



## ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LOẠI BỎ CHẤT Ô NHIỄM AO NUÔI CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*) BẰNG LỤC BÌNH (*Eichhornia crassipes*) TRÊN MÔ HÌNH ĐẤT NGẬP NƯỚC DÒNG CHẢY MẶT

Phạm Quốc Nguyên<sup>1</sup>, Đoàn Chí Linh<sup>2</sup>, Trương Quốc Phú<sup>3</sup> và Nguyễn Văn Công<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Khoa Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Đồng Tháp

<sup>2</sup> Phân viện Thủy sản Minh Hải

<sup>3</sup> Khoa Thủy sản, Trường Đại Học Cần Thơ

<sup>4</sup> Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 08/08/2015

Ngày chấp nhận: 17/09/2015

### Title:

Assessment of removal pollutants ability from wastewater intensive catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) by constructed wetlands combined water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

### Từ khóa:

Lục bình, nước thải ao nuôi cá tra, sục khí, vi khuẩn, đất ngập nước

### Keywords:

*Eichhornia crassipes*, wastewater intensive catfish, aeration, bacteria, constructed wetlands

### ABSTRACT

To minimize pollutants from wastewater fish pond before discharging into the environment and figure out appropriate treatment methods, the experiment was carried out with 4 treatments, including: (1) Waste water (control), (2) Waste water + *Eichhornia crassipes*, (3) Waste water + *E. Crassipes* and aeration, and (4) Waste water + *E. Crassipes* + aeration and bacteria; each treatment was done with four containers (size 63x43x50 cm) characterized by three time repeated with flow rate of 150L/day/system. Samples were collected to evaluate at the time of 32, 64 and 96 days in each container. The results showed that in all 4 containers of the control treatments and treatments no. 2, the  $N-NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  and  $CO_2$  concentrations were higher than that defined in the National Technical Regulation on Wastewater. The treatments no. 4 brings high-performance treatments; indicators  $N-NH_4^+$ ,  $H_2S$  and  $CO_2$ , industry standards achieved in the first container, indicator  $NO_2^-$  targets achieved after industry standards through 2 container. It shows very clearly the functions *Eichhornia crassipes* in removing wastewater pollutants catfish ponds in the constructed wetlands surface flow. Fresh weight after 96 days of in the first container 2 and 4 treatments compared with the corresponding initial increase of 21.7; 31 and 26.4 times. *E. Crassipes* died in ascending order container 2, 3, 4 for the treatments has aeration. The 3 treatment has effective best handled in the first container.

### TÓM TẮT

Để giảm thiểu các chất ô nhiễm từ nước thải ao nuôi cá tra trước khi đưa ra ngoài môi trường và tìm ra phương pháp xử lý thích hợp, thí nghiệm được bố trí với 4 nghiệm thức: (1) nước thải (đối chứng), (2) nước thải + lục bình, (3) nước thải + lục bình + sục khí, (4) nước thải + lục bình + sục khí + vi sinh, mỗi nghiệm thức có bốn ngăn với 4 lần lặp lại, ngăn có kích thước 63x43x50 cm, với lưu lượng nạp 150L/ngày/hệ thống. Sau khi bố trí thí nghiệm mẫu được thu để đánh giá ở các thời điểm 32, 64 và 96 ngày ở từng ngăn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức lục bình có hàm lượng  $N-NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  và  $CO_2$  cao và chưa đạt quy chuẩn ngành sau khi qua 4 ngăn. Các nghiệm thức lục bình + sục khí và nghiệm thức lục bình + sục khí + vi sinh mang lại hiệu suất xử lý cao; các chỉ tiêu  $N-NH_4^+$ ,  $H_2S$  và  $CO_2$ , đạt quy chuẩn ngành ở ngăn đầu tiên, chỉ tiêu  $NO_2^-$  đạt quy chuẩn ngành sau khi qua 2 ngăn. Điều đó thể hiện rất rõ vai trò của lục bình trong việc loại bỏ chất ô nhiễm nước thải ao nuôi cá tra bằng hệ thống đất ngập nước dòng chảy mặt. Trọng lượng tươi của lục bình sau 96 ngày ở ngăn đầu tiên của nghiệm thức 2 và 4 so với ban đầu tăng tương ứng 21,7; 31 và 26,4 lần. Lục bình chết theo thứ tự tăng dần ở ngăn 2, 3, 4 đối với các nghiệm thức có sục khí. Nghiệm thức 3 có hiệu quả xử lý tốt nhất ở ngăn đầu tiên.

## 1 GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) lớn nhất Việt Nam. Theo tổng cục Thủy sản (2013), diện tích nuôi cá tra ĐBSCL đạt 5.400 ha; sản lượng đạt trên 1,141 triệu tấn; kim ngạch xuất khẩu là 1,4 tỷ USD trong năm 2010; diện tích nuôi và sản lượng cá tra ước đạt 6.000 - 6.300 ha và 1,2 - 1,3 triệu tấn; kim ngạch xuất khẩu từ 1,45 - 1,55 tỷ USD trong năm 2011; đến năm 2013 diện tích nuôi đạt 5.910 ha; sản lượng cá thu hoạch đạt 1,255 triệu tấn, kim ngạch xuất khẩu đạt 1,74 tỷ USD. Theo quy hoạch của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2010) đến năm 2015 diện tích nuôi cá tra của vùng đạt 11.000 ha và đến năm 2020 là 13.000 ha; năng suất có thể đạt 1,8 triệu tấn/ha. Hoạt động nuôi cá tra đóng góp đáng kể vào nguồn thu ngân sách Nhà nước, giúp cải thiện thu nhập của người dân. Tuy nhiên, hoạt động này đã và đang làm giảm chất lượng môi trường nước do lượng thức ăn dư thừa. Các nghiên cứu đã ghi nhận với diện tích ao nuôi 5.600 ha, sản lượng cá ước đạt 1,5 triệu tấn thì lượng chất thải ra môi trường khoảng 1 triệu tấn trong đó có 900 ngàn tấn chất hữu cơ, 29 ngàn tấn N và 9,5 ngàn tấn P tính trên vật chất khô (Trương Quốc Phú, 2007). Thêm vào đó thì hàm lượng  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  và nitrite trong các ao nuôi rất cao, trong đó  $\text{NH}_4^+$  giao động trong khoảng 1,61- 7,56 mg/L (Phạm Quốc Nguyên và ctv., 2014), đối với  $\text{H}_2\text{S}$  ở thời điểm giao mùa khô-mưa ở mức cao nhất  $0,096 \pm 0,181$  mg/L (Huỳnh Trường Giang và ctv., 2008), nitrite dao động trong khoảng 0,19 - 0,91 mg/L (Phạm Quốc Nguyên và ctv., 2014). Trong khi đó, nồng độ  $\text{H}_2\text{S}$  từ 0,01 - 0,05 mg/L có thể gây chết thủy sinh vật (Boyd, 1990).

Bên cạnh đó, qua quá trình thay nước hàng ngày lượng nước thải từ ao nuôi cá là rất lớn. Theo Phạm Quốc Nguyên (2008) số lần thay nước vào các tháng cuối vụ từ 1-2 lần/ngày theo chế độ triều, lượng nước thay là khoảng 30% lượng nước ao nuôi, như vậy nếu ao nuôi có độ sâu 3 m thì thể tích nước thải ở mỗi lần thay nước là  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$  diện tích bề mặt ao. Do vậy, nếu lượng nước thải ( $10.000 \text{ m}^3/\text{ngày}/\text{ha}$ ) giàu dinh dưỡng này không được xử lý sẽ gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng cho các thủy vực lân cận.

Hệ thống đất ngập nước kiến tạo được sử dụng để xử lý nhiều loại nước thải với chi phí đầu tư và bảo trì thấp, vận hành đơn giản (Hans Brix., 1994). Ở ĐBSCL, hệ thống đất ngập nước kiến tạo được

sử dụng để xử lý nước thải sinh hoạt (Nguyễn Xuân Lộc, 2008; Ngô Thụy Diễm Trang và ctv., 2010) và nước thải chăn nuôi (Trương Thị Nga và ctv., 2007), nước thải thủy sản (Lê Anh Tuấn, 2008).

Lục bình (*E. Crassipes*) là thực vật ngập nước sống trôi nổi, phổ biến ở ĐBSCL và được sử dụng xử lý nước thải chăn nuôi (Trương Thị Nga và ctv., 2007). Bên cạnh đó, loài thực vật này có khả năng sống ở điều kiện ngập nước phổ biến ở ĐBSCL (Nguyễn Thị Hồng Nhân và ctv., 2010). Sử dụng lục bình trong xử lý nước có nồng độ dinh dưỡng cao đã được ghi nhận hiệu quả trong một số nghiên cứu Christian và ctv. (2005), Châu Minh Khôi và ctv. (2012). Tuy nhiên, ứng với đặc trưng từng loại nước thải kết hợp với mỗi loại hình đất ngập nước khác nhau có ưu và nhược điểm riêng về cơ chế loại bỏ dinh dưỡng (Vymazal, 2007).

