

KHẢ NĂNG HẤP THỤ AMMONIA CỦA ZEOLITE TỰ NHIÊN TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC Ở CÁC ĐỘ MẶN KHÁC NHAU

Nguyễn Lê Hoàng Yến và Trương Quốc Phú¹

ABSTRACT

Zeolite is recently used extensively to reduce toxic gas such as ammonia (unionized ammonia, $N-NH_3$ and ionized ammonia, $N-NH_4^+$) in the intensive shrimp and fish ponds. However, the efficiency of zeolite is highly variable in different ecological conditions, particularly in different salinities. In order to determine the effects of salinity on ammonia absorption of zeolite, two experiments were undertaken in indoor and outdoor conditions, respectively. Each experiment consisted of six treatments, including 0, 5, 10, 15, 20 and 25‰ randomly designed in 500 L composite tanks without aeration during the experiment courses.

The results showed that zeolite performed well in freshwater with highest ammonia uptake, one gram zeolite has absorbed 0.12 mg TAN. The absorbability of ammonia tendentially decreased in increased salinities. However, increase of dissolved oxygen concentration and reduction of hardness after treating zeolite were observed. Saturation in ammonia absorption was recorded after twelve hours of application.

Keyword: Zeolite, TAN, absorability

Title: Ammonia absorbability of natural zeolite in different water salinities

TÓM TẮT

Trong nuôi tôm cá thâm canh, Zeolite được sử dụng nhằm mục đích làm giảm TAN (NH_3 và NH_4^+), trong môi trường. Tuy nhiên hiệu quả của Zeolite vẫn còn nhiều biến động ở các điều kiện sinh thái khác nhau. Thí nghiệm về ảnh hưởng của nồng độ muối lên khả năng hấp thụ TAN của Zeolite được thực hiện trong điều kiện phòng và ngoài trời nhằm xác định khả năng hấp thụ TAN của zeolite. Mỗi thí nghiệm gồm 6 nghiệm thức: 0, 5, 10, 15, 20 và 25‰.

Kết quả cho thấy zeolite có tác dụng hấp thụ TAN tốt nhất trong môi trường nước ngọt, 1g zeolite có khả năng làm giảm 0,12 mg TAN. Độ mặn càng cao tác dụng hấp thụ TAN của zeolite càng giảm. Zeolite có tác dụng làm tăng hàm lượng oxy hòa tan. Sau 12 giờ xử lí, zeolite không còn khả năng hấp thụ TAN.

Từ khóa: Zeolite, TAN, hấp thụ

1 MỞ ĐẦU

Trong nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là các mô hình nuôi thâm canh, chất lượng nước là một trong những nhân tố có ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe vật nuôi. Sau thời gian nuôi, các loại khí độc tích tụ ở nền đáy ao nuôi sẽ làm tôm cá chậm lớn, phát sinh dịch bệnh làm giảm tỉ lệ sống và năng suất nuôi. Để cải thiện tình trạng tích tụ khí độc ở đáy ao và chất lượng môi trường nước, các nhà khoa học đã nghiên cứu nhiều biện pháp khác nhau như sử dụng các biện pháp sinh học, sử

¹ Bộ môn Thủy sinh học ứng dụng- Khoa Thủy sản- Đại học Cần Thơ

dụng hóa chất, trong đó Zeolite hiện nay được các nhà nông ưa chuộng. Trong nuôi trồng thủy sản, có nhiều tác giả nhận định, Zeolite là một trong những sản phẩm có tác dụng tốt trong việc cải tạo môi trường nước, hấp thụ khí độc. Một lượng lớn Zeolite đã được sử dụng trong suốt vụ nuôi tôm cũng như cá. Zeolite có thể làm giảm lượng ammonium trong hệ thống tuần hoàn nuôi thủy sản nước ngọt đến 97% (<http://www.Zeolyst.com/html/faq.html>. 17/2/2005).

