

## 温度对宝石鲈生长及血液生化免疫指标的影响

张娜, 罗国芝, 谭洪新, 孙大川, 潘云峰, 郑海粟

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 宝石鲈(*Scortum barcoo*)初始体质量为 $(107.52 \pm 0.87)$  g, 分别在 16℃、22℃和 28℃3 个水温处理组养殖 28 d 后对其生长及血液生化免疫指标进行检测, 结果表明: 生活在不同水温环境中的宝石鲈表现出不同的生长特性, 22℃和 28℃的特定生长率显著高于 16℃温度处理组, 22℃和 28℃之间无显著差异( $P > 0.05$ ), 水温对宝石鲈的日增重(DWG)、特定生长率(SGR)、食物转化率(FCR)和摄食率(FR)有着显著的影响( $P < 0.05$ ); 水温对宝石鲈的血液生化免疫指标影响各异, 谷丙转氨酶活性随着温度的升高逐步下降, 甘油三酯、溶菌酶、皮质醇水平随温度升高呈上升趋势, 脾脏脏系数先上升后下降。统计分析表明, 水温对谷丙转氨酶、甘油三酯、溶菌酶和脾脏脏系数数的影响不显著( $P > 0.05$ ); 对皮质醇有显著性影响( $P < 0.05$ )。综合比较认为, 宝石鲈在水温 25~26℃时具有较优的养殖效果, 水温升至 28℃会对宝石鲈形成慢性胁迫, 从而引起皮质醇含量的升高。本研究旨在为宝石鲈人工养殖生产提供理论指导。[中国水产科学, 2010, 17(6): 1236–1242]

**关键词:** 宝石鲈; 水温; 生长率; 血液; 生化免疫指标

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005–8737–(2010)06–1236–07

温度作为影响鱼类生存、生长、繁殖的重要环境因子之一, 对鱼类新陈代谢反应速率起控制作用, 从而影响着生理生化进程<sup>[1]</sup>, 而血液与机体的代谢、营养状况、疾病及环境等密切相关, 因此血液学指标可被广泛应用于评价鱼类的健康、营养及对环境的适应状况<sup>[2]</sup>。在循环水养殖系统中多采用控温技术养殖名贵鱼类, 因此研究鱼类在不同温度下的养殖效果对于开展健康养殖、节省能耗都有重要意义。关于鱼类的最适生长温度, 已有许多学者做过大量研究。刘家寿等<sup>[3]</sup>认为鳊(*Siniperca chuatsi*)和乌鳢(*Ophicephalus argus* Cantor)的最适生长温度是一段最适温度平台, 白斑狗鱼(*Esox lucius*)<sup>[4]</sup>最适生长水温应在 23℃; 但也有学者发现在一定温度范围内, 鱼类的最大摄食率和生长率并无显著差异<sup>[5–6]</sup>。

宝石鲈学名高体革鲈(*Scortum barcoo*), 是一种原产于澳大利的优良淡水鱼类, 近年来引入中

国并在多地成功进行循环水工厂化养殖<sup>[7–10]</sup>。目前国内有关宝石鲈生理生态学的报道较少, 尚未发现温度对宝石鲈生长影响方面的研究。本研究就宝石鲈在不同温度下的生长情况进行实验分析, 同时比较不同温度条件下的血液生化免疫指标, 以期今后宝石鲈在循环水养殖系统中的最适养殖环境调控提供技术参数与理论指导。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

宝石鲈购自广东佛山市南海区西郊显恒水产农业有限公司, 实验前于系统内常温下暂养 1 个月, 以消除运输胁迫对实验对象的影响。实验初鱼体质量为 $(107.52 \pm 0.87)$  g。整个养殖期间投喂“通威”牌颗粒人工配合饲料(粗蛋白质 $\geq 44.0\%$ , 粗纤维 $\leq 5.0\%$ , 粗灰份 $\leq 18.0\%$ , 钙 $1.00\% \sim 4.00\%$ , 总磷 $\geq 1.20\%$ , 食盐 $0.50\% \sim 3.00\%$ , 赖氨酸 $\geq$

收稿日期: 2009–11–09; 修订日期: 2009–12–17.

基金项目: 上海市重点学科建设项目(S30701).

