

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**ẢNH HƯỞNG KẾT HỢP CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ ĐỒNG ĐẸN
TỶ LỆ SỐNG, TỐC ĐỘ TĂNG TRƯỞNG, BẮT MỖI VÀ HÔ HẤP CỦA Ế
TRÙNG CÁ CHÈM MỖM NHỌN (*Psammoperca waigiensis*)**

**COMBINED EFFECTS OF TEMPERATURE AND COPPER ON
SURVIVAL, GROWTH RATE, FEEDING FREQUENCY AND RESPIRATION IN WAIGIEU
SEAPERCH (*Psammoperca waigiensis*) LARVAE**

Võ Thị Xuân¹, Lê Minh Hoàng¹, Đinh Văn Khương¹

Ngày nhận bài: 15/7/2019; Ngày phản biện thông qua: 27/9/2019; Ngày duyệt đăng: 30/9/2019

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và đồng đến sinh trưởng, bắt mồi và hô hấp của ấu trùng cá chêm mỡ nhọn *Psammoperca waigiensis*. Ấu trùng cá chêm mỡ nhọn (khối lượng: $0,16 \pm 0,01$ g; chiều dài: $2,53 \pm 0,11$ cm) được phơi nhiễm một trong số các nồng độ Cu: 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, $\mu\text{g/L}$ ở nhiệt độ là 28 °C hoặc 32 °C trong 72 giờ. Mật độ cá bắt đầu thí nghiệm là 10 ấu trùng/L. Cá được nuôi trong các lọ thủy tinh có thể tích 1L. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Tỷ lệ sống, bắt mồi, hô hấp và tốc độ sinh trưởng được xác định ở các mức 24, 48 hoặc 72h sau khi kết hợp ảnh hưởng của nhiệt độ và đồng. Sau giai đoạn phơi nhiễm, ấu trùng được nuôi phục hồi ở nước sạch (không có Cu) và nhiệt độ 28 °C trong 10 ngày. Kết quả cho thấy nhiệt độ cao và đồng làm giảm tỷ lệ sống, tốc độ bắt mồi, tăng trưởng và hô hấp của ấu trùng cá chêm mỡ nhọn. Quan trọng hơn, ảnh hưởng của đồng lên các thông số sinh trưởng và sinh lý của ấu trùng cá tăng mạnh ở nhiệt độ cao (32°C), cho thấy sự tương tác cộng hưởng của hai yếu tố này. Ảnh hưởng của đồng và nhiệt độ cao còn kéo dài ít nhất 10 ngày sau giai đoạn phơi nhiễm, làm giảm đáng kể tỷ lệ sống, bắt mồi, tăng trưởng và hô hấp của ấu trùng cá chêm mỡ nhọn.

Từ khóa: Cá chêm mỡ nhọn, *Psammoperca waigiensis*, nhiệt độ, đồng, tăng trưởng, hô hấp

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effects of temperature and copper on growth, feeding rate and respiration in the larvae of Waigieu seaperch *Psammoperca waigiensis*. Fish larvae were exposed to one of copper concentrations of 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 $\mu\text{g/L}$ either at 28°C or 32°C for 72h. Subsequently, larvae were tested for the ability to recover from stressful conditions by rearing in the control temperature (28°C) without copper treatment for 10 days. The larvae of Waigieu seaperch (BW: 0.16 ± 0.01 g; TL: 2.53 ± 0.11 cm) were used for all treatments. The glass bottles with volume 1L were used and the density of fish was 10 larvae/L. Each treatment had three replicates. Survival, feeding rate, respiration and growth rate were determined at 24, 48 or 72h during the exposure period and after 10 days during the recovery period. The results showed that both high temperature and copper were significantly reduced survival, feeding rate, growth and respiration of larvae of Waigieu seaperch. There were significantly interactive effects of temperature and copper on all measured response variables, namely the effects of coppers were more pronounced at higher temperature. Delayed effects of copper and temperature were also significantly decreased survival, feeding rate, growth and respiration of larvae of Waigieu seaperch. These results shed lights on how two global stressors that are extreme temperature and a common metal may interact to affect larvae production of Waigieu seaperch.

Keywords: Waigieu seaperch, *Psammoperca waigiensis*, temperature, copper, growth, respiration

¹ Viện Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, vấn đề biến đổi khí hậu đặc biệt là nhiệt độ tăng lên đã ảnh hưởng đến các hoạt động sinh lý cơ bản của động vật thủy sản như hô hấp, tiêu hóa, sinh trưởng và sinh sản (Bowen *et al.* 2006, Heugens *et al.* 2001, IPCC 2013). Bên cạnh đó việc sử dụng các hợp chất có chứa đồng (Cu) làm chất diệt nấm, chống sinh vật bám trong ngành nông nghiệp cũng như kiểm soát tảo và tác nhân gây bệnh trong hoạt động nuôi trồng thủy sản đã làm tăng nồng độ đồng trong thủy vực (Marcussen *et al.* 2014, Nguyen *et al.*, 2017). Cu ở nồng độ cao có thể độc hại đối với sinh vật như làm thay đổi chức năng của mang và gan (Dautremepuits *et al.* 2004, Grosell *et al.* 2002, Karan *et al.* 1998), gây ra những thay đổi tổ chức học nghiêm trọng trong các cơ quan (Arellano *et al.* 1999, Fernandes and Mazon 2003, Mazon *et al.* 2002, Mazon *et al.* 2002, Sola *et al.* 1995, Van Heerden *et al.* 2004). Trong khi đó, nhiệt độ cao có thể tăng độc tính của Cu lên chức năng sinh lý của cá *Prochilodus scrofa* (Carvalho and Fernandes 2006), cá tráp đầu vàng *Sparus aurata* (Guinot *et al.* 2012) và cá đối mực (Elnaz *et al.* 2018).

