

ẢNH HƯỞNG CỦA OXY HÒA TAN LÊN TĂNG TRƯỞNG, TIÊU HAO OXY VÀ NGƯỠNG OXY CỦA CÁ CHÉP (*CYPRINUS CARPIO*)

Nguyễn Thúy Liễu¹, Đỗ Thị Thanh Hương¹, Nguyễn Thị Kim Hà¹ và
Nguyễn Thanh Phương¹

ABSTRACT

*The effects of different dissolved oxygen concentrations on the growth, oxygen consumption and oxygen threshold of common carp (*Cyprinus carpio*) was studied in laboratory conditions. The growth study was conducted with 3 oxygen levels including 20%, 50% and 80% saturation; 40 fish (25,7±0,21 g initial weight) were stocked in each of nine 1 m³-composite tanks (three replicates for each treatment); the oxygen levels were auto-regulated by oxy guard system and the experiment lasted for 2 months. Oxygen consumption and oxygen threshold of common carp at 3 mentioned oxygen levels were determined by two-taps flask method. Each treatment was repeated 6 times. The oxygen saturation concentration was adjusted using YSI DO meter and nitrogen. Results of the studies showed that a significantly higher growth rate and lower feed conversion ratio ($p<0,05$) were found at 80% oxygen saturation treatment if compared to other two treatments; thus fish reduced the growth rate in the hypoxia condition. The oxygen consumption decreased from 388 mg/kg/hr. at 80% oxygen saturation to 212 mg/kg/hr. at 20% oxygen saturation. The oxygen threshold of the common carp also decreased in hypoxia condition.*

Keywords: *Common carp, *Cyprinus carpio*, dissolved oxygen, growth*

Title: *The effects of dissolved oxygen concentrations on the growth, oxygen consumption and oxygen threshold of common carp (*Cyprinus carpio*)*

TÓM TẮT

*Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng oxy hòa tan lên tăng trưởng, tiêu hao oxy và ngưỡng oxy của cá chép (*Cyprinus carpio*) được thực hiện trong phòng thí nghiệm. Thí nghiệm về tăng trưởng được thực hiện ở 3 mức oxy bão hòa khác nhau là 20%, 50% và 80% trong 9 bể composit 1 m³ (3 lần lặp lại mỗi nghiệm thức); cỡ cá ban đầu 25,7±0,21 g/con; mật độ 40 cá/bể; và thời gian thí nghiệm là 2 tháng. Hàm lượng oxy hòa tan được điều chỉnh tự động bằng hệ thống oxy Guard. Thí nghiệm tiêu hao oxy và ngưỡng oxy được áp dụng phương pháp bình kín 2 vòi; thí nghiệm thực hiện ở 3 mức oxy bão hòa như trên và mỗi nghiệm thức lặp lại 6 lần; hàm lượng oxy được điều chỉnh bằng máy đo oxy YSI và bình khí nitơ. Kết quả nghiên cứu cho thấy ở hàm lượng oxy 80% bão hòa thì tăng trưởng của cá cao nhất (0,43 g/ngày), đồng thời hệ số FCR ở mức thấp nhất (2,24) so với hai nghiệm thức còn lại ($p<0,05$). Tiêu hao oxy giảm từ 388 mg/kg/giờ xuống 212 mg/kg/giờ khi hàm lượng oxy giảm từ 80% xuống 20% bão hòa. Ngưỡng oxy của cá cũng giảm khi hàm lượng oxy giảm.*