作者简介: 张娜(1986–), 女, 硕士研究生, 研究方向为设施渔业健康养殖工艺. E-mail: zhangna19860101@163.com

通讯作者: 孙大川(1981–), 讲师, 研究方向为循环水养殖系统水处理工艺及健康养殖技术. E-mail: dcsun@shou.edu.cn

2.50%, 水分 $\leq$ 12.0%)。

1.2 实验设施

采用简易循环水养殖系统(图 1), 每个系统包括 4 个缸, 其中 2 个用作养殖, 1 个用作暂养, 另外一个为砂滤缸, 每个系统外接一套生物过滤器和一个控温仪。实验用水是自来水经过砂滤、生物过滤、曝气后备用, 24 h 连续充气, pH 6.5~7.5, 溶氧 5~6 mg/L。

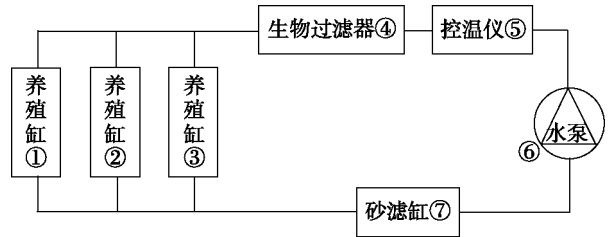


图 1 宝石鲈养殖系统配置图

Fig. 1 Construction of Recirculating aquaculture system for *Scortum barcoo*  
①—③: Culture tan; ④ Bio-filter; ⑤ Temperature control;  
⑥ Pump; ⑦ Sand filter.

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计 宝石鲈生存水温为 10~38℃之间<sup>[11]</sup>, 本实验在此温度范围内设置 3 个温度梯度处理组, 分别为 16℃、22℃和 28℃。挑选健康、规格相近的鱼用于实验。每组设 2 个重复, 每缸初始放养密度为 32 kg/m<sup>3</sup>。然后按每 6 h 升高 1℃的速率升温或降温至实验温度, 使各组实验鱼适应 3 d 后开始正式实验, 饲养周期为 28 d。实验期间每天于上午 9:00、下午 5:00 饱食投喂 2 次。

1.3.2 鱼类生长实验 每天观察并记录鱼的摄食量及死亡数。实验开始和结束时测定各池鱼的体质量, 且每周随即取 10 尾鱼测定体质量和体长。选择特定生长率(Specific growth rate)、日增重(Day weight gain)、饵料系数(Feed conversion ratio)、摄食率(Feed ration)及存活率作为主要的生长性能指标, 其中:

特定生长率(SGR) =  $100(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$   
日增重(DWG) =  $(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$   
饵料系数(FCR) =  $F / [n(W_2 - W_1)]$   
摄食率(FR) =  $200F / [(W_2 + W_1)n(t_2 - t_1)]$   
存活率 =  $100 \times (\text{存活鱼体数} / \text{初始鱼体数})$

式中,  $W_1$ 、 $W_2$  分别为初始体质量(g)、终末体质量(g),  $F$  为食物总摄入量(g),  $n$  为实验对象个体数量。

1.3.3 血液生化及免疫指标的测定 实验结束后停食 1d, 每组随机取 10 尾鱼, 采样前将鱼迅速捞起并立即投入质量浓度为 200 mg·L<sup>-1</sup> 的 MS-222 中做快速深度麻醉后, 然后进行称重、采血、解剖取脾脏。用一次性注射器在尾静脉处取血, 经过 3 500 r/min 离心分离 20 min, 收集血清, 送上海达安医学检测中心检测。具体方法如下:

谷丙转氨酶(ALT): 采用日立高科技贸易(上海)有限公司研制的谷丙转氨酶试剂盒进行测试。

甘油三酯: 采用日立高科技贸易(上海)有限公司研制的甘油三酯试剂盒进行测试。

溶菌酶: 采用南京建成生物工程研究所的溶菌酶试剂盒进行测试。

皮质醇: 酶联免疫吸附法。

脾体系数: 即脾脏质量与体质量之比。采集血样后, 摘取脾脏, 用生理盐水稍加冲洗, 吸水纸吸干表面水分, 立即在电子秤上称重。

1.4 日常管理

实验期间, 每天用日光灯进行光照调节, 保证有 10~11 h 的光周期。每日上午 10:00 利用 YSI(YSI Incorporated, Yellow Springs, Ohio 45387 USA)监测水中溶氧、pH 和盐度, 水温随时监测, TAN、NH<sub>3</sub>-N 和 NO<sub>2</sub>-N 每周测定 3 次(表 1), 以确保水环境不会成为鱼类生长的限制因素(分子氨 $\leq$ 0.02 mg·L<sup>-1</sup>)。当 pH 值低于 6.5 时通过添加 NaOH 来调节。在此期间, 当水质极其恶化时, 可通过适当地换水(取自预先加热或冷却的经过曝气的自来水), 以确保实验正常进行。