Cá chêm mồm nhọn *Psammoperca waigiensis* (Cuvier và Valenciennes, 1828) là loài cá biển nhiệt đới được quan tâm và nghiên cứu trong thời gian gần đây (Le and Brown 2016, Le *et al.* 2014, Le *et al.* 2014, Le and Pham 2016, Le and Pham 2017, Le and Pham 2018). Tuy nhiên, chưa có công trình nào nghiên cứu tương tác của nhiệt độ và kim loại đồng lên giai đoạn phát triển sớm và các hoạt động sinh lý của cá chêm mồm nhọn. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và đồng đến sinh trưởng, bắt mồi và hô hấp của ấu trùng cá chêm mồm nhọn *Psammoperca waigiensis*.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là ấu trùng cá chêm mồm nhọn *Psammoperca waigiensis* (Cuvier và Valenciennes, 1828). Thời gian nghiên cứu được thực hiện từ tháng 4 đến tháng 6 năm 2019 tại Trại thực nghiệm nghiên cứu hải sản

Cam Ranh thuộc Viện Nuôi trồng thủy sản của Trường Đại học Nha Trang. Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 106.05-2017.343.

2. Phương pháp thiết kế thí nghiệm nghiên cứu

Ấu trùng của cá chêm mồm nhọn (khối lượng: $0,16 \pm 0,01$ g; chiều dài: $2,53 \pm 0,11$ cm) được bố trí ở 02 thang nhiệt độ là 28 và 32°C thông qua các nồng độ đồng (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 $\mu\text{g/L}$) trong 72 giờ. Nước nguồn sử dụng trong nghiên cứu có nồng độ Cu nằm dưới ngưỡng phát hiện của máy đo (6 $\mu\text{g/L}$). Cá được nuôi trong lọ thủy tinh có thể tích 1L với mật độ 10 ấu trùng/L, sục khí liên tục, thay nước 1 ngày/lần. Ấu trùng cá được cho ăn *Artemia* trong quá trình thí nghiệm. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Tỷ lệ sống, sinh trưởng, tốc độ bắt mồi và hô hấp của ấu trùng được xác định và đánh giá sau 24h, 48h, 72h phơi nhiễm. Sau thời gian phơi nhiễm với đồng, ấu trùng được chuyển sang lọ mới và nuôi trong môi trường (không có bổ sung đồng) với điều kiện nhiệt độ 28°C. Các thông số trên cũng được kiểm tra sau 10 ngày nuôi phục hồi ở điều kiện nhiệt độ 28°C không có bổ sung đồng.

3. Phương pháp xác định các thông số

Tỷ lệ sống (%) được xác định bằng số cá tại thời điểm xác định trên tổng số cá bắt đầu thí nghiệm. Sinh trưởng về chiều dài (cm) và khối lượng (g) được xác định bằng kích thước tại thời điểm xác định trừ đi kích thước ban đầu bằng thước kẻ ô li độ chính xác là 0,1 cm và bằng cân điện tử với độ chính xác 0,0001g. Tốc độ bắt mồi của cá được thực hiện sau khi cho 10 cá thể cá từ mỗi nghiệm thức nhịn đói 12h. Sau đó, cho 01 ấu trùng cá vào 01 lọ, mỗi lọ cho vào 20 cá thể *Artemia* trưởng thành, sau 5 phút bắt cá ra và đếm số lượng *Artemia* còn lại trong lọ. Sau thí nghiệm về tốc độ dinh dưỡng, cá được đưa trở lại lọ thí nghiệm và nuôi 48h để hồi phục trước khi được sử dụng để đo hô hấp (Optical Oxygen Meter-FireStingO₂, Đức). Tốc độ hô hấp của ấu trùng cá được đo thông qua độ tiêu thụ oxy hòa tan bằng lượng oxy hòa

tan ban đầu trừ đi lượng oxy sau một thời gian và trừ đi lượng oxy ở thay đổi ở lọ không có cá.