Từ khóa: *cá chép, *Cyprinus carpio*, oxy hòa tan, tăng trưởng*

¹Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

1 GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam đã và đang đẩy mạnh phong trào nuôi trồng thủy sản nhằm đáp ứng nhu cầu thực phẩm thủy sản ngày càng tăng của người tiêu dùng. Năm 2010 ngành nuôi trồng thủy sản Việt Nam đã đạt được những bước tiến đáng ghi nhận, sản lượng cả năm 2010 là 2.707 ngàn tấn (Dung, 2011). Cùng với sản lượng nuôi tăng cao thì các hình thức và đối tượng nuôi cũng được đa dạng như nuôi cá tra thâm canh trong ao, cá điêu hồng và rô phi trong bè và ao, nuôi cá lóc trong giai, nuôi tôm sú trong ao đất, tôm càng xanh trên ruộng lúa,... So với rất nhiều đối tượng thủy sản đang được nuôi phổ biến hiện nay thì cá chép là loài nuôi truyền thống trong các mô hình nuôi kết hợp như nuôi ao, nuôi trên ruộng lúa, và gần đây là nuôi thâm canh trong ao. Từ khi trở thành đối tượng nước ngọt đáng chú ý thì đã có rất nhiều nghiên cứu về dinh dưỡng, di truyền, sinh lý và bệnh trên cá chép. Trong các thông số về môi trường nước ao nuôi thì oxy là yếu tố quan trọng, nhất là trong nuôi thâm canh các loài tôm, cá nói chung. Hơn nữa, hàm lượng oxy trong ao nuôi luôn dao động nên được coi như là một nhân tố ảnh hưởng đến hầu hết các hoạt động của động vật thủy sản và là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tăng trưởng của cá (Kramer, 1987). Hàm lượng oxy thấp gây stress, giảm ăn, sinh trưởng chậm, nhạy cảm với bệnh và thậm chí gây chết tôm/cá nuôi. Hàm lượng oxy hòa tan hàng ngày trong hệ thống ao nuôi là vấn đề rất được quan tâm (Boyd, 2010). Vì vậy nghiên cứu ảnh hưởng của oxy hòa tan lên cá chép là cần thiết nhằm làm cơ sở cho việc quản lý oxy hòa tan trong quá trình nuôi, nhất là nuôi thâm canh hiện nay.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được tiến hành tại trại thực nghiệm và phòng thí nghiệm Bộ môn Dinh dưỡng và Chế biến Thủy sản –Khoa Thủy sản-Trường Đại học Cần Thơ.

Cá thí nghiệm khi chuyển về đến trại được thuần dưỡng 1 tuần trước khi tiến hành thí nghiệm. Trong thời gian thuần dưỡng cho cá ăn 2 lần/ngày và bể được sục khí liên tục. Trước khi bố trí một ngày thì ngưng cho cá ăn; chọn cá khỏe, đồng cỡ, không bị dị tật để thí nghiệm. Nghiên cứu được tiến hành với 2 thí nghiệm.

2.1 Ảnh hưởng của hàm lượng oxy hòa tan lên tăng trưởng của cá chép (*Cyprinus carpio*)

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên trong bể composite 1 m³ với 3 nghiệm thức có hàm lượng oxy bão hòa khác nhau gồm 20%, 50% và 80%; tương ứng là 1,5 mg/L, 3,9 mg/L, 6,3 mg/L ở nhiệt độ 28°C (Colt, 1984, trích dẫn bởi Boyd, 1990), mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Mật độ bố trí cá thí nghiệm là 40 cá/bể (25-30 g/con); cá được cho ăn với khẩu phần 5% khối lượng thân và cho ăn 2 lần/ngày (8 giờ và 17 giờ) bằng thức ăn viên công nghiệp hiệu Cargill có hàm lượng đạm 30%; sau khi cá ngừng ăn 15 phút thì kiểm tra lượng thức ăn thừa để tính lượng thức ăn cá ăn mỗi ngày của mỗi bể thí nghiệm. Hàng tuần thay không quá 30% nước; hàng ngày loại bỏ bớt cặn ở đáy bể kết hợp thay không quá 15% lượng nước. Ghi nhận nhiệt độ và oxy bể nuôi 2 lần/ngày thông qua màn hình hệ thống máy đo oxy Guard và các chỉ tiêu khác như pH, NH₃, NO₂ được đo 1

lần/tuần. Khối lượng cá được xác định sau mỗi 3 tuần để đánh giá tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống. Thời gian thí nghiệm là 2 tháng.

