

DOI:10.22144/ctu.jvn.2018.050

ẢNH HƯỞNG CỦA NỒNG ĐỘ CO₂ CAO TRONG NƯỚC LÊN CÂN BẰNG ACID VÀ BASE CỦA LƯƠN ĐỒNG, *Monopterus albus* (ZUIEW, 1973)

Phan Vĩnh Thịnh^{1*}, Đỗ Thị Thanh Hương², Mark Bayley³, Tobias Wang³ và Nguyễn Thanh Phương²

¹Nghiên cứu sinh ngành Nuôi trồng thủy sản K2014, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

³Khoa Sinh học, Trường Đại học Aarhus, Đan Mạch

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Phan Vĩnh Thịnh (email: thinhp0614005@gstudent.ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 25/10/2017

Ngày nhận bài sửa: 22/03/2018

Ngày duyệt đăng: 26/04/2018

Title:

The effect of hypercapnia on acid-base balance in swamp eel (*Monopterus albus*)

Từ khóa:

Lươn đồng, cân bằng acid và base, pH máu, CO₂ cao

Keywords:

Acid-base balance, blood pH, hypercapnia, *Monopterus albus*

ABSTRACT

The study was conducted to investigate the variability of parameter in water with different stages as well as to determine the effect of high CO₂ on the acid-base regulation of the eel. The field survey was measuring CO₂ levels in 9 swamp eel grow-out tanks. The results showed that the partials pressure of CO₂ in water was 9.5 mmHg and 28 mmHg in the middle and harvest of culture cycle (9 months), respectively. The laboratory experiment was conducted with 3 treatments including control, 14 and 30 mmHg CO₂. Blood was sampled at 0, 3, 6, 24, 48, and 72-h. Blood pH decreased during the first 24-h and completely recovered after 72-h with value of 7.4±0.04 at the treatment of 14 mmHg CO₂. In contrast, partial pressure of CO₂ in the blood and plasma HCO₃⁻ increased significantly at the treatments of 14 and 30 mmHg CO₂ during hypercapnic exposure compared to the control group (p<0.05). The number of red and white blood cells of the eel were 3.44±0.18x10⁶/mm³ and 3.35±0.21x10⁶/mm³, respectively and significantly increase after 72-h exposed to 30 mmHg CO₂. Plasma glucose concentration reached to 10.9 and 12.63 mg/100 mL in both treatments of 14 and 30 mmHg CO₂ at the first 24-h. These results showed that *Monopterus albus* is one of the air-breathing species having ability for blood pH regulation in hypercapnia by acid-base balance mechanism.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát sự biến động của một số yếu tố môi trường nước ở các giai đoạn nuôi thương phẩm cũng như xác định sự ảnh hưởng của CO₂ cao lên khả năng điều hòa acid base của lươn. Kết quả khảo sát môi trường hiện trường của 9 bể nuôi lươn thương phẩm có giá trị P_wCO₂ dao động 9,5 mmHg ở giai đoạn giữa và 28 mmHg ở giai đoạn cuối vụ nuôi. Ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ lên lươn được tiến hành gồm 3 nghiệm thức là 0, 14 và 30 mmHg CO₂ (lặp lại 3 lần/nghiệm thức) với mật độ 50 lươn/bể. Mẫu máu được thu lúc 0, 3, 6, 24, 48, và 72 giờ và mỗi lần thu 6 lươn/bể. Giá trị pH máu giảm trong 24 giờ đầu và phục hồi sau 72 giờ. P_aCO₂ và HCO₃⁻ trong máu tăng cao ở nghiệm thức 14 và 30 mmHg CO₂. Số lượng các tế bào máu (hồng cầu và bạch cầu) cũng tăng cao sau 72 giờ ở nghiệm thức 30 mmHg CO₂. Nồng độ glucose cũng tăng lên 10,9 và 12,63 mg/100 mL ở các nghiệm thức 14 và 30 mmHg CO₂ sau 24 giờ. Tuy nhiên, nồng độ ion thay đổi không đáng kể ở cả 3 nghiệm thức. Kết quả cho thấy lươn đồng là một trong những loài cá hô hấp khí trời có khả năng điều hòa pH máu bằng cơ chế cân bằng acid và base.

Trích dẫn: Phan Vĩnh Thịnh, Đỗ Thị Thanh Hương, Mark Bayley, Tobias Wang và Nguyễn Thanh Phương, 2018. Ảnh hưởng của nồng độ CO₂ cao trong nước lên cân bằng acid và base của lươn đồng, *Monopterus albus* (Zuiew, 1973). Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 54(3B): 138-146.

1 GIỚI THIỆU

Hiệu ứng nhà kính kết hợp với biến đổi khí hậu đã làm hàm lượng khí CO₂ trong khí quyển ngày một tăng cao. Theo IPCC (2013) thì nồng độ CO₂ trong khí quyển tăng 40% so với thời kỳ tiền công nghiệp mà chủ yếu do các hoạt động của con người. Nuôi trồng thủy sản là một trong các ngành bị ảnh hưởng trực tiếp bởi biến đổi khí hậu, đặc biệt là các loài cá tôm nuôi rất dễ bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi của môi trường. Các đặc điểm sinh học, sinh lý của cơ thể động vật thủy sản sẽ bị thay đổi và điều chỉnh thích ứng để thích nghi với sự biến đổi của môi trường. Đặc biệt, khi hàm lượng CO₂ trong môi trường nuôi tăng cao ảnh hưởng đến sự phát triển của các loài thủy sản (Boyd and Tucker, 1998). Áp suất CO₂ trong nước lớn hơn áp suất CO₂ trong máu sẽ kiềm hãm quá trình đào thải CO₂ qua mang làm tăng hàm lượng CO₂ trong máu và dẫn đến giảm pH máu (Brauner *et al.*, 2004). Ở các loài cá hô hấp trong nước, khi CO₂ trong môi trường cao thì cá sẽ bị hô hấp acid (nhiễm toan hô hấp) và được điều hòa nhờ sự tăng cường trao đổi ion với môi trường qua mang, đặc biệt là thải ion H⁺ và duy trì HCO₃⁻ trong máu, khi đó pH máu nhanh chóng được phục hồi trong khi áp suất CO₂ trong máu vẫn rất cao (Perry and Gilmour, 2006).