| 表 1 不同温度处理组中的水质情况                                               |           |           |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Tab. 1 Water indices of different temperatures $\bar{x} \pm SD$ |           |           |           |
| 水质指标<br>Water Indices                                           | 16 ℃      | 22 ℃      | 28 ℃      |
| pH                                                              | 6.82±0.30 | 6.57±0.14 | 6.56±0.38 |
| 溶氧 DO                                                           | 6.02±0.40 | 5.02±0.45 | 5.68±0.46 |
| 盐度 Salinity                                                     | 0.74±0.17 | 0.67±0.09 | 0.80±0.15 |
| TAN/(mg·L <sup>-1</sup> )                                       | 1.56±0.12 | 2.77±0.16 | 2.92±0.19 |
| NH <sub>3</sub> -N /(μg·L <sup>-1</sup> )                       | 4.20±0.33 | 3.61±0.21 | 7.30±0.49 |
| NO <sub>2</sub> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )                        | 0.12±0.01 | 0.10±0.01 | 0.13±0.01 |

1.5 统计分析

实验数据用平均值±标准差( $\bar{x} \pm SD$ )表示, 使用 SPSS 16.0 软件对数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), 显著性水平分别设为 0.05 和 0.01。以最小显著极差法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同温度对宝石鲈的生长性能的影响

2.1.1 生长性能指标 3 个不同温度处理组宝石鲈的初体质量、末体质量、日增重、特定生长率、饵料系数、摄食率分别列于表 2。实验期间各温度处理组的存活率皆为 100%。通过对不同温度处理组的 SGR 统计结果可以发现: 在 16~28℃

温度范围内, 随着温度的升高, 宝石鲈的 SGR 随着增加, 但随着温度的进一步升高, 在 28℃时的 SGR 反而比 22℃低。方差分析结果表明, 水温对宝石鲈的 SGR 和 DWG 有着极显著性影响( $P<0.01$ )。实验初期(0~7 d), 28℃处理组的 DWG 最大, 16℃处理组的 DWG 最小, 并且显著( $P<0.05$ )低于其他各处理组; 随着实验时间的延长, 22℃处理组的生长越来越具有优势。多重比较表明, 生活在 22℃和 28℃组中的宝石鲈的末体质量、DWG、SGR 都显著高于 16℃处理组( $P<0.05$ )。水温对 FCR 的影响显著( $P<0.05$ ), 其中 16℃组的宝石鲈的 FCR 最低(表 2 和图 2)。

表 2 不同温度处理组中的宝石鲈生长情况  
Tab. 2 Growth of *Scortum barcoo* cultured at different temperatures  $n=10; \bar{x} \pm SD$

| 处理组<br>Treatment | 初体质量/g<br>Initial BW     | 末体质量/g<br>Final BW       | DWG/(g·d <sup>-1</sup> ) | SGR/%                   | FCR                    | FR/%                   |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 16℃              | 108.80±1.25 <sup>a</sup> | 138.65±1.04 <sup>a</sup> | 1.07±0.04 <sup>a</sup>   | 0.86±0.035 <sup>a</sup> | 0.72±0.08 <sup>a</sup> | 0.62±0.04 <sup>a</sup> |
| 22℃              | 108.75±1.74 <sup>a</sup> | 163.35±1.42 <sup>c</sup> | 1.95±0.05 <sup>b</sup>   | 1.45±0.030 <sup>b</sup> | 1.11±0.05 <sup>b</sup> | 1.59±0.10 <sup>b</sup> |
| 28℃              | 105.00±1.41 <sup>a</sup> | 157.30±1.53 <sup>b</sup> | 1.87±0.04 <sup>b</sup>   | 1.44±0.050 <sup>b</sup> | 1.09±0.01 <sup>b</sup> | 1.56±0.05 <sup>b</sup> |

注: 同一列中参数上方字母不同代表有显著性差异( $P<0.05$ ), 相同则无显著性差异( $P>0.05$ ).  
Note: The different letters on the parameters in one row mean significant differences ( $P<0.05$ ); the same ones mean no significant differences ( $P>0.05$ ).

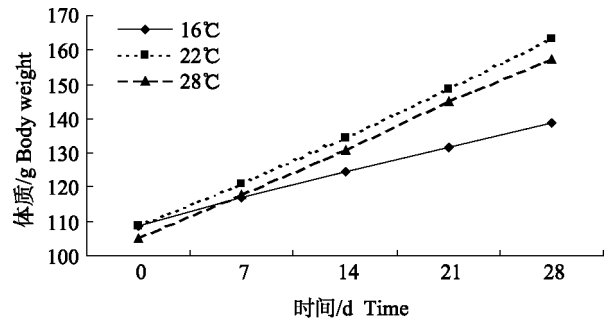


图 2 不同水温环境中宝石鲈体质量的变化  
Fig. 2 Body weight of *Scortum barcoo* under different water temperature treatments

