

# 温度突变对大海马(*Hippocampus kuda*)幼体生长、 组分及酶活力的影响\*

孙彬<sup>1</sup> 陈舜<sup>2</sup> 徐永健<sup>1</sup> 戴广谱<sup>1</sup>

(1. 宁波大学海洋学院 应用海洋生物技术教育部重点实验室 宁波 315211;

2. 平阳县海洋与渔业局 平阳 325400)

**提要** 以大海马幼体为实验材料, 通过设置不同的温度突变组(温度从 23℃ 突变至 15℃、28℃ 和 33℃)的方法, 对其生长、生化组分以及酶活力的影响进行了研究。结果表明, 实验结束后, 28℃ 温度组的大海马幼体生长指标、蛋白含量、能值显著高于 23℃ 对照组( $P < 0.05$ ), 而 15℃、33℃ 温度组的各项指标则显著低于对照组( $P < 0.05$ ); 此外, 温度突变组的大海马幼体的酶活力均有先升后降的趋势, 在 1d 后出现峰值, 4—6d 各个温度组趋于稳定, 到实验第 15 天时, 28℃ 温度组的 SOD、ACP 活力和 MDA 的含量已处于 23℃ 对照组水平( $P > 0.05$ ), CAT、AKP 活力显著高于 23℃ 对照组( $P < 0.05$ ), 而 15℃、33℃ 温度组的 SOD、CAT 活力降至低于 23℃ 对照组水平( $P < 0.05$ ), 15℃ 温度组的 ACP、AKP 活力则低于 23℃ 对照组水平( $P < 0.05$ ), MDA 的含量在 15℃、33℃ 温度组随时间延长而增加。

**关键词** 温度, 大海马, 生长, 活力

**中图分类号** S962

对水生生物而言, 周围的环境温度直接决定着生物机体的体温变化(李婷等, 2011), 因此水温是水生动物生存最重要的环境因子之一, 孙耀等(1999)关于温度对真鲷能量的研究表明, 水体温度的变化同新陈代谢、生长发育密切相关。当温度在适宜的突变范围内变化时, 外界环境对鱼体的胁迫较小, 鱼体只需消耗较小部分的能量用于抵御外界不良环境的胁迫, 剩下较多的能量用于生长, 同时会对营养物质的吸收利用率增高(邱炜韬, 2003<sup>1)</sup>; 董双林等, 1994); 相反, 当能量过多用于抵御外界环境胁迫时, 生长能所占的比重就会降低, 鱼体生长发育就会变得相对缓慢(孙德文等, 2003; 孙儒泳等, 1982)。这可以通过生长、生化指标以及与新陈代谢相关的酶活力反映出来(雷思佳等, 1999)。此外, 水体温度变化还会使机体

发生应激反应, 长期的温度胁迫会损害机体正常的生理机能, 影响幼体的生长发育, 温度突变对生物体的影响可以通过生物体内的酶活力间接反映出来(Winston, 1991; Rosa *et al.*, 2005)。

大海马(*Hippocampus kuda*)是珍贵的海洋药源性观赏鱼类, 曾广泛分布于我国东南沿海地区(梁炳盛, 1992)。近些年来, 由于人为过度捕捞和环境污染, 野生大海马已被列入《濒危动物种红色名录》(吕军仪等, 2001), 人工增养殖已成为满足市场需求, 进而保护海马资源的唯一选择(Vincent, 1990<sup>2)</sup>; Lourie *et al.*, 1999)。谢莹等(1990)对海马幼苗成活率的研究发现, 水体环境因素是幼苗死亡的重要养殖因素, 很多幼苗的死亡是由于养殖条件的不适宜而造成的。而国内的研究主要集中在海马的生活习性以及生长形态学

\* 宁波市科技局项目, 2010C10055 号; 浙江省钱江人才计划项目, 2009R10012 号; 宁波市种子种苗工程项目, 2009040 号。  
孙彬, E-mail: goengoy@163.com

