



DOI:10.22144/ctu.jsi.2020.039

## NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG HẤP THỤ ĐẠM (N) VÀ LÂN (P) TRONG NƯỚC THẢI TỪ NUÔI TÔM SÚ THÂM CANH CỦA RONG CÂU CHỈ (*Gracilaria tenuistipitata*) Ở CÁC MẬT ĐỘ VÀ CHẾ ĐỘ SỤC KHÍ KHÁC NHAU

Nguyễn Hoàng Vinh\*, Nguyễn Thị Ngọc Anh và Trần Ngọc Hải

Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Hoàng Vinh (email: vinhknbl@gmail.com)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 21/10/2019

Ngày nhận bài sửa: 11/11/2019

Ngày duyệt đăng: 23/04/2020

### Title:

Study on the nitrogen (N) and phosphorus (P) absorption ability in effluent from the intensive black tiger shrimp farming of red seaweed (*Gracilaria tenuistipitata*) at different densities and aeration regimes

### Từ khóa:

*Gracilaria tenuistipitata*, hợp chất đạm, lân, khả năng hấp thụ, sinh hóa rong câu

### Keywords:

Absorption ability, aeration, density, *Gracilaria tenuistipitata*, nitrogen, phosphorus, proximate composition

### ABSTRACT

The study was conducted to assess combined effects of red seaweed (*Gracilaria tenuistipitata*) densities and aeration regimes on nitrogen (N) and phosphorus (P) compound absorption of red seaweed in effluent from the intensive black tiger shrimp ponds. A two-factor experiment consisted of eight treatments, which was set up with four seaweed densities (0, 1, 2 and 3 kg/m<sup>3</sup>) in combination with two aeration regimes (aeration and non-aeration). Each treatment was randomly designed in triplicate tank for seven days. Results showed that the highest treatment efficiency of nitrogen (TAN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and TN) and phosphorus (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP) compounds in wastewater was observed in the treatment of 3 kg/m<sup>3</sup> combined with aeration, which can meet the standard of QCVN 02-19: 2014/BNNPTNT. Proximate composition of red seaweed after seven days of experiment such as moisture, lipid and fiber contents showed a minor change. Particularly, the protein content of red seaweed in all treatments was significantly higher as compared to the original material while carbohydrate levels were statistically lower than the initial samples.

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng kết hợp của mật độ rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) và chế độ sục khí lên khả năng hấp thụ đạm (N) và lân (P) trong nước thải nuôi tôm sú thâm canh. Thí nghiệm hai nhân tố gồm tám nghiệm thức với bốn mật độ rong câu chỉ (0, 1, 2 và 3 kg/m<sup>3</sup>) và hai chế độ sục khí (có sục khí và không sục khí), mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần và bố trí ngẫu nhiên trong thời gian 7 ngày. Kết quả cho thấy hiệu suất xử lý hợp chất đạm (TAN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TN) và lân (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP) của rong câu chỉ trong nước thải đạt cao nhất ở nghiệm thức có sục khí và mật độ rong câu 3 kg/m<sup>3</sup> cho chất lượng nước đạt tiêu chuẩn QCVN 02-19: 2014/BNNPTNT. Thành phần hóa học của rong sau thí nghiệm gồm ẩm độ, hàm lượng lipid và xơ không thay đổi nhiều. Riêng hàm lượng protein của rong ở tất cả các nghiệm thức tăng cao hơn trong khi hàm lượng carbohydrate giảm thấp so với ban đầu.

Trích dẫn: Nguyễn Hoàng Vinh, Nguyễn Thị Ngọc Anh và Trần Ngọc Hải, 2020. Nghiên cứu khả năng hấp thụ đạm (N) và lân (P) trong nước thải từ nuôi tôm sú thâm canh của rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) ở các mật độ và chế độ sục khí khác nhau. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 56(Số chuyên đề: Thủy sản)(2): 59-69.

## 1 GIỚI THIỆU

Ở Việt Nam, nghề nuôi trồng thủy sản vùng ven biển ngày càng phát triển và đóng vai trò phát triển kinh tế quốc gia. Tuy nhiên, sự phát triển quá mức đặc biệt là nuôi thâm canh đã gây những vấn đề môi trường nghiêm trọng, trong đó ô nhiễm hữu cơ do chất thải từ các trang trại nuôi và các hoạt động nuôi tôm biển thâm canh tạo ra một lượng lớn chất thải, phần lớn là nitơ và phospho được thải ra mà không qua xử lý gây ô nhiễm môi trường nước, dịch bệnh bùng phát gây thiệt hại lớn cho người nuôi tôm (Trịnh Thị Long và Dương Công Chính 2013). Theo khảo sát của Nguyễn Thanh Long và *ctv.* (2010), trong các mô hình nuôi tôm sú thâm canh, phần lớn đạm và lân thải ra môi trường tích lũy trong bùn đáy ao và kể đến là trong nước. Khi sản xuất ra 1 tấn tôm sú thì thải ra môi trường khoảng 88 kg N và 30 kg P ở mô hình nuôi thâm canh và 68 kg N và 25 kg P ở mô hình nuôi bán thâm canh. Tương tự, kết quả khảo sát 330 trang trại nuôi tôm ở Trung Quốc và tổng quan 51 bài báo khoa học trên thế giới của Zhang *et al.* (2015) cho thấy hiệu quả sử dụng N dao động từ 11,7% đến 27,7% và P khoảng 8,7% - 21,2% và phần lớn thải ra môi trường. Do đó, môi trường nước và chất bùn đáy có hàm lượng dinh dưỡng rất cao được tìm thấy ở cả hệ thống nuôi thủy sản kín và hở, dẫn đến ô nhiễm môi trường trầm trọng ở khu vực nuôi và các vùng lân cận nếu không được xử lý.

Rong biển được chứng minh có vai trò lọc sinh học và rất hiệu quả trong việc loại bỏ các chất gây ô nhiễm như hợp chất đạm và lân, phenolic, thuốc nhuộm, kim loại nặng... từ nhiều nguồn nước thải khác nhau để cải thiện môi trường. Rong biển là nguồn sẵn có dồi dào trong đại dương và thân thiện môi trường cùng với thu hoạch sinh khối rong biển ít tốn kém. Vì thế, sử dụng rong biển để xử lý nước thải đang trở nên phổ biến trong những năm gần đây (Devi and Growri, 2007; Kim *et al.*, 2013; Arumugam *et al.*, 2018). Giống như các loài rong biển khác, rong câu *Gracilaria* thuộc ngành rong đỏ (Rhodophyta) không những là nguồn nguyên liệu chính để chiết xuất agar mà còn có vai trò quan trọng trong quá trình hấp thụ chất hữu cơ, làm giảm mức độ ô nhiễm môi trường trong thủy vực nuôi thủy sản (Peng *et al.*, 2009; Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại, 2010). Ở Việt Nam, các loài rong câu phân bố rộng trong các ao, đầm nước lợ và vùng triều, vịnh, đầm, phá ở cả miền Bắc và Trung, là loài rộng muối có thể sống ở độ mặn 3-45‰ và thích nghi tốt với điều kiện môi trường (Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại, 2010). Một số nghiên cứu cho thấy hai loài rong câu *Gracilaria caudata* và *Gracilaria birdiae* hấp thụ

nhANH CHẤT DINH DƯỠNG TỪ NƯỚC THẢI NUÔI TRỒNG THỦY SẢN (Marinho-Soriano, *et al.*, 2009 a,b). Rong câu chi (*G. tenuistipitata*) có khả năng xử lý nước thải chế biến thủy sản rất hiệu quả (Lê Hùng Anh và Nguyễn Thị Ngọc Bích, 2015) và rong câu chi vàng (*G. asiatica*) có khả năng hấp thụ cao các muối dinh dưỡng vô cơ trong nước thải nuôi tôm như  $PO_4$ -P và  $NH_3$ -N, TAN và  $NO_2$ -N (Nguyễn Quang Huy và *ctv.*, 2016). Gần đây, rong câu chi (*G. tenuistipitata*) được tìm thấy xuất hiện tự nhiên trong các ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long như Bạc Liêu, Cà Mau với sản lượng tự nhiên có thể lên đến 11,78 tấn tươi/ha (Nguyễn Hoàng Vinh và Nguyễn Thị Ngọc Anh, 2019). Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu sử dụng loài rong câu bản địa này trong xử lý nước thải từ ao nuôi tôm, cá. Vì thế, mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định được mật độ rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*) tối ưu để xử lý nước thải nuôi tôm thông qua đánh giá thời gian và hiệu suất xử lý đạm (N) và lân (P) của rong câu chi ở điều kiện thí nghiệm. Kết quả làm cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo ở điều kiện thực địa để khuyến cáo ứng dụng loài rong này vào thực tiễn xử lý nước thải nuôi trồng thủy sản hiệu quả nhất.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Nguồn vật liệu