Do đó, việc triển khai nghiên cứu đề tài “Đánh giá khả năng loại bỏ chất ô nhiễm trong nước thải ao nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) bằng hệ thống đất ngập nước kết hợp lục bình (*Eichhornia crassipes*)” được thực hiện.

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

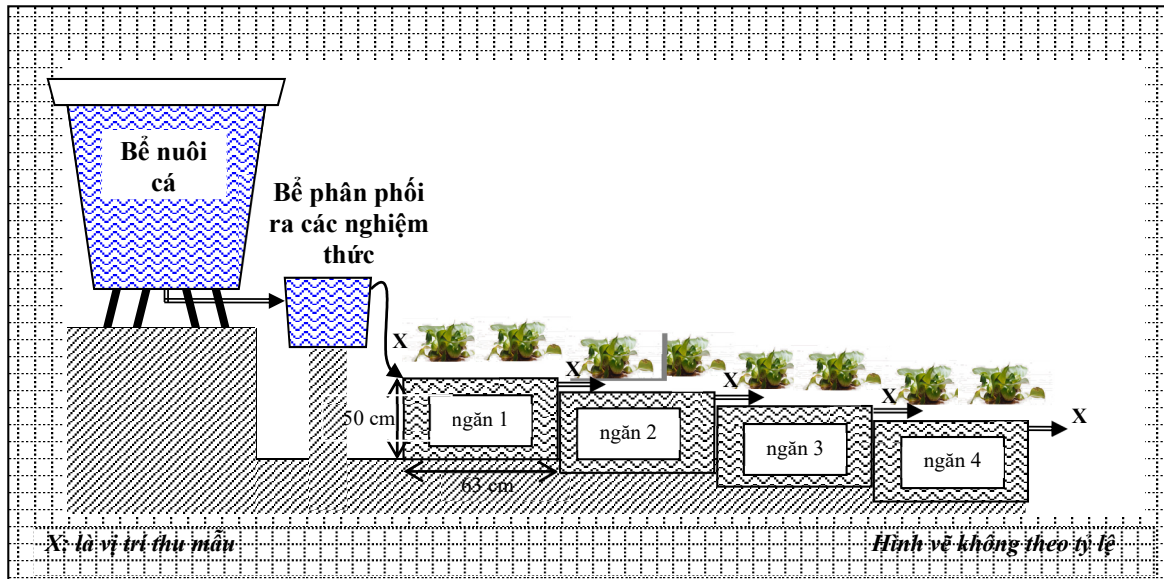
### 2.1 Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên – Trường Đại học Cần Thơ từ tháng 01 năm 2014 đến tháng 05 năm 2014.

### 2.2 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí với 4 nghiệm thức, 4 lần lặp lại, bố trí kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên. Các nghiệm thức bao gồm các nghiệm thức (1) nước thải (đối chứng) (ĐC), (2) nước thải + lục bình (LB), (3) nước thải + lục bình + sục khí (LB+SK), (4) nước thải + lục bình + sục khí + vi sinh (LB+SK+VS). Ở mỗi nghiệm thức nước thải chảy qua 4 ngăn theo nguyên tắc bậc thang. Các ngăn (thùng) được nối với nhau bằng ống dẫn PVC Ø 21 (Hình 1).

Thí nghiệm sử dụng 4 bể nuôi cá  $1,2 \text{ m}^3/\text{bể}$ , nước thải từ bể nuôi cá được đưa vào bể phân phối (trộn nước thải cho đồng nhất) sau đó cho vào các nghiệm thức được minh họa ở Hình 1. Mỗi ngăn (thùng) ( $63 \times 43 \times 50 \text{ cm}$ ) trồng lục bình với diện tích  $0,27 \text{ m}^2/\text{ngăn} \times 04$  ngăn để đánh giá khả năng xử lý nước thải đáp ứng Thông tư 44/2010/TT-BNNPTNT.



**Hình 1: Hệ thống bố trí thí nghiệm**

Lục bình được thả vào các ngăn với mật độ 6 cây/ngăn (0,27 m<sup>2</sup>) với kích cỡ gần đồng dạng (chiều dài thân 9-27 cm, dài rễ từ 5-22 cm). Rửa sạch đất trong rễ, cân trọng lượng, đo chiều dài lá và rễ trước khi đưa vào hệ thống. Lục bình với vai trò hấp thu các chất dinh dưỡng, rễ có chức năng lọc và làm giá bám cho vi sinh vật.

Đối với nghiệm thức có sục khí thì duy trì DO > 6 mg/L (lưu lượng khí 2 L/phút/ngăn). Riêng nghiệm thức lục bình + sục khí + vi sinh được cấy 2 dòng vi sinh chuyển hóa nitơ *Bacillus sp* dòng AGT.077.03 và vi sinh tích lũy polyphosphate *Bacillus subtilis* dòng DTT.001L, các dòng vi sinh này được cấy lần lượt với mật độ 10<sup>7</sup>/mL và 10<sup>6</sup>/mL. Các dòng vi sinh này được Viện Nghiên cứu & Phát triển Công nghệ Sinh học-Trường Đại học Cần Thơ cung cấp. Theo Lê Hoàng Việt (2003) thời gian phân đôi của vi sinh từ 5-10 giờ. Do đó, với thể tích mỗi ngăn là 135 L, lưu lượng Q=150 L/ngày thì thời gian tồn lưu theo lý thuyết như sau:

$$\frac{135 (L)}{150 \left(\frac{L}{ngày}\right)} = 0,9 (ngày) = 21,6 (h)$$

Do đó, thời gian tồn lưu nước theo lý thuyết ở mỗi ngăn là 21,6 giờ và cho cả hệ thống là 86,4 giờ (3,6 ngày).

Như vậy, không cần cấy thêm vi sinh khi vận hành hệ thống.

**2.3 Vận hành hệ thống**

Cá được nuôi trong 4 bể composite (V = 1,2 m<sup>3</sup>/bể) với mật độ 50 cá/m<sup>3</sup>/bể, lượng thức ăn trung

bình 0,4 kg/bể/ngày (dạng viên nổi), nhằm mục đích giữ ổn định và trung bình các chỉ tiêu nằm trong khoảng (3,3 ± 0,07 mg/L N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 0,9 ± 0,05 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; 1,05 ± 0,05 mg/L H<sub>2</sub>S; 71,6 ± 5,4 mg/L SS; 24,3 ± 0,5 mg/L CO<sub>2</sub>). Hệ thống được vận hành chảy liên tục, nước thải ra từ 4 bể nuôi cá sẽ được trộn đều ở bể phân phối (gồm 4 bể thông nhau) để có được lượng nước thải đều vào đồng nhất giữa các nghiệm thức.

Nước đầu vào các nghiệm thức được điều chỉnh lưu lượng Q=150 L/ngày. Nước sau khi qua hệ thống xử lý sẽ được thải ra môi trường.

**2.4 Các chỉ tiêu theo dõi và phân tích**

Theo dõi các chỉ tiêu lý hóa sinh và sự sinh trưởng (trọng lượng; chiều dài lá và rễ) trước khi bố trí và sau 96 ngày), đối với chiều dài lá lục bình được khảo sát 32 ngày/lần.

*Sinh trưởng lục bình*

- Giai đoạn thí nghiệm: quan sát cây, ghi nhận lại những biến đổi về hình thái cây trong việc thích ứng với các điều kiện thí nghiệm. Khi có những thay đổi rõ rệt về hình thái cây như: cây héo, màu sắc thay đổi... ghi nhận lại tất cả những thay đổi.

- Giai đoạn kết thúc thí nghiệm: cân trọng lượng, chiều dài lá và rễ.

*Chỉ tiêu lý hóa:*

Các chỉ tiêu khảo sát chất lượng nước gồm: Nhiệt độ, pH, DO, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> và SS.

**2.5 Phương pháp thu, phân tích và xử lý số liệu**

Mẫu được thu 3 đợt với tần suất 32 ngày/đợt với các vị trí (Hình 1) ở đầu vào và ra của từng ngăn nhằm mục đích đánh giá khả năng loại bỏ các

chất ô nhiễm qua từng ngăn. Một số chỉ tiêu như DO, pH, nhiệt độ được đo trực tiếp. Đối với các chỉ tiêu khác, mẫu được thu vào chai nhựa 1 L/vị trí, thời gian thu mẫu từ 8-9 giờ sáng, mẫu sau khi thu trữ lạnh ở 4°C và được phân tích trong ngày.

**Bảng 1: Các phương pháp phân tích mẫu**

Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp
Nhiệt độ	°C	Máy HORIBA Model W-2000s
pH		Máy HORIBA Model W-2000s
DO	mg/L	Máy HORIBA Model W-2000s
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	Sắc ký ION-THERMO DIONEX ICS 1100
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	Sắc ký ION-THERMO DIONEX ICS 1100
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	Sắc ký ION-THERMO DIONEX ICS 1100
H <sub>2</sub> S	mg/L	Phương pháp Methylene Blue 4500-S <sup>2-</sup> D
CO <sub>2</sub>	mg/L	Phương pháp trung hoà với NaOH chuẩn
SS	mg/L	Phương pháp khối lượng

*Phương pháp xử lý số liệu*

Số liệu được phân tích phương sai one-way ANOVA và Univariate với phép thử Duncan để so sánh sự khác biệt giá trị trung bình từng thông số giữa các nghiệm thức, qua các ngăn và các thời điểm bằng phần mềm SPSS 22. Sự khác biệt ở mức ý nghĩa thống kê  $p \leq 0,05$ .

