

## 低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼血清生化指标的影响

陈超<sup>1</sup>, 施兆鸿<sup>2</sup>, 薛宝贵<sup>1,3</sup>, 王鲁<sup>1</sup>,  
李炎璐<sup>1,3</sup>, 吴雷明<sup>1,3</sup>, 曲江波<sup>4</sup>, 马爱军<sup>1\*</sup>

(1.中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;

3. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306; 4. 烟台开发区天源水产有限公司, 山东 烟台 264003)

**摘要:** 研究了体质量为(300±20) g的七带石斑鱼幼鱼从12.4℃海水直接转入到8.0℃的海水中, 低温胁迫不同持续时间(0、1、2、5、10 d)血清生化指标的变化。结果表明, 低温导致AKP活性呈不规则变动, 2 d时其活性显著高于同期对照。GGT活性先升后降, 2 d时酶活性最高, 10 d酶活性最低。GOT和GPT活性随低温胁迫时间延长呈增加态势, 10 d时与同期对照组之间活性差异显著。LDH活性在胁迫前及实验时期差异均不显著。TP含量随低温胁迫时间延长而下降。GLU胁迫前期变化未达显著性差异, 但10 d时含量与对照组差异显著。TG含量先降后升, 胁迫前与实验结束时所测得的含量无显著性差异。CREA含量的变化趋势与TP相似, 也随胁迫时间而降低, 10 d时只有胁迫前(48.57±34.96) mmol/L含量的22%。低温胁迫对血清离子浓度变化未产生大的影响, 实验前、至低温胁迫10 d的测试结果均未达到显著性差异的水平。研究认为, 实验幼鱼能适应跳跃式降温胁迫; 低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼的胁迫有累积效应。在实际生产越冬期间8.0℃低温时间不宜超过10 d。

**关键词:** 七带石斑鱼; 低温胁迫; 代谢酶; 生化指标; 血清离子

**中图分类号:** Q 592.1; S 917.4

**文献标志码:** A

低温胁迫是研究鱼类耐寒机理的一个重要手段。通常, 低温胁迫包括两个方面, 冷驯化(cold acclimation)和温度骤变(acute temperature)。冷驯化指水温的缓慢降低, 一般可使鱼体内部出现补偿机制以保持内环境的稳态; 而水温的骤降则会打破这种稳定态势, 继而使鱼体出现胁迫反应(stress response)<sup>[1-2]</sup>。低温胁迫可以使鱼体产生多方面的变化, 消化吸收、耗氧率与呼吸率、代谢频率、行为行态、血液学指标等。血液是鱼体内一种重要的组织, 鱼类血液与机体的代谢、营养状态及疾病有着密切的关系, 鱼体受到外界因子影响发生生理或病理变化时, 会在血液指标中反映出来<sup>[3-5]</sup>。低温胁迫会导致机体出现一系列的神经和内分泌变化,

引起细胞新陈代谢的改变。机体神经体液调节和组织细胞代谢的改变, 必然引起血液指标的变化。其中血清中各种生理生化指标是血液学最重要的指标, 是反应动物在应激时体内物质代谢和组织器官机能状态变化的一个重要特征<sup>[6-9]</sup>。因此, 对低温胁迫条件下鱼类的血清生化指标的变化进行研究具有理论意义和实际意义。

七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*), 属鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属(*Epinephelus*), 为暖温性礁栖鱼类, 中国主要分布于黄海和东海, 因其能够耐受7~8℃的低温水, 故又称其为“冷水石斑”<sup>[11]</sup>。目前国内对七带石斑鱼研究有胚胎发育及

收稿日期: 2011-12-17

修回日期: 2012-04-14

资助项目: 科技部国际合作项目(2012DFA30360); 国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A414)

通讯作者: 马爱军, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

前期仔鱼的形态观察<sup>[12]</sup>、地理种群的形态分析<sup>[11]</sup>、染色体及核型分析<sup>[13]</sup>、肌肉营养成分评价<sup>[14]</sup>等方面;国外主要集中在繁殖生物学<sup>[15-17]</sup>和苗种培育生产<sup>[18-19]</sup>等方面,与养殖生产密切相关的低温胁迫下各生理生化指标未见研究。本实验以七带石斑鱼幼鱼为材料,探讨其在温度骤降的冷刺激条件下,不同时间段内血清酶、生化指标和离子含量的变化,为七带石斑鱼的养殖和耐寒机制的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验于2011年2月在烟台天源水产有限公司进行,实验用七带石斑鱼从同一养殖池内选取健康无伤、规格均匀的幼鱼100尾,体质量为 $(300\pm 20)$  g,体长 $(27\pm 3)$  cm。充气后运回实验池暂养,实验池为 $5\text{ m}\times 2.5\text{ m}$ ,水深1 m,暂养水温为 $12.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.2 降温实验设计