1) 邱炜韬, 2003. 温度对倒刺鲃幼鱼能量收支的影响. 广州: 暨南大学硕士学位论文, 1—54

2) Vincent A C J, 1990. Reproductive Ecology of Seahorses. Ph.D. Dissertation, University of Cambridge, Cambridge, London, 1—157

通讯作者: 徐永健, 副教授, E-mail: xuyongjian@nbu.edu.cn

收稿日期: 2011-08-28, 收修改稿日期: 2011-11-18

等方面(林华英, 1982; 林强等, 2007), 有关水体中的环境因子对大海马生长发育和生理机制造成的影响研究报道很少。鉴于此, 本文选取环境因子中的温度突变作为研究对象, 设计对照组从 23℃ 突变为 15℃、28℃、33℃ 组这 3 种不同的温度组, 并分别测定大海马幼体在温度突变后的 0d、1d、2d、4d、6d、15d 内的酶活力以及 20d 内的生长、生化组分指标变化, 从而对探讨温度突变对大海马生理机制和生长发育影响的动态过程, 为大海马的健康养殖和生物学研究提供基础理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验用大海马(*Hippocampus kuda*)为浙江省宁海县海马育苗场自行繁育的同一批大海马幼体, 首先挑选出健康无病、体长、体重无明显差异的幼体, 随机置于玻璃缸实验水槽(70cm × 50cm × 70cm)内暂养一周, 水温为(23.0 ± 0.5)℃, 24h 连续充气, 确保溶氧大于 5mg/L, 实验用水为经过砂滤的天然海水。

### 1.2 实验方法及饲养管理

**1.2.1 分组设计** 按照水体温度改变的方式不同, 实验共分为 4 组, 每组设 2 个重复, 每组挑选暂养后的海马幼体 40 只。组 1: 12h 内将水温从 23℃ 降至 15℃, 简称低温胁迫组; 组 2: 作为对照组, 温度 23℃ 保持不变; 组 3: 12h 内水温度从 23℃ 升至 28℃, 简称适温胁迫组; 组 4: 12h 内水温从 23℃ 升至 33℃, 简称高温胁迫组。实验中采用加热棒和控温仪来调节温度, 当达到预定的理想温度后, 开始计时。在实验期间幼体海马每天定时投喂等量的活体糠虾, 约为海马体重的 15%, 早上吸污后换入相应温度梯度的水, 换水量为总量的 1/4—1/5。

**1.2.2 样品制备** 在各水族箱放入幼体大海马开始计时后的第 0d、1d、2d、4d、6d、15d 和 20d 早上固定时间 9:00 取样, 每次每个平行各取 3 只, 即每组分别取 6 只。用超纯水将海马幼体表面冲洗 2—3 遍后, 将待测的样品移至冰盘中, 快速解剖, 取出内部组织, 并用预冷的生理盐水(0.8%)冲洗干净, 在滤纸上吸干, 置于 2ml 离心管内, 而测生长指标的样品则是在第 20d 后取出直接放入离心管中, 然后移入 -70℃ 以下超低温冰箱中保存, 用于各指标的测定, 检测在一个月内完成。

### 1.3 指标测定及数据处理

#### 1.3.1 SOD、CAT、AKP、ACP 活力和 MDA 含量的

测定 从冰箱中取出组织, 置于冰盘内, 称量, 以 10 倍体积预冷的生理盐水(0.8%)在冰水浴条件下制成匀浆液, 匀浆液于 4℃ 3000r/min 离心 10min, 取上清液用于各酶活力的测定。分析 SOD、MDA、CAT、AKP、ACP 试剂盒购于南京建成生物工程研究所, 整个实验中蛋白含量选用考马斯亮兰法进行测定, 活力以及总蛋白含量的测定步骤均按照试剂盒上的说明书操作进行。

SOD 活力单位定义为: 每毫克组织蛋白在 1ml 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个活力单位(U/mg)。CAT 活力单位定义为: 每毫克组织蛋白每秒钟分解 1μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的量为一个活力单位(U/mg)。AKP、ACP 活力单位定义为: 每克组织蛋白, 在 37℃ 反应与基质作用 15min 产生 1mg 酚为一个酶活力单位。