Lươn đồng là loài hô hấp khí trời, giá trị kinh tế cao, phân bố rộng ở Đồng bằng sông Cửu Long. Lươn đang được nuôi nhiều ở một số tỉnh An Giang, Vĩnh Long, Hậu Giang và thành phố Cần Thơ với các mô hình khác nhau (Lương Quốc Bảo, 2015). Lươn sống trong điều kiện bùn lầy, hàm lượng oxy thấp, mang lươn gần như tiêu biến để phù hợp với môi trường sống khắc nghiệt. Không giống các loài cá hô hấp khí trời khác, lươn không có bóng hơi, trao đổi khí với không khí qua biểu mô với rất nhiều mạch máu trên bề mặt da khi môi trường nước thiếu oxy (Taylor, 1831). Tuy nhiên, nghiên cứu các phản ứng sinh lý hô hấp của lươn ở các điều kiện môi trường thay đổi vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt là trong điều kiện hàm lượng CO₂ cao. Hiểu được cơ chế thích nghi của lươn trong điều kiện sống CO₂ cao rất có ý nghĩa trong quản lý tối ưu môi trường nuôi lươn.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu gồm 2 nội dung là khảo sát các yếu tố môi trường ở các bể nuôi lươn thương phẩm và thí nghiệm ảnh hưởng của CO₂ cao lên một số chỉ tiêu sinh lý.

Khảo sát các chỉ tiêu môi trường của bể nuôi lươn thương phẩm được thực hiện tại các trại nuôi ở quận Bình Thủy thuộc thành phố Cần Thơ. Các thí

nghiệm được thực hiện tại Bộ môn Dinh dưỡng và Chế biến Thủy sản, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ từ tháng 11/2015 đến 1/2016.

2.2 Khảo sát một số yếu tố môi trường trong các bể nuôi lươn

Khảo sát được thực hiện tại 9 bể nuôi lươn với mô hình nuôi có giá thể (vĩ tre), sử dụng thức ăn tươi sống trong suốt thời gian nuôi. Lươn được nuôi với mật độ 250 con/m² trong bể có diện tích 8-10 m²/bể và được thay nước hằng ngày vào buổi sáng (40-50%). Các yếu tố môi trường được đo dựa theo thời gian nuôi lần lượt là đầu vụ (1 tháng sau thả giống), giữa vụ (4-5 tháng sau thả giống) và cuối vụ (hay chuẩn bị thu hoạch - 9 tháng sau thả giống); mỗi thời điểm chọn 3 bể khác nhau.

Các chỉ số môi trường và thu mẫu nước được thực hiện mỗi 3 giờ và liên tục trong 24 giờ. Mẫu nước được thu giữa bể và trữ lạnh để phân tích các chỉ tiêu NO₂ và H₂S tại phòng thí nghiệm; các chỉ tiêu pH, nhiệt độ, áp suất riêng phần CO₂ được đo trực tiếp bằng máy OxyGuard Pacific Box, máy YSI để đo oxy hoà tan và nhiệt kế để đo nhiệt độ nước.

2.3 Hệ thống thí nghiệm

Lươn thí nghiệm có khối lượng trung bình 30±0,5 g được mua từ các trại nuôi lươn ở quận Bình Thủy thuộc thành phố Cần Thơ. Lươn được thuần dưỡng 2 tuần trong bể composite 1 m³ trước khi thí nghiệm. Lươn được cho ăn trùn chỉ tươi 2 lần/ngày vào sáng sớm và chiều tối nhưng không cho lươn ăn 2 ngày trước khi tiến hành thí nghiệm.

Hệ thống thí nghiệm gồm một bể chứa nước (1.000 L), nước từ bể chứa được bơm lên 3 bể thí nghiệm nhỏ đặt phía trên bằng các máy bơm chìm. Sau đó, nước từ các bể nhỏ được chảy tuần hoàn về bể chứa. Hệ thống này nhằm cung cấp lượng CO₂ bổ sung đều vào các bể thí nghiệm. Trước khi thí nghiệm, nước được bơm đầy các bể và chảy tuần hoàn liên tục trong 24 giờ cùng với sục khí để đảm bảo đủ oxy và loại hết CO₂ ra khỏi hệ thống thí nghiệm. Trong thời gian thí nghiệm, hàm lượng CO₂ được bơm trực tiếp vào hệ thống tuần hoàn từ bình CO₂ có kết nối với 1 máy đo điều chỉnh CO₂ tự động (Oxy Guard Pacific Box, Đan Mạch). Lượng khí CO₂ được khống chế theo từng mức của nghiệm thức thí nghiệm nhờ vào hệ thống ngắt tự động của máy điều chỉnh CO₂.

2.4 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm gồm 3 nghiệm thức, mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần với mật độ 50 con/bể. Hàm lượng CO₂ chọn thí nghiệm được dựa trên hàm lượng CO₂ khảo sát trong bể nuôi thương phẩm gồm 3 nghiệm thức 0 mmHg CO₂ (đối chứng); 14 mmHg CO₂ và 30 mmHg CO₂ trong nước.

Máu lươn được thu trực tiếp từ động mạch đuôi tại các thời điểm thu mẫu 0, 3, 6, 24, 48 và 72 giờ sau khi bố trí, mỗi lần thu 6 lươn/bể (thời điểm 0 giờ được xác định khi áp suất CO₂ ở các bể bằng 0). Mẫu máu được đo các chỉ tiêu như pH, pCO₂ và các chỉ tiêu huyết học được đo lần lượt là số lượng hồng cầu, tổng bạch cầu, hàm lượng hemoglobin và chỉ số hematocrit. Sau đó, máu được ly tâm lạnh ở 4°C với vận tốc 6.000 vòng/phút trong 6 phút để tách lấy huyết tương và trữ ở nhiệt độ -80°C để đo các chỉ tiêu như hàm lượng HCO₃⁻, các ion Na⁺, K⁺, Cl⁻ và áp suất thẩm thấu.