Tuy nhiên, Boyd (1995) đã đặt vấn đề về hiệu quả của việc sử dụng Zeolite, ông cho rằng khả năng hấp thụ NH_4^+ của Zeolite bị giảm thấp trong nước mặn và khả năng này càng thấp khi độ mặn càng tăng. Bên cạnh đó, có ý kiến cho rằng không thể sử dụng Zeolite trong các ao nuôi nước mặn để làm giảm hàm lượng Ammonia trong ao nuôi, (<http://www.fishdoc.co.uk/water/ammonia.htm>., 4/3/2005). Sự hấp phụ NH_4^+ của Zeolite bị kiềm chế mạnh bởi nồng độ cao các cation hòa tan trong nước lợ và các hóc của Zeolite bị nước lấp đầy nên không thể hấp phụ các loại khí được (GESAMP). Như vậy việc sử dụng Zeolite trong nước lợ là vấn đề cần quan tâm và nghiên cứu. **“Khả năng hấp thụ Ammonia của Zeolite tự nhiên trong môi trường nuôi trồng Thủy sản”** được thực hiện nhằm khảo sát khả năng hấp thụ khí NH_3 , cải thiện môi trường của Zeolite để từ đó có thể đề xuất khuyến khích sử dụng một cách có hiệu quả.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu gồm 2 thí nghiệm và tiến hành trong 2 điều kiện khác nhau. Thí nghiệm 1 tiến hành trong bể có thể tích 10lít/bể, không có nền đáy, bố trí trong điều kiện phòng. Thí nghiệm 2 tiến hành trên bể Composite 500lít, nền đáy cát bùn khoảng 10cm. Mỗi thí nghiệm gồm 6 nghiệm thức với các độ mặn khác nhau: 0, 5, 10, 15, 20, 25‰ được pha từ nước ót 90‰ và nước máy thành phố và bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên. Zeolite được sử dụng là Zeolite tự nhiên dạng hạt, có thành phần $\text{SiO}_2 > 70\%$ và sử dụng với liều lượng 15mg/L (theo khuyến cáo của nhà sản xuất). Cả hai thí nghiệm được tiến hành trong điều kiện không sục khí. Hàm lượng đạm ammonia được tạo ra trong mỗi bể ở thí nghiệm 1 và 2 bằng cách bổ sung NH_4Cl và bột cá có hàm lượng protein là 59% với liều lượng 1.96g một lần/ngày.

Theo Boyd (1998), lượng Nitrogen thể hiện ở dạng NH_4^+ cho phép trong ao nuôi thủy sản nằm trong khoảng 0.2 – 2 mg/L, do đó khi sử dụng một lượng dư bột cá bón vào bể, tảo sẽ phát triển sau 5 ngày. Hàm lượng TAN được kiểm tra hằng ngày vào lúc 14 giờ (thời gian pH và nhiệt độ tăng cao nhất trong ngày). Trong nuôi trồng thủy sản giới hạn tối ưu của khí ammonia < 0.1mg/L, tính độc của nó tăng khi pH và nhiệt độ tăng, do đó khi hàm lượng $\text{NH}_3 > 0.1\text{mg/L}$ hay thời điểm nhiệt độ và pH cao nhất trong ngày cùng với hàm lượng TAN lớn hơn 2mg/L, tiến hành xử lý Zeolite liều lượng 15 mg/L

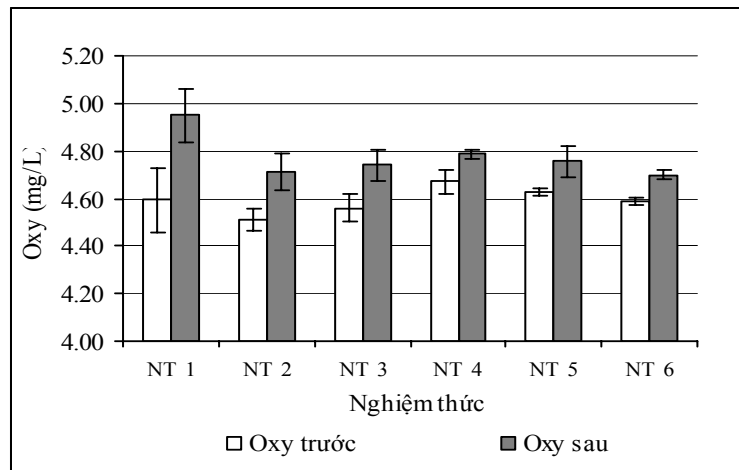
TAN được thu mẫu 2 giờ/lần sau khi xử lý Zeolite và được phân tích để xác định hàm lượng bằng phương pháp Indophenol-blue. Sự biến động Oxy trước và sau khi xử lý Zeolite 2 giờ được xác định bằng máy đo YSI-DO200

