

GIỚI THIỆU

Tôm sú (*Penaeus monodon*) là đối tượng thủy sản có giá trị thương phẩm cao và cũng là đối tượng nuôi quan trọng của một số nước đang phát triển ở Châu Á như Trung Quốc, Ấn Độ, Thái Lan, Philippines, Việt Nam... và Nam Mỹ (Ecuador). Nghề nuôi tôm không chỉ góp phần lớn làm tăng kim ngạch xuất khẩu thủy sản cho các nước nêu trên mà còn có tác động tích cực đến quá trình phát triển kinh tế xã hội, cải thiện đời sống cho người nuôi thủy sản.

Hiện nay, nghề nuôi tôm nước lợ ở nhiều nước trên thế giới đã và đang chịu ảnh hưởng nghiêm trọng do môi trường nuôi ô nhiễm và dịch bệnh phát sinh, đặc biệt là mô hình nuôi tôm sú thâm canh. Hậu quả là có nhiều vùng nuôi tôm bị thất bại liên tục đã bị bỏ hoang, gây nên những tác động nghiêm trọng về kinh tế xã hội. Để hạn chế sự xâm nhập của mầm bệnh vào ao nuôi, đặc biệt là mầm bệnh virus đốm trắng (WSSV) và virus đầu vàng (YHV) các nhà khoa học đã nghiên cứu đề xuất mô hình nuôi tôm ít thay nước, mô hình này đang được áp dụng phổ biến hiện nay. Tuy nhiên, do ít thay nước nên chất lượng nước giảm rất nhanh, vật chất dinh dưỡng tích lũy về cuối vụ nuôi dẫn đến hiện tượng tảo nở hoa của các loài tảo Lam, tảo Giáp. Khi tảo phát triển quá mức (độ trong <25cm và chlorophyll-a >60µg/L) thường dẫn đến sự biến động của một số yếu tố chất lượng nước (pH, O₂, CO₂, NH₃...). Hơn nữa, tảo thường bị tàn sau khi phát triển quá mức cũng gây nên một số tác động xấu đến tôm như làm giảm hàm lượng oxy, tạo nên khí độc... Ngoài ra, thành phần loài tảo cũng có ảnh hưởng đến tôm, tảo Khuê thường phát triển vào đầu vụ nuôi chúng là thức ăn tốt cho tôm ở giai đoạn nhỏ, trong khi tảo Lam và tảo Giáp thường phát triển mạnh ở cuối vụ nuôi, chúng tiết độc tố gây ảnh hưởng đến sức khỏe và khả năng kháng bệnh của tôm.

Việc khống chế sự phát triển của tảo trong mô hình nuôi tôm ít thay nước rất khó khăn và cũng có vai trò quyết định đến sự thành công của mô hình. Để khống chế sự phát triển của tảo, hiện nay người nuôi sử dụng một số biện pháp như: dùng chất ức chế quá trình trao đổi chất (CuSO₄, Simazine...), chất oxy hóa mạnh (Chlorine, BKC, KMnO₄...), chất nhuộm màu... Tuy nhiên, việc dùng hóa chất để diệt tảo có thể tạo nên nguy cơ ô nhiễm môi trường (kim loại nặng – Cu, Mn...) và các hóa chất độc tồn lưu trong tôm (BKC, Simazine...) có thể ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu dùng. Biện pháp được xem là có hiệu quả làm giảm chất thải và duy trì màu nước đó là biện pháp sinh học (nuôi kết hợp tôm với cá rô phi). Biện pháp này được áp dụng trong vài năm gần đây ở các nước Philippines, Thái Lan, Ecuador với các hình thức kết hợp khác nhau như: Thả trực tiếp cá rô phi vào ao tôm với mật độ khoảng 0,1 con/m²; Nuôi cá rô phi trong lồng đặt giữa ao tôm với mật độ thả 10

con/m² lồng; Nuôi cá rô phi trong ao lắng tuần hoàn nước với ao tôm (Fitzsimmon, 2001).

Ở Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) nghề nuôi tôm sú thâm canh phát triển mạnh ở một số địa phương như: Sóc Trăng, Bạc Liêu, Bến Tre, Tiền Giang, Kiên Giang... Mô hình nuôi được áp dụng phổ biến là mô hình nuôi ít thay nước, hình thức nuôi tôm kết hợp với cá rô phi cũng bắt đầu được áp dụng. Cũng tương tự như nghề nuôi tôm thâm canh trên thế giới, việc làm giảm vật chất dinh dưỡng và khống chế sự phát triển của tảo cũng là mối quan tâm hàng đầu đối với người nuôi tôm ở Việt Nam nói chung và ở ĐBSCL nói riêng. Sự phát triển quá mức của tảo dường như có liên quan đến sự suy giảm chất lượng nước và quá trình phát sinh dịch bệnh virus trên tôm, các bệnh do virus đốm trắng, đầu vàng thường xuất hiện trong giai đoạn sau 1-2 tháng nuôi khi nguồn vật chất dinh dưỡng trong ao tăng cao, tảo bắt đầu phát triển mạnh. Chính vì thế, nghiên cứu này tập trung nghiên cứu nghiên cứu một số nội dung: (i) Khảo sát ảnh hưởng của việc nuôi ghép cá rô phi đối với chất lượng nước và chất thải trong ao nuôi; (ii) Khảo sát ảnh hưởng của việc nuôi ghép cá rô phi đối với sự phát sinh bệnh tôm trong ao nuôi; (iii) Đánh giá hiệu quả của các phương pháp nuôi ghép tôm - cá rô phi khác nhau ở hai mức độ nuôi công nghiệp (khoảng 20-35 PL/m²); (iv) Xây dựng mô hình nuôi ghép hiệu quả nhất về mặt kỹ thuật-kinh tế. Nghiên cứu này cũng nhằm làm cơ sở cho việc nghiên cứu tìm biện pháp khống chế sự phát triển của phytoplankton, cải thiện chất lượng nước, góp phần làm giảm rủi ro do dịch bệnh cho nghề nuôi tôm thâm canh.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1 SƠ LƯỢC CÁC HÌNH THỨC NUÔI TÔM.

Ở Châu Á nghề nuôi tôm He (Penaeidae) đã có từ lâu với mô hình nuôi truyền thống, năng suất thấp và chỉ tiêu thụ nội địa. Việc xuất khẩu sản phẩm tôm nuôi chỉ hình thành trong những năm giữa thập kỷ 70. Với những tiến bộ về kỹ thuật nuôi và công nghệ chế biến thức ăn thủy sản thì công nghiệp nuôi thủy sản bắt đầu phát triển mạnh ở những thập kỷ tiếp theo. Năm 1975, sản lượng tôm nuôi công nghiệp chỉ chiếm 2,5% tổng sản lượng tôm của thế giới, trong những năm của thập kỷ 90 sản lượng tôm nuôi công nghiệp đã tăng lên 30%. Ngày nay, sản lượng tôm nuôi chiếm 3-4% tổng sản lượng thủy sản nuôi nhưng chiếm 15% tổng giá trị của thế giới. Các nước châu Á như Thái Lan, Trung Quốc, Indonesia, Ấn độ, Việt Nam là những nước sản xuất tôm chủ yếu, sản xuất 80% sản lượng tôm và Nam Mỹ (chủ yếu là Ecuador) sản xuất khoảng 20% sản lượng. Khoảng hơn nửa sản lượng tôm là sản phẩm từ *Penaeus monodon*, ngoài ra còn có sản phẩm của các loài tôm khác như: *P. vannamei*, *P. indicus*, *P. merguensis*, *P. chinensis*. (Rönnbäck, 2001).

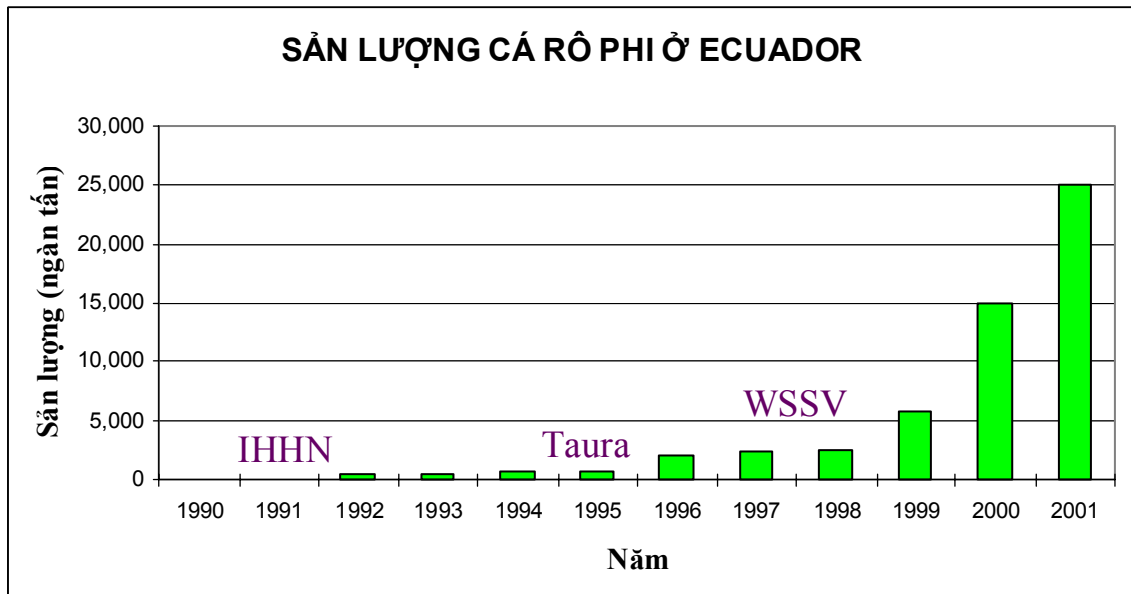
Có 5 hình thức nuôi với mức đầu tư khác nhau từ quảng canh truyền thống đến siêu thâm canh, nhưng về mặt kỹ thuật có thể chia thành 3 mức chung đó là quảng canh, bán thâm canh và thâm canh. Cách phân chia này dựa vào mật độ nuôi, mức độ đầu tư và trình độ kỹ thuật. Hình thức nuôi quảng canh thì con giống và thức ăn hoàn toàn từ tự nhiên, kỹ thuật thấp. Ở hình thức nuôi bán thâm canh, thâm canh đòi hỏi người nuôi phải kiểm soát được các thông số môi trường, đầu tư cao, trình độ kỹ thuật cao. Về mặt lý thuyết, năng suất tiềm năng của các hình thức nuôi quảng canh, bán thâm canh và thâm canh lần lượt là 0,6-1,5 tấn/ha, 2-6 tấn/ha và 7-15 tấn/ha. Tuy nhiên, năng suất thực thường thấp hơn nhiều do chất lượng nước kém, sự biến động của yếu tố khí hậu, thời tiết và đặc biệt là dịch bệnh. Năm 1999, năng suất nuôi tôm trung bình của thế giới là 0,65 tấn/ha với hình thức nuôi bán thâm canh là chủ yếu (Rönnbäck, 2001).

Quá trình phát triển nuôi tôm đã dẫn đến một số tác động xấu đến môi trường và tài nguyên: (i) sử dụng không hợp lý nguồn tài nguyên đất, nước, sinh vật; (ii) thải vật chất gây ô nhiễm môi trường (vật chất hữu cơ và hóa chất). Phát triển nuôi tôm có tác động đến môi trường là gián tiếp làm mất môi trường sinh sống của sinh vật. Theo Rönnbäck (2001), phát triển nuôi tôm cần diện tích rừng ngập mặn 22 lần lớn hơn diện tích nuôi tôm để làm sạch lượng chất thải thải ra từ các ao tôm. Trong khi đó, hiện nay hơn 50% diện tích rừng ngập mặn của thế giới bị phá hủy để xây dựng ao nuôi tôm, đây là nguyên nhân dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng trong nghề

nuôi tôm. Hiện tượng phát triển bùng nổ nghề nuôi tôm sau đó phá sản đã diễn ra như một quy luật ở nhiều quốc gia, đầu tiên xảy ra ở Đài Loan vào năm 1988, ở Trung Quốc vào năm 1994 (Chanratchakool, 2003). Các quốc gia có nghề nuôi tôm phát triển khác như Thái Lan, Indonesia và Ecuador cũng xảy ra hiện tượng tương tự 5-10 năm sau khi phát triển nghề nuôi tôm thâm canh. Các nhà nghiên cứu cho rằng có hai hình thức nuôi được xem là bền vững: (i) hình thức nuôi quảng canh, nuôi kết hợp; (ii) nuôi thâm canh, khép kín chu trình nuôi từ sản xuất giống đến nuôi thịt. Hình thức nuôi quảng canh và kết hợp do đối tượng nuôi đa dạng, ít tác động xấu đến môi trường nên ít khi xảy ra dịch bệnh. Nuôi thâm canh với quy trình kín cho phép người nuôi kiểm soát được dịch bệnh trong hệ thống nuôi và chất thải được xử lý trong hệ thống nuôi nên hạn chế tác động ô nhiễm môi trường xung quanh do chất thải (Rönnbäck, 2001).

Trên cơ sở đó các mô hình kín như mô hình nuôi ít thay nước, mô hình tuần hoàn hình thành và được giới thiệu vào năm 1994 ở Thái Lan. Trong quá trình phát triển nuôi tôm ở Thái Lan, để mở rộng diện tích người nuôi đã xây dựng ao nuôi sâu vào vùng nước ngọt (khoảng 100 km), lấy nước lợ từ các con sông để nuôi tôm từ đó hình thành nên mô hình nuôi tôm ở độ mặn thấp. Quá trình phát triển của mô hình này diễn ra mạnh mẽ vào những năm cuối của thập kỷ 90. Nuôi tôm ở độ mặn thấp cũng trên cơ sở ít thay nước nhưng do xa biển, hạn chế về nguồn nước mặn nên độ mặn rất thấp. Theo ước tính ở Thái Lan có khoảng 18.530 ha nuôi tôm ở độ mặn thấp, đóng góp khoảng 40% sản lượng tôm của Thái Lan (Szuster and Flaherty, 2002).

Một mô hình khác cũng xuất hiện trong khoảng thời gian này là mô hình nuôi tôm thâm canh kết hợp với nuôi cá. Kỹ thuật đã được thử nghiệm đầu tiên tại Philippines để sử dụng hiệu quả các vùng nuôi tôm bị bỏ hoang là chuyển các ao tôm bỏ hoang sang nuôi cá rô phi. Từ đó đã hình thành nên kỹ thuật nuôi kết hợp giữa cá rô phi với tôm nước lợ tại đảo Negros khoảng năm 1996, trước hết là nuôi luân canh tôm và cá, dần dần có thêm các hình thức khác như nuôi cá trong lồng đặt trong ao tôm, hay nuôi cá trong ao lắng (ao chứa nước cấp cho ao tôm). Trong vài năm gần đây, cá rô phi cũng được nuôi phổ biến trong các trại nuôi tôm tại các nước ở Tây bán cầu (Mexico, Ecuador và Peru), nhằm hạn chế dịch bệnh tôm và tận dụng cơ sở hạ tầng của các trại tôm nhằm tạo ra sản phẩm xuất khẩu (thịt cá rô phi fillet) trong điều kiện nuôi tôm không đạt hiệu quả, chính vì thế sản lượng cá rô phi tăng nhanh sau khi xảy ra dịch bệnh tôm ở Nam Mỹ (Hình 1). Hình thức nuôi phổ biến là nuôi luân canh tôm (tôm thẻ chân trắng, *Litopenaeus vannamei*) với cá rô phi, nuôi cá rô phi trong ao lắng/chứa nước và ao xử lý nước thải.



Hình 1. Sản lượng cá rô phi ở Ecuador tăng khi dịch bệnh xảy ra

Tại Thái Lan, theo kết quả điều tra của dự án PD/A CRSP năm 2002, việc nuôi kết hợp tôm nước lợ với cá rô phi đang trở nên phổ biến trong vài năm gần đây (Yang Yi & K. Fitzsimmons, 2002). Các hình thức nuôi kết hợp gồm: nuôi cá rô phi trực tiếp trong ao tôm; nuôi cá rô phi trong lồng hay đăng quàng lưới trong ao tôm; nuôi cá rô phi trong ao lắng - chứa nước cấp cho ao nuôi tôm; hình thức nuôi tôm luân canh với cá rô phi sau khi dịch bệnh xảy ra. Lý do mà người nuôi tôm áp dụng các mô hình này là nhằm cải thiện chất lượng nước, giảm chất thải, hạn chế dịch bệnh cho tôm nuôi và giảm sử dụng thuốc, hoá chất. Khi so sánh hiệu quả kinh tế, mô hình nuôi tôm kết hợp với cá rô phi cho kết quả cao hơn nuôi tôm đơn và cũng cao hơn nuôi luân canh tôm và cá rô phi.

Ở Việt Nam, nghề nuôi tôm đã có từ lâu với hình thức nuôi quảng canh truyền thống, nguồn giống và thức ăn hoàn toàn từ tự nhiên. Tuy nhiên, nghề nuôi lúc này chưa phát triển, sản xuất chỉ nhằm tiêu thụ gia đình và ở địa phương. Nghề nuôi mới chỉ phát triển mạnh vào cuối những năm của thập kỷ 80 khi sản phẩm tôm được xuất khẩu ra thị trường thế giới. Cùng với sự phát triển của nghề nuôi tôm, rừng ngập mặn bị phá dẫn đến nguồn giống tự nhiên bị giảm sút, lúc này người nuôi mới bắt đầu sử dụng giống nhân tạo thả bổ sung vào ao tôm từ đó hình thành hình thức nuôi tôm quảng canh cải tiến. Sau đợt dịch bệnh tôm vào năm 1994-1995, hình thức nuôi quảng canh truyền thống không còn hiệu quả và gần như được thay thế hoàn toàn bằng hình thức quảng canh cải tiến. Từ sau khi kỹ thuật nuôi tôm ít thay nước được giới thiệu vào Việt Nam vào năm 1996 (Trương Quốc Phú *et al.*, 1997) thì hình thức nuôi bán thâm canh và thâm canh mới bắt đầu phát triển, đặc biệt là sau khi chính sách chuyển đổi cơ cấu sản xuất của Chính phủ được ban hành. Kỹ thuật nuôi tôm ở độ muối thấp cũng được giới thiệu vào Việt Nam cuối

thập kỷ 90, theo Nguyễn Văn Vượng (2003) năm 2001 ở Bạc Liêu có 2.099 ha nuôi tôm ở độ muối thấp (0-5‰). Ngoài Bạc Liêu, các tỉnh khác như Sóc Trăng, Cà Mau, Kiên Giang đã chuyển đất trồng lúa trong vùng nhiễm mặn theo mùa sang nuôi tôm ở độ muối thấp. Nuôi tôm ở độ muối thấp được ứng dụng ở ĐBSCL với các mô hình nuôi luân canh Tôm-Lúa, bán thâm canh và thâm canh.



Hình 2. Ao nuôi tôm kết hợp với nuôi cá rô phi ở Thái Lan và Philippines

Trong thời gian gần đây, một số người nuôi tôm thâm canh ở Sóc Trăng, Tiền Giang... áp dụng mô hình nuôi ghép cá rô phi trong ao nuôi tôm thâm canh. Do tình cờ một số cá rô phi tự nhiên sống sót trong ao tôm, người nuôi thấy rằng trong ao có cá rô phi thì màu nước được duy trì ổn định hơn và ít tôm ít bị bệnh hơn và mô hình này bắt đầu được áp dụng (Yang Yi & K. Fitzsimmons, 2002).

2 VAI TRÒ CỦA TẢO TRONG MÔI TRƯỜNG AO TÔM THÂM CANH

Tảo là mắt xích đầu tiên trong chuỗi thức ăn của động vật thủy sản, mức độ phát triển của thực vật nổi là kết quả ảnh hưởng tổng hợp của nhiều nhân tố như cường độ chiếu sáng, nhiệt độ, các chất khí hoà tan, hàm lượng muối dinh dưỡng... do đó sự phát triển của tảo gắn liền với hàm lượng và thành phần muối dinh dưỡng trong nước. Khi hàm lượng muối dinh dưỡng cao thì tảo sẽ phát triển tạo điều kiện cho các nhóm thức ăn khác phát triển, gia tăng năng suất cá tôm. Trong giai đoạn tôm

còn nhỏ, thực vật nổi là nguồn thức ăn tự nhiên có chất lượng cao cho tôm nuôi, các giống tảo như: *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Tetraselmis*, *Isochrysis*... và các giống loài động vật nổi như Rotatoria, Copepoda... là những thức ăn sẵn có trong ao. Theo Wyban và Sweeney (1992), sức tiêu thụ thức ăn của tôm trong bể có tảo gấp hai lần trong bể nước sạch, thêm vào đó từ giai đoạn giống trở đi tôm he không bắt được tảo, nhưng chúng cũng là nguồn cung cấp carbon quan trọng thông qua các động vật phù sinh. Trong thí nghiệm của Anderson *et al.* (1987), trong ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Penaeus vannamei*) với mật độ thả 20 con/m² sử dụng 7 loại thức ăn có tỉ lệ C¹³/C¹² khác nhau đã xác định được rằng thức ăn nhân tạo chỉ cung cấp được 23-47% lượng carbon cho tăng trưởng của tôm, 53-77% carbon còn lại có nguồn gốc từ thức ăn tự nhiên trong ao.

Trong ao nuôi tôm, màu nước có tác dụng tích cực tới đàn tôm nuôi. Khi tảo trong nước quang hợp chúng sẽ cung cấp oxy cho ao, lượng oxy tăng sẽ góp phần làm giảm khí độc trong ao nuôi như H₂S, NH₃, CO₂... giúp tôm ăn khỏe và lột xác nhanh hơn. Tảo phát triển tốt còn có vai trò ngăn cản ánh sáng xuống tới đáy ao, hạn chế sự phát triển của các loài tảo đáy (Lab-lab và Macrophyte), loài tảo có hại cho ao tôm.

Tuy nhiên, khi tảo nở hoa là lúc chúng phát triển quá mức do bón phân quá liều và cho ăn quá dư thừa sẽ gây nhiều bất lợi cho ao nuôi tôm. Chúng làm nồng độ oxy hòa tan giảm rất thấp vào ban đêm (Trương Quốc Phú *et al.*, 1997). Mặt khác, khi chúng chết đi hàng loạt, gây ra hiện tượng tảo tàn, làm cho các yếu tố môi trường biến động lớn, quá trình phân hủy của xác tảo làm tiêu hao nhiều oxy hòa tan, phóng thích CO₂ và gây ra nhiều khí độc như H₂S, NH₃...

Hơn nữa, ở một số tảo có chứa độc tố trong cơ thể của chúng như các giống loài tảo thuộc ngành Pyrrophyta, Cyanophyta... Khi phát triển mạnh hoặc khi chết chúng tăng việc tiết ra độc tố vào môi trường gây chết tôm cá và cả con người. Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy một số tảo lam nước ngọt có nhiều độc chất ảnh hưởng đến gan (liver-toxic: hepatotoxic, microcystin), độc chất microcystin được tìm thấy trong tảo *Microcystis aeruginosa* và *M. viridis* và hệ thần kinh (neurotoxic), độc chất thần kinh anatoxin-a được tìm thấy ở *Anabaena Flos aquae* ở Canada và một số loài của giống *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermum* ở Scotland (Luuc *et al.*, 1990).

Chính vì những giá trị hữu ích cũng như tác hại của tảo nên việc theo dõi thường xuyên màu nước là hết sức quan trọng. Kiểm soát được mật độ của tảo là góp phần làm ổn định các yếu tố chất lượng nước và có ý nghĩa quyết định đến thành công trong nuôi tôm.

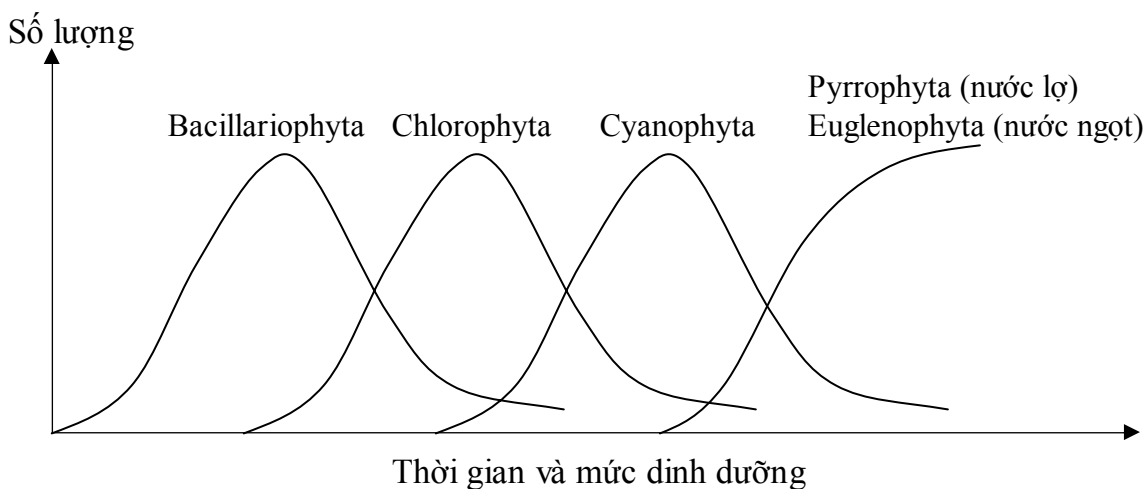
3 MỘT SỐ NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN ĐẾN TẢO

Trong các ao cá ở vùng Nam Mỹ thì nhóm tảo Lục (Chlorophyta) và tảo Lam (Cyanophyta) thường phát triển ưu thế (Boyd, 1973; Boyd & Scarsbrood, 1974; Boyd, Brown and Bayne, 1983; Tucker và Lloyd, 1984). Theo Boyd (1973), trong các ao có bón phân và cho ăn ở trường Đại học Auburn tảo Lục và tảo Lam chiếm hơn 90% trong suốt mùa hè, kể đến là tảo Vàng và tảo Khuê, còn tảo Mắt, tảo Giáp thì ít gặp.

Theo Lan *et al.* (2003), trong các ao nuôi kết hợp có bón phân ở xã Tân Phú Thạnh-Cần Thơ, tảo phát triển với 4 nhóm ngành chính: tảo Lục, tảo Mắt (Euglenophyta), tảo Khuê (Bacillariophyta) và tảo Lam trong đó tảo Lục (33-38,4%) và tảo Mắt (24,2-36,9%) chiếm ưu thế.

3.1 Sự phát triển nối tiếp nhau của quần thể phytoplanton

Theo Lewis (1978), nghiên cứu trên hồ Lanao ở Philippines thấy rằng, khi môi trường có dinh dưỡng thấp, thông thường tảo Khuê và lớp tảo Giáp trần phát triển trước tiên. Khi các chất dinh dưỡng tăng, tiếp nối sẽ là tảo Lục đến tảo Lam và sau đó là lớp tảo Giáp hai roi (Hình 3).



Hình 3: Sự phát triển kế tiếp nhau của các quần thể tảo

Theo nghiên cứu của Sze (1981), trên sông Potomac, quần thể tảo phát triển dọc theo dòng chảy, tảo Khuê có kích thước nhỏ với tốc độ sinh trưởng nhanh phát triển ở đầu nguồn nơi có dòng chảy mạnh có ít chất dinh dưỡng, kế tiếp chúng được thay thế bởi nhóm tảo có tốc độ sinh trưởng chậm hơn là tảo Khuê kích thước lớn hơn và tảo Lục, cuối cùng nơi có dòng chảy chậm mang nhiều chất dinh dưỡng thì tảo Lam phát triển. Thí nghiệm ương tôm Sú trên bể đặt ngoài trời cũng cho thấy trong suốt 30 ngày sự phát triển của tảo theo trình tự tảo Khuê, tảo Lục sau cùng là tảo Lam. Tảo Khuê phát triển từ ngày thứ 1 và đạt cực đại ở ngày thứ 5 sau đó giảm

dần và thấp nhất ở ngày thứ 9 kéo dài về sau; tiếp đó là sự phát triển mạnh của tảo Lục, chúng đạt cực đại ở ngày thứ 8-9, quần thể tảo sau đó được thay thế bởi tảo Lam sinh lượng của chúng đạt cực đại ở ngày thứ 10-11. Đồng thời thí nghiệm trên cũng cho thấy hàm lượng ammonia và nitrite thấp từ ban đầu và có chiều hướng tăng dần về cuối thí nghiệm.

3.2 Tốc độ phát triển của các nhóm tảo

Theo Hoogenhout & Ames (1965); Reynolds (1984) tốc độ phát triển của tảo Lam luôn luôn kém hơn các nhóm tảo khác. Ở nhiệt độ 20°C, ánh sáng bảo hòa, trong một ngày phần lớn tảo Lam có hệ số phân đôi từ 0,3-1,4, trong khi đó ở tảo Khuê là 0,8-1,9 và ở tảo Lục đơn bào là 1,3-2,3

Với tốc độ phát triển chậm nên tảo Lam thường nở hoa sau các nhóm tảo khác. Theo Reynolds (1997), việc hiểu rõ và xác định tốc độ phát triển của các nhóm tảo đặc biệt là nhóm tảo Lam với các điều kiện thực nghiệm khác nhau thì rất hữu ích cho giải pháp kiểm soát sự phát triển của nhóm này.

3.3 Sự ổn định mật độ của quần thể tảo Lam so với các tảo khác.

Ngoại trừ tảo Lam, các nhóm tảo khác bị ăn bởi các nhóm *Copepoda*, *Daphnia* và *Protozoa*, trong khi đó tảo Lam chỉ bị tấn công bởi virus, vi khuẩn và antinomycetes mà các nhóm này có ít và luôn bị hạn chế trong các thủy vực nuôi. Như vậy, vì có ít kẻ thù và khả năng tự phục hồi quần thể tránh sự lắng đọng cao nên mặc dù tảo lam có tốc độ phát triển chậm nhưng tốc độ suy giảm của quần thể thấp và có sự ổn định mật độ quần thể cao hơn các nhóm tảo khác.

Theo Roberts & Zohary (1987), ở nhiệt độ trên 25°C phần lớn tảo Lam có tốc độ phát triển cao nhất, nhiệt độ này cao hơn nhiệt độ tối ưu của nhóm tảo Lục và tảo Khuê. Điều này giải thích tại sao phần lớn tảo Lam nở hoa trong suốt mùa hè.

3.4 Ảnh hưởng của các yếu tố dinh dưỡng lên sự phát triển của tảo.

Sự nở hoa của tảo có thể được kiểm soát thông qua việc xác định chất dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của chúng. Thêm vào đó, điều cơ bản cho sự phát triển của tảo Lam và các loài tảo khác trong thủy vực là sự phú dưỡng mà chủ yếu là các nhân tố phospho, nitơ và ánh sáng.

3.4.1 Khả năng lưu trữ chất dinh dưỡng của tảo

Khả năng lưu trữ các chất dinh dưỡng trong cơ thể tảo có liên quan mật thiết đến khả năng duy trì sinh khối của tảo trong thủy vực. Các yếu tố quyết định đến sinh khối và khả năng duy trì quần thể tảo bao gồm:

- Hàm lượng nitơ (N) và phospho (P) căn bản sẵn có trong thủy vực.
- Cường độ ánh sáng chiếu vào thủy vực.
- Khả năng lưu trữ này cao hay thấp.

Trong cùng một thời điểm, dường như chỉ cần hạn chế 1 trong 3 nhân tố trên là có thể giới hạn sinh khối của tảo. Các yếu tố giới hạn cho sự phát triển của tảo thường thay đổi theo vị trí địa lý và theo thời gian, thí dụ ở nơi có vĩ độ cao (vùng ôn đới, hàn đới) cường độ chiếu sáng vào nước thay đổi liên quan đến góc tới và độ dài của ngày. Ở vùng nhiệt đới cường độ chiếu sáng và nước thường thay đổi liên quan đến độ đục của nước. Trong suốt mùa đông hoặc trong vực nước đục, ánh sáng luôn là nhân tố giới hạn, trong lúc này hàm lượng nitơ và phospho luôn đầy đủ cho sự phát triển của thực vật. Khi cường độ ánh sáng gia tăng trong mùa xuân hoặc khi thủy vực trở nên trong hơn, các nhóm tảo bắt đầu phát triển cho đến khi các nguồn dinh dưỡng hoàn toàn cạn kiệt. Nếu hàm lượng chất dinh dưỡng cao, tảo sẽ phát triển mạnh làm độ đục gia tăng và lúc này ánh sáng trở thành nhân tố giới hạn sự phát triển của tảo.

Theo Round (1975), bất kỳ một nhóm ngành tảo nào phát triển chiếm ưu thế đều liên quan đến khả năng dự trữ nitơ và phosphorus. Tỷ lệ khối lượng của các chất dinh dưỡng trong cơ thể tảo cũng được Round xác định trong điều kiện thực nghiệm là C:H:O:N:P bằng 42:8,5:57:7:1

3.4.2 Hydrogen, oxygen và Carbon

Trong các thành phần nêu trên, hydrogen và oxygen đương nhiên không thể là nhân tố giới hạn cho sự phát triển của tảo trong thủy vực. Hydrogen và oxygen sẵn có trong thủy vực ở dạng hợp chất H_2O , CO_2 chúng được tiêu thụ bởi quá trình quang hợp, sự tiêu thụ CO_2 hòa tan làm tăng quá trình khuếch tán CO_2 từ không khí vào trong nước để bù vào. Trong thủy vực nước mềm (độ kiềm HCO_3^- thấp) thì hàm lượng CO_2 thấp nên hạn chế sự phát triển của tảo. Tuy nhiên, theo Reynolds (1997) môi trường với điều kiện nước mềm chỉ tồn tại tạm thời cho nên không thể sử dụng yếu tố này để hạn chế sự phát triển của tảo.

Theo Schindler *et al.* (1972), carbon không là nhân tố giới hạn sự phát triển của tảo. Tuy nhiên, cũng có nhiều ý kiến ngược lại cho rằng tảo chỉ sử dụng khoảng 50% CO_2 có trong không khí cho quá trình quang hợp. Theo ước tính CO_2 khuếch tán từ không khí chỉ đủ để tảo phát triển với tốc độ 2mg trọng lượng khô/lít/ngày ở độ sâu 1,7m (King & Novak, 1974; Boyd, 1973).

Theo Ball (1945); Moyle (1946); Reagan & Allen (1960); Turner (1960); Hayes & Anthony (1964) nghiên cứu ở các thủy vực tự nhiên không có bón phân hoặc không bị ô nhiễm do tác động của con người cho thấy năng suất sinh học sơ cấp của thủy vực tăng khi độ kiềm tăng nhưng không có nghĩa là độ kiềm tăng thì dẫn tới nồng độ carbon tăng và vì vậy năng suất sinh học sơ cấp của thủy vực tăng. Năng suất sinh học sơ cấp của thủy vực có mối tương quan chặt chẽ đối với hàm lượng nitơ và phospho nhiều hơn là sự khác biệt của nồng độ CO_2 và độ kiềm. Theo Boyd

(1974) không có mối tương quan giữa độ kiềm với năng suất sinh học của tảo trong ao cá bón phân có độ kiềm từ 20ppm-120ppm. Nhưng cũng ở những ao cá có bón phân có độ kiềm từ 0-20ppm thì năng suất sinh học sơ cấp tăng khi độ kiềm tăng, điều này có nghĩa là khi độ kiềm tăng dần đến 20ppm dẫn đến tăng nguồn cung cấp carbon cho việc quang hợp của tảo và thông qua việc bón phân làm tăng phosphate sẵn có trong thủy vực giúp cho tảo phát triển.

3.4.3. Nitơ

Nitơ có thể đi vào thủy vực từ đất, hoặc từ sự cho ăn quá dư thừa, và từ việc phân hủy chất thải hữu cơ trong thủy vực. Tảo lấy nitơ hòa tan vô cơ ở dạng nitrate, nitrite và ammonia. Theo Reynolds (1997), trong những vùng đất acid, nitơ được xem là nhân tố chủ yếu để giới hạn sự phát triển của tảo. Tuy nhiên, cũng có nhiều ý kiến không xem nitơ là yếu tố giới hạn sự phát triển của tảo Lam vì một số giống loài tảo Lam (*Anabaena*, *Aphanizomenon*...) có thể lấy nitơ từ không khí để bù vào sự thiếu hụt nitơ cho quá trình phát triển của chúng, nhưng những giống loài này lại chỉ xuất hiện khi môi trường dư thừa nitơ. Quan trọng hơn quá trình cố định nitơ đòi hỏi năng lượng ánh sáng cao và sẽ không có hiệu quả khi thủy vực bị đục do mật độ tảo quá dày bởi hiện tượng nở hoa.