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Đặc tính nước thải bể nuôi cá cung cấp cho thí nghiệm**

Thành phần nước thải từ bể nuôi cá tra có dấu hiệu ô nhiễm nhưng chưa cao. Các chỉ tiêu nhiệt

độ, pH, DO, nitrat, SS chưa vượt quy chuẩn Việt Nam 08: 2008/BTNMT và Thông tư 44/2010/TT-BNNPTNT (gọi chung là quy chuẩn ngành). Các chỉ tiêu nitrit, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S vượt quy chuẩn và Thông tư ở mức độ thấp. Hàm lượng CO<sub>2</sub>, nitrit lần lượt là 24,21 mg/L và 0,06 mg/L. Trong đó, hàm lượng nitrit vượt quy chuẩn 3 lần, CO<sub>2</sub> vượt 2 lần. Chỉ tiêu vượt Thông tư cao nhất là H<sub>2</sub>S vượt gần 21 lần với nồng độ 1,05 mg/L. Một chỉ tiêu khác vượt quy chuẩn khá cao là NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vượt hơn 6 lần với nồng độ 1,28 mg/L. Do đó, lượng nước này trong điều kiện thực tế nếu không được xử lý thải trực tiếp ra môi trường sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái thủy vực lân cận.

**Bảng 2: Đặc tính nước thải từ bể nuôi cá tra**

Chỉ tiêu lý hóa	Đơn vị đo	Trung bình ±St.E	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Thông Tư 44/2010/TT-BNNPTNT
Nhiệt độ	°C	28,46 ±0,12	22,30	32,00	-
pH		7,62 ±0,02	6,93	8,86	5-9
DO	mg/L	5,49 ±0,09	1,59	8,67	≥2
N-NH <sub>4</sub>	mg/L	3,37 ±0,07	2,93	4,74	<0,2*
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,06 ±0,01	0,003	0,27	<0,02*
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,11 ±0,01	0,01	0,37	<5*
CO <sub>2</sub>	mg/L	24,21 ±0,51	19,36	29,92	<12
H <sub>2</sub> S	mg/L	1,05 ±0,55	0,54	1,63	≤0,05
SS	mg/L	71,66 ±5,42	20,03	130,01	<100

Ghi chú: \* Cột A2 Quy chuẩn nước mặt QCVN 08 : 2008/BTNMT

Giá trị trung bình ±St.E

**3.2 Các yếu tố thủy lý hóa**

Nhiệt độ được khảo sát ở từng ngăn của tất cả các nghiệm thức cả 3 đợt dao động trong khoảng từ 25,6-29,8°C, theo nghiên cứu của Dương Nhựt Long (2003), nhiệt độ trong ao nuôi cá tra dao động trong khoảng 28-29°C, nhưng theo Boyd et

al. (1998), thì nhiệt độ thích hợp cho cá tra sinh trưởng là 25-30°C. Ở từng nghiệm thức nhiệt độ có khuynh hướng giảm dần qua các ngăn (từ đầu vào đến đầu ra) ( $p < 0,05$ ). Nhiệt độ của nghiệm thức ĐC tương ứng từng ngăn luôn cao hơn các nghiệm thức khác ở ngăn thứ 2, 3, 4 ở cả 3 đợt thu mẫu, trừ

thời điểm kết thúc thí nghiệm ( $p < 0,05$ ). Nguyên nhân nhiệt độ ở nghiệm thức ĐC cao hơn các nghiệm thức còn lại vì ở nghiệm thức này không được che phủ bởi lục bình (Bảng 3).

Đối với chỉ tiêu pH qua các đợt khảo sát dao động trong khoảng 7,09-8,28, qua từng ngăn pH có khuynh hướng tăng dần từ đầu vào đến đầu ra ( $p < 0,05$ ), đối với các nghiệm thức pH tăng dần theo thứ tự LB < ĐC < LB+SK < LB+SK+VS ( $p < 0,05$ ), tuy nhiên giá trị pH ở tất cả các nghiệm

thức qua từng ngăn đều nằm trong giới hạn cho phép của TT 44/2010-BNNPTNT (bảng 3). Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Emerson *et al.* (1975), diễn biến của pH phụ thuộc vào nhiệt độ và tỉ lệ thuận với nhiệt độ. Điều đó thể hiện rõ ở nghiệm thức đối chứng không có lục bình che phủ nên nhiệt độ tăng đã dẫn đến pH tăng đồng thời tảo phát triển đã dẫn đến hàm lượng CO<sub>2</sub> trong nước giảm nên góp phần làm tăng pH qua các ngăn 1, 2, 3, 4 ( $p < 0,05$ ).

**Bảng 3: Giá trị trung bình của nhiệt độ; pH và DO qua các ngăn**

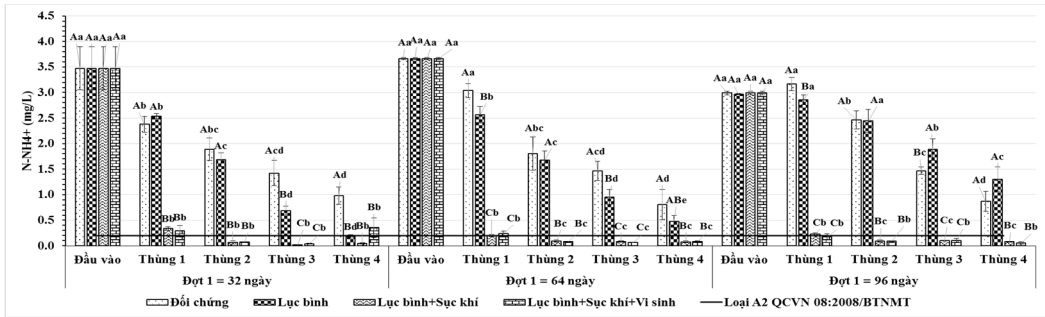
Chỉ tiêu	Nghiệm thức	Các ngăn				
		Đầu vào	Ngăn 1	Ngăn 2	Ngăn 3	Ngăn 4
Nhiệt độ	ĐC	29,28±0,24 <sup>a</sup>	27,31±0,21 <sup>Ac</sup>	27,44±0,21 <sup>Abc</sup>	27,89±0,24 <sup>Abc</sup>	28,07±0,27 <sup>Ab</sup>
	LB	29,13±0,28 <sup>a</sup>	26,93±0,27 <sup>Ab</sup>	26,57±0,26 <sup>Bb</sup>	26,53±0,23 <sup>Bb</sup>	26,67±0,34 <sup>Bb</sup>
	LB+SK	29,45±0,27 <sup>a</sup>	26,98±0,28 <sup>Ab</sup>	26,50±0,21 <sup>Bb</sup>	26,64±0,25 <sup>Bb</sup>	26,58±0,22 <sup>Bb</sup>
	LB+SK+VS	29,27±0,24 <sup>a</sup>	26,87±0,23 <sup>Ab</sup>	26,50±0,22 <sup>Bb</sup>	26,44±0,19 <sup>Bb</sup>	26,64±0,18 <sup>Bb</sup>
pH	ĐC	7,63±0,06 <sup>b</sup>	7,51±0,07 <sup>Bab</sup>	7,54±0,06 <sup>Bab</sup>	7,63±0,08 <sup>Ab</sup>	7,79±0,13 <sup>Aa</sup>
	LB	7,57±0,09 <sup>a</sup>	7,27±0,10 <sup>Bb</sup>	7,18±0,06 <sup>Cb</sup>	7,23±0,08 <sup>Cb</sup>	7,42±0,10 <sup>Bab</sup>
	LB+SK	7,72±0,09 <sup>a</sup>	7,79±0,10 <sup>Aab</sup>	7,77±0,10 <sup>Aab</sup>	7,87±0,10 <sup>Aab</sup>	7,86±0,12 <sup>Aa</sup>
	LB+SK+VS	7,64±0,07 <sup>b</sup>	7,96±0,07 <sup>Aab</sup>	7,96±0,06 <sup>Aab</sup>	8,02±0,08 <sup>Aab</sup>	7,90±0,10 <sup>Aa</sup>
DO	DC	5,79±0,15 <sup>a</sup>	5,58±0,52 <sup>Ba</sup>	5,64±0,42 <sup>Ba</sup>	6,27±0,55 <sup>Ba</sup>	6,72±0,48 <sup>Aa</sup>
	LB	5,38±0,39 <sup>a</sup>	4,35±0,47 <sup>Ca</sup>	4,12±0,37 <sup>Ca</sup>	4,60±0,40 <sup>Ca</sup>	5,05±0,55 <sup>Ba</sup>
	LB+SK	5,76±0,18 <sup>b</sup>	7,13±0,15 <sup>Aa</sup>	7,26±0,15 <sup>Aa</sup>	7,58±0,15 <sup>Aa</sup>	7,47±0,27 <sup>Aa</sup>
	LB+SK+VS	5,61±0,25 <sup>b</sup>	7,20±0,09 <sup>Aa</sup>	7,58±0,10 <sup>Aa</sup>	7,63±0,12 <sup>Aa</sup>	7,63±0,17 <sup>Aa</sup>