Một số chỉ tiêu tính toán

Tăng trưởng tuyệt đối (DWG)

$$DWG \text{ (g/ngày)} = (W_2 - W_1) / t$$

Trong đó: W_1 : Khối lượng trung bình của cá ban đầu.

W_2 : Khối lượng trung bình của cá kết thúc thí nghiệm.

t: thời gian thí nghiệm

Hệ số thức ăn (feed conversion ratio – FCR):

$$FCR = \text{Lượng thức ăn sử dụng (kg)} / \text{tăng trọng của cá (kg)}$$

Tỷ lệ sống (%) (survival rate-SR):

$$SR \text{ (%) } = 100 \times (\text{số cá thu hoạch} / \text{số cá ban đầu})$$

2.2 Ảnh hưởng của hàm lượng oxy hòa tan lên tiêu hao oxy và ngưỡng oxy của cá chép (*Cyprinus carpio*)

Tiêu hao oxy và ngưỡng oxy của cá chép ở các hàm lượng oxy khác nhau (20%, 50%, 80% oxy bão hòa) được thực hiện theo phương pháp bình kín 2 vò có thể tích 2 L. Trước khi tiến hành thì bơm nước vào bể nhựa 200 L, sục khí 1 ngày để oxy trong nước đạt bão hòa, dùng bình nitơ sục vào bể đến khi hàm lượng oxy đạt mức yêu cầu của thí nghiệm thì dừng lại; đặt các bình kín 2 vò vào bể, bơm nước tuần hoàn trong 1 giờ để đảm bảo điều kiện oxy trong và ngoài bình như nhau; cho cá vào bình và tiếp tục bơm nước tuần hoàn trong 1 giờ để cá ổn định trước khi tiến hành xác định tiêu hao oxy và ngưỡng oxy. Oxy được đo kiểm tra liên tục để đảm bảo duy trì hàm lượng ổn định cho từng nghiệm thức. Nhiệt độ luôn giữ ổn định ở 28°C.

2.2.1 Tiêu hao oxy

Cân khối lượng cá, thả 2 cá/bình và 2 bình/bể; thu mẫu nước trong bình để phân tích oxy đầu khi cá đã ổn định rồi cột chặt 2 vò, để cá yên tĩnh trong 15 phút và thu mẫu nước phân tích oxy cuối. Tiếp tục cho nước tuần hoàn trở lại qua các bình trong 1 giờ để cá ổn định trở lại trong điều kiện oxy thí nghiệm của bể rồi tiến hành các bước thu mẫu nước phân tích oxy đầu và oxy cuối như trên. Lặp lại 3 lần thu cho mỗi bình. Công thức tính tiêu hao oxy của cá:

$$THO_{O_2} \text{ (mgO}_2\text{/kg/giờ)} = (O_{2\text{đầu}} - O_{2\text{cuối}}) \times (V_{\text{bình}} - V_{\text{cá}}) / WT$$

Trong đó: $O_{2\text{đầu}}$: hàm lượng oxy trong nước trước khi thí nghiệm (mg/L)

$O_{2\text{cuối}}$: hàm lượng oxy trong nước sau khi thí nghiệm (mg/L)

$V_{\text{bình}}$: Thể tích bình (L)

$V_{\text{cá}}$: Thể tích của cá (L)

W: khối lượng cá (kg)

T: Thời gian thí nghiệm (giờ)

THO_{O₂}: Tiêu hao oxy

2.2.2 Ngưỡng oxy

Đặt 6 bình kín 2 vôi vào một bể; cân khối lượng cá, thả 4 cá/bình; sau khi cá đã ổn định trong 1 giờ thì cột chặt 2 vôi và quan sát cho đến khi có hơn 50% cá (2 cá) trong bình chết ngạt thì thu mẫu nước phân tích oxy.