3.4.4. Phospho

Cũng giống nitơ, phospho có từ việc phân hủy chất thải hữu cơ ở nền đáy thủy vực, dạng phosphate sinh học sẵn có nó gắn kết với với keo đất chặt hơn nitrate. Vì vậy, nguồn phospho chủ yếu đi vào thủy vực là từ đất như đất bề mặt bị rửa trôi và sự xói mòn. Mặc dù tỉ lệ P:N cần thiết cho sinh khối tảo phát triển chỉ là 1:7 nhưng phospho cần hơn nitơ và nó là nhân tố giới hạn sự phát triển của tảo. Tảo lam và nhiều giống loài tảo có khả năng thu nhận và dự trữ phosphate cho cơ thể chúng. Chúng có thể chứa phosphate đủ cho 3-4 lần phân chia, kết quả là 1 tế bào có thể phân chia thành 8-16 tế bào mà không cần thu nhận phosphate và sinh khối của chúng có thể tăng gấp 10 hoặc hơn nữa khi phosphate hòa tan hầu như cạn kiệt. Vì nguyên nhân này, nên không thể dựa vào nồng độ lân hòa tan mà dự đoán sự phát triển của sinh khối tảo.

Phospho trong các thủy vực tự nhiên có rất ít, chỉ có nhiều ở một số thủy vực như: các vùng đất thấp cửa sông, một vài hồ tạo ra bởi núi lửa và mạch nước ngầm. Hơn nữa, kiểm soát phospho đi vào vực nước dễ dàng hơn là kiểm soát nitơ, bởi vì phương pháp hạn chế phosphorus từ chất thải nội tại thì đơn giản và tốt hơn kiểm soát nitơ thông qua quá trình nitrate và khử nitrate. Hơn nữa, việc hạn chế nitơ lại có thể được đền bù bởi quá trình cố định nitơ từ không khí bởi nhóm tảo Lam trong khi không có cơ chế đền bù phospho.

Trong phần lớn các thủy vực, phospho và nitơ là 2 nhân tố dinh dưỡng quan trọng giới hạn sự phát triển của tảo mà trong đó phần lớn người ta dùng Phospho làm nhân tố giới hạn chủ yếu (Hutchison, 1967; Edmondson, 1969; Lee, 1970). Một nghiên cứu về nhân tố dinh dưỡng giới hạn sự phát triển ở tảo trên 49 hồ ở Mỹ cho thấy Phospho là nhân tố giới hạn ở 35 hồ trong khi nitơ là nhân tố giới hạn chỉ ở 8 hồ và các yếu tố dinh dưỡng khác thì giới hạn 6 hồ còn lại. Cũng trong nghiên cứu trên cho thấy trong nước ngọt, Phospho thường được dùng nhiều hơn nitơ để giới hạn sự phát triển của tảo, nhưng cả hai yếu tố dinh dưỡng Phospho và Nitơ đều được xem là nhân tố giới hạn tảo ở môi trường nước mặn.

Theo McVea & Boyd (1975), Phospho rất quan trọng đối với các ao nuôi cá ở nước ngọt. Nghiên cứu của họ cho thấy, có một mối tương quan chặt chẽ giữa nồng độ orthophosphate và chlorophyll-a trong 12 ao nuôi có bón phân. Tương tự, trên ao nuôi có bón phân cũng cho thấy mối tương quan thuận giữa nồng độ orthophosphate và năng suất sinh học sơ cấp của thủy vực. Tảo ở các ao bón cả hai loại phân phospho và nitơ phát triển ít hơn ở các ao chỉ bón phospho. Phiêu sinh thực vật của 53 ao không có bón phân ở Alabamagia tăng khi nồng độ orthophosphate gia tăng nhưng chúng không tăng khi nồng độ TAN và NO_3 tăng. Có thể nitơ vô cơ được giải phóng từ sự phân hủy của nitơ trong bản thân tảo lam là nguồn cung cấp nitơ cho các tảo khác phát triển (Boyd, 1973).

3.4.5. Tỷ lệ N:P và tảo lam

Theo Schindler (1977) và Smith (1983), việc xác định tỷ lệ nitơ:phospho là quan trọng để biết được khi nào tảo Lục hoặc tảo Lam phát triển vào mùa hè. Một cách tổng quát, tế bào tảo đòi hỏi khoảng 10-15 nguyên tử nitơ cho mỗi nguyên tử phospho. Khi N:P cao, tức phospho của môi trường thấp, tế bào đòi hỏi cung cấp phospho, lúc này tảo lục chiếm ưu thế hơn các nhóm khác bởi khả năng sinh trưởng cao hơn của chúng. Khi tỷ lệ N:P thấp một số tảo Lam có thể phát triển mạnh vì chúng có khả năng tổng hợp nitơ của khí trời.

Seymour (1980), đề nghị thay đổi tỷ lệ nitơ:phospho để ngăn chặn sự phát triển của tảo Lam. Tuy nhiên theo Smith (1988), điều này chỉ có tác động đến thành phần giống loài của tảo mà ít có tác động cải thiện tình trạng thiếu oxy do sự nở hoa của chúng gây nên. Tảo Lam dường như chết đột ngột nhiều hơn và gây nên mùi hôi hơn các tảo khác, cho nên việc tìm ra tỷ lệ nitơ:phospho để ngăn chặn sự phát triển của tảo Lam thì cần thiết.

Theo báo cáo của Shillo (1965) khi nghiên cứu ở hồ Canada cho thấy khi bón nitơ từ 7-18g/m³/tuần, hoàn toàn loại được tảo Lam, đồng thời tảo Lục và tảo Khuê sẽ

thay thế. Tuy nhiên, ở những ao nuôi thủy sản luôn có nồng độ nitơ vô cơ cao sẽ có tảo Lam phát triển mạnh.

Theo Luuc *et al.* (1999), tảo Lam có mối liên hệ chặt chẽ với nồng độ nitơ và phospho trong thủy vực hơn là các loại tảo khác. Điều này có nghĩa là chúng có thể cạnh tranh mạnh hơn các nhóm tảo khác ở điều kiện môi trường phospho và nitơ bị giới hạn. Hơn nữa, tảo Lam có khả năng dự trữ phospho một cách đáng kể, chúng có thể chứa đủ lượng phospho để thực hiện việc phân chia từ 2 đến 4 tế bào, điều này tương ứng với việc gia tăng sinh khối của chúng gấp 4-32 lần. Tỷ lệ nitơ:phospho thấp có lẽ thuận lợi cho sự nở hoa của tảo Lam. Theo Schreurs (1992), tỷ lệ tối ưu N:P của nhóm tảo có nhân thật (16-23 phân tử N:1 phân tử P) với tỷ lệ tối ưu N:P của nhóm tảo tiền nhân (10-16 phân tử N: 1 phân tử P), tỷ lệ này cho tảo Lam là thấp hơn các nhóm tảo khác.

3.5 Một số biện pháp khác hạn chế sự phát triển của tảo

Trong hầu hết các mô hình nuôi thủy sản, đặc biệt là các mô hình nuôi thâm canh thì vấn đề gây màu nước rất quan trọng nó góp phần quyết định tỷ lệ sống cũng như sức tăng trưởng của tôm cá. Tuy nhiên, nếu tảo phát triển quá mức cho ta biết ao nuôi bón phân quá nhiều hoặc chế độ cho ăn chưa hợp lý kết quả là chất lượng nước ao giảm do các trở ngại bởi sự bùng nổ của tảo gây nên. Cho nên, một số biện pháp kỹ thuật cần được đặt ra để cải thiện chất lượng nước ao, hạn chế sự phát triển quá mức của tảo và duy trì chúng ở mức độ cho phép.

3.5.1 Biện pháp vật lý

Dùng cào hoặc lưới kéo để di chuyển tảo sợi, tảo đáy và lấy vật chất hữu cơ dư thừa lắng đọng ra khỏi ao. Việc này giúp hạn chế sự phát triển của tảo cũng như hạn chế quá trình phân hủy của chúng gây thiếu oxy và giảm chất lượng nước trong ao. Mặt khác việc này cũng làm ao sâu hơn ngăn cản sự xâm nhập của ánh sáng tới đáy ao hạn chế sự phát triển của tảo đặc biệt là tảo đáy.

3.5.2 Biện pháp sinh học

Sự phát triển của tảo cũng bị ảnh hưởng bởi sự phát triển của thực vật thủy sinh thượng đẳng bởi vì những thực vật này cạnh tranh chất dinh dưỡng với tảo. Mặt khác, thực vật thủy sinh thượng đẳng nổi ở trên bề mặt ao như bèo, lục, rau muống... ngăn cản ánh sáng chiếu vào ao làm hạn chế sự phát triển của tảo. Lục bình (*Eichhornia crassipes*) có thể hấp thụ 3,4 kg nitơ/ha/ngày và 0,43kg phospho/ha/ngày. Theo McVea và Boyd (1975), với các mức độ che phủ bề mặt ao khác nhau của lục bình là 0-5-10 và 25%, do lục bình cạnh tranh ánh sáng và phospho với tảo cho nên ở các ao 10-25% tảo ít nở hoa hơn các ao 0-5%. Các nghiên cứu khác trên lục bình hoặc các thực vật thủy sinh thượng đẳng khác cũng

cho thấy sự cạnh tranh chất dinh dưỡng và ánh sáng làm tảo không nở hoa, điều này có thể ứng dụng nhiều cho các ao nuôi vùng nhiệt đới.

Một biện pháp sinh học khác là sử dụng cá ăn thực vật để hạn chế sự phát triển của tảo. Có thể sử dụng cá trắm cỏ để góp phần hạn chế sự phát triển của tảo sợi. Theo kết quả điều tra của dự án PD/A CRSP của Thái Lan năm 2002, việc nuôi tôm kết hợp với cá rô phi đang phổ biến để nhằm cải thiện chất lượng nước trong ao nuôi tôm (Yang Yi & Fitzsimmons, 2002). Trong hệ thống nuôi kết hợp này cá rô phi lọc thức ăn gồm tảo, động vật phù du và các chất hữu cơ lơ lửng giúp ổn định quần thể tảo trong ao nuôi tôm.

3.5.3 Biện pháp hóa học

Khi sử dụng biện pháp này cần chú ý đến loại hóa chất sử dụng về liều lượng, thời gian tồn lưu của hóa chất đó trong nước cũng như những ảnh hưởng của nó đến thủy sinh vật và con người. Một số các hóa chất được dùng để hạn chế sự phát triển của tảo là: thuốc diệt tảo, chất nhuộm màu nước và những hợp chất kiềm hãm sự phát triển của các chất dinh dưỡng chủ yếu là kết tủa phospho.

Các chất kết tủa phospho

Theo Welch (1980) (được trích dẫn bởi Boyd, 1990), để hạn chế sự phát triển của tảo ở các thủy vực nước mềm có thể sử dụng sulphat nhôm ($Al_2(SO_4)_3$) nhằm kết tủa phospho. Theo Wu và Boyd (1990) (được trích dẫn bởi Boyd, 1990), sulphat canxi ($CaSO_4$) cũng có khả năng kết tủa phospho. Ngoài ra, các chất sau đây đều có thể kết tủa phosphorus như: $Ca(OH)_2$, $CaHCO_3$, $CaCO_3$, $CaSO_4$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ (Prepas *et al.* 2001).

Các muối sắt: sử dụng các muối sắt có tác dụng kết tủa tốt phospho, nhưng không nên tiếp xúc trực tiếp vì chúng có tính acid rất mạnh. Phức hợp sắt-phospho chỉ bền với điều kiện có oxy, vì vậy khi sử dụng các muối sắt phải sục khí liên tục tránh việc phospho trở lại dạng hòa tan trong môi trường thiếu oxy. Bởi vì tính biến đổi của các ion Fe, cần phải dùng thường xuyên và định kỳ. Mặt khác trong một vài hệ thống, sắt có lẽ là nguyên tố vi lượng, trong trường hợp như vậy sử dụng muối sắt lại kích thích sự phát triển của tảo (Prepas *et al.* 2001).

$Al_2(SO_4)_3$: là chất hòa tan kém ở điều kiện pH môi trường trung tính hoặc cao, nhưng nó có thể làm giảm pH trong nước có hệ đệm thấp điều này dẫn đến việc hòa tan nhôm và gây độc.

$Ca(OH)_2$ và $CaCO_3$: Được dùng như là chất diệt tảo, chúng làm đông lại và kết tủa tảo trong nước (Prepas *et al.* 2001). Chúng không độc, giá rẻ, để không gây sốc pH nên sử dụng liều lượng cẩn thận và thời gian giữa hai lần dùng phải dài. Không giống như xử lý bằng sulfate đồng, việc kết tủa tế bào tảo Lam bằng vôi không làm

tiêu hủy tế bào và không giải phóng chất độc từ tảo ra môi trường. Vôi cũng có nhiệm vụ là chất ngăn cản sự phát triển của tảo trong thời gian dài, làm giảm quá trình phú dưỡng thực vật bằng việc kết tủa phospho, ở vai trò này $\text{Ca}(\text{OH})_2$ có tác dụng kết tủa tốt hơn CaCO_3 . Dùng vôi để hạn chế tảo nên thực hiện ở ao có dinh dưỡng thích hợp, nước cứng có hiệu quả hơn ở môi trường nước mềm.

Các chất diệt tảo-algicides

Khi sử dụng các chất diệt tảo cần chú ý đến nhiệt độ nước $>80^\circ\text{F}$ ($26,6^\circ\text{C}$) và việc làm giảm oxy có khả năng gây chết tôm cá. Trong một lần xử lý chỉ nên làm giảm 1/3-1/4 lượng tảo trong ao. Chu kỳ sử dụng tối thiểu 10 ngày đến 2 tuần và không được sử dụng thường xuyên và kéo dài.

Sulfate đồng (CuSO_4): Hiện nay sulfate đồng được sử dụng rộng rãi để diệt tảo rất hiệu quả, tuy nhiên nó làm tiêu tế bào tảo và giải phóng chất độc từ tế bào tảo ra ngoài môi trường. Hơn nữa, độc chất đồng có thể lắng đọng tích lũy trong bùn đáy ao. Khi sử dụng lặp lại sulfate đồng để diệt tảo, liều lượng ngày càng phải tăng mới có hiệu quả và điều này sẽ tạo nên các giống loài tảo kháng đồng, ví dụ khi sử dụng CuSO_4 để diệt tảo *Oscillatoria spp.*. Tác dụng và liều lượng của sulfate đồng phụ thuộc nhiều vào độ kiềm. Liều lượng sử dụng CuSO_4 (mg/L) = độ kiềm tổng cộng/100. Ở độ kiềm thấp, độ độc của chúng gia tăng, nếu độ kiềm <20 ppm tuyệt đối không dùng sulphate đồng. Ngoài ra còn có các sản phẩm đồng gốc hữu cơ như cutrine, chelat ít độc hơn cho tôm và không bị ảnh hưởng bởi độ kiềm của nước.

Simazine: Có tác dụng chủ yếu ngăn cản quá trình quang hợp của tảo nhằm hạn chế tảo nở hoa, chúng không độc với cá khi sử dụng với liều lượng nhằm hạn chế tảo (Mauck, 1974 được trích dẫn bởi Boyd, 1990), có thể dùng simazine với liều 0,25-0,5mg/L để hạn chế tảo Lam phát triển, oxy trong ao sẽ sụt giảm 3 ngày sau khi sử dụng simazine và kéo dài ít nhất là hai tuần nhưng nồng độ oxy không quá thấp để ảnh hưởng đến cá. Một dạng sản phẩm thương mại khác của simazine là aquazine (80% simazine) được khuyến cáo sử dụng với nồng độ 0,63ppm trước khi nhiệt độ đạt trên 24°C vào đầu mùa hè và sử dụng lặp lại lúc giữa mùa hè (Ciba-Geigy Corp, 1976 được trích dẫn bởi Boyd, 1990).

Chlorine: Là hợp chất oxy hóa mạnh có tính độc đối với sinh vật, chlorine cũng có tác dụng diệt tảo. Không thể thả vật nuôi vào ao khi dư lượng chlorine trong ao chưa hết dưới tác dụng của ánh sáng mặt trời hoặc sử dụng thiosulphate natri để trung hòa. Liều lượng sử dụng rất biến động tùy thuộc vào pH. Nồng độ sử dụng trong ao cá 0,1ppm và trong ao tôm có thể đến 3ppm.

Thuốc tím (KMnO_4): Là chất được xem là tác nhân oxy hóa mạnh, khi sử dụng KMnO_4 sẽ làm giảm đáng kể lượng phiêu sinh thực vật. Trong nước chúng oxy hóa nhanh các chất hữu cơ và vô cơ đồng thời làm giảm nhẹ COD của nước.

Sử dụng KMnO_4 ở nồng độ thấp (<4ppm) vào buổi sáng không làm tăng oxy hòa tan.

Benzalkonium chloride –BKC: Sản phẩm thương mại của BKC còn có tên là Physan, Cleaner, Bioquats... chúng chứa từ 50-80% BKC, là chất diệt khuẩn phổ rộng, diệt được nấm, tảo và cả một số protozoa. Thường sử dụng khi thời tiết thay đổi đột xuất, tảo trong ao có biểu hiện tàn hay tôm có hiện tượng ăn yếu. Phòng bệnh và xử lý ao, liều lượng từ 0,6-1 ppm (50% hoạt chất) và 0,3-0,6ppm (80% hoạt chất), cứ 7-10 ngày/lần.

3.5.4 Các chất nhuộm màu nước ao

Các chất nhuộm màu này được dùng để hạn chế ánh sáng thâm nhập vào ao nhằm hạn chế sự phát triển của tảo, chúng có tính trơ, không độc đối với thủy sinh vật, dễ hòa tan trong nước và giảm hoàn toàn sau một tuần sử dụng (Eicher, 1947 được trích dẫn bởi Boyd, 1990). Chúng không có tác dụng tốt đối với tầng nước bề mặt ít hơn 1 mét.

4 VAI TRÒ CỦA CÁ RÔ PHI TRONG MÔ HÌNH NUÔI GHÉP

4.1 Đặc điểm dinh dưỡng của cá rô phi

Trong tự nhiên, cá rô phi là loài ăn tạp, bao gồm sinh vật phù du, tảo sợi, rong có lá, động vật đáy, các loài nhuyễn thể, tôm cá con và cả mùn bã hữu cơ. Tính ăn mỗi động vật của cá rô phi tích cực ở giai đoạn cá con, giai đoạn 1-9 cm cá ăn mỗi sống rất mạnh. Tuy nhiên khi cá lớn, chúng chuyển sang chủ yếu ăn thực vật (rong, tảo) giảm bắt mỗi động vật.

Các rô phi thường được xem là cá ăn lọc do khả năng lọc tảo trong nước rất hiệu quả. Hơn nữa, cá cũng có thể tăng trưởng tốt hoàn toàn dựa vào nguồn chất hữu cơ lơ lửng trong nước thải từ hệ thống nuôi cá chêm (*Lates calcarifer*) thâm canh (Appelbaun & Volvich, 2000). Tuy nhiên, tính ăn lọc của cá rô phi hoàn toàn khác với các loài cá ăn lọc khác như cá mè trắng (*Hypophthalmichthys molitrix*), mè hoa (*Aristichthys nobilis*) do cá rô phi không có cấu tạo bộ răng lược trên mang để lọc nước. Mang của cá rô phi tiết ra nhiều chất nhầy để bắt các hạt lơ lửng tạo thành các cục nhầy dính đầy tảo, động vật phù du, vật chất hữu cơ và được cá nuốt vào. Cơ chế này có thể giúp cá bắt được những tế bào tảo nhỏ đến 5 μm . Cá rô phi đen *Oreochromis mossambicus* lọc tảo kém hiệu quả hơn các loài cá rô phi Đài Loan, *O. niloticus* và cá rô phi xanh *O. aureus*.

Cá rô phi có thể tiêu hoá 30-60% đạm trong tảo và tảo Lam được tiêu hoá tốt hơn tảo Lục (Popma và Lovshin, 1996). Cá rô phi có thể tiêu hóa rất hiệu quả các loài tảo, hai cơ chế giúp cá rô phi có thể tiêu hóa tảo phù du trong đó có tảo sợi và thực

vật lớn bao gồm: (i) cơ chế nghiền mô thực vật nhờ vào nhiều răng mịn ở hầu, (ii) pH ở dạ dày của cá rô phi thường dưới 2 giúp cho những tế bào của tảo và vi khuẩn vỡ ra.

Tính ăn thức ăn tự nhiên là đặc điểm rất quan trọng đối với sinh trưởng của cá rô phi. Theo Popma và Lovshin (1996), trong những ao nuôi công nghiệp, thức ăn tự nhiên trong ao đóng góp 30-50% tăng trưởng của cá rô phi trong khi chỉ đóng góp 5-10% tăng trưởng của cá nheo Mỹ (*Ictalurus punctatus*). Nhìn chung, cá rô phi sử dụng thức ăn tự nhiên hiệu quả đến mức một ao cá được bón phân đầy đủ có thể đạt được năng suất đến hơn 3 tấn/ha mà không cần cho ăn gì cả.

Nhìn chung cá rô phi tiêu thụ protein thực vật có hiệu quả tương đương với các loài cá nheo nhưng đặc biệt có hiệu quả đối với protein có nguồn gốc thực vật nhất là những nguyên liệu có nhiều chất xơ. Nhu cầu protein chiếm khoảng 26-30%.

Hiện nay nhiều mô hình nuôi ghép các rô phi với tôm nước lợ đang trở nên phổ biến (Yang Yi & Fitzsimmons, 2002). Với mô hình nuôi ghép này năng suất nuôi tôm tăng lên (Anggawa, 1999 trích bởi Yang Yi & Fitzsimmons, 2002) nhờ vào khả năng hạn chế dịch bệnh trong ao nuôi tôm như giảm sự phát triển của *Vibrio* phát sáng (Yap, 2001). Ngoài ra cá rô phi đặc biệt là loài *O. niloticus* có thể giúp duy trì quần thể tảo tốt qua khả năng ăn và tiêu hóa các loài tảo Lam (cả tảo đơn bào và tảo sợi) tốt hơn tảo lục (Popma và Lovshin 1996).

4.2 Khả năng thích ứng của cá rô phi trong môi trường ao nuôi nước lợ

Mặc dù cá rô phi là những loài cá nước ngọt, nhiều loài cá rô phi lại có khả năng chịu được khoảng độ mặn rất rộng. Tính thích nghi độ mặn của cá rô phi khác biệt rất lớn giữa các loài khác nhau. Theo Baroiller *et al.* (2000), loài rô phi *Sarotherodon melanotheron* có khả năng chịu đựng được độ mặn đến 120 ‰, trong khi loài *Oreochromis niloticus* không thể chịu được độ mặn lớn hơn 20‰. Kết quả quan sát tại khu vực nuôi *Artemia* Vĩnh Châu-Bạc Liêu trong nhiều năm cho thấy, cá rô phi đen (*O. mossambicus*) sống tự nhiên ven biển có khả năng sinh trưởng bình thường trong những ao nuôi *Artemia* ở độ mặn 80-100 ‰ nhưng không mang trứng và đẻ con. Cá lớn bắt đầu chết khi độ mặn tăng cao hơn 130‰ trong khi cá nhỏ chỉ chết khi độ mặn tăng hơn 140‰. Theo Fitzsimmons (2001), hình thức nuôi cá rô phi rất phong phú trong cả ba vùng nước biển, nước lợ và nước ngọt. Với mục đích sử dụng cá rô phi làm đối tượng nuôi thay thế tôm trong các ao nước lợ ở Brasil, Ostrensky *et al.* (2000) (được trích dẫn bởi Yang Yi & Fitzsimmons, 2002) đã tiến hành nhiều thí nghiệm thuần hóa và nuôi cá rô phi *O. niloticus* ở các độ mặn khác nhau. Kết quả cho thấy cá không có phản ứng giãy chết (lethal reaction) cho đến độ mặn 25‰. Cá bắt đầu chết ở độ mặn 30‰ và tỉ lệ chết là 100% xảy ra ở độ mặn cao hơn 35‰. Tốc độ tăng trưởng của cá nuôi ở độ mặn 12-18‰ bằng hoặc

cao hơn cá nuôi với điều kiện tương tự trong nước ngọt hoàn toàn (Ostrensky *et al.*, 2000). Kết quả điều tra của dự án PD/A CRSP năm 2002 tại Thái Lan cho thấy mô hình nuôi kết hợp cá rô phi và tôm sú được thực hiện trong khoảng độ mặn từ 0–30‰ và các loài cá thường nuôi là cá rô phi đỏ (*O. spp.*), rô phi sọc (*O. niloticus*) và rô phi đen (*O. mossambicus*) (Yang Yi & Fitzsimmons, 2002). Cá rô phi đen là loài nuôi thích hợp trong những vùng ven biển có độ mặn cao (đến 30‰) trong khi cá rô phi sọc thường được nuôi trong những vùng sâu trong nội địa có độ mặn thấp.

4.3 Cơ sở sinh thái học của mô hình nuôi ghép cá rô phi với tôm nước lợ.

Trong hệ thống nuôi ghép, tôm và cá rô phi có thể sử dụng các tầng nước khác nhau. Trong hệ thống nuôi quảng canh, cá rô phi có thể lọc thức ăn gồm tảo, động vật phù du và các chất hữu cơ lơ lửng (bao gồm cả tập đoàn vi khuẩn sống trên đó) trong tầng nước trên. Trong khi đó tôm sống và kiếm ăn ở tầng đáy. Tôm ăn các vi khuẩn bám trên các bề mặt đáy ao, các động vật đáy và xác bã động thực vật lắng đọng ở đáy trong đó có cả các chất thải (phân) của cá rô phi. Trong hệ thống nuôi thâm canh, tuy cá rô phi sẽ ăn thức ăn nhân tạo (cạnh tranh thức ăn của tôm) nhưng thức ăn tự nhiên (tảo, động vật phù du, mùn bã hữu cơ) vẫn chiếm một tỉ lệ quan trọng. Điều quan trọng là cá rô phi có thể ăn thức ăn thừa, chất thải từ tôm làm giảm sự tích tụ chất thải trong ao nuôi. Các nghiên cứu trên mô hình nuôi ghép cá rô phi với tôm càng xanh cho thấy năng suất tôm trong mô hình nuôi ghép thấp hơn trong nuôi tôm càng đơn nhưng năng suất tổng cộng của cả tôm càng và cá thì cao hơn. Hiện tượng tương tự cũng quan sát thấy trên tôm nước lợ Yap (2001). Việc sử dụng cá toàn đực là cần thiết để hạn chế việc sinh sản của cá. Ông cũng đề nghị mật độ thả cá là 2-5 con/10 m² với cỡ cá 50-100 g/con và thả khi tôm đạt cỡ 3-6 g/con với mật độ tôm nuôi là 20-30 con/m².

Mặc dù tính ăn động vật của cá rô phi giảm dần khi cá lớn lên, nhưng cá rô phi vẫn bắt các giáp xác nhỏ và tôm yếu và cả tôm chết. Các nhà nuôi tôm ở Ecuador có nhận xét rằng cá rô phi ăn những con tôm chết hoặc sắp chết (mang mầm bệnh) nên hạn chế được sự lây lan mầm bệnh trong ao nuôi. Cá rô phi cũng ăn các giáp xác nhỏ trong ao (ruốc, tôm tạp nhỏ) mà các loài giáp xác này có thể làm ký chủ trung gian mang mầm bệnh cho tôm nuôi Yang Yi & Fitzsimmon (2002). Nuôi tôm chung với cá rô phi hay luân canh tôm và cá rô phi có thể là phương cách hiệu quả để giảm quần thể giáp xác nhỏ trong ao nuôi. Quần thể vi khuẩn trong nước ao nuôi cũng bị ảnh hưởng do sự hiện diện của cá rô phi. Vi khuẩn *Vibrio* và hầu hết các vi khuẩn gây bệnh khác trong ao tôm là vi khuẩn gram âm trong khi quần thể vi khuẩn chiếm ưu thế trong ao nuôi cá lại là vi khuẩn gram dương. Việc sử dụng nước từ ao có thả cá rô phi có khả năng làm giảm sự phát triển của vi khuẩn *Vibrio* phát sáng trong ao tôm (Yap, 2001). Ngoài tính ăn lọc tảo hiệu quả, cá rô phi cũng giúp giải

phóng nhanh các chất dinh dưỡng trong ao, cung cấp dinh dưỡng cho sự phát triển của tảo, giúp ổn định quần thể tảo trong ao nuôi. Cá rô phi, đặc biệt là loài *O. niloticus* có thể giúp duy trì quần thể tảo tốt qua khả năng ăn và tiêu hoá các loại tảo Lam (cả tảo đơn bào và dạng sợi) tốt hơn tảo Lục (Popma và Lovshin, 1996).

Các nhà nuôi tôm ở Châu Á và Nam Mỹ đều cho rằng sản lượng tôm nuôi tăng lên trong các hình thức nuôi kết hợp do tỉ lệ sống của tôm cao hơn. Tuy nhiên, những thử nghiệm có sự lặp lại cần được thực hiện để khẳng định các kết quả và hiểu rõ hơn các hệ thống nuôi kết hợp này.

CHƯƠNG 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1 ĐỊA ĐIỂM VÀ THỜI GIAN THỰC HIỆN

Thực nghiệm được tiến hành trong hai vụ:

Vụ 1: vào đầu mùa mưa 2004 (Tháng 5-9/2004) được thực hiện tại hộ Nguyễn Minh Dũng và Huỳnh Văn Được, xã Tham Đôn, huyện Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng.

Vụ 2: vào cuối mùa khô năm 2005 (Tháng 4-8/2005) tại Trại thực nghiệm Artemia - Trường Đại học Cần Thơ, xã Vĩnh Phước, huyện Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng.

2 CHUẨN BỊ AO

2.1 Hệ thống ao thực nghiệm

2.1.1 Vụ nuôi 1

Hệ thống ao thực nghiệm được xây dựng ở vùng trũng triều, có dạng hình vuông với 2 ao có diện tích 3.000 m² và sâu 2 m (ao 1 và ao 2). Hai ao còn lại (ao 3 và ao 4) có diện tích 3.400m², sâu 2,5 m.

Hệ thống cấp và thoát nước: Các ao có hệ thống cấp và thoát nước riêng biệt, nguồn nước cấp từ sông Dũ Tho, nước từ biển chảy vào sông Dũ Tho qua cửa biển Mỹ Thanh. Nguồn nước cấp cũng qua hệ thống kênh thứ cấp và chịu ảnh hưởng của nguồn nước thải từ các ao tôm trong vùng. Đáy ao được thiết kế nghiêng về phía cống thoát, cống được thiết kế là cống xi-măng, khẩu độ 40cm.

Hệ thống quạt nước: Các ao được lắp đặt theo hệ thống trục dài, ao 1 và 2 được lắp theo phương pháp đảo nhị, mỗi bên 17 cánh quạt. Khoảng cách các cánh quạt thay đổi từ 60-90 cm từ trong ra ngoài. Quạt cách bờ 1,5 – 2m. Ao 3 và 4 được lắp theo phương pháp đảo tứ, mỗi bên 11 cánh.

Hệ thống sục khí: Ao 1 và 2 được lắp đặt hệ thống bao gồm mo-tơ công suất 2HP, mo-tơ hoạt động sẽ thổi khí vào ống nhựa PVC, sau đó sẽ phân tán đều xuống ao bởi các ống nhựa đặt cách đáy 20cm. Khoảng cách giữa hai hàng ống sục khí là 3m. Ao 3 và ao 4 không có hệ thống thổi khí từ đáy ao lên, mà chỉ sử dụng hệ thống quạt nước.

Cải tạo ao, xử lý nước: Quá trình cải tạo ao và xử lý nước được tiến hành qua các bước sau:

- Sau khi công trình được đào xong, phơi ráo đất, sau đó trao đổi nước 10 ngày (nước chỉ ngập đáy ao), tiếp tục phơi cho ráo đất trở lại (không cho nút nê).

- Bón 400kg vôi Ca(OH)_2 , kết hợp bón 400kg rải xung quang bờ ao. Giữ yên trong 3 ngày, sau đó cho nước vào và tiếp tục ngâm trong 3 ngày nữa rồi xả bỏ nước.
- Bơm nước vào đến thang đo 1,2m. Kiểm tra pH và độ mặn nước.
- Nâng dần pH nước lên trong vòng 7 ngày bằng Super Canxi, Dolomite và pH Fixer.
- Dùng Fos 500 EC ở liều lượng 2 mg/l để diệt giáp xác.
- Sử dụng Saponin ở liều lượng 10 mg/l để diệt cá.
- Diệt khuẩn bằng KMnO_4 ở nồng độ 10mg/l.
- Như vậy tính đến thời điểm này, môi trường nước tạm gọi là xử lý triệt để mầm bệnh, nhưng lại là môi trường thiếu hệ sinh vật, nước trở nên trong.
- Sử dụng Bloom plankton (thành phần chủ yếu là vô cơ) kết hợp với pH Fixer (thành phần chủ yếu là các enzym, hệ vi khuẩn) để ổn định môi trường nước. Dùng hai loại hóa chất này cho đến khi nước có màu vàng nâu thì ngưng, kiểm tra pH, độ kiềm trước khi thả giống.

2.1.2 Vụ nuôi 2

Hệ thống thực nghiệm gồm 05 ao, có dạng hình chữ nhật với diện tích 200m^2 , độ sâu ao 1,5m; 01 ao lắng xử lý nước diện tích 400m^2 , độ sâu 2m.

Hệ thống cấp và thoát nước: Các ao cũng có hệ thống cấp và thoát nước riêng biệt. Nước cấp được lấy trực tiếp từ biển vào kênh cấp sau đó cấp vào ao nuôi. Nước thải từ ao nuôi được thải ra kênh thoát rồi ra biển.

Hệ thống sục khí: Do các ao thực nghiệm có diện tích nhỏ nên không sử dụng hệ thống quạt nước mà chỉ sử dụng hệ thống sục khí. Hệ thống sục khí được lắp đặt qua máy thổi khí công suất 2HP, mỗi ao gồm có 03 đường ống sục khí (ống PVC) đặt cách nhau 2m, đặt cách đáy 20cm, các lỗ thông khí cách nhau 80cm.

Cải tạo ao, xử lý nước

- Tiến hành tát cạn ao, sên vét lớp bùn đáy nhão, bón vôi Ca(OH)_2 liều lượng $15\text{kg}/100\text{m}^2$, phơi khô đáy ao.
- Tiến hành lấy nước vào ao lắng, ao nuôi qua lưới lọc, mực nước 1m (ao lắng 2m).
- Xử lý nước bằng chlorine nồng độ 30 ppm, 3 ngày sau tiến hành cho chạy sục khí để hàm lượng chlorine trong nước bay hơi nhanh.
- 10 ngày sau tiến hành gây màu nước bằng cách bổ sung Silic, Pond fish với nồng độ 2ppm, bổ sung vôi dolomite 10ppm nhằm tăng hệ đệm giúp môi trường nước ổn định.
- Khi nước có màu xanh nhạt tiến hành thả giống. Giống tôm sú P_{15} khỏe mạnh, kích cỡ đồng đều. Cá rô phi (2g/cá) được thả sau khi thả tôm 3 ngày. Đối với nghiệm thức nuôi cá rô phi chung trong ao nuôi tôm thì cá rô phi được thả sau 30 ngày

2.1.3 Bố trí thực nghiệm

Các ao thực nghiệm được thực hiện theo kiểu bố trí khối hoàn toàn ngẫu nhiên (Randomized Complete Block) với 4 nghiệm thức và 2 lần lặp lại. Mỗi lần lặp lại (mỗi khối) được tiến hành trong một vụ nuôi. Các nghiệm thức bao gồm:

- Nghiệm thức 1 (Tôm-cá chung): Nuôi cá rô phi chung với tôm sú. Mật độ cá thả $0,1 \text{ con/m}^2$, số lượng cá thả là 300 con.
- Nghiệm thức 2 (Tôm-cá lồng): Nuôi cá rô phi trong lồng lưới đặt giữa ao tôm. Mật độ cá thả 10 con/m^2 . Diện tích lồng 64 m^2 , số lượng cá thả vào lồng là 640 con.
- Nghiệm thức 3 (đối chứng): Nuôi tôm đơn.
- Nghiệm thức 4 (Tuần hoàn): Nuôi cá rô phi được nuôi trong ao lắng nước tuần hoàn, mật độ $4,5 \text{ con/m}^2$, diện tích ao lắng 1000 m^2 .