2.1.2 最适生长温度和最适摄食温度 利用二次方程拟合 SGR 和温度( $T$ )的回归曲线(图 3)得出回归方程:  $SGR = -3.6 + 0.041 \cdot 2T + (-0.008)T^2$  ( $R^2 = 0.980$   $P<0.01$ ), 通过对曲线求导数计算极值的方法求得 25.75℃时 SGR 取得最大值。

各组宝石鲈的摄食量随温度不同而各异, 22℃和 28℃处理组的摄食率显著高于 16℃处理组

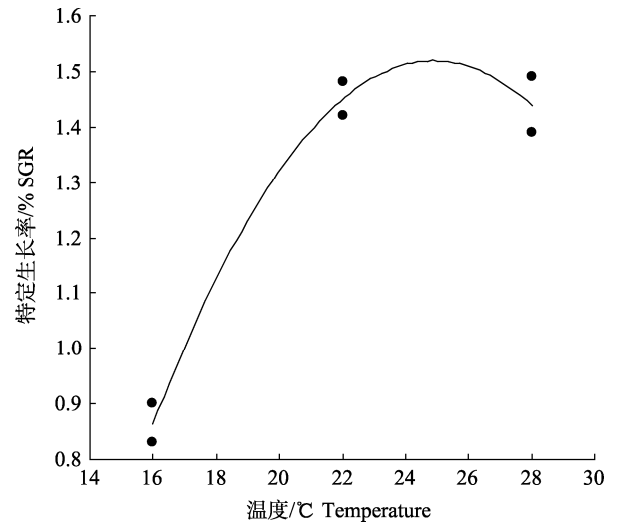


图 3 宝石鲈特定生长率与水温之间的相关曲线  
Fig. 3 Correlation between water temperature and SGR of *Scortum barcoo*

( $P<0.05$ )。温度对摄食率有着极显著的影响( $P<0.01$ )(表 1), 摄食率(FR)与温度之间的相关性可用二次方程拟合得出回归曲线(图 4):  $FR = -6.793 +$

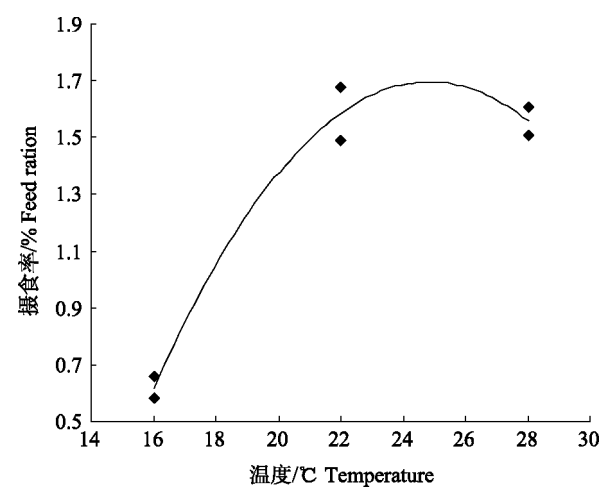


图 4 宝石鲈摄食率与水温之间的相关曲线

Fig. 4 Correlation between water temperature and feed ration of *Scortum barcoo*

$0.683T+(-0.014)T^2$  ( $R^2=0.979$   $P<0.01$ ), 求得最大摄食率的水温为  $24.39^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.2 不同温度对宝石鲈的血液生化及免疫指标的影响

不同温度下多个血液生化免疫指标出现显著性差异(表 3), 通过对不同温度处理组的血液及免疫指标结果统计可以发现: 在  $16\sim 28^{\circ}\text{C}$  温度梯度中, 随着温度的升高, 宝石鲈的谷丙转氨酶含量递减, 各温度处理组之间无差异性显著( $P>0.05$ ); 甘油三酯的含量随温度上升呈递增趋势, 但各温度处理组之间无显著性差异( $P>0.05$ )。