Oxy trong các bình được phân tích bằng phương pháp chuẩn độ Winkler.

2.3 Xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được của hai thí nghiệm được tính toán các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, và so sánh sự sai khác giữa các nghiệm thức bằng phương pháp ANOVA một nhân tố và phép thử DUNCAN sử dụng chương trình SPSS 16.0 và Excel của phần mềm Office 2003.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của hàm lượng oxy hòa tan lên sinh trưởng của cá chép

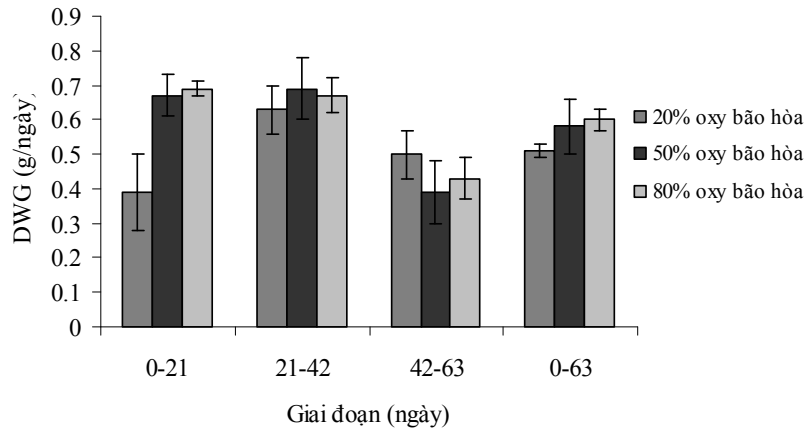
3.1.1 Tăng trưởng tuyệt đối

Khối lượng trung bình ban đầu của cá là $25,7 \pm 0,21$ g/con; sau 63 ngày thí nghiệm thì khối lượng trung bình của cá ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa là thấp nhất ($57,9 \pm 1,51$ g/con), nghiệm thức 50% và 80% oxy bão hòa có khối lượng trung bình cao hơn và tương đương nhau lần lượt là $62,7 \pm 5,08$ g/con và $63,0 \pm 1,81$ g/con.

Trong 21 ngày đầu thí nghiệm, cá ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa có tốc độ tăng trưởng tuyệt đối là $0,39 \pm 0,11$ g/ngày là thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hai nghiệm thức còn lại. Tốc độ tăng trưởng tuyệt đối trung bình của cá chép ở nghiệm thức 50% và 80% oxy bão hòa tương đương nhau lần lượt là $0,67 \pm 0,06$ g/ngày và $0,69 \pm 0,02$ g/ngày (Hình 1). Tương tự, giai đoạn ngày 21-42, thì tăng trưởng của cá ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa vẫn là thấp nhất ($0,63 \pm 0,07$ g/ngày) nhưng khác không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức 50% và 80% oxy bão hòa ($p > 0,05$). Tuy nhiên, giai đoạn ngày 42-63 của thí nghiệm thì có sự thay đổi rõ rệt về tăng trưởng tuyệt đối giữa các nghiệm thức; tốc độ tăng trưởng cao nhất là ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa ($0,50 \pm 0,07$ g/ngày), cá ở nghiệm thức 50% và 80% oxy bão hòa lần lượt là $0,39 \pm 0,09$ g/ngày và $0,43 \pm 0,06$ g/ngày nhưng sự khác nhau giữa các nghiệm không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) (Hình 1). Điều này có thể giải thích là giai đoạn đầu thí nghiệm cá chưa thích nghi được với môi trường có hàm lượng oxy thấp nhưng qua một thời gian thí nghiệm cá đã thích nghi với điều kiện sống nên cá ăn nhiều và tăng trưởng nhanh hơn. Điều này cũng phù hợp với qui luật tự nhiên là sinh vật không ngừng thay đổi và thích ứng với môi trường để tồn tại và phát triển.