实验鱼暂养7 d后进行降温实验,从暂养池中随机挑取50尾直接转入水温为 $8.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的池内,作为实验组,另将50尾转入水温为 $12.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的池中,作为对照组。分别在低温胁迫前、低温胁迫1、2、5和10 d各取样一次,每次随机取10尾鱼。同时在对照组中同步取10尾为同期对照。实验用海水为2次过滤的海水,水质符合《海水水质标准》(GB 3097—1997)中一类海水,早晚各换同温水一次,换水前后各池水温差小于 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.3 血清制备及生化指标的测定

用MS-222麻醉样品鱼后吸干水分,用2.5 mL的一次性注射器从尾静脉抽取血,血液存放于灭菌的1.5 mL离心管中 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 静置5~6 h后, $4\ 000\text{ r/min}$ 低温离心10 min,小心收集上层血清。血清生化指标用全自动生化分析仪(日立7600型)测定。测定指标:碱性磷酸酶(AKP)、谷酰转氨酶(GGT)、谷草转氨酶(GOT)、谷丙转氨酶(GPT)和乳酸脱氢酶(LDH)5种血清酶活性;血清中总蛋白(TP)、葡萄糖(GLU)、甘油三酯(TG)和肌酐(CREA)等生化指标; $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ 4种血清离子等。所有样品当天完成测定。

### 1.4 数据统计与处理

试验数据用Excel 2007和SPSS 13.0软件进行

处理分析,差异的显著性以( $P<0.05$ )为标准,结果以平均值 $\pm$ 标准误(mean $\pm$ SE)表示。

## 2 结果

### 2.1 低温胁迫下七带石斑鱼血清酶活性的变化

碱性磷酸酶(AKP)受低温胁迫后,除2 d实验组与对照组有显著性差异( $P<0.05$ ),其他时间段都无显著性差异( $P>0.05$ )(图1)。谷氨酰转氨酶(GGT)在低温胁迫条件下酶活性先升后降,各时间段之间仅2和10 d差异显著( $P<0.05$ ),其他时间段之间都不显著( $P>0.05$ ),2 d时实验组与对照组存在显著性差异( $P<0.05$ )。谷草转氨酶(GOT)酶活性随低温胁迫时间的延长呈增加态势,10 d时与对照组之间活性差异显著( $P<0.05$ )。谷丙转氨酶(GPT)活性在低温胁迫前5 d之间无差异,而10 d时其活性增加显著,并与同期对照之间达到显著性水平。乳酸脱氢酶(LDH)活性在胁迫前及实验时期差异均不显著( $P>0.05$ )。

### 2.2 低温胁迫下七带石斑鱼血清生化指标的变化

血清总蛋白(TP)含量随低温胁迫时间延长而下降,在10 d时的TP含量与对照组及与低温胁迫前之间差异显著( $P<0.05$ ),低温胁迫对七带石斑鱼血清葡萄糖(GLU)前期影响不显著,但胁迫至10 d时GLU含量达 $(4.67\pm 2.05)$  mmol/L,与对照组差异显著( $P<0.05$ )(图2)。血清甘油三酯(TG)含量先降后升,胁迫前与实验结束时所测得的含量无显著性差异( $P>0.05$ ),但胁迫前与2和5 d之间有差异;5和10 d之间也显示出差异,血清肌酐(CREA)含量受低温胁迫的变化趋势与TP相似,也随胁迫时间而降低,并在10 d时与胁迫前及同期对照组测得的含量间都显示出显著性差异( $P<0.05$ ),只有胁迫前 $(48.57\pm 34.96)$  mmol/L含量的22%。