Ghi chú: Số liệu được trình bày là giá trị trung bình ± sai số chuẩn. Những giá trị trong cùng một hàng có ký tự (<sup>a, b, c</sup>) theo sau giống nhau thì không khác biệt nhau về mặt thống kê; Những giá trị trong cùng một cột có ký tự (<sup>A, B, C</sup>) giống nhau thì không khác biệt nhau về mặt thống kê ( $p > 0,05$  dựa vào kiểm định Duncan)

Qua các đợt khảo sát chỉ tiêu DO dao động trong khoảng 3,28-7,46 mg/L. Trong đó, DO ở nghiệm thức LB có hàm lượng oxy hòa tan thấp nhất 3,28-4,83 mg/L và có khuynh hướng tăng dần từ ngăn 1 đến ngăn 4, đối với các nghiệm thức có sục khí dao động 5,75-7,46 mg/L. Qua từng ngăn, DO tăng dần từ đầu vào đến đầu ra ( $p < 0,05$ ) và so sánh giữa các nghiệm thức nồng độ DO tăng dần theo thứ tự LB < ĐC < LB+SK < LB+SK+VS ( $p < 0,05$ ) và tất cả đều nằm trong giới hạn cho phép của TT 44/2010-BNNPTNT. Kết quả này cũng phù hợp với nhiệt độ ở các nghiệm thức qua từng ngăn vì DO (bão hòa) trong nước tỉ lệ nghịch với nhiệt độ (IP *et al.*, 2001). Điều đó thể hiện rõ ở nghiệm thức LB có bề mặt bị lục bình che phủ nên bề mặt ít tiếp xúc với ánh sáng, tảo không phát triển và không được sục khí nên hàm lượng DO thấp hơn các nghiệm thức còn lại.

Đối với nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đầu vào dao động

trong khoảng 2,93-4,74 mg/L và giảm dần qua từng ngăn (từ đầu vào đến đầu ra) ở cả 3 đợt khảo sát và đối với các nghiệm thức giảm dần theo thứ tự từ ĐC > LB > LB+SK > LB+SK+VS ( $p < 0,05$ ) (Hình 2). Với các nghiệm thức có sục khí nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đều giảm >90% so với đầu vào và đạt quy chuẩn cột A2-QCVN 08:2008/BTNMT ngay ở ngăn đầu tiên; ngược lại đối với 2 nghiệm thức không sục khí thông số này không đạt quy chuẩn A2-QCVN 08:2008/BTNMT ở tất cả các ngăn mặc dù hiệu suất xử lý ở nghiệm thức LB rất cao sau khi qua 4 ngăn. Qua đó cho thấy, sự giảm N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> có thể do N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được lục bình hấp thụ và các vi sinh vật chuyển sang dạng nitrit và nitrat (ở điều kiện hiếu khí) đã dẫn đến nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm. Mặt khác, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cũng có thể mất đi do bay hơi ở dạng NH<sub>3</sub> vì pH của môi trường nước ở một số nghiệm thức này khá kiềm (giá trị pH 7,09-8,28) (Trương Quốc Phú và Vũ Ngọc Út, 1990).



**Hình 2: Diễn biến N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giữa các nghiệm thức qua từng ngăn của từng đợt**

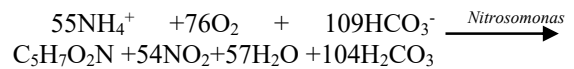
Ghi chú: Trong cùng một ngăn, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngăn của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

Đối với chỉ tiêu nitrit qua 3 đợt khảo sát tăng mạnh khi qua ngăn thứ nhất. Ở thời điểm 32 ngày, nồng độ nitrit ở đầu vào của cả 4 nghiệm thức đều thấp, ở mức 0,005 mg/L. Khi qua ngăn 1 nồng độ nitrit tăng mạnh ở cả 4 nghiệm thức ĐC, LB, LB + SK, LB + SK + VS tương ứng với các giá trị lần lượt là 0,20; 0,11; 0,22; 0,27 mg/L, đặc biệt ở nghiệm thức LB + SK và LB + SK + VS cùng với đó là sự giảm mạnh nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> của hai nghiệm thức này ở thời điểm 32, 64, 96 ngày. Qua đó cho thấy, quá trình nitrit hóa diễn ra mạnh ở nghiệm thức LB + SK và LB + SK + VS. Khi nước thải qua ngăn đầu tiên, với lượng oxy hòa tan cao đã oxy hóa NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> thành NO<sub>2</sub><sup>-</sup> với hiệu suất cao nhất và khi sang ngăn 2 thì hiệu suất này giảm xuống do hàm lượng NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> đã giảm dần và sau đó NO<sub>2</sub><sup>-</sup> lại giảm xuống do quá trình oxy hóa nitrit thành nitrat. Do hiệu quả chuyển hóa nitrit của nghiệm thức LB + SK và LB + SK + VS cao hơn 2 nghiệm thức còn lại nên tại ngăn 3, hai nghiệm thức này đã đạt quy chuẩn cột A2-QCVN 08-2008/BTNMT.

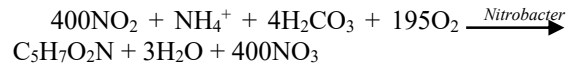
Nguyên nhân nồng độ nitrit cao ở nghiệm thức ĐC, LB cũng như sự chuyển hóa nitrit ở nghiệm thức LB + SK + VS là do vi sinh tham gia quá trình nitrat hóa gồm 2 nhóm *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* (Mitsch and Gosselink, 2000).

Vi khuẩn nitrit: oxy hóa ammonium thành nitrit

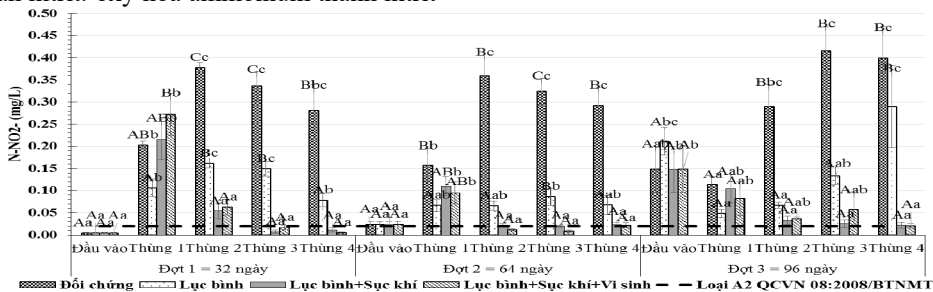
hoàn thành giai đoạn thứ nhất.



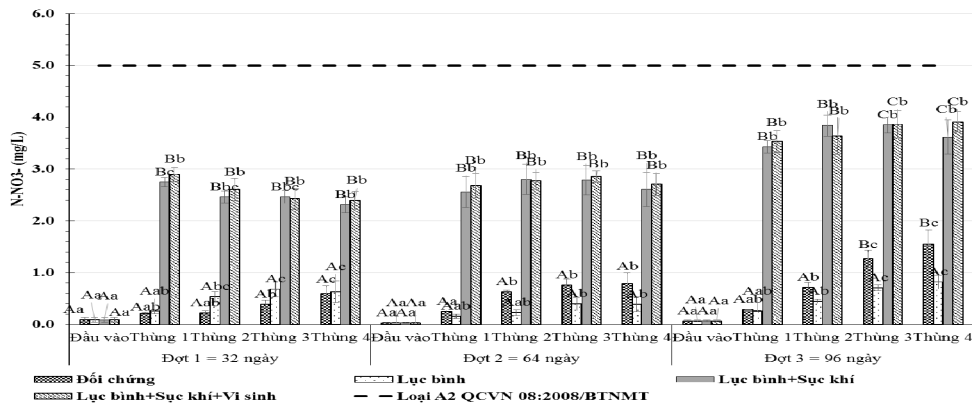
Vi khuẩn nitrat: oxy hóa nitrit thành nitrat, hoàn thành giai đoạn thứ hai.



Như vậy, các ngăn có nồng độ nitrit cao là do thiếu oxy cung cấp cho giai đoạn nitrat hóa xảy ra vì thế phản ứng nitrit hóa xảy ra ưu thế. Do đó, nghiệm thức không sục khí (ĐC, LB) có nồng độ nitrit cao hơn các nghiệm thức có sục khí (LB + SK, LB + SK + VS). Ngược lại, đối với nitrat có khuynh hướng tăng dần từ đầu vào đến ngăn 1 và 2 và sau đó có khuynh hướng giảm dần từ ngăn 3 và 4 ( $p < 0,05$ ) và đối với các nghiệm thức có khuynh hướng tăng dần từ ĐC đến các nghiệm thức sục khí. Nguyên nhân là do nitrit được chuyển hóa thành nitrat với sự tham gia của nhóm vi sinh *Nitrobacter* ở điều kiện hiếu khí. Nồng độ nitrat ở các nghiệm thức có sục khí giảm ở các ngăn do quá trình hấp thu của lục bình (Lê Hoàng Việt, 2003). Giữa nghiệm thức có bổ sung vi sinh (LB+SK+VS) chuyển hóa nitơ *Bacillus sp.* dòng AGT.077.03 và nghiệm thức LB+SK không có sự khác biệt ( $p > 0,05$ ).