Nhiều nghiên cứu trên các loài cá khác nhau trong điều kiện oxy thấp như cá bon (*Scophthalmus maximus*) giai đoạn giống (Pichavant *et al.*, 2000), cá nheo (*Ictalurus punctatus*) (Buentello *et al.*, 2000), cá piapara (*Leporinus elonggatus*) (Filho *et al.*, 2005), cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) (An *et al.*, 2008) và gần đây nhất là cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Nguyễn Thị Kim Hà *et al.*, 2010) đều có nhận xét là cá giảm tăng trưởng trong điều kiện oxy thấp. Tăng trưởng chậm là do cá phải tăng cường sử dụng năng lượng cho việc tăng thể tích thông khí

qua mang nên giảm năng lượng cho tăng trưởng; đồng thời cá giảm lượng thức ăn ăn vào để tiết kiệm năng lượng sử dụng cho tiêu hóa và duy trì năng lượng cho việc cung cấp oxy đến các cơ quan trong cơ thể (Pichavant *et al.*, 2000). Theo Heath (1995) thì một số loài cá nước ngọt có thể chịu được điều kiện oxy thấp hoặc thậm chí là thiếu oxy; tác giả này cũng nhận định rằng thích nghi với điều kiện oxy thấp là khả năng rất quan trọng cho cá sống trong môi trường này kéo dài. Oxy hòa tan là một trong những nhân tố giới hạn sinh trưởng và điều kiện oxy thấp là yếu tố gây sốc làm giảm tăng trưởng của cá (Filho *et al.*, 2005).



Hình 1: Tốc độ tăng trưởng của cá chép sau 63 ngày

(giá trị trung bình và độ lệch chuẩn)

3.1.2 Tỷ lệ sống (%) và hệ số thức ăn (FCR)

Tỷ lệ sống của cá chép sau 63 ngày thí nghiệm đều đạt cao từ 97,5% đến 99,2% và khác nhau không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức (Bảng 1). Theo Buentello *et al.* (2000) khi nghiên cứu trên cá nheo Mỹ (*Ictalurus punctatus*) ở 3 nồng độ oxy hòa tan 30%, 70% và 100% oxy bão hòa thì thấy tỷ lệ sống của cá ở các nghiệm thức đều đạt 100%; như vậy điều kiện oxy thấp ảnh hưởng không lớn đến tỉ lệ sống của cá nói chung và của chép trong nghiên cứu này.

Hệ số chuyển hóa thức ăn của cá chép tăng khi hàm lượng oxy trong nước giảm (Bảng 1). Hệ số thức ăn của cá ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa là cao nhất ($2,44 \pm 0,09$) và khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với nghiệm thức 80% oxy bão hòa ($2,24 \pm 0,06$), nhưng khác không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức 50% oxy bão hòa ($p > 0,05$). Tổng lượng thức ăn cá ăn vào ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa trong 2 tháng thí nghiệm là 78,9 g/con, trong khi đó giá trị này ở nghiệm thức 50% và 80% oxy bão hòa đều cao hơn lần lượt là 84 g/con và 84,3 g/con. Theo Thetmeyer *et al.* (1999) thì tăng trưởng phụ thuộc vào lượng thức ăn ăn vào và môi trường thiếu oxy sẽ là nguyên nhân làm giảm tính bắt mồi chứ không phải là nguyên nhân làm giảm hiệu quả chuyển hóa thức ăn. Ngoài ra khi hàm lượng oxy giảm cá còn tốn năng lượng để tăng thể tích thông khí qua mang (Heath, 1995) do đó năng lượng được cung cấp từ thức ăn ăn vào được cá sử dụng cho hoạt động

này đồng thời cũng sử dụng để bơi lên bề mặt nước tìm nguồn oxy cao hơn. Nuôi cá chép sống trong điều kiện oxy thấp sẽ làm tăng hệ số chuyển hóa thức ăn.