2.5 Phương pháp phân tích mẫu

pH và P_aCO₂ trong máu được đo trực tiếp bằng máy đo khí máu cầm tay iStat (Abbott) và được tính đến bù nhiệt độ theo Matle *et al.* (2014) (i-STAT Corporation, Princeton, USA) (Harter *et al.*, 2014; Damgaard *et al.*, 2015). Hàm lượng HCO₃⁻ trong huyết tương được tính từ giá trị tổng CO₂ theo phương pháp Cameron (1971) và được tính dựa vào công thức của Henderson-Haselbach với giá trị αCO₂ theo Boutilier *et al.* (1985) như sau: αCO₂=1.0064x10⁻¹-5.4431x10⁻³(T)+2.1776x10⁻

⁴x(T²)-4.9731x10⁻⁶x(T³)+4.5288x10⁻⁸ (T⁴) (với T là nhiệt độ môi trường nuôi).

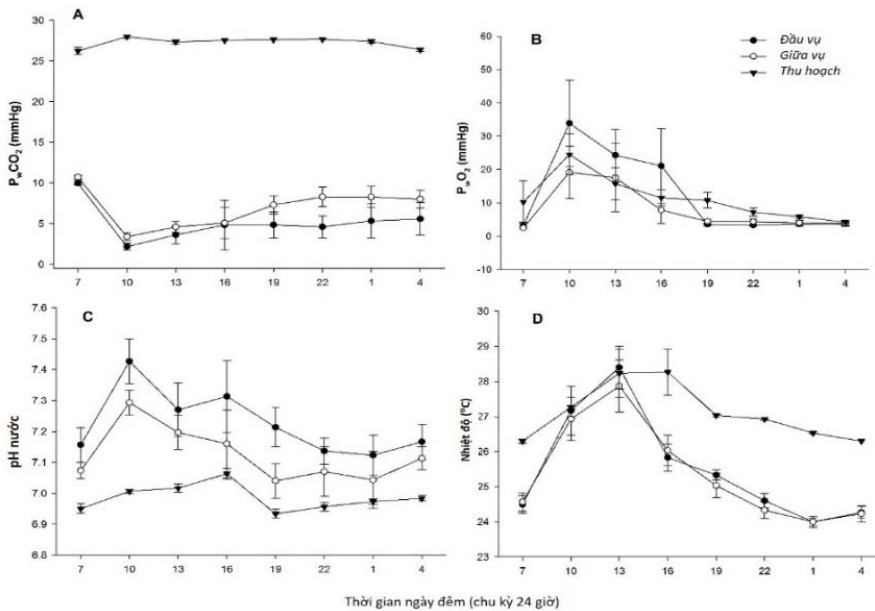
Sử dụng phương pháp của Natt&Herrick (1952) để tính hồng cầu và phương pháp Humason (1979) để xác định tổng bạch cầu; hàm lượng haemoglobin được đo bằng thuốc thử Drabkin ở bước sóng 540 nm và tỷ lệ huyết sắc tố được đo theo Larsen and Snieszko (1961). Hàm lượng ion Na⁺ và K⁺ trong huyết tương được đo bằng máy Flame Photometer 420 và Glucose được đo theo phương pháp Hugget and Nixon (1957).

2.6 Xử lý số liệu

Giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, sai số chuẩn được tính bằng phần mềm Excel 2013. Phân tích sai khác giữa các nghiệm thức trong cùng một thời điểm thu mẫu và giữa các giờ thu mẫu trong cùng một nghiệm thức được sử dụng phần mềm SPSS.18 phân tích ANOVA 1 nhân tố với mức ý nghĩa 95%. Biểu đồ được thực hiện bằng phần mềm SigmaPlot 12.5.

3 KẾT QUẢ

3.1 Các chỉ tiêu môi trường trong bể nuôi lươn thương phẩm



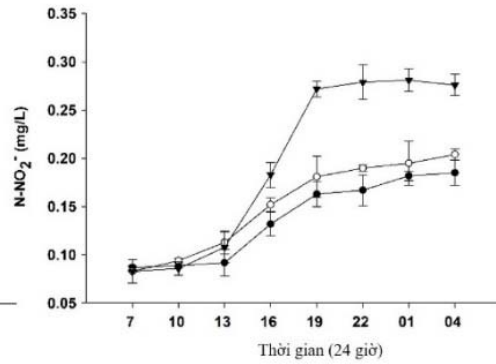
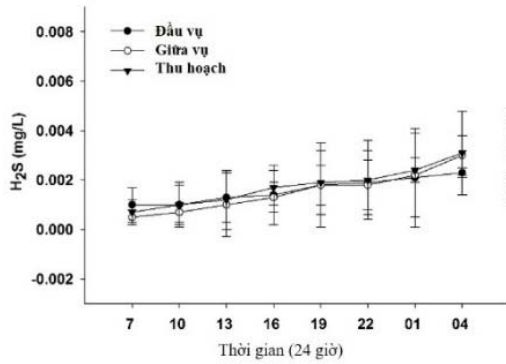
Hình 1: Áp suất riêng phần CO₂ (A), Oxy (B), giá trị pH nước (C) và nhiệt độ (D) trong các bể nuôi lươn ở 3 giai đoạn nuôi khác nhau

Sự biến động nhiệt độ giữa ngày và đêm không lớn, chỉ dao động khoảng 26-28°C (Hình 1A). Hàm lượng oxy trong các bể nuôi tương đối thấp, thấp nhất vào 7 giờ sáng với áp suất riêng phần O₂ trung bình là 3,1±0,94 mmHg, 2,53±0,35 mmHg và 10,24±6,4 mmHg tương ứng thời điểm đầu, giữa và cuối vụ nuôi. Áp suất riêng phần của oxy trong nước cao nhất lúc 10 giờ sáng (cao hơn 10 lần so với các khoảng thời gian khác trong ngày) và cao nhất là bể

nuôi đầu vụ (PO₂ = 33,8 mmHg). Ngược với oxy, áp suất CO₂ trong nước cao nhất vào lúc 7 giờ sáng là 9,9 - 10,7 mmHg CO₂ ở các bể lươn đầu và giữa vụ. Áp suất CO₂ trong nước giảm dần và đạt thấp nhất lúc 10 giờ trưa (2,1 và 3,4 mmHg CO₂ cho giai đoạn đầu và giữa vụ nuôi). Tuy nhiên, ở giai đoạn lươn cuối vụ nuôi thì hàm lượng CO₂ biến động không đáng kể giữa các mốc thời gian trong ngày, khoảng 26-27 mmHg CO₂. Giá trị pH nước thấp nhất là 7,1

lúc 7 giờ sáng và cao nhất lúc 10 giờ sáng ở cả 3 giai đoạn nuôi. Mặt khác, pH nước ở các bể cuối vụ (6,9-7) thấp hơn so với giai đoạn đầu và giữa vụ. Ngoài ra, hàm lượng H₂S dao động trong khoảng 0,001 đến

0,003 mg/L ở tất cả các giai đoạn nuôi. Hàm lượng NO₂⁻ cao nhất ở các bể nuôi cuối vụ, cao nhất lúc sáng sớm (0,281±0,012 mg/L).