### 2.3 低温胁迫下七带石斑鱼血清离子含量的变化

低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼血清离子浓度的影响在本实验条件下并不显著。从实验开始前、至低温胁迫10 d的测试结果均未达到显著性差异的水平( $P>0.05$ ),血清K离子维持在 $(0.85\pm 0.15)\sim(1.12\pm 0.36)$  mmol/L的范围内,血清Na离子的浓度也始终在 $(184.76\pm 4.14)\sim(193.30\pm 3.13)$  mmol/L,由图3可见,血清Cl离子在低温胁迫后总体上有上升的趋势,但均未达到差异显著性水平,血清Ca离子浓度在低温胁迫10 d内的变动范围为 $(3.31\pm 0.21)\sim(3.61\pm 0.19)$  mmol/L。

### 3 讨论

鱼类与其他动物相同, 大部分血清酶来自特

#### 3.1 低温胁迫对七带石斑鱼血清酶的影响

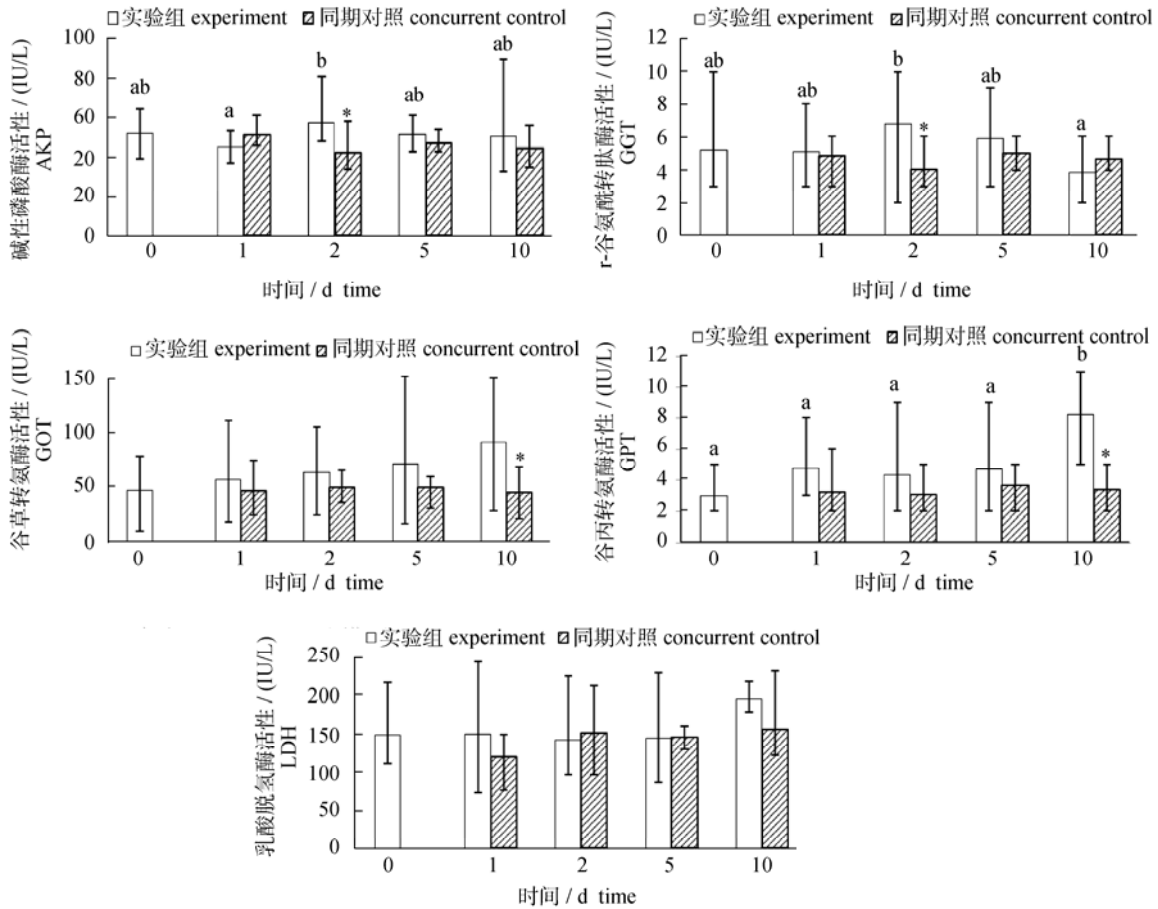


图 1 不同时间低温胁迫对血清酶活性的影响

图柱上方不同小写字母表示实验组间差异显著( $P<0.05$ ), \*表示与同期对照组之间差异显著( $P<0.05$ ), 以下各图注释同此。

Fig. 1 Effect of low temperature stress periods on serum enzyme activity

Means with different lowercase are significantly different ( $P<0.05$ ), an asterisk means significantly lower than corresponding group. The same as the following.