4. Phương pháp xử lý số liệu thống kê

Các số liệu thu thập được xử lý trên phần mềm SPSS 16 và Excel 2013. Tỷ lệ sống, khả năng hô hấp, bắt mồi của cá chêm mỡ nhọn ở hai thang nhiệt độ và nồng độ độc đồng khác nhau được so sánh theo phương pháp phân tích phương sai hai yếu tố (two-way ANOVAs). Sự sai khác giữa các nghiệm thức được so sánh theo phương pháp kiểm định Duncan, sai khác có ý nghĩa được xem xét khi ($P < 0,05$). Các giá trị được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (Mean ±SD) hoặc giá trị trung bình ± sai số chuẩn (Mean ± SE).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Ảnh hưởng trực tiếp của nhiệt độ và đồng lên ấu trùng cá chêm mỡ nhọn

Kết quả tỷ lệ sống cho thấy ở nhiệt độ 28°C, sau 24h phơi nhiễm ở các nồng độ đồng khác nhau (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 µg/L) là

100% (Bảng 1). Sau 48h và 72h, tỷ lệ sống của cá ở các nồng độ 200, 250 và 300 µg/L giảm 3 – 7%. Ảnh hưởng của Cu lên tỉ lệ sống của ấu trùng cá chêm mỡ nhọn rõ nét hơn khi phơi nhiễm ở 32°C. Cụ thể là sau 2h ở nồng độ 300 µg/L và sau 6h ở nồng độ 250 µg/L thì tỷ lệ sống của cá là 0%. Sau 24h phơi nhiễm, tỷ lệ sống của cá ở nồng độ 0, 50, 100 µg/L là 100%, và giảm nhưng không đáng kể ở nồng độ 150 và 200 µg/L. Kết quả thu được sau 48h không có gì thay đổi. Tuy nhiên, sau 72h, tỷ lệ sống của cá ở các nồng độ 0, 50, 100 µg/L có sự giảm nhẹ. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với những nghiên cứu trước đây về tương tác của nhiệt độ và kim loại nặng lên các loài thủy sinh vật (Sokolova and Lannig 2008), và giáp xác chân chèo (Dinh *et al.* (Dinh 2019), revision). Hiện tượng độc tính của Cu tăng lên ở nhiệt độ cao có thể được giải thích do sự tăng cường trao đổi chất đã dẫn đến tăng cường tích tụ Cu trong mang và gan, sự gia tăng oxy hóa xảy ra trong tế bào (Dornelles Zebral *et al.* 2019, Guinot, Ureña 2012, Sokolova and Lannig 2008).

Bảng 1. Tỷ lệ sống của cá chêm mỡ nhọn sau 72h với nhiệt độ và nồng độ đồng khác nhau

Tỷ lệ sống (%)	Nồng độ Cu (µg/L)						Nhiệt độ (°C)	
	0	50	100	150	200	250		300
24h	100	100	100	100	100	100	100	28
	100	100	100	96,67±5,77	83,33±5,77	0(6h)	0(2h)	32
48h	100	100	100	100	96,67±5,77	96,67±5,77	93,33±5,77	28
	100	100	100	96,67±5,77	83,33±5,77	-	-	32
72h	100	100	100	100	93,33±5,77	90,00±10,00	86,67±11,55	28
	96,67±5,77	96,67±5,77	96,67±5,77	96,67±5,77	83,33±5,77	-	-	32

Kết quả sinh trưởng (Bảng 2) sau 72h cho thấy, nhiệt độ và đồng ảnh hưởng độc lập với nhau lên chiều dài và khối lượng của ấu trùng cá chêm mỡ nhọn. Khi nhiệt độ và nồng độ đồng tăng cao thì các thông số tăng trưởng có xu hướng giảm dần. Kết quả này phù hợp với những quan sát trước đây cho thấy phơi nhiễm với đồng làm giảm tốc độ sinh trưởng cá *Rutilus frisii kutum* (Gharedaashi *et al.* 2013). Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, khi

phơi nhiễm với kim loại nặng, cơ thể sinh vật phản ứng lại bằng cách tăng cường tổng hợp protein có tên là metallothioneins (MTs) để trung hòa độc tố của kim loại (Amiard *et al.* 2006, Dinh Van *et al.* 2013). Tương tự, khi phơi nhiễm với nhiệt độ cao, các sinh vật thường tổng hợp protein sốc nhiệt (heat shock proteins – Hsp, (Sørensen *et al.* 2003)). Các cơ chế sinh tổng hợp proteins được tăng cường trong điều kiện phơi nhiễm đã làm tăng chi phí

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đồng đến sinh trưởng cá chêm mồm nhọn sau 72h

Thông số đánh giá	Nồng độ Cu ($\mu\text{g/L}$)							Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)
	0	50	100	150	200	250	300	
CDBĐ (cm)	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	2,53 \pm 0,11	28 32
KLBD (g)	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	0,16 \pm 0,01	28 32
CD72 (cm)	3,14 \pm 0,39	2,89 \pm 0,19	2,89 \pm 0,23	2,88 \pm 0,39	2,84 \pm 0,20	2,85 \pm 0,17	2,83 \pm 0,14	28 32
KL72 (g)	0,29 \pm 0,05	0,24 \pm 0,05	0,22 \pm 0,06	0,23 \pm 0,05	0,23 \pm 0,05	0,23 \pm 0,04	0,24 \pm 0,05	28 32
CDTL72 (cm)	0,61 \pm 0,39	0,36 \pm 0,19	0,36 \pm 0,23	0,35 \pm 0,39	0,31 \pm 0,20	0,32 \pm 0,17	0,30 \pm 0,14	28 32
KLTL72 (g)	0,13 \pm 0,05	0,08 \pm 0,05	0,06 \pm 0,06	0,06 \pm 0,05	0,06 \pm 0,05	0,07 \pm 0,04	0,07 \pm 0,05	28 32
Trung bình chiều dài tăng lên: Đồng ($\mu\text{g/L}$)				Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)				
0	50	100	150	200	250	300	28	32
0,501	0,364	0,339	0,336	0,311	0,160	0,148	0,372	0,245
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)		Đồng ($\mu\text{g/L}$)		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)\times Đồng ($\mu\text{g/L}$)		
Giá trị của P		0,007		0,001		0,219		
Trung bình khối lượng tăng lên: Đồng ($\mu\text{g/L}$)				Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)				
0	50	100	150	200	250	300	28	32
0,098	0,230	0,060	0,060	0,058	0,034	0,038	0,123	0,042
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)		Đồng ($\mu\text{g/L}$)		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)\times Đồng ($\mu\text{g/L}$)		
Giá trị của P		<0,0001		<0,0001		<0,0001		

