

**SỬ DỤNG PHÈN NHÔM VÀ PHÈN SẮT
TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI TỪ AO NUÔI CÁ TRA
(*PANGASIANODON HYPOPHthalmus*) THÂM CANH
USING OF ALUM AND FERROUS SULFATE IN TREATMENT OF WASTEWATER
FROM INTENSIVE STRIPED CATFISH POND**

Trương Quốc Phú¹

ABSTRACT

The research was carried out at college of aquaculture and fisheries, Can Tho University from March to June, 2008. The objective of the research is rapidly reducing nutrient matters lower than limits of water quality standards TCVN 6984-2001 and TCVN 5945-2005 for allowed directly discharge to surrounding rivers and canals. The research includes three experiments with three flocculants chemicals, cake alum and potash alum and ferrous sulfate. Each experiment was designed five treatments: 0, 5, 10, 15 and 20 mg/L of flocculants and replicated three times for each treatment. Turbidity, total nitrogen (TN), soluble reactive phosphorus (SRP) and total phosphorus (TP) were measured at beginning, 2, 12 and 24 hours. The results showed that both cake alum and potash alum have effective reduced turbidity, soluble reactive phosphorus and total phosphorus. With concentration of 20 mg/L, cake alum and potash alum have not significantly changed pH and concentration of aluminum of water. Ferrous sulfate has also effective reduced soluble reactive phosphorus and total phosphorus but has not reduced turbidity of water. Concentration of total iron of water has increased when treated with ferrous sulfate. Cake alum, potash alum and ferrous sulfate have not effective reduced total nitrogen of water.

Keyword: alum, ferrous sulfate, wastewater, striped catfish

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành tại Khoa Thủy sản, Đại học Cần Thơ từ 3-6/2008. Mục tiêu của nghiên cứu là xử lý làm giảm nhanh hàm lượng vật chất dinh dưỡng xuống thấp hơn mức cho phép của tiêu chuẩn chất lượng nước TCVN 6984-2001 và TCVN 5945-2005 để được thải trực tiếp ra sông rạch. Nghiên cứu gồm 3 thí nghiệm với 3 loại hóa chất gây keo tụ gồm: phèn nhôm đơn ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), phèn nhôm kép ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) và phèn sắt ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Mỗi thí nghiệm gồm 5 nghiệm thức với nồng độ xử lý là 0, 5, 10, 15, và 20 mg/L, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần. Độ đục, tổng đạm (TN), lân hòa tan (SRP) và tổng lân (TP) được đo lúc bắt đầu, 2, 12 và 24 giờ sau khi tiến hành thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm cho thấy cả hai loại phèn nhôm đều có tác dụng làm giảm độ đục, lân hòa tan (SRP) và tổng lân (TP) trong nước. Với hàm lượng xử lý 20 mg/L, phèn nhôm không làm thay đổi lớn pH và hàm lượng Al trong nước. Khác với phèn nhôm, phèn sắt có tác dụng làm giảm lân hòa tan và tổng lân nhưng không làm giảm độ đục của nước. Hàm lượng sắt tổng số trong nước tăng khi xử lý phèn sắt. Cả loại hóa chất đều không có tác dụng làm giảm tổng đạm (TN) trong nước.

Từ khóa: Phèn nhôm, phèn sắt, nước thải, cá tra

¹ Khoa Thủy sản, Đại học Cần Thơ

GIỚI THIỆU

Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) có khoảng 600.000 ha diện tích mặt nước ngọt, là nơi có tiềm năng rất lớn cho việc nuôi các loài cá nước ngọt như: Cá tra, basa, vồ dêm, hú, tôm càng xanh, cá rô đồng... trong đó, cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là đối tượng được nuôi chính và truyền thống. Cá tra với đặc điểm dễ nuôi, thích ứng tốt với điều kiện môi trường nên được nuôi phổ biến trong các ao đất của nông dân các tỉnh ĐBSCL, đặc biệt là các tỉnh An Giang, Đồng Tháp và Cần Thơ... Mặc dù diện tích có giảm trong năm 2006 và 2008 nhưng năng suất nuôi cá Tra thâm canh liên tục tăng trong những năm gần đây. Theo số liệu thống kê năm 2008, diện tích nuôi cá Tra thâm canh của ĐBSCL đạt 5240 ha, sản lượng đạt 1,128 triệu tấn (<http://www.vnchannel.net>).

Sản lượng và diện tích nuôi tăng là tín hiệu đáng mừng cho sự phát triển nuôi thủy sản ở ĐBSCL, nhưng cũng có điều đáng quan tâm là nguồn nước và môi trường bị ô nhiễm ngày càng nghiêm trọng, dịch bệnh thủy sản xảy ra thường xuyên và ngày càng trầm trọng. Theo các nghiên cứu về chất lượng nước ao nuôi cá Tra thâm canh (Lê Bảo Ngọc, 2004; Huỳnh Trường Giang, 2008; Cao Văn Thích, 2008) thì một số yếu tố như độ đục, TSS, TN, TP... hầu như vượt các tiêu chuẩn về chất lượng nước TCVN 5945-2005, TCVN 6774-2000, TCVN 6980-2001, TCVN 6984-2001... Hiện nay, hầu hết các ao nuôi đều có tỉ lệ thay nước lớn hơn 30%/ngày vào giai đoạn cuối vụ nuôi, trong khi không có hệ thống xử lý nước thải trước khi thải ra môi trường. Với tốc độ phát triển của nghề nuôi cá tra như hiện nay thì chẳng bao lâu nữa chất lượng nước tự nhiên bị ô nhiễm đe dọa đến tính bền vững của nghề nuôi cá tra nói riêng và môi trường sống của con người nói chung.