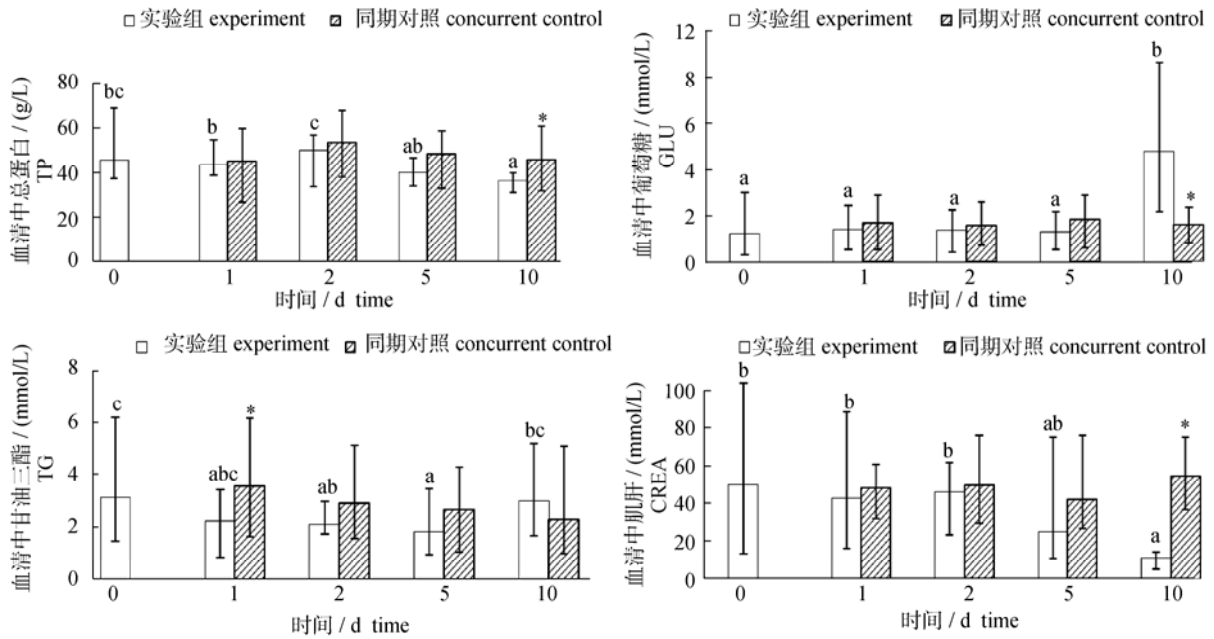


图 2 不同时间低温胁迫对血清生化指标的影响

Fig. 2 Effect of low temperature stress periods on biochemical index

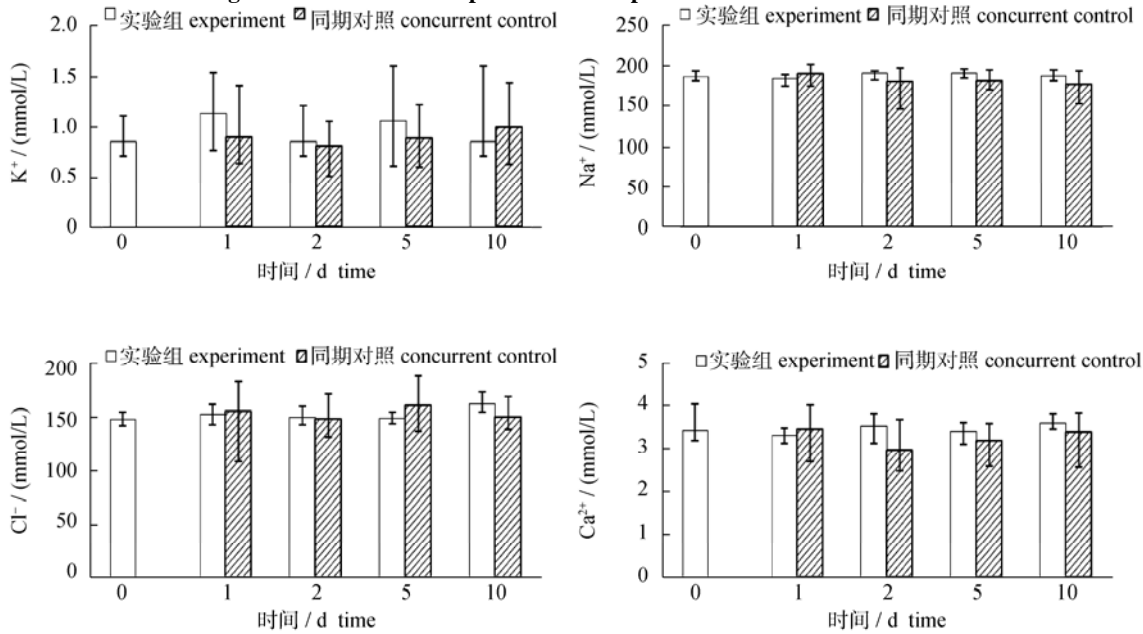


图 3 不同时间低温胁迫对血清离子的影响

Fig. 3 Effect of low temperature stress periods on ion

定的组织器官中，其活性的高低与相应组织器官的代谢水平和功能状态有关，血清酶的变化在一定程度上反映组织器官功能状态的变化<sup>[20]</sup>。GPT 和 GOT 的变化可以作为评价环境因素的改变、摄食水平和生长发育的指标<sup>[21-23]</sup>。GPT 是机体内能量代谢的关键酶，GPT 主要来源于肝脏，正常情况下，血清 GPT 较少，肝细胞质中含量较高；但是当肝脏受到损伤时，这些酶就会大量释放到血液中，

从而引起该酶的浓度上升，或活性增强，故血清 GPT 活性测定是检测肝细胞损伤程度的实验室指标<sup>[24]</sup>。本实验的结果表明，持续的低温胁迫达到 10 d 时，可能导致肝细胞受损，使肝脏中 GPT 释放到血液中使血清 GPT 活性升高。这与冀德伟等<sup>[25]</sup>报道的低温胁迫对大黄鱼(*Larimichthys crocea*)血清生化指标的结果有类似的趋势。

GGT 活性的测定对肝细胞损害程度也有较高