Chú thích: CDBĐ: chiều dài ban đầu; KLBD: khối lượng ban đầu; CD72: Chiều dài sau 72h; KL72: khối lượng sau 72h; CDTL72: chiều dài tăng lên sau 72h; KLTL72: Khối lượng tăng lên sau 72h

năng lượng của cơ thể sinh vật cho các hoạt động này. Thêm vào đó, tốc độ dinh dưỡng của ấu trùng (nguồn năng lượng đầu vào) cá giảm mạnh khi phơi nhiễm với Cu và nhiệt độ cao (xem phần dưới). Cuối cùng, Moosavi và Shamushaki (2015), cho thấy, tỷ lệ chuyển đổi thức ăn ở cá giảm khi phơi nhiễm với đồng. Tổ hợp lại, khi phơi nhiễm với Cu và nhiệt độ

cao, chi phí năng lượng của cá tăng cao trong khi năng lượng thu được từ thức ăn giảm đi là những yếu tố quan trọng làm giảm sinh trưởng và phát triển ở ấu trùng cá. Ảnh hưởng của hai yếu tố này lên sinh trưởng và phát triển chỉ gây ảnh hưởng cộng gộp chứ không có ảnh hưởng cộng hưởng đến khối lượng, điều này thể hiện ở kết quả thống kê về tương tác giữa hai yếu tố

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đồng lên khả năng bắt mồi trong từng thời gian 24h, 48h và 72h

Khả năng bắt mồi (<i>Artemia</i> / cá/5p)	Nồng độ Cu ($\mu\text{g/L}$)							Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)
	0	50	100	150	200	250	300	
24h	3,70 \pm 1,16	3,10 \pm 1,73	2,60 \pm 2,27	2,50 \pm 2,01	1,80 \pm 1,23	1,50 \pm 0,71	1,20 \pm 0,42	28
	1,80 \pm 0,79	1,40 \pm 0,52	1,17 \pm 0,41	1,10 \pm 0,32	1,00 \pm 0,76	-	-	32
48h	7,40 \pm 1,78	6,30 \pm 2,98	6,20 \pm 1,81	6,10 \pm 3,70	4,10 \pm 2,33	3,60 \pm 1,51	1,00 \pm 0,00	28
	3,60 \pm 1,78	2,40 \pm 1,96	2,17 \pm 0,75	1,60 \pm 0,70	0,80 \pm 0,42	-	-	32
72h	7,90 \pm 2,18	6,10 \pm 1,85	5,80 \pm 0,63	5,60 \pm 2,01	3,70 \pm 2,36	1,90 \pm 0,99	0,89 \pm 0,78	28
	3,20 \pm 2,15	2,20 \pm 0,92	2,00 \pm 0,63	1,40 \pm 0,70	0,60 \pm 0,70	-	-	32
Trung bình bắt mồi ở 24h: Đồng ($\mu\text{g/L}$)							Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
2,750	2,250	1,883	1,800	1,400	1,500	1,200	2,343	1,293
Phương sai hai yếu tố	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)		Đồng ($\mu\text{g/L}$)		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)\times Đồng ($\mu\text{g/L}$)			
Giá trị của P	<0,0001		<0,0001		0,716			
Trung bình bắt mồi ở 48h: Đồng ($\mu\text{g/L}$)							Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
5,500	4,350	4,183	3,850	2,450	3,600	1,000	4,957	2,113
Phương sai hai yếu tố	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)		Đồng ($\mu\text{g/L}$)		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)\times Đồng ($\mu\text{g/L}$)			
Giá trị của P	<0,0001		<0,0001		0,915			
Trung bình bắt mồi ở 72h: Đồng ($\mu\text{g/L}$)							Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
5,550	4,150	3,900	3,500	2,150	1,900	0,889	4,220	1,550
Phương sai hai yếu tố	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)		Đồng ($\mu\text{g/L}$)		Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)\times Đồng ($\mu\text{g/L}$)			
Giá trị của P	<0,0001		<0,0001		0,809			

này lên chiều dài của cá không có ý nghĩa về mặt thống kê ($P > 0,05$).