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thí nghiệm 1

3.1.1 Biến động Oxy trước và sau khi xử lý Zeolite 2 giờ

Sau khi xử lý Zeolite hàm lượng oxy ở tất cả các nghiệm thức đều tăng hơn so với trước đó tại thời điểm chưa xử lý (Hình 1). Hàm lượng oxy tăng cao nhất ở nghiệm thức 1 từ 4,59 tăng lên 4,95mg/L. Mặc dù sự gia tăng là không đáng kể nhưng khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với oxy trước khi xử lý Zeolite và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với nghiệm thức 2, 3, 5, 6. Theo quan sát khi xử lý Zeolite vào nước hiện tượng sủi bọt li ti xảy ra. Điều này có thể là do Zeolite có cấu trúc là những túi rỗng, bên trong có chứa không khí, khi tiếp xúc với nước, hiện tượng nước tràn vào lấp đầy khoảng trống đầy không khí khuếch tán ra ngoài gây nên hiện tượng sủi bọt giúp gia tăng lượng oxy hòa tan trong nước. Có thể vì đặc điểm của Zeolite là khả năng trao đổi ion và tính hấp thụ, nhờ đó mà tham gia vào quá trình tẩy uế, đảo nước và cung cấp oxy hòa tan cho cá và tôm nuôi (Chen Kong Jung, 1988) do vậy nhiều công ty, nhà sản xuất đã có khuyến cáo nên xử lý Zeolite lúc chiều tối nhằm gia tăng lượng oxy vào ban đêm cung cấp cho vật nuôi.



Hình 1: Biến động hàm lượng oxy trước và sau khi xử lý Zeolite 2 giờ-TN1

3.1.2 Biến động TAN: Total Ammonia Nitrogen

Với cùng hàm lượng TAN là 2mg/L ban đầu, sau khi xử lý Zeolite với liều lượng 15g/m², sau 2 giờ hàm lượng TAN bắt đầu giảm và giảm mạnh ở tất cả các nghiệm thức sau 4 giờ. Hàm lượng TAN ở nghiệm thức 1 giảm 42,2% còn 1,15mg/L sau 2 giờ, và giảm nhanh đến 82% (1,64mg/L) còn 0,36 mg/L sau 4 giờ xử lý Zeolite. Sau 12 giờ xử lý Zeolite, hàm lượng TAN nghiệm thức 1 đạt mức thấp nhất (còn 0,22 mg/L), giảm 88,9% (1,78 mg/L) so với ban đầu và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức khác (Bảng 1).

Hàm lượng TAN giảm một cách đáng kể ở các nghiệm thức 1, 2 có độ mặn lần lượt là 0, 5‰ và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với các nghiệm thức khác tại các thời điểm thu mẫu (Bảng 1). Các nghiệm thức có độ mặn từ 5 đến 25 ‰ có hàm lượng TAN giảm cao nhất tại thời điểm 8 giờ sau xử lý và khoảng thời gian sau khi xử lý Zeolite 8 giờ đến 16 giờ thì khả năng hấp thụ TAN của Zeolite bị suy giảm, hàm lượng TAN giảm đi gần như không thay đổi ở tất cả các nghiệm

thức qua các lần thu mẫu (Bảng 1). Độ mặn càng tăng hàm lượng TAN giảm đi sau khi xử lý Zeolite càng thấp và thấp nhất ở nghiệm thức 6 (độ mặn 25‰), sau 8 giờ xử lý Zeolite TAN suy giảm là 0,5 mg/L và khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P>0,05$) so với nghiệm thức 4, 5 có độ mặn là 15 và 20‰.