溶菌酶和皮质醇的含量随着温度的升高呈递增趋势, 水温对宝石鲈的溶菌酶含量没有显著性

表 3 不同温度处理组中的宝石鲈血液生化免疫指标

| Tab. 3 Biochemical and immunological parameters of <i>Scortum barcoo</i> under different temperatures |                                               |                                                            |                                                  |                                                   |                              | $n=10; \bar{x}\pm\text{SD}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 处理组<br>Treatment                                                                                      | 谷丙转氨酶/( $\text{u}\cdot\text{L}^{-1}$ )<br>ALT | 甘油三酯/( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )<br>Triacylglycerol | 溶菌酶/( $\text{u}\cdot\text{L}^{-1}$ )<br>Lysozyme | 皮质醇/( $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ )<br>Cortisol | 脾体系数%<br>Spleen weight index |                             |
| $16^{\circ}\text{C}$                                                                                  | $5.00\pm 0.18^{\text{a}}$                     | $5.64\pm 0.19^{\text{a}}$                                  | $39.58\pm 1.84^{\text{a}}$                       | $8.68\pm 2.06^{\text{a}}$                         | $0.061\pm 0.002^{\text{a}}$  |                             |
| $22^{\circ}\text{C}$                                                                                  | $4.61\pm 0.33^{\text{a}}$                     | $5.82\pm 0.29^{\text{a}}$                                  | $41.73\pm 1.30^{\text{a}}$                       | $14.50\pm 1.53^{\text{a}}$                        | $0.072\pm 0.004^{\text{a}}$  |                             |
| $28^{\circ}\text{C}$                                                                                  | $4.28\pm 0.35^{\text{a}}$                     | $6.28\pm 0.23^{\text{a}}$                                  | $42.86\pm 1.35^{\text{a}}$                       | $33.23\pm 2.62^{\text{b}}$                        | $0.060\pm 0.006^{\text{a}}$  |                             |

注: 同一列中参数上方字母不同表示有显著性差异( $P<0.05$ ), 相同则无显著性差异( $P>0.05$ )。  
Note: The different letters on the parameters in the same column mean significant differences ( $P<0.05$ ); the same ones mean no significant differences( $P>0.05$ ).

影响( $P>0.05$ ); 而对于皮质醇含量,  $28^{\circ}\text{C}$  处理组分别与  $16^{\circ}\text{C}$ 、 $22^{\circ}\text{C}$  处理组存在极显著性差异( $P<0.01$ ),  $16^{\circ}\text{C}$  和  $22^{\circ}\text{C}$  处理组之间无显著性差异( $P>0.05$ )。

经过 4 周养殖后,  $16^{\circ}\text{C}$  和  $22^{\circ}\text{C}$  处理组脾体系数平均值分别为  $0.061\%$  和  $0.060\%$ , 两值均低于  $22^{\circ}\text{C}$  处理组的  $0.072\%$ , 方差分析结果表明, 水温对宝石鲈的脾脏脏器官系数无显著性影响( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 温度对宝石鲈生长的影响

自然环境下, 温度是随着时间与空间变化而变化的环境因子。它不仅影响水体的许多理化因子, 而且直接影响鱼类本身的生理活动。鱼类的最适生长水温, 是指在生态和营养条件良好的情况下, 鱼类生长最快, 相对增重最大时的水温。鱼类是变温动物, 在适宜的温度范围内, 温度越高,

生长愈快<sup>[12]</sup>。何英等<sup>[13]</sup>曾报道当水体温度为  $30^{\circ}\text{C}$  时, 莫桑比克白仔鳗(*Anguilla mossambica*)的特定生长率达到最大、生长达到最佳, 故其最适温度应在  $30^{\circ}\text{C}$ 。Tomas Arnason 等<sup>[14]</sup>报道, 不同体质量的大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)的最适生长温度不同:  $1\text{g}$ 、 $10\text{g}$ 、 $100\text{g}$ 、 $1\,000\text{g}$  大菱鲆的最适生长温度分别为  $22.5^{\circ}\text{C}$ 、 $20.8^{\circ}\text{C}$ 、 $19.1^{\circ}\text{C}$  和  $17.5^{\circ}\text{C}$ 。

研究显示, 当水温由  $16^{\circ}\text{C}$  增加到  $28^{\circ}\text{C}$  时, 宝石鲈的特定生长率存在极显著差异( $P<0.01$ ),  $22^{\circ}\text{C}$  和  $28^{\circ}\text{C}$  的特定生长率显著高于  $16^{\circ}\text{C}$  温度处理组, 但  $28^{\circ}\text{C}$  时的特定生长率比  $22^{\circ}\text{C}$  稍低, 这种变化趋势可能是随着温度的升高, 宝石鲈用于维持基础代谢的能量增加, 而用于鱼体生长的能量减少, 从而使特定生长率下降。鱼类的生长与温度之间的关系一般都可以用曲线回归方程来表示<sup>[15]</sup>。宝石鲈的特定增长率和养殖温度之间也存在着显著的二次曲线相关, 并且根据回归方程统计得出最

