

## ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ ĐỘ MẶN ĐẾN SỰ PHÁT TRIỂN PHÔI, TỶ LỆ NỞ CỦA CÁ SONG CHUỘT (*Cromileptes altivelis*)

Vũ Văn Sáng\*, Trần Thế Mưu, Vũ Văn In

Trung tâm Quốc gia giống Hải sản miền Bắc, Viện Nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản 1

Email\*: vvsang@rial.org

Ngày gửi bài: 28.07.2013

Ngày chấp nhận: 16.09.2013

### TÓM TẮT

Thí nghiệm được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến sự phát triển phôi, tỷ lệ nở của cá song chuột (*Cromileptes altivelis*) để xác định nhiệt độ và độ mặn tối ưu trong quá trình ấp trứng cá song chuột. Trứng thụ tinh được ấp trong bình thủy tinh có thể tích 1 lít với mật độ 100 trứng/lít ở 2 thí nghiệm riêng biệt. Thí nghiệm 1: đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ ở các mức: 20, 24, 28, 32, 36°C, mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần trong điều kiện độ mặn 29‰. Thí nghiệm 2, đánh giá ảnh hưởng của các mức độ mặn: 23, 26, 29, 32 và 35‰ mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần trong điều kiện nhiệt độ  $28,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ . Kết quả thí nghiệm về nhiệt độ cho thấy, trứng cá song chuột ấp ở nhiệt độ 28°C cho tỷ lệ nở cao nhất ( $87,4 \pm 3,3\%$ ) và tỷ lệ ấu trùng dị hình ( $4,8 \pm 1,4\%$ ) thấp nhất so với các nghiệm thức còn lại ( $P < 0,05$ ). Độ mặn thích hợp nhất cho ấp trứng cá song chuột từ 32 - 35‰ với tỷ lệ nở đạt từ 83,4 - 85,6% và tỷ lệ dị hình thấp 1,65 - 1,73%. Kết quả trên cho thấy, trong khoảng nhiệt độ và độ mặn thí nghiệm, trứng cá song chuột đạt hiệu quả ấp nở cao nhất tại nhiệt độ 28°C và độ mặn 32 - 35‰.

Từ khóa: Cá song chuột, *Cromileptes altivelis*, nhiệt độ, độ mặn.

### Effect of Temperature and Salinity on Embryonic Development Hatching Rate of Mouse Grouper (*Cromileptes altivelis*)

#### ABSTRACT

The study on effects of temperature and salinity on embryonic development, hatching rate of mouse grouper (*Cromileptes altivelis*) were designed to identify optimal temperature and salinity for incubation of *Cromileptes altivelis* eggs. The fertilization eggs were incubated in a series of 1L-glass beakers at a density of 100 eggs/L in two separated experiments. The first experiment was conducted at five different temperature treatments at 20, 24, 28, 32 and 36°C at 29‰ with three replicates for each. The second pilot incubates eggs at  $28.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$  in different salinity treatments of 23, 26, 29, 32 and 35‰. The results from the temperature experiment showed that eggs incubated at 28°C for the highest hatching rate ( $87.4 \pm 3.3\%$ ) and lowest deformity rate ( $4.8 \pm 1.4\%$ ) compared to other treatments ( $P < 0.05$ ). Salinity is the most suitable for incubation of fertilized eggs of mouse grouper from 30 to 35‰ with high hatching rate of 83.4 - 85.6% and low deformity rate of 1.65 - 1.73% in comparison with other treatments ( $P < 0.05$ ). In conclusion, among the range of temperature and salinity studied, mouse grouper eggs reached highest incubation performance at 28°C and salinity ranged from 32 to 35‰.

Keywords: *Cromileptes altivelis*, mouse grouper, temperature, salinity.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ấu trùng cá song chuột có sự thay đổi nhanh về hình thái từ khi nở cho tới giai đoạn cá hương (Mishima and Gonzares, 1994). Ấu trùng hoàn thành giai đoạn biến thái tới cá hương, chúng rất nhạy cảm với điều kiện môi

trường và dễ bị stress nên có tỷ lệ chết cao. Do đó, quá trình vận chuyển trứng phải được thực hiện một cách cẩn thận để làm hạn chế những ảnh hưởng bất lợi lên trứng và từ đó ảnh hưởng tới chất lượng của ấu trùng. Sự nhạy cảm của trứng cá song chuột có lẽ là khác nhau ở các giai đoạn phát triển. Trứng rất nhạy cảm trước giai