Bảng 1: Hàm lượng TAN (mg/L) giảm đi ở các nghiệm thức có độ mặn khác nhau - Thí nghiệm 1

Thời gian sau xử lý	4 giờ	8 giờ	12 giờ	16 giờ
Zeolite				
NT 1 (0‰)	1,64±0,04a	1,69±0,04a	1,78±0,01a	1,76±0,01a
NT 2 (5 ‰)	1,40±0,05 b	1,44±0,01 b	1,39±0,01 b	1,39±0,01 b
NT 3 (10‰)	0,96±0,11 c	0,79±0,04 c	0,79±0,01 c	0,79±0,02 c
NT 4 (15‰)	0,46±0,02 d	0,62±0,03 d	0,66±0,04 d	0,66±0,05 d
NT 5 (20‰)	0,56±0,08 d	0,61±0,01 d	0,61±0,01 de	0,61±0,01 de
NT 6 (25‰)	0,48±0,03 d	0,57±0,02 d	0,58±0,01 e	0,58±0,02 e

Các giá trị trong cùng một cột có cùng chữ cái thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P>0,05$)

Nghiệm thức 4, 5, 6 có độ mặn 15, 20, 25‰, sự biến động hàm lượng TAN khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Hàm lượng TAN giảm thấp nhất ở nước có độ mặn 25‰, sau 8 giờ giảm 28% và giảm 29% sau 14 giờ xử lý Zeolite. Nếu so sánh giữa nghiệm thức 1 và 6 thì hàm lượng TAN ở nghiệm thức 1 (0‰) có lượng TAN giảm cao nhất sau 12 giờ xử lý (1,78 mg/L) nhiều gấp 3 lần nghiệm thức 6 (28,8% hay 0,58 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa ($P<0,05$) so với các nghiệm thức khác.

Khi tiến hành thí nghiệm với hàm lượng Zeolite xử lý là 10mg/L trong nước có độ mặn từ 0 đến 30‰, Emadi et al, (2001) đã có kết luận, với độ mặn càng tăng thì khả năng trao đổi ion NH_4^+ của Zeolite càng giảm. Kết quả cho thấy đối với nước có độ mặn cao hơn 30‰, sử dụng Carbon hoạt tính sẽ có triển vọng nhiều hơn sử dụng Zeolite trong việc loại bỏ Ammonia. Bên cạnh đó, khả năng hấp thụ Ammonia của Zeolite càng giảm khi trong nước có nhiều ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ (Boyd, 1995). Theo <http://www.badgerminingcorp.com/asp/sb> (ngày 1/3/2005) thì Zeolite được sử dụng loại bỏ những khí độc trong trại giống, ao nuôi cá nước ngọt đạt hiệu quả rất tốt.

Như vậy, nước có độ mặn càng cao thì khả năng hấp thụ TAN của Zeolite càng giảm.

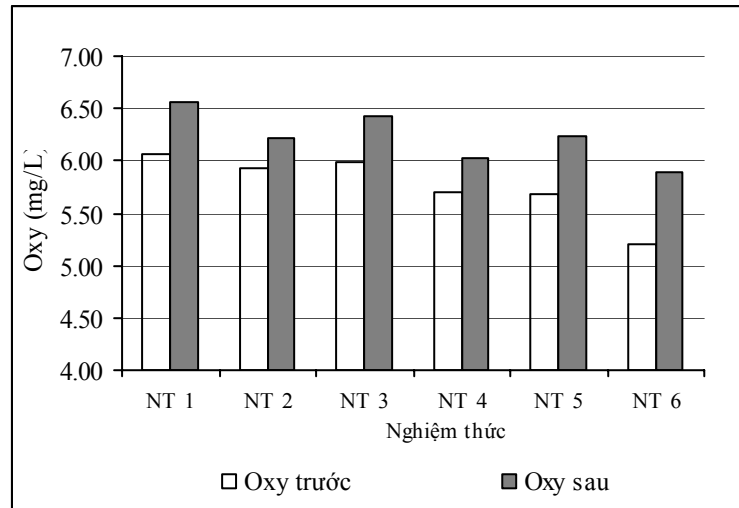
3.2 Thí nghiệm 2

3.2.1 Biến động Oxy trước và sau khi xử lý Zeolite 2 giờ

Do Zeolite được xử lý vào khoảng thời gian nhiệt độ và pH cao nhất trong ngày (14 giờ) nên sau 2 giờ xử lý Zeolite, lúc này cường độ ánh sáng cao giúp gia tăng quá trình quang hợp, đẩy nhanh sự gia tăng pH. Oxy tạo ra từ quang hợp cùng với sự khuếch tán của không khí từ những khoảng trống trong cấu trúc Zeolite do các phân tử nước tràn vào lấp đầy, do đó hàm lượng oxy tăng ở tất cả các nghiệm thức sau khi xử lý Zeolite. Mặc dù hàm lượng oxy tăng nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P>0,05$) ở tất cả các nghiệm thức.

