quyết định đến năng suất tôm nuôi. Độ kiềm thích hợp cho sự phát triển của tôm TCT dao động trong khoảng 60-180 mg CaCO₃/L (theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT). Nhưng theo Mỹ (2009), độ kiềm thích hợp cho tôm TCT phát triển phải lớn hơn 80 mg CaCO₃/L. Trong nghiên cứu này, độ kiềm trung bình trong các ao mật độ thấp 138-243, ao mật độ cao là 116-245 mg CaCO₃/L và giống nhau giữa 2 mật độ nuôi (p>0,05, Bảng 2). Người nuôi bổ sung các chất có gốc CaCO₃ như dolomite [CaMg(CO₃)₂], bột đá vôi (CaCO₃) để xử lý môi trường nước và ổn định sự tăng đột ngột của pH nước (Duy và ctv., 2021). Theo Jarwar (2015), việc tăng nồng độ CO₂ trong nước vào ban đêm do tảo hô hấp, pH giảm và vôi hòa tan làm tăng nồng độ CaCO₃. Ngoài ra, sự khuấy trộn mạnh mẽ của các ao vào ban đêm bởi các thiết bị sục khí tạo điều kiện cho sự chuyển động của nước chứa CO₂ tràn qua đáy ao để làm hòa tan CaCO₃. Đây là những nguyên nhân ghi nhận trong cột nước ao nuôi vào buổi sáng có pH nước thấp nhưng độ kiềm khá cao (Hình 2).

Nồng độ COD không quy định trong môi trường nước cấp ao nuôi, nhưng chỉ quy định cho nước thải từ ao nuôi sau khi xử lý cho phép xả thải ra môi trường ngoài là ≤150 mg/L (QCVN 02-19:2014/BNNPTNT). Sự tăng COD trong nước ao nuôi là do sự tích lũy thức ăn dư thừa và phân tôm và các thời điểm giảm COD trong nước có thể do quá trình xi phông nước được thực hiện. Nhưng nhìn chung, COD trong nước ao nuôi dao động trung bình thấp hơn 25 mg/L và có xu hướng giảm về cuối vụ nuôi (Hình 2F). Theo Mỹ (2009), nồng độ COD trong ao nuôi tôm nên được khống chế ở mức <6 mg/L. Do đó, chủ hộ nuôi thực hiện thay nước và/hoặc xi phông thường xuyên là cách làm giảm COD trong nước ao nuôi đảm bảo cho tôm nuôi sinh trưởng tốt.

3.2. Diễn biến nồng độ các dạng đạm và lân trong nước ao nuôi theo thời gian

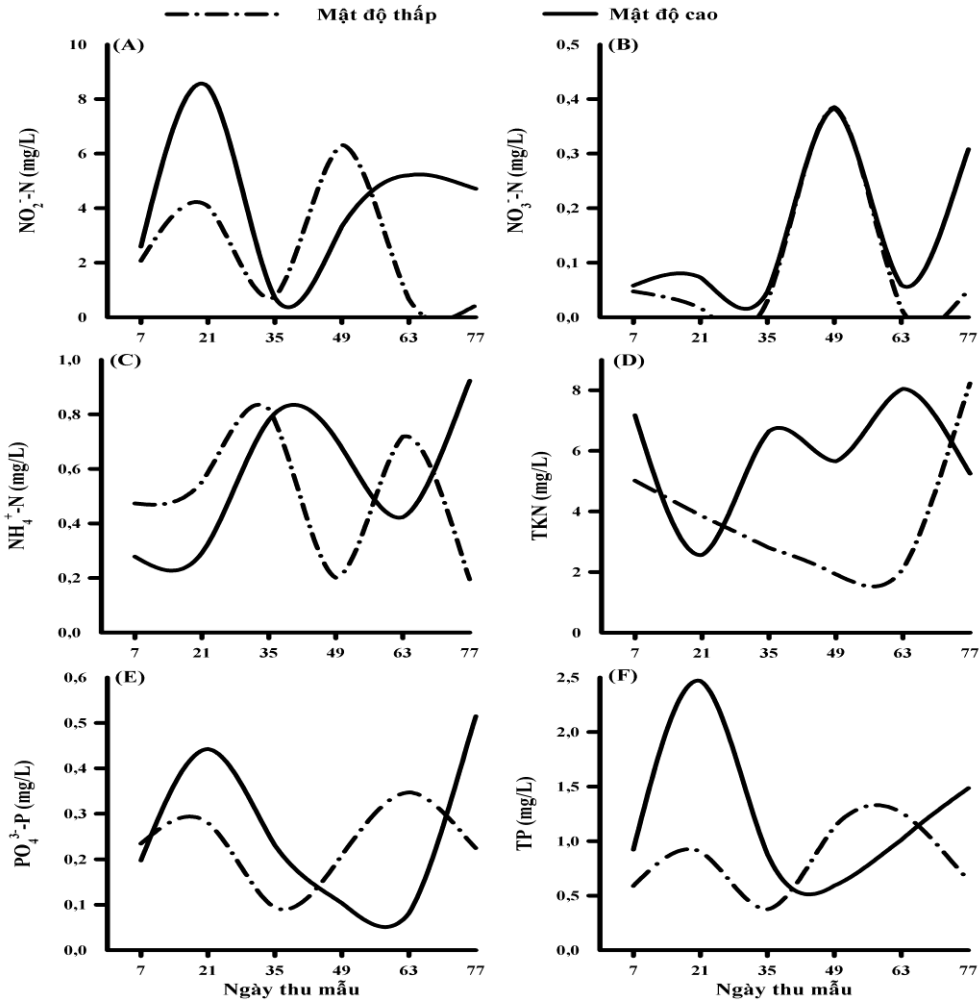
Nồng độ NO₂⁻-N của các ao nuôi biến động khá lớn trong khoảng 0,01-14,1 mg/L, tuy nhiên, giá trị trung bình NO₂⁻-N giữa 2 mật độ nuôi được ghi nhận như nhau (p>0,05). Nồng độ NO₂⁻-N trong nước ao nuôi tôm không được quy định trong QCVN 02-19:2014/BNNPTNT, nhưng có rất nhiều nghiên cứu đánh giá ngưỡng độc hại và an toàn NO₂⁻-N cho tôm TCT. Cụ thể theo Lin and Chen (2003) đề xuất ngưỡng an toàn NO₂⁻-N cho tôm TCT là 6,1, 15,2 và 25,7 mg/L tương ứng với độ mặn trong nước là 15, 25 và 35‰. Samocha (2019) cũng ghi nhận tương tự khi độ mặn trên 15‰ cho phép nồng độ NO₂⁻-N nhỏ hơn 10 mg/L, nhưng khi độ mặn thấp hơn 15‰ thì nồng độ NO₂⁻-N tối đa cho phép chỉ 5 mg/L và khuyến cáo chỉ số này càng thấp càng tốt khi tôm nuôi càng lớn. Giá trị độ mặn ghi nhận trong nghiên cứu hiện tại vào thời điểm cuối vụ dưới 15‰ (Hình 2D) và nồng độ NO₂⁻-N trung bình khoảng ≤6 mg/L (Hình 3A), có thể xem đạt mức độ an toàn theo hai nghiên cứu trên. Tuy nhiên, với sự biến động khá lớn NO₂⁻-N (0,01-14,1 mg/L) thì có những thời điểm NO₂⁻-N không phù hợp cho tôm nuôi. Vì theo Valencia-Castañeda et al. (2019), nhận định mức độ an toàn của NH₄⁺-N, NO₂⁻-N và NO₃⁻-N khi cho tôm TCT tiếp xúc trong điều kiện đơn chất hoặc hỗn hợp 3 chất trên thì giá trị tương ứng cho mức an toàn là 1,45, 0,53, 45,0 mg/L (điều kiện đơn chất) và 0,48, 0,08, 14,6 mg/L (điều kiện hỗn hợp). Điều này có nghĩa là độc tính NO₂⁻-N trong nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ mặn và các dạng đạm hòa tan khác, do đó, để quản lý tốt môi trường nước cho tôm nuôi cần quản lý tất cả các thông số môi trường nước.