Tôm giống được kiểm tra PCR (đốm trắng, đầu vàng) trước khi thả, sau đó tiếp tục kiểm tra PCR định kỳ hàng tháng trong quá trình nuôi. Mật độ thả là 35 con/m^2 cho cả 4 ao thực nghiệm ở vụ nuôi 1 và 20 con/m^2 cho vụ nuôi 2.

Cá rô phi cỡ 3-4 g/con (250-300 con/kg) được thả sau khi thả tôm 1 tuần, riêng ở nghiệm thức tôm-cá chung thì cá được giữ trong vèo đến 30 ngày mới tiến hành thả ra ao tôm. Cá được thả trong ao là cá rô phi đỏ (vụ nuôi 1) và cá rô phi vằn (vụ nuôi 2). Không cho cá ăn thức ăn bổ sung trong suốt quá trình thực nghiệm.

3 CHẾ ĐỘ CHĂM SÓC

3.1 Vụ nuôi 1

3.1.1 Xử lý định kỳ

Trong 1,5 tháng đầu, sử dụng Super VS 1 tuần/lần với liều 3 ppm, để duy trì hệ vi khuẩn *Bacillus*. Ngoài ra trong quá trình nuôi, nếu có hiện tượng bất thường xảy ra thì sẽ tùy vào mức độ ảnh hưởng mà có cách xử lý phù hợp.

3.1.2 Cho ăn

Mỗi ngày cho ăn 4 lần: 7 giờ, 11 giờ, 17 giờ, 1 giờ đêm.

Sử dụng thức ăn CP. Cho ăn đúng theo chỉ dẫn của nhà sản xuất. Lúc đầu cho trực tiếp xuống ao, đến ngày thứ 20 cho ăn trên sàng và luôn kiểm tra lượng thức ăn trên sàng để điều chỉnh cho phù hợp.

3.1.3 Quạt nước

- Tôm dưới 1 tháng tuổi: Quạt nước 1 lần/ngày vào buổi trưa.
- Tôm trên 1 tháng tuổi: Quạt nước 2 lần/ngày
- Tôm từ 3 tháng tuổi trở lên: Quạt nước liên tục, chỉ tắt quạt trước khi cho ăn khoảng 30 phút, sau khi cho ăn khoảng 60 phút thì cho quạt tiếp.

3.2 Vụ nuôi 2

3.2.1 Xử lý định kỳ

Định kỳ 15 ngày sử dụng Zeolite 20ppm, C mix tạt đều ao nuôi liều lượng 1ppm. Trong quá trình nuôi, tùy theo tình huống biến động chỉ tiêu môi trường nước, mức độ ảnh hưởng mà có biện pháp xử lý cụ thể: thí dụ Kill algae, BKC với liều lượng 1 mg/L được xử lý khi tảo sắp tàn và mật độ tảo cao, dolomite được bón trước và sau khi mưa nhằm ổn định môi trường nước...

3.2.2 Cho ăn

Sử dụng thức ăn Grobest cho tôm trong suốt quá trình nuôi theo qui cách và chỉ dẫn của nhà sản xuất. Thức ăn được điều chỉnh hàng ngày tùy theo biểu hiện của tôm, lượng thức ăn còn lại trên sàng ăn.

- Giai đoạn đến 1-3 tháng tuổi: cho ăn ngày 04 lần vào 7giờ, 11 giờ, 17 giờ, 23 giờ
- Giai đoạn sau 3 tháng tuổi: cho ăn ngày 03 lần vào 9giờ, 17 giờ, 23 giờ.

3.2.3 Chế độ sục khí

Chế độ sục khí được vận hành theo nhu cầu oxy của tôm nuôi, đảm bảo không có sự phân tầng về nhiệt độ, oxy, độ mặn trong môi trường nước ao nuôi. Cụ thể, chạy máy thổi khí liên tục, chỉ ngưng vận hành máy thổi khí trước khi cho ăn 15 phút đến 45 phút sau khi cho ăn và trong những ngày nắng tốt tắt máy thổi khí từ 15:30-17:45.

4 THEO DÕI CÁC THÔNG SỐ MÔI TRƯỜNG VÀ THỦY SINH

4.1 Vật liệu, hóa chất và dụng cụ thu mẫu.

- Lưới phiêu sinh thực vật kích thước mắt lưới là 27 μ m.
- Lưới phiêu sinh động vật kích thước mắt lưới là 60 μ m.
- Chai nhựa 1 lít
- Chai nhựa 110mL
- Buồng đếm phiêu sinh Sedgewick-Rafter cell.
- Formol 38%.
- Kính hiển vi
- Ống đong 100mL.
- Máy đo pH
- Máy so màu DR 2000
- Nhiệt kế thủy ngân
- Đĩa Secchi ($\phi=20$ cm)
- Lọ nút mài
- Hóa chất cố định mẫu: MnSO₄, KI-NaOH, H₂SO₄, CdCl₂...

- Đĩa Petri
- Môi trường agar để cấy vi khuẩn
- Que cấy, đèn cồn
- Một số vật dụng khác

4.2 Phương pháp thu và phân tích mẫu môi trường

Bảng 1: Chu kỳ theo dõi các yếu tố môi trường

Chỉ tiêu	Dụng cụ	Chu kỳ thu mẫu	Phương pháp phân tích
DO	Máy đo	Quan trắc hàng ngày Sáng: 7 giờ Chiều: 14 giờ	Lấy số liệu trực tiếp từ máy đo DO (oxy hòa tan)
Nhiệt độ	Máy đo	Quan trắc hàng ngày Sáng: 7 giờ Chiều: 14 giờ	Đo lấy số liệu trực tiếp.
pH	Máy đo pH	Quan trắc hàng ngày Sáng: 7 giờ Chiều: 14 giờ	Lấy số liệu trực tiếp từ máy đo pH
Độ trong (cm)	Đĩa Secchi đường kính 20 cm	1 lần/ ngày	Đo và ghi nhận kết quả trực tiếp .
Độ mặn (‰)	Khúc xạ kế	2 tuần/ lần	Ghi nhận kết quả trực tiếp
Độ kiềm	Chai nhựa 1 lít	3 ngày/ lần	Chuẩn độ acid
TAN	Chai nhựa 110ml	2 tuần/ lần	Indo-phenol blue
NO ₂ ⁻	Chai nhựa 110ml	2 tuần/ lần	Diazonium
NO ₃ ⁻	Chai nhựa 110ml	2 tuần/ lần	Salicylate
TKN	Chai nhựa 1 lít	2 tuần/ lần	Kjedalh
TP	Chai nhựa 1 lít	2 tuần/ lần	Kjedalh
COD (ppm)	Lọ nút mài 125ml	2 tuần/ lần	Iodine

4.3 Phương pháp thu và phân tích mẫu thực vật nổi.

4.3.1 Phương pháp thu mẫu

Mẫu thực vật nổi được thu định kỳ 3 ngày/lần.

- Thu mẫu định tính: Dùng lưới phiêu sinh kích thước mắt lưới 27µm thu dọc theo bờ ao với thể tích nước qua miệng lưới càng nhiều càng tốt. Sau đó cho mẫu nước thu được vào bình lưu trữ mẫu và cố định mẫu bằng formol với nồng độ từ 2-4%.

- Thu mẫu định lượng: Dùng xô nhựa 20 lít thu đều ở các điểm trong ao. Sau đó khuấy đều và cho vào bình 1 lít, cố định mẫu bằng formol với nồng độ tương tự như mẫu định tính (2-4%).

4.3.2 Phương pháp phân tích mẫu

- Phân tích định tính: Mẫu sau khi thu, được quan sát dưới kính hiển vi. Sau đó dựa vào các đặc điểm hình thái, cấu tạo để xác định tên giống hoặc tên loài của thực vật nổi. Các tài liệu tham khảo để phân loại: Shirota (1966), Dương Đức Tiến, Võ Hành (1997). Trong quá trình định danh loài, đánh dấu (+), (++) hoặc (+++) để xác định tần số xuất hiện của chúng.
- Phân tích định lượng: Dùng buồng đếm Sedgewick-Rafter để đếm số cá thể thực vật nổi. Tính toán mật độ thực vật nổi theo công thức:

$$X \text{ (cá thể/lít)} = \frac{T \cdot 1000 \cdot V_{cd} \cdot 1000}{A \cdot N \cdot V_M}$$

Trong đó: T: số cá thể đếm được theo ngành

A: diện tích ô đếm

N: số ô đếm

V_{cd} : thể tích mẫu cô đặc

V_M : thể tích thu mẫu

4.4 Phương pháp thu và phân tích mẫu động vật nổi.

4.4.1 Phương pháp thu mẫu

Mẫu thực vật nổi được thu định kỳ 3 ngày/lần.

- Thu mẫu định tính: Dùng lưới phiêu sinh kích thước mắt lưới 60 μ m thu dọc theo bờ ao với thể tích nước qua miệng lưới càng nhiều càng tốt. Sau đó cho mẫu nước thu được vào bình lưu trữ mẫu và cố định mẫu bằng formol với nồng độ từ 4-8%.
- Thu mẫu định lượng: Dùng xô nhựa 20 lít thu ở 5 điểm trong ao. Sau đó cho qua lưới lọc có kích thước 60 μ m, cô đặc mẫu còn lại khoảng 100 mL, cố định mẫu bằng formol với nồng độ tương tự như mẫu định tính (4-8%).

4.4.2 Phương pháp phân tích mẫu

- Phân tích định tính: Mẫu sau khi thu được quan sát dưới kính hiển vi, sau đó dựa vào các đặc điểm hình thái, cấu tạo để xác định tên giống hoặc tên loài của động vật nổi. Các tài liệu tham khảo để phân loại: Shirota (1966), Đặng Ngọc Thanh (1980), Nguyễn Văn Khôi (2001), Boltovskoy (1999). Trong quá trình định danh loài, đánh dấu (+), (++) hoặc (+++) để xác định tần số xuất hiện của chúng.
- Phân tích định lượng: Dùng buồng đếm Sedgewick-Rafter để đếm số cá thể động vật nổi. Tính toán mật độ động vật nổi tương tự như cách tính mật độ của thực vật nổi.

4.5 Phương pháp thu và phân tích mẫu vi sinh

4.5.1 Chuẩn bị các dụng cụ

- Falcon 50mL tiệt trùng.
- Ống nghiệm 10mL có chứa 9mL nước muối sinh lí tiệt trùng.
- Môi trường NA để cấy tổng vi khuẩn.
- Môi trường TCBS để cấy tổng vi khuẩn Vibrio.
- Các dụng cụ khác: pipet 1.000 μ L, pipet 100 μ L, que trang, đèn cồn đĩa petri tiệt trùng, cồn 95%.

4.5.2 Chuẩn bị môi trường

Môi trường tổng vibrio (TCBS)

- Dùng 88gram TCBS +1000mL nước cất.
- đun sôi sau đó để nguội.
- Cho môi trường vào đĩa petri tiệt trùng. (25mL cho một đĩa)
- Sau đó đem ủ trong tủ ấm (nhiệt độ 30⁰C) trong 24h.

Môi trường tổng vi khuẩn: (NA)

- Dùng 28gram NA + 1.000mL nước cất.
- Đun sôi
- Sau đó cho vào nồi áp suất tiệt trùng (ở nhiệt độ 121⁰C, thời gian 20 phút)
- Cho môi trường vào đĩa petri tiệt trùng. (25mL cho một đĩa)
- Sau đó đem ủ trong tủ ấm (nhiệt độ 30⁰C) trong 24h.

Môi trường phát sáng: (PQ)

- NA: 28 gram
- NaCl: 1%
- KCl: 0,2%
- MgCl: 0,4%

Pha các chất trên với nước cất đủ 1000mL, trộn đều và đun sôi. Sau đó tiệt trùng bằng nồi áp suất. (ở nhiệt độ 121⁰C, thời gian 20 phút). Kế đến đem ủ trong tủ ấm (nhiệt độ 30⁰C) trong 24h.

4.5.3 Thu mẫu tại hiện trường:

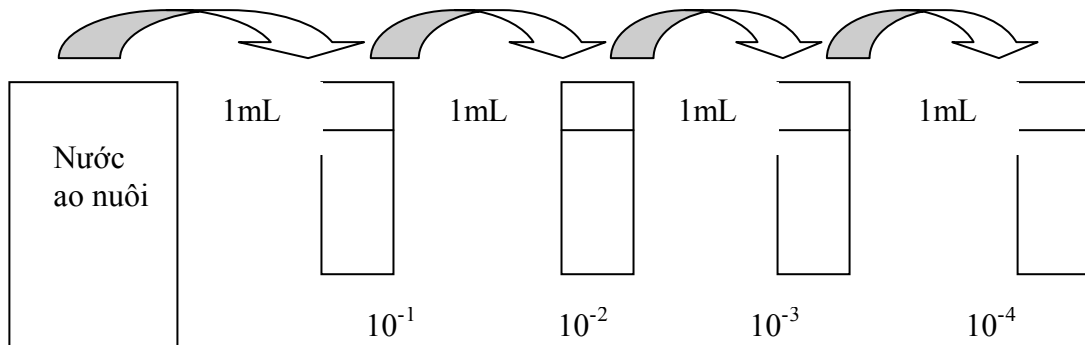
- Dùng falcon tiệt trùng thu 50mL nước ở ao nuôi tôm, sau đó cấy ngay tại hiện trường

4.5.4 Cấy mẫu vi khuẩn:

Cách pha loãng nồng độ

- Lấy 1mL nước ao nuôi cho vào ống nghiệm có chứa 9mL nước muối sinh lí, ta được nồng độ pha loãng là 10⁻¹.

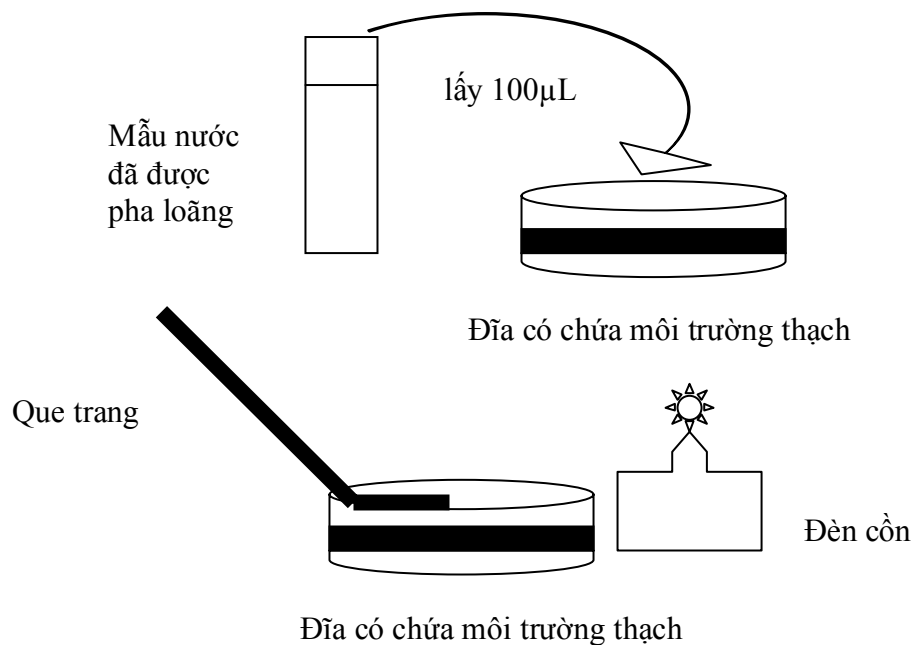
- Sau đó lắc đều và lấy 1mL ở ống nghiệm có nồng độ pha loãng 10^{-1} cho vào ống nghiệm có chứa 9mL nước muối sinh lí ta có được nồng độ pha loãng là 10^{-2} .
- Lặp lại như thế cho các nồng độ pha loãng kế tiếp (tất cả các thao tác trên được thực hiện trong điều kiện vô trùng) như trình bày ở Hình 4.



Hình 4. Các bước pha loãng mẫu

Cách cấy mẫu nước vào môi trường thạch NA, TCBS, PQ (Hình 5)

- Lấy 100 μ L mẫu đã được pha loãng ở trên cho vào đĩa petri có chứa môi trường thạch đã được chuẩn bị sẵn (NA, TCBS, PQ).
- Sau đó dùng que trang trang đều trên môi trường cho đến khi khô hoàn toàn. (các thao tác được thực hiện trong điều kiện vô trùng)
- Các đĩa này được cho vào tủ ẩm ủ trong 24h sau đó đọc kết quả.



Hình 5. Cách cấy mẫu nước vào môi trường thạch NA, TCBS, PQ

Kết quả được tính theo công thức sau:

$$X = \frac{A}{V} * K * 1000$$

Trong đó, X: số khuẩn lạc trong 1mL mẫu nước.

A: số khuẩn lạc trung bình mọc trong một đĩa.

K : hệ số pha loãng.

V : thể tích mẫu nước dùng để cấy (mL).

4.6 Thu mẫu kiểm tra virus

Hàng tháng thu mẫu tôm để kiểm tra mầm bệnh virus đốm trắng (WSSV) và vi rus đầu vàng (YHV). Đối với tôm nhỏ (1-2 tháng tuổi) thu từ 20-30 con, đối với tôm lớn (hơn 3 tháng tuổi) thì thu từ 10-15 con. Mẫu thu được giữ sống và mang về phòng thực nghiệm để phân tích, xác định mầm bệnh virus bằng kỹ thuật PCR 2 bước.

4.7 Phương pháp thu mẫu sinh trưởng tôm Sú, cá rô phi

Định kỳ mỗi tháng thu 30 mẫu tôm, cân khối lượng để xác định tốc độ sinh trưởng tuyệt đối (DWG) và tốc độ sinh trưởng tương đối (SGR) của tôm. Đối với cá rô phi thì chỉ tiến hành cân và đo trước khi thả và kết thúc thực nghiệm.

Tốc độ sinh trưởng được xác định theo các công thức sau:

$$DWG (g / ngày) = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

$$SGR (\% / ngày) = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{t_2 - t_1} 100$$

Trong đó : W_2 : Khối lượng tôm (cá) khi thu hoạch

W_1 : Khối lượng tôm (cá) khi thả giống

t_2 : Thời điểm thu hoạch

t_1 : Thời điểm thả giống

4.8 Xử lý số liệu

Số liệu thực nghiệm được thống kê theo từng lô và từng đợt lấy mẫu. Sự biến động của các yếu tố được biểu diễn bằng các biểu đồ thể hiện quy luật biến động bằng phần mềm Excel. Sự khác biệt giữa các nghiệm thức được phân tích theo phương pháp ANOVA (Analysis of Variances) bằng phần mềm SPSS.

CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1 BIẾN ĐỘNG CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG

1.1 Các yếu tố vật lý

1.1.1 Nhiệt độ

Sự biến động nhiệt độ tương đối giống nhau giữa các ao trong mỗi vụ nuôi. Nhiệt độ trung bình của hai vụ nuôi biến động từ 28,4-29,4°C lúc 7 giờ sáng và 31,1-32,1°C vào lúc 14 giờ chiều (Bảng 2). Nhiệt độ giữa sáng và chiều không chênh lệch nhau nhiều, chủ yếu biến động nhiệt độ xảy ra do ảnh hưởng của thời tiết. Hai vụ nuôi đều được tiến hành trong khoảng thời gian cuối mùa khô đầu mùa mưa đây là thời gian có nhiệt độ cao nhất trong năm nên nhiệt độ ở các ao nuôi tương đối cao vào buổi chiều. Nhiệt độ các ao ở vụ nuôi thứ hai hơi cao hơn so với các ao ở vụ nuôi thứ nhất nhưng sự chênh lệch này cũng không lớn (0,5-0,8°C).

Bảng 2: Biến động nhiệt độ (°C) trong hai đợt thực nghiệm

Nghiệm thức	Thời gian đo		Vụ nuôi 1	Vụ nuôi 2
Tôm-cá chung	Sáng	Trung bình	29,4± 1,0	28,4± 0,8
		Cao nhất	31,4	30,0
		Thấp nhất	27,1	26,6
	Chiều	Trung bình	31,1 ±1,3	31,9 ±1,9
		Cao nhất	34,4	35,1
		Thấp nhất	28,3	26,7
Tôm-cá lồng	Sáng	Trung bình	29,8 ±1,4	28,5± 0,9
		Cao nhất	34,9	30,3
		Thấp nhất	27,2	26,6
	Chiều	Trung bình	31,2± 1,3	31,9 ±1,5
		Cao nhất	34,9	34,8
		Thấp nhất	28,5	27,2
Đôi chứng	Sáng	Trung bình	29,4± 0,9	28,4 ±0,9
		Cao nhất	30,9	30,0
		Thấp nhất	27,5	26,5
	Chiều	Trung bình	31,3 ±1,4	31,3 ±1,4
		Cao nhất	34,5	34,0
		Thấp nhất	28,4	26,7
Tuần hoàn	Sáng	Trung bình	29,4± 0,9	28,5 ±0,9
		Cao nhất	31,3	30,0
		Thấp nhất	27,4	26,3
	Chiều	Trung bình	31,3 ±1,4	32,1± 1,4
		Cao nhất	34,7	34,7
		Thấp nhất	28,6	27,3

Nhìn chung, nhiệt độ các ao trong thời gian đầu thả nuôi khá cao do thời tiết còn đang ở mùa khô và trong giai đoạn đầu mới thả tôm không sử dụng quạt nước nên nhiệt độ tầng mặt thường cao. Nhiệt độ có xu hướng giảm về cuối vụ do có mưa và có sử dụng quạt nước.

Theo Nguyễn Anh Tuấn, 1994 khoảng nhiệt độ lý tưởng cho các loài tôm là 25-32°C, ngoài khoảng nhiệt độ này có thể ảnh hưởng đến tăng trưởng của tôm. Nhìn chung trong suốt thời gian nuôi, nhiệt độ nước nằm trong khoảng thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của tôm, mặc dù có những ngày nhiệt độ buổi chiều vượt cao hơn 32°C nhưng không kéo dài và nhiệt độ cao chỉ xảy ra trên tầng mặt nên cũng không ảnh hưởng đến tôm nuôi.

1.1.2 pH

pH của các ao vào vụ nuôi thứ nhất biến động khá lớn 6,6-8,8 vào buổi sáng và 7,1-9,5 vào buổi chiều, sự biến động này rất lớn ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn (Bảng 3). Nguyên nhân gây biến động lớn có liên quan đến sự phát triển của tảo và độ mặn của nước trong các ao nuôi thực nghiệm. Khi bắt đầu vụ nuôi độ mặn ở các ao khoảng 18‰ sau đó giảm dần xuống 6‰ vào cuối vụ nuôi, ở độ mặn thấp và dinh dưỡng cao một số loài tảo Lam và tảo Lục phát triển quá mức gây nở hoa, hiện tượng này thường xảy ra trong nước có độ mặn thấp hoặc ở nước ngọt. Khi tảo phát triển mạnh, quá trình quang hợp của chúng sẽ hấp thu CO₂ và giải phóng CO₃²⁻ làm cho pH của nước tăng mạnh. Khi tảo tàn, quá trình phân hủy xác tảo giải phóng CO₂ làm giảm pH của nước, đây là nguyên nhân chính gây nên sự biến động pH trong suốt vụ nuôi. Một nguyên nhân khác gây biến động pH là trong nước có độ mặn thấp thường độ kiềm cũng thấp nên hệ đệm (buffer system) cũng thấp làm cho pH dao động lớn (xem Mục 1.2.8).

Khi so sánh giữa các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ nhất cho thấy ở nghiệm thức nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng thì pH ít biến động hơn so với nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức nước tuần hoàn. Trong ao nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng tảo phát triển tương đối ổn định trong suốt vụ nuôi (1-4 triệu tế bào/lít) nên pH tương đối ổn định hơn. Trong khi đó ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn các loài tảo Lam (*Oscillatoria*, *Phormidium*) và tảo Lục (*Ankistrodesmus*, *Coenosystis*) phát triển mạnh (37-67 triệu tế bào/lít) làm pH dao động mạnh. Đối với nghiệm thức tuần hoàn, trong quá trình thực nghiệm dịch bệnh tôm xảy ra ở khu vực xung quanh nên việc cung cấp nước tuần hoàn bị hạn chế để tránh sự lây lan mầm bệnh do đó pH biến động tương tự như ở nghiệm thức đối chứng.

Bảng 3: Biến động pH trong hai đợt thực nghiệm

Nghiệm thức	Thời gian đo		Vụ nuôi 1	Vụ nuôi 2
Tôm-cá chung	Sáng	Trung bình	7,56±0,37	8,28± 0,21
		Cao nhất	8,88	8,60
		Thấp nhất	7,03	7,70
	Chiều	Trung bình	8,06±0,55	8,53±0,13
		Cao nhất	9,53	8,77
		Thấp nhất	7,18	8,17
Tôm-cá lồng	Sáng	Trung bình	7,51±0,23	8,26±0,17
		Cao nhất	8,41	8,53
		Thấp nhất	7,15	7,90
	Chiều	Trung bình	7,93±0,45	8,48±0,12
		Cao nhất	9,27	8,67
		Thấp nhất	7,37	8,23
Đối chứng	Sáng	Trung bình	7,49±0,27	8,26±0,18
		Cao nhất	8,05	8,57
		Thấp nhất	6,93	7,83
	Chiều	Trung bình	8,25±0,3	8,48±0,15
		Cao nhất	8,92	8,83
		Thấp nhất	7,53	8,13
Tuần hoàn	Sáng	Trung bình	7,47±0,42	8,27±0,2
		Cao nhất	8,55	8,60
		Thấp nhất	6,56	7,83
	Chiều	Trung bình	8,25±0,53	8,48±0,14
		Cao nhất	9,50	8,67
		Thấp nhất	7,09	8,17

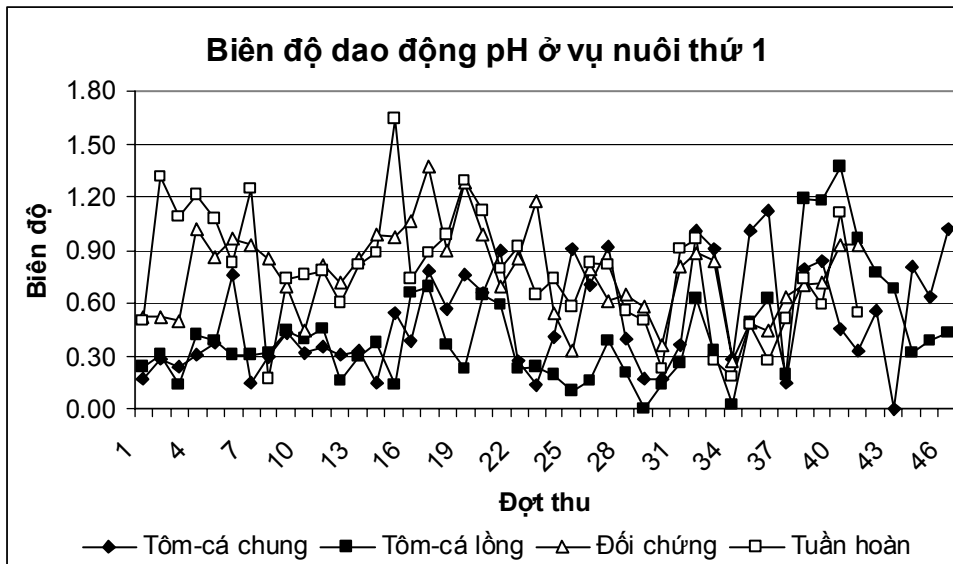
Đối với vụ nuôi thứ 2 thì pH ít biến động hơn, pH dao động trong khoảng 7,7-8,6 vào buổi sáng và khoảng 8,13-8,83 vào buổi chiều. Khi so sánh giữa các nghiệm thức cho thấy độ pH không có sự khác biệt lớn (Bảng 3). Sở dĩ trong vụ nuôi thứ 2 pH trong các ao nuôi ít biến động là do độ mặn trong các ao cao (25‰) nên các loài tảo Lục và tảo Lam ít khi đạt được mật độ cao, hơn nữa độ kiềm của nước rất cao (lớn hơn 150 mg/L) nên khả năng đệm của nước rất tốt làm pH ít dao động.

Nhìn chung, giá trị pH trong các ao nuôi ở cả hai vụ nuôi đều nằm trong khoảng thích hợp đối với tôm (6,5-9). Tuy nhiên, ở vụ nuôi thứ 1 độ pH tương đối cao và có vài thời điểm pH vượt quá 9,0, đặc biệt là ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn. Khi pH quá cao sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các quá trình sinh lý của tôm và làm tăng hàm lượng khí NH₃ gây độc cho tôm.

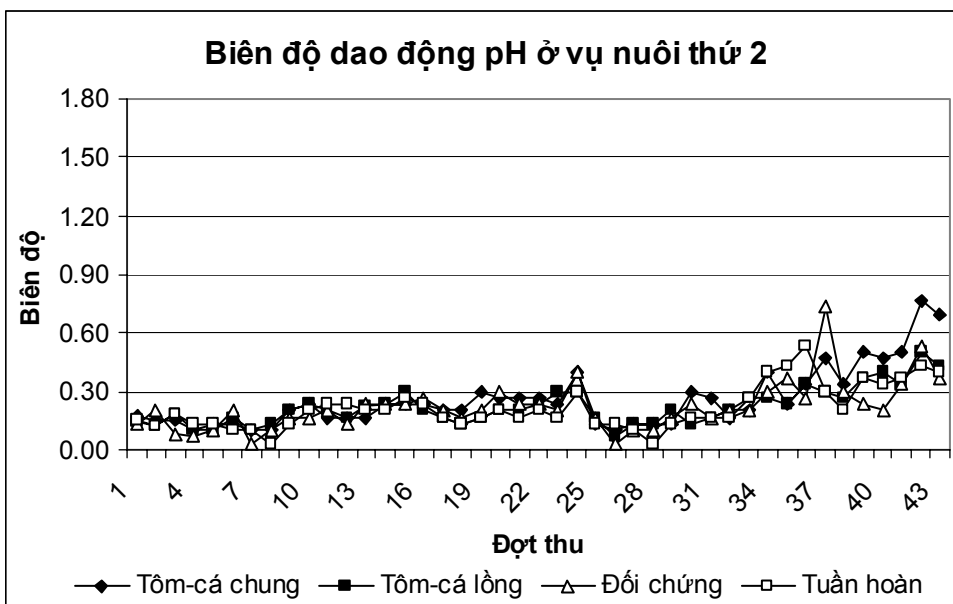
Khi xét đến biên độ dao động giữa ngày và đêm thì có sự khác biệt giữa hai vụ nuôi và giữa các nghiệm thức. Vụ nuôi thứ 1 biên độ dao động pH rất lớn, ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức biên độ dao động pH trong hầu hết thời gian nuôi đều vượt quá 0,6, có những thời điểm vượt quá 1. Trong khi đó, biên độ dao động

giữa ngày và đêm của hai nghiệm thức nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng hầu như thấp hơn 0,5, chỉ có một số thời điểm vào cuối vụ nuôi biên độ dao động pH lớn hơn 5 nhưng không vượt quá 1 (Hình 6).

Ngược lại, ở vụ nuôi thứ 2 thì pH ít dao động theo ngày đêm, biên độ dao động pH của các nghiệm thức hầu hết đều thấp hơn 0,5, chỉ có thời điểm cuối vụ thì biên độ dao động pH hơi vượt quá 0,5 (Hình 7).



Hình 6: Biên độ dao động pH theo ngày đêm của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 7: Biên độ dao động pH theo ngày đêm của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Biên độ dao động pH giữa ngày và đêm lớn hay nhỏ phụ thuộc vào sự phát triển của thực vật và độ kiềm của nước. Ban ngày tảo quang hợp làm giảm CO_2 và tăng CO_3^{2-} làm tăng pH nhưng ban đêm tảo hô hấp thải nhiều khí CO_2 làm cho pH giảm.

Độ kiềm cao thì khả năng đệm tốt làm làm pH ít biến động theo ngày đêm. Theo Chanratchakool *et al.*, (2003), biên độ dao động thích hợp cho tôm Sú phải nhỏ hơn 0,5. Như vậy, trong thực nghiệm này vụ nuôi thứ 2 pH dao động theo ngày đêm ít rất thích hợp cho nuôi tôm nhưng ở vụ nuôi 1 thì pH dao động theo ngày đêm tương đối lớn không thích hợp cho tôm. Giữa các nghiệm thức thì nghiệm thức nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng pH ít dao động hơn.

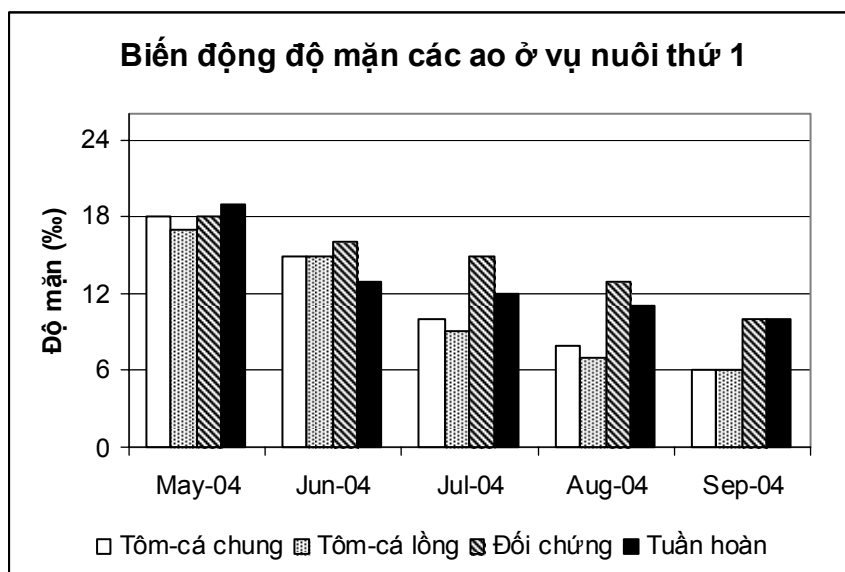
Từ kết quả trên có thể rút ra những nhận xét như sau: ở độ mặn thấp thì việc quản lý pH sẽ khó khăn hơn và cá rô phi trong mô hình nuôi kết hợp có vai trò ổn định sự phát triển của tảo trong điều kiện độ mặn thấp.

1.1.3 Độ mặn

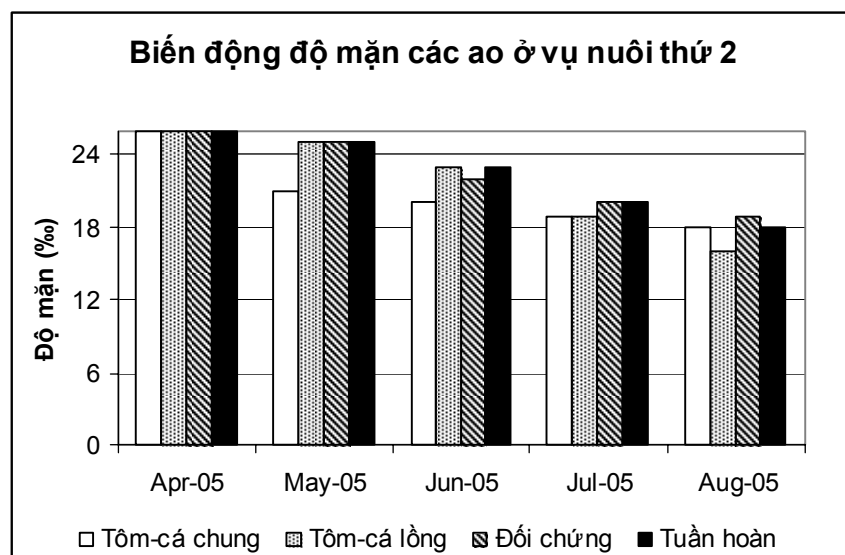
Kết quả theo dõi độ mặn của các ao thực nghiệm trong cả hai vụ nuôi đều có khuynh hướng giảm dần về cuối vụ nuôi (Hình 8, 9). Do các vụ nuôi bắt đầu vào cuối mùa khô nên độ mặn của nước đạt giá trị cao nhất, khi bước sang mùa mưa độ mặn của các ao nuôi giảm dần và đạt giá trị thấp nhất vào cuối vụ (Hình 8, 9). Giữa các nghiệm thức gần như không có sự khác biệt lớn về độ mặn do các ao thực nghiệm có điều kiện tương đối đồng nhất như diện tích tương đương lại nằm kế cận nhau. Tuy nhiên, có một vài trường hợp phải thay nước đã dẫn đến sự khác biệt về độ mặn giữa các nghiệm thức.