Để làm giảm độ đục và các chất dinh dưỡng trong nước ở các thủy vực tự nhiên hoặc ao nuôi thủy sản, phèn nhôm và phèn sắt thường được sử dụng (Boyd, 1990; Bratby, 2006, Ebeling, 2003...). Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng phèn nhôm đơn ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), phèn nhôm kép ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) và phèn sắt ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) để xử lý nhanh (trong 24 giờ) nước thải ao nuôi cá tra thâm canh đảm bảo các yếu tố dinh dưỡng giảm xuống thấp hơn giới hạn cho phép của các tiêu chuẩn về chất lượng nước để được phép thải ra môi trường.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được tiến hành tại phòng thí nghiệm Chất lượng nước của Khoa Thủy sản, Đại học Cần Thơ từ tháng 3-6/2008. Nghiên cứu gồm 3 thí nghiệm trên 3 loại hóa chất xử lý ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ và $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$):

Bố trí thí nghiệm

Các thí nghiệm được bố trí trong bể hình trụ, đáy chòm có thể tích 50L, đặt ngoài trời. Mỗi thí nghiệm gồm có 5 nghiệm thức được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (Completely Randomized Design), mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần, các nghiệm thức thí nghiệm gồm:

- Nghiệm thức 1: Không xử lý hóa chất (đối chứng)
- Nghiệm thức 2: Xử lý hóa chất với liều lượng 5 mg/L
- Nghiệm thức 3: Xử lý hóa chất với liều lượng 10 mg/L
- Nghiệm thức 4: Xử lý hóa chất với liều lượng 15 mg/L
- Nghiệm thức 5: Xử lý hóa chất với liều lượng 20 mg/L

Nguồn nước dùng trong thí nghiệm được lấy trực tiếp từ ao nuôi cá tra ở Ô Môn (Cần Thơ) vào giai đoạn sắp thu hoạch. Nước được chuyển về phòng thí nghiệm bằng xe bồn và trữ trong bể composite trước khi tiến hành thí nghiệm. Khi bắt đầu thí nghiệm, nước trong bể chứa được trộn đều, sau đó cấp vào các bể thí nghiệm và tiến hành thu mẫu lần đầu.

Thu mẫu nước

Trước khi xử lý hoá chất xử lý, thu mẫu lần đầu. Sau khi xử lý hoá chất tiến hành thu mẫu 5 lần với các khoảng thời gian lần lượt là: 2 giờ, 4 giờ, 6 giờ, 12 giờ, 24 giờ. Mẫu được giữ lạnh ở nhiệt độ 4°C và tiến hành phân tích trong 24 giờ. Các chỉ tiêu chất lượng nước được đo gồm: độ đục, pH, TN, TP, PO_4^{3-} và Al hoặc Fe.

Phương pháp phân tích mẫu nước

Mẫu nước được phân tích theo các phương pháp sau:

Chỉ tiêu	Phương pháp
Độ đục	Nephelometric (2130 B. APHA et al., 1995)
pH	Máy đo YSI 556
TSS	Sấy 103-105°C (2540 D. APHA et al., 1995)
TN	Persulfate (4500-N _{org} D. APHA et al., 1995) Khử Cadmium (4500-NO ₃ ⁻ E. APHA et al., 1995)
TP	Persulfate (4500-N _{org} D. APHA et al., 1995) Stannous Chloride (4500-P D. APHA et al., 1995)
PO_4^{3-}	Stannous Chloride (4500-P D. APHA et al., 1995)
Al	Eriochrome Cyanine R (3500-Al D. APHA et al., 1995)
Fe tổng số	Phenanthroline (3500 D. APHA et al., 1995)

Xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được phân tích phương sai (ANOVA) và so sánh sự khác biệt giữa các trung bình nghiệm thức (LSD).

KẾT QUẢ THẢO LUẬN

Kết quả

Hiệu quả xử lý nước của $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Độ đục: Nguồn nước thí nghiệm lấy từ ao nuôi cá Tra có độ đục khá cao, bắt đầu thí nghiệm độ đục trung bình của nước ở tất cả các lô thí nghiệm khoảng 121,5-125,8 NTU. Sau khi xử lý hóa chất độ đục giảm rất nhanh ở các nghiệm thức có xử lý hóa chất, vào thời điểm 2 giờ sau khi xử lý, độ đục của các nghiệm thức có xử lý hóa chất đều thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với nghiệm thức đối chứng, nồng độ hóa chất xử lý càng cao thì độ đục giảm càng mạnh. Từ thời điểm 2 giờ sau khi xử lý hóa chất, độ đục ở tất cả các nghiệm thức giảm với tốc độ tương đương với tốc độ giảm ở nghiệm thức đối chứng.

Tỉ lệ giảm độ đục ở thời 2 giờ của các nghiệm thức có xử lý hóa chất dao động trong khoảng 19,1-33,4% và khác biệt so với nghiệm thức đối chứng (10,3%). Tương tự, ở thời điểm 12 giờ độ đục của các nghiệm thức có xử lý hóa chất cũng khác biệt có ý nghĩa so với

nghiệm thức đối chứng, tỉ lệ giảm độ đục lúc này dao động từ 21,9-41,5%. Tuy nhiên, vào thời điểm 24 giờ sau khi xử lý hóa chất thì tỉ lệ giảm độ đục chỉ khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức có nồng độ xử lý hóa chất cao hơn 10 mg/L so với nghiệm thức xử lý hóa chất 5 mg/L và nghiệm thức đối chứng (Bảng 1).