Nồng độ NO₃⁻-N trong các ao nuôi đều có xu hướng giảm từ đầu vụ đến giữa vụ và tăng về cuối vụ nuôi (Hình 3B). Nồng độ NO₃⁻-N ở các ao dao động trong khoảng 0,09-0,15 mg/L và như nhau giữa 2 mật độ nuôi (p>0,05). Nitrate là sản phẩm cuối cùng của quá trình nitrate hóa và nồng độ thường cao hơn cả NH₄⁺-N và NO₂⁻-N nhưng ít độc hơn (Zweig et al., 1999). Clifford (1994) trích bởi Philminaq (2021) đề nghị mức NO₃⁻-N tối ưu cho nuôi tôm chân trắng trong khoảng 0,4-0,8 mg/L. Vì vậy, nồng độ NO₃⁻-N trong nghiên cứu này không ảnh hưởng đến tôm nuôi.

Nồng độ NH₄⁺-N ở các ao dao động từ 0,09-1,25 mg/L và có xu hướng hơi tăng nhẹ ở cuối vụ nuôi ở ao mật độ cao và giảm nhẹ ở ao mật độ thấp (Hình 3C), nhưng như nhau giữa 2 mật độ nuôi (p>0,05). Nồng độ NH₄⁺-N thích hợp cho ao nuôi tôm dao

động trong khoảng 0,2-2,0 mg/L (Boyd, 1998), nhưng khi pH tăng và nhiệt độ trong nước tăng cao có thể làm cho $\text{NH}_4^+\text{-N}$ chuyển hóa thành khí $\text{NH}_3\text{-N}$, có thể gây độc cho tôm. Tuy nhiên, trong ngưỡng $\text{NH}_4^+\text{-N}$ trung bình <2,0 mg/L, giá trị pH hiện tại

<8,0 và nhiệt độ khoảng 30°C thì nồng độ $\text{NH}_3\text{-N}$ trong nghiên cứu này <0,01 mg/L (theo công thức của Albert, 1973), không đáng kể so với ngưỡng quy định trong chất lượng nước cấp vào ao tôm TCT của QCVN 02-19:2014/BNNPTNT ($\text{NH}_3\text{-N}$ <0,3 mg/L).