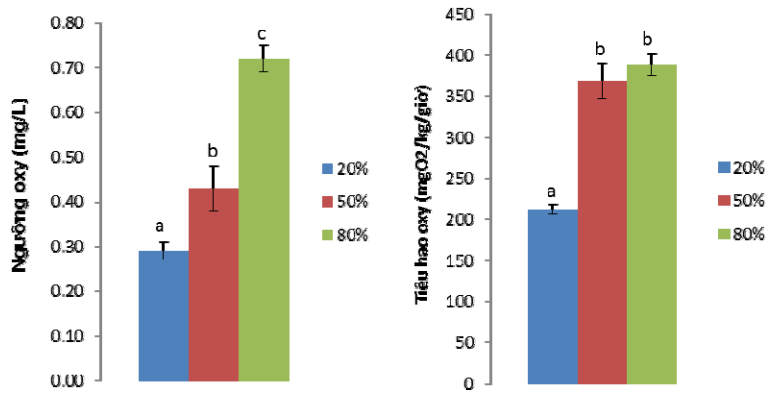
Bảng 1: Tỷ lệ sống và hệ số thức ăn của cá ở các hàm lượng oxy khác nhau

Nghiệm thức	Tỷ lệ sống (%)	Hệ số thức ăn (FCR)
20% oxy bão hòa	99,2±2,50	2,44±0,09 ^a
50% oxy bão hòa	99,2±1,40	2,29±0,12 ^{ab}
80% oxy bão hòa	97,5±1,40	2,24±0,06 ^b

3.2 Ảnh hưởng của hàm lượng oxy hòa tan đến tiêu hao oxy và ngưỡng oxy của cá

Tiêu hao oxy trung bình của cá chép ở các hàm lượng oxy bão hòa khác nhau thì khác nhau (Hình 3). Tiêu hao oxy giảm từ 388 mg/kg/giờ xuống 212 mg/kg/giờ khi hàm lượng oxy trong nước giảm từ 80% oxy bão hòa xuống 20% oxy bão hòa ở 28°C và sai khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa nghiệm thức 20% oxy bão hòa so với nghiệm thức 50% và 80% bão hòa (Hình 3). Tương tự, ngưỡng oxy của cá cũng có xu hướng giảm khi hàm lượng oxy trong nước giảm (Hình 3); ở nghiệm thức 80% oxy bão hòa ngưỡng oxy của cá là 0,72 mg O₂/L, ngưỡng oxy giảm xuống 0,43 mg O₂/L ở nghiệm thức 50% oxy bão hòa và ngưỡng thấp nhất là 0,29 mg O₂/L ở nghiệm thức 20% oxy bão hòa. Kết quả xử lý thống kê cho thấy ngưỡng oxy của cá chép ở các nghiệm thức sai khác nhau có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Tiêu hao oxy của cá tầm trắng (*Acipenser transmontanus*) cũng giảm từ 228 µgO₂/g/giờ xuống 99 µgO₂/g/giờ khi tiếp xúc với hàm lượng oxy thấp (Crocker and Cech, 1997); cá bơn (*Scophthalmus maximus*) trong điều kiện oxy thấp (3,5 mg/L) thì tiêu hao oxy cũng giảm so với điều kiện oxy bình thường. Khi hàm lượng oxy trong nước giảm cá sẽ giảm hoạt động để tiết kiệm năng lượng, giảm nhu cầu oxy nên tiêu hao oxy trung bình của cá cũng sẽ giảm (Pichavan *et al.*, 2001; Crocker and Cech, 1997). Ngoài ra, trong điều kiện oxy thấp cá cũng giảm lượng thức ăn ăn vào để giảm nhu cầu năng lượng và giảm nhu cầu oxy qua đó giảm sự tiêu thụ oxy (Dam and Pauly, 1995; Pichavant *et al.*, 2000). Khi hàm lượng oxy trong nước thấp thì cá giảm tiêu thụ oxy qua đó tăng thời gian cá chịu đựng với điều kiện oxy thấp dẫn đến ngưỡng oxy của cá giảm; cá chép không có cơ quan hô hấp phụ nhưng là loài sống đáy nên có khả năng chịu được điều kiện oxy thấp, cá có thể sống được 6 tháng trong điều kiện nước lạnh và oxy rất thấp (Heath, 1995).