的指标性价值, 有研究认为, 人类的某种肝病中血清 GGT 活性与 GPT 和 GOT 活性的升高或降低呈正向线性关系<sup>[26]</sup>。但本实验结果没有得出 GGT 与 GPT 呈正向关系, 可能是两物种的差异, 或前者是病变条件下得出的结果, 因此七带石斑鱼血清 GGT 和温度的关系还有待进一步研究。

GOT 和 LDH 都是维持心肌正常生理功能的酶系指标, 在临床上与其他几种酶的检测合称为心肌 5 酶测定<sup>[27]</sup>。实验中 GOT 活性和 GPT 活性呈相同变化趋势, 在 10 d 时与同期对照之间呈显著性差异, 而 LDH 活性差异不显著。低温胁迫后, 血清 GOT 和 LDH 活性的变化可能是心肌细胞受胁迫后受损或通透性增加的结果, 这与何福林等<sup>[4]</sup>研究水温对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)血液学指标影响的结果相似。

七带石斑鱼血清 AKP 活性在实验条件下呈波浪型升降, 最后回复到胁迫前水平, 在不同时间段之间, 以及与同期对照之间都未达到差异显著性水平。AKP 在动物体内广泛存在, 是生物体内一种重要的代谢调控酶, 直接参与磷酸基团的转移和钙磷代谢, 作为鱼类溶酶体酶的重要组成部分, 在免疫机制中发挥作用<sup>[28]</sup>, 受营养状况、环境变化、疾病和年龄的影响, 会产生相应的变化<sup>[29-30]</sup>。本实验中由于 AKP 活性的变动未达显著性水平, 也可以认为在本实验条件下低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼的免疫机制或代谢未造成损害。但 AKP 活性随低温胁迫时间的延长而波动是否与七带石斑鱼免疫力呈正相关有待更多数据的证实。