Ảnh hưởng của đồng và nhiệt độ (Bảng 3) có tác động đến khả năng bắt mồi của cá ở các thời điểm sau 24h, 48h, 72h phơi nhiễm. Khi không bổ sung đồng, giá trị tiêu thụ thức ăn ở nhiệt độ 28 $^{\circ}\text{C}$ là khoảng 8 *Artemia*/cá thể/5p và ở 32 $^{\circ}\text{C}$ là 3 *Artemia*/cá thể/5p, điều đó cho thấy khi nhiệt độ tăng cao sẽ làm suy giảm khả năng

bắt mồi của cá. Bên cạnh đó, khi bổ sung đồng, với nồng độ càng cao thì khả năng bắt mồi có xu hướng giảm dần ở mỗi khung nhiệt độ. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây cho thấy, khi phơi nhiễm với kim loại nặng tốc độ dinh dưỡng của nhiều loài thủy sinh vật như ốc (Brix *et al*, 2012), giáp xác (Felten *et al*, 2008) giảm mạnh do độc tố của kim loại nặng gây ảnh hưởng tới cơ và hệ thần kinh.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đồng lên hô hấp của cá chẽm quá trình cảm nhiễm

Tiêu hao oxy (ppm/g/ph)	Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)
	0	50	100	150	200	250	300	
24h	1,16±0,53	0,88±0,67	1,27±0,43	1,00±0,33	1,40±0,46	1,43±0,31	1,22±0,28	28
	0,90±0,17	0,76±0,32	1,09±0,21	1,45±0,56	1,07±0,28	-	-	32
48h	0,71±0,29	0,34±0,27	0,37±0,29	0,39±0,19	0,43±0,26	0,34±0,15	0,46±0,10	28
	1,07±0,57	0,94±0,18	0,83±0,53	0,83±0,50	0,74±0,12	-	-	32
72h	0,57±0,52	0,46±0,41	0,40±0,23	0,35±0,33	0,41±0,16	0,33±0,44	0,41±0,52	28
	0,88±0,28	0,51±0,30	0,43±0,26	0,56±0,42	0,43±0,12	-	-	32
Trung bình tiêu hao oxy ở 24h: Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
2,231	1,819	2,182	2,223	2,235	1,000	1,000	2,143	1,809
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,910		<0,0001		0,052		
Trung bình tiêu hao oxy ở 48h: Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
1,893	1,640	1,601	1,608	1,584	1,171	1,229	1,435	1,630
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,001		<0,0001		<0,0001		
Trung bình tiêu hao oxy ở 72h: Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
1,725	1,484	1,416	1,453	1,420	1,167	1,204	1,417	1,402
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,812		<0,0001		0,023		

Tuy nhiên tác động cộng gộp của hai yếu tố này lên khả năng bắt mồi của cá không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Kết quả hô hấp (Bảng 4) cho thấy nhiệt độ tăng thì mức độ tiêu thụ oxy hòa tan càng tăng, nhiệt độ ảnh hưởng mạnh đến tần số hô hấp của cá sau 48h, cụ thể là với nồng độ 0 µg/L thì lượng tiêu hao oxy ở 28°C ($0,71 \pm 0,29$ ppm/g/phút) và ở 32°C ($1,07 \pm 0,57$ ppm/g/phút). Điều này phản ánh quá trình trao đổi chất tăng lên ở nhiệt độ cao (Angilletta 2009). Ngoài ra, đồng cũng làm cản trở đến hô hấp nên mức độ tiêu

hao oxy có xu hướng giảm dần khi tăng nồng độ đồng ở mỗi thang nhiệt độ. Bên cạnh đó, hai yếu tố này đã gây ảnh hưởng kết hợp lên khả năng tiêu thụ oxy hòa tan của ấu trùng cá sau 48h cảm nhiễm.

2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và đồng lên ấu trùng cá chẽm mớm nhon sau thời gian nuôi phục hồi

Kết quả nghiên cứu của nhiệt độ và đồng lên ấu trùng cá chẽm mớm nhon sau thời gian nuôi phục hồi được trình bày cụ thể ở các Bảng 5, 6, 7, 8.

Bảng 5. Tỷ lệ sống của cá chẽm mồm nhọn sau giai đoạn nuôi phục hồi

Tỷ lệ sống (%)	Đồng (µg/L)						Nhiệt độ (°C)	
	0	50	100	150	200	250		300
Giá trị	100	100	100	90,00±10,00	53,33±35,12	50,00±36,06	6 ngày cá chết	28
	96,67±5,77	83,33±5,77	60,00±17,32	60,00±10,00	26,67±11,55	-	-	32