Nguồn nước thí nghiệm được thu từ ao chứa nước thải nuôi tôm sú thâm canh (độ mặn 15‰) ở xã Vĩnh Trạch, huyện Hòa Bình, tỉnh Bạc Liêu. Rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*) được thu từ ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu (độ mặn 12‰), được tách bỏ rong tạp, rửa sạch và chuẩn độ mặn tương tự với độ mặn nước thải (15‰) trước khi bố trí thí nghiệm.

### 2.2 Bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện tại Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Hệ thống thí nghiệm gồm 24 bể nhựa hình tròn 150 L với thể tích nước là 120 L, được bố trí dưới mái che bằng bạt trong. Thời gian thí nghiệm là 7 ngày.

Thí nghiệm sử dụng rong câu chi (*G. tenuistipitata*) xử lý nước thải nuôi tôm sú thâm canh được bố trí hai nhân tố gồm tám nghiệm thức với bốn mật độ rong câu (0, 1, 2 và 3  $kg/m^3$ ) và hai chế độ sục khí (có sục khí liên tục 24/24 h và không sục khí), mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần và bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên. Trong đó, hai nghiệm thức không có rong câu (0  $kg/m^3$ ) là nghiệm thức đối chứng và được ký hiệu trong Bảng 1.

**Bảng 1: Các nghiệm thức thí nghiệm hai nhân tố**

Thí nghiệm 2 nhân tố		Chế độ sục khí	
		Có sục khí (CSK)	Không sục khí (KSK)
	0	ĐC+CSK	ĐC+KSK
Mật độ rong câu chỉ (kg/m <sup>3</sup> )	1	1 kg/m <sup>3</sup> +CSK	1 kg/m <sup>3</sup> +KSK
	2	2 kg/m <sup>3</sup> +CSK	2 kg/m <sup>3</sup> +KSK
	3	3 kg/m <sup>3</sup> +CSK	3 kg/m <sup>3</sup> +KSK

Nước thải sử dụng cho thí nghiệm được lọc qua túi vi lọc 1 μm để loại bỏ chất cặn và các loài vi tảo trước khi bơm vào các bể thí nghiệm. Rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) được bố trí vào từng bể theo các nghiệm thức mật độ tương ứng.

Nồng độ ban đầu (trước khi thí nghiệm) của nước thải nuôi tôm sú thâm canh thu ở Bạc Liêu gồm pH: 7,85, TAN: 4,64 mg/L, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 5,62 mg/L, Nitơ tổng TN: 14,86 mg/L, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: 2,04 mg/L và lân tổng TP: 5,76 mg/L.

**2.3 Thu thập số liệu**

Nhiệt độ, pH và hàm lượng oxy hòa tan (DO) được đo mỗi ngày vào lúc 7 h và 14 h bằng máy đo đa nhân tố (a multi-channel meter, Mettler Toledo, USA). Các chỉ tiêu gồm hợp chất đạm (TAN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TN) và lân (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> và TP) được xác định 1 lần/ngày. Mẫu nước được thu vào lúc 8 h sáng, bảo quản lạnh và phân tích theo phương pháp (APHA, 1998). Trong nghiên cứu này, khả năng hấp thu đạm và lân của rong câu chỉ được xác định là nồng độ hợp chất đạm và lân mất đi theo thời gian so với ban đầu (không tính phần mất đi do bay hơi, phân hủy tự nhiên hoặc hấp thu bởi các vi sinh vật hiện diện trong nước thải).

Hiệu suất xử lý (HS) được tính theo công thức:

$$HS (\%) = \frac{\text{Nồng độ ban đầu} - \text{Nồng độ sau xử lý}}{\text{Nồng độ ban đầu}} \times 100$$

Khi kết thúc thí nghiệm, sinh khối rong câu chỉ ở mỗi bể được thu và cân khối lượng để tính tốc độ tăng trưởng tương đối (SGR) và mức tăng sinh khối (BI) của rong.

$$SGR (\%/ngày) = \frac{\ln(\text{khối lượng cuối}) - \ln(\text{khối lượng đầu})}{\text{Thời gian thí nghiệm}} \times 100$$

$$BI (\%) = \frac{\text{Khối lượng cuối} - \text{khối lượng đầu}}{\text{Khối lượng đầu}} \times 100$$

Thành phần hóa học (ẩm độ, protein, lipid, tro và xơ) của rong câu chỉ trước và sau khi thí nghiệm dạng tươi được phân tích theo phương pháp AOAC

(2000). Hàm lượng carbohydrate (CHO) được tính theo phương pháp ngoại suy.

$$\%CHO = 100\% - (\%protein + \%lipid + \%tro + \%xơ)$$

**2.4 Phương pháp xử lý số liệu**

Các số liệu được tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel 2010. Sự khác biệt giữa các nghiệm thức được phân tích thống kê bằng phương pháp ANOVA với phép thử TUKEY ở mức ý nghĩa p<0,05. Phân tích hai nhân tố (2 way-ANOVA) để tìm sự ảnh hưởng tương tác giữa mật độ rong câu và chế độ sục khí đến hiệu suất xử lý của rong câu chỉ bằng phần mềm SPSS 16.0.

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Các yếu tố môi trường**

Bảng 2 cho thấy pH vào buổi sáng ở nghiệm thức có sục khí cao hơn nghiệm thức không sục khí và bể có rong câu thấp hơn bể không rong, dao động trung bình 7,61-7,88. Vào buổi chiều, pH ở các nghiệm thức dao động 8,19-8,45, trong đó hai nghiệm thức đối chứng không có rong (ĐC+CSK và ĐC+KSK) có giá trị pH thấp hơn so với các nghiệm thức có rong và sục khí pH cao hơn không sục khí.

Hàm lượng oxy hòa tan (DO) trung bình trong ngày ở các nghiệm thức dao động lần lượt là 4,01-5,06 mg/L và 5,64-6,55 mg/L vào buổi sáng và buổi chiều. Nhìn chung, nghiệm thức có sục khí hàm lượng DO cao hơn không sục khí và vào buổi chiều hàm lượng DO có khuynh hướng tăng cao theo mật độ rong (Bảng 2).

Trong thời gian thí nghiệm nhiệt độ buổi sáng và buổi chiều ở các nghiệm thức giống nhau, dao động lần lượt là 26,7-27,9°C và 30,1-31,3°C. Cường độ ánh sáng trung bình dao động trong ngày từ 3.871 lux đến 18.428 lux, thấp nhất vào lúc 17 h và cao nhất vào lúc 14 h (Bảng 2). Các yếu tố môi trường này nằm trong khoảng thích hợp cho các loài rong câu *Gracilaria* phát triển (Peng *et al.*, 2009; Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại, 2010).