đoạn phát triển phôi và trước lúc nở. Trong sản xuất giống cá biển, công đoạn ấp trứng thụ tinh là một khâu quan trọng quyết định đến số lượng và chất lượng cá bột. Đây là nguyên liệu đầu tiên quan trọng trong quy trình sản xuất cá giống. Môi trường ấp có ảnh hưởng đến sự phát triển của trứng, đặc biệt là nhiệt độ và độ mặn (Holliday, 1988; Petereit et al., 2008; Vũ Văn Sáng & Trần Thế Mưu, 2013).

Độ mặn ảnh hưởng tới sự cân bằng áp suất thẩm thấu của tế bào và do đó ảnh hưởng tới sự chuyển hóa năng lượng trong quá trình phát triển phôi của cá (Sampaio and Bianchini, 2002). Trong khi, nhiệt độ ảnh hưởng đến tốc độ chuyển hóa năng lượng trong quá trình phát triển phôi. Nhiệt độ thấp sẽ làm chậm quá trình phát triển phôi (Small and Bates, 2001; Lin et al., 2006), trong khi nhiệt độ cao sẽ làm cho phôi phát triển nhanh hơn (Das et al., 2006). Ngoài ảnh hưởng đến tỷ lệ nở của trứng, nhiệt độ và độ mặn nằm ngoài khoảng tối ưu có thể làm gia tăng tỷ lệ dị hình của ấu trùng (Laurence and Rogers, 1976; Linden et al., 1979; Das et al., 2006). Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có công bố nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên thời gian phát triển phôi, tỷ lệ nở của trứng cá song chuột. Do vậy, việc nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hai yếu tố trên đến sự phát triển phôi của cá song chuột là rất cần thiết nhằm xác định nhiệt độ và độ mặn tối ưu trong quá trình ấp trứng cá song chuột. Nghiên cứu này sẽ là cơ sở khoa học cho việc phát triển và hoàn thiện quy trình sản xuất giống cá song chuột trong thời gian tới.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Trứng cá thí nghiệm: là trứng thụ tinh được sinh sản nhân tạo từ đàn cá song chuột bố mẹ nuôi tại Trung tâm Quốc gia giống Hải sản miền Bắc, Cát Bà, Hải Phòng. Cá bố mẹ được kích thích sinh sản bằng cách tiêm kích dục tố với liều lượng HCG (1.000 UI + LRHa 15µg)/kg cho cá cái và cá đực bằng liều lượng cho cá cái, cá được tiêm 1 liều duy nhất.

Dụng cụ thí nghiệm bao gồm: bình thủy tinh 1 lít, muối NaCl 99% để điều chỉnh độ mặn, heater

nâng nhiệt loại Aqua-heater, 200W của hãng JC-BO, Trung Quốc và một số dụng cụ khác.

### 2.2. Bố trí thí nghiệm

#### *Thí nghiệm ảnh hưởng của nhiệt độ*

Thí nghiệm được bố trí ở các mức nhiệt độ: 20, 24, 28, 32 và 36°C mỗi nghiệm thức nhiệt độ lặp lại 3 lần, trứng được ấp trong điều kiện độ mặn 29‰, sử dụng heater có chia vạch để duy trì nhiệt độ thí nghiệm, mỗi bình thí nghiệm được bố trí 1 nhiệt kế thủy ngân để kiểm tra nhiệt độ nước với tần suất 30 phút/lần.

#### *Thí nghiệm ảnh hưởng của độ mặn*

Thí nghiệm được bố trí ở các mức độ mặn: 23, 26, 29, 32 và 35‰, mỗi nghiệm thức độ mặn được lặp lại 3 lần, trong điều kiện nhiệt độ 28,0 ± 1,0°C, sử dụng muối NaCl 99% để pha độ mặn.

### 2.3. Điều kiện thí nghiệm và phương pháp thực hiện

Thí nghiệm được thực hiện trong bình thủy tinh 1 lít với mật độ 100 trứng thụ tinh/L trong phòng điều hòa nhiệt độ. Các yếu tố môi trường khác đảm bảo: pH: 7,7 - 8,0; DO: 5,0 - 5,5 mg/L.