**1.3.2 生长指标测定** 养殖实验结束后, 从各处理组中随机取样 20 尾(每一平行组 10 尾), 鱼体水分的测定: 采用常压干燥法; 粗蛋白测定: 采用凯氏定氮法; 粗脂肪的测定: 采用索氏抽提法; 灰分的测定: 采用马福炉 550℃ 灼烧法。每处理组取样 3 次, 每一样品重复测定 3 次, 然后求出其平均值。

**1.3.3 统计分析** 实验结果利用 Microsoft Excel 和 SPSS11.0 软件统计分析, 检验实验数据的正态分布性, 采用单因素方差分析(ANOVA), 并应用 Duncan 法将处理组与相应对照组进行比较, 取  $P < 0.05$  作为差异显著性的界值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温度处理下大海马幼体的生长指标的变化

大海马幼体在不同温度突变处理下的生长参数变化见表 1。实验结束时, 各个温度组生长指标与对照组相比出现了差异性变化, 33℃、15℃ 组的体重、体长、成活率显著低于对照组( $P < 0.05$ ), 28℃ 温度组大海马幼体的体重显著高于对照组( $P < 0.05$ ), 体长和成活率与对照组相比没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

### 2.2 不同温度处理下大海马幼体生化组分和能量含量的变化

大海马幼体在不同温度突变处理下生化组成的变化见表 2, 经过 20d 不同温度养殖后, 大海马幼体在灰分含量上没有显著差异( $P > 0.05$ ), 而在蛋白、脂肪、能值上出现显著性差异, 粗蛋白、能值在 33℃、15℃ 高低温组的含量最低, 而粗脂肪只在 33℃ 组中含量最低, 28℃ 组在蛋白、能值显著高于对照组, 粗

表 1 大海马幼体在不同温度突变处理下的生长参数变化  
Tab.1 Variation of growth parameters of juvenile *H. kuda* during the different temperature mutations

水温(°C)	实验前体质量(g)	实验后体质量(g)	实验前体长(cm)	实验后体长(cm)	各组成活率(%)
15	1.43±0.015 <sup>a</sup>	1.66±0.017 <sup>a</sup>	6.24±0.061 <sup>a</sup>	6.43±0.064 <sup>a</sup>	81.33±2.517 <sup>a</sup>
23	1.42±0.015 <sup>a</sup>	2.07±0.107 <sup>b</sup>	6.25±0.04 <sup>a</sup>	6.76±0.046 <sup>b</sup>	92.33±3.055 <sup>b</sup>
28	1.42±0.004 <sup>a</sup>	2.68±0.19 <sup>c</sup>	6.19±0.04 <sup>a</sup>	7.18±0.127 <sup>c</sup>	93.33±1.155 <sup>b</sup>
33	1.42±0.01 <sup>a</sup>	1.71±0.009 <sup>a</sup>	6.25±0.032 <sup>a</sup>	6.57±0.06 <sup>a</sup>	84.33±1.155 <sup>a</sup>

注: 表中各项指标为平均值±标准差, 数值右上角标有不同字母表示有显著差异( $P<0.05$ )

表 2 大海马幼体在不同温度突变处理下生化组成的变化  
Tab.2 The change of bio-chemical composition of juvenile *H. kuda* during the different temperature mutations

水温(°C)	水分	灰分	粗蛋白	粗脂肪	能值(kJ/g)
15	81.67±0.651 <sup>a</sup>	2.29±0.035 <sup>a</sup>	14.79±0.064 <sup>a</sup>	1.61±0.021 <sup>a</sup>	4.12±0.023 <sup>a</sup>
23	78.84±0.53 <sup>b</sup>	2.39±0.085 <sup>a</sup>	15.36±0.113 <sup>b</sup>	1.69±0.028 <sup>b</sup>	4.29±0.038 <sup>b</sup>
28	78.895±0.375 <sup>b</sup>	2.38±0.092 <sup>a</sup>	15.99±0.106 <sup>c</sup>	1.69±0.014 <sup>b</sup>	4.44±0.019 <sup>c</sup>
33	80.48±0.764 <sup>ab</sup>	2.25±0.049 <sup>a</sup>	14.97±0.163 <sup>a</sup>	1.48±0.021 <sup>c</sup>	4.11±0.03 <sup>a</sup>