### 3.2 低温胁迫对七带石斑鱼血清总蛋白、肌酐、葡萄糖和甘油三酯的影响

鱼类血清蛋白(TP)在各种生理活动中有着重要的作用, 血清 TP 的含量因种类的不同而有所差异, 并且水温对鱼类血清 TP 的影响随鱼种类的不同而异<sup>[4]</sup>。本实验中, 低温胁迫下七带石斑鱼血清 TP 浓度逐渐降低, 在 10 d 达到最低值, 此时不仅与胁迫前 2 d 的浓度显示显著性差异, 同时与同期对照组之间也差异显著, 与大多数鱼类的情况相同<sup>[15]</sup>。分析认为, 本实验条件下 5 d 血清 TP 含量变化差异不显著, 即鱼类还能维持正常的代谢, 当低温胁迫达到一定时间后(10 d)可能会导致肝脏合成蛋白的能力下降。同时, 低温条件下七带石斑鱼幼鱼停止摄食也是造成血清 TP 变化的原因之一,

低温胁迫在对生理生化等指标发生作用使其改变的同时, 对鱼类的行为、生态等方面也产生影响, 血清中生化指标的变化综合地反映了鱼体内各组织器官的状态。

一般认为, 生物当环境温度下降适应的早期, 以血糖代谢增加为主, 即体内的糖元转化为葡萄糖增加, 加快糖的分解代谢, 产生热量以增强御寒功能, 机体在代谢产热过程中, 糖大量消耗, 机体和脏器组织的抗寒能力下降<sup>[31]</sup>。随着低温胁迫的加强或胁迫时间的延长, 机体将大量的葡萄糖分解成三磷酸腺苷(ATP)提供能量, 又使葡萄糖浓度下降。本实验并没得出与此规律相符的结果, 同样常玉梅等<sup>[7]</sup>等在低温胁迫对鲤(*Cyprinus carpio*)血清生化指标影响时也并未发现低温胁迫使血清葡萄糖升高的现象, 而是在低温胁迫的后期血清中糖原含量增加。结合本实验中的其他指标综合分析认为, 本实验条件下前 5 d 的胁迫未对七带石斑鱼幼鱼产生重大影响, 随着胁迫时间的延长鱼体产生不适反应, 血清中葡萄糖含量激增。

甘油三酯(GT)是脂肪在鱼类细胞内的主要存在形式, 也是细胞膜的重要组分。常玉梅等<sup>[7]</sup>等在研究低温对鲤血清生化指标的影响中认为, 低温对肝细胞的损伤阻碍了 GT 通过肠肝循环途径进入肝脏被重吸收, 从而导致血清中 GT 含量下降。本实验说明骤降温度对七带石斑鱼幼鱼的血清 GT 影响较大, 而实验达到 10 d 时 GT 又回复到初始水平, 并与同期对照组之间差异也不显著, 表明机体开始动用体内存贮的脂肪以维持生存代谢, 可能也是受胁迫后鱼类对低温应激的一种反应。

血清肌酐(CREA)是肌酸的代谢产物, 是检测肾功能的重要指标<sup>[32]</sup>。在鱼类研究中也可以作为判别鳃组织功能正常与否的一项指标。Sano<sup>[33]</sup>研究指出, 低温下鱼体血清 CREA 水平升高, 可能是温度对试验鱼的肾脏和鳃造成损伤, 而使得对 CREA 的滤过或排泄功能弱化, 但本实验条件下未出现 Sano<sup>[33]</sup>所述的 CREA 含量增高, 这说明 5 d 低温胁迫未对七带石斑鱼幼鱼肾组织造成损害, 然后随着低温胁迫时间的延长, CREA 水平下降。

### 3.3 低温胁迫对七带石斑鱼血清离子的影响

鱼类血清中的离子在细胞代谢、体液渗透压调节和维持酸碱平衡过程中起着重要作用。冀德伟等<sup>[25]</sup>在低温胁迫对大黄鱼血清生化指标影响的

研究中发现,低温胁迫下大黄鱼血清中  $K^+$ 浓度下降,而  $Na^+$ 和  $Cl^-$ 浓度上升,研究认为  $Na^+$ 和  $Cl^-$ 浓度升高可能是大黄鱼细胞膜的渗透压调节功能弱化和通透性增加的结果。尾崎久雄<sup>[34]</sup>认为,血液中  $Cl^-$ 的活动大体是与  $K^+$ 和  $Na^{2+}$ 一起进行的。本实验中七带石斑鱼幼鱼在低温胁迫下测得的各离子成分均未达到差异显著性水平,与大黄鱼在低温胁迫下得到结果<sup>[25]</sup>不同。说明在本实验条件下低温未对七带石斑鱼幼鱼的渗透调节以及酸碱平衡造成影响。