Khi so sánh độ mặn giữa hai vụ nuôi thì có sự khác biệt khá lớn. Vụ nuôi thứ nhất bắt đầu vào tháng 5/2004, lúc này đã bước sang mùa mưa nên độ mặn đã giảm (17-19‰), hơn nữa vụ nuôi thứ 1 được tiến hành tại Tham Đôn - Mỹ Xuyên, cách xa biển nên độ mặn thấp. Trong khi đó, vụ nuôi thứ 2 được thực hiện ở Vĩnh Phước – Vĩnh Châu và bắt đầu sớm hơn (4/2005) nên độ mặn ở các ao cao hơn (26‰). Vào cuối vụ nuôi thứ 1 độ mặn ở các ao giảm thấp (6‰) và ở vụ nuôi thứ 2 độ mặn vẫn còn duy trì ở mức thích hợp cho tôm (16‰). Chính sự khác nhau về độ mặn của hai vụ nuôi đã dẫn đến nhiều điểm khác nhau về các yếu tố chất lượng nước, thành phần phiêu sinh vật và những rủi ro trong quá trình nuôi. Theo Chanratchakool (2003), độ mặn thích hợp cho tôm Sú nằm trong khoảng 15-25‰, khi độ mặn giảm thấp hơn 7-8‰ thì tôm dễ bị còi và mềm vỏ. Độ mặn thấp thì khả năng đệm của nước thấp làm pH dễ biến động và các loài tảo và rong nước ngọt phát triển mạnh gây suy giảm chất lượng nước.

Như vậy, độ mặn ở vụ nuôi thứ 2 luôn nằm trong khoảng thích hợp cho nuôi tôm nhưng độ mặn ở vụ nuôi thứ 1 vào cuối vụ nuôi rất thấp. Điều này đã dẫn đến một số sự cố cho các ao nuôi vào cuối vụ nuôi.



Hình 8: Biến động độ mặn của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



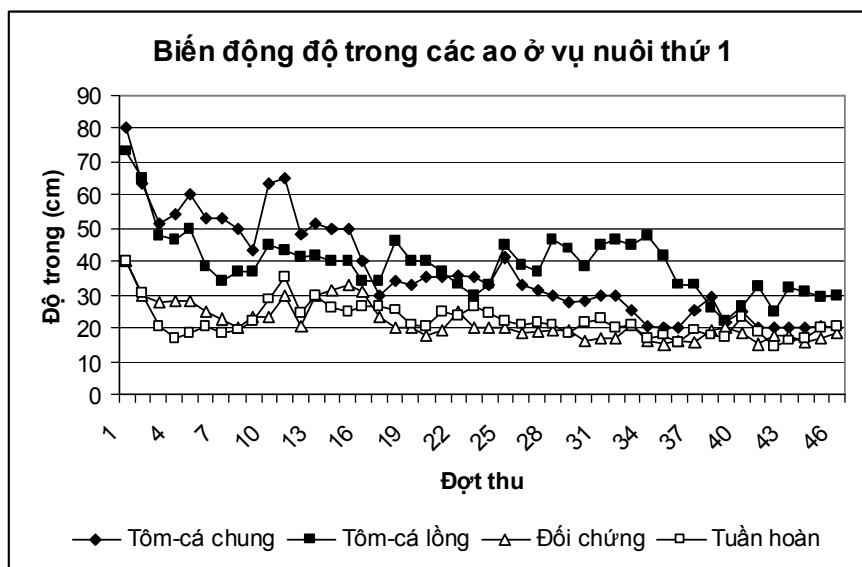
Hình 9: Biến động độ mặn của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

1.1.4 Độ trong

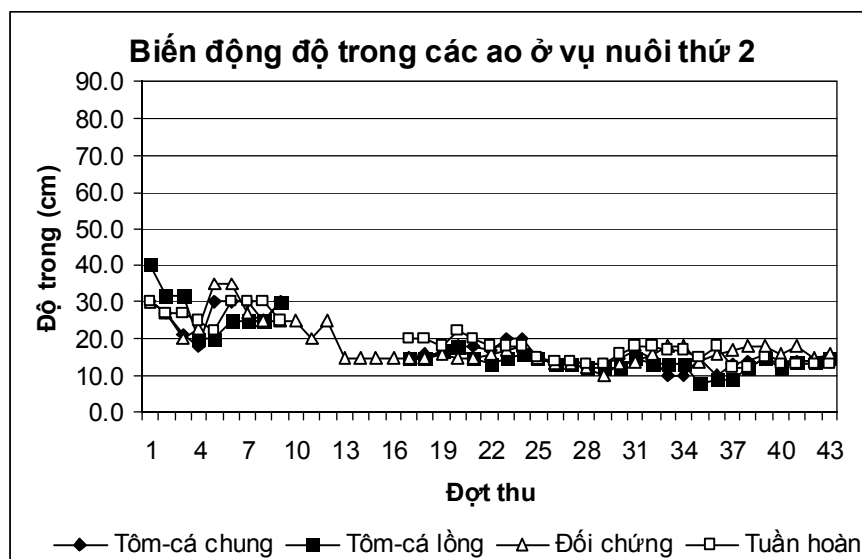
Độ trong trung bình ở các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động từ 22-39 cm, giá trị độ trong cao nhất đạt là 80 cm và thấp nhất là 15 cm. Trong khi đó sự biến động độ trong trung bình ở các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 rất ít, từ 17-19cm, cao nhất là 40 cm và thấp nhất là 8 cm (Hình 10, 11). Nhìn chung độ trong ở cả hai vụ nuôi có xu hướng giảm dần về cuối vụ nuôi do sự tích lũy dinh dưỡng làm tảo phát triển mạnh dần về cuối vụ nuôi. Độ trong của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ nhất chủ yếu là do sự phát triển của tảo nên độ trong đầu vụ nuôi khá cao. Hơn nữa, do diện tích ao ở vụ nuôi thứ 1 khá lớn (3.000-3.400m²) độ trong của nước ao ít bị ảnh hưởng của của phù sa bị rửa trôi từ trên bờ ao sau các cơn mưa. Ở vụ nuôi thứ 2, độ trong của nước chịu ảnh hưởng chủ yếu của phù sa rửa trôi sau cơn mưa do diện

tích ao nhỏ (200m²) và do hệ thống sục khí đáy đã làm khuấy động nền đáy ao. Đây cũng chính là nguyên nhân làm cho độ trong của vụ nuôi thứ 2 thấp hơn rất nhiều so với vụ nuôi thứ 1(xem mục 2.2, Bảng 10).

Khi so sánh độ trong giữa các nghiệm thức thì các nghiệm thức có nuôi kết hợp với cá rô phi (tôm-cá chung và tôm-cá lồng) có độ trong cao hơn, nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn thì độ trong thấp hơn (Hình 10). Có thể cá rô phi trong các nghiệm thức nuôi kết hợp đóng vai trò làm ổn định sự phát triển của tảo nên độ trong cao, trong khi ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn tảo phát triển mạnh làm cho độ trong giảm thấp. Ở vụ nuôi thứ 2 nước đục do phù sa, tảo phát triển ở mức độ trung bình nên độ trong ít biến động và ít có sự khác biệt giữa các các nghiệm thức.



Hình 10: Biến động độ trong của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 11: Biến động độ trong của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Theo Chanratchakool *et al.* (2003) độ trong thích hợp cho ao nuôi tôm thâm canh dao động trong khoảng 30-40 cm, nếu độ trong quá cao (lớn hơn 60 cm) thì các loài sinh vật làm thức ăn tự nhiên kém phát triển và tảo đáy phát triển mạnh không có lợi cho tôm. Khi độ trong quá thấp (nhỏ hơn 20 cm) do tảo phát triển mạnh thì chất lượng nước suy giảm, các yếu tố pH, oxy hòa tan và CO₂ biến động lớn gây bất lợi cho tôm, độ trong thấp do trong nước có nhiều phù sa thì sẽ cản trở quá trình trao đổi khí của tôm.

Ở vụ nuôi thứ 1 các nghiệm thức nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng có độ trong rất thích hợp, chỉ có vài thời điểm cuối vụ nuôi độ trong giảm thấp dưới giới hạn cho phép. Ở nghiệm thức đối chứng thì độ trong dao động trong khoảng 20-30 cm vào nửa đầu vụ và độ trong giảm xuống dưới 20 cm vào nửa cuối vụ, đối với nghiệm thức tuần hoàn thì có kết quả tương tự như nghiệm thức đối chứng do trong quá trình nuôi việc tuần hoàn ít được thực hiện nhằm tránh nhiễm bệnh. Như đã giải thích, có thể cá rô phi nuôi kết hợp trong ao đã giúp ổn định thành phần và mật độ tảo nên các nghiệm thức tôm-cá chung và tôm cá lồng duy trì được độ trong thích hợp trong hầu hết thời gian của vụ nuôi.

Ở vụ nuôi thứ 2, độ trong khá thấp không thích hợp cho tôm. Nguyên nhân gây đục là do các ao thực nghiệm không có hệ thống quạt nước nên phải tăng cường hệ thống sục khí đáy làm khuấy động nền đáy. Hơn nữa, bùn đất bị rửa trôi từ trên bờ sau những cơn mưa làm giảm độ trong của nước. Tuy nhiên, nước đục do phù sa thường không gây nên những biến động lớn về các yếu tố chất lượng nước, ở mức độ trong 15-20cm thì chưa gây nên những tác hại lớn đến tôm, có thể ở mức độ trong này chỉ ảnh hưởng quá trình hô hấp làm giảm sinh trưởng của tôm.

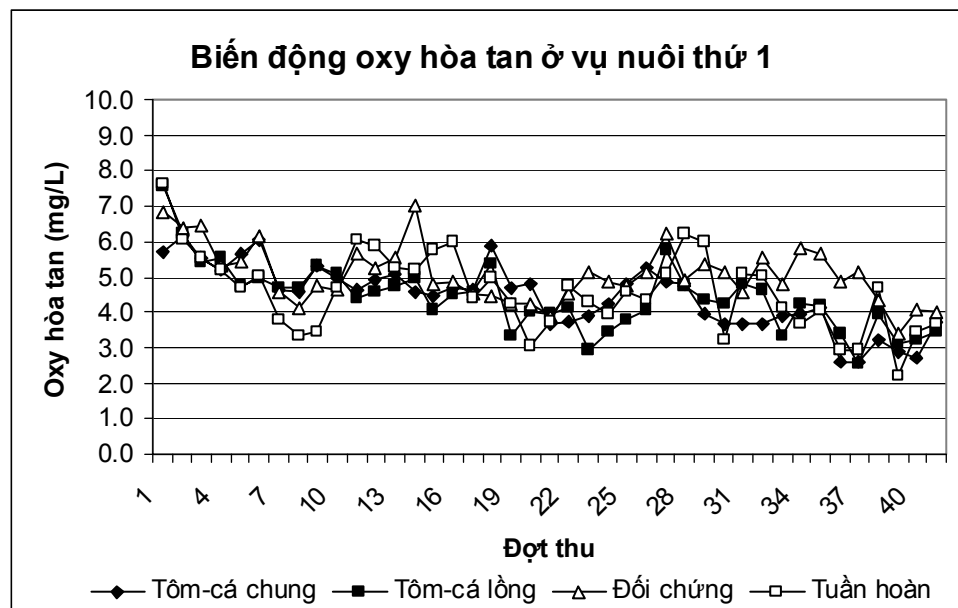
1.2 Các yếu tố hóa học của nước

1.2.1 Oxy hoà tan

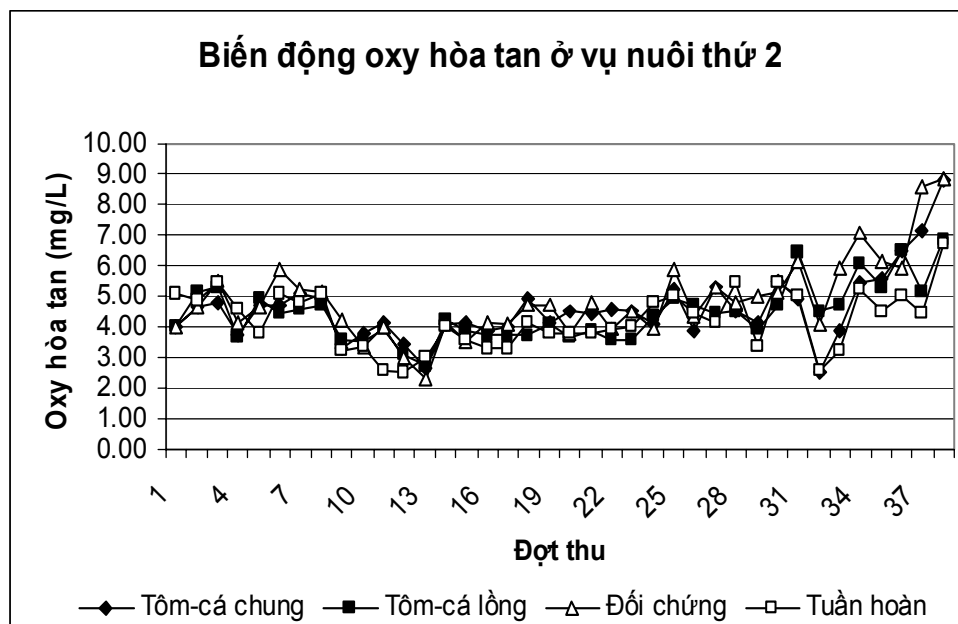
Hàm lượng oxy hòa tan trung bình ở vụ nuôi thứ 1 là 4,4 - 5,0 mg/L vào lúc sáng sớm, 8,5 - 9,6 mg/L vào lúc xế chiều và không chênh lệch nhiều giữa các nghiệm thức. Hàm lượng oxy hòa tan có xu hướng giảm dần vào cuối vụ nuôi do sự phát triển của thực vật, cuối vụ nuôi hàm lượng oxy hòa tan tương đối thấp (2,19 mg/L) làm cho tôm thường bị nổi đầu vào mỗi buổi sáng. Nguyên nhân làm cho hàm lượng oxy hòa tan giảm thấp (vào sáng sớm) là do mật độ tôm nuôi khá cao (35 con/m²) cùng với sự phát triển mạnh của tảo vào cuối vụ nuôi.

Hàm lượng oxy hòa tan trung bình ở vụ nuôi thứ 2 là 4,2–4,8 mg/L vào sáng sớm, 8,9- 9,3 mg/L vào xế chiều và cũng không có sự chênh lệch giữa các nghiệm thức. Hàm lượng oxy hòa tan ở các nghiệm thức hầu như ít biến động và luôn cao hơn 3 mg/L rất thích hợp cho tôm. Tuy nhiên, ở tuần nuôi thứ 6 thời tiết lúc này ít nắng,

có nhiều mưa nên nguồn oxy cung cấp cho ao nuôi chủ yếu là do sự khuếch tán khí, nguồn cung cấp oxy từ sự quang hợp của tảo bị hạn chế nên hàm lượng oxy hòa tan thấp. Hàm lượng oxy hòa tan cuối vụ nuôi thứ 2 có xu hướng tăng do tảo phát triển tốt, quá trình quang hợp của tảo làm tăng hàm lượng oxy hòa tan cho ao nuôi. Trong các ao nuôi thâm canh, sự biến động hàm lượng oxy hòa tan phụ thuộc rất lớn vào mật độ của tảo, khi mật độ tảo thấp thì hàm lượng oxy hòa tan thấp và ổn định, tảo phát triển vừa phải thì hàm lượng oxy cao, nếu tảo phát triển quá mức thì hàm lượng oxy rất cao vào ban ngày nhưng sẽ rất thấp vào ban đêm và như vậy có thể gây ảnh hưởng xấu đến tôm.



Hình 12: Biến động hàm lượng oxy hòa tan của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 13: Biến động hàm lượng oxy hòa tan của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

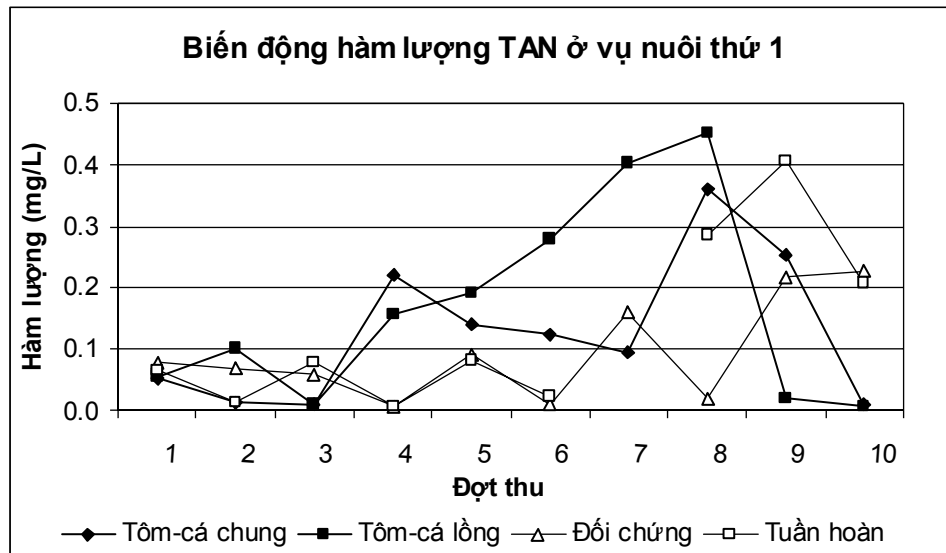
Theo Boyd (1990) hàm lượng thích hợp cho ao nuôi tôm cá phải lớn hơn 3 mg/L và hàm lượng oxy hòa tan tối ưu là từ 5 mg/L đến bão hòa. Theo Chanratchakool (2003) tôm tăng trưởng tốt khi hàm lượng oxy hoà tan cần phải được duy trì lớn hơn 4 mg/L. Nếu hàm lượng oxy khoảng 2-3 ppm thì tôm sẽ bắt mỗi yếu. Hàm lượng oxy <2 ppm có thể làm tôm chết ngạt. Như vậy, hàm lượng oxy hoà tan trong các nghiệm thức hầu như cao hơn khoảng thích hợp cho tôm, chỉ có thời điểm cuối vụ nuôi thứ 1 và giữa vụ nuôi thứ 2 thì hàm lượng oxy hòa tan thấp hơn 3 mg/L không tốt cho sự sinh trưởng của tôm. Tuy nhiên, vào thời điểm hàm lượng oxy hòa tan thấp thì không thấp hơn 2 mg/L nên chưa gây nên hiện tượng tôm chết do thiếu oxy.

1.2.2 TAN (Total Ammonia Nitrogen)

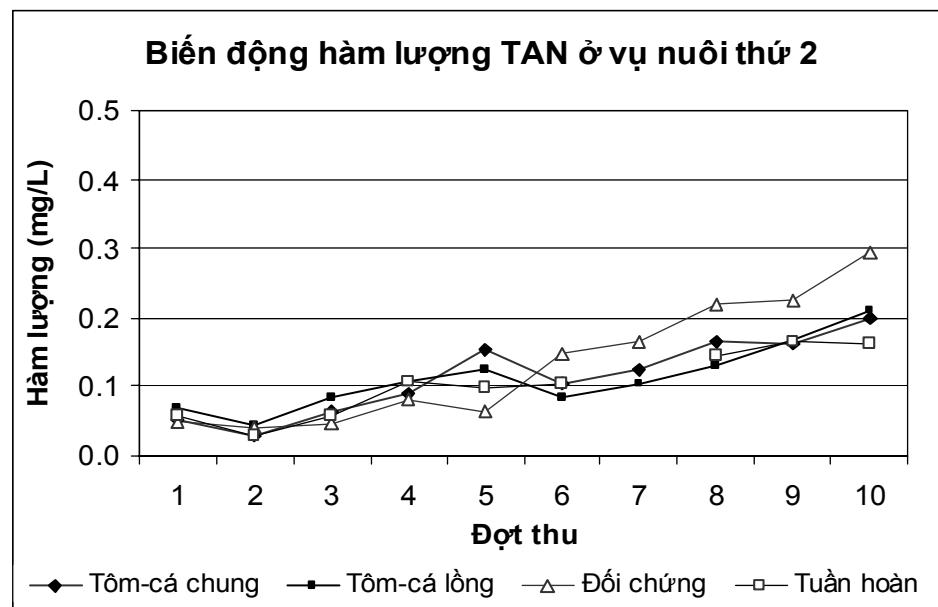
Hàm lượng TAN ở các ao nuôi của cả hai vụ nuôi đều có khuynh hướng tăng dần về cuối vụ. Hàm lượng TAN trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 lần lượt là 0,128 mg/L; 0,167 mg/L; 0,093 mg/L và 0,130 mg/L. Nhìn chung, TAN ở các ao nuôi đạt mức trung bình ở đầu vụ nuôi nhưng tăng cao vào cuối vụ (0,4 - 0,45 mg/L). Hàm lượng TAN biến động tương đối đồng đều ở các nghiệm thức, riêng ở nghiệm thức tôm-cá lồng thì hàm lượng TAN cao hơn các nghiệm thức khác với giá trị cực đại bằng 0,45 mg/L. Nguyên nhân dẫn đến hàm lượng TAN ở nghiệm thức tôm-cá lồng cao có thể là do sự phân hủy rế dừ nước ở trong đất đáy ao.

Hàm lượng TAN ở vụ nuôi thứ 2 có giá trị trung bình lần lượt là 0,114 mg/L; 0,112 mg/L; 0,133 mg/L và 0,103 mg/L, hàm lượng TAN cao nhất ở thời điểm cuối vụ nuôi. Giữa các nghiệm thức không khác biệt nhau ở đầu vụ nhưng ở cuối vụ thì hàm lượng TAN ở nghiệm thức đối chứng (nuôi tôm đơn) cao hơn các nghiệm thức khác (0,293 mg/L). Nguyên nhân có thể do cá rô phi đã sử dụng một phần thức ăn dư thừa trong ao cùng với các vật chất hữu cơ tích tụ vào thời gian cuối vụ nuôi. Nhìn chung hàm lượng TAN ở vụ nuôi thứ 2 tương đối thấp hơn hàm lượng TAN ở vụ nuôi thứ 1, do vụ nuôi thứ 2 có mật độ nuôi thấp hơn (20 con/m²) so với mật độ nuôi ở vụ nuôi thứ 1 (35 con/m²) nên mức độ tích lũy dinh dưỡng thấp hơn.

Trong suốt vụ nuôi giá trị pH hầu hết là thấp hơn 8,5 và nhiệt độ trung bình khoảng vào buổi trưa khoảng 32°C, ở điều kiện này hàm lượng NH₃ chiếm tỉ lệ khoảng 22% của TAN và hàm lượng NH₃ tối đa chỉ dao động trong khoảng 0,049 - 0,099 mg/L. Theo Boyd (1998), Chanratchakool (2003), hàm lượng TAN thích hợp cho ao nuôi tôm là 0,2-2,0 mg/L và hàm lượng NH₃ phải nhỏ hơn 0,1 mg/L, như thế hàm lượng NH₃ trong các ao nuôi thấp hơn giới hạn cho phép rất thích hợp cho hoạt động sống của tôm.



Hình 14: Biến động hàm lượng TAN của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 15: Biến động hàm lượng TAN của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

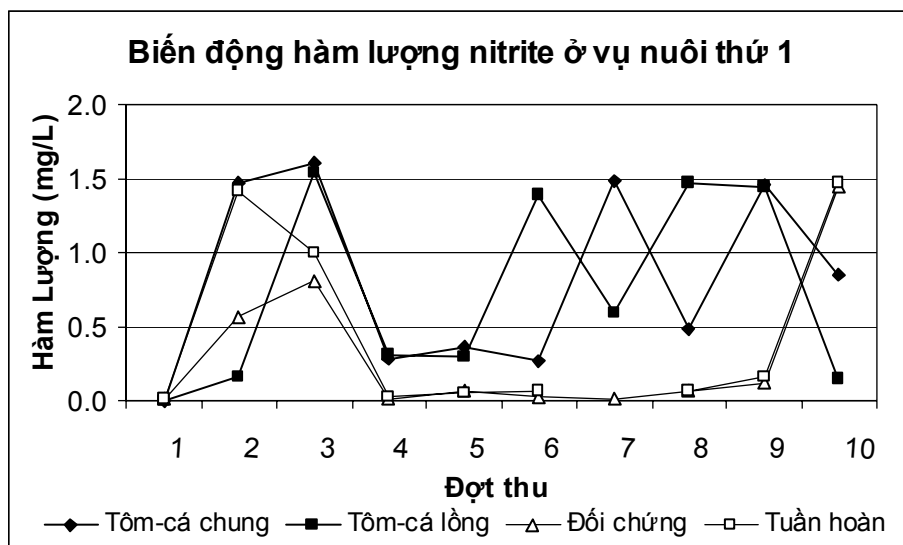
Đối với vụ nuôi thứ nhất, giai đoạn từ 50-60 ngày nuôi, mặc dù pH ở nghiệm thức tôm-cá chung và nghiệm thức tuần hoàn khá cao (>9), ở điều kiện này tỉ lệ NH_3 chứa trong TAN có thể đạt 48,5%, nhưng lúc này hàm lượng TAN tương đối thấp 0,139 mg/L và 0,081 mg/L nên hàm lượng NH_3 cũng chưa vượt giới hạn cho phép.

1.2.3 Nitrite (NO_2^-)

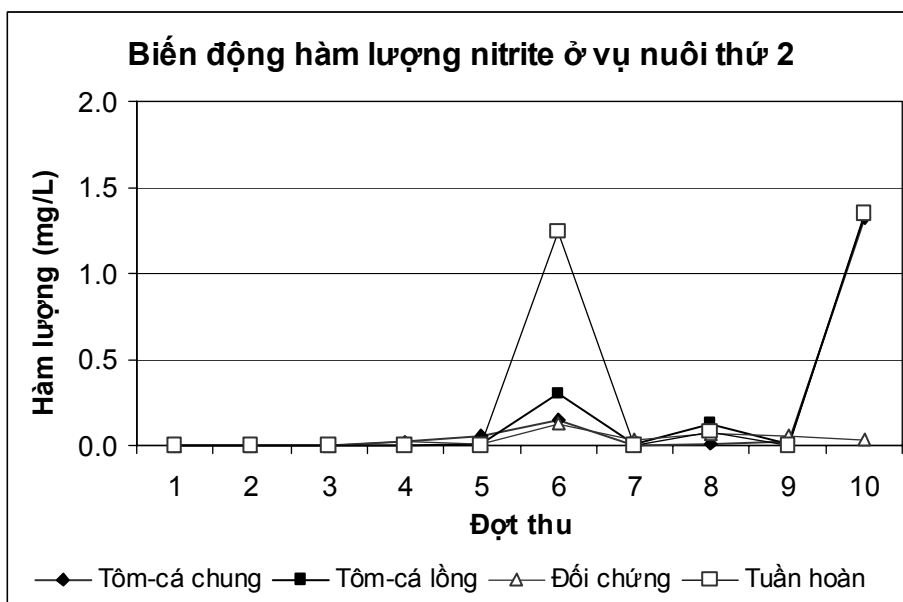
Ở vụ nuôi thứ 1, hàm lượng NO_2^- trong các nghiệm thức tăng lên sau 2 tuần và đạt giá trị cực đại ở tuần thứ sáu sau đó giảm thấp (Hình 16), nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng có hàm lượng NO_2^- biến động lớn sau 3 tháng nuôi. Quy luật biến động hàm lượng NO_2^- không rõ ràng, khó phân biệt sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

Ở vụ nuôi thứ 2, hàm lượng NO_2^- của các nghiệm thức rất thấp trong 2,5 tháng nuôi đầu tiên. Sau 3 tháng nuôi (đợt thu mẫu thứ 6), hàm lượng này tăng cao đột ngột và cao nhất ở nghiệm thức tuần hoàn (1,242 mg/L). Hàm lượng NO_2^- ở nghiệm thức tuần hoàn đạt giá trị cực đại khi về cuối vụ nuôi (đợt thu mẫu thứ 10) (1,348 mg/L). Trong vụ nuôi này cũng rất khó xác định sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

Khi so sánh giữa hai vụ nuôi thì vụ nuôi thứ nhất có hàm lượng NO_2^- cao hơn, có thể mật độ nuôi đã ảnh hưởng đến sự khác biệt của hàm lượng NO_2^- , mật độ nuôi càng cao thì lượng chất thải càng nhiều và hàm lượng NO_2^- càng cao.



Hình 16: Biến động hàm lượng nitrite của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 17: Biến động hàm lượng nitrite của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

NO_2^- được sinh ra từ quá trình oxy hóa NH_4^+ dưới tác động của vi khuẩn Nitrosomonas, như vậy NO_2^- chỉ tăng lên khi có NH_4^+ và vi khuẩn nitrite hóa phát

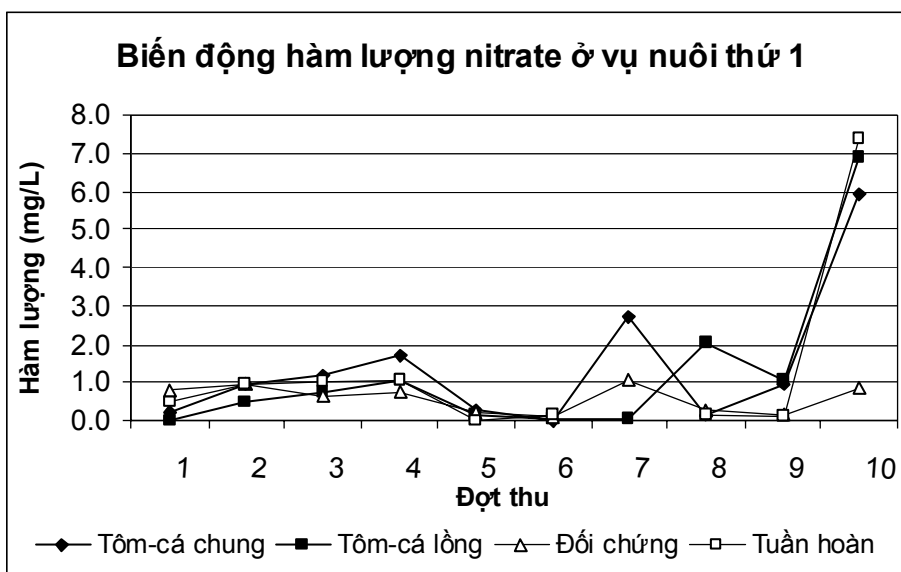
triển trong ao. Sau khi khử trùng nước, hầu hết vi khuẩn trong ao bị diệt mặc dù ao nuôi được cung cấp phân bón (NH_4^+ , bột cá, bột đậu nành) để gây màu nước nhưng lúc này vi khuẩn *Nitrosomonas* chưa phát triển cho nên NO_2^- tương đối thấp và có nguồn gốc từ nguồn nước cấp. Sau 2 tuần thì nhóm vi khuẩn này bắt đầu phát triển mạnh, nên hàm lượng NO_2^- tăng lên. Tuy nhiên, NO_2^- tiếp tục bị oxy hóa thành NO_3^- dưới tác động của vi khuẩn *Nitrobacter* nên sau đó hàm lượng NO_2^- giảm dần.

Theo Boyd (1998) NO_2^- gây độc cho tôm cá phụ thuộc vào hàm lượng Cl⁻ (nước mặn), độc tính của NO_2^- đối với cá mương (*Chanos chanos*) trong điều kiện nước ngọt lớn hơn 55 lần so với điều kiện nồng độ muối 16‰. Giá trị LC_{50} -24 giờ và 96 giờ của NO_2^- đối với tôm sú và hậu ấu trùng là 204 và 45 mg/L (Chen & Chin, 1988), nồng độ an toàn của NO_2^- đối với hậu ấu trùng tôm sú là 4,5 mg/L. Trong thực nghiệm, hầu hết các nghiệm thức đều có hàm lượng NO_2^- nhỏ hơn 1,5 mg/L, hơn nữa tôm sú được nuôi trong môi trường nước lợ (có chứa Cl⁻) nên độc tính của NO_2^- thấp và không ảnh hưởng đến tôm.

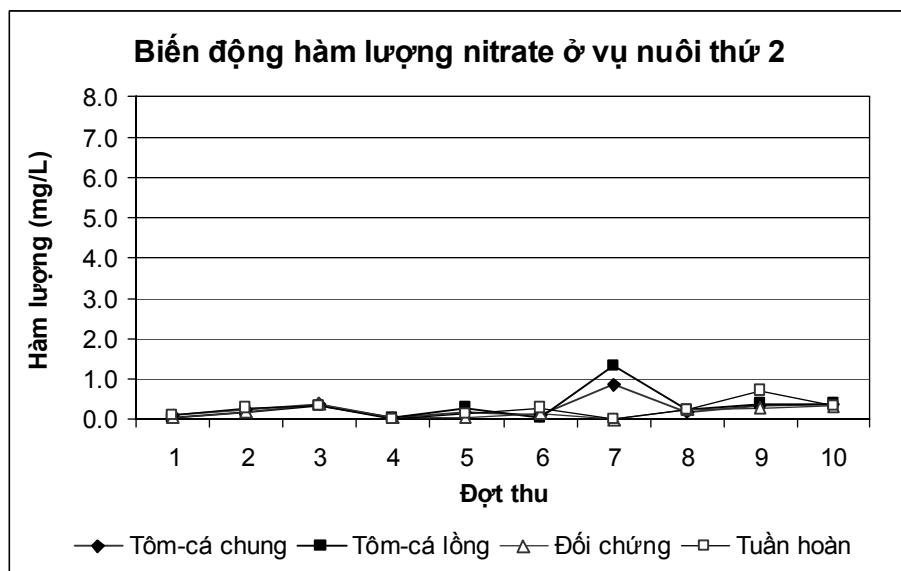
1.2.4 Nitrate (NO_3^-)

Hàm lượng trung bình của các nghiệm thức ở cả hai vụ nuôi đều ở mức thấp (nhỏ hơn 2 mg/L) và được duy trì trong suốt vụ nuôi, chỉ có duy nhất trường hợp vào thời điểm cuối vụ nuôi thứ 1 hàm lượng NO_3^- tăng cao (7,386 mg/L). Giữa các nghiệm thức thì không có sự khác biệt rõ ràng. Tuy nhiên, giữa 2 vụ nuôi thì có sự khác biệt rõ ràng, vụ nuôi thứ 1 có hàm lượng NO_3^- khá cao so với vụ nuôi thứ 2. Như đã đề cập đến ở các phần trên, do vụ nuôi thứ nhất có mật độ nuôi cao (35 con/m²) nên sự tích lũy dinh dưỡng lớn hơn so với vụ nuôi thứ 2.

Sự biến động hàm lượng NO_3^- trong các ao nuôi thâm canh có liên quan rất lớn đến mức độ tích lũy vật chất dinh dưỡng và sự phát triển của tảo. Trong ao nuôi thâm canh, thức ăn công nghiệp giàu đạm được cung cấp vào ao nuôi với một lượng lớn, quá trình phân hủy hữu cơ (khoáng hóa) tạo ra nhiều loại muối dinh dưỡng trong đó có dạng NO_3^- , lượng thức ăn cung cấp tăng dần theo khối lượng cá tôm nên hàm lượng NO_3^- tăng dần về cuối vụ nuôi. Bên cạnh đó, hàm lượng NO_3^- trong các ao nuôi còn chịu ảnh hưởng của mật độ tảo, khi tảo phát triển mạnh tảo sẽ hấp thụ NO_3^- làm cho hàm lượng NO_3^- giảm. Ngược lại, khi tảo tàn thường làm cho hàm lượng NO_3^- tăng đột ngột do NO_3^- không được tảo hấp thụ. Trong hai vụ nuôi, có một vài thời điểm NO_3^- tăng đột ngột, thời điểm này trùng với giai đoạn tảo tàn trong các nghiệm thức.