Bảng 6. Chiều dài và khối lượng của cá chẽm mồm nhọn sau giai đoạn nuôi phục hồi

Thông số đánh giá	Đồng (µg/L)						Nhiệt độ (°C)	
	0	50	100	150	200	250		300
CDBĐ	3,14±0,39	2,89±0,19	2,89±0,23	2,88±0,39	2,84±0,20	2,85±0,17	2,83±0,14	28
NPH (cm)	2,93±0,25	2,90±0,35	2,84±0,19	2,86±0,25	2,84±0,24	-	-	32
KLBD	0,29±0,05	0,24±0,05	0,22±0,06	0,23±0,05	0,23±0,05	0,23±0,04	0,24±0,05	28
NPH (g)	0,24±0,06	0,22±0,05	0,23±0,03	0,22±0,04	0,22±0,04	-	-	32
CDKT (cm)	3,68±0,21	3,50±0,24	3,33±0,26	3,32±0,17	3,31±0,07	3,27±0,14	96h chết	28
	3,62±0,19	3,40±0,24	3,39±0,30	3,34±0,30	3,22±0,09	-	-	32
KLKT (g)	0,43±0,07	0,39±0,08	0,31±0,05	0,30±0,05	0,30±0,02	0,29±0,03	96h chết	28
	0,42±0,08	0,37±0,05	0,34±0,06	0,33±0,08	0,31±0,02	-	-	32
CDTL (cm)	0,55±0,21	0,61±0,24	0,44±0,26	0,45±0,17	0,47±0,07	0,42±0,14	120h chết	28
	0,70±0,19	0,50±0,24	0,54±0,30	0,48±0,30	0,38±0,09			32
KLTL (g)	0,36±0,11	0,14±0,08	0,09±0,05	0,23±0,10	0,07±0,02	0,06±0,03	120h chết	28
	0,19±0,08	0,15±0,05	0,12±0,06	0,11±0,08	0,09±0,02			32
Trung bình chiều dài tăng lên: Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
0,624	0,552	0,495	0,464	0,424	0,417	-	0,489	0,520
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,585		<0,0001		0,017		
Trung bình khối lượng tăng lên: Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)	
0	50	100	150	200	250	300	28	32
0,277	0,149	0,102	0,170	0,083	0,055	-	0,160	0,132
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		<0,0001		<0,0001		<0,0001		

CDBĐ NPH: chiều dài bắt đầu nuôi phục hồi; KLBD NPH: khối lượng bắt đầu nuôi phục hồi; CDKT: chiều dài kết thúc; KLKT: khối lượng kết thúc; CDTL: chiều dài tăng lên; KLTL: khối lượng tăng lên.

Bảng 7. Ảnh hưởng nhiệt độ và nồng độ đồng lên bắt mồi của cá giai đoạn nuôi phục hồi

Bắt mồi (Artemia / cá/5phút)	Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)
	0	50	100	150	200	250	300	
	9,30±1,42	7,33±1,41	6,20±1,55	6,00±1,32	5,60±1,51	4,33±0,82	-	28
	8,90±1,10	6,86±0,69	6,60±1,14	5,11±1,17	4,63±1,69	-	-	32
Trung bình bắt mồi: Đồng (µg/L)								Nhiệt độ (°C)
0	50	100	150	200	250	300	28	32
9,100	7,095	6,400	5,556	5,113	4,333	-	6,428	5,798
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,145		<0,0001		0,478		

Bảng 8. Tiêu hao oxy của cá chêm mồm nhọn ở giai đoạn phục hồi

Tiêu hao oxy (ppm/g/ phút)	Đồng (µg/L)							Nhiệt độ (°C)
	0	50	100	150	200	250	300	
	0,51±0,52	0,31±0,30	0,35±0,29	0,45±0,41	0,34±0,31	0,29±0,32	-	28
	0,63±0,34	0,51±0,31	0,35±0,31	0,43±0,34	0,67±0,29	-	-	32
Trung bình tiêu hao oxy: Đồng (µg/L)								Nhiệt độ (°C)
0	50	100	150	200	250	300	28	32
0,571	0,411	0,353	0,439	0,508	0,287	-	0,376	0,519
Phương sai hai yếu tố		Nhiệt độ (°C)		Đồng (µg/L)		Nhiệt độ (°C) × Đồng (µg/L)		
Giá trị của P		0,032		0,142		0,336		

Kết quả từ Bảng 5 cho thấy, ở nhiệt độ 28°C cá phục hồi tốt với tỷ lệ sống là 100% ở nồng độ 0, 50, 100 µg/L, nhưng với các nồng độ 150, 200, 250 µg/L thì tỷ lệ sống có xu hướng giảm dần, ở nồng độ 300 µg/L cá chết 100 % sau 6 ngày nuôi phục hồi. Ở thang nhiệt độ 32°C, hiện tượng cá chết xảy ra ở tất cả các nghiệm thức và nồng độ đồng càng tăng cao thì tỷ lệ sống có xu hướng giảm dần.

Trong giai đoạn nuôi phục hồi, khối lượng của cá đồng thời chịu tác động riêng lẻ và tác động cộng gộp của nhiệt độ và đồng. Khối lượng giảm dần khi tăng nhiệt độ nhưng nhiệt độ không ảnh hưởng lên sự phát triển về chiều dài thân của cá (Bảng 6).

Điều này cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng lên sự thay đổi về hình thái của cá, làm gia tăng tốc độ tăng trưởng mất cân xứng ở cá. Ảnh hưởng của Cu lên khối lượng và kích thước cá gia tăng theo tăng nồng độ phơi nhiễm và nhiệt độ cao, Điều này chứng tỏ rằng cá có thể điều chỉnh các hoạt động sinh lý (ví dụ thay đổi tổng hợp heat shock proteins) để phù hợp với sự thay đổi nhiệt độ môi trường nhanh hơn so với việc chúng phải điều chỉnh để ứng phó với kim loại. Các nghiên cứu trong tương lai cần phân tích chi tiết sự thay đổi nồng độ của MTs và Hsp trong ấu trùng cá trong giai đoạn phơi nhiễm và giai đoạn phục hồi để làm rõ hơn cơ chế thích ứng của chúng với cả hai yếu

tổ: nhiệt độ cao và kim loại nặng.