**Bảng 2: Hàm lượng pH, DO và cường độ ánh sáng trong thời gian thí nghiệm**

Thí nghiệm	pH		DO (mg/L)	
	7 giờ	14 giờ	7 giờ	14 giờ
ĐC+CSK	7,81±0,17	8,23±0,16	5,06±0,22	6,10±0,28
ĐC+KSK	7,65±0,12	8,19±0,12	4,07±0,28	5,64±0,26
1kg/m <sup>3</sup> +CSK	7,88±0,25	8,39±0,10	5,10±0,38	6,34±0,20
1kg/m <sup>3</sup> +KSK	7,66±0,15	8,33±0,18	4,09±0,32	5,67±0,19
2kg/m <sup>3</sup> +CSK	7,71±0,22	8,45±0,19	4,95±0,41	6,55±0,25
2kg/m <sup>3</sup> +KSK	7,64±0,16	8,41±0,16	4,06±0,26	5,84±0,30
3kg/m <sup>3</sup> +CSK	7,73±0,20	8,42±0,15	4,73±0,30	6,53±0,27
3kg/m <sup>3</sup> +KSK	7,61±0,17	8,35±0,17	4,01±0,35	5,89±0,29
Cường độ ánh sáng (lux)				
Thời gian đo trong ngày	7 h	10 h	14 h	17 h
	5.308±1.402	10.802±2.337	18.428±2.904	3.871±858

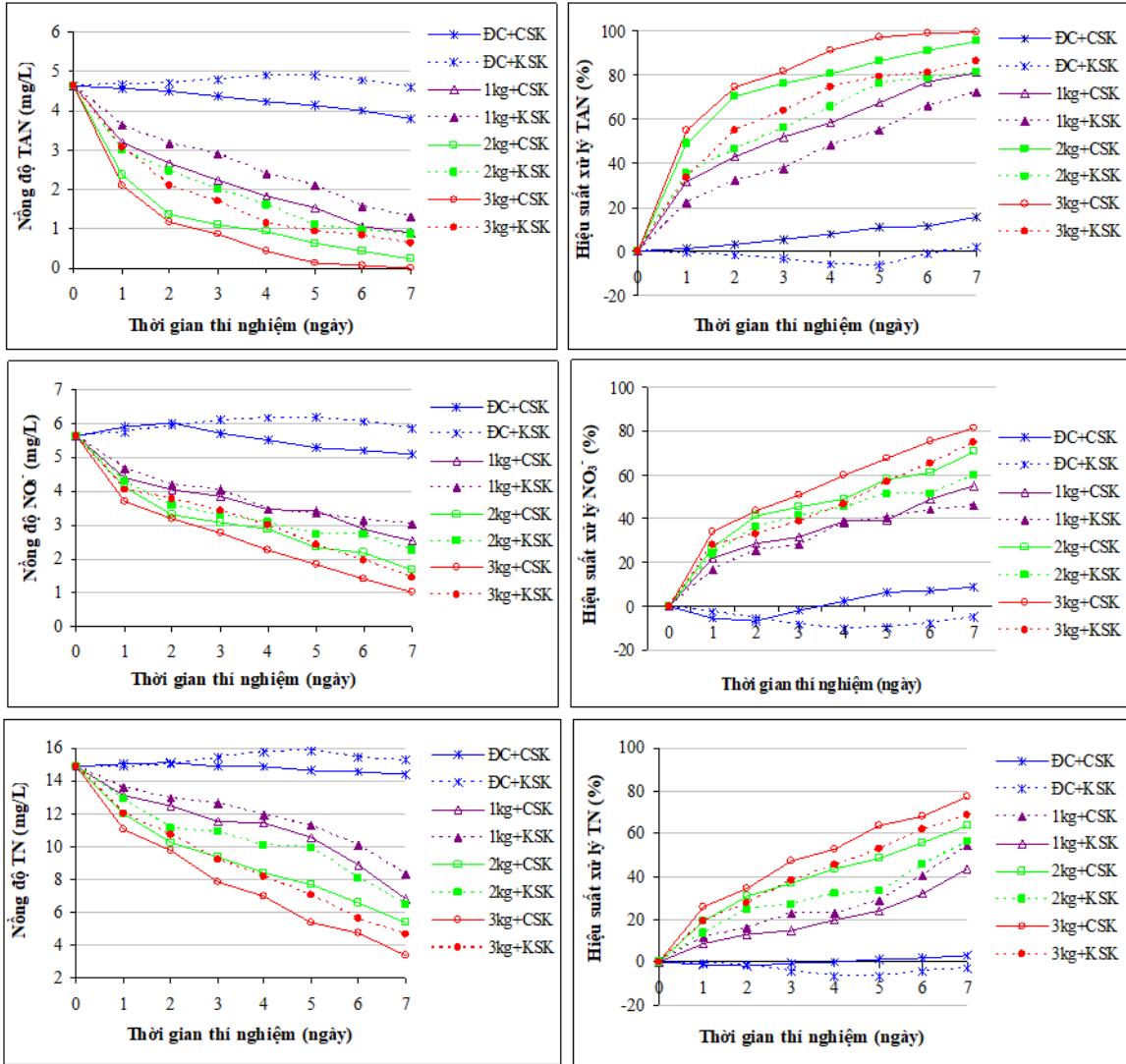
**3.2 Biến động hàm lượng hợp chất đạm và lân theo thời gian thí nghiệm**

Hình 1 cho thấy hàm lượng TAN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và TN ở các thí nghiệm có rong câu là giảm dần theo thời gian thí nghiệm và mật độ rong càng cao sự giảm càng nhiều, và thí nghiệm có sục khí giảm nhiều hơn thí nghiệm không sục khí. Ngược lại, thí nghiệm đối chứng không có rong tăng nhẹ hoặc giảm không đáng kể.

**Chỉ tiêu TAN:** Nồng độ TAN ban đầu là 4,64 mg/L, ở thí nghiệm đối chứng có sục khí (ĐC+CSK) giảm nhẹ theo thời gian thí nghiệm, vào ngày thứ 7 giá trị trung bình là 3,81mg/L tương ứng với hiệu suất xử lý (HS) là 15,73%. Thí nghiệm đối chứng không sục khí (ĐC+KSK), nồng độ TAN tăng nhẹ liên tục đến ngày thứ 6 và giảm vào ngày 7 với nồng độ 4,60 mg/L và HS là 2,16%. Các thí nghiệm có rong câu chỉ nồng độ TAN giảm mạnh theo thời gian, sau năm ngày xử lý nồng độ TAN ở thí nghiệm 3 kg/m<sup>3</sup> có sục khí (3kg+CSK) giảm nhiều nhất còn 0,14 mg/L với HS là 96,98%, kể đến là thí nghiệm 2kg+CSK nồng độ TAN giảm còn

0,63 mg/L đạt HS là 86,31%. Khi kết thúc thí nghiệm vào ngày thứ 7, ở cùng mật độ rong, thí nghiệm có sục khí giảm nhiều hơn so với không sục khí. Cụ thể, thí nghiệm 1kg+CSK và 1 kg+KSK có nồng độ TAN lần lượt là 0,89 và 1,30 mg/L với HS: 81,03% và 71,98%; thí nghiệm 2 kg+CSK và 2 kg+KSK: 0,24 và 0,86 mg/L tương ứng HS: 95,04 và 80,93%; thí nghiệm 3 kg+CSK và 3 kg+KSK: 0,02 và 0,65 mg/L tương ứng HS: 99,67 và 86,42%.