**Hình 3: Diễn biến nitrit giữa các nghiệm thức qua từng ngăn của từng đợt**

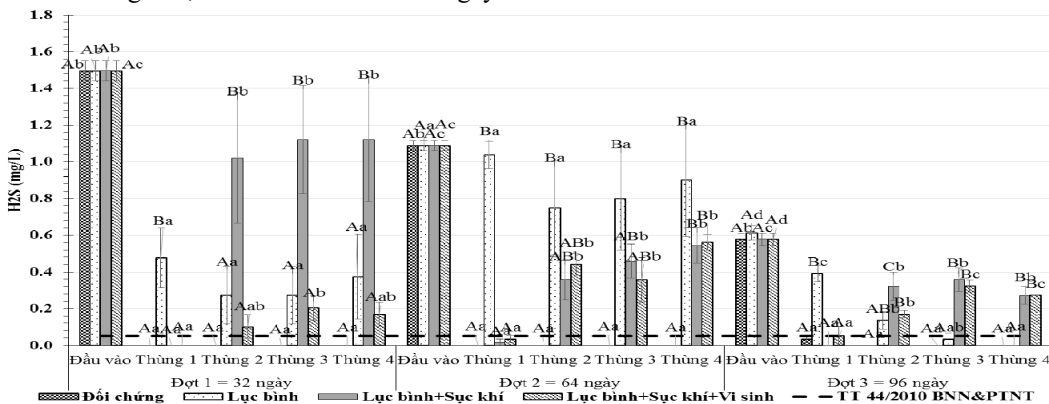


**Hình 4: Diễn biến nitrat giữa các nghiệm thức qua từng ngày của từng đợt**

Ghi chú: Trong cùng một ngày, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngày của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

Đối với chỉ tiêu  $H_2S$  có xu hướng giảm dần sau khi qua ngăn thứ nhất và sau đó có khuynh hướng tăng dần qua các ngăn 2, 3 và 4. So với tiêu chuẩn ngành ( $\leq 0,05$  mg/L) thì nghiệm thức ĐC, LB + SK, LB + SK + VS đạt tiêu chuẩn ngay từ ngăn đầu tiên (Hình 5). Đối với nghiệm thức LB + SK + VS và nghiệm thức LB + SK tăng cao có ý nghĩa thống kê sau khi qua ngăn 2 và tiếp tục tăng ở ngăn 3, 4. Ở ngăn thứ 2, 3, 4 của các nghiệm thức có sục khí, do hàm lượng  $N-NH_4^+$  thấp ( $< 0,5$  mg/L) nên Lục bình ở các ngăn 3, 4 chết ở thời điểm 32 ngày

và ở thời điểm 64 ngày từ ngăn thứ 2, do lục bình bị chết nên quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ trong các ngăn 2, 3 và 4 đã dẫn đến hàm lượng  $H_2S$  tăng trở lại ở các nghiệm thức có sục khí (Reddy *et al.*, 1989). Ở nghiệm thức đối chứng, do ảnh hưởng của ánh nắng mặt trời nên tạo phát triển nhiều và nhiệt độ tăng cao làm gia tăng lượng oxy trong nước thải, điều này làm giảm lượng  $CO_2$  trong nước, đồng thời làm giảm  $H^+$ , dẫn đến giảm hàm lượng  $H_2S$  (Trương Quốc Phú, 2007).

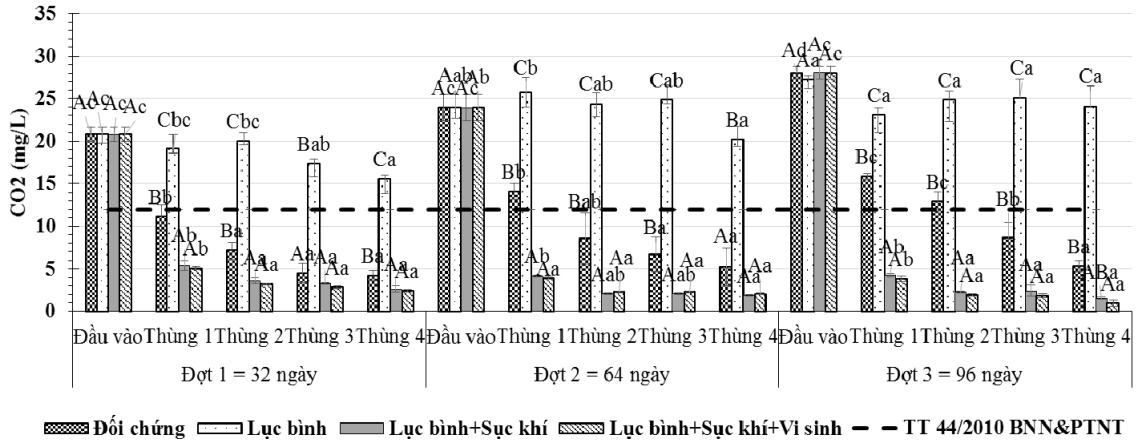


**Hình 5: Diễn biến  $H_2S$  giữa các nghiệm thức qua từng ngày của từng đợt**

Ghi chú: Trong cùng một ngày, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngày của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

Diễn biến nồng độ  $CO_2$  qua từng ngăn của từng nghiệm thức cũng tương tự chỉ tiêu  $H_2S$  vì cả hai đều là sản phẩm của quá trình phân hủy kỵ khí của chất hữu cơ. Từ thời điểm 32 ngày sau bố trí thí nghiệm, nồng độ trung bình  $CO_2$  đầu vào của hệ thống là  $20,79 \pm 0,83$  mg/L, vượt yêu cầu Thông tư

44/2010/BNN&PTNT 1,73 lần. Sau khi qua hệ thống nồng độ  $CO_2$  giảm dần từ đầu vào đến đầu ra qua từng ngăn ( $p < 0,05$ ) và đạt Thông tư ngành ( $< 12$  mg/L) ngay từ ngăn đầu tiên ở cả 3 thời điểm khảo sát đối với 2 nghiệm thức có sục khí (LB+SK; LB+SK+VS).



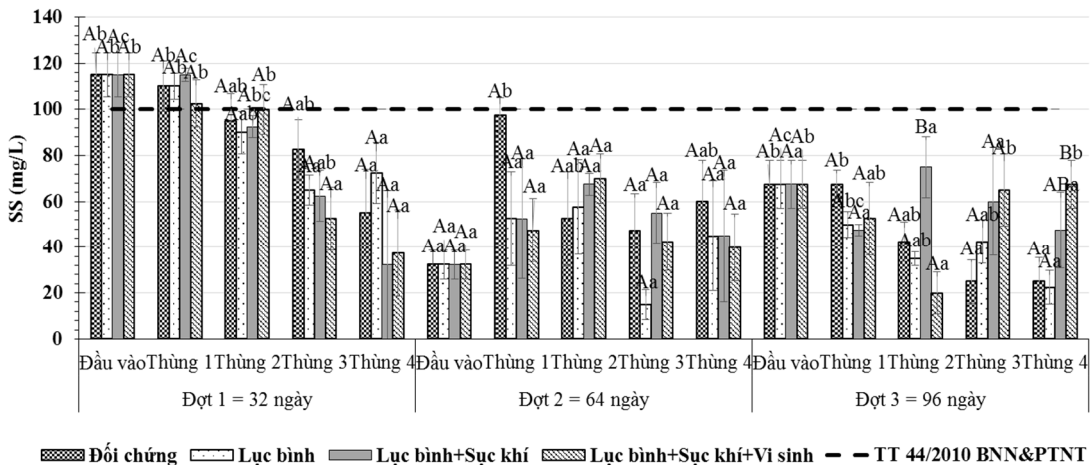
**Hình 6: Diễn biến CO<sub>2</sub> giữa các nghiệm thức qua từng ngăn của từng đợt**

Ghi chú: Trong cùng một ngăn, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngăn của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

Chất rắn lơ lửng có khuynh hướng giảm dần qua các ngăn ( $p < 0,05$ ) ở tất cả các thời điểm khảo sát (Hình 7), ngoại trừ thời điểm 32 ngày ở ngăn đầu tiên (nồng độ SS đầu vào là 115 mg/L sau khi qua ngăn đầu tiên giảm còn 102-110 mg/L ở tất cả các nghiệm thức), nguyên nhân có thể là do rế lục bình chưa phát triển mạnh, vì việc giảm dần SS qua các ngăn là do vật chất lơ lửng được giữ lại nhờ quá trình lọc (rế lục bình) và quá trình lắng tụ.

giữa các nghiệm thức không có sự khác biệt có ý nghĩa. Tuy nhiên, hàm lượng SS đầu vào đã thấp hơn so với đợt thu mẫu đầu nên hàm lượng SS qua các ngăn cũng thấp hơn. Trong đợt thu mẫu cuối, tại ngăn 2, 3, 4 các nghiệm thức sục khí có xu hướng tăng lên có thể do Lục bình ở các ngăn này chết và phân hủy dẫn đến tái ô nhiễm. Theo tiêu chuẩn ngành thì nồng độ SS < 100 mg/L. Như vậy, nồng độ qua tất cả các ngăn trong hệ thống đều đạt chuẩn thái (ngoại trừ đầu vào và ngăn 1 của đợt 32 ngày).