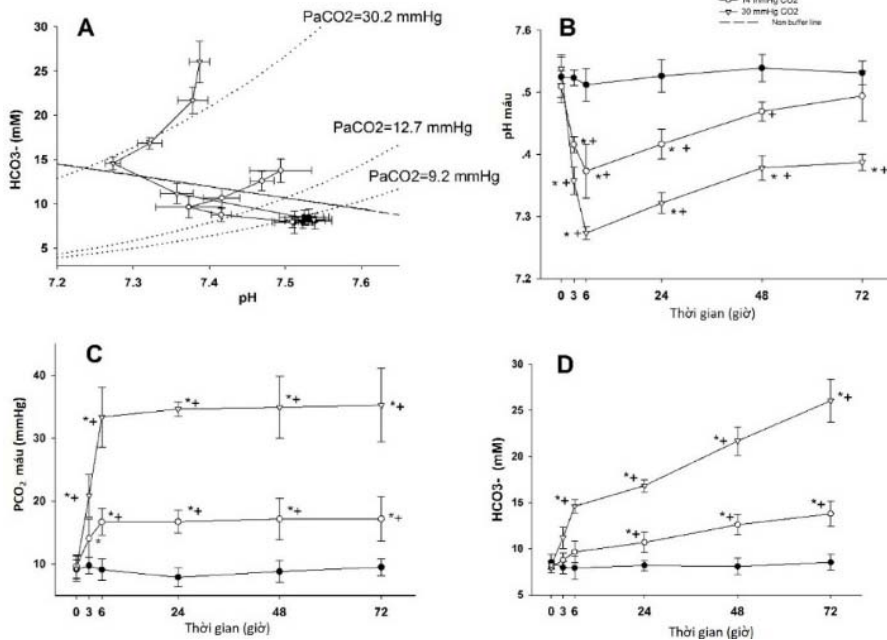


Hình 2: Hàm lượng khí H₂S và NO₂ trong bể nuôi lươn ở ba giai đoạn nuôi khác nhau

3.2 Ảnh hưởng của CO₂ lên sự điều hòa acid và base trong máu lươn

Mối tương quan giữa pH máu, PaCO₂ (áp suất riêng phần CO₂ trong động mạch) và HCO₃⁻, cho thấy lươn đang bị hô hấp acid trong điều kiện CO₂ trong nước cao, theo đó PaCO₂ tăng cao làm pH máu giảm mạnh và HCO₃⁻ trong huyết tương tăng liên tục (Hình 3A). Kết quả là lươn từ nhiễm toan hô hấp dẫn đến bị kiềm chuyển hóa khi hàm lượng HCO₃⁻ trong

máu tăng cao. Trong 6 giờ đầu tiếp xúc với CO₂ cao, pH máu lươn giảm từ 7,5 xuống 7,36±0,04 và 7,27±0,01 ở hai nghiệm thức 14 và 30 mmHg CO₂; khác biệt có ý nghĩa so với 0 giờ và đối chứng (*p*<0,05). Sau 24 giờ tiếp xúc với CO₂ trong nước cao, pH bắt đầu tăng và cao nhất ở thời điểm 72 giờ; lúc này, pH ở nghiệm thức 14 mmHg CO₂ là 7,49±0,04 và không khác biệt so với đối chứng và thời điểm 0 giờ. pH phục hồi hoàn toàn sau 72 giờ tiếp xúc với 14 mmHg CO₂ trong nước. Tuy nhiên, ở nghiệm thức 30 mmHg CO₂ thì pH chỉ phục hồi đến mức 7,38±0,01 vẫn thấp hơn lúc đầu.

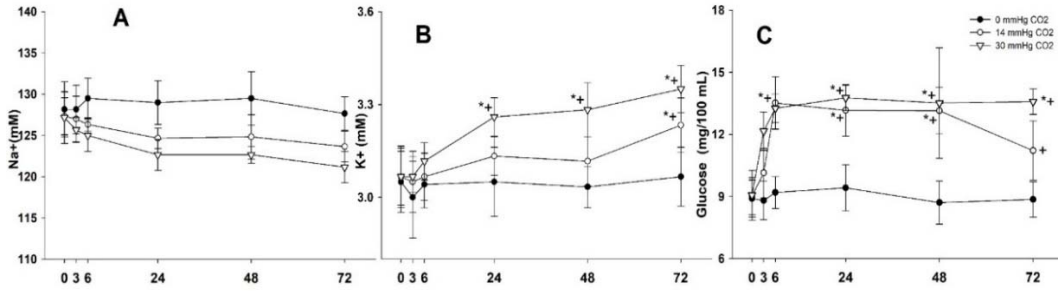


Hình 3: Biểu đồ Daveport thể hiện sự tương quan giữa pH-HCO₃⁻ và pCO₂ trong máu lươn (A), giá trị pH máu (B), áp suất riêng phần CO₂ trong máu (C) và nồng độ HCO₃⁻ (D) trong huyết tương của lươn đồng

(* cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa so với 0 giờ trong cùng nghiệm thức (*p*≤0,05) và (+) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức trong một giờ nhất định (*p*≤0,05)