实验结果综合分析认为,七带石斑鱼幼鱼从 12.4 °C 的水环境快速转移到 8.0 °C 的水体中,血清各生化指标与胁迫前均未出现显著性差异,说明本实验规格的幼鱼能适应跳跃式降温带来的胁迫;胁迫前 5 d 血清生化指标等均未出现显著性差异,但当 8.0 °C 水温的胁迫时间达到 10 d 则出现变化,表明低温胁迫对七带石斑鱼幼鱼的胁迫有累积效应。考虑到低温胁迫还将影响到幼鱼的摄食活动,因此在实际养殖生产越冬期间 8.0 °C 低温时间不宜超过 10 d。

#### 参考文献:

- [1] Goos H J, Consten D. Stress adaptation, cortisol and pubertal development in the male common carp, *Cyprinus carpio*[J]. Molecular and Cellular Endocrinology, 2002, 29;197(1-2): 106-116.
- [2] Engelsma M Y, Hougee S, Nap D, et al. Multiple acute temperature stress affects leucocyte population and antibody responses in common carp, *Cyprinus carpio*[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2003, 15(5): 397-410.
- [3] Selye H. Stress and the genetal adaptaion syndrome [J]. British Medical Journal, 1950, 17(1): 1383-1392.
- [4] 何福林, 向建国, 李常健, 等. 水温对虹鳟血液学指标影响的初步研究[J]. 水生生物学报, 2007, 31(3): 363-369.
- [5] 陈勇, 华雪铭, 周洪琪, 等. 壳聚糖和益生菌对异育银鲫非特异免疫功能及血清甲状腺激素、皮质醇水平的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(5): 711-717.
- [6] 董淑丽, 王占彬, 雷雪芹, 等. 热应激对动物血液生化指标的影响[J]. 家畜生态, 2004, 25(2): 54-56.
- [7] 常玉梅, 曹鼎臣, 孙效文, 等. 低温胁迫对鲤鱼血清生化指标的影响[J]. 水产学杂志, 2006, 19(2): 71-75.
- [8] Imsland A K, Gustavsson A, Gunnarsson S, et al. Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.)[J]. Aquaculture, 2008, 274(2-4): 254-259.
- [9] 彭士明, 施兆鸿, 李杰, 等. 运输胁迫对银鲟血清皮质醇、血糖、组织中糖元及乳酸含量的影响[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 831-837.
- [10] 张海发, 王云新, 林鑫, 等. 斜带石斑鱼血液性状及生化指标的研究[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2004, 2(1): 102-107.
- [11] 王新安, 马爱军, 陈超, 等. 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 655-660.
- [12] 陈超, 赵明, 柳学周, 等. 七带石斑鱼胚胎和仔稚鱼形态观察[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 24-31.
- [13] 钟声平, 陈超, 王军, 等. 七带石斑鱼染色体核型研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 150-155.
- [14] 程波, 陈超, 王印庚, 等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57.
- [15] 土橋靖史, 栗山功, 岡田一宏, 等. クエ・マハタ種苗量産技術確立事業-I (種苗生産技術開発)[R]. 平成 14 年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 2003: 108-109.
- [16] Shein N L, Chuda H, Arakawa T, et al. Ovarian development and final oocyte maturation in cultured sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*[J]. Fisheries science, 2004, 70(3): 360-365.
- [17] 土橋靖史. マハタの種苗生産技術開発に関する研究[R]. 三重県科セ水研報. 志摩: 三重県水産研究所, 2005, 12: 23-51.
- [18] Sabate F S, Sakakura Y, Shiozaki M, et al. Onset and development of aggressive behavior in the early life stages of the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*[J]. Aquaculture, 2009, 290(1-2): 97-103.
- [19] 北島力, 高屋雅生, 塚島康生, 等. マハタの卵内発生および飼育による仔稚魚の形態変化[J]. 魚類学雑誌, 1991, 38(1): 47-55.
- [20] 刘纯燕, 刘同英, 曹志亭, 等. 梯度高温对鸡蛋血清酶的影响[J]. 莱阳农学院学报, 2000, 17(2): 142.
- [21] Alexin M N, Papaparaskeva-Papoutsoglou E. Amino-transferaseactivity in the liver and white muscle of *Mugil capito* feddiets containing different levels of proteins and carbohydrates[J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1986, 83(1): 245-249.
- [22] Samsonova M V, Minkova N O, Lapteva T I, et al. Aspartate-and alanine aminotransferase in early development of the keta[J]. Russian Journal of Developmental Biology, 2003, 34(1): 14-18.
- [23] Jürss K, Bittorf T, Vökler T, et al. Effects of temperature, food deprivation, and salinity on growth, RNA/DNA ratio and certain enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2003, 135(1): 1-10.