*Một số chỉ tiêu theo dõi:* thời gian phát triển phôi, thời gian ấp, thời gian nở, tỷ lệ nở của trứng và tỷ lệ ấu trùng dị hình của mỗi lô thí nghiệm.

#### *Một số quy ước gọi tên và công thức tính các chỉ tiêu theo dõi*

Thời gian ấp là thời gian để 50% số trứng nở trong bình ấp;

Thời gian nở là thời gian xuất hiện ấu trùng đầu tiên cho đến lúc trứng nở hoàn toàn;

Tỷ lệ nở (%) = 100 x Tổng số trứng nở (ấu trùng)/tổng số trứng trong bình ấp (trứng);

Tỷ lệ ấu trùng dị hình (%) = 100 x Tổng số ấu trùng dị hình (con)/tổng số ấu trùng (con);

Phương pháp xác định ấu trùng dị hình: thực hiện bằng cách quan sát và đếm trực tiếp trên kính giải phẫu Nikon C-DSS230 - Nhật Bản, ấu trùng dị hình là những ấu trùng có hình dạng cong thân so với ấu trùng bình thường.

### 2.4. Phương pháp thu mẫu và xử lý số liệu

Định kỳ 15 phút/lần lấy 3 mẫu ở mỗi nghiệm thức để theo dõi sự phát triển của phôi và các chỉ tiêu khác cho đến khi kết thúc thí nghiệm.

Xử lý số liệu: Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel 2007, phân tích phương sai một nhân tố.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình phát triển phôi

Nhiệt độ ấp có ảnh hưởng trực tiếp tới quá trình phát triển của phôi cá (Kujawa et al., 1997; Buckley et al., 2000; Brian and Terry, 2001). Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến quá trình phân cắt và phát triển phôi của cá song chuột. Trong khoảng nhiệt độ từ 24 - 32°C, nhiệt độ càng cao thì tốc độ phát triển của phôi càng nhanh và ngược lại. Trong thí nghiệm, không quan sát được sự khác biệt của trứng ở giai đoạn phân cắt 2 - 4 tế bào ở các mức nhiệt độ khác nhau do trứng được thu sau khi thụ tinh 30 phút. Trứng cá song chuột chỉ phát triển tới giai đoạn phôi nang ở nhiệt độ 20°C và giai đoạn 64 tế bào ở nhiệt độ 36°C rồi ngừng phát triển (Bảng 1). Điều này cho thấy, nhiệt độ quá cao ( $\geq 36^\circ\text{C}$ ) hoặc quá thấp ( $\leq 20^\circ\text{C}$ ) đều không thích hợp cho sự phát triển của phôi cá song chuột. Thời gian phát triển phôi cá song chuột từ khi thụ tinh đến khi nở ngắn nhất ở nhiệt độ 32°C (1.005 - 1.020 phút) so với các nghiệm thức còn lại. Kết quả thí nghiệm cho thấy, nhiệt độ thích hợp để phôi cá song chuột phát triển nằm trong khoảng 28 - 32°C.

Kết quả theo dõi quá trình phát triển phôi cá song chuột ở các nhiệt độ khác nhau được thể hiện chi tiết trong bảng 1.

Thời gian ấp, thời gian nở, tỷ lệ nở và tỷ lệ ấu trùng dị hình là những tiêu chí quan trọng đánh giá hiệu quả của việc ấp nở trứng cá (Kawahara et al., 1997). Kết quả thí nghiệm cho thấy, tỷ lệ nở của trứng đạt giá trị cao nhất ở

nhiệt độ 28°C (87,4%), thấp nhất ở nhiệt độ 32°C (41,3%;  $P < 0,05$ ) nhưng tỷ lệ ấu trùng dị hình lại cao nhất ở nghiệm thức 32°C (35,7%) và thấp nhất ở nghiệm thức 28°C (4,8%, Bảng 2). Kết quả này cho thấy, trong khoảng nhiệt độ thí nghiệm, nhiệt độ thích hợp nhất đối với quá trình ấp nở trứng cá song chuột là 28°C. Như vậy, nhiệt độ thích hợp trong quá trình ấp trứng cá song chuột nằm trong khoảng thích hợp cho ấp trứng cá song hồ từ 26-29°C (Vũ Văn Sáng và Trần Thế Mutu, 2013).