Giá trị P_aCO_2 tăng cao nhất ở nghiệm thức 30 mmHg CO_2 ; P_aCO_2 đạt $33,36 \pm 3,36$ mmHg CO_2 ở nghiệm thức 30 mmHg CO_2 và $14,04 \pm 3,04$ mmHg CO_2 ở nghiệm thức 14 mmHg CO_2 sau 6 giờ. Áp suất riêng phần CO_2 trong máu lươn ở 2 nghiệm thức 14 và 30 mmHg CO_2 tăng cao tương đương áp suất riêng phần CO_2 trong nước ở từng nghiệm thức,

khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng ($9,6 \pm 1,2$ mmHg CO_2) và so với thời điểm 0 giờ ($p < 0,05$). Nồng độ HCO_3^- trong huyết tương ở nghiệm thức 14 mmHg CO_2 cũng tăng nhanh, và đạt cao nhất lúc 72 giờ là 13,77 mM, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng và thời điểm 0 giờ ($p < 0,05$). Nghiệm thức đối chứng thì các giá trị pH, P_aCO_2 cũng như HCO_3^- không có sự thay đổi đáng kể ($p > 0,05$).



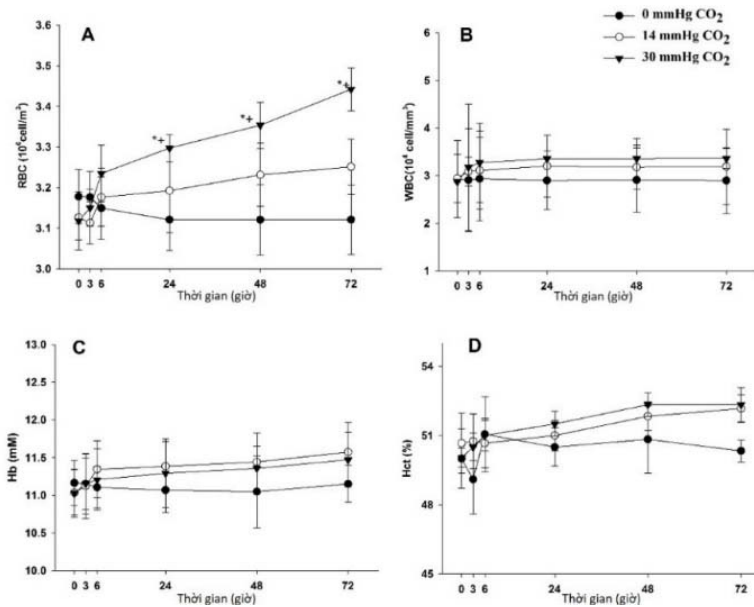
Hình 4: Hàm lượng ion Na^+ (A), K^+ (B) và glucose (C) trong huyết tương lươn ở các nghiệm thức

(* cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa so với 0 giờ trong cùng nghiệm thức ($p \leq 0,05$) và (+) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức trong một giờ nhất định ($p \leq 0,05$)

Nồng độ ion Na^+ của lươn giảm nhẹ ở các nghiệm thức có CO_2 trong nước và không khác biệt giữa các nghiệm thức cũng như so với đối chứng ($p > 0,05$). Bên cạnh, hàm lượng K^+ tăng cao nhất sau 72 giờ tiếp xúc và cao nhất là 3,35 mM ở nghiệm thức 30 mmHg CO_2 , khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 2 nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Hàm lượng glucose trong huyết tương tăng cao sau 6 giờ đầu tiếp xúc với CO_2 , cả hai nghiệm thức lươn tiếp xúc

với CO_2 , glucose trong huyết tương tăng lên $13,51 \pm 1,26$ mg/100 mL (14 mmHg CO_2) và $13,26 \pm 0,68$ (30 mmHg CO_2) khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng và lúc 0 giờ ($p < 0,05$). Tuy nhiên, khi thời gian tiếp xúc lâu, hàm lượng glucose không tiếp tục tăng cao mà giảm sau 72 giờ ở nghiệm thức 14 mmHg CO_2 là $11,21 \pm 1,43$ mg/100 mL.

3.3 Ảnh hưởng của CO_2 lên một số chỉ tiêu huyết học



Hình 5: Các thông số huyết học của lươn bao gồm số lượng hồng cầu (A), bạch cầu (B), Haemoglobin (C) và Haematocrit (D)

(* cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa so với 0 giờ trong cùng nghiệm thức ($p \leq 0,05$) và (+) cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức trong một giờ nhất định ($p \leq 0,05$)

Số lượng hồng cầu trong máu tăng cao nhất ở nghiệm thức 30 mmHg CO₂ sau 72 giờ tiếp xúc (3,44±0,05x10⁶ tế bào/mm³) và nghiệm thức 14 mmHg (3,25±0,06x10⁶ tế bào/mm³), khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng lúc 0 giờ ($p < 0,05$) (Hình 5A). Tuy nhiên, số lượng bạch cầu chỉ tăng nhẹ so với đối chứng ($p > 0,05$) cũng như thời điểm 0 giờ đến 72 giờ ở cả 3 nghiệm thức ($p > 0,05$). Số lượng hồng cầu tăng cao cũng làm [Hb] và Hct tăng. Hàm lượng Hb tăng cao nhất sau 72 giờ thí nghiệm (trung bình là 11,5 mM) cho cả hai nghiệm thức có CO₂ cao, không khác biệt so với đối chứng ($p > 0,05$) và Hct tăng cao nhất sau 72 giờ thí nghiệm (>50%).

4 THẢO LUẬN

4.1 Các chỉ tiêu môi trường trong bể nuôi lươn ở các giai đoạn khác nhau

Áp suất riêng phần CO₂ trong nước tại các bể nuôi có sự biến động theo thời gian nuôi và tăng dần về cuối vụ. Kết quả đo được tại các bể làm cơ sở cho thí nghiệm bố trí các mức CO₂ trong thí nghiệm từ bằng đến cao hơn ngoài thực tế nhằm tìm hiểu sự thay đổi sinh lý cũng như khả năng chịu đựng của lươn khi CO₂ trong nước cao. Nhu cầu trao đổi chất của sinh vật gia tăng theo kích cỡ và giai đoạn nuôi, sinh vật càng lớn thì nhu cầu hô hấp cũng như trao đổi chất càng cao (Perry and Gilmour, 2006), chính vì thế áp suất riêng phần CO₂ trong nước bể nuôi rất cao so với giai đoạn đầu và giữa vụ nuôi. Khác với áp suất CO₂ trong nước, áp suất O₂ trong nước có sự biến động theo ngày đêm rõ rệt. Trong môi trường nước nuôi lươn có sự phát triển của loài tảo; tảo cung cấp lượng O₂ vào môi trường qua quá trình quang hợp và cũng giúp hấp thu lượng CO₂ trong nước. Ngược lại, tảo lại cùng sử dụng O₂ cho hoạt động hô hấp và thải CO₂ về đêm nên áp suất riêng phần O₂ trong nước giảm mạnh về đêm và CO₂ tăng cao (Boyd and Tucker, 1988).