注: 表中各项指标为平均值±标准差, 数值右上角标有不同字母表示有显著差异( $P<0.05$ )

脂肪含量与对照组相比没有显著性差异( $P>0.05$ )。

### 2.3 温度胁迫对大海马组织总 SOD 活力的影响

由图 1A 得出, 温度胁迫对大海马幼体内部组织 SOD 活力的影响实验结果显示, 大海马暴露在不同的温度环境中, SOD 活力变化差异较大, 第 1 天, 各个温度组 SOD 酶活力与对照组相比, 酶活力受到显著诱导上升( $P<0.05$ ), 随后的时间里, 33°C、15°C 组与对照组相比, 酶活力不断降低, 第 15 天已显著低于对照组; 而 28°C 组在第 2 天降至略高于对照组水平后不再降低, 但与对照组相比, 差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.4 温度胁迫对大海马组织中 CAT 活力的影响

由图 1B 看出, 温度胁迫对大海马幼体内部组织 CAT 活力的影响实验结果显示, 大海马暴露在不同的温度环境中, 各温度胁迫组的酶活力均呈现先升高后降低的趋势, 且都在第 1 天内出现诱导, 活力显著高于对照组( $P<0.05$ ), 随后, 33°C、15°C 组酶活力变化较平稳, 在第 15 天时, 降至对照组水平( $P>0.05$ ); 而 28°C 组酶活力虽有所下降但仍高于对照组( $P<0.05$ )。

### 2.5 温度胁迫对大海马组织中 MDA 含量的影响

由图 1C 看出, 温度胁迫对大海马幼体内部组织 MDA 含量的影响实验结果显示, 大海马暴露在不同的温度环境中, 33°C、15°C 胁迫组的 MDA 的含量均呈现逐渐上升的趋势。33°C、15°C 组在第 2 天后与对照组相比, 出现差异性显著( $P<0.05$ ), 后期 MDA 含量总体呈现逐渐上升, 28°C 组在整个实验过程中, MDA 的含量始终保持在对照组水平, 差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.6 温度胁迫对大海马组织中 AKP 活力的影响

由图 1D 看出, 温度胁迫对大海马幼体内部组织 AKP 活力的影响实验结果显示, 大海马暴露在不同的温度环境中, 15°C、33°C 组酶活力呈现先升后降的趋势, 第 1 天, 各温度组酶活力已升至显著高于对照组水平( $P<0.05$ ), 第 2 天, 33°C 组酶活力已降至对照组水平( $P>0.05$ ), 第 6 天, 15°C 组酶活力已显著低于对照组( $P<0.05$ ), 而 28°C 组酶活力始终高于对照组水平( $P<0.05$ ), 后趋于平稳。

### 2.7 温度胁迫对大海马组织中 ACP 活力的影响

由图 1E 看出, 温度胁迫对大海马幼体内部组织 ACP 活力的影响实验结果显示, 大海马暴露在不同的温度环境中, 15°C 组酶活力呈现先升后降的趋势, 而 33°C 组则呈现先升后降再升的趋势, 第 1 天, 各温度组与对照组相比较, 均显著高于对照组( $P<0.05$ )。第 4 天各温度组降至低于对照组水平, 随后 28°C、33°C 组酶活力升高, 到第 15 天时已升至对照组水平( $P>0.05$ ), 而 15°C 组仍显著低于对照组( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 温度对大海马幼体生长的影响

在自然界中, 由于季节更替、气候剧变等原因, 水生生物幼体会经常出现受到温度变化而影响生长和成活现象。栗志民等(2010)关于华贵栉孔扇贝的研究发现, 随着温度的升高会造成华贵栉孔扇贝的耗氧率排氮率增加, 导致生物体内的新陈代谢加快, 生长率和成活率随之发生改变。而在温度较低的时候,