Do mật độ tảo ở các nghiệm thức khác nhau nên ảnh hưởng đến hàm lượng oxy hòa tan ở các nghiệm thức. Hàm lượng oxy hòa tan tăng lên ở thí nghiệm này cao hơn hẳn ở thí nghiệm 1. Hàm lượng oxy hòa tan ở nghiệm thức 6 là thấp nhất tuy

nhiên lượng oxy tăng lên cao nhất (0,13 mg/L) so với các nghiệm thức còn lại sau khi xử lý Zeolite 2 giờ. Nguyên nhân có thể do nghiệm thức 6 có mật độ tảo thấp hơn các nghiệm thức khác nên trong quá trình xử lý Zeolite chìm xuống ít bị bao phủ bởi vật chất hữu cơ nên hàm lượng oxy thoát ra nhiều từ những hốc rỗng của phân tử Zeolite. Theo Reynolds và Williford (1987, 1988), khi xử lý Zeolite lắng xuống, nhanh chóng bị bao phủ bởi chất hữu cơ ở nền đáy, vật chất lơ lửng trong cột nước... làm giảm tỉ lệ hấp thu các ion của Zeolite trong cột nước.



Hình 2: Biến động oxy trước và sau khi xử lý Zeolite 2 giờ - Thí nghiệm 2

3.2.2 *Biến động TAN (Total Ammonia nitrogen)*

Sau khi xử lý Zeolite, TAN được theo dõi 2 giờ/lần và hàm lượng này đều giảm ở tất cả các nghiệm thức. Hàm lượng TAN giảm nhiều nhất và rõ nhất ở nghiệm thức 1 (60%), nghiệm thức có độ mặn 0‰, giảm ít nhất ở nghiệm thức 6 (10%), kể đến là nghiệm thức 5 (20%) so với nồng độ TAN ban đầu (Bảng 2)

Bảng 2: Hàm lượng TAN suy giảm ở các nghiệm thức sau khi xử lý Zeolite - Thí nghiệm 2

Thời gian sau xử lý Zeolite	4 giờ	8 giờ	12 giờ	16 giờ
NT 1 (0‰)	1,08±0,13a	1,29±0,17a	1,31±0,16a	1,32±0,16a
NT 2 (5 ‰)	1,01±0,36a	1,19±0,30a	1,27±0,37a	1,29±0,35ab
NT 3 (10‰)	0,78±0,17ab	0,95±0,07ab	1,18±0,25ab	1,20±0,23ab
NT 4 (15‰)	0,24±0,18 c	0,45±0,20 c	0,56±0,22 bc	0,67±0,27 bc
NT 5 (20‰)	0,36±0,04 bc	0,48±0,11 bc	0,53±0,11 c	0,53±0,13 c
NT 6 (25‰)	0,10±0,09 c	0,23±0,04 c	0,20±0,15 c	0,24±0,17 c

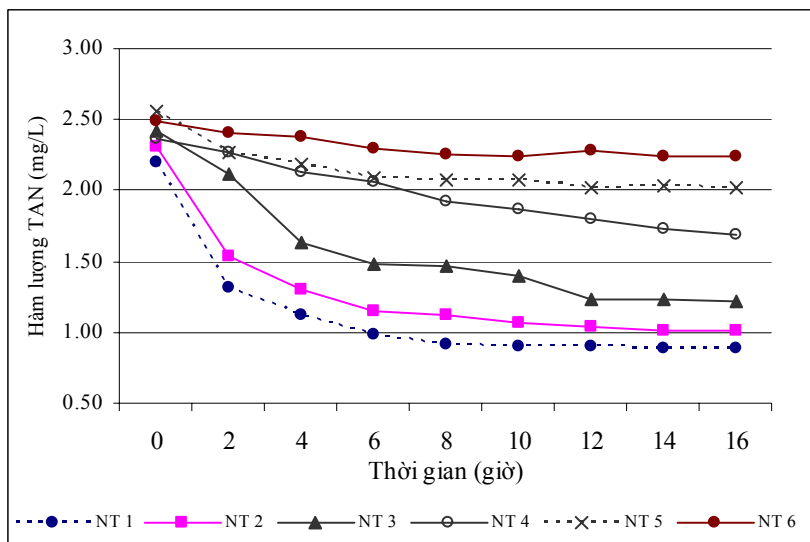
Các giá trị trong cùng một cột có cùng chữ cái thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê (P>0,05)