Đồng có sự ảnh hưởng kéo dài lên khả năng bắt mồi trong giai đoạn nuôi phục hồi, và mức độ tiêu thụ thức ăn có xu hướng giảm dần theo sự gia tăng nồng độ đồng ở mỗi khung nhiệt độ. Bên cạnh đó, nhiệt độ và tác động kết hợp hai yếu tố không ảnh hưởng đến sự tiêu thụ thức ăn (Bảng 7).

Khả năng tiêu thụ oxy hòa tan ở nghiệm thức 32°C cao hơn nghiệm thức 28°C cho thấy hô hấp của cá vẫn chịu sự tác động của nhiệt độ trong điều kiện nuôi phục hồi. Mặt khác, đồng và kết hợp hai yếu tố không ảnh hưởng lên hô hấp của cá trong giai đoạn này. Điều đó chứng minh rằng, sau khi chịu sự ảnh hưởng của đồng, sự trao đổi khí ở cá vẫn có khả năng phục hồi và hoạt động tốt (Bảng 8).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Amiard, J. C., Amiard-Triquet, C., Barka, S., Pellerin, J., Rainbow, P. S., 2006. Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology*.76(2), 160-202.
2. Angilletta, M.J., 2009. *Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis*. New York, Oxford University Press.
3. Arellano, J.M., Storch, V., Sarasquete, C., 1999. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the Senegalese sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicol Environ Saf*.44, 62-72.
4. Bowen, Lizabeth, Werner, Inge, Johnson, Michael L., 2006. Physiological and Behavioral Effects of Zinc and Temperature on Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Hydrobiologia*.559(1), 161-168.
5. Brix, Kevin V., Esbaugh, Andrew J., Munley, Kathleen M., Grosell, Martin, 2012. Investigations into the mechanism of lead toxicity to the freshwater pulmonate snail, *Lymnaea stagnalis*. *Aquatic Toxicology*.106-107, 147-156.
6. Carvalho, C.S., Fernandes, M.N., 2006. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. *Aquaculture*.251, 109- 117.
7. Dautremepuits, C., Paris-Palacios, S., Betoullea, S., Vernet, G., 2004. Modulation in hepatic and head kidney parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.) induced by copper and chitosan. *Comp Biochem Physiol* C.137, 325–333.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Nhiệt độ làm tăng độc tính của đồng lên tỷ lệ sống, sinh trưởng và tiêu hao oxy cũng như khả năng bắt mồi của cá chêm mồm nhọn.

Cá chêm mồm nhọn có thể phục hồi tốt nếu hàm lượng đồng đến 100 µg/L và khả năng phục hồi kém nếu cá bị phơi nhiễm ở nồng độ cao hơn 100 µg/L sau 72h.

2. Kiến nghị

Các nghiên cứu tiếp theo có thể phân tích chuyên sâu hơn về hoạt động của cá cũng như quá trình sinh tổng hợp proteins (MTs, Hsp), thành phần sinh hóa của cá trong giai đoạn cảm nhiễm và giai đoạn phục hồi.

Các nghiên cứu tiếp theo có thể triển khai thời gian cảm nhiễm dài hơn để thấy được tác động của đồng cùng với nhiệt độ lên các hoạt động chức năng sinh lý của cá chêm mồm nhọn.