Hình 3. Diễn biến nồng độ $\text{NO}_2\text{-N}$ (A), $\text{NO}_3\text{-N}$ (B), $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (C), TKN (D), $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (E) và TP (F) trong nước ao nuôi TCT TC theo thời gian ở 2 mật độ nuôi 80-90 (thấp) và 130-140 con/m² (cao)

Nồng độ TKN trung bình trong nước ao nuôi mật độ cao 130-140 con/m², cao hơn so với ao nuôi thấp hơn (80-90 con/m²) ($p < 0,05$, Bảng 2). Điều này cũng được ghi nhận tương tự cho nồng độ TP ($p < 0,05$), nhưng không ghi nhận cho $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ($p > 0,05$). Trong ao nuôi mật độ thấp, nồng độ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (0,01-0,49 mg/L) và TP (0,15-1,7 mg/L) có xu hướng giảm ở đợt thu mẫu cuối, nhưng ở ao nuôi mật độ cao $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (0,04-0,75 mg/L) và TP (0,47-2,67 mg/L) lại tăng (Hình 3E và 3F). Kết quả này cũng khá tương đồng với nghiên cứu của Sơn và ctv. (2014), trong các ao nuôi tôm TCT, tổng lân thấp nhất trung bình khoảng 0,90 mg/L và cao nhất vào

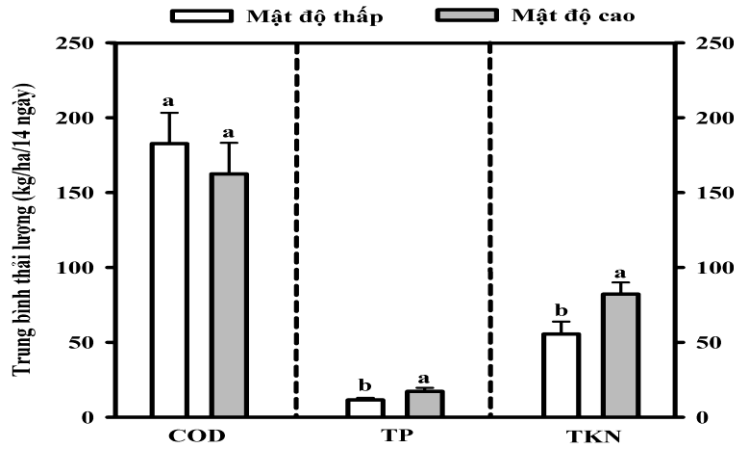
thời điểm thu hoạch, hàm lượng TP lúc này đạt 1,90 mg/L.

3.3. Tổng thải lượng COD, TKN và TP

Nhìn chung, nồng độ các chất COD, TKN và TP trong môi trường nước các ao tôm tại các thời điểm thu mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép để đảm bảo tôm nuôi sinh trưởng và phát triển bình thường theo QCVN 02-19:2014/BNNPTNT (Bảng 2). Điều này minh chứng người nuôi rất quan tâm đến việc sử dụng các giải pháp kỹ thuật, trong đó bao gồm xi phông (bắt đầu từ ngày thứ 30, với tần suất như trình bày trong Bảng 1), sử dụng men vi sinh để kiểm soát

chất lượng môi trường ao nuôi với liều lượng và tần suất khá cao vì mô hình nuôi này ít thay nước (Nguyen et al., 2019; Duy và ctv., 2021). Tuy nhiên, trung bình tải lượng COD, TKN và TP trong mỗi đợt thu mẫu được tính toán là khá lớn và có sự khác

nhau về TKN và TP giữa 2 mật độ nuôi (Hình 4). Giả sử nếu lượng COD, TKN và TP trong nước ao nuôi được đưa ra môi trường tiếp nhận một cách trực tiếp qua quá trình thay nước thì có thể ảnh hưởng đến chất lượng môi trường các thủy vực xung quanh.



Hình 4. Trung bình lượng COD, TKN và TP trong nước ao nuôi tôm TCT TC ở 2 mật độ nuôi trong mỗi đợt thu mẫu (mỗi 14 ngày)

Quá trình nuôi tôm TCT TC phát sinh ra lượng lớn nước thải, chất thải gây ô nhiễm nghiêm trọng đến môi trường tiếp nhận nếu không được kiểm soát, quản lý hay xử lý nghiêm túc. Đối với nước thải ao tôm có các loại nước thải chính là nước xi phông, nước thay từ ao nuôi; một số loại nước thải khác (nếu ao nuôi được tích hợp các công trình bôn lắng, hầm ủ biogas: nước thải sau bể lắng, nước thải đầu ra hầm ủ biogas, ...). Trong nghiên cứu này, 2 loại nước được quan tâm: nước xi phông và nước thay từ ao nuôi, nhưng các hộ nghiên cứu không thực hiện việc thay nước ao nuôi. Vì vậy, dựa vào kết quả ghi

nhận của Nguyen et al. (2020), các hộ nuôi tôm TCT TC ở ĐBSCL thường thay nước với tần suất 12 ngày/lần khi tôm mới thả và tăng mỗi ngày 1 lần khi tôm được 1 tháng tuổi, với trung bình 14% thể tích nước ao nuôi được thay mỗi lần, tải lượng COD, TKN và TP trong nước thay được tính toán cho cả vụ nuôi (Bảng 3). Do đó, trong thời gian 87 ngày nuôi, ước tính có 54 lần thay nước, với thể tích nước thay trung bình là 637-770 m³/lần. Kết quả ghi nhận tổng lượng COD, TKN và TP được thải ra qua quá trình thay nước là khá lớn và 2 mật độ nuôi cho kết quả như nhau (p>0,05, Bảng 3).