Sau 4 giờ xử lý Zeolite, lượng TAN giảm nhanh nhất ở nước ngọt (1,08mg/L) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức 4, 5, 6. Lượng TAN giảm chậm nhất là nghiệm thức có độ mặn cao nhất (25‰), sau 2 giờ lượng TAN giảm 3%, từ 2,48 mg/L giảm xuống 2,4 mg/L (Hình 3).

Sau khi xử lý Zeolite 16 giờ, hàm lượng TAN ở nghiệm thức 1 giảm 60% (1,32 mg/L), gấp 3 lần so với nghiệm thức 5 (giảm 20% hay 0,53 mg/L) và giảm gấp 6 lần so với nghiệm thức 6 (giảm 10% hay 0,24 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa thống

kê so với ba nghiệm thứ 4, 5, 6 (Bảng 2). Trong thí nghiệm hàm lượng TAN suy giảm với tỉ lệ thấp hơn tỉ lệ giảm TAN của thí nghiệm thẩm dò ở tất cả các nghiệm thứ. Đối với thí nghiệm thẩm dò, sau 4 giờ xử lý Zeolite, hàm lượng TAN giảm đến 82% ở nước ngọt gấp 2 lần sự suy giảm hàm lượng TAN ở nghiệm thứ 1 trong thí nghiệm này (giảm 49%). Trong điều kiện thí nghiệm, một lượng dư bột cá được bón vào làm gia tăng hàm lượng TAN trong nước và tạo ra thêm một lượng vật chất hữu cơ lắng tụ ở nền đáy. Đây chính là nguyên nhân gây nên sự kém hấp thu TAN của Zeolite. Theo Reynolds và Williford (1987, 1988), trong ao nuôi tôm thâm canh, lượng vật chất hữu cơ hòa tan tăng theo thời gian nuôi và làm giảm hiệu quả hấp thụ của Zeolite, bên cạnh đó khi xử lý Zeolite lắng xuống, nhanh chóng bị bao phủ bởi chất hữu cơ ở nền đáy, vật chất lơ lửng trong cột nước... nên tỉ lệ hấp thu các ion của Zeolite trong cột nước bị giảm.

Sự hấp thu TAN của Zeolite tăng dần và sau đó có khuynh hướng chậm lại sau khi xử lý Zeolite được 8 giờ. Sau 12 giờ, khả năng làm giảm TAN của Zeolite không còn, sự biến động hàm lượng TAN không đáng kể ở tất cả các nghiệm thứ. Hàm lượng TAN ở nghiệm thứ 1 (0‰) và nghiệm thứ 2 (5‰) là tương đương nhau và khác biệt không có ý nghĩa thống kê, tuy nhiên chúng khác biệt rất có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thứ còn lại ở tại các thời điểm thu mẫu.



Hình 3: Biến động TAN ở các độ mặn khác nhau sau khi xử lý Zeolite – TN2

Qua đánh giá bằng mắt thường sau khi xử lý Zeolite, lượng vật chất lơ lửng trong nước thí nghiệm giảm, nước trong, điều này rất phù hợp với kết quả của NACA (1994), môi trường nước sau khi xử lý Zeolite chất lượng nước được cải thiện, giảm hàm lượng chất rắn lơ lửng trong nước (Total Suspended Solid), đây có thể là nguyên nhân làm hàm lượng TAN giảm đi ở thí nghiệm này không cao.

