

# 低温对不同规格刺参幼参生长与耗氧率的影响

赵 斌<sup>1</sup>, 李成林<sup>1</sup>, 胡 炜<sup>1</sup>, 吴志宏<sup>1</sup>, 谭林涛<sup>2</sup>, 王鹏飞<sup>2</sup>

(1. 山东省海水养殖研究所, 山东 青岛 266002; 2. 乳山市水产技术推广站, 山东 乳山 264500)

**摘要:** 采用实验生态学方法, 选取(0.50±0.07)g(A)、(2.53±0.42)g(B)、(23.87±2.46)g(C)3种不同规格的刺参(*Apostichopus japonicus* Selenta)幼参, 设置6℃(I)、8℃(II)、10℃(III)、13℃(IV)4个不同温度处理组, 分析比较了低温对工厂化养殖中不同规格刺参幼参生长与呼吸代谢的影响。结果表明, 不同规格刺参幼参在各低温处理组经30d后的生长状况显示出差异性。C组实验刺参中, 条件I(6℃)和IV(13℃)的个体体质量出现显著差异( $P<0.05$ )。不同低温处理对各规格刺参幼参耗氧率的影响显著( $P<0.05$ )。各温度处理组中, 随刺参规格的增大其单位体质量耗氧率随之降低。A组刺参的耗氧率在各温度处理组中均显著高于其他组刺参( $P<0.05$ ), 在条件I(6℃)中B组刺参的耗氧率与C组刺参差异显著( $P<0.05$ ), 其余各低温条件下B组和C组刺参耗氧率差异均不显著( $P>0.05$ )。

**关键词:** 刺参(*Apostichopus japonicus* Selenta); 工厂化养殖; 低温; 生长; 耗氧率

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)12-0088-04

刺参(*Apostichopus japonicus* Selenta)属棘皮动物门 Echinodermata、海参纲 Holo-throidea, 是产自我国黄、渤海海域的具有重要经济价值的棘皮动物, 目前已成为北方沿海最重要的养殖品种之一。近年来, 刺参工厂化养殖在我国北方多种养殖刺参模式中的比重日趋上升<sup>[1-2]</sup>, 其中, 刺参的室内越冬是养殖过程中的重要阶段, 随着工厂化刺参养殖规模的迅猛发展, 在养殖过程中体表溃烂、排脏和大规模死亡的现象愈发严重, 成为制约工厂化刺参养殖健康发展的瓶颈。

研究发现, 在越冬期刺参养殖环境的水温、盐度、溶解氧、pH值等理化因子当中, 低温是影响刺参生长的重要因子<sup>[3-4]</sup>。目前, 在国内有关温度对刺参生理生态学影响的研究侧重点多集中于夏眠期阶段<sup>[5-7]</sup>, 而对于在温度极低的越冬期中刺参受环境因子影响的研究报道尚不多见。本实验对低温下刺参幼参生长和呼吸代谢进行了初步研究, 旨在探明低温对不同规格刺参幼参的相关生理指标的影响, 以期对刺参工厂化健康养殖技术的完善提供科学依据和指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

实验用不同规格的刺参幼参来自本课题组在青

岛胶南龙湾生物科技有限公司培育的刺参苗种, 于2009年11月在16℃海水中经驯化暂养15d后, 选取(0.50±0.07)g(A)、(2.53±0.42)g(B)、(23.87±2.46)g(C)3种不同规格的表现正常、伸展自如、活力强、肉刺硬直的刺参个体用于实验。

## 1.2 方 法

### 1.2.1 分 组 设 计

根据工厂化刺参养殖越冬期常见水温范围, 设置6℃(I)、8℃(II)、10℃(III)、13℃(IV)4个温度组, 均低于之前相关研究中刺参幼参阶段生长适宜水温15~20℃的下限温度, 用控温仪将各水族箱水温调整至目标温度, 波动幅度为<1℃/d。3种不同规格的刺参幼参在实验前经2℃/d的变温调整, 过渡到4个不同温度组的实验温度, 然后分别置于各温度处理下进行实验, 每个温度处理设3个重复。刺参幼参饲养在塑料整理箱(64cm×48cm×50cm)中, 实验持

收稿日期: 2011-01-22; 修回日期: 2011-05-16

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA10A411); 山东省科技发展计划项目(2008GG10005004); 山东省农业良种工程重点项目(2005-2015年); 山东省农业重大应用技术创新课题(2009-2013年); 山东省农业技术推广项目(2009-2012年); 山东省农业科技成果转化项目(2010-2013年); 青岛市科技计划项目(11-2-4-9-(5)-jch)

作者简介: 赵斌(1980-), 男, 助理研究员, 主要从事水产动物生理生态学 and 遗传学研究, E-mail: jm.zb@163.com; 李成林, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-82684701, E-mail: lcl\_xh@hotmail.com

续 30 d。

### 1.2.2 测定方法

测定体质量: 实验开始前 1 d 停止投喂, 测其体质量初始值, 实验 30 d 结束时同样停止投喂 1 d, 测其末体质量。测定值为活体排水后体质量, 称重时轻压刺参使其排出体腔中水分, 之后用干毛巾轻拭体表, 测定其质量。

刺参耗氧率采用董云伟等<sup>[8]</sup>改进的静止法, 每隔 8 h 用虹吸法取一次水样, 持续 24 h, 取测定结果的平均值。每次实验设 1 个空白样, 水样中的溶解氧用 Winkler 氏碘量法测定。