Bảng 1: Độ đục (NTU) và tỉ lệ tăng, giảm độ đục (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	Độ đục lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ
0 mg/L	121,5	109,0	-10,3 ^c	102,8	-15,4 ^d	80,5	-33,7 ^c
5 mg/L	124,8	101,0	-19,1 ^b	97,5	-21,9 ^c	80,1	-35,8 ^c
10 mg/L	123,3	94,3	-23,5 ^b	84,8	-31,2 ^b	72,0	-41,6 ^b
15 mg/L	124,0	86,2	-30,5 ^a	76,8	-38,1 ^a	67,3	-45,7 ^{ab}
20 mg/L	125,8	83,8	-33,4 ^a	73,6	-41,5 ^a	66,6	-47,1 ^a

Tổng đạm (TN): Hàm lượng TN trung bình vào đầu thí nghiệm khá cao (khoảng 49,8-56,7 mg/L), sự chênh lệch giữa các nghiệm thức không nhiều. Sau khi xử lý phen nhôm đơn thì hàm lượng TN có khuynh hướng giảm đều ở hầu hết ở các nghiệm thức và sự khác biệt giữa các nghiệm thức đều không có ý nghĩa ở cả thời điểm 2, 12 và 24 giờ. Tỉ lệ giảm hàm lượng TN cao nhất là vào thời điểm 12 giờ sau khi xử lý phen, tỉ lệ giảm TN cũng khác biệt không có ý nghĩa giữa các nghiệm thức. Như vậy, phen nhôm đơn không có tác dụng làm giảm hàm lượng đạm trong nước (Bảng 2).

Bảng 2: Hàm lượng TN và tỉ lệ tăng, giảm TN (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	TN lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ
0 mg/L	54,2	52,5	-3,10 ^a	22,1	-59,2 ^a	47,9	-11,7 ^a
5 mg/L	50,6	52,0	2,71 ^a	20,5	-59,5 ^a	48,2	-4,7 ^a
10 mg/L	56,7	51,2	-9,66 ^a	20,2	-64,4 ^a	47,5	-16,2 ^a
15 mg/L	52,6	50,0	-4,96 ^a	19,0	-63,9 ^a	47,5	-9,8 ^a
20 mg/L	49,8	48,2	-3,19 ^a	18,9	-62,1 ^a	44,6	-10,5 ^a

Lân hòa tan (P-PO₄³⁻): Hàm lượng lân hòa tan trung bình lúc bắt đầu thí nghiệm khoảng 5,22-5,43 mg/L, sau khi xử lý phen nhôm đơn thì hàm lượng lân hòa tan ở nghiệm thức đối chứng hầu như không giảm, trong khi đó hàm lượng lân hòa tan giảm ở tất cả các nghiệm thức còn lại. Giữa các nghiệm thức có xử lý phen nhôm đơn và nghiệm thức đối chứng khác biệt có ý nghĩa (P<0,05), nhưng giữa các nghiệm thức có xử lý phen nhôm đơn hầu như khác biệt không ý nghĩa (P>0,05). Tỉ lệ giảm hàm lượng lân hòa tan thì không đáng kể, mức giảm cao nhất chỉ đạt 1,17% ở nồng độ xử lý phen nhôm đơn là 20 mg/L.

Bảng 3: Hàm lượng PO₄³⁻ và tỉ lệ tăng, giảm PO₄³⁻ (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	P-PO ₄ ³⁻ lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		P-PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ	P-PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ	P-PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ
0 mg/L	5,43	5,85	0,42 ^a	5,22	-0,21 ^a	6,19	0,76 ^a
5 mg/L	5,40	5,02	-0,38 ^b	4,81	-0,59 ^{ab}	5,23	-0,17 ^b
10 mg/L	5,23	4,65	-0,58 ^b	4,52	-0,71 ^{bc}	4,85	-0,38 ^b
15 mg/L	5,36	4,46	-0,90 ^b	4,28	-1,08 ^{cd}	5,17	-0,19 ^b
20 mg/L	5,22	4,19	-1,03 ^b	4,05	-1,17 ^d	5,08	-0,14 ^b

Tổng lân (TP): Ngược lại với hàm lượng lân hòa tan, hàm lượng TP giảm nhiều ở hầu hết các nghiệm thức, hàm lượng TP trung bình đầu thí nghiệm dao động trong khoảng 9,5-15,3 mg/L, giảm xuống còn 4,2-4,8 mg/L vào cuối thí nghiệm. Tỷ lệ giảm hàm lượng TP vào cuối thí nghiệm khoảng 49,2-72,6%, nồng độ xử lý phen nhôm đơn càng cao thì tỷ lệ giảm TP càng lớn. Giữa nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức xử lý phen nhôm đơn 20 mg/L khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$), giữa các nghiệm thức còn lại thì sự khác biệt không ý nghĩa ($P > 0,05$).

Bảng 4: Hàm lượng TP và tỉ lệ tăng, giảm TP (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	TP lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ
0 mg/L	9,5	5,24	-44,7 ^a	6,99	-26,3 ^a	4,82	-49,2 ^a
5 mg/L	14,2	5,31	-62,6 ^{ab}	6,86	-51,7 ^a	4,69	-67,0 ^{ab}
10 mg/L	11,7	5,04	-56,9 ^{ab}	7,22	-38,3 ^a	4,51	-61,5 ^{ab}
15 mg/L	11,4	4,98	-56,3 ^{ab}	7,09	-37,8 ^a	4,32	-62,1 ^{ab}
20 mg/L	15,3	4,60	-69,9 ^b	7,19	-53,0 ^a	4,20	-72,6 ^b

Độ pH và hàm lượng nhôm: Độ pH trong các nghiệm thức thí nghiệm biến động đồng thời với nhau, sau 2 giờ xử lý phen nhôm đơn thì pH giảm và tăng dần về cuối thí nghiệm, độ pH giữa tất cả các nghiệm thức đều khác biệt không có ý nghĩa ở tất cả các thời điểm đo. Như vậy, có thể thấy rằng việc xử lý phen nhôm đơn ở các nồng độ khác nhau đều không ảnh hưởng lớn đến độ pH của nước trong thí nghiệm.