大生长率温度为 25.75℃。本实验中宝石鲈的最适生长温度(25.75℃)要稍高于其最大摄食率温度(24.39℃),与李大鹏等<sup>[15]</sup>对施氏鲟幼鱼的研究结果略有不同(最适生长温度低于最大摄食率温度),这可能是由于不同实验对象间存在差异或者由于不同实验的饵料类型及其组分<sup>[16]</sup>、鱼体规格<sup>[17]</sup>、光周期<sup>[18]</sup>等实验条件差异所造成的。因此,还需进一步研究这些因素的交互作用对宝石鲈生长的影响,并依此来合理调节养殖水温,以保证在宝石鲈的养殖过程中,尽可能将水体环境维持在宝石鲈的适宜生长水温范围内以获得最佳养殖效益。综合研究结果初步显示,宝石鲈在循环水养殖系统中最适生长水温在 25~26℃。

一般说来,当饵料不受限制时,在一定的温度范围内,鱼类的摄食率和生长率随温度的升高而增大。当超过最适水温时,鱼类的摄食率和生长率反而会下降<sup>[19]</sup>。这可能是因为维持生长的能量需求会随着温度的升高而不断升高,在摄入的能量中用于生长的份额会下降,食物转化效率降低<sup>[20]</sup>。本实验期间,16℃温度处理组的特定生长率和摄食率均低于 22℃、28℃温度处理组,这或许是由于宝石鲈在 16℃的较低水温环境中生活而引起摄食量减少,从而导致其生长缓慢。但是,16℃处理组的饵料系数最低,这也许与宝石鲈在低温环境中活动量减少,所摄入的能量可以大部分用于生长有关。本实验中,22℃、28℃温度处理组的日增重、特定生长率和摄食率之间无显著性差异,说明在 22℃下宝石鲈的养殖效益依旧很好,这为在循环水养殖系统中采取控温措施(减少温控能耗)提供了一定的依据。

### 3.2 温度对宝石鲈血液生化及免疫指标的影响

研究表明,脾脏是鱼类重要的抗体产生器官,且都有黑色素吞噬细胞,在鱼类的免疫保护方面具有重要意义<sup>[21]</sup>。一般可以选择免疫器官重量的变化作为水产动物免疫功能研究的指标<sup>[22]</sup>。本实验中,水温对宝石鲈的脾体系数无显著性影响( $P>0.05$ )。

动物血液的生化参数是动物机体健康状况的主要指标,也是其疾病诊断和测定的依据之一,

鱼类血液生化指标虽然受诸多因素的影响,但仍然能够反映该鱼类的健康状况和生理状况。谷丙转氨酶是广泛存在于动物组织细胞线粒体内的重要氨基转移酶,在正常情况下,血清中的谷丙转氨酶只有微量,但当心肝等内脏器官发生损伤时,组织内谷丙转氨酶的活性将降低而血清内这种酶的活性将升高<sup>[23-25]</sup>。目前针对宝石鲈健康养殖研究的血液学数据较少,谷丙转氨酶的健康范围也尚未进行界定,本实验中,各温度处理组的血清谷丙转氨酶与陈寅儿等<sup>[26]</sup>所测得的健康鲈鱼的数值相近,综合上述两指标初步表明温度未对鱼体内脏器官产生影响。

一般说来,水温可以改变脂肪分解速率或对脂肪酸的再酯化有一定的影响,而且脂解作用总是超过氧化作用<sup>[27]</sup>。支兵杰等<sup>[28]</sup>研究了水温对怀头鲇甘油三酯的影响发现:在 4~30℃温度梯度中,甘油三酯含量先上升后下降。而本研究中,甘油三酯含量随温度升高呈微弱递增趋势,这可能与物种差异有关,具体原因有待进一步研究。

溶菌酶是吞噬细胞杀菌的物质基础,具有机体防御的功能,在动物免疫研究中,血清溶菌酶活力是衡量动物体非特异性免疫力的一个重要量化指标<sup>[29]</sup>,其活性变化可以反映鱼类非特异性免疫力的变化,即溶菌酶活性升高,鱼类的非特异性免疫功能增强<sup>[30]</sup>。本研究中,各温度处理组的溶菌酶水平没有显著性差异。Roed 等<sup>[31]</sup>的研究结果认为胁迫后血液溶菌酶水平是先降后升;Mock 等<sup>[32]</sup>和 Yin 等<sup>[33]</sup>认为,慢性胁迫会导致溶菌酶活性降低。这些不同的结果表明,胁迫后鱼体溶菌酶水平变化的趋向可能受到诸多因素的影响,如胁迫的强度以及持续时间等。