8. Dinh, K.Vetal, 2019. Interactive effects of extreme temperature and a widespread coastal metal contaminant reduce the fitness of a common tropical copepod across generations. *Aquatic Toxicology* (revision).
9. Dinh Van, Khuong, Janssens, Lizanne, Debecker, Sara, De Jonge, Maarten, Lambret, Philippe, Nilsson-Örtman, Viktor, Bervoets, Lieven, Stoks, Robby, 2013. Susceptibility to a metal under global warming is shaped by thermal adaptation along a latitudinal gradient. *Global Change Biology*.19(9), 2625-2633.
10. Dornelles Zebal, Yuri, Roza, Mauricio, da Silva Fonseca, Juliana, Gomes Costa, Patricia, Stürmer de Oliveira, Caroline, Gubert Zocke, Tayndy, Lemos Dal Pizzol, Juliana, Berteaux Robaldo, Ricardo, Bianchini, Adalto, 2019. Waterborne copper is more toxic to the killifish *Poecilia vivipara* in elevated temperatures: Linking oxidative stress in the liver with reduced organismal thermal performance. *Aquatic Toxicology*.209, 142-149.
11. Elnaz, E., Elahe, E., Kasalkhe, N., 2018. Acute Toxicity and the Effects Of Copper Sulphate $CuSo_4.5H_2O$ on the Behavior of the Grey Mullet *Mugil Cephalus*. *Int J Sci Res Environ Sci Toxicol*.3, 1-4.
12. Felten, V., Charmantier, G., Mons, R., Geffard, A., Rousselle, P., Coquery, M., Garric, J., Geffard, O., 2008. Physiological and behavioural responses of *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) exposed to cadmium. *Aquatic Toxicology*.86, 413-425.
13. Fernandes, M.N., Mazon, A.F., 2003. Environmental pollution and fish gill morphology. In: Val, A.L., Kapoor, B.G. (Eds.), *Fish Adaptation*. Science Publishers., Enfield., pp. 203-231.
14. Gharedaashi, Esmail, Nekoubin, Hamed, Imanpoor, Mohammad Reza, Taghizadeh, Vahid, 2013. Effect of copper sulfate on the survival and growth performance of Caspian Sea kutum, *Rutilus frisii kutum*. *SpringerPlus*.2(1), 498.
15. Grosell, M., Nielsen, C., Bianchini, A., 2002. Sodium turnover rate determines sensitivity to acute copper and silver exposure in freshwater animals. *Comp Biochem Physiol C*.133, 287-303.
16. Guinot, Diana, Ureña, Rocío, Pastor, Agustín, Varó, Inmaculada, Ramo, Jose del, Torreblanca, Amparo, 2012. Long-term effect of temperature on bioaccumulation of dietary metals and metallothionein induction in *Sparus aurata*. *Chemosphere*.87(11), 1215-1221.
17. Heugens, Evelyn H. W., Hendriks, A. Jan, Dekker, Tineke, Straalen, Nico M. van, Admiraal, Wim, 2001. A Review of the Effects of Multiple Stressors on Aquatic Organisms and Analysis of Uncertainty Factors for Use in Risk Assessment. *Critical Reviews in Toxicology*.31(3), 247-284.
18. IPCC, 2013. Summary for Policymakers. *Climate Change 2013: The physical science basic*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
19. Karan, V., Vitorović, S., Tutundzić, V., Poleksic, V., 1998. Functional enzymes activity and gill histology of carp after copper sulfate exposure and recovery. *Ecotoxicol Environ Saf*.40, 49-55.
20. Le, M.H., Brown, P.B., 2016. Effects of time after hormonal stimulation on milt properties in waigieu seaperch *Psammoperca waigiensis*. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*.68, 9 pages.
21. Le, M.H., Nguyen, T.H.N., Pham, P.L., 2014. Semen properties of waigieu seaperch *Psammoperca waigiensis*. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*.66, 7 pages.
22. Le, M.H., Nguyen, T.T.T., Pham, P.L., 2014. Role of antibiotics on chilled storage sperm motility of waigieu seaperch *Psammoperca waigiensis* (Cuvier and Valenciennes, 1828). *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*.66, 5 pages.
23. Le, M.H., Pham, Q.H., 2016. Sperm motilities in wigieu seaperch, *Psammoperca waigiensis*: Effects of various dilutions, pH, temperature, osmolality, and cations. *Journal of the World Aquaculture Society*.

Accepted.

24. Le, M.H., Pham, Q.H., 2017. Sperm cryopreservation of waigieu seaperch *Psammoperca waigiensis*. Cryoletters.38, 160-165.
25. Le, Minh Hoang, Pham, Hung Quoc, 2018. Seasonal Changes in the Milt Quality of Waigieu Seaperch, *Psammoperca waigiensis*: Implications for Artificial Propagation. Journal of the World Aquaculture Society.49(5), 857-866.
26. Marcussen, Helle, Løjmand, Helle, Dalsgaard, Anders, Hai, Dao M., Holm, Peter E., 2014. Copper use and accumulation in catfish culture in the Mekong Delta, Vietnam. Journal of Environmental Science and Health, Part A.49(2), 187-192.
27. Mazon, A.F., Cerqueira, C.C.C., Fernandes, M.N., 2002. Gill cellular changes induced by copper exposure in the South American tropical freshwater fish *Prochilodus scrofa*. Environ Res.88A, 52-63.
28. Mazon, A.F., Monteiro, E.A.S., Pinheiro, G.H.D., Fernandes, M.N., 2002. Hematological and physiological changes induced by short-term exposure to copper in freshwater fish, *Prochilodus scrofa*. Braz J Biol.63, 621-631.
29. Moosavi, M.J., Shamushaki, V.A.J., 2015. Effects of Different Levels of Copper Sulfate on Growth and Reproductive Performances in Guppy (*P. reticulata*). J Aquac Res Development.6, 305-309.
30. Nguyen, Xuan-Vy, Tran, Minh-Hue, Le, Trong-Dung, Papenbrock, Jutta, 2017. An Assessment of Heavy Metal Contamination on the Surface Sediment of Seagrass Beds at the Khanh Hoa Coast, Vietnam. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.99(6), 728-734.
31. Sokolova, I. M., Lannig, G., 2008. Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: implications of global climate change. Climate Research.37(2-3), 181-201.
32. Sola, F., Isaia, J., Masoni, A., 1995. Effects of copper on gill structure and transport function in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J Appl Toxicol.15, 391-398.
33. Sørensen, Jesper Givskov, Kristensen, Torsten Nygaard, Loeschcke, Volker, 2003. The evolutionary and ecological role of heat shock proteins. Ecology Letters.6(11), 1025-1037.
34. Van Heerden, D., Tiedt, L.R., Vosloo, A., 2004. Gill damage in *Oreochromis mossambicus* and *Tilapia sparrmanii* after short-term copper exposure. Int Congr Ser.1275, 195-200.