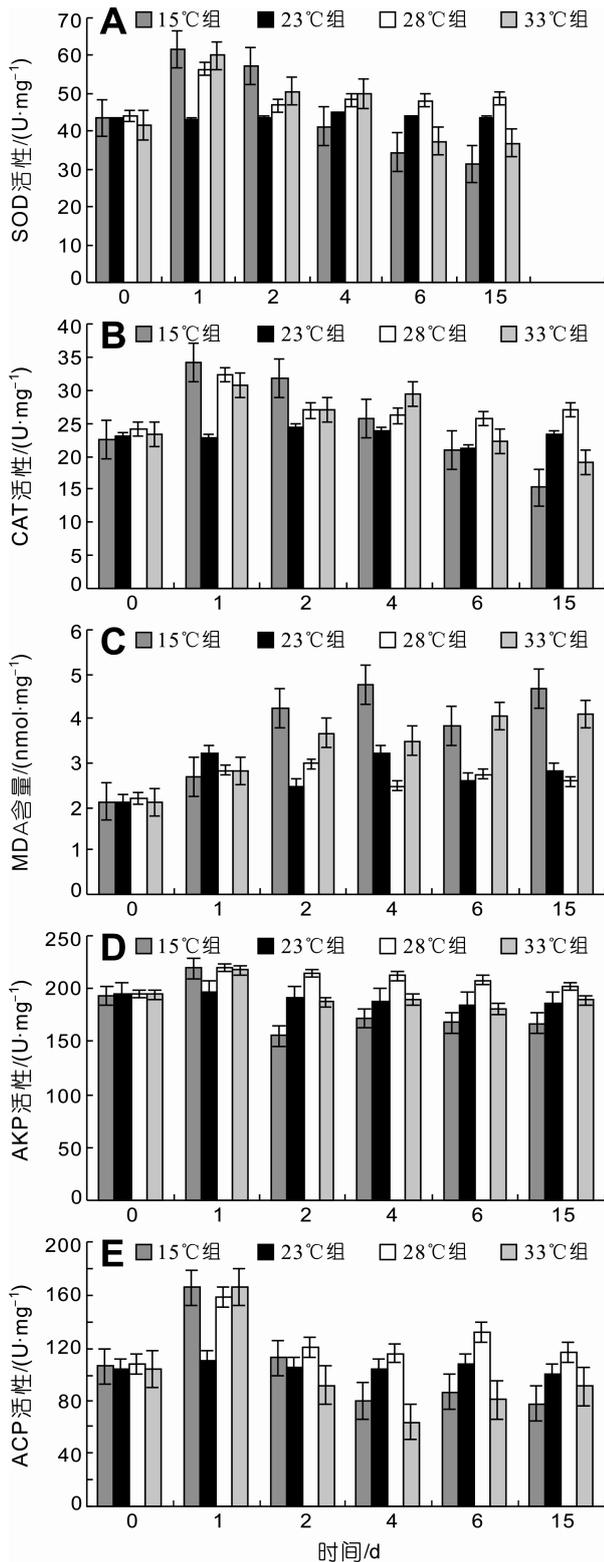


图1 温度突变对大海马幼体酶活力及MDA含量的影响  
Fig.1 Effect of temperature mutations on the different enzyme activity and MDA content of internal organization in juvenile *H. kuda*