**Chỉ tiêu NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** Nồng độ ban đầu là 5,62 mg/L, thí nghiệm ĐC+CSK tăng nhẹ trong ba ngày đầu sau đó giảm dần đến ngày thứ 7 còn 5,11 mg/L với HS là 9,02%. Thí nghiệm ĐC+KSK tăng liên tục đến ngày thứ 5 (6,15 mg/L) và giảm dần đến ngày thứ 7 (5,89 mg/L) nhưng vẫn cao hơn so với nồng độ ban đầu và HS có giá trị âm (-4,80%). Các thí nghiệm còn lại thì nồng độ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> giảm nhiều hơn ở mật độ rong cao hơn, cụ thể là thí nghiệm 3kg+CSK giảm nhiều nhất vào cuối đợt thí nghiệm với nồng độ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> là 1,03 mg/L với HS là 81,67%, kể đến là thí nghiệm 3 kg+KSK và 2 kg+CSK: 1,42 và 1,65 mg/L tương ứng với HS: 74,73% và 70,58%, theo thứ tự.



Hình 1: Biến động nồng độ TAN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và TN và hiệu suất xử lý của rong câu chỉ trong thời gian thí nghiệm

**TN:** Nồng độ ban đầu là 14,86 mg/L, nghiệm thức ĐC+CSK tăng mạnh trong hai ngày đầu (15,13 mg/L) sau đó giảm dần đến ngày thứ 7 còn 14,54 mg/L với HS là 3,16%. Nghiệm thức ĐC+KSK tăng liên tục đến ngày thứ 5 (15,83 mg/L) và giảm nhẹ vào cuối đợt thí nghiệm (15,26 mg/L) với HS có giá trị âm (-2,69%). Tương tự với NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, nghiệm thức 3kg+CSK giảm nhiều nhất sau 7 ngày thí nghiệm với giá trị là 3,39 mg/L và HS là 77,16%, tiếp theo là nghiệm thức 3kg+KSK và 2kg+CSK: 5,62 và 6,54 mg/L tương ứng với HS: 68,55% và 64,17%, theo thứ tự.

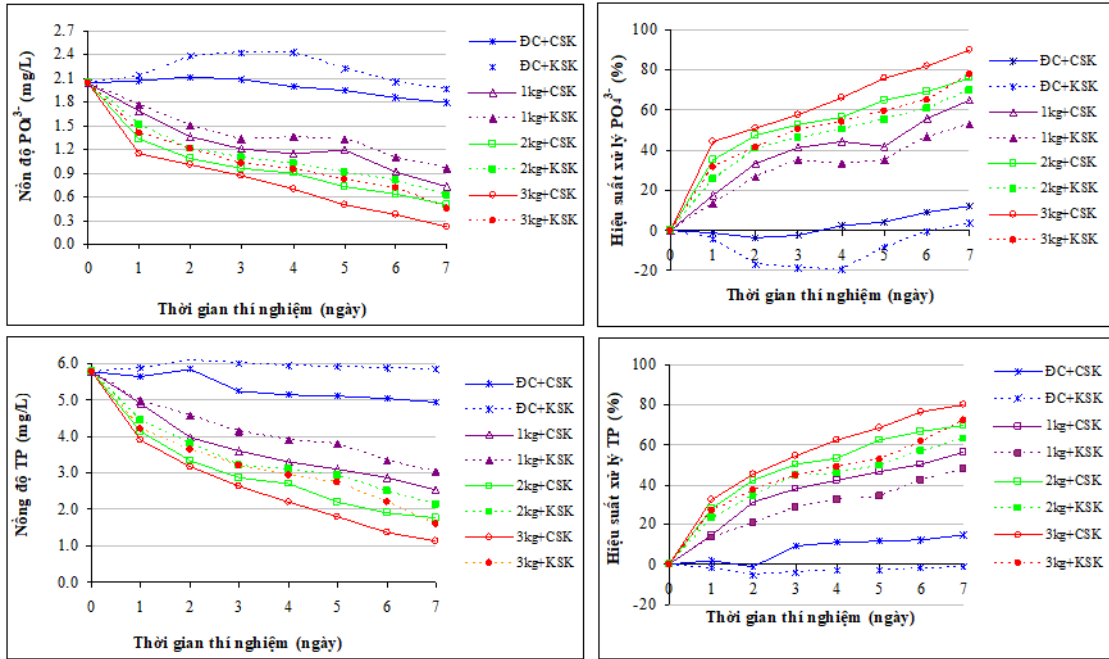
**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:** Nồng độ ban đầu là 2,04 mg/L, nghiệm thức ĐC+CSK tăng đều trong ba ngày đầu (2,09 mg/L) và giảm dần đến ngày thứ 7 còn 1,86 mg/L

với HS là 12,09%. Nghiệm thức ĐC+KSK tăng liên tục đến ngày thứ 4 (2,43 mg/L) và giảm nhẹ vào cuối đợt thí nghiệm (1,96 mg/L) với HS là 3,92%. Nghiệm thức 3 kg+CSK giảm nhiều nhất vào cuối đợt thí nghiệm (0,21 mg/L và HS là 89,71%), kể đến là nghiệm thức 3 kg+KSK và 2 kg+CSK: 0,46 và 0,50 mg/L tương ứng với HS: 77,70% và 75,57%, theo thứ tự. Các nghiệm thức còn lại có mật độ rong thấp và không sục khí có mức giảm thấp hơn (Hình 2).

**TP:** Nồng độ ban đầu 5,76 mg/L, nghiệm thức ĐC+CSK giảm nhẹ đến cuối đợt thí nghiệm còn 4,92 mg/L với HS là 14,58%. Nghiệm thức ĐC+KSK tăng cao nhất vào ngày thứ 2 (6,08 mg/L) và giảm nhẹ vào cuối đợt thí nghiệm nhưng vẫn cao

hơn so với giá trị ban đầu (5,83 mg/L) với HS có giá trị âm(-1,16%). Các nghiệm thức còn lại có khuynh hướng tương tự với chỉ tiêu  $PO_4^{3-}$  giảm đều đặn khi kết thúc thí nghiệm. Nghiệm thức 3 kg+CSK giảm nhiều nhất (1,14 mg/L và HS là 80,15%), nghiệm

thức 3 kg+KSK và 2 kg+CSK có giá trị lần lượt là 1,62 và 1,76 mg/L tương ứng với HS: 71,96% và 69,44%. Các nghiệm thức còn lại có mật độ rong thấp và không sục khí thì hiệu suất xử lý thấp hơn.



**Hình 2: Biến động nồng độ  $PO_4^{3-}$  và TP và hiệu suất xử lý trong thời gian thí nghiệm**

Bảng 3 cho thấy từng yếu tố đối với hiệu suất xử lý trung bình ngày của rong câu chỉ, mật độ rong câu chỉ ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất xử lý hợp chất đạm và lân, mật độ rong càng cao thì hiệu suất xử lý càng cao, đồng nghĩa với sự giảm nồng độ chất dinh dưỡng càng nhiều và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,001$ ) ở tất cả các nghiệm thức.

Chế độ sục khí đã tác động nhiều đến hiệu suất xử lý trung bình ngày của rong câu chỉ ( $p < 0,001$ ), nghiệm thức có sục khí cho hiệu suất xử lý cao hơn có ý nghĩa thống kê so với không sục khí. Tuy nhiên, sự tương tác giữa mật độ rong câu chỉ và chế độ sục khí không có ý nghĩa thống kê đối với các chỉ tiêu TAN,  $NO_3^-$ , TN và  $PO_4^{3-}$  ( $p > 0,05$ ). Riêng chỉ tiêu TP thì sự tương tác có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ). Kết quả thống kê cho thấy hiệu suất xử lý TP trung bình ngày khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) giữa các nghiệm thức trừ nghiệm thức 3 kg+KSK và 2 kg+CSK (Bảng 3).