Theo Ultsch and Jackson (1996) thì nhiệt độ tăng cao sẽ làm giảm khả năng hòa tan oxy trong nước cũng như kéo theo sự thay đổi pH trong nước. Mức dao động nhiệt độ phù hợp với nhận định của Lê Văn Cát và ctv. (2006) về nhiệt độ nước trung bình trong các ao nuôi thủy sản dao động từ 26-30°C. Giá trị pH nước trong các bể chỉ dao động từ 6,0 đến 7,4, giá trị pH nước đối thấp so với môi trường nước ao nuôi thủy sản theo nghiên cứu của Boyd and Tucker (1988). Hàm lượng H₂S và NO₂ trong bể nuôi lươn không quá cao khi so sánh với nồng độ khí độc tối thiểu trong ao nuôi. Theo Boyd and Tucker (1998), hàm lượng H₂S (<0,002 mg/L) và N-NO₂ (<0,2 mg/L) vẫn nằm trong khoảng tối ưu và không gây ảnh hưởng đến đời sống của sinh vật. Tại thời điểm 4 giờ, hàm lượng H₂S và NO₂ có cao hơn giá trị tối ưu nhưng không gây ảnh hưởng đến lươn do khả

năng chịu đựng cao với môi trường sống. Ngoài ra, nước được người nuôi thay nước vào mỗi sáng nên hàm lượng các chất độc cũng được giảm.

4.2 Ảnh hưởng của điều kiện CO₂ cao trong môi trường lên sự điều hòa acid base của lươn

Trong hầu hết các nghiên cứu về các loài cá hô hấp khí trời, quá trình điều hòa acid và base trong máu sẽ ưu tiên cho sự điều hòa giá trị pH trong điều kiện hô hấp acid (Brauner and Baker, 2009). Lươn sống trong môi trường CO₂ cao trong thời gian dài, nồng độ HCO₃⁻ trong huyết tương tăng cao và nồng độ H⁺ sẽ được đào thải giúp phục hồi pH máu về điểm bắt đầu (Hình 3B,C). Sự chênh lệch giữa áp suất riêng phần của CO₂ trong nước và trong máu giảm dần trong điều kiện CO₂ cao cho thấy lươn tăng cường hô hấp khí trời để thích nghi với môi trường CO₂ cao tương tự như cá phổi *Lepidosiren paradoxa* (Sanchez et al., 2005). Kết quả cho thấy lươn có khả năng điều hòa pH máu trong môi trường CO₂ cao khi so với các loài cá hô hấp khí trời khác đã được nghiên cứu trong điều kiện hô hấp acid. Nghiên cứu về cá lau kiếng (*Liposarus pardalis*) của Brauner (2004) cho thấy pH chỉ phục hồi 22% sau khi tiếp xúc với 42 mmHg trong 96 giờ. Tương tự, loài cá xương *Amia calva* thì pH máu chỉ phục hồi được 28% và 24% trong điều kiện có 11 và 45 mmHg CO₂ trong 24 giờ (Brauner and Baker, 2009) và cá *Arapaima gigas* thì pH chỉ tăng nhẹ sau 72 giờ tiếp xúc với 40 mmHg CO₂ (Gonzalez et al., 2010). Tuy nhiên, một nghiên cứu gần đây nhất trên cá tra tại Việt Nam cũng cho kết quả tương tự, cá tra hoàn toàn có khả năng điều hòa pH khi tiếp xúc với CO₂ cao (22 mmHg CO₂) sau 72 giờ của Damsgaard et al. (2015). Theo các nghiên cứu trước đây của Heisler (1982) và Shartau and Brauner (2014), sự điều hòa pH của cá hô hấp khí trời thì thấp hơn đáng kể so với cá hô hấp trong nước. Tuy nhiên, khả năng điều hòa pH máu trong suốt thời gian tiếp xúc với CO₂ của lươn lại cao hơn khi so sánh với nghiên cứu của Claiborne và Heisler (1984) trên cá chép (*Cyprinus carpio*) chỉ phục hồi được 50% pH sau 48 giờ sống trong điều kiện có 8 mmHg CO₂. Nồng độ ion Na⁺ và K⁺ trong huyết tương không có sự thay đổi đáng kể do ngoài cơ chế điều hòa acid và base qua đường hô hấp, một số loài cá có thể sử dụng thận để đào thải ion H⁺, giúp phục hồi pH ban đầu (Heisler, 1982). Theo Handeland et al. (2014), sự điều hòa ion ở cá hồi không bị ảnh hưởng bởi điều kiện CO₂ cao. Bên cạnh hàm lượng HCO₃⁻ trong huyết tương tăng cao, áp suất riêng phần P_aCO₂ trong máu cũng tăng cao đáng kể trong nghiên cứu này. Ngoài ra, điều này cũng khẳng định lại một nghiên cứu trước đây trên lươn trong tình trạng thiếu oxy của Damsgaard et al. (2014). Áp suất riêng phần CO₂ trong máu tăng cao cũng phù hợp với các

nghiên cứu trong khí hậu nhiệt đới (Willmer, 1934). Trong điều kiện CO₂ quá cao, cá hoàn toàn bị hô hấp acid thì cơ thể cá vẫn có khả năng điều hòa chuyển hóa (Larsen *et al.*, 1997). Lươn vẫn có khả năng điều hòa pH sau 72 giờ thí nghiệm mặc dù áp suất CO₂ trong thí nghiệm cao hơn ngoài thực tế. Từ đó cho thấy, trong điều kiện nuôi ngoài thực tế như hiện nay, mặc dù áp suất riêng phần CO₂ khá cao nhưng vẫn không gây ảnh hưởng đến sức khỏe của lươn.