Bảng 3. Ước lượng tổng tải lượng COD, TKN và TP để sản xuất 1 tấn tôm

Thông số	Đơn vị	Mật độ 80-90 con/m ²	Mật độ 130-140 con/m ²
Trong nước thay^x			
Tổng thể tích nước thay ra	m ³ /tấn tôm	8.289 ± 1672	6.644 ± 1195
COD	kg/tấn tôm	114,0 ± 35,0	78,6 ± 24,4
TP	kg/tấn tôm	6,8 ± 0,85	8,24 ± 2,29
TKN	kg/tấn tôm	30,54 ± 2,37	39,38 ± 9,23
Trong nước xi phông^y			
Thể tích nước xi phông	m ³ /tấn tôm	29,87 ± 3,79	27,97 ± 3,82
COD	kg/tấn tôm	65,53 ± 7,62	66,62 ± 13,28
TP	kg/tấn tôm	5,68 ± 1,57	8,07 ± 1,54
TKN	kg/tấn tôm	27,05 ± 2,78	38,15 ± 7,3
Tổng tải lượng^z			
COD	kg/tấn tôm	179,54 ± 40,03	145,25 ± 37,6
TP	kg/tấn tôm	12,47 ± 0,72	16,31 ± 3,87,58
TKN	kg/tấn tôm	57,58 ± 5,09	77,54 ± 16,40

Ghi chú: ^x trong nước thay ra qua quá trình thay nước. ^y Lượng nước xi phông được tính toán dựa vào công suất máy bơm x tần suất xi phông x số ngày.

Như đã trình bày, vì quá trình thu mẫu xi phông chỉ thực hiện tại thời điểm 60 và 74 ngày nuôi nên tổng lượng COD, TKN và TP trong nước xi phông của nghiên cứu này là giá trị trung bình của 2 đợt thu xi phông nhân với số ngày (được tính từ ngày 30 đến thu hoạch). Kết quả ghi nhận thể tích và thải lượng COD, TKN và TP trong nước xi phông như nhau giữa 2 mật độ nuôi; dẫn đến tổng thải lượng COD, TKN và TP để sản xuất 1 tấn tôm giữa 2 mật độ nuôi là như nhau (Bảng 3, $p > 0,05$). Pham et al. (2010) ghi nhận để sản xuất 1 tấn tôm sú có 5.345 - 7.151 m³ nước thải, 769 kg COD, 30 kg N và 3,7 kg P được thải vào môi trường. Kết quả nghiên cứu hiện tại ghi nhận tổng thải lượng TP và TKN cao hơn Pham et al. (2010), nhưng thải lượng COD thì thấp hơn khoảng 4,3-5,3 lần. Tổng thải lượng COD ở ao nuôi mật độ thấp cao hơn so với ao nuôi mật độ cao là do sự chi phối kết quả chất lượng nước ao nuôi thu định kỳ 2 tuần 1 lần. Do đó, việc thu mẫu nước và mẫu xi phông với tần suất dày hơn để gia tăng độ tin cậy là cần thiết.

Tóm lại, để sản xuất 1 tấn tôm TCT có 6.644-8.289 m³ nước thải, 27,9-29,9 m³ nước xi phông, 145-179 kg COD, 12,5-16,3 kg P và 57,6-77,5 kg TKN thải vào môi trường qua quá trình thay nước và xi phông. Vì vậy, việc quản lý và xử lý nước thay ra và nước xi phông từ các ao nuôi tôm TC là rất cần thiết để giảm thiểu lượng chất thải đưa vào môi trường xung quanh khu vực nuôi. Một số giải pháp đã được đánh giá mang tính khả thi cho việc xử lý nước thải từ ao tôm TCT như hệ thống đất ngập nước trồng cây hương bồ lá hẹp (*Typha angustifolia* L.) và cây sậy (*Phragmites australis*) (Lin et al., 2005), hoặc kết hợp với một số loài cây thủy sinh như rau diếp biển, *Ulva lactuca*, vừa xử lý nước vừa đem lại sinh khối cây thủy sinh sau xử lý (Brito et al., 2014) và tăng hiệu quả sử dụng nước do có thể tuần hoàn trở lại cho ao nuôi sau hệ thống xử lý (Ngo et al., 2018).

Bảng 4. Sự phân bố COD, TP và TKN trong nước thải và nước xi phông của một vụ nuôi

Chỉ tiêu	Đơn vị	Mật độ 80-90 con/m ²	Mật độ 130-140 con/m ²
Trong thức ăn cung cấp vào ao			
Thức ăn	tấn/ha	19,43 ± 2,73	20,89 ± 5,31
COD ^x	kg/ha	4469,4 ± 628,8	4804,9 ± 1222,2
TP ^x	kg/ha	1181,5 ± 166,2	1270,2 ± 323,1
TKN ^y	kg/ha	260,4 ± 36,6	279,9 ± 71,2
Trong nước thay			
COD	kg/ha	1391,2 ± 230,2	1146,6 ± 152,8
TP	kg/ha	85,6 ± 18,9	120,5 ± 12,1
TKN	kg/ha	379,9 ± 20,8 ^b	579,0 ± 32,5 ^a
Tỷ lệ (%) từ thức ăn phát thải vào nước thay ra			
COD	%	32,1 ± 10,3	25,3 ± 8,9
TP	%	32,7 ± 3,4	45,5 ± 14,6
TKN	%	32,4 ± 3,0	47,8 ± 13,5
Trong nước xi phông			
COD	kg/ha	816,7 ± 105,9	984,1 ± 63,3
TP	kg/ha	70,3 ± 18,5 ^b	119,3 ± 1,3 ^a
TKN	kg/ha	336,0 ± 20,2 ^b	563,9 ± 20,6 ^a
Tỷ lệ (%) từ thức ăn phát thải vào nước xi phông			
COD	%	18,4 ± 2,1	21,5 ± 5,8
TP	%	27,4 ± 7,9	44,4 ± 10,5
TKN	%	28,8 ± 3,5	46,1 ± 10,3