Kết quả trên cho thấy các nghiệm thức có sự hiện diện rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) trong bể giúp

giảm hàm lượng các hợp chất đạm (N) và lân (P) khác biệt đáng kể so với nghiệm thức đối chứng. Khi không có sự hiện diện của rong câu chỉ, hàm lượng N và P tăng liên tục đến ngày thứ 5 và có khuynh hướng giảm vào ngày thứ 6 và 7. Điều này có thể do hoạt động khoáng hóa của các vi sinh vật hiện diện trong môi trường nước ao nuôi tôm hoặc do các tiến trình phân hủy tự nhiên khác. Khi có sự hiện diện của rong câu chỉ kết hợp với sục khí thì nồng độ N và P giảm nhanh hơn so với không sục khí. Ngoài ra, các nghiệm thức sử dụng rong câu chỉ có sục khí thì nồng độ TAN giảm nhiều hơn so với không sục khí và hiệu suất xử lý TAN cao hơn so với các muối dinh dưỡng khác.

Kết quả nghiên cứu tương đồng với công bố của Lê Hùng Anh và Nguyễn Thị Ngọc Bích (2015), khi sử dụng rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) với mật độ 5 kg/m<sup>3</sup> để xử lý nước thải chế biến thủy sản với chế độ sục khí khác nhau thì sục khí đêm và sục khí ngày nồng độ các chất dinh dưỡng TAN,  $NO_3^-$ , TN và  $PO_4^{3-}$  giảm nhiều hơn và hiệu suất xử lý cao hơn so với không sục khí sau 8 ngày xử lý.

**Bảng 3: Kết quả phân tích thống kê đối với hiệu suất xử lý trung bình ngày (%/ngày) của rong câu chỉ**

Mật độ rong (kg/m <sup>3</sup> )	Chế độ sục khí	TAN (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	TN (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	TP (mg/L)
<b>Giá trị trung bình (±ĐLC) của từng nghiệm thức</b>						
0	Có sục khí	2,56±0,54	1,29±0,22	0,45±0,21	1,73±0,43	2.08±0.21 <sup>b</sup>
0	Không sục khí	0,13±0,41	-0,69±0,38	-0,38±0,24	0,56±0,67	-0.17±0.22 <sup>a</sup>
1	Có sục khí	11,55±0,28	7,89±0,44	7,77±0,78	9,24±0,62	7.99±0.21 <sup>d</sup>
1	Không sục khí	10,28±0,52	6,56±0,28	6,27±0,51	7,54±0,20	6.77±0.28 <sup>c</sup>
2	Có sục khí	13,54±0,17	10,08±0,69	9,17±0,64	10,80±0,36	9.92±0.23 <sup>f</sup>
2	Không sục khí	11,63±0,14	8,56±0,43	8,05±0,50	9,92±0,43	8.95±0.25 <sup>e</sup>
3	Có sục khí	14,24±0,01	11,67±0,36	11,02±0,39	12,82±0,28	11.45±0.27 <sup>g</sup>
3	Không sục khí	12,29±0,26	10,68±0,47	9,79±0,27	11,10±0,32	10.28±0.36 <sup>f</sup>
<b>One-way ANOVA: Ảnh hưởng của mật độ rong</b>						
	0	1,34±1,40 <sup>a</sup>	0,30±1,11 <sup>a</sup>	0,03±0,50 <sup>a</sup>	1,14±0,81 <sup>a</sup>	0,96±1,25 <sup>a</sup>
	1	10,91±0,79 <sup>b</sup>	6,56±0,28 <sup>b</sup>	6,27±0,51 <sup>b</sup>	8,39±1,02 <sup>b</sup>	7,38±0,70 <sup>b</sup>
	2	12,58±1,05 <sup>c</sup>	7,89±0,45 <sup>c</sup>	7,77±0,78 <sup>c</sup>	10,36±0,60 <sup>c</sup>	9,44±0,57 <sup>c</sup>
	3	13,27±1,08 <sup>d</sup>	7,23±0,80 <sup>d</sup>	7,02±1,01 <sup>d</sup>	11,96±0,98 <sup>d</sup>	10,87±0,71 <sup>d</sup>
<b>One-way ANOVA: Ảnh hưởng của chế độ sục khí</b>						
	Có sục khí	10,47±4,89 <sup>b</sup>	7,73±4,15 <sup>b</sup>	7,10±4,21 <sup>b</sup>	8,65±4,39 <sup>b</sup>	7,86±3,72 <sup>b</sup>
	Không sục khí	8,58±5,16 <sup>a</sup>	6,28±4,48 <sup>a</sup>	5,93±4,04 <sup>a</sup>	7,28±4,28 <sup>a</sup>	6,46±4,21 <sup>a</sup>
ANOVA: Giá trị P						
	Mật độ rong câu (1)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Chế độ sục khí (1)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Sự tương tác (1) x (2)	0,064	0,291	0,691	0,294	<b>0,002</b>

(Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa (p<0,05))

Theo Msuya and Neori (2008), sục khí ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của rong *Ulva lactuca* ở điều kiện giàu dinh dưỡng và sục khí làm gia tăng loại bỏ hàm lượng TAN nhanh hơn không sục khí. Sục khí giúp sự khuếch tán chất dinh dưỡng từ nước vào rong giúp hoạt động sống của rong tốt hơn như tăng khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng đồng nghĩa với hiệu suất loại bỏ dinh dưỡng nhiều hơn so với không sục khí. Cooke *et al.* (2005) cho biết các ao hồ được sục khí giúp tăng hàm lượng oxy hòa tan và chuyển hóa ammonium thành nitrat, đồng thời giảm sự phóng thích phospho nội tại sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho sự kết tủa phospho từ cột nước và kích thích sự phát triển của tảo làm giảm hàm lượng dinh dưỡng trong ao, hồ. Tương tự, một số loài thực vật thủy sinh (TVTS) sống trôi nổi như lục bình (*Eichhornia crassipes*), bèo tai tượng (*Pistia stratiotes*) và bèo vảy ốc (*Salvinia natans*) loại bỏ chất dinh dưỡng trong nước thải sinh hoạt nhanh hơn ở điều kiện có sục khí và tuần hoàn nước. Sục khí và tuần hoàn nước (không có thực vật thủy sinh) cũng làm gia tăng khả năng loại bỏ ammonium từ 30,4 đến 66,5% và có TVTS thì khả năng loại bỏ đến 93,4-100% sau 8 ngày thí nghiệm (Zimmels, *et al.*, 2009).

Nghiên cứu trước khẳng định rằng ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) là nguồn dinh dưỡng quan trọng hơn các nguồn đạm khác do rong, tảo hấp thụ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nhanh hơn NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, và sự đồng hóa NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đạt hiệu quả năng lượng cao hơn so với sử dụng nitrate bởi vì ammonium có thể kết hợp trực tiếp với các acid amin (Lobban and Harrison 1994). Padhi *et al.* (2010) đánh giá khả năng hấp thụ nitrate và ammonium từ nước thải nuôi trồng thủy sản của bốn loài rong biển gồm *Enteromorpha intestinalis*, *Chondrus crispus*, *Gracilaria verrucosa* và *Polysiphonia*. Tác giả nhận thấy khi NH<sub>4</sub>-N là nguồn dinh dưỡng, các loài rong biển hấp thụ chất dinh dưỡng này cao hơn NO<sub>3</sub>-N và hàm lượng NH<sub>4</sub>-N càng cao thì tốc độ hấp thụ càng nhanh hơn. Ngoài ra, *E. intestinalis* và *G. verrucosa* loại bỏ nitrat từ môi trường cao hơn nhiều so với hai loài rong còn lại. Tương tự, đối với loài rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) khi có sự hiện của hai loại muối dinh dưỡng NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và NO<sub>3</sub><sup>-</sup> thì NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được hấp thụ nhanh hơn (Wang *et al.*, 2014). Loài rong câu chỉ vàng (*G. verrucosa*) hấp thụ các hợp chất nitơ: ammonium > nitrate > nitrite. Rong câu sử dụng nitrate và nitrite ít hiệu quả hơn do hai chất này cần có enzyme phân giải và đồng hóa trước khi sử dụng (Ihsan, *et al.*, 2019).