#### 3.2. Ảnh hưởng của độ mặn đến quá trình phát triển của phôi

Độ mặn không ảnh hưởng đáng kể tới thời gian ấp, thời gian nở trong quá trình ấp trứng cá song chuột ( $P > 0,05$ ) nhưng có ảnh hưởng đáng kể tới tỷ lệ nở và tỷ lệ dị hình của ấu trùng (Bảng 3,  $P < 0,05$ ). Tỷ lệ nở đạt giá trị cao nhất ở độ mặn 35‰ (85,6%) tiếp đến là độ mặn 32‰ (83,4%) và sự sai khác giữa 2 nghiệm thức này là không có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ ) nhưng cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức còn lại ( $P < 0,05$ ). Tại độ mặn 32‰ và 35‰ không những có tỷ lệ nở cao mà tỷ lệ ấu trùng dị hình cũng đạt giá trị thấp nhất lần lượt là 1,65% và 1,73%. Trong khi đó, tỷ lệ nở đạt giá trị thấp nhất ở độ mặn 23‰ (15,2%) và tỷ lệ ấu trùng dị hình ở mức rất cao 80,6%.

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, trứng cá song chuột có thể phát triển trong giới hạn độ mặn khá rộng từ 23-35‰. Nghiên cứu về sự phát triển phôi của trứng cá giò và cá song chấm nâu cho thấy chúng không phát triển ở độ mặn dưới 23‰ (Lê Xuân, 2006, 2010). Điều này có thể lý giải mặc dù cá song chuột thường sống ở vùng nước gần khu vực cửa sông nơi có độ mặn thấp nhưng khi sinh sản lại di cư ra vùng nước có độ mặn cao để đẻ trứng (Heemstra and Randall, 1993). Kết quả theo dõi thời gian ấp, thời gian nở và tỷ lệ ấu trùng dị hình được thể hiện chi tiết tại bảng 3.

**Bảng 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian phát triển phôi (phút)**

Các giai đoạn phát triển	Nhiệt độ (°C)				
	20	24	28	32	36
2 - 4 tế bào			21 - 24		
16 tế bào	35 - 45	38 - 42	35 - 38	31 - 34	28 - 31
64 tế bào	70 - 80	52 - 60	40 - 50	36 - 40	Ngừng phát triển
Phôi nang	Ngừng phát triển	200 - 215	185 - 200	170 - 182	-
Phôi vị		550 - 568	520 - 535	505 - 520	-
Phôi thần kinh	-	900 - 910	880 - 900	865 - 880	-
Nở	-	1.070 - 1.130	1.020 - 1.040	1.005 - 1.020	-

Ghi chú: Số liệu trong bảng là khoảng thời gian được tính từ khi trứng thụ tinh cho đến khi trứng nở hết

**Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian ấp, thời gian nở, tỷ lệ nở và tỷ lệ ấu trùng dị hình**

Chỉ tiêu	Nghiệm thức				
	20°C	24°C	28°C	32°C	36°C
Thời gian ấp (phút)	-	1.095,7 ± 5,7 <sup>a</sup>	1.050,7 ± 8,5 <sup>b</sup>	1.020,6 ± 9,2 <sup>b</sup>	-
Thời gian nở (phút)	-	39,3 ± 4,5 <sup>a</sup>	22,5 ± 2,4 <sup>b</sup>	18,4 ± 2,2 <sup>b</sup>	-
Tỷ lệ nở (%)	-	58,3 ± 4,2 <sup>a</sup>	87,4 ± 3,3 <sup>b</sup>	41,3 ± 4,7 <sup>c</sup>	-
Tỷ lệ ấu trùng dị hình (%)	-	5,2 ± 0,7 <sup>a</sup>	4,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	35,7 ± 2,9 <sup>b</sup>	-

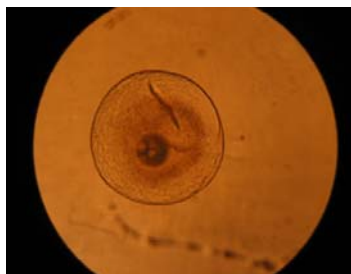
Ghi chú: Số liệu trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn, chữ cái khác nhau trong cùng một hàng là sai khác có ý nghĩa (P<0,05)