鱼类在受到环境胁迫后发生一系列级联反应,最后由肾间组织产生以皮质醇为主的皮质类固醇,并释放到血液中去。研究表明,对于硬骨鱼类,皮质醇是一种与应激有关的重要激素,血清皮质醇水平的变化常被当作是胁迫反应的主要指标<sup>[34-35]</sup>。Chen 等<sup>[36]</sup>研究发现鲤经过急性低温(4℃)胁迫后,其皮质醇水平下降,但长期慢性胁迫后,皮质醇水平又恢复到与对照组相当的水平。Cataldi 等<sup>[35]</sup>

也得出低温胁迫同样会降低鲟的皮质醇水平的结果。而 Carine Luisa Lermen 等<sup>[37]</sup>认为, 皮质醇水平在急性和慢性温度胁迫中均未发生显著变化。本实验中, 经过 4 周养殖后皮质醇的含量随着温度的升高呈显著的递增趋势, 28℃处理组的血液皮质醇含量(33.23 ng·mL<sup>-1</sup>)显著( $P<0.05$ )大于 16℃、22℃处理组(8.68 ng·mL<sup>-1</sup>和 14.50 ng·mL<sup>-1</sup>)。另外在进行采血时, 通过对鱼进行快速深度麻醉而避免了因人为操作产生的应激所造成的皮质醇水平升高, 28℃处理组的高含量的皮质醇可能是因为高温已对宝石鲈形成了慢性胁迫, 从而引起皮质醇含量的升高。今后的进一步研究应侧重于各种血液指标的高低与宝石鲈的生理功能的关系, 以及宝石鲈谷丙转氨酶、甘油三酯、溶菌酶、皮质醇等正常值范围的确定。

#### 参考文献:

- [1] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1999: 185–188.
- [2] 程超, 施光美. 饥饿对鲫鱼血液生理生化指标和流变学性质的影响[J]. 水产渔业科学, 2008, 24(1): 516–519.
- [3] 刘家寿, 崔奕波, 刘健康. 鳊和乌鳢最适温度的研究[J]. 水生生物学报, 2002, 26(5): 433–437.
- [4] 黄宁宇, 夏连军, 么宗利. 养殖密度和温度对白斑狗鱼在设施养殖中生长的影响[J]. 水产学报, 2006, 30(1): 76–80.
- [5] Larsson S, Berglund I. Growth and food consumption of arctic char fed pelleted or natural food at six different temperatures[J]. Fish Biol, 1998, 52: 230–242.
- [6] Ellis C S, Watanabe W O, Ellis E P. Temperature effects on feed utilization and growth of postsettlement stage Nassau groper[J]. Trans Amer Fish Soc, 1997, 126: 309–315.
- [7] 刘艳红, 罗国芝, 孙佩英, 等. 在闭合循环水产养殖系统中养殖高体革鲈的效果[J]. 上海海洋大学学报, 2003, 12(2): 130–134.
- [8] 叶奕佐, 叶峰. 高体革鲈生物学特性初步观察[J]. 水产科技情报, 2004, 31(1): 25.
- [9] 吴洪星, 梁亚丁, 袁灿东, 等. 澳洲宝石鱼在闭合循环水产养殖系统中的高密度苗种培育试验[J]. 齐鲁渔业, 2005, 22(7): 27–28.
- [10] 孙大川, 谭洪新, 罗国芝, 等. 养殖密度对宝石鲈生长性能和血液生化指标的影响[J]. 渔业现代化, 2009, 36(2): 12–15.
- [11] 武海峰. 澳洲宝石鲈的人工养殖技术[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(1): 39–41.
- [12] 汪锡钧, 吴安定. 几种主要淡水鱼类温度基准值的研究[J]. 水产学报, 1994, 18(2): 93–100.
- [13] 何英, 阮成旭, 袁重桂. 温度对莫桑比克仔鳗生长的影响[J]. 福州大学学报, 2009, 37(2): 290–293.
- [14] Tomas Arnason, Bjorn Bjornsson, Agnar Steinarrsson, et al. Effects of temperature and body weight on growth rate and feed conversion ratio in turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Aquaculture, 2009, 295: 218–225.
- [15] 李大鹏, 庄平, 严安生, 等. 施氏鲟幼鱼摄食和生长的最适水温[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 294–299.
- [16] Jobling. Fish Bioenergetics[M]. London: Chapman and Hall, 1994.
- [17] Imsland A K, Sunde L M, Folkvord A, et al. The interaction of temperature and fish size on growth of juvenile turbot[J]. J Fish Biol, 1996, 49: 926–940.
- [18] Woiwode J G, Adelman I R. Effects of temperature, photoperiod, and ration size on growth of hybrid striped bass × white bass[J]. Trans Am Fish Soc, 1991, 120: 217–229.
- [19] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369–383.
- [20] Diana J S. Biology and Ecology of Fishes[M]. New York: Biological Sciences Press, 1995: 74–81.
- [21] Manning M J. Fishes [M]// Turner R J. Immunology A Comparative Approach. Britain: John Wiley & Sons Ltd, 1994: 69–100.
- [22] 胡兵, 刘军, 侯永清, 等. 黄芪多糖对异育银鲫非特异性免疫力的影响[J]. 水利渔业, 2008, 28(3): 108–111.
- [23] 卢宗藩. 家畜及实验动物生理生化参数[M]. 北京: 农业出版社, 1982.
- [24] Berent D, Schmidh, Wahlit, et al. Effluent from a sewage treatment works causes changes in serum chemistry of brown trout (*Salmo trutta* L.)[J]. Ecotox Environ Safe, 2001, 48(2): 140–147.
- [25] 杨晴. 血清转氨酶长期升高的原因和处理[J]. 实用乡村医生杂志, 1999, 6(1): 14–16.
- [26] 陈寅儿, 金珊, 王国良. 鲈鱼溶藻弧菌病的血液生理生化指标研究[J]. 台湾海峡, 2005, 24(1): 104–108.
- [27] Wolfe R R, Klein S, Carraro F, et al. Role of triglyceride–fatty acid cycle in controlling fat metabolism in humans during and after exercise[J]. Am J Physiol, 1990, 258: 382–389.
- [28] 支兵杰, 刘伟, 王立波, 等. 水温对怀头鲈血液学指标的