- emistry and Physiology-Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1987, 87(2): 241-253.
- [24] 刘锡光. 病毒性肝炎实验诊断学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 313-312.
- [25] 冀德伟, 李星云, 王天柱, 等. 不同低温胁迫时间对大黄鱼血清生化指标的影响[J]. 水产科学, 2009, 28(1): 1-4.
- [26] 高巧燕, 雷雅玲. 慢性乙型肝炎血清谷氨酰转肽酶含量测定的临床意义[J]. 现代中西医结合杂志, 2010, 19(10): 1266-1267.
- [27] 涂学亮, 杨秀珍. 心肌 5 种酶测定的临床价值[J]. 新乡医学院学报, 2002, 19(4): 268-270.
- [28] 孙虎山, 李光友. 栉孔扇贝血淋巴中 ACP 和 AKP 活性及其电镜细胞化学研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 6-9.
- [29] 陈清西, 张吉, 庄总来, 等. 锯缘青蟹碱性磷酸酶分离纯化及部分理化性质研究[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(4): 362-367.
- [30] 陈瑛, 邱子健, 隋淑光, 等. 棘尾虫酸性磷酸酶的定位及诱导表达[J]. 动物学报, 2003, 49(2): 218-223.
- [31] 邵同先, 张苏亚, 康健, 等. 低温环境对家兔血清蛋白、血糖和钙含量的影响[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(5): 379-380.
- [32] 巫向前. 临床检验结果评价[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 292-294.
- [33] Sano T. Haematological studies of the culture fishes in Japan[J]. Journal of Tokyo University of Fisheries, 1962(48): 105-109.
- [34] 尾崎久雄. 鱼类血液循环生理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982.

## Influence of low-temperature stress on serum biochemical parameters in juvenile *Epinephelus septemfasciatus*

CHEN Chao<sup>1</sup>, SHI Zhao-hong<sup>2</sup>, XUE Bao-gui<sup>1,3</sup>, WANG Lu<sup>1</sup>, LI Yan-lu<sup>1,3</sup>,  
WU Lei-ming<sup>1,3</sup>, QU Jiang-bo<sup>4</sup>, Ma Ai-jun<sup>1\*</sup>,

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. Yantai Tianyuan Aquatic Limited Corporation, Yantai 264003, China)

**Abstract:** Serum biochemical parameters were investigated in juvenile *Epinephelus septemfasciatus* (300 ± 20 g) subjected to low-temperature stress. The experimental fish at a temperature of 12.4 °C were directly shifted to a lower temperature seawater (8.0 °C) for 0, 1, 2, 5, 10 days. The results showed that, the activity of serum AKP showed an irregular variation trend as a result of low temperature stress, and was significantly higher than that in cold water at 2 days. Enzyme activity of GGT showed a parabolic trend with the maximum efficiency in cold water for 2 days, and minimum for 10days. Glutamate-oxaloacetate (GOT) and glutamyl-transpeptidase (GPT) were increased with the increasing stress duration, and the activities of GOT and GPT at low temperature were significantly higher than those in control group. Enzyme activities of LDH showed insignificant change during the experimental duration. The concentration of serum total protein (TP) showed a descending trend. There was a slight change in concentration of GLU during the prophase of experiment, while the concentration of GLU exposed to low temperature stress at 10 days was 3.9 times high than that in the control group. The concentration of serum TG decreased at earlier stage and mounted at the end of experiment, and no significant difference in TG concentration was found between the initial and end of experiment. CREA concentration showed a similar trend with the TP concentration, declined to 22% of original concentration (48.57±34.96 mmol/L). During the whole experimental duration, no significant difference was found in serum ionic density. In conclusion, juvenile fish with similar size in this experiment can withstand sudden low-temperature change stress and the stress has cumulate effects on juvenile *Epinephelus septemfasciatus*, indicating that during winter the time of fish kept at 8 °C should not exceed 10 days in practice.

**Key words:** *Epinephelus septemfasciatus*; low-temperature stress; metabolic enzymes; biochemical parameters; serum ion

**Corresponding author:** MA Ai-jun. E-mail: maaj@ysfri.ac.cn