4.3 Ảnh hưởng của điều kiện CO₂ cao trong môi trường lên chỉ tiêu sinh lý máu của lươn

Áp suất riêng phần CO₂ trong máu tăng cao đã thúc đẩy sự sản sinh tế bào hồng cầu nhằm cung cấp đủ oxy cho cơ thể hoạt động (Tun and Houston, 1986). Trong nghiên cứu này, số lượng hồng cầu tăng cao sau 72 giờ tiếp xúc với CO₂ cao lần lượt là 3,46x10⁶ tế bào/mm³ (thí nghiệm 30 mmHg CO₂) và 3,25x10⁶ tế bào/mm³ (thí nghiệm 14 mmHg CO₂). Ở nhóm cá nước ngọt, số lượng hồng cầu dao động trong khoảng 1,0-3,5x10⁶ tế bào/mm³ (Đỗ Thị Thanh Hương và Nguyễn Văn Tư, 2010). Sự thay đổi các chỉ tiêu huyết học phản ánh rõ sự ảnh hưởng của tình trạng thiếu oxy khi CO₂ tăng cao trong máu mà điển hình là sự thay đổi hàm lượng Hb cũng như số lượng hồng cầu (Bouwer *et al.*, 1997). Hàm lượng hemoglobin của lươn tăng cao khi sống trong điều kiện CO₂ cao là kết quả từ sự tăng số lượng hồng cầu. Tuy nhiên, sự gia tăng số lượng hồng cầu cũng như tăng hàm lượng Hb và Hct cũng khác biệt không có ý nghĩa so với đối chứng; kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Basu (1959) trên cá vàng. Tỷ lệ huyết cầu không chỉ thể hiện khả năng mang oxy của máu mà còn là yếu tố xác định lượng oxy trong động mạch (Gallaughe and Farrell, 1998), tỷ lệ huyết cầu của lươn tăng khi lươn sống trong điều kiện CO₂ càng cao. Ngoài sự gia tăng hồng cầu, số lượng bạch cầu của lươn cũng biến động khi tiếp xúc với CO₂ cao. Theo nghiên cứu của Duthie and Tort (1985) ở cá *Scyllorhlnus canlicula*, bạch cầu gia tăng khi cơ thể sinh vật gặp bất lợi với môi trường sống hay sinh vật gặp stress, gia tăng số lượng bạch cầu giúp bảo vệ cơ thể trước những thay đổi bất lợi. Lươn tiếp xúc với điều kiện CO₂ cao làm thay đổi pH nội bào đã làm lươn bị "stress". Sự tăng cao hàm lượng glucose khi lươn bị stress cho kết quả tương tự với thí nghiệm của Nguyễn Hương Thùy (2010) khi lươn tiếp xúc với các độ mặn khác nhau (6, 9 và 125‰). Martinez-Porchas *et al.* (2009) đã khẳng định glucose là một trong những chỉ thị stress phổ biến nhất trên cá và hàm lượng glucose sẽ gia tăng trong suốt quá trình cá bị sốc.

5 KẾT LUẬN

Chất lượng nước tại các bể nuôi lươn không biến động nhiều trong suốt vụ nuôi và nằm trong giới hạn

cho phép của nước ao nuôi thủy sản. Tuy nhiên, áp suất riêng phần CO₂ trong nước tăng cao ở cuối vụ. Lươn đồng là loài hô hấp khi trời có khả năng điều hòa acid và base trong máu hoàn toàn dưới điều kiện CO₂ môi trường cao (14 mmHg CO₂ và 30 mmHg CO₂). Từ đó, nhận thấy lươn đồng là loài có khả năng sống và thích nghi tốt trong điều kiện môi trường khắc nghiệt.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi dự án "Biến đổi khí hậu lên nuôi trồng thủy sản nhiệt đới - Interdisciplinary Project on Climate change in Tropical Aquaculture (iAQUA)" do DANIDA (Đan Mạch) tài trợ, mã số dự án DFC no.12-014AU. Nhóm tác giả xin cảm ơn các bạn nghiên cứu sinh của dự án iAQUA đã hỗ trợ để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Basu, S.P., 1959. Active respiration of fish in relation to ambient concentrations of oxygen and carbon dioxide. *Journal of the Fisheries Board of Canada*. 16(2): 175-212.
- Boutilier, R. G., Iwama, G. K., Heming, T. A. and Randall, D. J., 1985. The apparent pK of carbonic acid in rainbow trout blood plasma between 5 and 15°C. *Respiration Physiology journal*. 61(2): 237-254.
- Bouwer S. T., Hoofd L., Kreuzer F., (1997) Diffusion coefficients of oxygen and hemoglobin measured by facilitated oxygen diffusion through hemoglobin solutions. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*. 1338 (1): 127-136.
- Boyd C.E. and Tucker C.S., 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 700 pages.
- Brauner C. and Baker D. (2009) Patterns of Acid-Base Regulation During Exposure to Hypercarbia in Fishes. In: Glass M. and Wood S. (Eds) *Cardio-Respiratory Control in Vertebrates*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp.43-63.
- Brauner, C.J., Wang, T., Wang, Y., Richards, J.G., Gonzalez, R.J., Bernier, N.J., Xi, W., Patrick, M., and Val, A.L., 2004. Limited extracellular but complete intracellular acid base regulation during short term environmental hypercapnia in the armoured catfish, *Liposarcus pardalis*. *Journal of Experimental Biology* 207 (19): 3381-3390.
- Cameron, J.N., 1971. Rapid method for determination of total carbon dioxide in small blood samples. *Journal of Applied Physiology* 31: 632-634.
- Claiborne, J.B. and Heisler, N., 1984. Acid base regulation and ion transfers in the carp (*Cyprinus carpio*) during and after exposure to environmental hypercapnia. *Journal of Experimental Biology*. 108 (1):25-43.