Ghi chú: ^{a,b} giá trị có a,b khác nhau là khác biệt có ý nghĩa thống kê (dựa vào kiểm định T-test). ^xGiá định hàm lượng chất hữu cơ trong nghiên cứu này là COD, TP dựa vào hàm lượng carbohydrate (23%) và P (1,34%) có trong thức ăn (theo Funge-Smith & Briggs, 1998). ^yHàm lượng protein trong thức ăn là 38% (tương ứng 6,08% N)

Lượng COD, TKN và TP phân bố trong nước thải (qua quá trình thay nước) và nước xi phông tính toán từ lượng thức ăn cung cấp vào được trình bày trong Bảng 4. Vân và ctv. (2018) ước tính tổng lượng cacbon hữu cơ thải ra môi trường ao nuôi 699-

1208 kg/ha/vụ (chiếm 81,2-82,0% từ TOC trong thức ăn đưa vào ao tôm), tổng P 145-240 kg/ha/vụ (chiếm 87,0-87,4% từ TP trong thức ăn đưa vào ao tôm) và tổng N 487-797 kg/ha/vụ thải ra môi trường ao nuôi (chiếm 67,8-69,1% từ N trong thức ăn đưa

vào ao tôm). Kết quả hiện tại ghi nhận khoảng 46,8-50,5, 60,1-89,9 và 61-93% COD, TP và TKN được thải ra trong tổng lượng nước thải và nước xi phông cho 1 vụ nuôi cho 1 ha.

Hệ số tiêu tốn thức ăn (FCR) và năng suất tôm được ghi nhận trong nghiên cứu hiện tại là 1,03-1,34 và 10,74-16,73 tấn/ha/vụ và không có sự khác nhau giữa 2 mật độ nuôi ($p > 0,05$, Bảng 5). Kết quả này tương đương trong khoảng ghi nhận được của các nghiên cứu trước đây (Sơn và ctv., 2014; Gấm và ctv., 2014; Trúc và ctv., 2018; Vân và ctv., 2018; Nguyen et al., 2019); tuy nhiên, Vân và ctv. (2018)

ghi nhận mật độ nuôi có ảnh hưởng đến năng suất tôm, với mật độ $>80-100$ con/m² thu được 13,3 tấn/ha/vụ cao hơn các mật độ thấp <60 và $60-80$ con/m². Long & Hiền (2015) cũng ghi nhận năng suất tăng khi mật độ thả nuôi càng cao đến khoảng 80 con/m² và có xu hướng không tăng hay giảm khi mật độ đến 100 con/m². Điều này có thể thấy qua ngưỡng mật độ 80-100 con/m² thì mật độ nuôi cao hơn chưa chắc hiệu quả, một phần có thể do tỷ lệ sống giảm đi khi nuôi tôm mật độ cao (Vân và ctv., 2018). Do đó, kết quả hiện tại không ghi nhận sự tương quan giữa mật độ, diện tích và năng suất tôm (Bảng 6).

Bảng 5. Năng suất tôm và hệ số tiêu tốn thức ăn

Thông số	Mật độ 80-90 con/m ²			Trung bình	Mật độ 130-140 con/m ²			Trung bình
	MA2	MA3	MA8		MA6	MA7	MA9	
Năng suất tôm (tấn/ha/vụ)	16,57	12,27	17,74	15,53 ^{ns} (2,88)	16,28	13,78	19,57	16,55 ^{ns} (2,90)
FCR	1,21	1,34	1,23	1,26 ^{ns} (0,07)	1,17	1,21	1,37	1,25 ^{ns} (0,11)

3.4. Tương quan cặp giữa các biến

Nghiên cứu hiện tại đánh giá sự ảnh hưởng của mật độ nuôi đến các biến còn lại, do đó, kết quả trình bày ở Bảng 6 cũng được thảo luận tập trung vào các mối tương quan giữa mật độ nuôi và các biến còn lại. Kết quả phân tích tương quan đa biến ghi nhận mối tương quan thuận rất chặt ($r_p \geq 0,9$) giữa mật độ thả nuôi và diện tích mặt nước (nghĩa là ao nuôi có diện tích mặt nước càng cao thì chủ trang trại thả tôm nuôi mật độ cao hơn), số giàn quạt và hàm lượng TKN trong nước ao nuôi (Bảng 6), nhưng không tương quan với năng suất. Điều đó có nghĩa là mật độ nuôi càng cao không mang lại năng suất tôm thu được cao (Bảng 5) mà hàm lượng TKN trong nước ao nuôi cao, chưa kể người nuôi cần phải đầu tư giàn quạt nước nhiều hơn. Đây là nguyên nhân dẫn đến sự kém hiệu quả kinh tế khi thả nuôi với mật độ cao, do đó, bên cạnh yếu tố mật độ cần nhiều giải pháp kỹ thuật đồng bộ (Long & Hiền, 2010) để hướng đến sự bền vững cho ngành nuôi tôm TCT ở ĐBSCL.