Hàm lượng nhôm (Al) sau khi kết thúc thí nghiệm đều cao hơn so với lúc bắt đầu thí nghiệm, nhưng lượng Al gia tăng là rất nhỏ (0,002-0,013 mg/L). Hàm lượng Al giữa các nghiệm thức cũng khác biệt không có ý nghĩa. Với kết quả trên cũng cho thấy rằng việc xử lý phen nhôm đơn với nồng độ 20 mg/L thì không làm thay đổi đáng kể hàm lượng Al trong nước.

Bảng 5: Biến động độ pH và hàm lượng Al (mg/L) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	Bắt đầu		Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
	pH	Al	pH	Al	pH	Al	pH	Al
0 mg/L	7,07	0,111	6,23 ^a	-	6,97 ^a	-	7,37 ^a	0,116 ^a
5 mg/L	7,07	0,108	6,23 ^a	-	7,00 ^a	-	7,27 ^a	0,118 ^a
10 mg/L	7,10	0,114	6,20 ^a	-	7,00 ^a	-	7,40 ^a	0,119 ^a
15 mg/L	7,13	0,110	6,23 ^a	-	7,00 ^a	-	7,40 ^a	0,123 ^a
20 mg/L	7,10	0,112	6,30 ^a	-	7,03 ^a	-	7,33 ^a	0,114 ^a

Hiệu quả xử lý nước của $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

Độ đục: Tương tự như phen nhôm đơn, phen nhôm kép cũng có tác dụng là giảm độ đục của nước. Độ đục trung bình lúc bắt đầu thí nghiệm khoảng 96,7-98,8 NTU, sau khi xử lý phen nhôm kép độ đục giảm ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm, nhưng nồng độ xử lý phen nhôm kép càng cao thì độ đục giảm càng mạnh. Tỷ lệ giảm độ đục của các nghiệm thức có xử lý phen nhôm kép khá cao 63,1-72,1% trong 24 giờ, tỉ lệ giảm đục của các nghiệm thức có xử lý phen nhôm kép đều khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng.

Bảng 6: Độ đục (NTU) và tỉ lệ tăng, giảm độ đục (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	Độ đục lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ
0 mg/L	96,7	78,9	-18,4 ^a	49,5	-48,8 ^a	39,2	-59,5 ^a
5 mg/L	97,5	77,8	-20,2 ^a	46,7	-52,1 ^b	36,0	-63,1 ^b
10 mg/L	98,2	73,7	-25,0 ^b	44,4	-54,8 ^b	31,9	-67,5 ^c
15 mg/L	98,8	70,5	-28,6 ^c	41,6	-57,9 ^c	30,0	-69,6 ^d
20 mg/L	96,8	64,8	-33,1 ^d	37,3	-61,5 ^c	27,0	-72,1 ^d

Tổng đạm (TN): Sau khi xử lý phen nhôm kép, hàm lượng TN đều giảm dần ở tất cả các nghiệm thức, tỉ lệ giảm TN nhiều nhất là 24,3% ở nghiệm thức đối chứng. Sự giảm hàm lượng TN không theo quy luật rõ ràng, điều này cho thấy phen nhôm kép không có tác dụng làm giảm TN trong thí nghiệm.

Bảng 7: Hàm lượng TN (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm TN (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	TN lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ
0 mg/L	65,3	54,7	-16,2 ^{ab}	51,1	-21,7 ^b	49,4	-24,3 ^b
5 mg/L	62,4	53,7	-13,9 ^a	51,8	-17,0 ^a	49,5	-20,7 ^{ab}
10 mg/L	62,7	49,5	-21,1 ^b	52,4	-16,4 ^a	50,6	-19,3 ^a
15 mg/L	63,6	51,9	-18,4 ^{ab}	51,4	-19,2 ^{ab}	49,9	-21,5 ^{ab}
20 mg/L	64,5	55,5	-13,9 ^a	52,6	-18,4 ^{ab}	51,1	-20,8 ^{ab}

Lân hòa tan: Hàm lượng lân hòa tan ở nghiệm thức đối chứng giảm sau 2 giờ thí nghiệm nhưng sau đó lại tăng lên cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Ngược lại, ở các nghiệm thức có xử lý phen nhôm kép thì hàm lượng lân hòa tan tăng lên sau 2 giờ thí nghiệm nhưng lại giảm sau 12 và 24 thí nghiệm. Ở thời điểm sau 12 giờ, tỉ lệ giảm lân hòa tan có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức có xử lý phen nhôm kép so với nghiệm thức đối chứng. Ở thời điểm sau 24 giờ, tỉ lệ giảm lân hòa tan của các nghiệm thức xử lý phen nhôm kép từ 10-20 mg/L khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức xử lý phen kép 5 mg/L và nghiệm thức đối chứng.

Bảng 8: Hàm lượng (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm PO_4^{3-} (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	TP lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ
0 mg/L	6,03	5,42	-10,1 ^b	6,92	14,8 ^a	6,99	15,9 ^a
5 mg/L	6,17	6,70	8,6 ^a	6,67	8,1 ^b	6,82	10,5 ^a
10 mg/L	6,37	6,85	7,5 ^a	6,48	1,7 ^c	6,62	3,9 ^b
15 mg/L	6,51	7,32	12,4 ^a	6,29	-3,4 ^d	6,42	-1,4 ^c
20 mg/L	6,56	7,30	11,3 ^a	6,09	-7,2 ^e	6,20	-5,5 ^c

Tổng lân (TP): Sau 2 giờ thí nghiệm, hàm lượng TP hầu như không giảm, tỉ lệ tăng từ 0,4-24,5%, nghiệm thức đối chứng có hàm lượng TP tăng cao nhất. Hàm lượng TP giảm ở

thời điểm 12 giờ ở các nghiệm thức có xử lý phèn nhôm kép lớn hơn 10 mg/L và sự khác biệt giữa các nghiệm thức là có ý nghĩa. Hàm lượng TP tất cả các nghiệm thức đều giảm vào thời điểm 24 giờ, nhưng sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa.