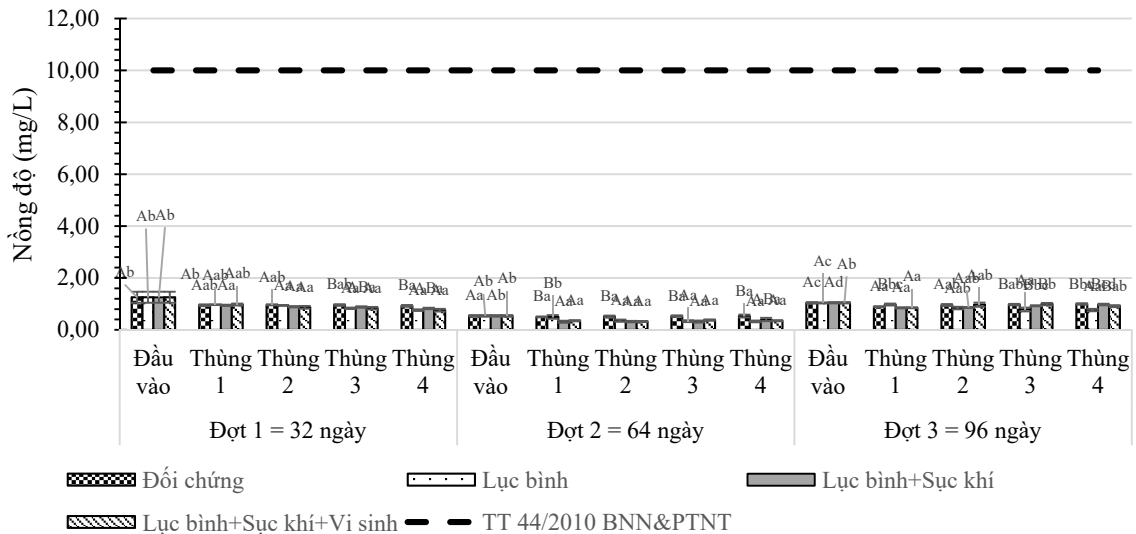
Tại thời điểm 64 và 96 ngày, hàm lượng SS



**Hình 7: Diễn biến SS giữa các nghiệm thức qua từng ngăn của từng đợt**

Ghi chú: Trong cùng một ngăn, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại. Trong cùng nghiệm thức, các ngăn của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại





**Hình 8: Diễn biến phosphat giữa các nghiệm thức qua từng ngày của từng đợt**

Ghi chú: Trong cùng một ngày, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngày của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

Tại thời điểm 32 ngày sau khi bố trí thí nghiệm, nồng độ  $PO_4^{3-}$  ở đầu vào cao hơn các ngăn còn lại trong hầu hết các đợt thu mẫu và nồng độ giảm dần ở nghiệm thức LB, nồng độ dao động từ 0,76-1,26 mg/L. Nồng độ  $PO_4^{3-}$  ở đầu vào cao hơn nghiên cứu của Lê Bảo Ngọc (2004) dao động từ 0,27-0,73 mg/L. Giữa các nghiệm thức trong cùng ngăn không có khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ). Nghiệm thức ĐC không có sự khác biệt qua các ngăn, các nghiệm thức LB, LB + SK, LB + SK + VS ở ngăn 4 khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đầu vào ( $p < 0,05$ ). Qua đó cho thấy, nghiệm thức có chứa Lục bình có khả năng làm giảm nồng độ  $PO_4^{3-}$  với hiệu suất xử lý qua ngăn 1 từ 22,11-24,50% và từ 34,26-39,64% khi qua 4 ngăn so với đầu vào. Theo Võ Thị Kim Hằng, (2007) hiệu suất làm giảm  $PO_4^{3-}$  của Lục bình đối với nước thải chăn nuôi là 66,88% ở thời điểm 90 ngày (nồng độ  $PO_4^{3-}$  đầu vào là 16,0 mg/L). Tuy hiệu suất làm giảm của Lục bình đối với nước thải cá tra không cao như nghiên cứu của Võ Thị Kim Hằng (2007) nhưng có thời gian tồn lưu ngắn hơn và với nồng độ  $PO_4^{3-}$  thấp hơn.

Tại thời điểm 64 ngày và 96 ngày sau khi bố trí thí nghiệm, diễn biến  $PO_4^{3-}$  trong nước thải tương tự giai đoạn 32 ngày. Riêng thời điểm 64 ngày hàm lượng  $PO_4^{3-}$  đầu vào thấp hơn hai thời điểm còn lại và dao động từ 0,31-0,54 mg/L. Theo tiêu chuẩn ngành nồng độ  $PO_4^{3-}$  sau khi xử lý thải ra ngoài

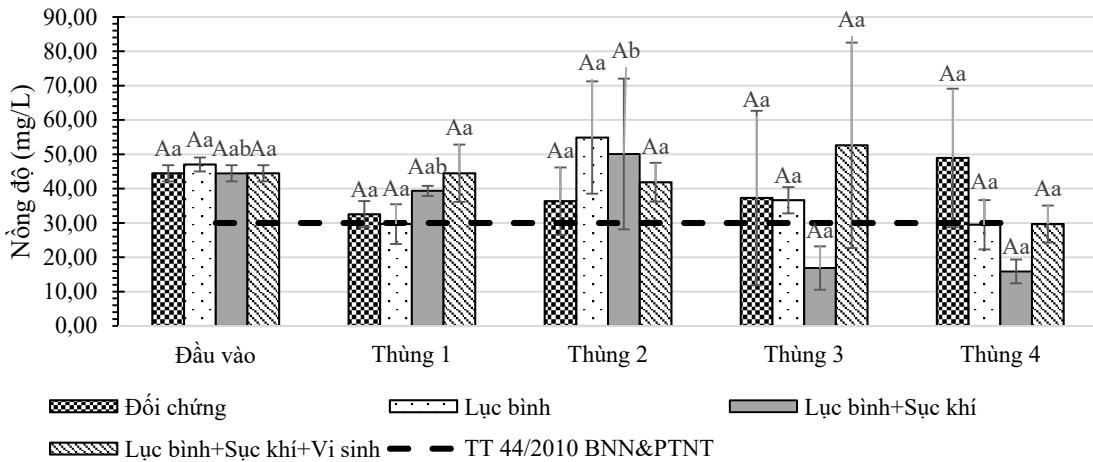
môi trường là 10 mg/L. Như vậy, nước thải tất cả các cấp thùng đều đạt chuẩn xả thải. Không có sự khác biệt ( $p > 0,05$ ) giữa nghiệm thức có nuôi cấy vi khuẩn tích lũy polyphosphat *Bacillus subtilis* dòng DTT.001L.

Nồng độ  $BOD_5$  trong hệ thống dao động từ 15,87-54,87 mg/L. Giữa các nghiệm thức trong cùng ngăn không khác biệt ( $p > 0,05$ ). Giữa các ngăn của từng nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ) (ngoại trừ nghiệm thức LB + SK). Nước thải đầu vào có hàm lượng  $BOD_5$  dao động từ 44,45-47,00 mg/L, hàm lượng này đã vượt Quy chuẩn ngành nên cần được xử lý trước khi thải ra môi trường.  $BOD_5$  có xu hướng giảm dần qua cấp thùng 1 với hiệu suất xử lý từ 11,51-36,88% ở các nghiệm thức ĐC, LB, LB + SK, nghiệm thức LB có hiệu suất xử lý cao nhất. Riêng đối với nghiệm thức LB + SK + VS hàm lượng  $BOD_5$  không giảm.

Theo nghiên cứu của Võ Thị Kim Hằng (2007), hiệu suất xử lý nước thải chăn nuôi của Lục bình tại thời điểm 30 ngày là 74,78%. Điều đó cho thấy, Lục bình cần có thời gian tồn lưu lâu để có thể xử lý  $BOD_5$  với hiệu suất cao. Cũng theo Võ Thị Kim Hằng (2007), ở thời điểm 60 ngày hiệu suất xử lý của Lục bình là cao nhất (85,53%). Thời gian tồn lưu nước thải trong ngăn 1 và 2 tương ứng 21,6 và 43,2 giờ, với thời gian tồn lưu thấp, nghiệm thức LB + SK và LB + SK + VS chưa xử lý đạt Thông

tư 44/2010 BNN&PTNT. Nhưng đến ngăn thứ 4 thì hàm lượng BOD<sub>5</sub> giảm xuống còn 15,87 và 29,67 mg/L, đạt hiệu suất 64,30 và 33,26%. Như vậy, các nghiệm thức có sục khí đạt yêu cầu Thông tư 44/2010 BNN&PTNT ở ngăn thứ 4, nghiệm

thức LB đạt yêu cầu Thông tư 44/2010 BNN&PTNT ở ngăn thứ 1. Riêng nghiệm thức ĐC, dù hàm lượng BOD<sub>5</sub> đã giảm ở các ngăn 1, 2, 3 nhưng lại tăng trở lại ở ngăn cuối.