Trong nghiên cứu này, việc không ghi nhận sự tương quan giữa mật độ nuôi với thể tích nước thải và thải lượng COD, TKN và TP là do các thông số này được tính trên đơn vị cho 1 tấn tôm sản xuất được, mà năng suất tôm thu được là như nhau giữa hai mật độ nuôi (Bảng 5). Ngoài ra, mật độ nuôi còn có mối tương quan nghịch rất chặt ($r_p \geq -0,87$) với

pH và EC trong nước. Các mối tương quan thuận rất chặt ($r_p \geq 0,87$) giữa các thông số kỹ thuật đến năng suất tôm nuôi bao gồm lượng thức ăn và mức nước trong ao cũng được tìm ra trong nghiên cứu này. Kết quả ghi nhận tương tự trong một số nghiên cứu trước đây cũng tìm được mối tương quan thuận giữa năng suất tôm và mức nước như của Binh et al. (1997), Việt và Hải (2016) và Nguyen et al. (2019). Qua đó cho thấy, chủ hộ nuôi tôm cần áp dụng toàn bộ các giải pháp kỹ thuật không chỉ tập trung vào mật độ nuôi.

Nhìn chung, các thông số chất lượng nước ao nuôi được ghi nhận trong từng đợt thu mẫu tương quan rất ít đến tổng thể tích nước thải (bao gồm nước thay ra + xi phông) và tổng thải lượng COD, TKN và TP. Kết quả ghi nhận thể tích nước thải có tương quan thuận rất chặt với hàm lượng COD trong nước ao nuôi, tức thể tích nước thải từ ao nuôi càng nhiều sẽ chứa đựng hàm lượng COD càng nhiều ($r_p = 0,95$). Tuy nhiên, hàm lượng NO₃-N trong nước thải sẽ thấp hơn và độ mặn cũng thấp hơn ($r_p = -0,93$ và $r_p = -0,89$ tương ứng). Các mối tương quan này cũng được ghi nhận tương tự với tổng thải lượng COD. Riêng tổng thải lượng TKN và TP không tương quan đến thành phần TKN và TP trong nước ao nuôi. Qua đó cho thấy tổng thải lượng COD, TKN và TP bị chi phối bởi chất lượng nước xi phông nhiều hơn so với chất lượng môi trường nước ao nuôi thu định kỳ.

Bảng 6. Hệ số tương quan cặp (Pearson correlation, r_p) giữa các thông số kỹ thuật và các biến chất lượng môi trường nước và thải lượng

	Mật độ	Diện tích	Mức nước	Năng suất	Thức ăn	FCR	Giàn quạt
Diện tích	0,91*						
Mức nước	0,04	0,25					
Năng suất	0,32	0,35	0,87*				
Thức ăn	0,33	0,48	0,91*	0,94*			
FCR	0,02	0,39	0,39	0,09	0,43		
Giàn quạt	0,98*	0,85*	-0,09	0,21	0,21	-0,05	
$V_{\text{nước thải}}$	-0,63	-0,50	-0,59	-0,86*	-0,71	0,23	-0,57
$COD_{\text{nước thải}}$	-0,57	-0,53	-0,73	-0,92*	-0,81*	0,09	-0,48
$TP_{\text{nước thải}}$	0,59	0,38	-0,71	-0,37	-0,41	-0,29	0,65
$TKN_{\text{nước thải}}$	0,65	0,48	-0,68	-0,38	-0,36	-0,14	0,71
Nhiệt độ	-0,58	-0,70	0,23	0,35	0,18	-0,35	-0,57
pH	-0,87*	-0,91*	0,05	-0,01	-0,14	-0,29	-0,88*
DO	0,43	0,69	0,70	0,51	0,70	0,69	0,36
EC	-0,89*	-0,84*	0,27	0,10	0,05	-0,04	-0,91*
Độ mặn	0,68	0,54	0,46	0,78	0,71	-0,04	0,66
COD	-0,71	-0,69	-0,67	-0,89*	-0,84*	-0,07	-0,63
Độ kiềm	-0,25	0,12	0,69	0,26	0,48	0,76	-0,33
$NO_2^- - N$	0,67	0,34	-0,49	-0,01	-0,16	-0,52	0,76
$NO_3^- - N$	0,69	0,57	0,50	0,82*	0,74	-0,04	0,66
$NH_4^+ - N$	0,65	0,83*	0,68	0,62	0,75	0,53	0,56
TKN	0,94*	0,72	-0,16	0,23	0,15	-0,27	0,96*
$PO_4^{3-} - P$	0,35	0,07	-0,91*	-0,61	-0,69	-0,47	0,47
TP	0,73	0,42	-0,19	0,29	0,15	-0,43	0,79

Ghi chú: $V_{\text{nước thải}}$: tổng thể tích nước thải qua quá trình thay nước + xi phông trong vụ nuôi; FCR: hệ số tiêu tốn thức ăn; *tương quan có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Bảng 7. Hệ số tương quan cặp (Pearson correlation, r_p) giữa các biến chất lượng môi trường nước và thải lượng