A. SOD 活力, B. CAT 活力, C. MDA 含量, D. AKP 活力,  
E. ACP 活力

水生生物则会出现摄食量下降, 生长停止等现象(Tort *et al*, 1998)。从本实验结果来看, 温度从 23°C 升高至 28°C 时, 大海马幼体的体重和体长呈显著性增长( $P < 0.05$ ), 这可能是由于 28°C 对海马幼体来说是更适宜的生长温度, 此时海马幼体的新陈代谢加速, 摄食量增加, 生长发育速度加快, 有利于海马幼体的成活和生长。但当温度从 23°C 升到 33°C 时, 或降到 15°C 时, 海马个体的体长和成活率与对照组(23°C)相比显著降低( $P < 0.05$ )。这可能是由于 15°C、33°C 超出了海马幼体的适宜生长温度, 一些体质较弱的海马已不能通过体内调节来适应外界的温度突变胁迫, 其行为开始发生紊乱, 摄食降低, 从而导致其死亡率增加, 生长发育迟缓等现象。这也与 Jobling (1994) 关于鱼类处在最适温度时有最大的生长速度, 温度升高或降低都会降低生长速度的结果相一致。

### 3.2 温度对大海马幼体生化组分和能值的影响

温度对生化组成和能值的影响较为复杂, 目前研究尚无一致的结论。王瑁等(2001)研究花尾胡椒鲷发现鱼体的生化组分和能值随温度的变化不明显, 没有一定的规律性。而 Niini 等(1974)发现大口黑鲈在最低温度时, 其脂肪含量最高, 水分含量最低, 蛋白质含量则不随温度而产生明显变化。斑鲷则随着温度的升高, 其脂肪含量会相应增加(Andrews *et al*, 1972)。从本实验结果来看, 各温度组的水分、灰分百分含量差异并不十分显著, 实验中 28°C 组各项生化指标都显著高于 23°C 组, 这应该是由温度突变至最适温度时, 海马幼体的活动量、摄食率上升, 消化快, 鱼体只需消耗较少的能量来适应外界环境, 生长能所占的比例加大。这与吕军仪等(2001)关于季节变化对大海马生长状况的研究相符合。而 15°C 和 33°C 组的蛋白含量和能值显著低于 23°C 组( $P < 0.05$ ), 33°C 组脂肪含量显著低于其它温度组( $P < 0.05$ ), 这可能是由于 15°C 和 33°C 对海马幼体构成了低温胁迫和高温胁迫, 分别导致其摄食率急剧降低, 从外部获取的能量不足以维持日常生理需求和抵御外界温度胁迫, 而蛋白和脂肪作为重要的能源物质, 海马幼体需要利用它们产生能量来抵御温度胁迫的影响, 从而造成实验中 15°C 和 33°C 组蛋白、能值逐步降低, 与此同时, 在低温的条件下, 脂肪可以更好地抵御外界环境造成的胁迫, 所以 15°C 组的大海马幼体的脂肪含量与 33°C 组相比下降较为缓慢。

3.3 温度对大海马幼体酶活力和 MDA 含量的影响  
生物体在受到环境突变刺激时, 能诱导机体内

产生大量的活力氧(ROS)如  $O_2^-$ 、 $H_2O_2$ 、OH 等(Lushchak *et al*, 2006), 如果不及时清除, 就会造成生物体的氧化损伤和脂质的过氧化反应, 而在抗氧化系统中, SOD 和 CAT 是生物体内两种相互关联的抗氧化酶, 其中 SOD 能将  $O_2^-$  转化为  $O_2$  和  $H_2O_2$ , 而 CAT 可以进一步的将  $H_2O_2$  转化为水(Papadimitriou *et al*, 2002)。而 MDA 则是机体脂质过氧化作用的产物, 其含量的高低变化间接反应了机体细胞受活力氧自由基攻击的严重程度(陈汉等, 2007)。通过研究发现, 各个实验组不同温度的剧烈变化条件下 SOD 和 CAT 活力变化趋势大体相同, 在起初的 24h 内, 抗氧化酶活力呈上升趋势, 这可能是机体对温度变化的一种应激性保护反映, 随着胁迫时间的延长, 1d 后 SOD、CAT 酶活力逐渐下降, 28℃组在 4d 后抗氧化酶活力达到新的平衡, 与 23℃组相比, 活力有所增加但差异不显著, 这可能是由于温度的升高, 大海马呼吸频率、心率和耗氧量都随温度的升高, 因此 SOD 活力也高。而差异不显著说明在适当范围内, 大海马自身有一定的调节能力, 33℃组与 15℃组在酶活力稳定后与 23℃组相比, 均显著性降低, 这说明长时间的温度胁迫会使酶活力受到抑制降低, 这势必会导致大海马体内自由基无法及时清除, 机体内部脂质过氧化程度加剧。作为脂质氧化的最终产物——丙二醛, 在经受高温胁迫和低温胁迫后, MDA 的含量在应激后的 2d 后逐渐增高, 至第 15 天其含量的多少可以反映机体内的脂质过氧化程度, 同时也可间接反映出细胞损伤的程度。