- 影响[J]. 水产学杂志, 2008, 21(2): 64–70.
- [29] Mock A, Peters G. Lysozyme activity in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), stressed by handling, transport and water pollution[J]. J Fish Bio, 1990, 37: 873–885.
- [30] Cronin M A, Culloty S C, Mulcahy M F. Lysozyme activity and protein concentration in the haemolymph of the flat Oyster *Ostrea edulis*[J]. Fish Shellf Immunol, 2001, 11: 611–622.
- [31] Roed K H, Larsen H J, Linder R D, et al. Genetic variation in lysozyme activity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1993, 109: 237–244.
- [32] Mock A, Peters G. Lysozyme activity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), stressed by handling, transport and water pollution[J]. J Fish Biol, 1990, 37: 873–885.
- [33] Yin Z, Lam T J, Sin Y M. The effects of crowding stress on the non specific immune response in fancy carp (*Cyprinus carpio* L)[J]. Fish Shellf Immunol, 1995, 5: 519–529.
- [34] Roche H, Boge G. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication[J]. Mar Envir Res, 1996, 41: 27–43.
- [35] Cataldi E, Di Marco P, Mandich A, Cataudella S. Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress[J]. Comp Biochem Physiol, 1998, 121: 351–354.
- [36] Chen G R, Sun L T, Lee Y H, et al. Characteristics of blood in common carp, *Cyprinus carpio*, exposed to low temperatures[J]. J Appl Aqu, 1995, 5(3): 21–31.
- [37] Carine Luisa Lermen, Rosiele Lappe, Marcia Crestani, et al. Effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*[J]. Aquaculture, 2004, 239: 497–507.

## Effects of water temperature on growth and blood biochemical immunological indices of *Scortum barcoo*

ZHANG Na, LUO Guozhi, TAN Hongxin, SUN Dachuan, PAN Yunfeng, ZHENG Haisu

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The *Scortum barcoo* was cultured at water temperatures of 16°C, 22°C and 28°C in recirculating aquaculture system for four weeks. Its body weight was (107.52±0.87) g. The results showed that the *Scortum barcoo* cultured at different temperatures expressed different growth traits. The specific growth rate (SGR) at 22°C and 28°C was significantly higher than that at 16°C, and SGR at 22°C and 28°C had no evident difference, and daily weight gain (DWG), specific growth rate (SGR), food conversion ratio (FCR) and feed ration (FR) were influenced significantly by water temperature. In this experiment, the influences of water temperature on blood biochemical immunological indices varied, ALT activity decreased with rising temperature; triacylglycerol, lysozyme and cortisol levels increased along with ascending temperature, whereas spleen weight index went up at beginning and then went down. Statistic analysis revealed that water temperature had no significant effects on ALT activity, triacylglycerol level, lysozyme and spleen weight index. However, cortisol levels were distinctly influenced by water temperature. Taken together, these results suggest that the optimum growth temperature is 25–26°C for *S. barcoo*. Water temperature at 28°C may have chronic stress on *S. barcoo*, which causing blood cortisol level increasing. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1236–1242]

**Key words:** *Scortum barcoo*; water temperature; growth; blood; biochemical immunological indices

**Corresponding author:** Sun Dachuan. E-mail: dcsun@shou.edu.cn