	$V_{\text{nước thải}}$	$COD_{\text{nước thải}}$	$TP_{\text{nước thải}}$	$TKN_{\text{nước thải}}$
Nhiệt độ	-0,13	-0,11	-0,42	-0,54
pH	-0,29	0,27	-0,48	-0,60
DO	-0,41	-0,52	-0,37	-0,23
EC	0,27	0,21	-0,70	-0,78
Độ mặn	-0,89*	-0,83*	0,10	0,12
COD	0,95*	0,96*	0,03	0,01
Độ kiềm	0,08	-0,10	-0,79*	0,68
$NO_2^- - N$	-0,39	-0,20	0,84*	0,80
$NO_3^- - N$	-0,93*	-0,87*	0,09	0,10
$NH_4^+ - N$	-0,61	-0,69	-0,19	-0,07
TKN	-0,62	-0,50	0,73	0,73
$PO_4^{3-} - P$	0,22	0,39	-0,91*	0,91*
TP	-0,63	-0,47	0,66	0,66

Ghi chú: $V_{\text{nước thải}}$: tổng thể tích nước thải qua quá trình thay nước + xi phông trong vụ nuôi; *tương quan có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Chất lượng nước trong các ao tôm TC ghi nhận tại các đợt thu mẫu được người nuôi duy trì ở ngưỡng giá trị thích hợp cho tôm TCT, ngoại trừ pH và độ kiềm ở ao nuôi mật độ cao. Giữa hai mật độ

nuôi, chất lượng môi trường nước gần như nhau, ngoại trừ pH, TKN và TP ở ao mật độ cao thì cao hơn. Chủ hộ nuôi tôm cần áp dụng toàn bộ các giải pháp kỹ thuật không chỉ tập trung vào mật độ nuôi để hướng đến năng suất và hiệu quả tốt hơn.

Đề sản xuất 1 tấn tôm, có 6.644-8.289 m³ nước thải ước tính qua quá trình thay nước, 27,9-29,9 m³ nước xi phông, 145-179 kg COD, 12,5-16,3 kg P và 57,6-77,5 kg TKN thải vào môi trường thông qua nước thải.

Việc đánh giá thêm các thành phần trong hệ thống ao nuôi như bùn đáy, tích lũy trong tôm để có cân bằng chất ô nhiễm tổng thể trong ao nuôi là cần thiết. Ngoài ra, đánh giá đặc tính nước xi phông với tần suất thu mẫu dày hơn và theo thời gian nuôi để có được tổng tải lượng từ hoạt động xi phông trong toàn vụ nuôi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Albert, A. (1973). *Selective toxicity. The physico-chemical basis of therapy* (5thed.). Springer, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7130-2>.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Control Federation (WCF) (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20thed.). Washington D.C., USA.
- Binh, C. T., Phillips, M. J., & Demaine, H. (1997). Integrated shrimp-mangrove farming systems in the Mekong delta of Vietnam. *Aquaculture Research*, 28(8), 599-610. <https://doi.org/10.1046/j.13652109.1997.00901.x>
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2014). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về cơ sở nuôi tôm nước lợ - điều kiện đảm bảo vệ sinh thú y, bảo vệ môi trường và an toàn thực phẩm* (Quy chuẩn 02-19:2014/BNNPTNT). <https://vanbanphapluat.co/qcvn02-19-2014-bnnptnt-co-so-nuoi-tom-ve-sinh-thu-y-moi-truong-an-toan-thuc-pham>
- Boyd, C. E. (1998). *Water quality for pond aquaculture*. Research and development series No.43, 37pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3_4
- Brito, L. O., Arantes, R., Magnotti, C., Derner, R., Phara, F., Olivera, A., and Vinatea, L. (2014). Water quality and growth of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in co-culture with green seaweed *Ulva lactuca* (Linnaeus) in intensive system. *Aquaculture internation*, 22(2), 497-508. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9659-0>
- Chamberlain, G. (1988). Rethinking shrimp pond management. *Coastal Aquaculture*, 2, 1-19.
- Costa, C., Fóes, G., Wasielesky, W., & Poersch, L. (2018). Different densities in whiteleg shrimp culture using bioflocs and well water in subtropical climate. *Boletim do Instituto de Pesca*, 44(4), e.324. <https://doi.org/10.20950/16782305.2018.44.4.324>.
- Duy, T.Đ., Toàn, T.P., Diêu, N.T.N., Nam, T.S., & Trang, N.T.D. (2021). Chất lượng môi trường nước ao nuôi thâm canh và bán thâm canh tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) ở huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*, 416, 118-128.
- Jarwar, A. M. A. (2015). *Water quality in inland saline aquaculture ponds and its relationships to shrimp survival and production* (doctoral dissertation). Auburn University. Auburn, Alabama.
- Lin, Y. F., Jing, S. R., Lee, D. Y., Chang, Y. F., Chen, Y. M., & Shih, K. C. (2005). Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environmental Pollution*, 134, 411-42. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.09.015>
- Lin, Y.-C., & Chen, J.-C. (2003). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1), 193-201. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)
- Long, N.T., & Hiền, H.V. (2015). Phân tích hiệu quả kỹ thuật và tài chính của mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng ở tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 37b(1), 105-111.
- Mạnh, N.V., & Nga, B.T. (2014). Đánh giá và biện pháp quản lý ô nhiễm bùn đáy ao nuôi thâm canh tôm tại huyện Đầm Dơi, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 23, 91-98.
- Mỹ, T.V. (2009). *Cẩm nang nuôi tôm thẻ chân trắng (Penaeus vannamei)*. Trung tâm khuyến nông. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn TP. Hồ Chí Minh. TP. Hồ Chí Minh.
- Ngo, T.D.T., Vo, C.L., Lam, T.N.M., & Brix, H. (2018). Phytoremediation potential of *Typha orientalis* and *Scirpus littoralis* in removal of nitrogen and phosphorus from intensive whiteleg shrimp wastewater. *E3S Web of Conferences*, 68, 0400. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186804003>

Có thể tái sử dụng hàm lượng đạm, lân trong nước thải ao tôm để trồng kết hợp các loài cây thủy sinh chịu mặn trong ao lắng, hoặc xử lý nước thải bằng hệ thống đất ngập nước và tuần hoàn nước trở lại cho ao tôm nuôi, hướng đến sự phát triển bền vững cho ngành nuôi tôm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án “Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ” VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản (đề tài hành E3-3).