**Hình 9: Diễn biến BOD<sub>5</sub> giữa các nghiệm thức qua từng ngăn của đợt 96 ngày**

Ghi chú: Trong cùng một ngăn, các nghiệm thức có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại; Trong cùng nghiệm thức, các ngăn có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

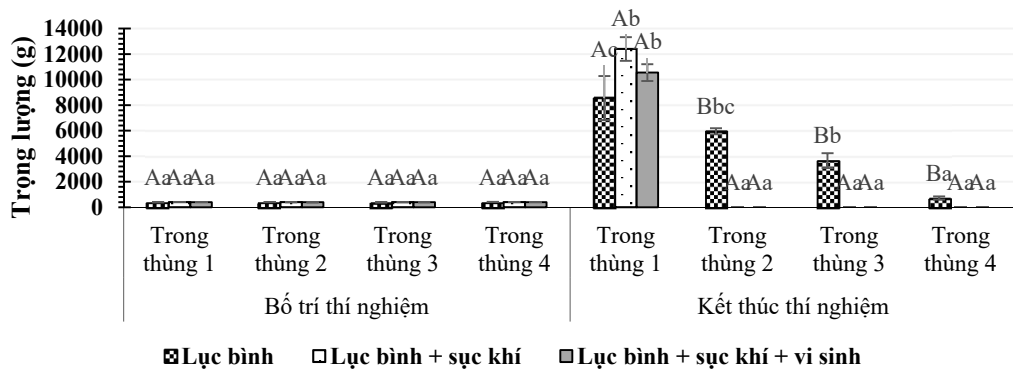
### 3.3 Sự sinh trưởng và phát triển của lục bình trong hệ thống

Tại thời điểm bố trí thí nghiệm, trọng lượng tươi của lục bình ở từng ngăn dao động từ 385-415g ( $p > 0,05$ ) (Hình 10). Sau 96 ngày bố trí thí nghiệm, trọng lượng lục bình ở các nghiệm thức dao động từ 8.550 - 12.400 g, giảm dần qua từng ngăn ( $p < 0,05$ ). Đối với các nghiệm thức có sục khí lục bình chết dần hoàn toàn từ ngăn thứ 2 đến 4 sau 96 ngày vận hành. So với thời điểm bố trí thí nghiệm, mức độ tăng trưởng của lục bình ở các nghiệm thức LB, LB + SK, LB + SK + VS tăng lần lượt 21,65; 31,00 và 26,38 lần so với trước khi bố trí, đồng thời ở ngăn 2, 3, 4 lục bình chỉ sống được ở nghiệm thức LB tương ứng với các ngăn thì trọng lượng tươi trung bình lần lượt là 5.950, 3.650 và 725 g (tăng 14,69; 9,48 và 1,75 lần so với thời điểm bố trí thí nghiệm). Mức tăng trưởng của các nghiệm thức sục khí thấp hơn nghiệm thức LB có thể là do nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ở nghiệm thức LB cao hơn.

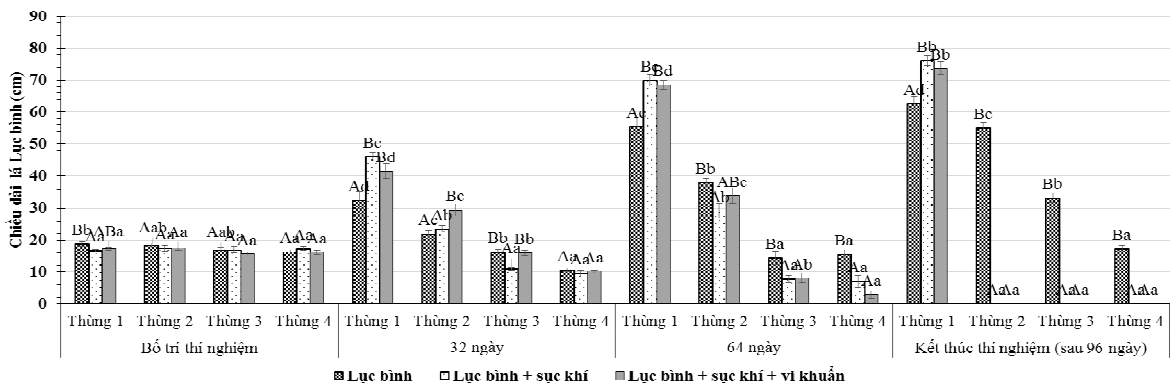
Sau 32, 64 và 96 ngày bố trí thí nghiệm chiều cao trung bình của lục bình có sự chênh lệch rõ (Hình 11), tăng dần theo thời gian và chiều cao giảm dần qua từng ngăn ( $p < 0,05$ ). Ở thời điểm 32 ngày, lục bình của ngăn 1 và ngăn 2 phát triển hơn

thời điểm bố trí. Chiều cao trung bình ngăn đầu tiên dao động 32,45-46 cm, ngăn 2 là 21,80-29,40 cm, tăng trung bình so với ban đầu ở ngăn đầu tiên (22,47 cm và ở ngăn 2 là 7,19 cm). Ngược lại, ở ngăn 3, 4 lục bình không phát triển, có chiều cao giảm hơn so với lúc mới bố trí, ở ngăn 3, 4 chiều cao trung bình giảm lần lượt là 2,16; 5,97 cm so với thời điểm bố trí, đối với nghiệm thức có sục khí lục bình bị chết ở ngăn 3 và 4. Ở thời điểm 64 ngày, chiều cao trung bình của lục bình ở ngăn 1 và 2 phát triển hơn so với thời điểm 32 ngày tăng trung bình tương ứng 24,67 và 8,72 cm, ở ngăn 3, 4 chiều cao lục bình không phát triển so với lúc mới bố trí (trừ nghiệm thức LB).

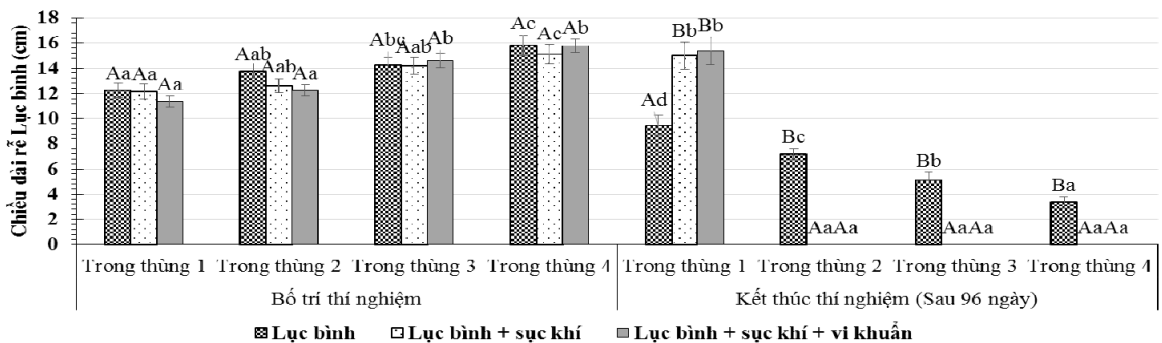
Xu hướng phát triển chiều dài rễ ở thời điểm kết thúc thí nghiệm cũng giống như xu hướng phát triển chiều dài lá. Ở ngăn đầu tiên các nghiệm thức được sục khí có chiều dài rễ dài hơn nghiệm thức LB ( $p < 0,05$ ). Chiều dài rễ ở ngăn đầu tiên của nghiệm thức LB < LB+SK < LB+SK+VS tương ứng là 9,45; 15,00 và 15,40 cm. Theo Reddy *et al.* (1989), sự phát triển của lục bình phụ thuộc vào NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, do đó đối với từng nghiệm thức, qua từng ngăn nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm dần nên chiều dài rễ, số lá, số chồi cũng giảm tương ứng theo nồng độ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.



Hình 10: Trọng lượng lục bình của các nghiệm thức qua từng ngăn



Hình 11: Chiều dài lá lục bình của các nghiệm thức qua từng ngăn



Hình 12: Chiều dài rễ lục bình của các nghiệm thức qua từng ngăn

Ghi chú: Trong cùng một ngăn, các nghiệm thức, của từng đợt có chữ cái in hoa (A, B, C và D) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại. Trong cùng nghiệm thức, các ngăn của từng đợt có chữ cái thường (a, b, c và d) khác nhau thì khác biệt nhau về ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) và ngược lại

#### 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

##### 4.1 Kết luận

DO và pH có khuynh hướng tăng qua các ngăn (từ ngăn 1 đến ngăn 4), riêng DO có khuynh hướng giảm nhẹ ở đầu ra, nằm trong giới hạn cho phép của TT 44/2010- BNNPTNT và QCVN 08:2008/BTNMT.