- Damsgaard, C., Findorf, I., Helbo, S., Kocagoz, Y., Buchanan, R., Huong, D.T.T., Weber, R.E., Fago, A., Bayley, M. and Wang, T., 2014. High blood oxygen affinity in the air-breathing swamp eel *Monopterus albus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 178: 102–108.
- Damsgaard, C., Le Thi Hong Gam, Dang Diem Tuong, Phan Vinh Thinh, Do Thi Thanh Hương, Tobias Wang and Mark Bayley, 2015. High capacity for extracellular acid – base regulation in the air-breathing fish pangasianodon hypophthalmus. *The Journal of Experimental Biology*. 218 (9): 1290-1294.
- Đỗ Thị Thanh Hương và Nguyễn Văn Tư, 2010. Một số vấn đề về sinh lý cá và giáp xác. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Thành phố Hồ Chí Minh. 152 trang.
- Duthie G.G. and Tort L., 1985. Effect of dorsal aortic cannulation on the respiration and haematology of the Mediterranean dog fish, *Scyllorhlnus cancula* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 81(4): 879–883
- Gallaughner, P. and Farrell, A.P., 1998. Hematocrit and blood oxygen-carrying capacity in fish respiration. In Perry, S. and Tufts, B., (Eds), *Fish Physiology*, Vol. 17. Academic Press, New York. pp. 185–227.
- Gonzalez, R.J., Brauner, C.J., Wang, Y.X., Richards, J.G., Patrick, M.L., Xi, W., Matey, V. and Val, A.L., 2010. Impact of ontogenetic changes in branchial morphology on gill function in *Arapaima gigas*. *Physiological and Biochemical Zoology journal*. 83(2): 322-332.
- Handeland S.O., Imsland A.K., Ebbesson L.O.E., Nilsen T.O., Hosfeld C.D., Teien H.Ch. and Stefansson S. O, (2014). Osmoregulation and growth in offspring of wild Atlantic salmon at different temperatures *Environmental Biology of Fishes*. 97 (3): 285-296
- Harter, T.S., Shartau, R.B., Brauner, C.J. and Farrell, A.P., 2014. Validation of the i-STAT system for the analysis of blood parameters in fish, *Conservation Physiology*, 2(1) cou037, <https://doi.org/10.1093/conphys/cou037>
- Heisler, N., 1982. Intracellular and extracellular acid-base regulation in the tropical fresh-water teleost fish *Synbranchus marmoratus* in response to the transition from water breathing to air breathing. *Journal of Experimental Biology*. 99 (1): 9-28.
- Hugget, A.S.G. and Nixon, D.A., 1957. Use of glucose oxidase, peroxidase and o-dianisidine in determination of blood and urinary glucose. *The Lancet*. 270 (6991): 368-370.
- Humason, G.L. 1979. *Animal tissue techniques*. W.H. Freeman and Company. San Francisco., pp:34-37.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) (Cambridge Univ Press, New York), 1535.
- Larsen, B.K., Pörtner, H.O. and Jensen, F.B., 1997. Extra- and intracellular acid-base balance and ionic regulation in cod (*Gadus morhua*) during combined and isolated exposures to hypercapnia and copper. *Marine Biology journal*. 128 (2): 337-346.
- Larsen, H. N. and Snieszko, S. F., 1961. Modification of the micro-hematocrit technique with trout blood. *Transaction of the American Fisheries Society* 90 (2): 139-142.
- Lê Văn Cát, Đỗ Thị Hồng Nhung và Ngô Ngọc Cát, 2006. Nước nuôi thủy sản- chất lượng và giải pháp cải thiện chất lượng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội. Hà Nội. 424 trang.
- Lương Quốc Bảo, 2015. Thí nghiệm nuôi lươn đồng (*Monopterus albus*, Zuiew 1973) với các loại giá thể và thức ăn khác nhau trong bể bạt tại huyện Vĩnh Thạnh, thành phố Cần Thơ. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Nuôi Trồng Thủy Sản. Trường Đại Học Cần Thơ. Thành phố Cần Thơ
- Malte, C.L., Jakobsen, S.L. and Wang, T., 2014. A critical evaluation of automated blood gas measurements in comparative respiratory physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 178: 7-17.
- Martinez-Porchas M., Martínez-Córdova L.R. and Ramos-Enriquez R., 2009. Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? *PANAMJAS*, 4 (2): 158-178.
- Natt., M.P. and Herrick, C.A. 1952. A new blood diluent for counting the erythrocytes and leucocytes of chicken. *Poultry of Science*. 31 (4): 754-738.
- Nguyễn Hương Thùy, 2010. Ảnh hưởng của các độ mặn khác nhau lên sự điều hòa áp suất thẩm thấu và tăng trưởng của lươn đồng (*Monopterus albus*) giai đoạn giống. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Nuôi trồng thủy sản. Trường Đại học Cần Thơ. Thành phố Cần Thơ
- Perry, S.F. and Gilmour, K.M., 2006. Acid–base balance and CO2 excretion in fish: unanswered questions and emerging models. *Respiratory Physiology & Neurobiology journal*. 154 (1-2): 199-215.
- Sanchez, A.P., Giusti, H., Bassi, M. and Glass, M.L., 2005. Acid-base regulation in the South American lungfish *Lepidosiren paradoxa*: effects of prolonged hypercarbia on blood gases and pulmonary ventilation. *Physiological and Biochemical Zoology journal*. 78 (6): 908-915.
- Shartau, R. B. and Brauner, C.J. (2014) Acid–base and ion balance in fishes with bimodal respiration. *Journal of Fish Biology*. 84 (3): 682–704.

- Taylor, J., 1831. On the respiratory organs and air bladder of certain fishes of the Ganges. *Edinburgh Journal of Science*. 5: 33–51.
- Tun, N., and Houston, H., 1986. Temperature, oxygen, photoperiod, and the hemoglobin system of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Zoology*. 64 (9): 1883–1888.
- Ultsch G.R and Jackson D.C., 1996. pH and temperature in ectothermic vertebrates. *Bulletin of the Alabama Museum of Natural History*. Alabama. 18: 1-41
- Willmer, E. N., 1934. Some observations on the respiration of certain tropical freshwater fishes. *Journal of Experimental Biology*. 11 (3): 283-306.