Hình 3: Tiêu hao oxy (phải) và ngưỡng oxy (trái) của cá chép ở các nghiệm thức có hàm lượng oxy khác nhau

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Nuôi cá chép ở mức 80% oxy bão hòa (tương đương 6,3 mg/L) thì cá tăng trưởng tốt hơn và hệ số FCR nhỏ hơn so với nuôi cá ở mức oxy bão hòa 20% (1,5 mg/L) và 50% (3,9 mg/L) hay nuôi cá chép trong môi trường oxy thấp sẽ tăng hệ số thức ăn và tăng trưởng chậm.

Tiêu hao oxy và ngưỡng oxy của cá chép giảm thấp khi cá sống trong điều kiện 20% oxy bão hòa so với điều kiện 50% và 80% oxy bão hòa.

Đề xuất tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên sinh lý và sự sinh trưởng của cá chép ở các hàm lượng oxy khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- An, Tran-Duy., J. W. Schrama, A. A. V. Dam and J. A. J. Verreth, 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on aximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 275:152–162.
- Boyd, C. E., 2010. Dissolved oxygen concentrations in pond aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*. 40-41.
- Buentello, J. A., D. M. Gatlin and W. H. Neill, 2000. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 182: 339–352.
- Crocker, C. E. and J. J. Jr. Cech, 1997. Effects of environmental hypoxia on oxygen consumption rate and swimming activity in juvenile white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, in relation to temperature and life intervals. *Environmental Biology of Fishes* 50: 383–389.
- Dam, A. A. V. and D. Pauly, 1995. Simulation of the effects of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture Research*. 26: 427-440.
- Filho, D. W., M.A. Torres, E. Zaniboni-Filho and R.C. Pedrosa, 2005. Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). *Aquaculture* 244: 349– 357.
- Heath, A. G., 1995. *Water pollution and fish physiology*. CRC Press. Icn. 359pp.

- Kramer, D. L., 1987. Dissolved oxygen and fish behaviour. *Environmental Biology of Fishes* 18(2): 81- 82.
- Nguyen Huu Dung, 2011. Viet Nam seafood production and export. Paper presented at the ACIAR meeting at the Ministry of Agriculture and Rural Development, March 2, 2011 in Ha Noi, Viet Nam.
- Nguyễn Thị Kim Hà, Đỗ Thị Thanh Hương và Nguyễn Thanh Phương, 2011. Ảnh hưởng của oxy hòa tan lên tăng trưởng của cá tra *Pangasianodon hypophthalmus*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ tuổi trẻ các trường Đại Học và Cao đẳng khối Nông-Lâm-Ngư-Thủy toàn quốc lần thứ 5. Tháng 5/2011. Đại Học Cần Thơ. 638-643.
- Pichavant K., J. Person-Le-Ruyet, N. L. Bayon, A. Sévère, A. L. Roux, L. Quémener, V. Maxime, G. Nonnotte and G Boeuf, 2000. Effects of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot. *Aquaculture* 188(1-2) : 103-114.
- Pichavant, K., J. Person-Le-Ruyet, N. L. Bayon, A. Sévère, A. L. Roux and G. Boeuf, 2001. Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *Journal of Fish Biology* 59(4): 875–883.
- Thetmeyer, H., U. Waller, K. D. Black, S. Inselmann and H. Rosenthal, 1999. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L) under hypoxic and oscillating oxygen conditions. *Aquaculture* 174:355-357.