Bảng 9: Hàm lượng TP (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm TP (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	PO ₄ ³⁻ lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ	PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ	PO ₄ ³⁻	Tỉ lệ
0 mg/L	5,10	6,35	24,5 ^a	6,03	18,2 ^a	4,61	-9,6 ^a
5 mg/L	5,66	6,33	11,8 ^a	5,98	5,7 ^b	5,24	-7,4 ^a
10 mg/L	6,27	6,45	2,9 ^a	5,98	-4,6 ^c	4,92	-21,5 ^a
15 mg/L	6,71	6,74	0,4 ^a	5,79	-13,7 ^d	5,92	-11,8 ^a
20 mg/L	6,88	8,43	22,5 ^a	5,66	-17,7 ^d	5,75	-16,4 ^a

Độ pH và hàm lượng nhôm: Độ pH của nước sau 2 giờ thí nghiệm có sự khác biệt có ý nghĩa giữa nghiệm thức xử lý phèn nhôm kép 20 mg/L so với các nghiệm thức còn lại, nhưng vào thời điểm 12 và 24 giờ thì sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa. Độ pH của các nghiệm thức sau thí nghiệm đều lớn hơn 7, nằm trong khoảng thích hợp cho tôm cá (Boyd, 1990).

Bảng 10: Biến động độ pH và hàm lượng Al (mg/L) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	Bắt đầu		Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
	pH	Al	pH	Al	pH	Al	pH	Al
0 mg/L	6,47	0,178	7,20 ^a	-	7,30 ^a	-	7,47 ^a	0,125 ^a
5 mg/L	6,43	0,128	7,13 ^{ab}	-	7,20 ^a	-	7,43 ^a	0,141 ^a
10 mg/L	6,47	0,129	7,20 ^a	-	7,20 ^a	-	7,47 ^a	0,167 ^a
15 mg/L	6,60	0,140	7,17 ^a	-	7,27 ^a	-	7,47 ^a	0,136 ^a
20 mg/L	6,43	0,204	7,03 ^b	-	7,27 ^a	-	7,37 ^a	0,178 ^a

Hàm lượng nhôm trong nước trước và sau thí nghiệm chênh lệch không nhiều, giữa các nghiệm thức cũng khác biệt không ý nghĩa. Như vậy, việc xử lý phèn nhôm kép cũng không làm ảnh hưởng lớn đến pH và hàm lượng nhôm trong nước.

Hiệu quả xử lý nước của Fe(SO₄)₂.7H₂O

Độ đục: Độ đục của nước giảm dần theo thời gian thí nghiệm, nhưng độ đục của nghiệm thức đối chứng giảm nhanh hơn so với nghiệm thức có xử lý phèn sắt, nồng độ xử lý phèn sắt càng lớn thì độ đục giảm càng ít. Vào thời điểm sau 2 giờ, tỉ lệ giảm độ đục ở nghiệm thức xử lý phèn sắt lớn hơn 10 mg/L khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức xử lý phèn sắt 5 mg/L và nghiệm thức đối chứng. Ở các thời điểm sau 12 và 24 giờ, tỉ lệ giảm độ đục của các nghiệm thức có xử lý phèn sắt hầu như khác biệt không ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng. Nhìn chung, phèn sắt không có tác dụng làm giảm độ đục mà còn có thể làm tăng độ đục của nước.

Bảng 11: Độ đục (NTU) và tỉ lệ tăng, giảm độ đục (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Thí nghiệm	Độ đục lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ	Độ đục	Tỉ lệ
0 mg/L	71,3	49,3	-30,9 ^c	36,3	-49,1 ^{ab}	35,1	-50,8 ^a
5 mg/L	88,3	65,3	-26,0 ^c	42,8	-51,5 ^c	36,8	-58,3 ^c
10 mg/L	74,3	59,6	-19,8 ^b	41,6	-44,0 ^a	34,8	-53,2 ^{ab}
15 mg/L	82,5	70,3	-14,8 ^b	47,5	-42,4 ^{ab}	39,3	-52,4 ^{ab}
20 mg/L	75,5	68,8	-8,8 ^a	48,7	-35,5 ^a	39,8	-47,3 ^a

Tổng đạm (TN): Tương tự như 2 thí nghiệm trên, phèn sắt không có tác dụng làm giảm hàm lượng TN, sự giảm hàm lượng TN tương đối đồng đều và sự khác biệt hàm lượng TN cũng không có ý nghĩa giữa các thí nghiệm.

Bảng 12: Hàm lượng TN (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm TN (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Thí nghiệm	TN lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ	TN	Tỉ lệ
0 mg/L	63,2	67,5	6,8 ^a	57,9	-8,3 ^a	58,3	-7,8 ^a
5 mg/L	63,2	65,3	3,3 ^a	58,5	-7,5 ^a	57,1	-9,7 ^a
10 mg/L	63,6	63,1	-0,8 ^a	57,7	-9,4 ^a	57,6	-9,4 ^a
15 mg/L	64,2	65,9	2,6 ^a	59,3	-7,7 ^a	59,8	-6,9 ^a
20 mg/L	63,9	62,8	-1,7 ^a	59,6	-6,7 ^a	59,6	-6,7 ^a

Lân hòa tan: Hàm lượng lân hòa tan giảm đáng kể sau khi xử lý phèn sắt, nồng độ phèn sắt xử lý càng cao thì tỉ lệ giảm lân hòa tan càng lớn. Hàm lượng lân hòa tan ở các thí nghiệm xử lý phèn sắt lớn hơn 10 mg/L khác biệt có ý nghĩa so với thí nghiệm xử lý phèn sắt 5 mg/L và thí nghiệm đối chứng. Như vậy, phèn sắt có hiệu quả tốt làm giảm lân hòa tan trong nước.