磷酸酶又称磷酸单酯水解酶, 是可以催化各种含磷化合物水解的酶类, 根据它们催化作用的最适 pH 特性, 可分为酸性磷酸酶(ACP)和碱性磷酸酶(AKP)。它们均参与机体对营养物质的吸收、转化、运输等生长代谢活动, 其中酸性磷酸酶还具有提高其免疫力的重要功能(梁萌青等, 2008)。本实验中在受到不同的温度胁迫后, 各组 ACP 和 AKP 的活力与对照组相比均有显著性的应激上升, 随着时间延长, 28℃和 33℃组温度胁迫活力有所下降, 但 28℃组 AKP 的活力仍显著高于 23℃组( $P<0.05$ ), 33℃组 ACP 和 AKP 酶活力则处于 23℃组水平( $P>0.05$ ), 差异不显著, 而 15℃组则都显著低于 23℃组( $P<0.05$ ), 这说明是温度与生物体的新陈代谢直接相关, 温度升高可以促进生物体的新陈代谢, 提高生物体的免疫机能, 温度降低则会抑制生物体内的新陈代谢, 影响大海马幼体的免疫机能的免疫机能; 而有关温度如何对 AKP 和 ACP

活力影响的研究报告却很少, 影响机制也尚不清楚, 有关这方面的研究还需进一步深入。

#### 4 结论

综上所述, 在一定范围内的温度突变, 可以对大海马幼体的生长发育、新陈代谢和免疫等方面起促进作用, 而一旦超出某一定范围内的温度突变, 则会直接影响到大海马幼体的新陈代谢和免疫能力, 造成其体质变弱, 易生病死亡等, 从而抑制海马幼体的生长发育和成活。

#### 参 考 文 献

- 王 瑁, 丘书院, 杨圣云等, 2001. 花尾胡椒鲷幼体的生化组成和比能值. 中国水产科学, 8(3): 6—8
- 吕军仪, 吴金英, 杨大伟等, 2001. 大海马在人工养殖条件下的生长速率. 中国水产科学, 8(1): 60—63
- 孙 耀, 张 波, 郭学武等, 1999. 温度对真鲷能量收支的影响. 海洋水产研究, 20(2): 54—59
- 孙德文, 詹 勇, 2003. 环境温度在鱼类养殖中的重要作用. 中国饲料, 4: 20—24
- 孙儒泳, 张玉书, 1982. 温度对罗非鱼生长的影响. 生态学报, 2(2): 181—188
- 李 婷, 梁堪富, 李义军等, 2011. 不同条件下凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)能量代谢研究. 海洋与湖沼, 42(1): 41—46
- 陈 汉, 王慧君, 李学峰, 2007. 甲基苯丙胺对大鼠脑组织中 NO、SOD 和 MDA 的影响. 中国药物依赖性杂志, 16(2): 102—104
- 林 强, 吕军仪, 张 彬等, 2007. 大海马消化系统胚后发育的形态学及组织学研究. 热带海洋学报, 26(6): 47—51
- 林华英, 1982. 环境因子对三斑仔海马生长的影响. 水产科技情报, (4): 21—23
- 栗志民, 刘志刚, 谢 丽等, 2010. 体重和温度对华贵栉孔扇贝耗氧率和排氨率的影响. 海洋与湖沼, 41(1): 99—105
- 梁炳盛, 1992. 海马人工养殖的研究. 青岛海洋大学学报, 22(4): 39—44
- 梁萌青, 王士稳, 王家林等, 2008. 海水养殖与低盐养殖凡纳滨对虾生长性能、酶活及 RNA/DNA 比值的差异. 海洋水产研究, 29(4): 70—73
- 董双林, 堵南山, 赖 伟, 1994. 日本沼虾生理生态研究 : 温度和体重对其代谢的影响. 海洋与湖沼, 25(3): 233—237
- 谢 莹, 邹贵发, 1990. 海马幼苗成活率的研究 . 大海马幼苗死亡类型. 中药材, 13(5): 12—13
- 雷思佳, 叶世洲, 李德尚等, 1999. 台湾红罗非鱼幼鱼水分含量与脂肪、蛋白质含量及比能值之间关系的研究. 华中农业大学学报, 18(4): 367—370
- Andrews J W, Stickney R R, 1972. Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion and body composition of channel catfish. Trans Am Fish Soc,