Kết quả nghiên cứu này cho thấy rong câu chỉ (*G. tenuistipitata*) có khả năng hấp thụ các muối đạm và lân đã làm giảm chất ô nhiễm có trong nước, thể hiện rõ nhất ở các nghiệm thức có rong câu chỉ kết hợp với sục khí. Nghiên cứu của Marinho-Soriano *et al.* (2009a) cho thấy rong câu (*G. birdiae*) có thể được sử dụng trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản như lọc sinh học làm giảm đáng kể nồng độ  $PO_4^{3-}$  (giảm 93,5%),  $NH_4^+$  (giảm 34%) và  $NO_3^-$  giảm 100% sau bốn tuần thí nghiệm. Các loài rong câu có khả năng hấp thụ các muối dinh dưỡng nhanh và vượt nhu cầu cho hoạt động sống. Vì thế, rong câu được sử dụng trong các mô hình nuôi đa canh, nuôi kết hợp hay luân canh và xử lý môi trường trong các mô hình nuôi trồng thủy sản bền vững (Marinho-Soriano, *et al.*, 2009a, b; Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại, 2010).

Nhiều nghiên cứu khẳng định mô hình nuôi kết hợp cá, tôm với rong biển có thể làm giảm thiểu được ô nhiễm môi trường nuôi, do chất thải của cá, tôm được rong biển hấp thụ, từ đó cân bằng hệ sinh thái (Devi and Gowri, 2007; Padhi, *et al.*, 2010; Al-Hafedh, *et al.*, 2012). Tương tự, Nguyễn Quang Huy và *ctv.* (2016), sử dụng rong câu chỉ vàng (*G. asiatica*) nuôi kết hợp với tôm thẻ chân trắng, bể nuôi có hàm lượng TAN và  $NO_2^-$  thấp hơn có ý nghĩa so với bể nuôi tôm đơn, rong câu chỉ vàng còn có khả năng hấp thụ 79,5 %  $PO_4^{3-}$  và 78,4 %  $NH_3^-$  sau thời gian 2 h và tốc độ lọc đạt 97,7 %  $PO_4^{3-}$  và 87,4 %  $NH_3^-$  sau 4 h thí nghiệm. Tốc độ loại bỏ TAN đạt 31,2 % sau 2 h. Kết quả thí nghiệm hiện tại phù hợp với nhận định của các nghiên cứu trước, việc sử dụng rong câu chỉ để xử lý nước thải nhằm giúp duy trì được chất lượng nước tốt hơn và thân thiện với môi trường.

Trong nghiên cứu này với mật độ rong câu thả khác nhau, khả năng hấp thụ các muối dinh dưỡng cũng khác nhau. Mật độ rong câu thả 3 kg/m<sup>3</sup> cho thấy hiệu quả hấp thụ các chất dinh dưỡng là cao

nhất, kể đến là mật độ 2 kg và 1 kg/m<sup>3</sup>. Tương tự, Đặng Trần Tú Trâm và *ctv.* (2016) đánh giá khả năng hấp thụ các dạng muối dinh dưỡng  $NH_4Cl$ ,  $KH_2PO_4$  và  $KNO_3$  (hàm lượng 3 g/m<sup>3</sup>) của rong nho (*Caulerpa lentillifera*) với các mật độ rong 0, 100, 200 và 300 g/m<sup>2</sup>, trong đó mật độ 200 - 300 g/m<sup>2</sup> rong nho có khả năng hấp thụ các muối dinh dưỡng hiệu quả nhất. Tuy nhiên, nghiên cứu của Ishan *et al.* (2019) so sánh bốn mật độ rong câu (*G. verrucosa*) trong hệ nuôi kết hợp với tôm thẻ chân trắng 0, 3, 125, 6,250 và 9,375 g/L. Mật độ rong câu 3,125 g/L cho hiệu quả hấp thụ hợp chất nitơ cao nhất từ chất thải của tôm.

Tổng hợp các kết quả trong nghiên cứu này cho thấy nồng độ các hợp chất đạm và (TAN,  $NO_3^-$  và TN) và hợp chất lân ( $PO_4^{3-}$  và TP) giảm nhanh ở mật độ rong cao kết hợp với có sục khí. Trong điều kiện có sục khí, sử dụng mật độ rong từ 2 đến 3 kg/m<sup>3</sup> để xử lý nước thải nuôi tôm thâm canh rất có hiệu quả, trong đó mật độ 3 kg/m<sup>3</sup> cần thời gian xử lý 5 ngày và mật độ rong 2 kg/m<sup>3</sup> cần thời gian 7 ngày (Hình 1 và 2) cho chất lượng nước đầu ra đáp ứng tiêu chuẩn QCVN 02-19: 2014/BNNPTNT về chất lượng nước có thể cấp vào ao nuôi trở lại so với chuẩn cho phép là nồng độ TAN = 0,3 mg/L. Ở điều kiện không sục khí, mật độ rong từ 2-3 kg/m<sup>3</sup> cần thời gian xử lý dài hơn.

### 3.3 Sinh khối của rong câu chỉ (*G. tenuisipitata*)

Sau 7 ngày thí nghiệm, sinh khối rong câu chỉ (*G. tenuisipitata*) tăng ở tất cả các nghiệm thức so với ban đầu với tốc độ tăng trưởng tương đối và mức tăng sinh khối trung bình dao động lần lượt là 0,71-3,52%/ngày và 5,09-28,06%. Tốc độ tăng trưởng của rong đạt cao nhất ở nghiệm thức mật độ rong 1 kg/m<sup>3</sup> có sục khí (1 kg/m<sup>3</sup>+CSK) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) so với các nghiệm thức còn lại trừ nghiệm thức 2kg+CSK (Bảng 4).

**Bảng 4: Tăng trưởng của rong câu chỉ sau 7 ngày thí nghiệm**

Nghiệm thức	Sinh khối rong câu chỉ (g)		SGR (%/ngày)	Mức tăng sinh khối (%)
	Ban đầu	Ngày 7		
ĐC+CSK	-	-	-	-
ĐC+KSK	-	-	-	-
1kg+CSK	120	153,7±6,7	3,52±0,61 <sup>c</sup>	28,06± 5,55 <sup>c</sup>
1kg+KSK	120	133,7±5,5	1,53±0,58 <sup>ab</sup>	11,39±4,59 <sup>ab</sup>
2kg+CSK	240	286, ±7,8	2,50±0,39 <sup>bc</sup>	19,17±3,25 <sup>bc</sup>
2kg+KSK	240	263,0± 9,2	1,30±0,50 <sup>ab</sup>	9,58±3,82 <sup>ab</sup>
3kg+CSK	360	404,3±8,1	1,66±0,28 <sup>ab</sup>	12,31 ±2,25 <sup>ab</sup>
3kg+KSK	360	378,3±6,0	0,71±0,23 <sup>a</sup>	5,09±1,67 <sup>a</sup>

Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa ( $p < 0,05$ )



Tương tự, Đặng Trần Tú Trâm và *ctv.* (2016) đánh giá khả năng hấp thu các dạng muối dinh dưỡng NH<sub>4</sub>Cl, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> và KNO<sub>3</sub> (hàm lượng 3 g/m<sup>3</sup>) của rong nho (*Caulerpa lentillifera*) với các mật độ rong 100, 200 và 300 g/m<sup>2</sup>, kết quả thu được tốc độ tăng trưởng của rong nho đạt cao nhất trong điều kiện bổ sung 3 g NH<sub>4</sub>Cl/m<sup>3</sup> ở mật độ rong nho ban đầu là 100 g/m<sup>2</sup>. Nghiên cứu của Ishan *et al.* (2019), nuôi kết hợp tôm thẻ chân trắng với các mật độ rong câu (*G. verrucosa*) khác nhau gồm 3,125, 6,250 và 9,375 g/L, trong đó mật độ rong thấp nhất cho tăng trưởng cao nhất.