Bảng 13: Hàm lượng PO_4^{3-} (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm PO_4^{3-} (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Thí nghiệm	PO_4^{3-} lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		PO_4^{3-}	Tỉ lệ	PO_4^{3-}	Tỉ lệ	PO_4^{3-}	Tỉ lệ
0 mg/L	4,37	3,33	-23,8 ^a	2,93	-33,0 ^a	2,95	-32,5 ^a
5 mg/L	4,82	3,56	-26,1 ^a	3,29	-31,7 ^a	3,53	-26,8 ^a
10 mg/L	5,16	3,57	-30,8 ^b	3,19	-38,2 ^b	3,43	-33,5 ^b
15 mg/L	5,47	3,59	-34,4 ^{bc}	3,13	-42,8 ^b	3,57	-34,7 ^{bc}
20 mg/L	5,62	3,60	-35,9 ^c	3,34	-40,6 ^b	3,61	-35,8 ^c

Tổng lân (TP): Phèn sắt cũng có hiệu quả trong việc làm giảm hàm lượng TP trong nước. Ở thí nghiệm đối chứng thì hàm lượng TP hầu như không giảm theo thời gian thí nghiệm, nhưng các thí nghiệm có xử lý phèn sắt thì hàm lượng TP giảm dần theo thời gian thí nghiệm. Tỉ lệ giảm hàm lượng TP khác biệt có ý nghĩa giữa các thí nghiệm có xử lý phèn

sắt so với nghiệm thức đối chứng, tỉ lệ giảm hàm lượng TP nhiều nhất là 20% ở nghiệm thức xử lý phèn sắt 20 mg/L.

Bảng 14: Hàm lượng TP (mg/L) và tỉ lệ tăng, giảm TP (%) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	TP lúc bắt đầu	Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
		TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ	TP	Tỉ lệ
0 mg/L	8,25	8,31	0,7 ^a	8,30	0,6 ^a	8,52	3,3 ^a
5 mg/L	8,25	8,38	1,6 ^a	7,88	-4,5 ^b	7,97	-3,4 ^b
10 mg/L	8,23	7,54	-8,4 ^{ab}	7,25	-11,9 ^c	7,35	-10,7 ^c
15 mg/L	8,16	7,07	-13,4 ^{bc}	6,87	-15,8 ^d	7,09	-13,1 ^c
20 mg/L	8,14	6,52	-19,9 ^c	6,47	-20,5 ^e	6,47	-20,5 ^d

Độ pH và hàm lượng sắt tổng (Fe): độ pH có sự khác biệt giữa các nghiệm thức xử lý phèn sắt lớn hơn 10 mg/L so với nghiệm thức xử lý phèn sắt 5 mg/L và nghiệm thức ở thời điểm sau 2 và 12 giờ. Tuy nhiên sự chênh lệch pH không nhiều và độ pH sau thí nghiệm đều nằm trong khoảng 7,5-8 nên không ảnh hưởng đến chất lượng nước.

Hàm lượng sắt tổng sau thí nghiệm giảm thấp hơn so với đầu thí nghiệm, trong khi đó ở các nghiệm thức có xử lý phèn sắt hàm lượng sắt tổng có xu hướng tăng dần theo nồng độ xử lý. hàm lượng sắt tổng giữa các nghiệm thức có xử lý phèn sắt khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng. Do đó, việc xử lý phèn sắt có thể làm gia tăng hàm lượng sắt tổng trong nước.

Bảng 15: Biến động độ pH và hàm lượng Fe tổng số (mg/L) theo thời gian sau khi xử lý hóa chất

Nghiệm thức	Bắt đầu		Sau 2 giờ		Sau 12 giờ		Sau 24 giờ	
	pH	Fe tổng	pH	Fe tổng	pH	Fe tổng	pH	Fe tổng
0 mg/L	7,63	0,67	7,70 ^a	-	7,70 ^a	-	7,67 ^a	0,17 ^d
5 mg/L	7,63	0,53	7,60 ^{ab}	-	7,60 ^{ab}	-	7,60 ^a	0,52 ^c
10 mg/L	7,60	0,49	7,50 ^b	-	7,57 ^b	-	7,73 ^a	0,97 ^b
15 mg/L	7,60	0,62	7,50 ^b	-	7,57 ^b	-	7,67 ^a	1,18 ^b
20 mg/L	7,60	0,32	7,53 ^b	-	7,53 ^b	-	7,67 ^a	1,79 ^a

Thảo luận

Phèn nhôm và phèn sắt được sử dụng phổ biến để xử lý nước trong các thủy vực tự nhiên giàu dinh dưỡng hoặc xử lý nước thải (Auvray *et al.*, 2006; Boyd, 1990; Bratby, 2006; Crite *et al.*, 2006 và Ebeling *et al.*, 2003). Tác dụng của phèn là làm tăng quá trình keo tụ (coagulation và flocculation), phèn cung cấp các cation (tích điện dương) có điện tích trái dấu với các hạt sét hoặc các chất hữu cơ (tích điện âm) khi đó quá trình trung hòa điện tích sẽ xảy ra. Khi điện tích bị trung hòa các hạt vật chất lơ lửng sẽ kết dính với nhau làm gia tăng kích thước và khối lượng của các hạt vật chất lơ lửng làm chúng lắng xuống nhanh hơn. Vật chất lơ lửng trong ao nuôi thủy sản bao gồm phù sa, chất hữu cơ từ thức ăn thừa và chất thải từ cá và phiêu sinh vật, khi vật chất lơ lửng bị lắng tụ có thể làm giảm độ đục, TN và TP của nước ao. Ngoài ra, các cation (Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) sẽ phản ứng với phosphate hòa tan tạo nên các muối phosphate kim loại kết tủa. Vì vậy, phèn nhôm và phèn sắt còn có tác dụng làm giảm lân hòa tan trong nước.