- Nguyen, T., Tran, T. T. K., & Nguyen, C. T. H. (2019). Shrimp yield in relation to the ecological parameters of an organic shrimp model in the Mekong Delta of Vietnam: A case study. *Asian Fisheries Science*, 32, 154-161. <https://doi.org/https://doi.org/10.33997/j.afs.2019.32.4.003>
- Nguyen, T.K.Q., Hien, H. V., Khoi, L. N. D., Yagi, N., & Riple, A. K. L. (2020). Quality management practices of intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming: A study of the Mekong Delta, Vietnam. *Sustainability*, 12, 4520. <https://doi.org/10.3390/su12114520>
- Pham, T.A., Kroeze, C., Bush, S. R., & Mol, A. P. J. (2010). Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*, 97(6), 872-882. DOI:10.1016/j.agwat.2010.01.018.
- Philminaq (2021, August 02). Annex 2. *Water quality criteria and standard for freshwater and marine aquaculture*. <http://www.aquaculture.asia/pages/60.html>
- Phụng, N.V., Bầy, Đ.V., Phương, T.H., Điền, L.Đ., & Hào, N.V. (2013). Xây dựng mô hình nuôi tôm sú và tôm thẻ chân trắng thâm canh quy mô nông hộ tại Trà Vinh. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Trường đại học Nông Lâm*, 28, 210-218.
- Quý, O.M., & Anh, T.V. (2010). Ảnh hưởng của độ kiềm lên quá trình tăng trưởng của tôm thẻ chân trắng (*Penaeus vannamei*) được nuôi ở độ mặn thấp (4‰). *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Trường Đại học Nông Lâm*, 13, 107-115.
- Samocha, T. M. (2019). *Sustainable biofloc systems for marine shrimp*(1sted.). Academic Press printer. eBook ISBN: 9780128182390.463 papes. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818040-2.00003-4>
- Sở Nông nghiệp và PTNT tỉnh Sóc Trăng. (2019). Báo cáo kết quả sản xuất nông nghiệp năm 2019 và phương hướng, nhiệm vụ năm 2020.
- Son, V.N., Nguyễn, T.T., & Phương, N.T. (2014). So sánh đặc điểm kỹ thuật và chất lượng môi trường giữa ao nuôi tôm sú và tôm thẻ chân trắng thâm canh tại tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 2, 70-78.
- Thanh, N. H., Trang, N. T. D., Viet, V. H., Nam, T. S., & Phong, L. T. (2019). Current status of waste management and treatment in intensive and semi-intensive white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farm: case study in Soc Trang province, the Mekong Delta. *Journal of Vietnamese environment. Special Issue Environmental science APE2019*, 44-51.
- Tổng cục Thủy sản (2020 July 28). *Kết quả sản xuất ngành thủy sản năm 2019*. <https://tongcucthuysan.gov.vn/vi-vn/tin-tuc/-tin-van/doc-tin/014196/2020-01-15/ket-qua-san-xuat-nganh-thuy-san-nam-2019>.
- Trúc, L.T.T., Ly, N.T.B., Ái, Đ.T.T., Ngọc, N.T.H., Trang, Đ.T.T., Nữ, P.V., & Trang, N.T.D. (2018). Hiện trạng quản lý và xử lý chất thải từ ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) thâm canh tại tỉnh Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54(1B), 82-91. DOI:10.22144/ctu.jvn.2018.012.
- Valencia-Castañeda, G., Frias-Espericueta, M. G., Vanegas-Pérez, R. C., Chávez-Sánchez, M. C., & Páez-Osuna, F. (2019). Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to *Litopenaeus vannamei* juveniles in low-salinity water in single and ternary exposure experiments and their environmental implications. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 70, 103193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.05.002>
- Vân, N.T.B., Tú, N.P.C., Nhân, Đ.T., & Hòa, N.P. (2018). Khảo sát hiện trạng kỹ thuật nuôi và sự tích lũy carbon hữu cơ, nitrogen và phosphorus trong ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại Bạc Liêu. *Khoa học Nông nghiệp. Tạp chí KH&CN Việt Nam*, 60(5), 49-55.
- Việt, L.Q., & Hải, T.N. (2016). Khía cạnh kỹ thuật và hiệu quả kinh tế của mô hình nuôi tôm-rừng ở huyện Năm Căn, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, 16(1), 99-105. DOI:10.15625/1859-3097/16/1/6247.
- Zhang, P., Zhang, X., Li, J., & Gao, T. (2009). Effect of salinity on survival, growth, oxygen consumption and ammonia-N excretion of juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 40, 1419-1427. <https://doi.org/10.1111/j.13652109.2009.02240.x>
- Zweig, R.D., Morton, J.D., & Stewart, M.M. (1999). *Source water quality for aquaculture: a guide for assessment*. The World Bank, Washington D.C., USA. <https://doi.org/10.1596/0-8213-4319-X>