Nhìn chung, tốc độ tăng trưởng của rong câu chỉ ở mật độ thấp (1 kg/m<sup>3</sup>) cao hơn có khuynh hướng giảm ở mật độ rong cao hơn và cùng mật độ rong thì có sục khí cho tăng trưởng tốt hơn so với không sục khí. Như vậy, rong câu chỉ có khả năng hấp thu tốt các muối đạm và lân để tăng trưởng sinh khối và đồng thời đã làm giảm chất ô nhiễm có trong nước, thể hiện rõ nhất ở các nghiệm thức rong câu chỉ kết hợp với sục khí. Qua đó cho thấy mật độ rong thấp thì rong có thể hấp thụ được nhiều chất dinh dưỡng hơn và nhiều không gian sống hơn so với mật độ rong cao nên cho tăng trưởng tốt hơn. Hơn nữa, rong sống trong môi trường có sục khí giúp chất dinh dưỡng khuếch tán vào tán rong tốt hơn và quá trình quang hợp của rong hiệu quả hơn là điều kiện thuận lợi để rong, tảo hấp thụ dinh dưỡng và sự phát triển tốt hơn so với không sục khí (Cooke *et al.*, 2005; Priyadarshani, *et al.*, 2014). Theo Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại (2010), các loài rong câu *Gracilaria* có khả năng hấp thu các muối dinh dưỡng nhanh và vượt nhu cầu cho hoạt động sống. Vì thế môi trường giàu dinh dưỡng thì rong câu tăng trưởng nhanh hơn. Báo cáo của Wang *et al.* (2014)

cho thấy loài rong câu chỉ *G. tenuistipitata* tăng trưởng nhanh hơn khi tăng hàm lượng nitơ vô cơ hòa tan (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) vào môi trường nuôi.

### 3.4 Thành phần hóa học của rong câu chỉ sau thí nghiệm

Thành phần hóa học của rong câu chỉ trước khi thí nghiệm gồm độ ẩm (hàm lượng nước của rong câu tươi): 84,2%, protein: 17,9%, lipid: 2,04%, tro: 25,4%, xơ: 8,11% và carbohydrate: 46.6%. Sau khi thí nghiệm, độ ẩm và hàm lượng xơ của rong câu chỉ không thay đổi nhiều so với ban đầu (p>0,05), dao động trung bình 84,58-85,92% và 8,23-8,79%, theo thứ tự. Hàm lượng lipid của rong câu chỉ ở tất cả các nghiệm thức giảm đi một ít (1,61-1,88%) so với ban đầu nhưng không khác biệt thống kê (p>0,05).

Hàm lượng protein của các nghiệm thức sau khi thí nghiệm cao hơn có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với ban đầu, dao động trung bình từ 24,4-26,7%, trong đó nghiệm thức mật độ rong thấp có sục khí (1 kg+CSK) có giá trị cao nhất và khác biệt thống kê so với các nghiệm thức còn lại trừ nghiệm thức 2 kg+CSK. Ngoài ra, ở cùng mật độ rong có sục khí thì hàm lượng protein của rong câu cao hơn không sục khí nhưng chi khác nhau có ý nghĩa thống kê (p<0,05) giữa hai nghiệm thức 1 kg+CSK và 1 kg+KSK.

Hàm lượng carbohydrate của rong câu chỉ sau thí nghiệm dao động 33,06-37,50%, giảm thấp hơn có ý nghĩa thống kê (p<0,05) so với ban đầu. Nghiệm thức 2 kg+CSK có giá trị cao nhất nhưng không khác biệt thống kê (p>0,05) so với nghiệm thức 1 kg+KSK và 3 kg+CSK.

**Bảng 5: Thành phần hóa học của rong câu chỉ *G. tenuistipitata* (% khối lượng khô) trước và sau khi thí nghiệm**

Nghiệm thức	Độ ẩm	Xơ	Lipid	Tro	Protein	Carbohydrate
Trước thí nghiệm	84,15±0,21 <sup>a</sup>	8,11±0,09 <sup>a</sup>	2,04±0,04 <sup>a</sup>	25,38±0,13 <sup>a</sup>	17,87±0,08 <sup>a</sup>	46,62±0,06 <sup>d</sup>
ĐC+CSK	-	-	-	-	-	-
ĐC+KSK	-	-	-	-	-	-
1kg+CSK	85,18±0,66 <sup>a</sup>	8,59±0,31 <sup>a</sup>	1,75±0,11 <sup>a</sup>	29,95±0,29 <sup>b</sup>	26,66±0,41 <sup>d</sup>	33,06±0,28 <sup>a</sup>
1kg+KSK	85,91±0,52 <sup>a</sup>	8,68±0,33 <sup>a</sup>	1,88±0,19 <sup>a</sup>	29,97±0,62 <sup>b</sup>	24,37±0,36 <sup>b</sup>	35,12±0,84 <sup>abc</sup>
2kg+CSK	84,58±0,47 <sup>a</sup>	8,79±0,19 <sup>a</sup>	1,68±0,15 <sup>a</sup>	29,52±0,98 <sup>b</sup>	25,68±0,27 <sup>cd</sup>	34,34±1,20 <sup>ab</sup>
2kg+KSK	85,06±0,83 <sup>a</sup>	8,23±0,22 <sup>a</sup>	1,62±0,18 <sup>a</sup>	28,01±0,21 <sup>b</sup>	24,66±0,29 <sup>bc</sup>	37,50±0,32 <sup>c</sup>
3kg+CSK	85,92±0,30 <sup>a</sup>	8,57±0,21 <sup>a</sup>	1,61±0,11 <sup>a</sup>	29,30±0,63 <sup>b</sup>	25,27±0,37 <sup>bc</sup>	35,27±0,36 <sup>abc</sup>
3kg+KSK	85,33±0,35 <sup>a</sup>	8,58±0,12 <sup>a</sup>	1,80±0,05 <sup>a</sup>	29,14±0,33 <sup>b</sup>	24,92±0,15 <sup>bc</sup>	35,57±0,47 <sup>bc</sup>

(Các giá trị trung bình trong cùng một cột có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa (p<0,05))

Lê Hùng Anh và Nguyễn Thị Ngọc Bích (2015) báo cáo rằng hàm lượng protein của rong câu chỉ *G. tenuistipitata* sau khi xử lý nước thải chế biến thủy

sản 8 ngày tăng 65,6% và carbohydrate cũng giảm so với ban đầu. Nghiên cứu của Msuya and Neori (2008) đánh giá ảnh hưởng của sục khí và hàm

lượng dinh dưỡng đến khả năng hấp thụ N, tác giả nhận thấy hàm lượng protein của rong *Ulva lactuca* tăng cao ở nghiệm thức có hàm lượng dinh dưỡng cao, sục khí ảnh hưởng không nhiều đến hàm lượng protein của rong. Kết quả nghiên cứu cho thấy sử dụng rong câu chỉ *G. tenuistipitata* xử lý nước thải tôm nuôi giúp cải thiện chất lượng nước và làm tăng giá trị dinh dưỡng của rong sau xử lý, nguồn rong này có thể là nguồn thức ăn tốt cho các loài thủy sản.

#### 4 KẾT LUẬN

Rong câu chỉ *Gracilaria tenuistipitata* có khả năng hấp thụ các hợp chất đạm và lân trong nước thải nuôi tôm. Trong cùng mật độ rong, sục khí cho hiệu suất xử lý các chất hợp chất đạm và lân trong nước thải nuôi tôm cao hơn so với không sục khí, trong đó hiệu suất xử lý TAN cao nhất đối với tất cả các mật độ rong. Hiệu suất xử lý tăng cao ở mật độ rong cao hơn:  $3 \text{ kg/m}^3 > 2 \text{ kg/m}^3 > 1 \text{ kg/m}^3$ .