Khi xử lý phèn nhôm đơn và phèn nhôm kép với nồng độ 20 mg/L thì độ đục của nước giảm sau 2, 12, 24 giờ lần lượt là 33,1-33,4%, 41,5-61,5% và 47,1-72,1%. Kết quả này xấp xỉ tương đương với kết quả nghiên cứu của Boyd (1990), khi xử lý phèn nhôm đơn 20 mg/L thì độ đục giảm từ 84-89% trong 48 giờ. Với mức độ giảm như thế nước sau khi xử lý sẽ có hàm lượng vật chất lơ lửng thấp hơn giới hạn cho phép của TCVN 6984-2001 (80 mg/L), nguồn nước này có thể thải trực tiếp ra các thủy vực tự nhiên. Nếu loại trừ sự lắng tự nhiên (độ đục giảm ở nghiệm thức đối chứng) thì hiệu quả làm giảm độ đục của phèn nhôm đơn (13,4-26,1%) cao hơn so với phèn nhôm kép (12,6-14,7%). Sự khác biệt này có thể do nồng độ Al^{3+} trong thí nghiệm xử lý phèn nhôm đơn cao hơn phèn nhôm kép, nếu dùng 20 mg/L phèn nhôm đơn thì cung cấp khoảng 1,62 mg Al/L, trong khi dùng phèn nhôm kép chỉ cung cấp khoảng 1,14 mg Al/L.

Các hợp chất chứa nitơ trong nước bao gồm các muối vô cơ hòa tan (NH_3/NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) và vật chất hữu cơ hòa tan hay lơ lửng, phèn nhôm và phèn sắt có tác dụng làm giảm vật chất hữu cơ lơ lửng nên có thể làm giảm hàm lượng TN trong nước. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm cho thấy phèn nhôm và phèn sắt không có tác dụng làm giảm hàm lượng TN mặc dù độ đục có giảm sau khi xử lý hóa chất, có thể có 2 lý do để giải thích điều này: (i) hàm lượng nitơ hòa tan (muối vô cơ và hữu cơ hòa tan) trong nước thải từ ao nuôi cá tra chiếm tỉ lệ cao trong TN và hàm lượng hữu cơ lơ lửng chiếm tỉ lệ thấp cho nên khó tìm thấy sự khác biệt giữa nghiệm thức có xử lý và nghiệm thức không xử lý phèn nhôm và phèn sắt. Các nghiên cứu về chất lượng nước trước đây cho thấy hàm lượng TAN và NO_3^- trong nước ao nuôi cá tra khá cao, hàm lượng TAN có thể đạt 10 mg/L (Cao Văn Thích, 2008), hàm lượng trung bình xấp xỉ 20 mg/L (Lê Bảo Ngọc, 2004), đặc biệt có trường hợp NO_3^- cao đến 40 mg/L (Huỳnh Trường Giang, 2008); (ii) hàm lượng phèn nhôm và phèn sắt dùng xử lý nước còn thấp nên chưa đủ gây keo tụ các chất hữu cơ lơ lửng.

Cả hai loại phèn nhôm đều có hiệu quả rất tốt để làm giảm hàm lượng TP trong nước thải từ ao nuôi cá tra. Đối với phèn nhôm đơn hàm lượng xử lý cao nhất trong thí nghiệm (20 mg/L) có thể làm giảm từ 53-72% TP trong nước, nguồn nước ban đầu có hàm lượng TP khoảng 12,4 mg/L sau khi xử lý hàm lượng TP giảm xuống dưới 6 mg/L, thấp hơn giới hạn mức B của TCVN 5945-2005 và thấp hơn giới hạn của TCVN 6984-2001, nước sau khi xử lý có thể thải trực tiếp ra sông rạch có lưu lượng lớn hơn 50 m³/s. Đối với phèn nhôm kép thì hiệu quả làm giảm TP thấp hơn, với nồng độ xử lý cao nhất (20 mg/L) chỉ làm giảm TP 16,4-17,7%. Khi xử lý cùng nồng độ (20 mg/L) thì lượng Al cung cấp vào nước từ phèn nhôm kép là thấp hơn nên hiệu quả làm giảm TP của phèn nhôm kép thấp hơn phèn nhôm đơn. Cần nghiên cứu tăng liều lượng xử lý khi dùng phèn nhôm kép. Theo Auvray *et al.*, (2006) hàm lượng Al hiệu quả để làm giảm 90-95% TP là 2-5 mg Al/L

Hiệu quả làm giảm lân hòa tan của cả 2 loại phèn nhôm đều thấp. Ở nồng độ xử lý cao nhất, tỉ lệ giảm lân hòa tan là 1,17% đối với phèn nhôm đơn và 7,7% đối với phèn nhôm kép. Theo Crite *et al.*, (2006), dùng 75-100 mg/L phèn nhôm đơn có thể làm giảm 90% phosphate và 70 % COD. Có thể nồng độ xử lý của cả 2 loại phèn còn thấp nên không đủ để làm giảm lân hòa tan.

Khi hòa tan phèn nhôm vào trong nước, một ion Al^{3+} sẽ kết hợp với nước tạo thành $Al(OH)_3$ và giải phóng 3 ion H^+ . Do đó dùng phèn nhôm có thể làm giảm pH của nước. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm cho thấy pH thay đổi không đáng kể và vẫn còn nằm trong khoảng thích hợp cho thủy sinh vật. Có thể do nồng độ phèn xử lý còn thấp nên chưa gây ảnh hưởng lớn đến pH. Khi sử dụng phèn nhôm, hàm lượng Al^{3+} dư thừa cũng làm tăng hàm lượng nhôm trong nước. Tuy nhiên kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng Al tăng không đáng kể, hàm

lượng Al sau thí nghiệm vẫn còn thấp hơn giới hạn cho phép (0,2 mg/L). Hầu hết Al đã lắng trong quá trình keo tụ nên không làm thay đổi lớn hàm lượng Al trong nước.