Kết quả này phù hợp với kết quả của Emadi et al. (2001), sau khi xử lý Zeolite (dạng bột mịn) 4 giờ, TAN tiếp tục suy giảm hàm lượng nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Độ mặn có ảnh hưởng đến khả năng hấp thu TAN của Zeolite trong nước, các nghiệm thứ có độ mặn cao thì hàm lượng TAN suy giảm theo thời gian càng ít. Theo nhận định của GESAMP (2001), sự hấp phụ NH_4^+ của Zeolite bị kiềm chế mạnh bởi các cation hòa tan trong nước lơ lửng với nồng độ cao và các hốc rỗng của Zeolite bị nước lấp đầy nên không thể hấp phụ các loại khí được.

Tại thời điểm thu mẫu, với pH từ 8,2 đến 8,4 và nhiệt độ từ 30 đến 31°C thì hàm lượng NH₃ chiếm từ 12,32% đến 18,21% (Boyd, 1995). Như vậy khi sử dụng Zeolite, đối với nước ngọt (nghiệm thức 1) sau thời gian 16 giờ, xử lý Zeolite liều lượng 15mg/L, hàm lượng NH₃ giảm đi 0,24 mg/L (từ 0,4mg/L xuống còn 0,16mg/L). Các nghiệm thức có độ mặn càng cao thì lượng TAN mất đi càng thấp, do đó tỉ lệ NH₃ tồn tại trong môi trường giảm đi không đáng kể.

Như vậy, trong các mô hình nuôi thủy sản, Zeolite có khả năng hấp thụ TAN tốt nhất trong nước ngọt và nước có độ mặn càng cao thì khả năng này càng giảm

4 KẾT LUẬN

Zeolite tự nhiên có khả năng làm giảm TAN cao nhất ở môi trường nước ngọt. Qua thí nghiệm thăm dò, với hàm lượng ban đầu 2mg/L sau 16 giờ xử lý với liều lượng Zeolite 15 mg/L, TAN giảm 88% (1,76mg/L) còn 0,24 mg/L, tương đương 1g Zeolite làm giảm 0,12 mg TAN

Tác dụng của Zeolite càng giảm khi độ mặn càng tăng và hàm lượng vật chất hữu cơ lắng tụ ở nền đáy càng nhiều

Zeolite có tác dụng làm giảm TAN trong khoảng thời gian từ 8-12 giờ sau khi xử lý, trên khoảng thời gian trên hàm lượng TAN gần như không thay đổi. Do đó Zeolite nên được sử dụng trong trường hợp hàm lượng TAN tăng cao đột ngột

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Boyd. Claude.E, 1995. Water quality for Pond aquaculture. Department of Fisheries and Allied Aquacultures- Auburn University- Alabama. 428pp
- Boyd. Claude.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.37pp
- Chen Kong Jung, 1988. Kỹ thuật phân loại và sử dụng khoáng Daimetin (Zeolite) trong nuôi thủy sản.
- Emadi H., J. E. Nezhad and H. Pourbagher, 2001. In vitro comparison of Zeolite and Activated Carbon as Ammonia Absorbants in Fish Culture. In Naga, the ICLARM Quarterly. Vol.24, No 1&2
- GESAMP (nhóm hỗn hợp các chuyên gia về khía cạnh khoa học trong bảo vệ môi trường biển), 2001. Hướng tới việc sử dụng an toàn và hiệu quả các hoá chất trong nuôi trồng thủy sản ven biển. Các nghiên cứu và báo cáo của GESAMP. No 65
- <http://www.Zeolyst.com/html/faq.html>. (17/2/2005).
- <http://www.fishdoc.co.uk/water/ammonia.htm> (4/3/2005)
- <http://www.badgerminingcorp.com/asp/sb> (ngày 1/3/2005)
- NACA 1994, The environmental management of coastal aquaculture. An assessment of shrimp culture in Southern Thailand. Final report to the office of Environmental Policy and Planning, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, January 1994.
- Reynolds W.R. & C.W. Williford (1987) Zeolite ammonia removal from catfish pond waters. Report of the US Geological Survey Water Resources Division. Mississippi University. MS. 1987. 33 pp.
- Reynolds W.R. & C.W. Williford (1988) Zeolite ammonia removal from catfish pond waters. Report of the US Geological Survey Water Resources Division. Mississippi University. MS. 1988. 26 pp.