**Bảng 3. Ảnh hưởng của độ mặn đến thời gian ấp, thời gian nở, tỷ lệ nở, tỷ lệ ấu trùng dị hình**

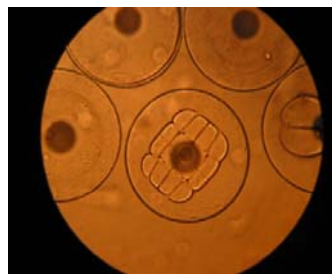
Chỉ tiêu	Nghiệm thức				
	23‰	26‰	29‰	32‰	35‰
Thời gian ấp (phút)	1.005,2 ± 5,2 <sup>a</sup>	1.012,7 ± 6,7 <sup>a</sup>	1.030,8 ± 7,5 <sup>a</sup>	1.020,9 ± 8,2 <sup>a</sup>	1.015 ± 7,4 <sup>a</sup>
Thời gian nở (phút)	50,5 ± 2,3 <sup>a</sup>	48,8 ± 1,9 <sup>a</sup>	49,3 ± 2,1 <sup>a</sup>	49,7 ± 2,4 <sup>a</sup>	50,1 ± 2,5 <sup>a</sup>
Tỷ lệ nở (%)	15,2 ± 4,6 <sup>a</sup>	25,3 ± 4,3 <sup>b</sup>	67,6 ± 4,5 <sup>c</sup>	83,4 ± 3,4 <sup>d</sup>	85,6 ± 1,9 <sup>d</sup>
Tỷ lệ ấu trùng dị hình (%)	80,6 ± 7,6 <sup>a</sup>	60,5 ± 5,6 <sup>b</sup>	8,5 ± 1,3 <sup>c</sup>	1,65 ± 0,2 <sup>d</sup>	1,73 ± 0,3 <sup>d</sup>

Ghi chú: Số liệu trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn, chữ cái khác nhau trong cùng một hàng là sai khác có ý nghĩa (P<0,05)

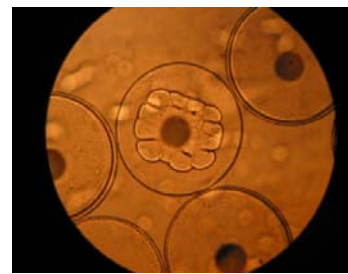
**Một số hình ảnh về phôi của cá song chuột**



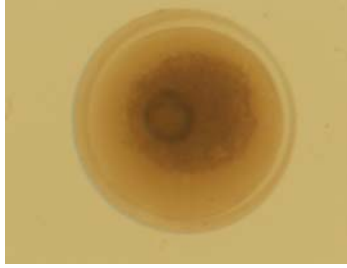
Trứng thụ tinh



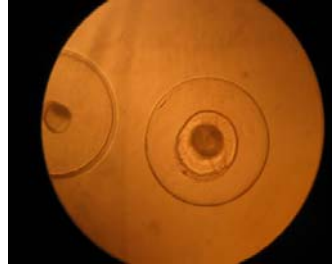
Phôi 16 tế bào



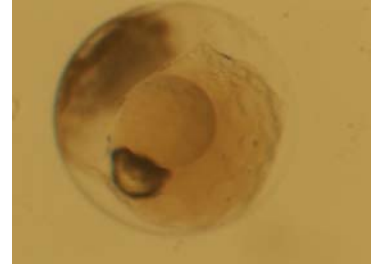
Phôi 32 tế bào



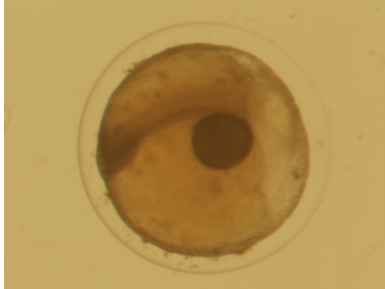
Phôi 64 tế bào



Phôi dâu



Phôi nang



Phôi vị



Thể phôi



Ấu trùng mới nở

#### 4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

##### 4.1. Kết luận

Trong khoảng nhiệt độ và độ mặn thí nghiệm, nhiệt độ thích hợp nhất cho việc ấp nở trứng cá song chuột là 28°C, tại nhiệt độ này tỷ lệ nở đạt cao (87,4%) và tỷ lệ dị hình thấp (4,8%). Trong khi đó, độ mặn thích hợp cho ấp trứng cá song chuột nằm trong khoảng từ 32 - 35‰, ở khoảng độ mặn này tỷ lệ nở đạt cao từ 83,4 - 85,6% và tỷ lệ dị hình thấp 1,65 - 1,73%.