Hình 18: Biến động hàm lượng nitrate của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



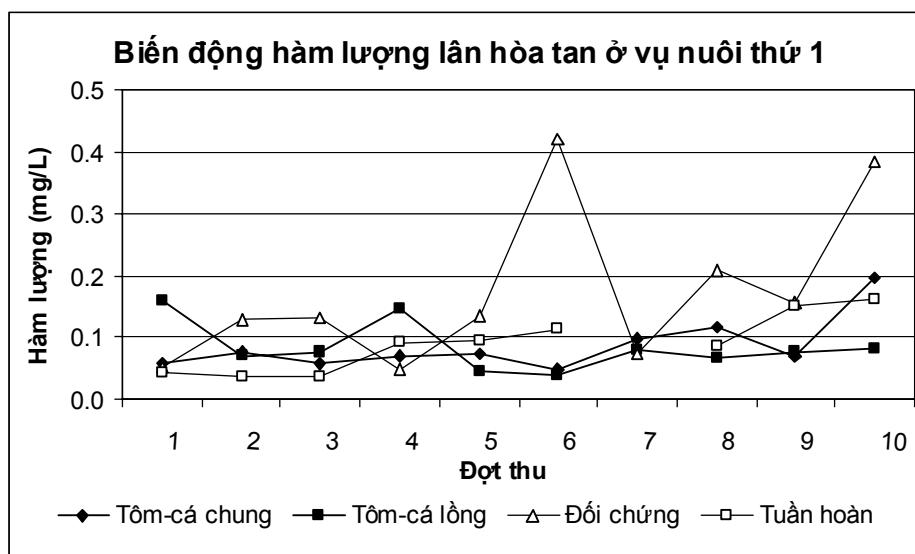
Hình 19: Biến động hàm lượng nitrate của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

NO_3^- là một loại muối dinh dưỡng cần thiết cho sự phát triển của thực vật và không gây độc cho tôm cá, nhưng nếu hàm lượng NO_3^- quá cao sẽ làm cho tảo phát triển quá mức làm biến động một số yếu tố hóa học như pH, oxy hòa tan và CO_2 gây bất lợi cho tôm. Theo Boyd (1998) hàm lượng NO_3^- cho phép trong ao nuôi thủy sản là nhỏ 10 mg/L, tốt nhất là nhỏ hơn 2 mg/L. Như vậy, hàm lượng NO_3^- trong các nghiệm thức hầu hết nhỏ hơn 2 mg/L nên rất thích hợp cho nuôi tôm.

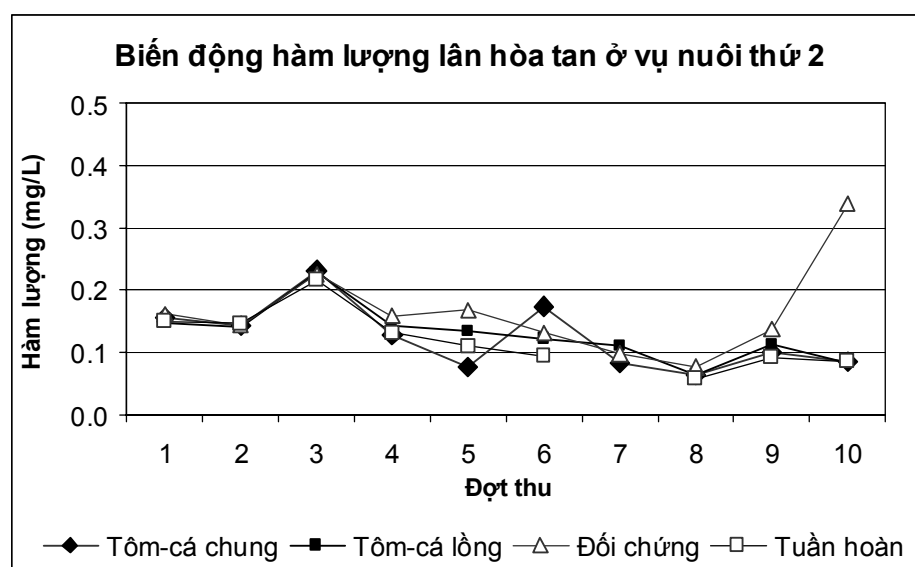
1.2.5 Lân hòa tan (PO_4^{3-})

Hàm lượng lân hòa tan trung bình các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động trong khoảng 0,085-0,173 mg/L và ở vụ nuôi thứ 2 là 0,111- 0,128 mg/L. Hàm lượng lân

hòa tan nhìn chung ít biến động và không có sự khác biệt các nghiệm thức. Giữa hai vụ nuôi cũng không có sự khác biệt lớn về hàm lượng lân hòa tan (Hình 20, 21).



Hình 20: Biến động lân hòa tan của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



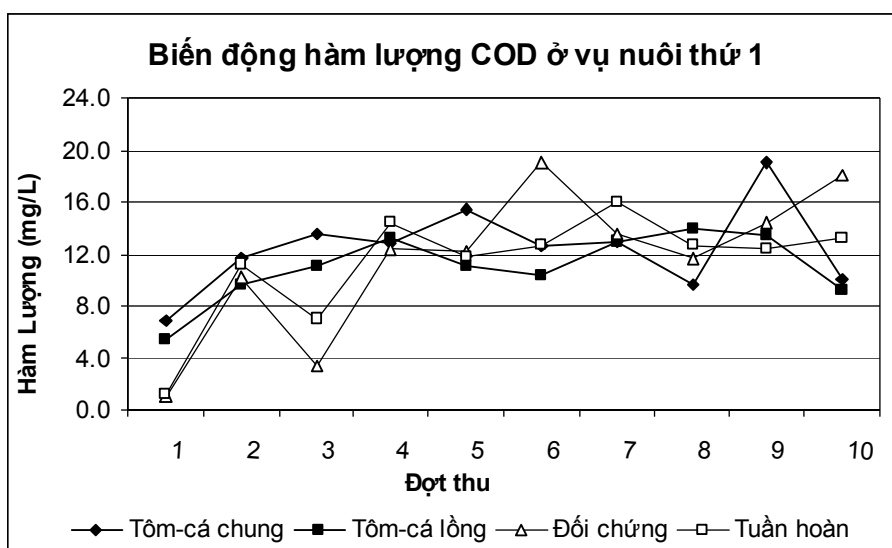
Hình 21: Biến động lân hòa tan của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Theo Boyd (1998) tảo phát triển tốt khi hàm lượng lân biến động trong khoảng 0,005-0,2 mg/L, tảo không phát triển khi hàm lượng lân hòa tan nhỏ hơn 0,005 mg/L và tảo sẽ nở hoa khi hàm lượng lân hòa tan vượt quá 0,2 mg/L. Như vậy, hàm lượng lân hòa tan của các ao thực nghiệm trong hai đầu vụ nuôi đều nhỏ hơn 0,2 mg/L thích hợp cho sự phát triển của tảo, nhưng chỉ một vài thời điểm và nhất là cuối vụ hàm lượng lân hòa tan tăng cao (0,4 mg/L) có thể gây nên hiện tượng tảo nở hoa. Nhìn chung, hàm lượng lân hòa tan ít biến động trong suốt vụ nuôi ở tất cả các ao thực nghiệm, sự ổn định này có thể có liên quan đến việc sử dụng vôi định kỳ nhằm quản lý pH trong ao nuôi. Các loại Ca(OH)_2 hoặc CaCO_3 có thể làm kết tủa dinh dưỡng, CaCO_3 sẽ tác dụng với lân hòa tan để hình thành phosphate canxi

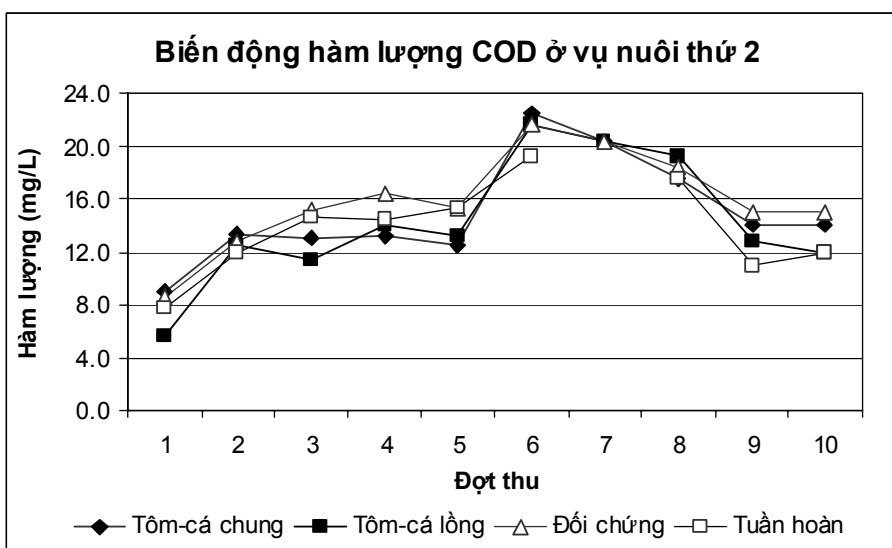
(apatite) và kết tủa xuống đáy ao (Prepas *et al.* 2001). Hơn nữa, trong môi trường nước mặn và lợ có nhiều ion Ca^{2+} cũng có vai trò làm kết tủa lân hòa tan.

1.2.6 COD (Chemical Oxygen Demand)

Hàm lượng COD có khuynh hướng tăng dần về cuối vụ. Hàm lượng COD trung bình dao động trong khoảng 11,0–12,4 mg/L ở vụ nuôi thứ 1 và trong khoảng 13,7–15,8 mg/L ở vụ nuôi thứ 2. Giữa các nghiệm thức không có sự khác biệt lớn về hàm lượng COD, kết quả xử lý thống kê cũng cho thấy sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa ($P > 0,05$). Có thể trong các ao nuôi kết hợp mật độ cá rô phi quá thấp ($0,1-0,2 \text{ con/m}^2$) nên không đủ để thực hiện vai trò làm giảm vật chất hữu cơ. Điều này thể hiện rất rõ ở vụ nuôi thứ 2, hàm lượng COD tăng cao về cuối vụ nuôi, có những thời điểm $\text{COD} > 20 \text{ mg/L}$, nhưng vẫn không có sự chênh lệch giữa các ao nuôi (Hình 23).



Hình 22: Biến động hàm lượng COD của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 23: Biến động hàm lượng COD của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

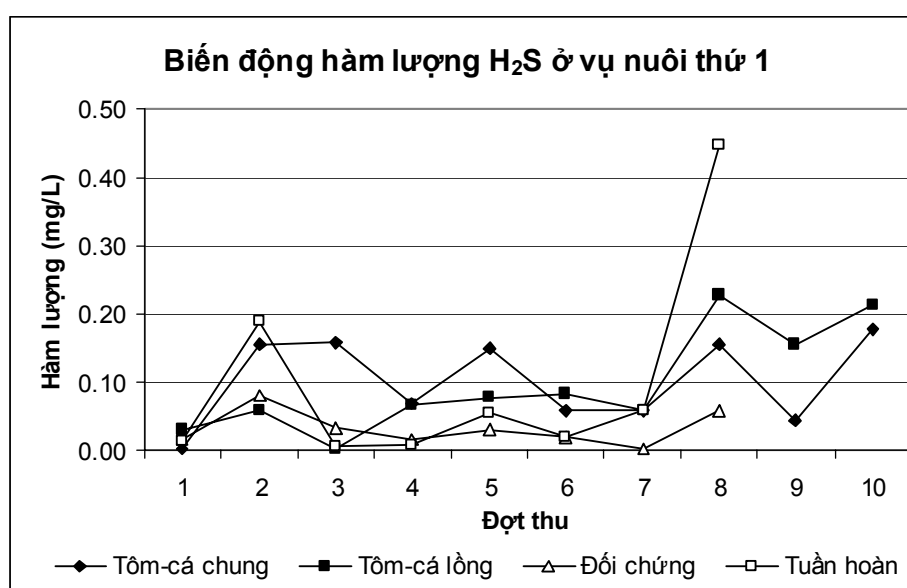
Hàm lượng COD ở vụ nuôi thứ 2 hơi cao hơn ở vụ nuôi thứ 1 có liên quan đến hệ thống sục khí đáy, do không có hệ thống quạt nước nên các ao nuôi ở vụ nuôi thứ 2 được tăng cường sục khí đáy làm khuấy động vật chất lắng tụ lên tầng nước.

Nhìn chung hàm lượng COD các ao nuôi biến động ở mức dinh dưỡng trung bình đến giàu dinh dưỡng, ở mức độ này rất thích hợp cho ao nuôi thủy sản. Theo tiêu chuẩn Việt Nam 5943-1995 thì nước sử dụng cho nuôi trồng thủy sản phải có COD nhỏ hơn 35 mg/L và theo Boyd (1998) hàm lượng COD tốt nhất cho nuôi tôm cá phải nhỏ hơn 30 mg/L. Trong các ao thực nghiệm thì COD cao nhất chỉ là 22 mg/L (đợt 2), cho thấy điều kiện ao nuôi tôm rất tốt, chưa vượt mức cho phép.

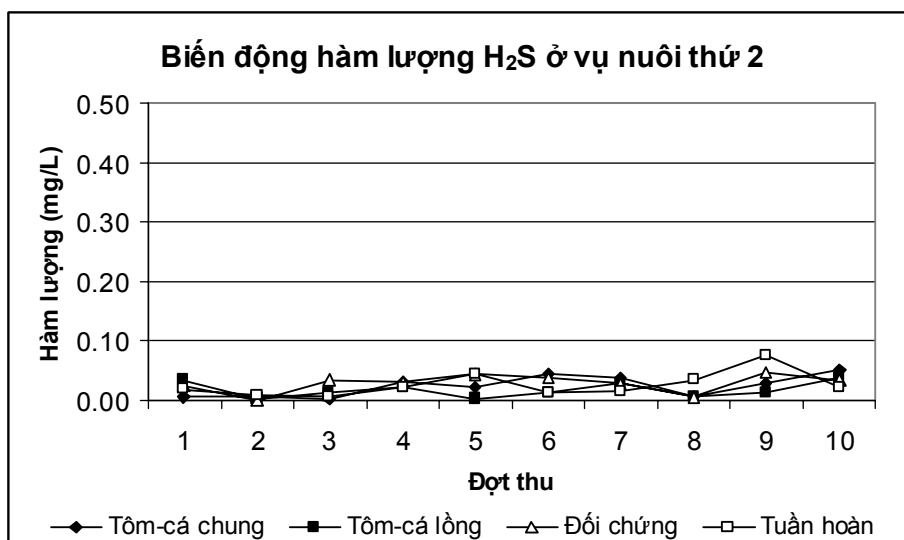
1.2.7 Hydrogen sulphide (H_2S)

Hàm lượng H_2S trung bình của các nghiệm thức (Hình 24, 25) biến động trong khoảng 0,032-0,10 mg/L ở vụ nuôi thứ 1 và 0,018- 0,029 mg/L ở vụ nuôi thứ 2. Vụ nuôi thứ 1, hàm lượng H_2S ở nghiệm thức đối chứng thấp nhất đạt 0,032 mg/L, thấp hơn 3 lần so với các nghiệm thức còn lại (0,10 mg/L, 0,097 mg/L và 0,099 mg/L). Nguyên nhân là do nghiệm thức tôm-cá chung và nghiệm thức tuần hoàn có sinh lượng tôm cao (năng suất cao) nên lượng thức ăn sử dụng nhiều hơn, do đó sự tích lũy hữu cơ cao hơn so với nghiệm thức đối chứng (xem Bảng 4). Riêng ao 2 do hiện tượng phân hủy rễ dừa nước ở đất đáy ao đã làm cho H_2S cao.

Hàm lượng H_2S trong các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 đều thấp và ít biến động, không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức (Hình 25). Mật độ tôm ở vụ nuôi thứ 2 thấp hơn so với mật độ tôm ở vụ nuôi thứ nhất nên mức độ tích lũy vật chất hữu cơ ở đáy ao cũng ít hơn, đây chính là lý do làm hàm lượng H_2S của vụ nuôi thứ 2 thấp hơn vụ nuôi thứ 1.



Hình 24: Biến động hàm lượng H_2S của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1

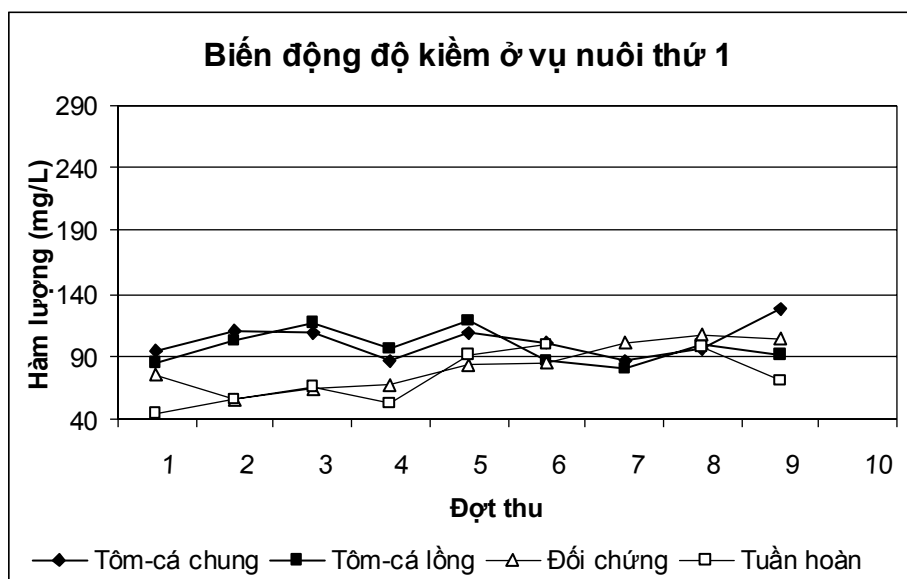


Hình 25: Biến động hàm lượng H₂S của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

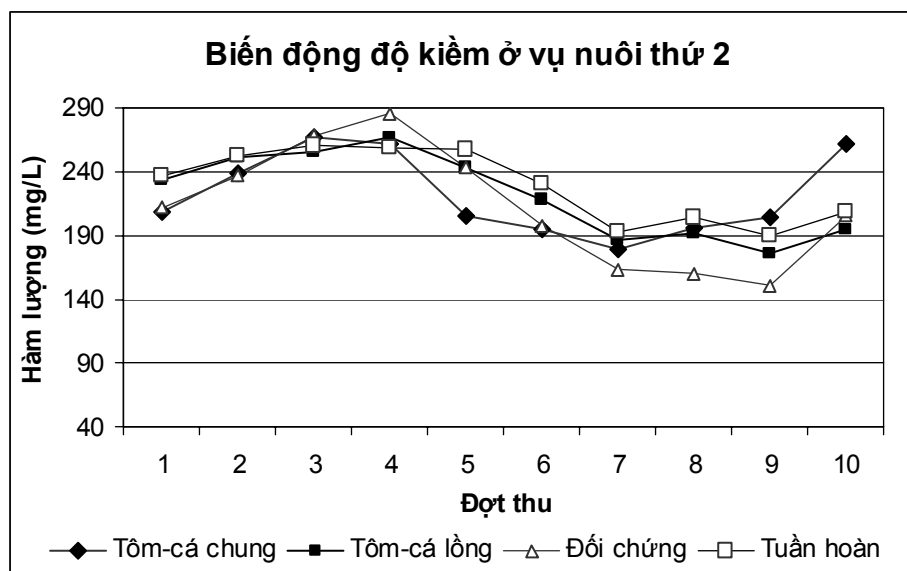
Theo Boyd (1990) H₂S là loại khí độc đối với tôm cá, H₂S sẽ liên kết với Fe của hemoglobin hoặc Cu của hemocyanin làm cho tế bào máu mất khả năng vận chuyển oxy dẫn đến tôm cá sinh trưởng chậm và tỉ lệ sống thấp do bị thiếu oxy. Theo Chanratchakool *et al.*, (2003) thì hàm lượng H₂S thích hợp cho ao tôm phải nhỏ hơn 0,03 mg/L. Như vậy, chỉ có vụ nuôi thứ 2 là có hàm lượng H₂S tương đối thích hợp cho tôm. Ngược lại, ở vụ nuôi thứ 1 hầu hết các nghiệm thức đều có hàm lượng H₂S cao hơn giới hạn cho phép gây bất lợi cho tôm. Có thể vì lý do này mà tôm trong các nghiệm thức bị chậm lớn, phải kéo dài thời gian nuôi gần 5 tháng tôm mới đạt kích cỡ thu hoạch.

1.2.8 Độ kiềm

Độ kiềm trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động từ 72,5-102,5 mg/L. Ở nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng độ kiềm ổn định trong suốt vụ nuôi, trong khi đó ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn độ kiềm thấp vào đầu vụ (45 mg/L), sau hơn 2 tháng nuôi độ kiềm tăng dần đạt tương đương với hai nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng. Sự biến động độ kiềm thường phụ thuộc vào độ mặn và sự phát triển của tảo, độ mặn càng cao thì độ kiềm càng cao và tảo phát triển càng mạnh thì độ kiềm càng cao. Trong trường hợp này, cả bốn nghiệm thức có độ mặn gần tương đương nhau nên sự chênh lệch độ kiềm giữa các nghiệm thức chủ yếu phụ thuộc vào sự phát triển của tảo. Do trong hai nghiệm thức có nuôi kết hợp với cá rô phi thì tảo phát triển ổn định nên độ kiềm cũng ổn định trong suốt vụ nuôi. Trong khi đó ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn tảo phát triển kém vào đầu vụ nên độ kiềm thấp, vào cuối vụ tảo phát triển mạnh nên độ kiềm gia tăng.



Hình 26: Biến động độ kiềm của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 27: Biến động độ kiềm của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Ở vụ nuôi thứ 2, độ kiềm trung bình biến động từ 212-229 mg/L. Độ kiềm có khuynh hướng cao vào đầu vụ và giảm về cuối vụ nuôi. Giữa các nghiệm thức không có sự khác biệt rõ ràng do không có sự chênh lệch lớn về độ mặn cũng như mật độ tảo. Nhìn chung, độ kiềm ở vụ nuôi thứ 2 khá cao so với vụ nuôi thứ 1. Vụ nuôi thứ 2 được tiến hành vào cuối mùa khô nên độ mặn khá cao (26‰), trong khi đó vụ nuôi thứ 1 được thực hiện vào đầu mùa nên độ mặn thấp hơn (18‰), đây chính là lý do dẫn đến sự khác biệt về độ kiềm của hai vụ nuôi.

Chanratchakool *et al.*, (2003) cho rằng độ kiềm lý tưởng cho tăng trưởng và phát triển của tôm là 80-120ppm. Độ kiềm quá thấp (nhỏ hơn 40 mg/L) thì khả năng điều chỉnh pH kém làm cho pH của nước dao động mạnh theo ngày đêm ảnh hưởng không tốt đến sức khỏe của tôm, hơn nữa khi độ kiềm thấp tôm có thể bị bệnh mềm

vỏ. Ngược lại, khi độ kiềm quá cao tôm sẽ khó lột xác và chậm lớn. Trong vụ nuôi thứ 1, hai nghiệm thức đối chứng và tuần hoàn có độ kiềm thấp (45-55 mg/L) nên độ pH biến động lớn gây bất lợi cho tôm. Ngược lại, các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 đều có độ kiềm khá cao (lớn hơn 200 mg/L), đây cũng là điều kiện không thuận lợi cho sự sinh trưởng của tôm.

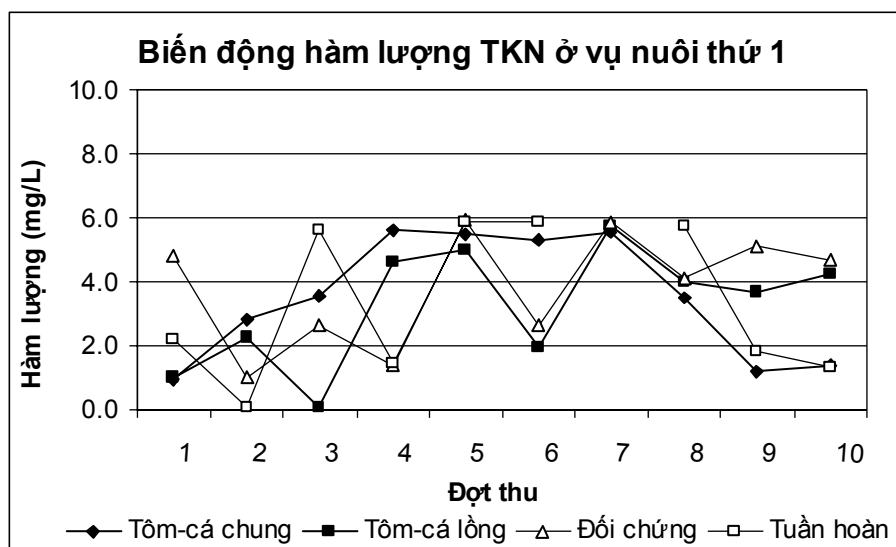
1.2.9 Tổng đạm Kjeldahl (TKN-Total Kjeldahl Nitrogen)

Hàm lượng TKN trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động từ 3,25 - 3,82 mg/L, hàm lượng TKN có khuynh hướng tăng dần về cuối vụ nuôi do sự tích lũy vật chất hữu cơ từ thức ăn thừa và chất thải của tôm. Hàm lượng TKN tăng nhanh sau 2 tháng nuôi (lớn hơn 4 mg/L), điều này chứng tỏ với mật độ nuôi 35 con/m² thì mức tích lũy dinh dưỡng rất lớn. Cuối vụ nuôi hàm lượng TKN của các nghiệm thức có khuynh hướng giảm do tác động của việc thay nước nhằm để giảm số lượng tảo và tránh sự biến động của các yếu tố pH, oxy hòa tan...

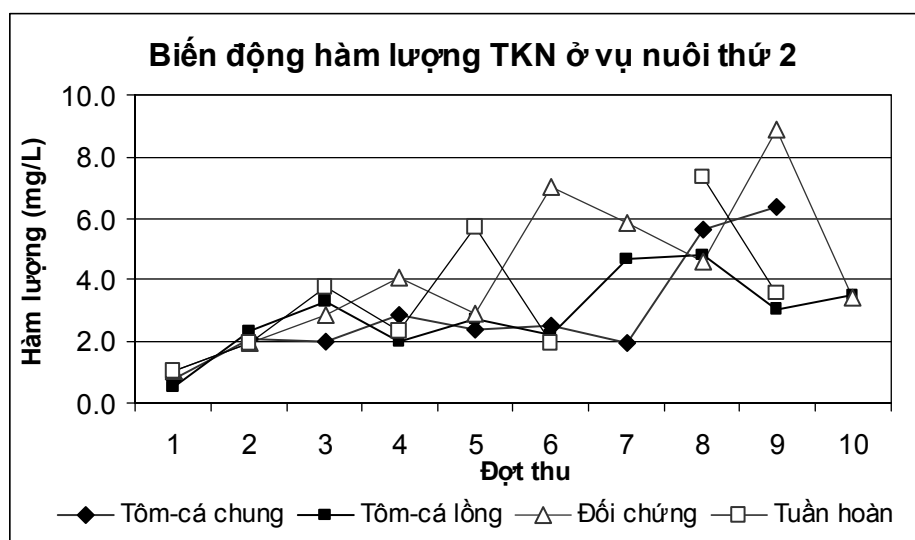
Hàm lượng TKN trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 biến động trong khoảng 2,91- 4,46 mg/L. Quy luật biến động hàm lượng TKN ở vụ nuôi thứ 2 cũng có khuynh hướng tăng dần về cuối vụ nuôi. Tuy nhiên, hàm lượng TKN ở các nghiệm thức tương đối thấp (khoảng 2 mg/L) và hàm lượng TKN chỉ tăng cao sau 3 tháng thực nghiệm (lớn hơn 4 mg/L), điều này cho thấy ở mật độ nuôi thấp (20 con/m²) thì mức độ tích lũy dinh dưỡng thấp. Sau 3 tháng nuôi hàm lượng TKN tăng cao và duy trì đến cuối vụ. Sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Mặc dù vụ nuôi thứ 2 có mật độ nuôi thấp và mức tích lũy vật chất dinh dưỡng cũng thấp hơn so với vụ nuôi thứ nhất nhưng hàm lượng TKN trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 thì tương đương với hàm lượng TKN trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ nhất. Điều này có thể được giải thích là hệ thống sục khí đáy đã làm khuấy động vật chất hữu cơ ở đáy ao dẫn đến sự gia tăng một số yếu tố như COD, TKN, độ đục...

Theo Huỳnh Trường Giang và *ctv* (2004) thì hàm lượng TKN thích hợp cho ao tôm thâm canh dao động trong khoảng từ 3,1-4,5 mg/L, nếu TKN nhỏ hơn 3 mg/L thì lúc đó độ trong sẽ lớn hơn 40 cm và nếu TKN lớn hơn 5,5 thì độ trong sẽ nhỏ hơn 25 cm không tốt cho ao nuôi. Như vậy, ở cả hai vụ nuôi thì hàm lượng TKN đều vượt quá mức thích hợp cho tôm vào cuối vụ nuôi. Vụ nuôi thứ 1 có mức tích lũy dinh dưỡng cao hơn nên hàm lượng TKN vượt khỏi mức thích hợp cho tôm sau 2 tháng nuôi và vụ nuôi thứ 2 có hàm lượng TKN vượt quá mức thích hợp cho tôm sau 3 tháng nuôi.



Hình 28: Biến động hàm lượng TKN của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



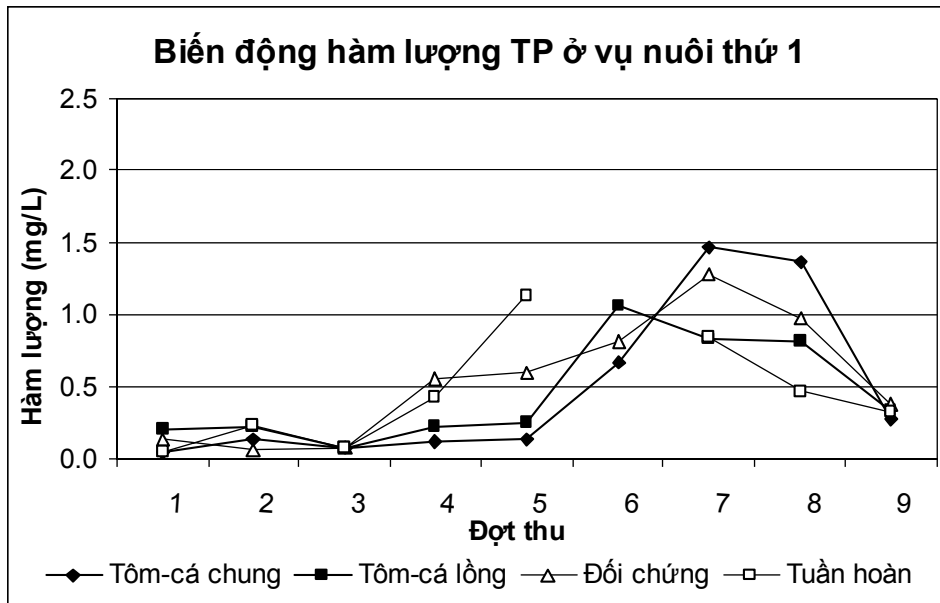
Hình 29: Biến động hàm lượng TKN của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

1.2.10 Tổng lân (TP-Total Phosphorus)

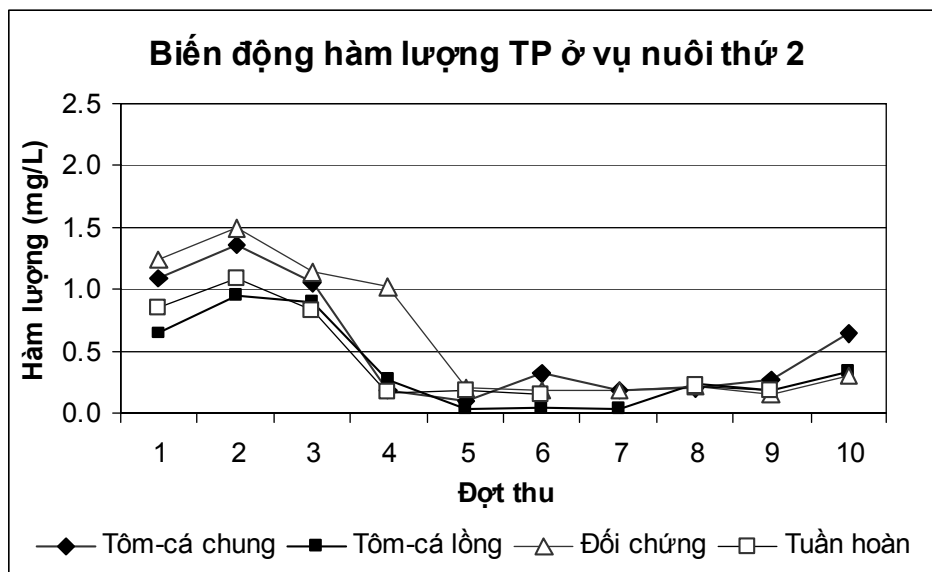
Hàm lượng TP trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 dao động trong khoảng 0,044-0,54 mg/L. Vào đầu vụ hàm lượng TP rất thấp, sau hai tháng nuôi hàm lượng TP tăng dần do sự tích lũy dinh dưỡng trong quá trình nuôi. Tuy nhiên, ở đợt thu mẫu cuối cùng hàm lượng TP giảm thấp do các ao nuôi được thay nước thường xuyên để cải thiện chất lượng nước.

Vụ nuôi thứ 2, hàm lượng TP trung bình của các nghiệm thức dao động trong khoảng 0,37- 0,62 mg/L. Hàm lượng TP vào thời điểm bắt đầu vụ nuôi khá cao, nguyên nhân có thể do đầu vụ nuôi nước được cấp trực tiếp từ kênh vào ao nuôi không qua ao lắng, trong nguồn nước cấp chứa rất nhiều phù sa nên hàm lượng TP cao. Sau 1 tháng nuôi, hàm lượng TP có khuynh hướng suy giảm và duy trì ở mức

thấp cho đến cuối vụ nuôi. Ở cả hai vụ nuôi đều không thể hiện sự khác biệt về hàm lượng TP giữa các nghiệm thức thực nghiệm ($P>0,05$).



Hình 30: Biến động hàm lượng TP của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 31: Biến động hàm lượng TP của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Theo Trương Quốc Phú và Yang Yi (2005), hàm lượng tổng lân chứa trong phù sa rất cao và có thể cao hơn hàm lượng TKN nhiều lần nếu trong nước xuất hiện nhiều phù sa. Trên sông Mekong hàm lượng TP có thể đạt mức 7,48 mg/L trong khoảng thời gian từ tháng 5-7 hàng năm, trong khi đó vào mùa khô (tháng 3-4) hàm lượng tổng lân chỉ đạt 1,76 mg/L. Mặc dù sau khi khử trùng nước một phần phù sa đã lắng tụ xuống đáy ao nhưng nước ao vẫn còn đục, do đó hàm lượng TP rất cao ở

đầu vụ. Sau khi gây màu nước, tảo phát triển và phù sa lắng tụ làm hàm lượng TP giảm xuống thấp.

1.3 Các yếu tố hóa học của bùn đáy ao

1.3.1 Tổng đạm (TN-Total Nitrogen)

Hàm lượng TN trong bùn đáy của các nghiệm thức ở vụ nuôi vụ 1 biến thiên trong khoảng 0,27-2,48 mg/g bùn khô (trung bình là 1,26-1,30 mg/g) (Bảng 4). Hàm lượng TN có khuynh hướng tăng dần về vụ ở tất cả các nghiệm thức. Tuy nhiên, giữa các nghiệm thức thì không có sự chênh lệch lớn.

Ở vụ nuôi thứ 2, hàm lượng TN biến động trong khoảng 0,78-6,85 mg/g bùn khô (trung bình là 2,7-3,15 mg/g) (Bảng 4). Hàm lượng TN có sự biến động lớn và có xu hướng tăng cao vào giữa vụ nuôi. Giữa các nghiệm thức cũng không có sự khác biệt lớn. Kết quả xử lý thống kê cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa ($P>0,05$).