Nồng độ TAN ban đầu là 4,64 mg/l, sau 5 ngày xử lý ở nghiệm thức  $3 \text{ kg/m}^3$  có sục khí giảm xuống còn 0,14 mg/L với hiệu suất xử lý là 96,98% và mật độ rong  $2 \text{ kg/m}^3$  sau 7 ngày xử lý nồng độ TAN còn 0,24 mg/L tương ứng với hiệu suất xử lý 95,04% biểu thị chỉ tiêu này đạt tiêu chuẩn QCVN 02-19: 2014/BNNPTNT về chất lượng nước có thể cấp vào ao nuôi trở lại so với chuẩn cho phép là 0,3 mg/L.

Sau 7 ngày thí nghiệm, sinh khối rong câu chỉ ở tất cả các nghiệm thức tăng cao hơn trong điều kiện có sục khí, trong đó tăng trưởng cao nhất ở nghiệm thức  $1 \text{ kg/m}^3$ .

Thành phần hóa học của rong câu chỉ sau thí nghiệm gồm ẩm độ, hàm lượng lipid và xơ không thay đổi nhiều. Riêng hàm lượng protein của rong ở tất cả các nghiệm thức tăng cao hơn đáng kể so với rong ban đầu trong khi hàm lượng carbohydrate giảm so với ban đầu.

#### 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, thuộc Chương trình ODA F-2 “Green technology innovation for aquaculture”. Tác giả chân thành cảm ơn em Lê Ngọc Huy và Huỳnh Hữu Chí hỗ trợ thu mẫu rong câu, bố trí và quản lý trong thời gian thí nghiệm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Al-Hafedh, Y.S., Alam, A., Buschmann, A.H. and Fitzsimmons K.M., 2012. Experiments on an integrated aquaculture system (seaweeds and marine fish) on the Red sea coast of Saudi Arabia: efficiency comparison of two local

seaweed species for nutrient biofiltration and production. *Reviews in Aquaculture*. 4: 21-31.

- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists Arlington.
- APHA, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. The Association, Washington, DC.
- Arumugam, N., Chelliapan, S., Kamyab, H., Thirugnana, S., Othman, N. and Nasri, N.S., 2018. Treatment of wastewater using seaweed: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15, 2851. doi:10.3390/ijerph15122851.
- Cooke, G.D., Welch, E.B., Peterson, S., and Nichols, S.A., 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs, 3<sup>rd</sup> edn. Taylor and Francis, New York.
- Đặng Trần Tú Trâm, Đào Thị Hồng Ngọc, Đoàn Văn Thân, Đỗ Hải Đăng, Nguyễn Thị Nguyệt Huệ và Huỳnh Đức Lư., 2016. Khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của rong nho (*Caulerpa lentillifera* j. agardh, 1837) trong điều kiện thí nghiệm. *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển*. 22: 96-103.
- Devi, I.R.P. and Gowri V.S., 2007. Biological treatment of aquaculture discharge waters by seaweeds. *Journal of Industrial Pollution Control*. 23(1): 135-140.
- Ihsan, N.Y., Subiyanto, Pribadi, T.D.K. and Schulz, C., 2019. Nitrogen assimilation potential of seaweed (*Gracilaria verrucosa*) in polyculture with Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *AACL Bioflux*. 12(1): 51-62.
- Kim, J.K., Duston, J., Corey, P., Garbary, D.J., 2013. Marine finfish effluent bioremediation: Effects of stocking density and temperature on nitrogen removal capacity of *Chondrus crispus* and *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *Aquaculture*. 414-415(5): 210-216.
- Lê Hùng Anh và Nguyễn Thị Ngọc Bích, 2015. Nghiên cứu sử dụng rong câu chỉ (*Gracilaria tenuistipitata*) xử lý đầu cuối nước thải nhiễm mặn và thu hồi sinh khối rong. *Tạp chí Đại học Công nghiệp*. 2(19): 32 - 45.
- Lê Như Hậu và Nguyễn Hữu Đại, 2010. Rong câu Việt Nam, nguồn lợi và sử dụng. Nhà xuất bản Hà Nội: 242 trang.
- Lobban, C.S. and Harrison P.J., 1994. Sea weed ecology and physiology. Cambridge University Press. Cambridge London: 163-209.
- Marinho-Soriano, E., Nunes, S.O., Carneiro, M.A.A., Pereira, D.C., 2009b. Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. *Biomass and Bioenergy*. 33(2):327-331.

- Marinho-Soriano, E., Panucci, R.A., Carneiro, M.A.A. and Pereira, D.C., 2009a. Evaluation of *Gracilaria caudata* J. Agardh for bioremediation of nutrients from shrimp farming wastewater. *Bioresource Technology*. 100(24): 6192-6198.
- Msuya, F.E. and Neori, A., 2008. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*. 20(6): 1021-1031.
- Nguyễn Hoàng Vinh và Nguyễn Thị Ngọc Anh, 2019. Khảo sát sinh lượng của rong câu chi (*Gracilaria tenuistipitata*) trong ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn 1*: 88-97.
- Nguyễn Quang Huy, Lê Văn Khôi, Tăng Thị Thảo và Nguyễn Thị Lệ Thủy, 2016. Nghiên cứu khả năng hấp thụ dinh dưỡng của rong câu chi vàng (*Gracilaria asiatica*) và các hình thức nuôi kết hợp giữa tôm chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) với rong câu chi. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*. 6: 104- 110.
- Nguyễn Thanh Long, Dương Vĩnh Hào và Lê Xuân Sinh. 2010. Phân tích các khía cạnh kinh tế và kỹ thuật của mô hình nuôi tôm sú (*Penaeus monodon*) thâm canh ở tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 14: 119-127.
- Padhi, S.B., Behera, G., Behura, S., Swain, P., Behera, S., Panigrahi, H., Panigrahi, M., Beja, S., Mishra, A., Das, N., Baidya, S., Pradhan, S. and Das, P., 2010. Utilisation of nitrate and ammonium by algal biomass available in prawn cultivation sites in Chilika Lake, Orissa. *Journal of Botanical Research*. 1(1): 01-06.
- Peng, C. Hong-Bo, S., Di, X. and Song, Q., 2009. Progress in *Gracilaria* biology and developmental utilization: Main issues and prospective. *Journal Reviews in Fisheries Science*. 17(4): 494-504.
- Priyadarshani, I., Thajuddin, N. and Rath, B., 2014. Influence of aeration and light on biomass production and protein content of four species of marine Cyanobacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(12): 173-182.
- Trịnh Thị Long và Dương Công Chinh. 2013. Nuôi tôm ở Đồng bằng sông Cửu Long - Những tồn tại và thách thức ảnh hưởng đến phát triển bền vững nghề nuôi. *Tạp chí Khoa học và Công Nghệ Thủy lợi, Viện KHTLVN*: 6 trang.
- Wang, C., Lei, A., Zhou, K., Hu, Z., Hao W. and Yang, J., 2014. Growth and nitrogen uptake characteristics reveal outbreak mechanism of the opportunistic macroalga *Gracilaria tenuistipitata*. *PLoS ONE*. 9(10): e108980.
- Zhang, Y., Bleeker, A. and Liu, J., 2015. Nutrient discharge from China's aquaculture industry and associated environmental impacts. *Environmental Research Letter*. 10: 1-14.
- Zimmels, Y., Kirzhner, F. and Kadmon, A., 2009. Effect of circulation and aeration on wastewater treatment by floating aquatic plants. *Separation and Purification Technology*. 66(3): 570-577.