- 101: 94—99
- Jobling M, 1994. Environmental Tolerances and Preferences. *Fish Bioenergetics*, 213—230
- Lourie S A, Vincent A C, Hall H J, 1999. *Seahorse: An Identification Guide to the World's Species and Their Conservation*. Project Seahorse, London, 1—214
- Lushchak V I, Bagnyukova T V, 2006. Temperature increase results in oxidative stress in gold fish tissues. 1. Indices of oxidative stress. *Comp Biochem Physiol*, 143C: 30—35
- Niini A J, Beamish W H, 1974. Bio-energetic and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in relation to body weight and temperature. *Can J Zool*, 52: 447—457
- Papadimitriou E, Loubourdis N S, 2002. Exposure of the frog *Rana ridibunda* to copper impact on two biomarkers, lipid peroxidation, and glutathione. *Bull Environ Contam Toxicol*, 69: 885—891
- Rosa M, Martinez Alvarez, Amalia E, 2005. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 75—88
- Tort L, Padrós F, Rotllant J *et al*, 1998. Winter syndrome in the gilthead sea bream *Sparus aurata*, immunological and histopathological features. *Fish Shellfish Immunol*, 8: 37—47
- Winston G W, 1991. Oxidants and antioxidants in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 100C: 173—176

## EFFECT OF TEMPERATURE MUTATIONS ON THE GROWTH, BODY COMPOSITION AND ENZYME ACTIVITIES OF JUVENILE *HIPPOCAMPUS KUDA*

SUN Bin<sup>1</sup>, CHEN Shun<sup>2</sup>, XU Yong-Jian<sup>1</sup>, DAI Guang-Pu<sup>1</sup>

(1. School of Marine Sciences, Ministry of Education Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ningbo University, Ningbo, 315211; 2. Pingyang Marine and Fishery Bureau, Pingyang, 325400)

**Abstract** The effects of variable temperature mutations (temperatures 23°C dropped rapidly to 15°C, 28°C, 33°C) on the growth, biochemical composition and enzyme activities in juvenile *Hippocampus kuda* were studied. The results showed that growth index, protein content, energy value of *H. kuda* in 28°C were significantly higher than the control group which was cultured in 28°C ( $P < 0.05$ ) after the end of the experiment. However, the indicators of *H. kuda* in 15°C, 33°C group was significantly lower than that of the control group ( $P < 0.05$ ), besides, the effect of variable temperature mutations groups on enzyme activities raised at first and then decreased, peaked after 1d, and leveled off after 4—6d. In the 15 days, the SOD, ACP activities and MDA content of 28°C group had no significantly difference with the control group ( $P > 0.05$ ), the CAT and AKP activity were apparently higher than that of the 23°C group ( $P < 0.05$ ). However, the SOD, CAT activities of 15°C, 33°C groups were apparently lower than that of 23°C group ( $P < 0.05$ ). The ACP, AKP activities of 15°C group had significantly lower than that of the control group ( $P < 0.05$ ), meanwhile, the MDA content of 15°C, 33°C groups have increased with time elapse.

**Key words** Temperature, *Hippocampus kuda*, Growth, Activity