Nhìn chung hàm lượng TN trong bùn đáy ở vụ nuôi thứ 2 cao hơn TN ở vụ 1 khoảng 2,5-3 lần (Bảng 4). Vụ nuôi thứ 2, để thúc đẩy sự tăng trưởng của tôm (do tôm bị chậm lớn) thức ăn chất lượng cao (UP tăng trọng) đã được sử dụng, có thể đây là một nguyên nhân dẫn đến hàm lượng các chất dinh dưỡng trong bùn cao ở vụ nuôi thứ 2 cao hơn so với vụ nuôi thứ 1. Hơn nữa, khi phân tích vi sinh cho thấy mật độ tổng vi khuẩn ở vụ nuôi thứ 1 cao hơn so với vụ nuôi thứ 2 từ 3-4 lần, có thể vi khuẩn vai trò phân hủy nền đáy làm giảm các chất hữu cơ chứa đạm và lân ở đáy ao (xem Hình 35, 36).

Bảng 4: Hàm lượng một số yếu tố dinh dưỡng trong bùn đáy ao

Chỉ tiêu	Nghiệm thức			
	Tôm-cá chung	Tôm-cá lồng	Đối chứng	Tuần hoàn
Vụ nuôi thứ 1				
TN (mg/g)	1,30±0,57	1,26±0,48	1,26±0,47	1,29±0,55
TP (mg/g)	0,69±0,26	0,67±0,14	0,73±0,26	0,63±0,34
Hữu cơ (%)	11,47±4,89	9,30±2,10	8,05±1,56	10,68±4,82
Vụ nuôi thứ 2				
TN (mg/g)	3,15±1,69	2,70±1,76	2,80±1,33	2,84±1,60
TP (mg/g)	1,25±0,44	1,23±0,49	1,03±0,66	1,28±0,50
Hữu cơ (%)	5,31±2,58	5,78±1,47	5,90±2,48	6,64±1,95

1.3.2 Tổng lân (TP-Total Phosphorus)

Hàm lượng TP trong bùn đáy của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động trong khoảng 0,24-1,27 mg/g bùn khô (trung bình là 0,63-0,73 mg/g) (Bảng 4). Hàm lượng TP trong bùn của các nghiệm thức có xu hướng hơi tăng so với thời điểm đầu vụ nhưng sau đó ổn định trong suốt vụ nuôi.

Vụ nuôi thứ 2, hàm lượng TP trong bùn dao động trong khoảng 0,357-2,45 mg/g bùn khô (trung bình là 1,03-1,28 mg/g) (Bảng 4). Hàm lượng TP trong bùn của các nghiệm thức khá cao vào đầu vụ, giảm sau 1 tháng nuôi và giữ ổn định trong thời gian cuối vụ nuôi. Giữa các nghiệm thức thì hàm lượng TP trong bùn cũng không có sự khác biệt rõ ràng, kết quả xử lý thống kê cũng cho kết quả sự khác biệt không có ý nghĩa ($P > 0,05$)

Lân chứa trong bùn đáy ao có thể ở hai dạng, thứ nhất là chứa trong thức ăn thừa và xác chết của sinh vật (chủ yếu là xác tảo), thứ hai là dạng ngưng tụ như $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , FePO_4 ... Do tảo có khả năng tích lũy P trong cơ thể chúng nên khi tảo chết lắng xuống đáy sẽ làm tăng tỉ lệ P trong bùn đáy (Hutchinson, 1967). Trong ao nuôi tôm thâm canh thì phosphorus có thể bị ngưng tụ do kết hợp với ion Ca^{2+} , do bón vôi định kỳ. Hơn nữa, trong nước mặn/lợ độ cứng của nước cao cũng góp phần làm kết tụ P xuống đáy ao (Boyd, 1990). Có thể đầu vụ nuôi độ mặn cao, trong nước có nhiều ion độ cứng làm cho PO_4^{3-} bị kết tủa xuống nền đáy dưới dạng $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ làm cho hàm lượng TP trong bùn cao. Hơn nữa, như đã trình bày khi lấy nước vào sau cải tạo ao, nước mang theo nhiều phù sa chứa nhiều lân, khi phù sa lắng tụ làm tăng hàm lượng lân cho bùn đáy ao ở đầu vụ. Khi tảo phát triển sẽ tiêu thụ PO_4^{3-} hòa tan trong nước, lúc này các dạng lân kết tủa ở đáy ao sẽ bị thủy phân trả lại PO_4^{3-} cho môi trường nước làm giảm hàm lượng TP ở bùn đáy ao.

Khi so sánh hàm lượng TP trong bùn giữa 2 vụ nuôi cũng cho kết quả tương tự như ở hàm lượng TN, vụ nuôi thứ 2 có hàm lượng TP trong bùn cao hơn so với ở vụ nuôi thứ 1. Như đã giải thích, có thể do ở vụ nuôi thứ 2 có sử dụng thức ăn chất lượng cao nên đã làm tăng sự tích lũy các yếu tố dinh dưỡng trong bùn đáy.

1.3.3 Tổng vật chất hữu cơ

Tổng vật chất hữu cơ của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 dao động trong khoảng 5,39-23,34% (trung bình là 8,05-11,47) (Bảng 4). Nhìn chung, bùn đáy ao có tỉ lệ vật chất hữu cơ khá cao, theo Boyd (1990) thì bùn đáy ao nuôi trồng thủy sản thường có tỉ lệ vật chất hữu cơ khoảng 5%, đất nông nghiệp khoảng 2% vật chất hữu cơ, như vậy bùn đáy ao nuôi thâm canh trung bình có mức tích lũy vật chất hữu cơ gấp 2-2,5 lần so với ao nuôi thông thường và cao hơn 5-6 lần so với đất nông nghiệp, đặc biệt có những trường hợp tỉ lệ vật chất hữu cơ cao hơn 4 lần so với ao nuôi thủy sản thông thường và cao hơn 10 lần so với đất nông nghiệp.

Vụ nuôi thứ 2 có tỉ lệ tổng vật chất hữu cơ trong bùn đáy thấp và ít biến động hơn so với vụ nuôi thứ 1. Tỉ lệ vật chất hữu cơ ở các nghiệm thức dao động trong khoảng 3,09-10,92% (trung bình là 5,78-6,69%) (Bảng 4). Như vậy, tỉ lệ vật chất hữu cơ trung bình ở vụ nuôi thứ 2 chỉ hơi cao so với một ao nuôi thủy sản thông thường. Vụ nuôi thứ 1 có mật độ nuôi cao (35 con/m²) nên mức tích lũy vật chất

hữu cơ cao, trong khi ở vụ nuôi thứ 2 mật độ nuôi chỉ ở mức trung bình nên mức độ tích lũy vật chất hữu cơ thấp hơn. Giữa các nghiệm thức, sự khác biệt về tỉ lệ vật chất hữu cơ là không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Tóm lại, khi phân tích sự ảnh hưởng của việc nuôi ghép cá rô phi trong ao tôm đến các yếu tố chất lượng nước cho thấy cá rô phi thả ghép trong ao nuôi tôm hầu như không có vai trò trong việc cải thiện các yếu tố dinh dưỡng hòa tan trong nước cũng như các yếu tố dinh dưỡng trong bùn đáy ao. Điều này có thể giải thích rằng sinh khối cá rô phi trong các nghiệm thức nuôi ghép quá thấp nên chúng không thể tiêu thụ một lượng quá lớn vật chất hữu cơ tích lũy trong một ao nuôi thâm canh. Để có thể làm giảm lượng chất hữu cơ trong ao nuôi thâm canh thì cần tăng mật độ cá rô phi lên cao, nhưng việc tăng mật độ cá rô phi lên chỉ phù hợp với mô hình nuôi tuần hoàn và mô hình nuôi ghép cá rô phi trong lồng, đối với mô hình nuôi ghép cá rô phi thả chung với tôm thì không thể tăng mật độ cá lên cao hơn so với mật độ cá trong thực nghiệm này. Nâng mật độ cá rô phi nuôi ghép với tôm trong mô hình tuần hoàn hay mô hình nuôi trong lồng là một hướng nghiên cứu có triển vọng để làm giảm chất thải cần được nghiên cứu thêm, vấn đề này sẽ được thảo luận kỹ hơn ở phần sinh trưởng của cá rô phi.

Mặc dù cá rô phi trong các nghiệm thức nuôi ghép không có vai trò cải thiện các yếu tố dinh dưỡng nhưng cá rô phi có vai trò làm ổn định pH, oxy hòa tan và độ kiềm trong các nghiệm thức nuôi ghép. Đây là điều đặc biệt có ý nghĩa giúp tôm ít bị sốc và hạn chế sự phát sinh dịch bệnh đối với tôm. Sự biến động các yếu tố pH, độ kiềm, oxy hòa tan, CO_2 ... đều có liên quan đến sự phát triển của tảo, do cá rô phi có khả năng duy trì sự ổn định của tảo nên chúng gián tiếp giúp ổn định các yếu tố trên. Phân tích sự biến động thành phần và số lượng thực vật phù du sẽ khẳng định thêm vai trò của cá rô phi trong việc cải thiện chất lượng nước ao nuôi tôm.

2 THỰC VẬT PHÙ DU (PHYTOPLANKTON)

2.1 Đặc điểm thành phần loài

Kết quả phân tích định tính cho thấy có 5 ngành tảo được phát hiện ở các nghiệm thức qua hai vụ nuôi (Bảng 5). Kết quả trên cho thấy thành phần loài của vụ nuôi thứ 1 mang đặc tính của một thủy vực có độ mặn thấp, trong khi đó thành phần loài ở vụ nuôi thứ 2 mang đặc tính của một thủy vực nước lợ điển hình. Theo các nghiên cứu của một số tác giả trước đây trong một thủy vực nước mặn (biển) và thủy vực nước lợ điển hình (nồng độ muối 18-30‰) thì thành phần loài tảo chủ yếu là tảo Khuê (*Bacillariophyta*) và Tảo Giáp, các loài tảo Lục (*Chlorophyta*) và tảo Mắt (*Euglenophyta*) có xuất hiện trong môi trường nước mặn/lợ nhưng mật độ thường rất thấp. Theo Trương Quốc Phú (1997), trong môi trường ao nuôi tôm sú bán thâm canh theo mô hình ít thay nước thì tảo Khuê chiếm 85,7% và tảo Lam

chiếm 14,3%. Một nghiên cứu khác về thành phần loài tảo của hệ sinh thái cửa sông Cửu Long đã phát hiện 278 loài tảo, trong đó tảo Khuê chiếm 78,43%, tảo Giáp chiếm 20% và phân còn lại là tảo Lam (Vũ Trung Tạng, 1994). Như vậy, kết quả khảo sát thành phần loài tảo của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 cho thấy thành phần loài tảo Khuê chiếm tỉ lệ thấp (42,27%), trong khi đó có sự xuất hiện của các loài tảo đặc trưng cho vùng nước ngọt như tảo Lục (20,62%) và tảo Mắt (15,46%). Ngược lại, thành phần loài tảo của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2 chủ yếu là tảo Khuê (62,44%) và tảo Lam (15,28%), các loài tảo Lục và tảo Mắt chiếm tỉ lệ thấp (5,6 và 4%), đây chính là đặc tính của một thủy vực nước lợ điển hình.

Bảng 5: Biến động thành phần loài tảo trong 2 vụ nuôi

Ngành	Vụ nuôi thứ 1		Vụ nuôi thứ 2	
	Số loài	Tỉ lệ (%)	Số loài	Tỉ lệ (%)
<i>Bacillariophyta</i>	41	42,27	78	62,44
<i>Chlorophyta</i>	12	12,37	7	5,60
<i>Euglenophyta</i>	20	20,62	5	4,01
<i>Cyanophyta</i>	15	15,46	19	15,28
<i>Pyrrophyta</i>	9	9,28	16	12,83
Tổng cộng	97		125	

Tính đa dạng của thành phần tảo trong ao nuôi thâm canh thấp hơn các thủy vực tự nhiên, thành phần loài trong các nghiệm thức là 97 loài (vụ nuôi thứ 1) và 125 loài (vụ nuôi thứ 2), trong khi các thủy vực tự nhiên của các hệ sinh thái cửa sông Cửu Long (bao gồm các thủy vực nước lợ chịu ảnh hưởng của sông Cửu Long) có đến 278 loài tảo (Vũ Trung Tạng, 1994). Tính đa dạng của một thủy vực bị chi phối bởi quy luật ưu thế, trong thủy vực nghèo dinh dưỡng không có loài ưu thế nên thành phần loài phong phú nhưng số lượng cá thể trong một loài thì nghèo nàn. Ngược lại, thủy vực giàu dinh dưỡng thì một số loài phát triển ưu thế về số lượng lấn át các loài khác nên thành phần loài trong thủy vực này kém phong phú. Trong các ao nghiên cứu do có sự tích lũy dinh dưỡng, hàm lượng NO_3^- và PO_4^{3-} rất cao, trung bình là 1,13 và 0,14 mg/L (giá trị cao nhất đạt 7,39 và 0,42 mg/L). Giá trị này đã vượt quá giới hạn cho phép làm cho một số loài tảo phát triển ưu thế, điều này giải thích tại sao tính đa dạng của các ao nuôi tôm thâm canh thấp hơn các thủy vực tự nhiên. Khi so sánh giữa 2 vụ nuôi thì tính đa dạng của vụ nuôi thứ 1 thấp hơn vụ nuôi thứ 2, điều này chứng tỏ các môi trường của các ao nuôi ở vụ nuôi thứ 1 giàu dinh dưỡng hơn so với vụ nuôi thứ 2.

Khi xét đến tính đa dạng của từng nghiệm thức cho thấy ở vụ nuôi thứ 1 tính đa dạng của hai nghiệm thức tôm-cá chung (70 loài) và tôm-cá lồng (62 loài) cao hơn so với nghiệm thức đối chứng (53 loài) và nghiệm thức tuần hoàn (52 loài). Điều này chứng tỏ cá rô phi trong hai nghiệm thức nuôi ghép có vai trò giữ ổn định mật

độ tảo, ít xảy ra hiện tượng ưu thế nên tính đa dạng cao. Ở nghiệm thức tuần hoàn do trong quá trình nuôi việc tuần hoàn không thực hiện nên tính đa dạng thành phần loài tảo tương tự như ở nghiệm thức đối chứng (Bảng 6).

Ở vụ nuôi thứ 2, do mức tích lũy dinh dưỡng thấp hơn so với vụ nuôi thứ 1, hiện tượng tảo phát triển ưu thế ít khi xảy ra nên tính đa dạng thành phần loài tảo của các nghiệm thức tương đương nhau. Như vậy, ở mật độ nuôi vừa phải (20 con/m²), mức tích lũy dinh dưỡng trung bình thì vai trò làm ổn định mật độ tảo của cá rô phi chưa thể hiện rõ.

Bảng 6: Thành phần loài tảo của các nghiệm thức ở 2 vụ nuôi

Ngành	Tôm-cá chung		Tôm-cá lồng		Đối chứng		Tuần hoàn	
	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 1	Vụ 2	Vụ 1	Vụ 2
Bacillariophyta	27	45	28	49	25	48	24	51
Chlorophyta	11	4	9	0	7	4	7	2
Euglenophyta	14	2	9	3	7	3	6	2
Cyanophyta	9	9	10	9	9	9	10	8
Pyrrophyta	9	10	6	11	5	8	5	8
Tổng cộng	70	70	62	72	53	72	52	71

Khi xét đến tính đa dạng thành phần loài tảo của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 qua từng đợt thu mẫu thì ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn hầu như có số lượng loài thấp hơn so với nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng, hiện tượng tảo phát triển ưu thế cũng thường xuyên xảy ra ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn (Bảng 7). Kết quả phân tích thành phần loài tảo qua từng đợt thu mẫu cũng cho thấy khi số loài tảo trong một ao nuôi có số lượng lớn hơn 10 thường ít xảy ra hiện tượng ưu thế (tảo phát triển với mật độ cao), nhưng nếu số loài nhỏ hơn 7 thường bắt đầu có loài ưu thế phát triển và đặc biệt khi số loài tảo nhỏ hơn 5 thì loài tảo ưu thế sẽ phát triển với mật độ cao. Sự phát triển ưu thế của một số loài tảo bắt đầu xảy ra sau 1 tháng nuôi và kéo dài cho đến cuối vụ nuôi, đặc biệt thể hiện rất rõ nhất là ở đợt 26 (ngày thứ 78) và đợt 36 (ngày thứ 108), ở đợt 26 trong ao chỉ bắt gặp có 1 loài tảo Lam, *Phormidium sp.* nhưng với mật độ rất cao đạt khoảng 100 triệu cá thể/L, đợt 36 cũng chỉ bắt gặp 1 loài đó là *Ankistrodesmus sp.* với mật độ trên 500 triệu cá thể/L. Các loài chiếm ưu thế trong ao nuôi thâm canh thường là những loài tảo sợi, kích thước rất nhỏ khoảng 2-3 µm nhưng chúng có thể phát triển mạnh về số lượng đạt xấp xỉ mật độ trong bể nuôi.

Bảng 7: Biến động thành phần loài qua từng đợt thu mẫu

Đợt thu	NT ₁	NT ₂	NT ₃	NT ₄	Loài ưu thế
1	10	7	9	8	
2	8	9	10	12	
3	8	9	11	8	
4	8	9	13	11	
5	9	8	12	14	
6	15	13	15	9	
7	11	16	11	11	
8	18	15	11	11	
9	17	13	7	8	NT ₃ : <i>Phormidium sp.</i> ++ (tảo Lam)
10	20	8	11	10	
11	15	14	6	12	NT ₃ : <i>Phormidium sp.</i> ++ (tảo Lam)
12	11	16	7	17	NT ₃ : <i>Phormidium sp.</i> ++ (tảo Lam)
13	20	13	10	11	
14	14	12	7	8	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> ++ (tảo Lam)
15	10	11	11	6	NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
16	17	12	7	9	
17	10	9	6	6	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
18	12	10	7	5	NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
19	10	8	9	9	
20	15	7	6	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
21	10	8	8	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
22	12	5	5	5	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
23	9	8	7	11	NT ₃ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
24	10	8	2	3	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
25	8	9	6	6	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> ++ (tảo Lam)
26	9	7	1	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
27	8	15	4	5	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
28	9	10	4	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
29	6	7	8	5	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
30	12	11	7	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
31	12	7	4	4	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
32	12	11	5	5	NT ₃ và NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
33	9	8	8	2	NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
34	10	8	4	4	NT ₃ và NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục)
35	10	9	5	6	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
36	10	10	7	1	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
37	13	17	9	6	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
38	15	12	4	2	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
39	12	12	6	3	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
40	12	13	5	3	NT ₃ : <i>Ankistrodesmus sp.</i> +++ (tảo Lục) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
41	11	12	5	2	NT ₃ : <i>Oscillatoria sp.</i> ++ (tảo Lam) NT ₄ : <i>Phormidium sp.</i> +++ (tảo Lam)
42	13	11	3	4	NT ₃ , NT ₄ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
43	13	16	4	6	NT ₃ , NT ₄ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
44	12	16	4	3	NT ₃ , NT ₄ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
45	12	16	7	5	NT ₃ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
46	15	15	6	3	NT ₃ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
47	15	15	8	13	NT ₃ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam)
48	16	13	6	9	NT ₃ : <i>Oscillatoria formosa</i> +++ (tảo Lam) NT ₄ : <i>Microcystis aeruginosa</i> ++ (tảo Lam)

NT₁: Tôm-cá chung NT₂: Tôm-cá lồng NT₃: Đối chứng NT₄: Tuần hoàn

Bảng 8: Biến động thành phần loài qua từng đợt thu mẫu

Đợt thu	NT ₁	NT ₂	NT ₃	NT ₄	Loài ưu thế
1	12	15	13	17	
2	15	18	20	17	
3	13	9	19	21	
4	21	14	15	14	
5	13	13	8	13	
6	8	7	2	5	NT ₂ , NT ₃ , NT ₄ : <i>Lyngbya sp.</i> +++ (tảo Lam)
7	11	5	6	6	NT ₂ , NT ₃ , NT ₄ : <i>Lyngbya sp.</i> +++ (tảo Lam)
8	10	12	7	10	
9	16	16	12	16	
10	13	13	13	10	
11	19	19	14	17	
12	16	13	13	12	
13	15	12	13	17	
14	18	17	12	14	
15	15	5	9	15	
16	12	11	12	9	
17	13	10	8	13	
18	10	7	10	11	
19	13	8	10	12	
20	8	9	10	7	
21	11	11	7	14	
22	10	9	7	10	
23	7	13	13	12	
24	10	14	12	9	
25	12	16	10	8	
26	6	13	5	3	NT ₃ , NT ₄ : <i>Euglena sp.</i> ++ (tảo Mắt)
27	8	9	10	12	
28	5	14	7	12	
29	8	7	5	12	
30	12	10	7	14	
31	11	8	11	11	
32	2	10	8	6	NT ₁ : <i>Rhizosolenia alata</i> + ++ (tảo Khuê)
33	11	12	8	12	
34	5	8	9	10	
35	7	11	12	10	
36	11	5	6	9	NT ₂ : <i>Euglena sp.</i> ++ (tảo Mắt)
37	5	9	6	9	
38	8	11	6	11	
39	8	8	7	7	
40	4	8	6	5	
41	8	10	4	9	
42	6	3	3	4	NT ₂ , NT ₃ , NT ₄ : <i>Euglena sp.</i> ++ (tảo Mắt)
43	9	9	6	8	

NT₁: Tôm-cá chung NT₂: Tôm-cá lỏng NT₃: Đối chứng NT₄: Tuần hoàn

Loài phát triển ưu thế ở giữa vụ là loài *Phormidium* có chỉ số ô nhiễm thấp (1), nhưng loài phát triển ưu thế ở cuối vụ là loài *Ankistrodesmus* và *Oscillatoria* có chỉ số ô nhiễm cao (2 và 4), điều này chứng tỏ mức độ tích lũy dinh dưỡng ở vụ nuôi thứ 1 là rất lớn, gần đạt đến mức ô nhiễm hữu cơ vào cuối vụ nuôi (xem Bảng 9).

Ở vụ nuôi thứ 2, tính đa dạng về thành phần loài tảo qua từng đợt thu mẫu của các nghiệm thức cao vào 2 tháng đầu của vụ nuôi, đa số trường hợp đều có số loài từ 10-21 loài và ít có hiện tượng tảo phát triển ưu thế (Bảng 8). Cuối vụ nuôi, thành phần loài tảo giảm xuống dưới 10 loài, có một vài trường hợp tảo phát triển ưu thế, nhưng do điều kiện nước hơi đục cho nên các loài này cũng không phát triển ở mật độ cao. Giữa các nghiệm thức thì không có sự khác biệt lớn về tính đa dạng thành phần loài tảo. Như vậy, ở vụ nuôi 2 mức tích lũy dinh dưỡng không lớn nên chưa gây nên sự phát triển quá mức của tảo và vai trò làm ổn định mật độ tảo của cá rô phi chưa được thể hiện rõ.

Các giống tảo xuất hiện trong các nghiệm thức với mật độ cao bao gồm: *Navicula*, *Nitzschia* (tảo Khuê); *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Coenosystis* (tảo Lục); *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Microcystis* (tảo Lam), *Euglena* (tảo Mắt), *Peridinium* (tảo Giáp). Hầu hết các loài xuất hiện trong các nghiệm thức là những loài chỉ thị cho môi trường giàu dinh dưỡng hoặc nhiễm bẩn, điều này cũng phù hợp với thực tế, do sự tích lũy dinh dưỡng trong các ao nuôi nên các loài tảo thích ứng với điều kiện dinh dưỡng cao phát triển ưu thế về số lượng. Theo nghiên cứu của Palmer (1969) (được trích dẫn bởi Sastry, 1988) có 60 giống tảo có khả năng chịu đựng với điều kiện ô nhiễm (phát triển tốt trong điều kiện ô nhiễm) được sắp thứ tự từ cao đến thấp như sau: *Euglena*, *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Stigeoclonium*, *Synedra*, *Ankistrodesmus*, *Phacus*, *Phormidium*, *Melosira*... cũng theo Palmer (1969) các giống tảo trên cũng là cơ sở để tính chỉ số ô nhiễm của một thủy vực, theo cách tính chỉ số ô nhiễm của Palmer thì các giống tảo xuất hiện với mật độ lớn hơn 50 cá thể/mL thì được chấm điểm theo thang đo ở Bảng 9.

Khi tổng chỉ số ô nhiễm lớn hơn 20 chỉ thị cho môi trường ô nhiễm hữu cơ, chỉ số ô nhiễm dao động từ 15-19 chỉ thị cho môi trường giàu dinh dưỡng và chỉ số này nhỏ hơn 15 chỉ thị cho môi trường ít chất hữu cơ. Chỉ số ô nhiễm cho các ao thực nghiệm biến thiên từ 10-18, kết quả này cho thấy các ao thực nghiệm có mức tích lũy hữu cơ từ trung bình (vụ nuôi thứ 2) đến cao (vụ nuôi thứ 1). Tuy nhiên, chỉ số ô nhiễm chưa vượt quá 20 chứng tỏ môi trường chưa bị ô nhiễm hữu cơ. Mặc dù môi trường chưa đạt tới mức nhiễm bẩn nhưng sự xuất hiện của các loài tảo nêu trên cũng cho thấy được xu hướng tích lũy vật chất hữu cơ trong ao nuôi tôm thâm canh. Đây là điều cần lưu ý đối với nghề nuôi tôm hiện nay, cần có biện pháp xử lý

chất thải hữu cơ từ các ao nuôi tôm để đảm bảo vấn đề về môi trường nhằm phát triển nuôi tôm ổn định.

Bảng 9: Chỉ số ô nhiễm của các giống tảo theo Palmer (1969)

Giống tảo	Chỉ số	Giống tảo	Chỉ số
<i>Microcystis</i>	1	<i>Micractinium</i>	1
<i>Ankistrodesmus</i>	2	<i>Navicula</i>	3
<i>Chladomynas</i>	4	<i>Nitzschia</i>	3
<i>Chlorella</i>	3	<i>Oscillatoria</i>	4
<i>Closterium</i>	1	<i>Pandorina</i>	1
<i>Cyclotella</i>	1	<i>Phacus</i>	2
<i>Euglena</i>	5	<i>Phormidium</i>	1
<i>Gomphonema</i>	1	<i>Scenedesmus</i>	4
<i>Lepecinlis</i>	1	<i>Stigeoclonium</i>	2
<i>Melosira</i>	1	<i>Synedra</i>	2

2.2 Biến động số lượng thực vật phù du

Ở vụ nuôi thứ 1, số lượng tảo trong các nghiệm thức biến động rất lớn, trung bình mật độ tảo biến động từ 1,1-67,6 triệu cá thể/L. Trong đó, có 3 ngành tảo luôn chiếm số lượng lớn đó là tảo Lam, tảo Lục và tảo Khuê. Ngành tảo có mật độ trung bình cao nhất và luôn chiếm ưu thế trong suốt vụ nuôi là tảo Lam với mật độ cao nhất đạt 234 triệu cá thể/L. Ngành tảo Lục có mật độ trung bình thấp hơn tảo Lam nhưng mật độ tối đa đạt rất cao, khoảng 467 triệu cá thể/L cao gấp 2 lần mật độ tối đa của tảo Lam. Mật độ tảo Khuê thấp hơn nhiều so với tảo Lam và tảo Lục, mật độ cao nhất chỉ đạt 12 triệu cá thể/L (Bảng 10). Như vậy, mật độ tảo trong các ao nuôi tôm thâm canh rất cao có thể cao hơn mật độ tảo trong các thủy vực tự nhiên khoảng 1.000 lần .

Mật độ ở nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng biến động trong khoảng 1-4 triệu cá thể/L nhỏ hơn nhiều so với nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn (37 và 67,5 triệu cá thể/L). Kết quả trên cho thấy có sự khác biệt rõ ràng về mật độ tảo giữa hai nghiệm thức nuôi tôm kết hợp với cá rô phi và nghiệm thức đối chứng.

Khi xét đến sự biến động của tảo ở từng nghiệm thức thì mật độ trung bình của tảo Khuê biến động 258.319-1.072.240 cá thể/L, tảo Khuê chỉ phát triển mạnh ở nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng trong khi đó ở nghiệm thức đối chứng và tuần hoàn mật độ tảo Khuê rất thấp. Tảo Lục có sự biến động số lượng lớn nhất trong các ngành tảo, hầu hết ở các ao nuôi mật độ trung bình của tảo Lục biến động trong khoảng 210.997-1.984.954 cá thể/L. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian từ 108-114 ngày thì tảo Lục có sự phát triển mạnh ở nghiệm thức đối chứng với mật

độ khoảng 460 triệu cá thể/L. Ngược lại, tảo Lam phát triển mạnh ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn, chúng bắt đầu gia tăng số lượng sau khoảng 1 tháng. Mật độ trung bình biến động trong khoảng 540.204-37.525.762 cá thể/L, cao nhất đạt 234.791.667 cá thể/L. Kết quả này cho thấy ao nuôi tôm kết hợp với cá rô phi có thành phần số lượng tảo phù hợp hơn so với nuôi tôm đơn.

Nhóm tảo Mắt và tảo Giáp mặc dù có xuất hiện trong các ao nuôi nhưng mật độ của chúng rất thấp so với các ngành tảo khác, tảo Mắt và tảo Giáp xuất hiện nhiều vào cuối vụ nuôi. Mật độ tảo Mắt tối đa chỉ đạt 23.000 cá thể/L còn mật độ tảo Giáp chỉ đạt 200.000 cá thể/L.

Bảng 10: Biến động mật độ thực vật phù du (cá thể/L)

Nghiệm thức	Tảo Lam	Tảo Mắt	Tảo Lục	Tảo Khuê	Tảo Giáp	Tổng
Vụ nuôi thứ 1						
Tôm-cá chung	892.405	1.649	1.984.954	1.072.240	56.698	4.007.947
Tôm-cá lồng	540.204	705	210.997	280.895	34.724	1.067.526
Đối chứng	37.525.762	374	30.113.139	496.761	61.649	67.570.328
Tuần hoàn	36.531.040	867	214.238	258.319	729	37.005.191
Vụ nuôi thứ 2						
Tôm-cá chung	60.348	155.888	-	6.258	52.578	275.027
Tôm-cá lồng	12.625	9.011	-	11.688	468	33.792
Đối chứng	10.589	4.668	-	3.409	1.400	20.066
Tuần hoàn	44.797	5.043	-	4.074	4.368	58.282

Ở vụ nuôi thứ 2, số lượng tảo trong các nghiệm thức ít biến động so với vụ nuôi thứ 1, trung bình mật độ tảo biến động từ 20.066-275.027 cá thể/L. Trong đó, ngành tảo luôn chiếm số lượng lớn đó là tảo Mắt và tảo Lam. Ngành tảo có mật độ cao nhất và luôn chiếm ưu thế trong suốt vụ nuôi là tảo Mắt với mật độ trung bình cao nhất đạt hơn 155.888 cá thể/L, kể đến là ngành tảo Lam có mật độ tối đa đạt 60.384 cá thể/L. Hai ngành tảo có mật độ trung bình thấp đó là tảo Giáp và tảo Khuê, tảo Lục thì hầu như không tìm thấy trong mẫu định lượng mặc dù chúng có xuất hiện trong mẫu định tính (Bảng 10). Như vậy, mật độ tảo trong các nghiệm thức kém phát triển, mật độ này chỉ tương đương với mật độ tảo các ao nuôi thủy sản ở mức quảng canh cải tiến hoặc bán thâm canh và chỉ hơi cao hơn các thủy vực nước tĩnh tự nhiên. Như đã đề cập ở các phần trên, nước trong các ao ở vụ nuôi này khá đục do phù sa và sự khuấy động nền đáy nên tảo kém phát triển, điều này cũng giải thích tại sao ngành tảo Mắt phát triển với mật độ cao hơn các ngành tảo khác. Tảo mắt là loài tảo vừa có khả năng tự dưỡng vừa có khả năng dị dưỡng, trong điều kiện có ánh sáng (nước trong) chúng hấp thụ muối dinh dưỡng và ánh sáng mặt trời thực hiện quá trình quang hợp nhưng trong điều kiện thiếu ánh sáng (nước đục) chúng bắt lấy các hạt vật chất hữu cơ lơ lửng trong nước để cung cấp năng lượng

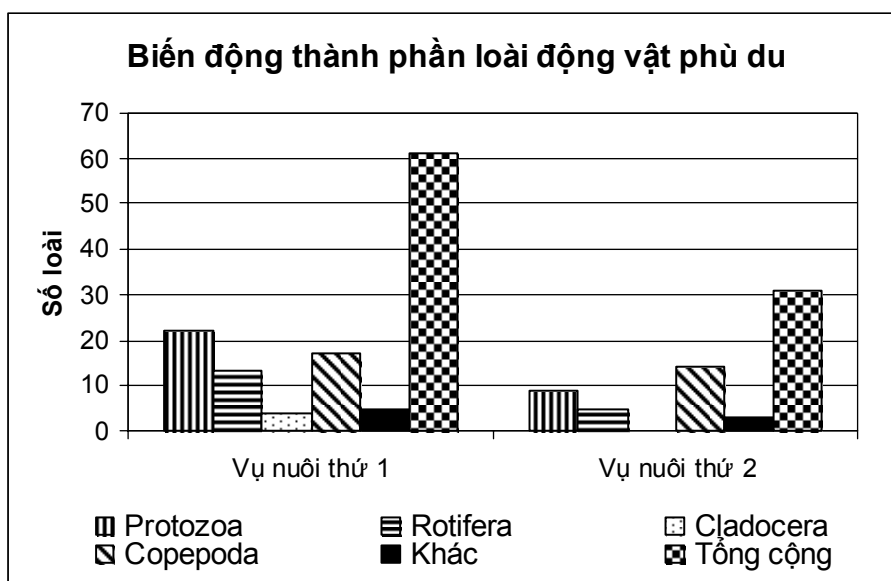
cho hoạt động sống của chúng. Tảo Lục kém phát triển là do độ mặn trong các nghiệm thức khá cao (16-26‰) trong khi tảo Lục chỉ thích ứng với thủy vực nước ngọt hoặc nước lợ nhạt.

Khi so sánh mật độ tảo của các nghiệm thức thì hầu như không có sự khác biệt về mật độ tảo giữa 4 nghiệm thức trong suốt vụ nuôi. Tuy nhiên, về cuối vụ (ngày thứ 115) tảo Mất phát triển mạnh ở nghiệm thức tôm-cá chung làm cho mật độ tảo trung bình ở nghiệm thức này lớn hơn so với các nghiệm thức còn lại. Có thể cá rô phi thả chung trong ao tôm đã có tác động làm khuấy động nền đáy khi chúng tìm môi làm tăng lượng vật chất hữu cơ lơ lửng trong tầng nước nên tảo mất phát triển.

3 ĐỘNG VẬT PHÙ DU (ZOOPLANKTON)

3.1 Đặc điểm thành phần loài

Kết quả khảo sát thành phần loài động vật phù du trong các nghiệm thức đã phát hiện có 61 loài ở vụ nuôi thứ 1 và 31 loài ở vụ nuôi thứ 2, các loài này phân bố trong 5 nhóm ngành (Hình 32).