Ngược lại với phèn nhôm, phèn sắt có tác dụng làm tăng độ đục của nước. Tinh thể phèn sắt có màu xanh nhạt, nhưng sau khi hòa tan vào trong nước chúng chuyển sang màu vàng cam làm dung dịch có màu. Chính vì lý do này đã làm tăng độ đục của nước sau khi xử lý phèn sắt.

Tương tự phèn nhôm, phèn sắt không có tác dụng làm giảm TN nhưng rất hiệu quả để làm giảm lân hòa tan và TP. Ở nồng độ xử lý cao nhất (20 mg/L), phèn sắt có tác dụng làm giảm 35,8-40,6% lân hòa tan và làm giảm khoảng 20% TP. Tuy nhiên, hàm lượng sắt tổng tăng lên dần theo nồng độ xử lý, ở nồng độ xử lý phèn sắt 5 mg/L thì hàm lượng sắt tổng đã vượt giới hạn cho phép (0,5 mg/L).

Hiện nay, mức thay nước trung bình ở hầu hết các hộ nuôi là 30%/ngày vào giai đoạn cuối vụ. Với mức độ thay nước nhiều như vậy, khó có biện pháp hiệu quả nào có thể xử lý nhanh nước thải trước khi thải ra môi trường ngoài biện pháp keo tụ. Nếu xử lý nước với chu kỳ mỗi mẻ là 12 giờ thì diện tích ao xử lý cần thiết là 15% diện tích ao nuôi. Cũng có thể rút ngắn thời gian xử lý xuống 6 giờ bằng cách tăng nồng độ hóa chất xử lý và như vậy thì diện tích ao xử lý có thể nhỏ hơn. Phèn nhôm hiện tại có giá từ 13.000-15.000 đ/kg, nếu áp dụng xử lý phèn nhôm với nồng độ 20 mg/L thì chi phí để xử lý nước là 260 đ/m³. Dùng phèn nhôm có thể xử lý nước nhanh, chi phí thấp nên có thể áp dụng cho việc xử lý nước thải từ ao nuôi cá tra thâm canh.

Khả năng lắng tự nhiên của vật chất dinh dưỡng trong nước thải từ ao nuôi cá tra cũng khá lớn, độ đục trong nghiệm thức đối chứng từ các thí nghiệm giảm từ 33,7-59,5%, TN giảm 11,7-24,3% và TP giảm 9,6-49,2%. Do đó, có thể dùng biện pháp lắng tự nhiên để làm giảm hàm lượng vật chất dinh dưỡng nhưng thời gian để lắng cần kéo dài hơn 24 giờ.

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Kết luận

- Phèn nhôm đơn ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) và phèn nhôm kép ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) đều có tác dụng tốt trong việc làm giảm độ đục, PO_4^{3-} và TP nhưng ít làm thay đổi pH và hàm lượng Al trong nước.

- Phèn sắt ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) cũng có tác dụng làm PO_4^{3-} và TP trong nước nhưng lại không làm giảm độ đục. Xử lý $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ làm tăng hàm lượng sắt tổng số trong nước.

- Ở nồng độ xử lý 20 mg/L, phèn nhôm đơn, phèn nhôm kép và phèn sắt chưa có hiệu quả làm giảm hàm lượng TN trong nước

- Sử dụng phương pháp lắng vẫn có thể làm giảm dinh dưỡng cũng như độ đục trong nước.

Đề xuất

- Tiếp tục nghiên cứu xử lý nước với phèn nhôm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ và $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ với nồng độ cao hơn.

- Cần nghiên cứu hiệu quả làm giảm hàm lượng vật chất lơ lửng (TSS) của nước thải từ ao nuôi cá tra thâm canh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Auvray F., E.D. van Hullebusch, V. Deluchat and M. Baudu (2006). Laboratory investigation of the phosphorus removal (SRP and TP) from eutrophic lake water treated with aluminium. Water Research Volume 40, Issue 14, August 2006, Pages 2713-2719.

APHA, AWWA and WEF (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. The 19th Edition. Publication office: American Public Health Association.

Boyd, C.E. (1990). Water quality in pond for aquaculture. Birmingham Publishing Co., Birmingham, USA. 482 p.

Bratby, J. (2006). Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment. IWA Publishing. 407p.

Crite, R.W and E.J. Middlebroods and S.C Reed (2006). Natural wastewater treatment systems. CRC Press. 552p.

Cao Văn Thích. (2008). Biến đổi chất lượng nước và tích lũy vật chất dinh dưỡng trong nuôi cá Tra thâm canh. Luận Văn tốt nghiệp cao học Nuôi trồng thủy sản. Khoa Thủy sản, Đại học Cần Thơ.

Ebeling, J.M. P.L. Sibrell, S.R. Ogden and S.T. Summerfelt. (2003). Evaluation of chemical coagulation–flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. Aquacultural Engineering. Volume 29, Issues 1-2, October 2003, Pages 23-42

<http://www.vnchannel.net>. (2009). ĐBSCL: diện tích nuôi cá tra giảm. (15/8/2009)

Huỳnh Trường Giang, Vũ Ngọc Út và Nguyễn Thanh Phương. (2008). Biến động các yếu tố môi trường trong ao nuôi cá Tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thâm canh ở An giang. Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ 2008(1): 1-9

Lê Bảo Ngọc. (2004). Đánh giá chất lượng môi trường ao nuôi cá Tra (*Pangasius hypophthalmus*) thâm canh ở xã Tân Lộc huyện Thốt Nốt, Thành Phố Cần Thơ. Luận văn tốt nghiệp cao học Khoa học môi trường. Khoa Nông Nghiệp, Đại học Cần Thơ.