Các nghiệm thức đều đạt chuẩn cột A2 QCVN 08:2008/BTNMT đối với chỉ tiêu amonium và nitrat, riêng nitrit các nghiệm thức có sục khí đạt chuẩn cột A2 QCVN 08:2008/BTNMT ở ngăn 2 trong khi đó nghiệm thức LB và ĐC qua 4 ngăn vẫn chưa đạt cột A2 QCVN 08:2008/BTNMT.

Hiệu suất xử lý H<sub>2</sub>S của các nghiệm thức LB là 68%, các nghiệm thức còn lại đều làm giảm H<sub>2</sub>S hoàn toàn ở ngăn đầu tiên và đạt tiêu chuẩn ngành.

Nồng độ CO<sub>2</sub> ở các nghiệm thức (LB+SK và LB+SK+VS) giảm đạt quy chuẩn ngành ngay ngăn đầu tiên (ngoại trừ nghiệm thức LB), nghiệm thức ĐC đạt ngăn 2. Nghiệm thức LB có hiệu suất xử lý thấp nhất chỉ 7,9% ở ngăn đầu tiên nên không đạt yêu cầu quy chuẩn ngành.

Lục bình sinh trưởng mạnh nhất ở ngăn 1, 2 giảm dần qua các ngăn, do nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> giảm thấp ở ngăn 2, 3, 4. Trong các nghiệm thức thì lục bình ở nghiệm thức LB + SK và LB + SK + VS phát triển mạnh hơn LB (*p*<0,05). Nghiệm thức LB + SK làm giảm thiểu các chất ô nhiễm trong nước tốt nhất ở ngăn đầu tiên.

Do đó, lục bình là thực vật có khả năng xử lý nước thải trong nuôi thủy sản.

#### 4.2 Đề xuất

Ở nghiệm thức lục bình kết hợp sục khí sẽ chuyển hóa hầu hết dạng đạm ammonium sang NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Nếu hàm lượng ammonium đầu vào cao sẽ dẫn đến NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cao ở đầu ra. Do đó, cần xử lý NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trước khi thải ra môi trường bằng cách kết hợp các loại thực vật hấp thụ nitrat cao. Không cần phải cấy vi sinh vào nghiệm thức có sục khí (*p*>0,05). Khi thiết kế hệ thống xử lý nước thải ao nuôi cá tra cần quan tâm giai đoạn lắng ở cuối ao xử lý. Cần nghiên cứu thêm khả năng hấp thụ dinh dưỡng của các loại thực vật khác nhau cũng như sự kết hợp của nhiều loại thực vật thủy sinh để loại bỏ hết các chất ô nhiễm trong nước thải ao nuôi cá tra thâm canh.

Cần ứng dụng hệ thống xử lý ngoài thực tế để so sánh hiệu suất xử lý và hiệu quả kinh tế với các biện pháp xử lý khác.

Cần bổ sung thêm nghiệm thức (5) nước thải + sục khí (SK) và (6) nước thải + sục khí + vi sinh (SK+VS) để có thể đánh giá khả năng loại bỏ ô nhiễm từ lục bình.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2010. Hội thảo “Sơ kết tình hình sản xuất và tiêu thụ cá tra 6 tháng đầu năm 2010 và triển khai nhiệm vụ 6 tháng cuối năm” tại Cần Thơ;
2. Boyd C.E., 1998. Water quality for pond Aquaculture. Research and Development Series No.43 August 1998, International

Center for Aquaculture and Aquatic Environments Alabama Agriculture Experiment station Auburn University. 37 pp.

3. Châu Minh Khôi, Nguyễn Văn Chí Dũng và Châu Thị Nhiên, 2012, Khả năng xử lý ô nhiễm đạm, lân hữu cơ hòa tan trong nước thải ao nuôi cá tra của Lục bình (*Eichhorinia crassipes*) và cỏ Vetiver (*Vetiver zizanioides*), Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ 2012:21b 151-160.
4. Christian Brandt, Nguyễn Xuân Lộc, Trương Thị Nga, Mathias Becker, 2005, Đánh giá sự đáp ứng sinh học các loài thực vật trong nước nồng độ dinh dưỡng cao để tuyển chọn thực vật xử lý ô nhiễm, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ năm 2005.
5. Dương Nhựt Long, 2003. Giáo trình kỹ thuật nuôi thủy sản nước ngọt. Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ.
6. Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston, 1975. Aqueous Ammoniac Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada Vol. 32, p. 2379-2383.
7. Hans Brix., 1994. Functions of Macrophytes in Constructed Wetlands. Water Science and Technology 29(4): 71-78.
8. Ip, Y.K., S.F. Chew., D.J., Randall., 2001. Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. In: Wright, P.A., Anderson, P.M. (Eds.), Nitrogen Excretion. Fish Physiology, 20. Academic Press, San Diego, pp. 109-148.
9. Lê Hoàng Việt, 2003. Phương pháp xử lý nước thải. Giáo trình, Trường Đại học Cần Thơ.
10. Masser, M.P., Rakocy, J., and Losordo, T.M., 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Management of Recirculating Systems. SRAC Publication No. 452. Southern Regional Aquaculture Center. Texas A & M University, Texas, USA.
11. Mitsch, W.J., Gosselink, J.G., 2000. Wetlands, 3rd ed. John Wiley, New York.
12. Ngô Thụy Diễm Trang và *ctv.*, 2010. Kinetics of pollutant removal from domestic wastewater in a tropical horizontal subsurface flow constructed wetland system: Effects of hydraulic loading rate. Ecological Engineering, 36 (4): 527-535.
13. Nguyễn Hữu Lộc, 2009. Sự biến đổi chất lượng trong hệ thống nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh

- ở các quy mô khác nhau. Luận văn tốt nghiệp cao học, Trường Đại học Cần Thơ;
14. Nguyễn Thị Hồng Nhân, Nguyễn Thị Mùi, Nguyễn Văn Quang, Hoàng Đình Hiếu, Chung Tuấn Anh, 2010. Nghiên cứu xác định bộ giống cỏ hoà thảo năng suất, chất lượng cao phù hợp với vùng sinh thái Tây Nam Bộ, Trường Đại học Cần Thơ; Viện Chăn Nuôi.
  15. Nguyễn Xuân Lộc, 2008. Hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của Điền thanh (*Sesbania rostrata*), Lúa (*Oryza sativa L.*), Thầu dầu (*Ricinus communis*), Sậy (*Phragmites australis*) và Cỏ voi (*Pennisetum purpureum*), Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường – Trường Đại học Cần Thơ.
  16. Phạm Quốc Nguyên *ctv.*, 2014. Diễn biến một số chỉ tiêu chất lượng nước trong ao nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường: 34 (2014): 128-136.
  17. Phạm Quốc Nguyên, 2008. Xác định số lượng, chất lượng bùn đáy ao nuôi cá tra và sử dụng trong canh tác rau. Luận Văn thạc sĩ chuyên ngành Khoa học môi trường. Khoa Môi trường & TNTN, Trường Đại học Cần Thơ.
  18. Reddy K. R., M. Agami and J.C. Tucker, 1989. Influence of Nitrogen Supply Rates on Growth and Nutrient Storage by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Plants. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam -- Printed in The Netherlands, *Aquatic Botany*, 36 (1989) 33-43.
  19. Tổng cục Thủy sản, 2013. Hội nghị tổng kết sản xuất, tiêu thụ cá tra năm 2012 và triển khai nhiệm vụ năm 2013 (25/01/2013).
  20. Trương Quốc Phú và Vũ Ngọc Út (1990). Quản lý chất lượng nước ao nuôi thủy sản “Water for pond aquacult (Boyd, C.E.), Auburn University, Ala: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University”, 60 trang.
  21. Trương Quốc Phú, 2007. Chất lượng nước và bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh. Báo cáo hội thảo: Bảo vệ môi trường trong nuôi trồng và chế biến thủy sản thời kỳ hội nhập. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, ngày 27-28.12.2007.
  22. Trương Thị Nga và *ctv.*, Hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi bằng Sậy (*Phragmites spp.*). Kỳ yếu hội nghị khoa học \_ Phát triển bền vững vùng Đồng bằng sông Cửu Long sau khi Việt Nam gia nhập tổ chức Thương mại quốc tế (WTO)-Đại học Cần Thơ, tháng 10/2007 (273:279).
  23. Trương Thị Nga, Hồ Huy Thông, Nguyễn Xuân Lộc, Nguyễn Công Thuận và Trương Hoàng Đan. So sánh hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi bằng Rau dừ (*Jessicaea repens L.*) và Rau muống (*Ipomoea aquatica Forssk*). Kỳ yếu hội nghị khoa học \_ Phát triển bền vững vùng Đồng bằng sông Cửu Long sau khi Việt Nam gia nhập tổ chức Thương mại quốc tế (WTO)-Đại học Cần Thơ, tháng 10/2007 (287:295).
  24. Võ Thị Kim Hằng, 2007. So sánh hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi bằng cây Rau ngổ (*Enydra Fluctuans Lour*) và cây Lục bình (*Eichhonia crassipes*(Maret) Solms.). Luận văn cao học Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ.
  25. Vymazal, V., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands, Science of the Total Environment (380): 48–65.