Hình 32: Biến động thành phần loài động vật phù du

Theo các nghiên cứu trước đây, thành phần loài động vật phù du trong ao nuôi thâm canh biến động rất lớn, sự biến động này bị chi phối bởi một số yếu tố như độ mặn, mức độ dinh dưỡng có trong môi trường... Theo Nguyễn Hữu Lộc (2003) số lượng loài động vật phù du trong ao nuôi tôm thâm canh là 148 loài (độ mặn 5-10‰), trong khi đó theo Nguyễn Minh Hiền (1994) thì thành phần loài động vật phù du trong ao nuôi tôm sú thâm canh là 23 loài (độ mặn 15-25‰). Điều này cho thấy có sự biến động lớn về tính đa dạng thành phần loài động vật phù ở các ao nuôi tôm sú thâm canh phụ thuộc vào độ mặn, độ mặn càng cao thì tính đa dạng càng giảm. Nhận định trên rất phù hợp với kết quả của thực nghiệm trong nghiên

cứu này, vụ nuôi thứ 1 được tiến hành trong điều kiện độ mặn thấp (6-18‰) nên tính đa dạng về thành phần động vật phù du cao, trong khi đó vụ nuôi thứ 2 được tiến hành ở độ mặn cao (16-26‰) nên tính đa dạng thành phần loài động vật phù du thấp. Trong 5 nhóm ngành động vật phù du thì nhóm Cladocera chỉ tồn tại trong môi trường nước ngọt và lợ nhạt, chúng hầu như không phân bố trong vùng nước lợ mặn hay mặn. Nhóm Rotifera (Rotatoria) cũng có đặc tính tương tự, trong thủy vực nước ngọt thì Rotifera rất đa dạng, nhưng trong thủy vực nước lợ hay mặn thì tính đa dạng của nhóm này rất thấp. Đây chính là lý do tính đa dạng của động vật phù du giảm khi độ mặn tăng. Hai nhóm Protozoa và Copepoda là hai nhóm phát triển cả trong môi trường nước ngọt lẫn môi trường nước lợ và mặn nên chúng luôn chiếm ưu thế trong môi trường nước lợ, mặn (Bảng 11).

Bảng 11: Thành phần loài zooplankton ở các ao qua hai đợt khảo sát.

Ngành	Tôm-cá chung		Tôm-cá lợ		Đối chứng		Tuần hoàn	
	Số loài	Tỉ lệ %	Số loài	Tỉ lệ %	Số loài	Tỉ lệ %	Số loài	Tỉ lệ %
<i>Vụ nuôi thứ 1</i>								
Protozoa	19	40,4	14	34,1	15	36,6	11	33,3
Rotifera	9	19,1	7	17,1	9	22,0	7	21,2
Cladocera	2	4,3	2	4,9	1	2,4	1	3,0
Copepoda	13	27,7	15	36,6	13	31,7	11	33,3
Khác	4	8,5	3	7,3	3	7,3	3	9,1
Tổng	47		41		41		33	
<i>Vụ nuôi thứ 2</i>								
Protozoa	7	36,8	3	18,8	5	26,3	4	23,5
Rotifera	2	10,5	4	25,0	2	10,5	1	5,9
Cladocera	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Copepoda	8	42,1	8	50,0	9	47,4	9	52,9
Khác	2	10,5	1	6,3	3	15,8	3	17,6
Tổng	19		16		19		17	

Ở vụ nuôi thứ 1, thành phần loài động vật phù du trong các ao có nguồn gốc từ nước lợ, mặn và nước ngọt nhưng chủ yếu là các loài có nguồn gốc nước ngọt như các nhóm ngành Cladocera, Rotifera. Các loài thường gặp có nguồn gốc nước ngọt hoặc nhóm Copepoda có nguồn gốc nước lợ mặn nhưng có khả năng sống ở nồng độ muối thấp như: *Hexathra*, *Ploeosoma*, *Polyarthra* (Rotifera); *Oithoia*, *Oncaea*, *Schmackeria* (Copepoda) và *Tintinopsis* (Protozoa). Ở vụ nuôi thứ 2, nồng độ muối của các ao nuôi cao từ (16-26‰) do đó nhóm ngành Cladocera chủ yếu sống ở nước ngọt không thấy xuất hiện và các giống loài thường gặp có nguồn gốc

nước lợ mặn nhiều như: *Acartia*, *Microsetella*, *Oithona*, *Schmackeria*, (*Copepoda*), *Brachionus plicatilis* (*Rotifera*)...

Khi so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức ở cả 2 vụ nuôi đều không tìm thấy sự khác biệt về thành phần loài, chỉ tìm thấy sự khác biệt về thành phần loài động vật phù du giữa hai vụ nuôi.

Nhìn chung, các nhóm động vật phù du xuất hiện trong các ao nuôi là những loài động vật làm thức ăn tốt cho tôm ở giai đoạn nhỏ, nhưng sự phát triển của chúng cũng cho thấy môi trường giàu dinh dưỡng (*Rotifera*), đặc biệt sự phát triển của nhóm *Protozoa* và *Cladocera* là dấu hiệu của sự nhiễm bẩn hữu cơ, cần được lưu ý trong quá trình quản lý chất lượng nước ao nuôi tôm thâm canh.

3.2. Số lượng và biến động số lượng Zooplankton

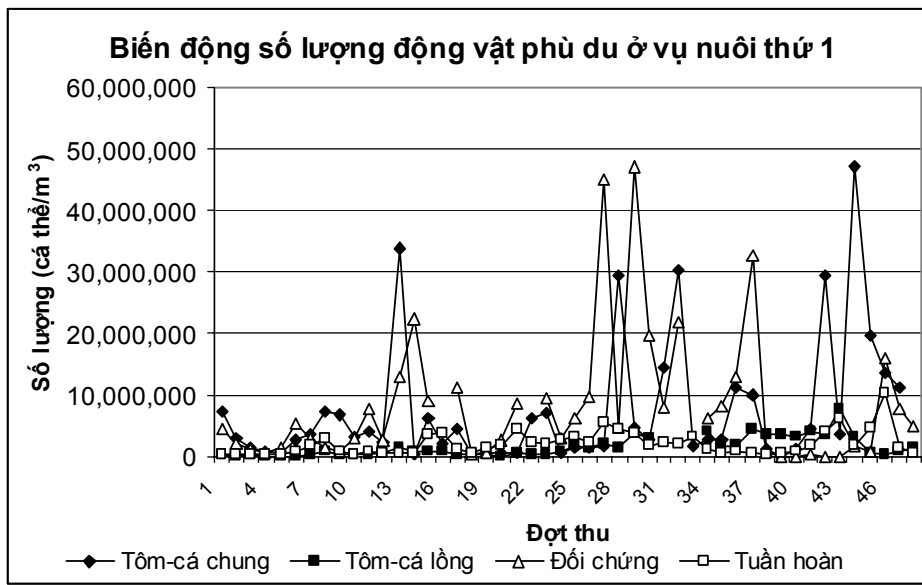
Số lượng động vật phù du có sự biến động lớn, mật độ trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 biến động từ 1.509.525-8.173.386 cá thể/m³ (cao nhất đạt 46.916.667 cá thể/m³). Nhóm ngành có mật độ cao là *Protozoa* và *Rotifera*, nhóm phát triển mạnh trong môi trường giàu hữu cơ. Ở vụ nuôi thứ 2, mật độ động vật phù du tương đối thấp hơn so với vụ nuôi thứ 1. Mật độ trung bình đạt từ 395.241-1.931.072 cá thể/m³ (cao nhất đạt 5.759.333 cá thể/m³). Nhóm ngành có mật độ cao là *Rotifera* và *Copepoda*, chứng tỏ môi trường có ít chất hữu cơ hơn so với vụ nuôi thứ 1 vì *Copepoda* thường phân bố trong các thủy vực sạch đến dinh dưỡng trung bình. Nhóm ngành *Cladocera* hoàn toàn không phát hiện được trong mẫu định lượng của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2, do độ mặn trong các ao nuôi quá cao nên chúng không thể phát triển được (Bảng 12).

Bảng 12: Biến động số lượng động vật phù du (cá thể/m³) trong các ao thực nghiệm

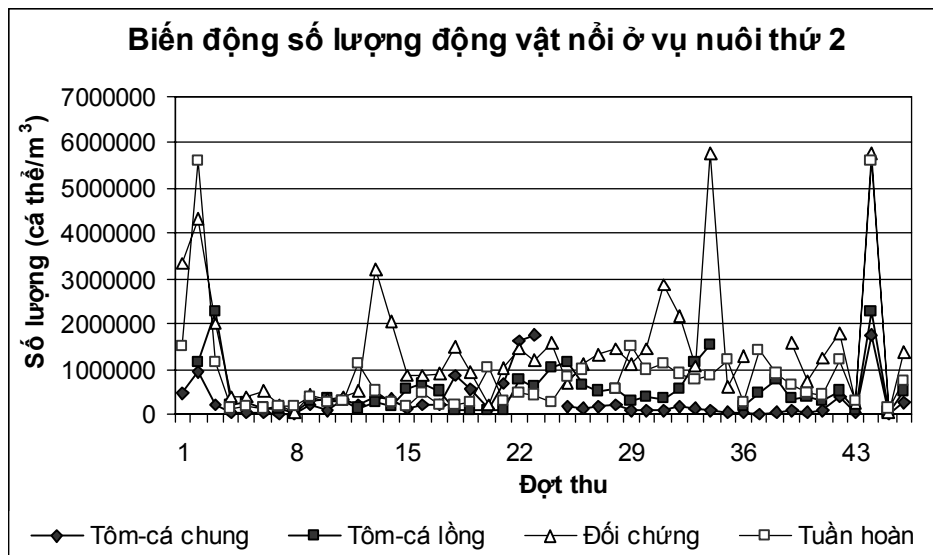
Nghiệm thức	Protozoa	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Khác	Tổng
Vụ nuôi thứ 1						
Tôm-cá chung	6.013.028	1.923.797	43,925	351.078	14301	7.490.253
Tôm-cá lồng	418.479	444.084	1.852	903.475	2.407	1.509.524
Đối chứng	8.554.679	2.408.385	58.771	463.128	23.311	8.173.386
Tuần hoàn	453.759	196.667	11.307	1.397.046	620	2.059.399
Vụ nuôi thứ 2						
Tôm-cá chung	51.610	59.514	-	284.117	-	395.241
Tôm-cá lồng	34.289	23.262	-	485.892	-	543.443
Đối chứng	25.317	847.710	-	1.058.045	-	1.931.072
Tuần hoàn	43.027	1.184.320	-	548.621	-	1.775.968

Mật độ động vật phù du trong nghiên cứu này rất cao so với một số thủy vực tự nhiên và các ao nuôi tôm quảng canh cải tiến ở ven biển Đồng Bằng Sông Cửu Long. Theo Trương Quốc Phú *et al.* (2004) mật độ động vật phù du ở các thủy vực

của tỉnh Cà Mau biến động trong khoảng 15.566-902.424 cá thể/m³, ruộng tôm-lúa có mật độ động vật phù du cao nhất (198.703 cá thể/m³), kể đến là các ao nuôi tôm quảng canh cải tiến (169.238 cá thể/m³), kênh (150.373 cá thể/m³), ruộng Tôm-Năng (115.389 cá thể/m³) và thấp nhất là Sông (105.407 cá thể/m³). Như vậy, mật độ động vật phù du ở vụ nuôi thứ 1 cao hơn so với ở thủy vực sông từ 15-70 lần. Mật độ động vật phù du trong ở vụ nuôi thứ 2 cao hơn so với thủy vực sông khoảng 4-20 lần và cao hơn so với các mô hình nuôi tôm quảng canh cải tiến 2-10 lần.



Hình 33. Biến động mật độ động vật phù du của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 34. Biến động mật độ động vật phù du của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Khi xét sự biến động theo thời gian, kết quả cho thấy mật độ động vật phù du có xu hướng tăng về cuối vụ và có nhiều thời điểm mật độ động vật phù du tăng đột ngột. Giữa các nghiệm thức cũng có một số khác biệt, nghiệm thức tôm-cá chung và

nghiệm thức tuần hoàn ở vụ nuôi thứ 1 có mật độ động vật phù du cao hơn so với hai nghiệm thức còn lại. Tuy nhiên, ở vụ nuôi thứ 2 mật độ động vật phù du của nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn lại cao hơn so với nghiệm thức tôm-cá chung và tôm- cá lồng. Như vậy, qua 2 vụ nuôi cho thấy biến động số lượng động vật phù du không theo một qui luật rõ ràng ở các mô hình nuôi, điều này một lần nữa cho thấy không có mối liên hệ trực tiếp giữa các nghiệm thức và sự phát triển của động vật phù du ở các ao nuôi. Mặt khác, Protozoa và Rotifera chiếm ưu thế chứng tỏ các ao nuôi thâm canh bị tích tụ nhiều chất hữu cơ.

4 VI KHUẨN

4.1 Tổng vi khuẩn

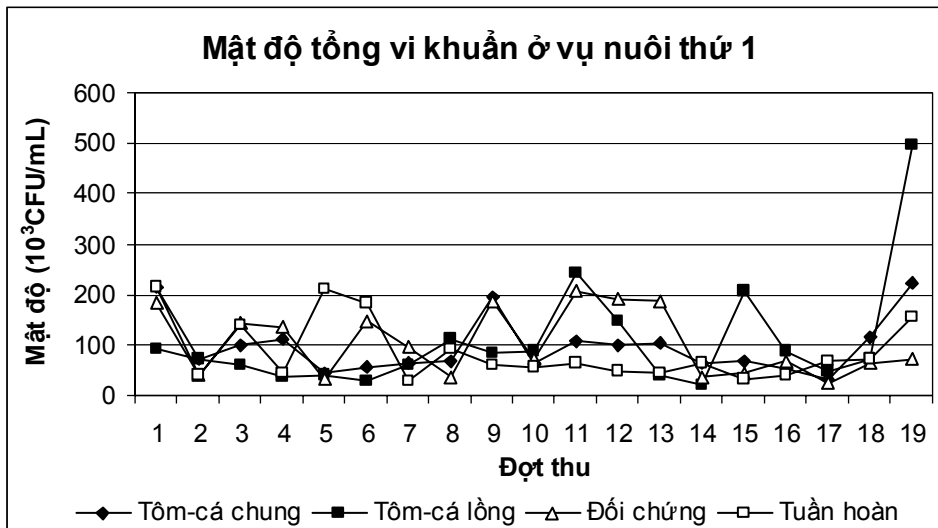
Kết quả nghiên cứu về vi sinh vật ở vụ nuôi thứ 1 cho thấy, mật độ tổng vi khuẩn trung bình của các nghiệm thức từ $87,3-106,5.10^3$ CFU/mL nhưng sự biến động thì khá lớn ($19,5-495.10^3$ CFU/mL). Sự biến động này có liên quan nhiều đến việc sử dụng các chế phẩm sinh học trong quá trình nuôi.

Khi so sánh mật độ tổng vi khuẩn giữa các nghiệm thức thì nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức đối chứng có mật độ tổng vi khuẩn trung bình gần bằng nhau nhưng cao hơn so với nghiệm thức tôm-cá chung và nghiệm thức tuần hoàn. Tuy nhiên, do sự biến động về mật độ tổng vi khuẩn trong từng nghiệm thức rất lớn nên rất khó xác định sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

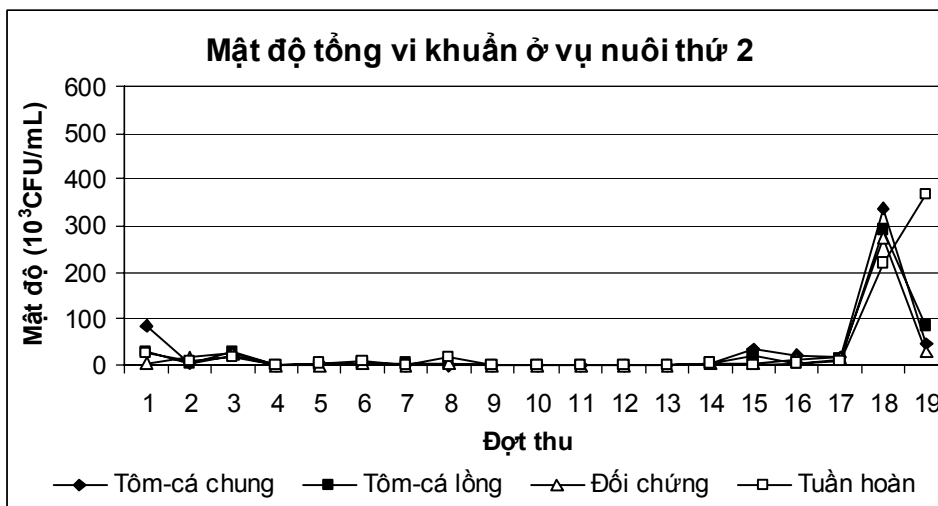
Ở vụ nuôi thứ 2, mật độ tổng vi khuẩn trung bình đạt $21,6-36,8.10^3$ CFU/mL, sự biến động về mật độ tổng vi khuẩn cũng rất lớn ($0,2-369,5.10^3$ CFU/mL). Tương tự như ở vụ nuôi thứ 1, do có sự biến động rất lớn về mật độ tổng vi khuẩn trong từng nghiệm thức nên không tìm thấy sự khác biệt giữa các nghiệm thức.

Như vậy, sự biến động của mật độ tổng vi khuẩn hầu như không có liên quan đến cá rô phi nuôi ghép trong ao tôm mà có liên quan nhiều đến việc sử dụng chế phẩm sinh học. Thường thì sau khi sử dụng chế phẩm sinh học thì mật độ tổng vi khuẩn tăng nhanh dẫn đến sự biến động mật độ tổng vi khuẩn. Ở vụ nuôi thứ 1, do có sử dụng nhiều chế phẩm sinh học nên có mật độ vi khuẩn cao hơn so với ở vụ nuôi thứ 2 (Hình 35, 36).

Theo Anderson (1993) trong nước sạch thì mật độ tổng vi khuẩn nhỏ hơn 10^3 CFU/mL, nếu mật độ tổng vi khuẩn vượt 10^7 sẽ có hại cho tôm cá nuôi và môi trường nuôi trở nên bẩn. Mật độ tổng vi khuẩn trung bình ở vụ nuôi thứ 1 đạt khoảng 10^5 CFU/mL, thấp hơn giới hạn cho phép. Tuy nhiên, giá trị cao nhất của mật độ tổng vi khuẩn gần đạt giá trị 10^6 CFU/mL chứng tỏ môi trường nước ao nuôi đang tiến gần đến giới hạn cho phép.



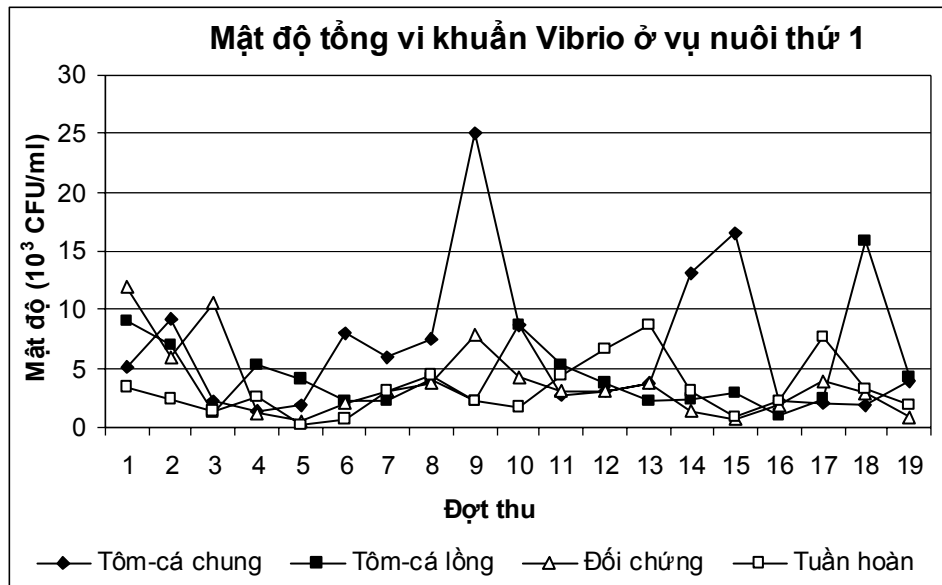
Hình 35: Biến động mật độ tổng vi khuẩn của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



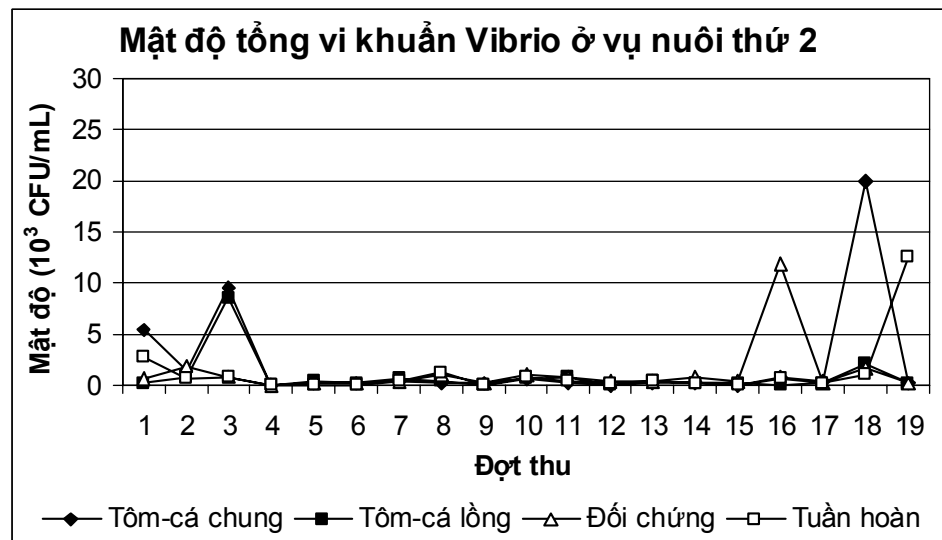
Hình 36: Biến động mật độ tổng vi khuẩn của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1

4.2 Tổng vi khuẩn *Vibrio*

Mật độ tổng vi khuẩn *Vibrio* trung bình của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1 là $3,2-6,5 \cdot 10^3$ CFU/mL và ở vụ nuôi thứ 2 là $0,8-2,1 \cdot 10^3$ CFU/mL. Sự biến động mật độ tổng vi khuẩn *Vibrio* theo quy luật tương tự như mật độ tổng vi khuẩn nhưng thấp hơn 20-30 lần. Mật độ vi khuẩn *Vibrio* có hại ở vụ nuôi thứ 1 (khuẩn lạc màu xanh) là 290-749 CFU/mL (chiếm 9,2-16,0% của tổng *Vibrio*) và ở vụ nuôi thứ 2 là 277-978 CFU/mL (chiếm 33-48% của tổng *Vibrio*). Sự khác biệt giữa các nghiệm thức không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Theo Moriarty (1999) mật độ *Vibrio* có hại, đặc biệt là vi khuẩn phát sáng vượt quá 10^3 thì gây tác hại đến tôm. Với kết quả trên, mặc dù mật độ vi khuẩn *Vibrio* có hại trung bình chưa vượt mức cho phép nhưng vào thời điểm mật độ vi khuẩn *Vibrio* có hại phát triển mạnh đã xấp xỉ đạt tới giới hạn trên.



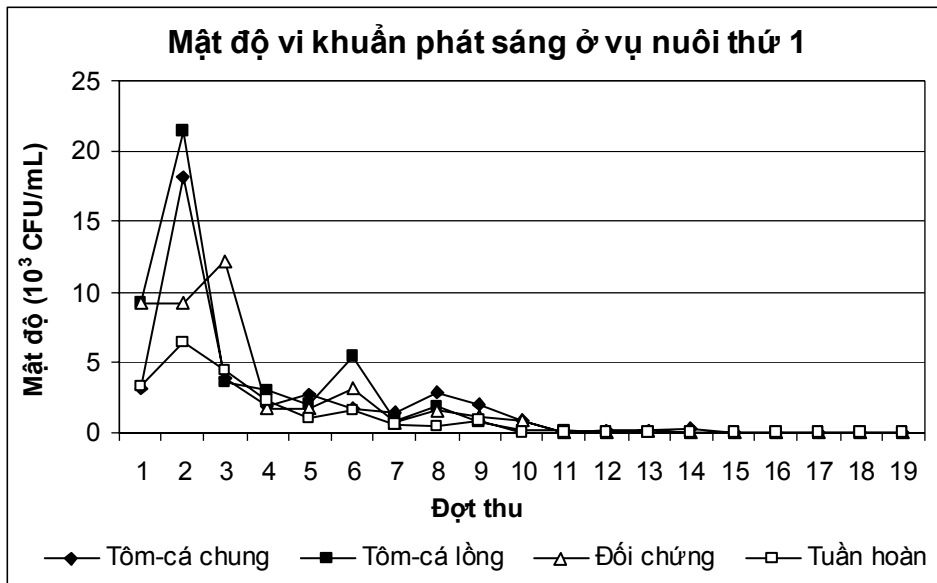
Hình 37: Biến động mật độ tổng vi khuẩn *Vibrio* của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



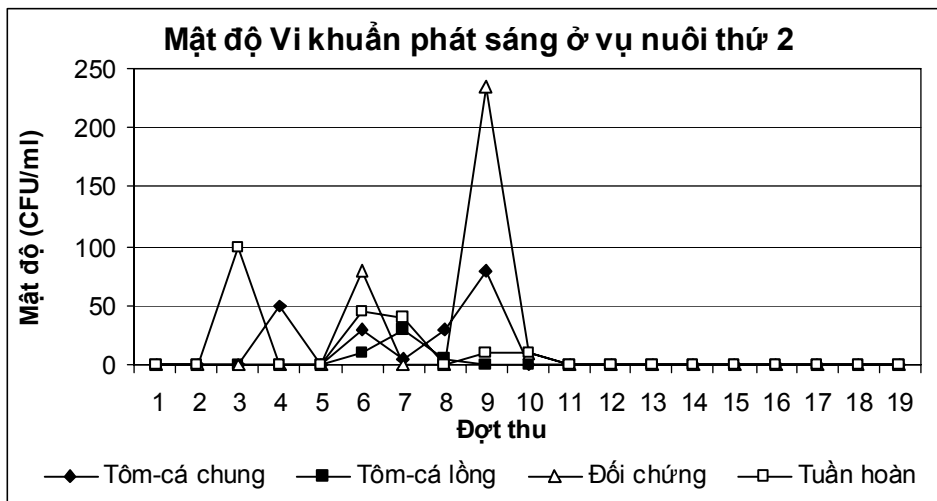
Hình 38: Biến động mật độ tổng vi khuẩn *Vibrio* của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

4.3 Vi khuẩn phát sáng

Kết quả theo dõi qua 2 vụ nuôi cho thấy, vi khuẩn phát sáng chỉ phát triển ở đầu vụ nuôi sau đó giảm dần, đến đợt thu thứ 11 trở về sau thì vi khuẩn phát sáng không thấy xuất hiện nữa. Theo Moriarty (1999) mật độ vi khuẩn phát sáng tăng lên 10^3 - 10^4 CFU/mL sau khi gây màu nước 2-3 tuần và sau đó giảm dần vào cuối vụ. Ao nuôi có sử dụng chế phẩm sinh học mật độ vi khuẩn phát sáng thấp hoặc không gây bệnh cho tôm ngay cả trường hợp có sự hiện diện của vi khuẩn phát sáng. Kết quả nghiên cứu của Moriarty hoàn toàn phù hợp với kết quả của nghiên cứu này, trong quá trình thực hiện thực nghiệm, chế phẩm sinh học được sử dụng định kỳ nên đã hạn chế sự phát triển của vi khuẩn phát sáng về cuối vụ nuôi.



Hình 39: Biến động mật độ vi khuẩn phát sáng của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 1



Hình 40: Biến động mật độ vi khuẩn phát sáng của các nghiệm thức ở vụ nuôi thứ 2

Vụ nuôi thứ 1 vi khuẩn phát sáng phát triển mạnh đạt mật độ trung bình $1,8-5,2 \cdot 10^3$ CFU/mL (cao nhất là $21,5 \cdot 10^3$ CFU/ml), trong khi đó vụ nuôi thứ 2 mật độ vi khuẩn phát sáng rất thấp với mật độ trung bình là 2,4-17,1 CFU/mL (cao nhất đạt 235 CFU/mL). Khi so sánh giữa các nghiệm thức, ở vụ nuôi thứ 1 mật độ vi khuẩn phát sáng của nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng cao hơn 2 nghiệm thức còn lại. Ngược lại, mật độ vi khuẩn phát sáng của nghiệm thức đối chứng cao hơn so với nghiệm thức còn lại (Hình 39, 40). Kết quả phân tích thống kê cho thấy sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa ($P > 0,05$). Với kết quả trên cho thấy mật độ vi khuẩn phát sáng ở vụ nuôi thứ 1 đã vượt quá giới hạn cho phép, trong khi đó mật độ vi khuẩn phát sáng ở vụ nuôi thứ 2 thấp hơn nhiều lần so với giới hạn.

Kết quả theo dõi quần thể vi sinh vật cho thấy, mật độ vi khuẩn giữa các nghiệm thức nuôi tôm kết hợp cá rô phi so với ao nuôi tôm đơn hầu như không có sự khác biệt. Như vậy, kết quả trên cho thấy quần thể vi sinh vật trong các nghiệm thức không chịu tác động của đối tượng nuôi ghép, hay nói cách khác cá rô phi nuôi ghép trong ao tôm không có vai trò làm thay đổi quần thể vi sinh vật.

4.4 Sự xuất hiện mầm bệnh virus trên tôm nuôi

Kết quả kiểm tra mầm bệnh virus trên tôm nuôi trong suốt vụ nuôi thể hiện ở Bảng 13:

Bảng 13: Sự xuất hiện mầm bệnh virus trên tôm qua các đợt kiểm bệnh giữa 2 lần thực nghiệm

Ngày	Tôm-cá chung	Tôm-cá lồng	Đối chứng	Tuần hoàn
Vụ nuôi thứ 1				
Thả giống	-	-	-	-
11/6/2004	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺
25/6/2004	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺
2/7/2004	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺
12/7/2004	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺
		WSSV ⁺		
26/7/2004	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺	GAV ⁺
	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺
Vụ nuôi thứ 2				
Thả giống	-	-	-	-
29/05/05	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺
30/05/05	-	WSSV ⁺	-	-
29/06/05	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺
29/07/05	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺	WSSV ⁺

Nguồn tôm giống trước khi thả nuôi được kiểm tra là không bị nhiễm bệnh nhưng sau 1 tháng nuôi thì tất cả đều bị nhiễm mầm bệnh. Ở vụ nuôi thứ 1, tất cả 4 nghiệm thức đều bị nhiễm virus GAV (Gill Associated Virus) trong suốt vụ nuôi và bị nhiễm virus WSSV (White Spot Syndrome Virus) vào tháng cuối trước khi thu hoạch. Tuy nhiên, tôm không phát bệnh và sinh trưởng bình thường đến cuối vụ nuôi. Hiện tượng tôm nhiễm mầm bệnh virus nhưng không phát bệnh có thể được giải thích như sau: (i) tôm khỏe, môi trường ít biến động; (ii) tôm nhiễm mầm bệnh có độc lực thấp. Theo các nhà khoa học của CSIRO, virus GAV khi nhiễm với mức thấp ở tôm khỏe thì không gây bệnh nhưng nếu tôm bị sốc, môi trường dơ bẩn hoặc tôm bị một bệnh khác thì chúng gia tăng nhanh về số lượng và có thể gây nên dịch bệnh trên tôm (<http://www.csiro.au/files/mediaRelease/mr2001/prprawnvirus.htm>). Virus GAV thuộc nhóm virus đầu vàng (yellowhead complex) gồm có 6 kiểu gen khác nhau (6 genotypes), trong đó kiểu gen 1 (genotype 1) là dạng duy nhất gây bệnh đầu vàng, kiểu gen 2 (genotype 2) là GAV. GAV và các kiểu gen còn lại

(genotype 3-6) gặp rất phổ biến trên tôm sú khỏe ở Đông Phi, Châu Á và châu Úc, chúng ít khi hoặc không gây bệnh cho tôm (http://www.oie.int/eng/normes/fmanual/A_00050.htm). Như vậy, tôm ở vụ nuôi thứ 1 bị nhiễm mầm bệnh nhưng không phát bệnh mặc dù điều kiện môi trường tương đối xấu, nhất là ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn (tảo phát triển quá mức, pH biến động...), cho nên tôm không phát bệnh có thể là do dạng virus GAV mà tôm nhiễm phải có độc lực thấp hoặc không độc. Vào cuối vụ nuôi, tôm của cả 4 nghiệm thức đều nhiễm virus đốm trắng (WSSV) nhưng lúc này tôm đã lớn nên có khả năng kháng bệnh, hơn nữa đã gần đến thời gian thu hoạch nên mầm bệnh không có đủ thời gian phát triển và bộc phát bệnh.

Vụ nuôi thứ 2, tôm ở cả 4 nghiệm thức đều bị nhiễm virus đốm trắng sau 1 tháng nuôi và mầm bệnh hầu như tồn tại đến cuối vụ. Tương tự như ở vụ nuôi thứ 1, tôm cũng không bị phát bệnh và tiếp tục sinh trưởng bình thường cho đến khi thu hoạch. Trong trường hợp này tôm không phát bệnh có thể là do điều kiện môi trường các ao nuôi rất tốt (tảo phát triển ở mức trung bình, pH ổn định, ít bị tích lũy hữu cơ...) cho dù virus đốm trắng có độc lực cao.

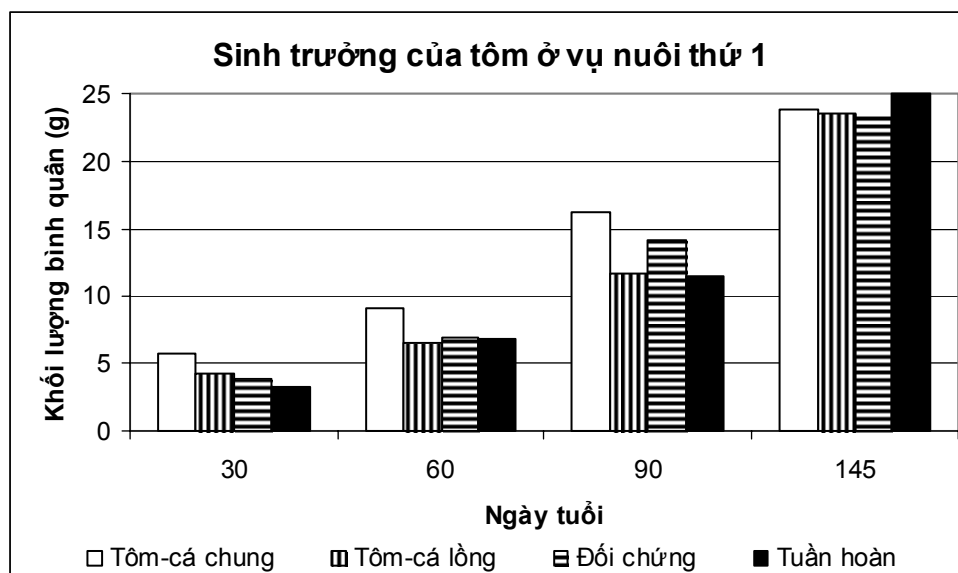
Với kết quả trên cho thấy cá rô phi nuôi ghép trong các ao nuôi tôm không có vai trò hạn chế mầm bệnh và cũng không có mối liên quan nào với sự xuất hiện mầm bệnh trên tôm. Kết quả trên cũng cho thấy hầu như khó có thể hạn chế sự lan truyền mầm bệnh virus theo chiều ngang. Nguồn nước ban đầu được xử lý, tôm giống được kiểm tra là không nhiễm bệnh, một số ao thực nghiệm không thay nước trong suốt vụ nuôi nhưng mầm bệnh virus vẫn xuất hiện sau 1 tháng nuôi. Do đó, để nuôi tôm thành công cần phải tập trung vào các biện pháp quản lý môi trường tốt, tăng cường sức khỏe của tôm để mầm bệnh không có điều kiện bộc phát hơn là tập trung vào các biện pháp chống sự xâm nhập của mầm bệnh.