##### 4.2. Đề nghị

Cần tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố môi trường khác tới quá trình ấp nở của trứng cá song chuột.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Brian C. Small and Terry D. Bates (2001). Effect of Low-Temperature Incubation of Channel Catfish *Ictalurus punctatus* Eggs on Development, Survival, and Growth. Journal of the World Aquaculture Society. Volume 32, Number 2, June, 2001.
- Buckley L.J., Bradley T.M. and Allen-Guil-Mette J. (2000). Production, quality and low temperature incubation of eggs of Atlantic Cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* in captivity. Journal of the World Aquaculture Society 31: 22-29.
- Das T., A. Pal, Manush S.K., Dalvi R.S., Sarma K., Mukherjee S.C. (2006). Thermal dependence of embryonic development and hatching rate in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). Aquaculture 255: 536-541.
- Heemstra P.C. and Randall J.E. (1993). FAO Fisheries Synopsis No. 125, vol. 16. FAO Species Catalogue, vol. 16. Groupers of the World. FAO Fisheries Synopsis. Pp. 248-249. FAO, Rome.
- Holliday F.G.T. (1988). The effects of salinity on the eggs and larvae of teleosts. In: W.S. Hoar and D.J. Randall (editors). Fish Physiology. Volume I. Academic Press. London, pp. 293-311.
- Mishima M. and Gonzales (1994). Some biological aspects on *Cromileptes altivelis* around Palawan Island, Philippines. Suisanzoshoku, 42(2). 349-354 (in Japanese).
- Kawahara S., Shams A.J., Al-bosta A.A., Mansoor M.H. and Al-Baqqal A.A. (1997). Effects of Incubation and Spawning water Temperature and Salinity on egg development of the Orange-Spotted Grouper (*Epinephelus coioides*, Serranidae). Asian Fisheries Science (9): 239-250.
- Kujawa R., Mamcarz A. and Kucharczyk D. (1997). Effect of temperature on embryonic development of asp (*Aspius L.*). Polskie Archiwum hydrobiologii 44: 139-143.
- Laurence G.C. and Rogers C.A. (1976). Effects of temperature and salinity on comparative embryonic

- development and mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L). ICES J. Mar. Sci. 36: 220-228.
- Lê Xuân (2006). Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ sản xuất giống và nuôi thương phẩm một số loài cá song (*Epinephelus* sp.) phục vụ xuất khẩu. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước. Mã số KC06.13.NN. Tài liệu lưu trữ tại Viện nghiên cứu NTTS 1. Trung tâm Thông tin Tư liệu Quốc gia.
- Lê Xuân (2010). Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ sản xuất giống và nuôi thương phẩm một số loài cá biển có giá trị kinh tế cao. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước. Mã số KC06.04/06-10. Tài liệu lưu trữ tại Viện nghiên cứu NTTS 1. Trung tâm Thông tin Tư liệu Quốc gia.
- Lin Q., Lu J., Gao Y., Shen L., Cai J., Luo J. (2006). The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. Aquaculture 254: 701-713.
- Linden O., Sharp J.R., Laughlin R., Neff J.M. (1979). Interactive effects of salinity, temperature and chronic exposure to oil on the survival and developmental rate of embryos of the estuarine killifish *Fundulus heteroclitus*. Mar. Biol. 51: 101-109.
- Petereit C., Haslob H., Kraus G., Clemmesen C. (2008). The influence of temperature on the development of Baltic Sea (*Sprat sprattus*) eggs and yolk sac larvae. Mar. Biol. 154, 295-306.
- Rainboth W.J. (1996). Fishes of the Cambodian Mekong. FAO species identification field guides for fishery purpose. FAO, Rome.
- Sampaio L.A. and Bianchini A. (2002). Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 269: 187-196.
- Small B.C. and Bates T.D. (2001). Effect of low-temperature incubation of channel catfish *Ictalurus punctatus* eggs on development, survival, and growth. Journal World Aquaculture Society. 32: 189-194.
- Vũ Văn Sáng & Trần Thế Mưu (2013). Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến sự phát triển phôi của cá song hô (*Epinephelus fuscoguttatus*). Tạp chí Khoa học và Phát triển. Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội. 11(1): 41-45.