5 SINH TRƯỞNG VÀ TỈ LỆ SỐNG

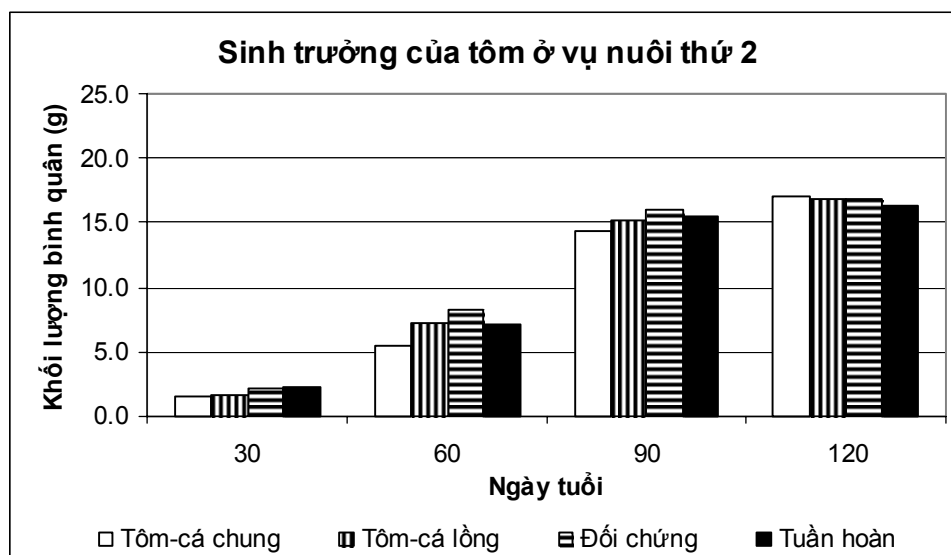
5.1 Sinh trưởng của tôm

Qua 4 tháng nuôi, khối lượng của tôm không chênh lệch lớn giữa các nghiệm thức, nhưng có sự khác nhau giữa 2 vụ nuôi. Trong 3 tháng đầu của vụ nuôi thứ 1, tôm của nghiệm thức tôm-cá chung sinh trưởng nhanh nhất, tôm ở nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức tuần hoàn sinh trưởng chậm nhất. Tuy nhiên, cuối vụ nuôi tôm ở nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức tuần hoàn sinh trưởng rất nhanh đạt kích thước tương đương với tôm ở nghiệm thức tôm-cá chung và nghiệm thức đối chứng, đặc biệt tôm ở nghiệm thức tuần hoàn đạt kích thước to nhất (25 g). Nguyên nhân làm cho tôm của 2 nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức tuần hoàn sinh trưởng chậm là do môi trường xấu, rễ dừa nước ở đáy ao phân hủy làm cho nước có

màu nâu đen, tôm bị bệnh đốm rong. Sau khi môi trường được cải thiện thì tôm bắt đầu sinh trưởng bình thường trở lại, hơn nữa do sau sự cố trên tỉ lệ sống của tôm ở 2 nghiệm thức này thấp (mật độ thấp) nên chúng sinh trưởng nhanh vào thời gian cuối vụ nuôi. Ngược lại, do điều kiện môi trường ổn định nên tôm của nghiệm thức tôm cá chung sinh trưởng nhanh vào đầu vụ nhưng về cuối vụ do tỉ lệ sống của tôm ở nghiệm thức này quá cao (mật độ cao), tôm thường xuyên bị nổi đầu vào sáng sớm nên chúng sinh trưởng chậm.



Hình 41: Sinh trưởng của tôm ở các nghiệm thức trong vụ nuôi thứ 1



Hình 42: Sinh trưởng của tôm ở các nghiệm thức trong vụ nuôi thứ 2

Trong vụ nuôi thứ 2, tôm rất chậm lớn ở đầu vụ do độ mặn của nước ở các nghiệm thức khá cao. Sau khi mưa xuống, độ mặn giảm dần và tôm bắt đầu sinh trưởng nhanh trong giai đoạn giữa vụ nuôi. Cuối vụ do mưa nhiều, nước bị đục do phù sa và tôm cũng bắt mồi kém nên chậm lớn, có thể nước đục do phù sa đã gây cản trở

quá trình hô hấp của tôm nên làm cho tôm giảm cường độ bắt mồi trong thời gian này.

Khi so sánh về sinh trưởng của tôm giữa các nghiệm thức cho thấy tốc độ sinh trưởng tuyệt đối (DWG) và tốc độ sinh trưởng tương đối (SGR) của các nghiệm thức tương đối đồng đều và không có sự khác biệt đáng kể, kết quả so sánh thống kê cũng cho sự khác biệt không ý nghĩa ($P>0,05$). Tốc độ sinh trưởng tuyệt đối của tôm ở vụ nuôi thứ 1 nhanh hơn so với vụ nuôi thứ 2, như đã giải thích, có thể độ mặn cao là nguyên nhân chính làm ảnh hưởng đến tốc độ sinh trưởng của tôm.

Bảng 14: Tốc độ tăng trưởng chiều dài và trọng lượng của tôm nuôi

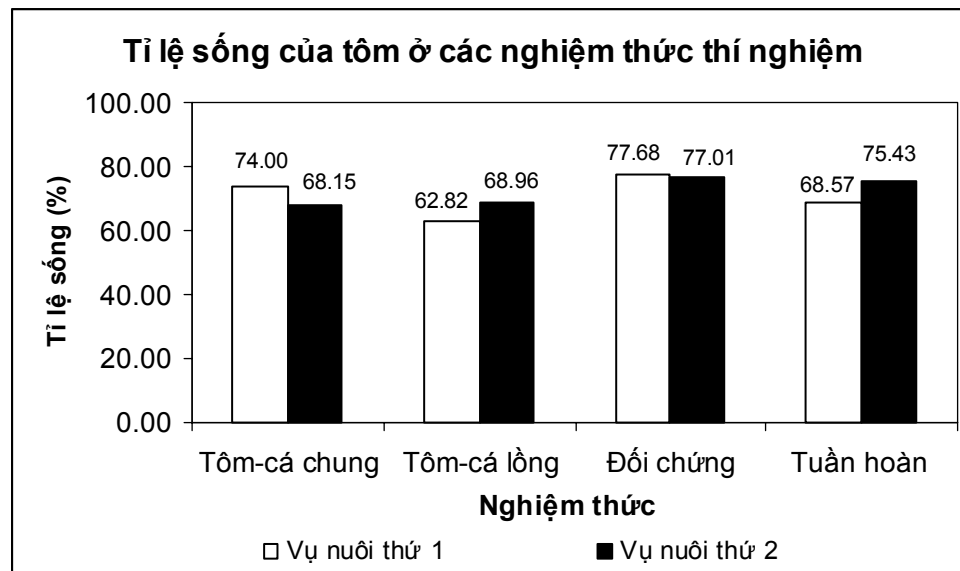
Chỉ tiêu	Tôm-cá chung	Tôm-cá lồng	Đối chứng	Tuần hoàn
<i>Vụ nuôi thứ 1</i>				
SGR (%/ngày)	4,27	4,25	4,24	4,31
DWG (g/ngày)	0,224	0,221	0,219	0,236
<i>Vụ nuôi thứ 2</i>				
SGR (%/ngày)	4,60	4,59	4,60	4,56
DWG (g/ngày)	0,185	0,184	0,185	0,178

5.2 Tỷ lệ sống và năng suất của tôm

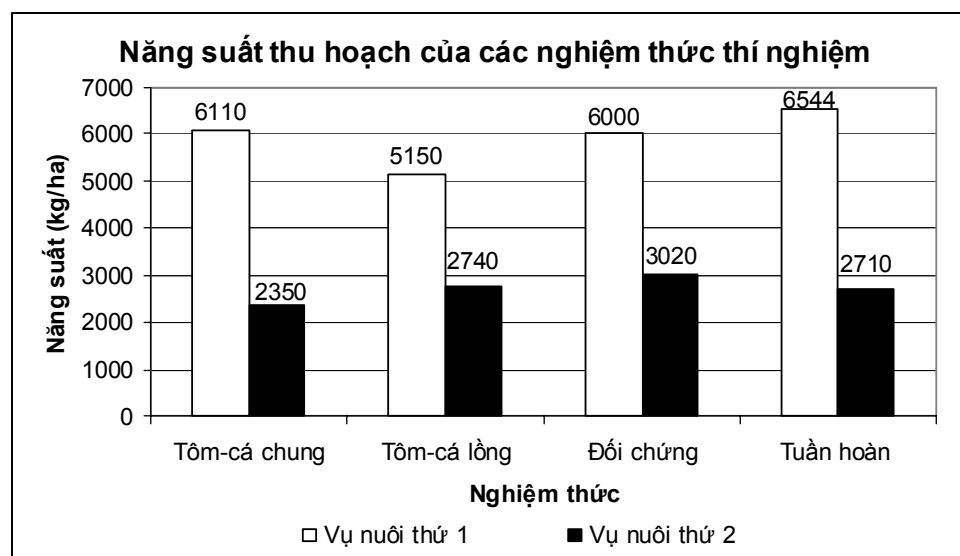
Tỷ lệ sống trung bình của tôm qua 2 vụ nuôi 70,8-72,4%, tỷ lệ sống của nghiệm đối chứng cao nhất là 77,7%. Vụ nuôi thứ 1 tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức đối chứng là cao nhất (77,7%), kế đến là nghiệm thức tôm-cá chung (74%), nghiệm thức tuần hoàn và nghiệm thức tôm-cá lồng có tỷ lệ sống thấp (62,8% và 68,6%). Nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức tôm-cá lồng thấp là do ao nuôi được xây dựng trên nền dứa nước, quá trình xây dựng rế dứa còn sót lại bị phân hủy làm cho nước bị thối bần sau hơn 1 tháng nuôi, lúc này tôm bị bệnh đốm rong rất nhiều làm cho tôm chậm lớn và tỷ lệ sống thấp. Môi trường ở nghiệm thức tuần hoàn cũng rất xấu do hiện tượng nở hoa của tảo Lam sau 45 ngày nuôi và kéo dài đến 100 ngày, điều này đã làm ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của tôm. Tuy nhiên, năng suất thu hoạch của nghiệm thức tuần hoàn và nghiệm thức tôm-cá chung cao hơn so với nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tôm-cá lồng. Mặc dù tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức tuần hoàn và nghiệm thức tôm-cá chung thấp hơn tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức đối chứng, nhưng do tôm sinh trưởng nhanh hơn nên năng suất đạt được cao hơn. Như vậy, năng suất thu hoạch không chỉ phụ thuộc vào tỷ lệ sống mà còn phụ thuộc và tốc độ sinh trưởng của tôm.

Ở vụ nuôi thứ 2, tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức đối chứng đạt cao nhất (77,01%) và tỷ lệ sống của tôm ở nghiệm thức tôm-cá chung là thấp nhất (68,15%). Tương tự, năng suất thu hoạch tôm cũng đạt cao nhất ở nghiệm thức đối chứng (3.020 kg/ha) và thấp nhất ở nghiệm thức tôm-cá chung (2.350 kg/ha). Nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ

sống của tôm và năng suất thu hoạch thấp ở nghiệm thức tôm-cá chung là do cá rô phi thành thực và sinh sản trong ao tôm, khi cá sinh sản chúng làm tổ ở đáy ao gây xác động nền đáy là ảnh hưởng đến tỉ lệ sống của tôm. Do đó, khi áp dụng mô hình nuôi tôm kết hợp với cá rô phi thả chung trong ao cần chọn lọc kỹ nguồn cung cấp cá rô phi đơn tính và nên thả cá có kích cỡ lớn (20-50g/con) để có thể loại bỏ những cá thể cái trước khi thả vào ao nuôi.



Hình 43: Tỉ lệ sống của tôm ở các nghiệm thức trong 2 vụ nuôi



Hình 44: Năng suất thu hoạch của các nghiệm thức trong 2 vụ nuôi

Mặc dù có những khác biệt về tỉ lệ sống và năng suất của tôm nhưng kết quả xử lý thống kê cho thấy sự khác biệt giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

5.3 Sinh trưởng và tỉ lệ sống của cá

Kết quả theo dõi sinh trưởng và tỉ lệ sống của cá trong 3 nghiệm thức nuôi kết hợp cho thấy cá rô phi ở nghiệm thức tôm-cá chung cho tốc độ sinh trưởng nhanh hơn so với nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức tuần hoàn (Bảng 15). Tốc độ sinh trưởng của cá có liên quan đến mật độ thả và nguồn thức ăn trong ao nuôi, ở nghiệm thức tôm-cá chung mật độ thả cá thấp ($0,1 \text{ con/m}^2$) và cá được thả chung với tôm trong ao nên nguồn thức ăn dồi dào hơn nên cá lớn nhanh hơn. Ở nghiệm thức tôm-cá lồng, tuy nguồn thức ăn dồi dào nhưng mật độ thả khá cao (10 con/m^2) nên tốc độ sinh trưởng chậm hơn. Cá ở nghiệm thức tuần hoàn có tốc độ sinh trưởng chậm nhất do mật độ thả khá cao ($4,5 \text{ con/m}^2$) và nguồn thức ăn không đầy đủ. Quá trình tuần hoàn chỉ cung cấp muối dinh dưỡng làm cho tảo phát triển thì chưa đủ cung cấp thức ăn cho cá, nếu tận dụng được lượng chất thải hữu cơ trong ao nuôi tôm mới cung cấp đủ thức ăn cho cá.

Bảng 15: Sinh trưởng và tỉ lệ sống của cá rô phi trong các nghiệm thức nuôi ghép

Chỉ tiêu	Tôm-cá chung	Tôm-cá lồng	Tuần hoàn
<i>Vụ nuôi thứ 1</i>			
Số lượng thả (con)	300	640	2.228
Tỉ lệ sống (%)	15,7	37,2	50,8
Khối lượng bình quân (g/con)	750	551	150
Sản lượng (kg)	35,3	131,2	169,8
SGR (%/ngày)	3,6	3,4	2,5
DWG (g/ngày)	5,14	3,77	1,01
<i>Vụ nuôi thứ 2</i>			
Số lượng thả (con)	20	40	670
Tỉ lệ sống	90	100	80
Khối lượng bình quân (g/con)	383	337	150
Sản lượng (kg)	6,9	13,5	81
SGR (%/ngày)	3,8	3,7	3,0
DWG (g/ngày)	3,19	2,78	1,01

Khi so sánh tốc độ sinh trưởng của cá giữa hai vụ nuôi cho thấy cá rô phi ở vụ nuôi thứ 1 có tốc độ sinh trưởng nhanh hơn so với cá rô phi vẫn ở vụ nuôi thứ 2. Ngược lại, cá rô phi vẫn lại có khả năng chịu đựng độ mặn tốt hơn so với cá rô phi ở vụ nuôi thứ 1. Ngoài ra, tỉ lệ sống của cá ở nghiệm thức tôm-cá chung (vụ nuôi thứ 1) rất thấp còn do hiện tượng chết rũ trong quá trình nuôi khi cá đạt khối lượng cơ thể trên 500g. Đây là hiện tượng thường xảy ra đối với các loài cá rô phi, có thể hiện tượng này có liên quan đến tuổi thọ của cá.

Từ kết quả theo dõi tốc độ sinh trưởng và tỉ lệ sống của tôm và cá có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Cá rô phi đỏ chỉ có thể nuôi ghép với tôm ở điều kiện độ mặn thấp và cá rô phi vẫn thích hợp cho việc nuôi ghép trong ao tôm ở điều kiện độ mặn cao.
- Cá rô phi ở hai nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng có tốc độ sinh trưởng nhanh chóng tỏ môi trường nuôi có thức ăn dồi dào, có thể tăng mật độ cá đối với mô hình nuôi ghép thả cá trong lồng để làm giảm chất thải trong ao nuôi tôm.
- Đối với mô hình nuôi tuần hoàn có thể áp dụng biện pháp hút chất hữu cơ tích tụ trong ao nuôi tôm chuyển sang ao nuôi cá để cung cấp thức ăn cho cá và làm giảm chất thải trong ao tôm, cải thiện chất lượng nước cho ao tôm.
- Đối với mô hình thả cá rô phi chung trong ao nuôi tôm cần chú ý không thả mật độ cao hơn 0,1 con/m² và tránh hiện tượng cá đẻ trong ao tôm.

6 HẠCH TOÁN KINH TẾ

Kết quả hạch toán kinh tế ở vụ nuôi thứ 1 cho thấy nghiệm thức tuần hoàn và nghiệm thức đối chứng cho kết quả tốt nhất với mức lợi nhuận lần lượt là 227,2 và 216 triệu đồng/ha. Lợi nhuận thu được từ nghiệm thức tôm cá chung và tôm-cá lồng rất thấp 48,6 và 41,9 triệu đồng/ha. Tuy nhiên, khi phân tích nguyên nhân dẫn đến lợi nhuận thấp của hai nghiệm thức trên không phải là do tác động của việc nuôi ghép cá rô phi trong các mô hình mà do các nguyên nhân chủ quan và khách qua khác bao gồm: (i) một nguyên nhân chủ quan là quy trình nuôi ở hai nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng hoàn toàn khác với quy trình nuôi ở nghiệm thức đối chứng và tuần hoàn, chính sự khác nhau về quy trình nuôi đã dẫn đến sự khác nhau đáng kể về chi phí sản xuất, ở nghiệm thức tôm-cá chung và tôm-cá lồng chi phí cho quá trình cải tạo ao, xử lý nước và chi phí cho hóa chất, chế phẩm sinh học quá lớn đã làm cho tổng chi phí sản xuất cao hơn 100 triệu đồng so với chi phí sản xuất ở nghiệm thức đối chứng và nghiệm thức tuần hoàn (Bảng 16). Những chi phí dùng cho việc cải tạo ao, xử lý nước và các hóa chất chế phẩm sinh học là quá cần thận và không cần thiết, nếu tiết kiệm khoản này có thể làm tăng lợi nhuận gần 100 triệu đồng; (ii) một lý do khách quan là giá bán tôm ở nghiệm thức tôm-cá chung là thấp hơn so với giá bán tôm của các nghiệm thức khá điều này cũng dẫn đến làm giảm lợi nhuận, cần chú ý năng suất thu hoạch và khối lượng bình quân của tôm nghiệm thức tôm-cá chung đều cao hơn so với nghiệm thức đối chứng nhưng do giá bán thấp nên tổng thu nhập ở nghiệm thức tôm cá chung thấp hơn so với tổng thu nhập ở nghiệm thức đối chứng khoảng 50 triệu đồng; (iii) một nguyên nhân khách quan khác là ao nuôi ở nghiệm thức tôm-cá tuần hoàn được xây dựng trên bãi dừa nước, do quá trình xây dựng không làm sạch rừa nước ở đáy ao nên sau khoảng 1 tháng nuôi rừa nước phân hủy làm ao nuôi bị nhiễm bản hữu cơ. Điều này đã làm tăng chi phí xử lý và làm giảm năng suất nuôi nên lợi nhuận thu được rất thấp.

Bảng 16: Hạch toán kinh tế của các nghiệm thức thực nghiệm (triệu đồng)

Chi tiêu	Tôm-Cá chung	Tôm-Cá lồng	Đối chứng	Tuần hoàn
<i>Vụ nuôi thứ 1</i>				
Cải tạo ao	37,3	37,3	5,0	5,0
Con giống	13,1	13,1	14,4	14,4
Thức ăn	210,3	158,0	155,6	183,2
Thuốc, vi sinh, hóa chất khác...	41,7	66,3	20,5	20,5
Nhiên liệu, điện...	16,9	16,9	10,3	10,3
Thuê mướn nhân công	11,5	11,5	7,4	7,4
Tổng đầu tư	330,8	303,1	213,1	240,8
Doanh thu	379,3	345,0	429,1	467,9
Lợi nhuận	48,6	41,9	216,0	227,2
<i>Vụ nuôi thứ 2</i>				
Cải tạo ao	30,0	30,0	30,0	30,0
Con giống	13,3	13,3	13,3	13,3
Thức ăn	66,7	80,0	86,7	80,0
Thuốc, vi sinh, hóa chất khác...	14,2	14,2	14,2	14,2
Nhiên liệu, điện...	25,0	25,0	25,0	25,0
Thuê mướn nhân công	26,7	26,7	26,7	26,7
Tổng đầu tư	175,8	189,2	195,8	189,2
Doanh thu	253,3	293,3	320,0	286,7
Lợi nhuận	77,5	104,2	124,2	97,5

Ở vụ nuôi thứ 2, nghiệm thức đối chứng cho lợi nhuận cao nhất (124,2 triệu đồng/ha), kế đến là nghiệm thức tôm-cá lồng và nghiệm thức tuần hoàn (104,2 và 79 triệu đồng/ha), nghiệm thức đối chứng cho lợi nhuận thấp nhất (77,5 triệu đồng/ha). Như đã trình bày ở phần trên, do cá rô phi thành thực và đẻ trong ao tôm làm giảm tỉ lệ sống và năng suất của tôm nên làm giảm thu nhập cũng như lợi nhuận. Mặc dù có sự khác biệt về năng suất và lợi nhuận giữa các nghiệm thức nhưng kết quả xử lý thống kê thì sự khác biệt này là không có ý nghĩa ($P > 0,05$).

Tóm lại, trong những nguyên nhân ảnh hưởng đến năng suất và hiệu quả sản xuất thì chỉ có một trường hợp duy nhất là có sự tác động của nghiệm thức, các trường hợp còn lại đều do điều kiện thực nghiệm không đồng nhất dẫn đến kết quả thực nghiệm. Khi áp dụng vào sản xuất cần chú ý điều chỉnh những tác động trên để làm tăng hiệu quả sản xuất.

CHƯƠNG 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

1 KẾT LUẬN.

Các yếu tố vật lý như nhiệt độ và độ mặn không chịu tác động bởi cá rô phi nuôi ghép trong ao tôm với các mô hình khác nhau (thí nghiệm thực nghiệm) mà chịu tác động của khí hậu và thời tiết.

Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép có tác động làm ổn định pH và độ trong của nước thông qua việc làm ổn định quần thể tảo trong ao nuôi.

Các yếu tố dinh dưỡng của nước (TAN, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , COD, TKN, TP...) và bùn đáy (TN, TP, hữu cơ) có xu hướng tăng dần về cuối vụ nuôi, không có sự khác biệt giữa các mô hình nuôi ghép tôm với cá rô phi so với mô hình nuôi tôm đơn (đối chứng). Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép với tôm chưa thể hiện vai trò cải thiện các yếu tố dinh dưỡng của nước và bùn đáy ao.

Hàm lượng khí độc H_2S ở vụ nuôi thứ 1 khá cao, có sự tích lũy hữu cơ và phân hủy yếm khí ở đáy ao.

Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép có tác dụng làm ổn định độ kiềm của nước, đặc biệt trong trường hợp độ mặn của nước thấp

Tính đa dạng của thành phần loài tảo trong mô hình nuôi tôm đơn thấp hơn so với các mô hình nuôi ghép với cá rô phi. Tính đa dạng thành phần loài tảo cũng giảm dần về cuối vụ nuôi.

Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép có ảnh hưởng đến thành phần loài tảo, tảo Khuê (Bacillariophyta) và tảo Lục (Chlorophyta) phát triển ưu thế và tảo Lam (Cyanophyta) kém phát triển trong các mô hình nuôi ghép cá rô phi. Ngược lại, tảo Lam phát triển mạnh trong mô hình nuôi tôm đơn (đối chứng).

Cá rô phi trong mô hình nuôi ghép tôm-cá chung và tôm-cá lồng có vai trò duy trì mật độ tảo ổn định. Mô hình nuôi tôm đơn có mật độ tảo biến động lớn và tảo phát triển quá mức vào cuối vụ nuôi.

Thành phần động vật phù du trong các ao nuôi bao gồm 3 nhóm chính: Protozoa, Copepoda và Rotifera. Đa số các loài động vật phù du xuất hiện trong các ao nuôi đều có đặc tính của những loài sống trong môi trường giàu chất hữu cơ lơ lửng. Không có sự khác biệt rõ ràng về thành phần loài động vật phù du giữa các thí nghiệm thực nghiệm. Mật độ động vật phù du trong các ao nuôi khá cao (1,5-8,1 triệu cá thể/ m^3).

Mật độ tổng vi khuẩn biến động có liên quan với việc sử dụng chế phẩm sinh học. Mật độ vi khuẩn *Vibrio* có hại (khuẩn lác xanh) có mật độ thấp hơn giới hạn cho

phép (10^3 CFU/mL). Vi khuẩn phát sáng thường xuất hiện vào đầu vụ nuôi và chúng biến mất vào giữa vụ nuôi. Việc nuôi ghép cá rô phi trong ao nuôi tôm không có vai trò làm thay đổi quần thể vi sinh vật trong ao nuôi.

Các biện pháp xử lý nước và kiểm tra mầm bệnh virus trên tôm giống hầu như không có hiệu quả trong việc ngăn chặn sự xâm nhập của mầm bệnh virus vào ao nuôi. Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép cũng không có vai trò hạn chế sự phát triển của mầm bệnh virus trên tôm.

Mật độ cá rô phi thả chung trong ao nuôi tôm với mật độ cao hơn $0,1$ con/ m^2 sẽ ảnh hưởng đến tỉ lệ sống của tôm. Cá rô phi trong các mô hình nuôi ghép không làm ảnh hưởng đến tốc độ sinh trưởng của tôm.

Tốc độ sinh trưởng của cá rô phi trong mô hình nuôi tôm-cá chung và tôm-cá lồng tương đối nhanh, cá rô phi đỏ đạt 550-750 g sau 145 ngày nuôi và cá rô phi vằn đạt 337-383 g sau 120 ngày nuôi. Cá rô phi trong mô hình tuần hoàn sinh trưởng chậm đạt 150 g sau 120-145 ngày nuôi.

2 ĐỀ XUẤT

Nên thả nuôi cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) trong các mô hình nuôi ghép với tôm sú vì cá rô phi vằn có khả năng thích ứng tốt trong môi trường nước mặn, lợ. Có thể thả nuôi cá rô phi đỏ trong các mô hình nuôi ghép khi nồng độ muối thấp.

Đối với mô hình nuôi ghép tôm với cá thả chung cần thả cá thấp hơn $0,1$ con/ m^2 . Thả cá rô phi đơn tính với kích cỡ từ 20-50g/con và chọn lọc kỹ trước khi thả, tránh hiện tượng cá thành thực và sinh sản trong ao tôm

Cần nghiên cứu tăng diện tích lồng và mật độ thả cá rô phi trong mô hình nuôi tôm-cá lồng nhằm tăng cường khả năng xử lý chất thải của cá rô phi.

Cần nghiên cứu biện pháp chuyển chất thải tích tụ trong ao nuôi tôm sang ao nuôi cá rô phi trong quá trình tuần hoàn nhằm làm tăng nguồn thức ăn cho cá và giảm chất thải trong ao nuôi tôm.

Trong nuôi tôm sú thâm canh, cần chú ý các biện pháp cải thiện chất lượng nước và tăng cường sức khỏe cho tôm để tôm có khả năng kháng bệnh hơn là chú ý đến biện pháp ngăn ngừa sự xâm nhập của mầm bệnh.

Cần chú ý giảm các chi phí không cần thiết để làm tăng lợi nhuận.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Andersen V., P. Nival and R.P. Harris. 1987. Modelling of a planktonic ecosystem in an enclosed water column. J. Mar. Biol. Ass.
- Anderson, I. 1993. The veterinary approach to marine prawns. In: *Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine* (Editor Brown L.), pp. 271-296.
- Appelbaum, S. and L. Volvich. 2000. Use of tilapia for improving water quality in intensive, integrated, recirculatory fish culture systems. *Tilapia Aquaculture in the 21st Century*. Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia Culture. Vol. 1:299-302
- Ball, R. C. 1945. A Summary of Experiments in Michigan Lakes on the Elimination of Fish Population with Rotenone, 1934-1942. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 75:139-146
- Baroiller, J. F., 2000. Seawater Adaptability of Two Tilapia Species (*S. melanocheilus* and *O. niloticus*) and Their Reciprocal F1 Hybrids.
- Boyd, C. E. 1974. Lime Requirements of Alabama Fish Ponds Ala. Agr Exp. Sta., Auburn Univ., Ala., Bull. 459.20pp
- Boyd, C. E. S. W. Brown and D. R. Bayne, 1983. Phytoplankton Communities in Channel Catfish Pond. *Proc. Annual Conf. S.E. Assoc. Fish and Wild. Agencies*, 37: 401-407.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in pond for aquaculture. Birmingham Publishing Co., Birmingham, USA. 482 pp.
- Boyd, C.E. and E. Scarbrood, 1974. Effects of Agriculture Limestone on Phytoplankton Communities of Fish Ponds. *Arch. Hydrobiol.*, 74: 336-349.
- Boyd, C.E. 1973. Summer Algal Communities and Primary Productivity in Fish Pond. *Hydrobiologia*, 41:357-390.
- Chanratchakool, P., 2003. Problem in *Penaeus monodon* culture in low salinity areas. *Aquaculture Asia*, January-March 2003 (Vol. VIII No. 1): 54-55
- Chanratchakool, P., J.F. Turnbull, S.J. Funge-Smith, I.H. Macrae và C. Limsuwan, 2003. Quản lý sức khỏe tôm trong ao nuôi. Tái bản lần thứ 4. Người dịch: Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Thanh Phương, Đặng Thị Hoàng Oanh, Trần Ngọc Hải. *Danida-Bộ Thủy sản* 2003. 153 p.
- Dương Đức Tiến, Võ Hành (1997), “Tảo nước ngọt Việt nam- phân loại bộ tảo lục Chlorococcales”, NXB Nông nghiệp.
- Edmondson, W. T. 1969 Eutrophication in North America, p. 124-149. In: *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Nat. Acad. Sci., Washington, D. C.
- Fitzsimmon K. (2001), Polyculture of Tilapia and penaeid shrimp. *Global Aquaculture Advocata*, 4(3): 43-44.
- Hayes, F. R. and E. H. Anthony. 1964. Productive Capacity of North American Lakes as Related to the Quantity and the Trophic Level of Fish, the Lake Dimensions, and the Water Chemistry. *Trans Amer. Fish. Soc.*, 93:53-57
- Hoongerhout, H. and Ames, J. 1965 Growth rates of Photosynthetic Microorganisms in Laboratory Cultures. *Arch. Microbio.*, 50, 40-15
- Hutchinson, G. E., 1967. A Treatise on Limnology: Vol I. Geography, Physics, and Chemistry. John Wiley and Son, New York. 1.015pp

- Huỳnh Trường Giang, Trương Quốc Phú, Lê Bảo Ngọc, 2004. Nghiên cứu sự biến động và tương quan của một số yếu tố môi trường trong ao nuôi tôm Sú (*Penaeus monodon*) thâm canh. Tạp Chí Khoa Học Đại Học Cần Thơ 2004:53-63.
- King, D. L. and J. T. Novak. 1974. The Kinetics of Inorganic Carbon-Limited Algal Growth . J. Water Pollution Control Fed., 46: 1.812-1816
- Lan, L.M. *et al.*, 2003 Optimal stocking population in freshwater Fish polyculture in Tan Phu Thanh village, Chau Thanh A District, Cantho Province
- Lee, G. F. 1970. Eutrophication. Univ. Wis. Water Resources Center, Madison, Occasional Paper No 2. 39pp.
- Lewis, W. M. 1978. Dynamic and Succession of The Phytoplankton in a Tropical Lake. Journal of Ecology 66: 849-880
- Luuc, R. M. et al, 1990. Toxic of Cyanobacteria in Water. Chapter 2 Cyanobacteria in the Environment.
- Mc Vea, C. and C. E. Boyd. 1975. Effects of Water hyacinth Cover on Water Chemistry, Phytoplankton, and Fish in Ponds. J. Environ. Qual., 4: 375-378
- Moriarty, D.J.W. 1999. Disease control in shrimp aquaculture with probiotic bacteria. *In: Microbial Biosystems: New Frontiers. Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology.* Bell CR, Brylinsky M, Johnson-Green P (Eds) Atlantic Canada Society for Microbial Ecology Halifax Canada
- Moyle, J. B. 1946. Some Indicators of Lake Productivity. Trans. Amer. Fish. Soc., 76:322-334
- Nguyễn Anh Tuấn (1994), “Cẩm nang kỹ thuật nuôi thủy sản nước lợ”, NXB Nông nghiệp.
- Nguyễn Văn Vượng, 2003. Khảo sát đặc điểm môi trường và sự sinh trưởng của tôm Sú trong môi trường có độ mặn thấp. Luận án thạc sĩ Nuôi trồng thủy sản. Đại học Cần Thơ 2003.
- Popma T. and Lovshin L., (1996). Natural feeding behavior of Tilapia
- Prepas, E.E. et al. 2001. Long-term effects of successive Ca(OH)₂ and CaCO₃ treatments on water quality of two eutrophic hardwater lakes. Freshwater Biology. Volume 46 Issue 8 Page 1089, August 2001.
- Reagan, D.W. and T. D. Allen. 1960. An Ecological Survey of Factors Affecting Fish Production in Louisiana Waters . La.Wild. Fish. Comm, Baton Rouge. 100pp
- Reynolds, C.S. 1984 The Ecology of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reynolds, C.S. 1997. Vegetation Process in the Peralgalic: A Model for Ecosystem Theory. Excellence in Ecology, Ecology Institute. Oldendorf Lütich, 31pp.
- Roberts, R. D. and Zohary, T. 1987. Temperature Effects on Photosynthesis Capacity, Respiration, and Growth rates of Bloom-Forming Cyanobacteria. N. Z. J. Mar. Freshwater. Res. 21,391-399
- Rönnbäck, P. 2001. Shrimp aquaculture - State of the art. Swedish EIA Centre, Report 1. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala. (ISBN 91-576-6113-8)
- Round, F. E. 1975. The Biology of the Algae. Edward Arnold, London. p.
- Sastry, C.A. 1988. Biological indicators of water quality. Encology Vol. 2 No. 10 March 1988.

- Schindler, D. W. 1977. Evolution of Phosphorus limitation in Lakes. *Science* 195:260-262
- Schindler, D.W., G.J. Brunskill, S. Emerson, W. S. Broecker, and T. H. Peng. 1972. Atmospheric Carbon dioxide: Its Role in Maintaining Phytoplankton Standing Crops. *Science*, 177:1.192-1.194.
- Schreurs, H. 1992. Cyanobacteria Dominance, Relation to Eutrophication and Lake Morphology. Thesis, University of Amsterdam
- Seymour, E. A. 1980. The Effect and Control of Algal Blooms in Fish Ponds *Aquaculture*, 46:111-117
- Shillo, M. 1965. Isolation and control of Blue-green algae from Artificial Fish Ponds. *Israel. J. Bot*, 14:203
- Shirota A., 1966. The plankton of South vietnam. Overseas Technical Cooperation Agency, Japan. 416 pp.
- Smith V. H. 1983. Low nitrogen to Phosphorus ratio favor dominance by blue-green algae in Lake Phytoplankton 221:669-671
- Smith, D. W. 1988. Phytoplankton and Cat fish Culture: A review *Aquaculture*, 46:167-189
- Sze, P. 1981. A Culture Model for Phytoplankton Succession in The Potomac river near Washington. D.C. *Phycologia* 20: 285-291
- Szuster, B., and M. Flaherty, 2002. A regional approach to assessing organic waste production by low salinity shrimp farms. *In: Aquaculture Asia*, April-June 2002 (Vol. VII No. 2:48-52)
- Trương Quốc Phú, Đặng Hữu Tâm, Kim Út, 1997. Thực nghiệm nuôi tôm sú thâm canh trong mô hình ít thay nước ở Duyên Hải, Trà Vinh. Báo cáo Hội nghị Khoa học công nghệ 1993-1997. 158-164.
- Trương Quốc Phú, Tạ Văn Phương, Nguyễn Văn Lành, Nguyễn Thị Kim Liên, Nguyễn Thị Thanh Thảo. 2004. Nghiên cứu sự thay đổi môi trường thủy sinh vật trong vùng chuyển đổi cơ cấu sản xuất tỉnh Cà Mau. *In: Bước đầu đánh giá tính bền vững của hệ thống canh tác vùng chuyển đổi cơ cấu sản xuất tỉnh Cà Mau, đề xuất các giải pháp phát triển bền vững giai đoạn 2002-2005 và định hướng 2010.*
- Tucker, C. S. and S. W. Lloyd. 1984. Phytoplankton Communities in Chanel Catfish Pond. *Proc. Annual Conf. S. E. A soc. Fish and Wild. Agendes*, 37: 401-407
- Turner, W. R. 1960. Standing Crop of Fishes in Kentucky Farm Ponds *Trans. Amer. Fish. Soc*, 89: 333-337
- Vũ Trung Tạng. 1994. Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 272 trang
- Wyban, J.A. and J. N. Sweeney. 1992. Intensive Shrimp Production Technology.
- Yang Yi. and Fitzsimmons K. (2002). Survey study of tilapia-shrimp polycultures in Thailand. Tenth work plan, New Aquaculture systems/New species research 3 (10NSR3A).
- Yap W. G. (2001). The lowdown on world shrimp culture II. *INFOFISH Internation* 2001 (3): 20-27.
- <http://www.csiro.au/files/mediaRelease/mr2001/prprawnvirus.htm> (13/09/2006).
- http://www.oie.int/eng/normes/fmanual/A_00050.htm (13/09/2006).