### 1.2.3 数据处理与统计分析

实验期间刺参特定生长率( $R_{SG}$ )采用以下公式计算:

$$R_{SG} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

式中,  $W_0$  为体质量初始值(g),  $W_t$  为测定值(g),  $t$  为实验时间(d)。

以单位质量耗氧率  $R_{wr}$  表示耗氧率, 计算公式为:

$$R_{wr} = (C_0 - C_t) V / W_t$$

式中,  $C_0$ ,  $C_t$  分别为空白样和实验代谢瓶中的溶氧质量浓度(mg/L),  $V$  为样品瓶体积(mL),  $W$  为刺参湿体质量(g),  $t$  为实验持续时间(h)。

数据采用 SPSS11.0、Microsoft Office Excel 2003 软件进行统计学分析, 先做方差齐性检验, 利用单因素方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan 多重比较分析不同处理之间生长与耗氧率的差异。

### 1.2.4 日常管理

实验采用工厂化养殖车间提供的深水井海水, 盐度为 27~29, pH 为 7.9~8.2, 每天 17:00 时投喂一次自配人工饲料: 其中, 市售配合饲料占 40%, 鼠尾藻干粉占 30%, 马尾藻干粉占 10%, 虾糠占 8%, 螺旋藻粉占 5%, 水产酵母占 3%, 诱食酵母占 2%, 电解多维与免疫多糖粉各占 1%。同时按照饲料与海泥质量比为 1:10 的比例进行投喂, 投喂后停止充气 0.5 h。每天全量换水, 换水时将箱底的排泄物与残饵清除干净。光照周期为 14L:10D。

## 2 结果与分析

实验 30 d 内不同规格刺参幼参成活率如表 1 所示。在低温条件下各处理组刺参个体均有死亡现象, C 组在 13℃ 条件下的成活率最高, 达 96.7%; 最低为 A 组, 6℃ 条件下为 73.3%。

实验中观察到刺参幼参在低温条件下体态伸展差别较大, 随温度降低刺参身体逐渐收缩, 身体及肉刺逐渐变硬, 摄食率降低, 活动能力减弱, 体色黯淡, 经常体被残饵及粪便形成的网状物。在低温组中, 死亡的刺参首先出现在口部附近或身体背部的皮肤溃烂, 随之溃烂蔓延至整个体表, 最终产生自溶现象。

表 1 温度对不同规格刺参成活率的影响

Tab. 1 The survival rates of *Apostichopus japonicus* of different sizes

规格	成活率(%)			
	I	II	III	IV
A	73.3	90.0	90.0	93.3
B	80.9	86.7	93.3	93.3
C	90.0	90.0	96.7	96.7

低温条件对于不同规格刺参幼参生长的影响结果见表 2。不同规格刺参在各低温处理组经 30 d 后的生长状况出现显著性差异。经方差分析可得, 不同规格刺参在实验结束后的体质量差异显著( $P < 0.05$ )。实验 A 组与 B 组在实验结束时组内个体之间质量差异不显著( $P > 0.05$ ), C 组实验刺参中, 条件 I (6℃) 和 IV (13℃) 的个体质量出现显著差异( $P < 0.05$ )。低温对刺参幼参  $R_{SG}$  的影响同样明显, 在条件 I (6℃)、II (8℃)、III (10℃) 的 A 组和 B 组刺参体质量均出现负增长, 除 A II 与 A III 之间外其余各规格刺参之间的  $R_{SG}$  差异均显著( $P < 0.05$ )。C 组刺参在低温处理组 III (10℃) 中的  $R_{SG}$  呈正值。

方差分析结果表明, 不同低温处理对各规格刺参幼参耗氧率的影响显著( $P < 0.05$ ) (图 1)。各温度处理组中, 随刺参规格的增大其单位质量耗氧率随之降低。但相同规格刺参在不同温度处理组中的耗氧率差异不显著( $P > 0.05$ )。A 组刺参的耗氧率在各温度处理组中均显著高于其他组( $P < 0.05$ ), 在条件 I (6℃) 中 B 组刺参的耗氧率与 C 组刺参差异显著( $P < 0.05$ ), 其余各低温条件下 B 组和 C 组刺参耗氧率差异均不显著( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

温度是制约刺参生长的关键环境因子<sup>[9]</sup>, 过高和过低均会导致刺参休眠, 乃至死亡<sup>[10]</sup>。在对成参最适生长温度研究中, 于东祥等<sup>[11]</sup>认为其适宜温度范围为 10~15℃; 陈远等<sup>[12]</sup>认为 14℃ 是最适温度; 孙

表 2 不同温度处理对刺参幼参生长的影响

Tab. 2 Effects of different temperature treatments on the growth of *Apostichopus japonicus*

组别	温度(°C)	初体质量(g)	末体质量(g)	R <sub>SG</sub> (%/d)
A I	6	0.50±0.07 <sup>a</sup>	0.45±0.08 <sup>a</sup>	-0.351±0.002 <sup>a</sup>
A II	8	0.50±0.07 <sup>a</sup>	0.48±0.07 <sup>a</sup>	-0.136±0.003 <sup>b</sup>
A III	10	0.50±0.07 <sup>a</sup>	0.48±0.06 <sup>a</sup>	-0.136±0.012 <sup>b</sup>
A IV	13	0.50±0.07 <sup>a</sup>	0.51±0.08 <sup>a</sup>	0.066±0.007 <sup>c</sup>
B I	6	2.53±0.42 <sup>b</sup>	2.32±0.84 <sup>b</sup>	-0.289±0.012 <sup>ad</sup>
B II	8	2.53±0.42 <sup>b</sup>	2.37±0.63 <sup>b</sup>	-0.218±0.013 <sup>d</sup>
B III	10	2.53±0.42 <sup>b</sup>	2.51±0.56 <sup>b</sup>	-0.026±0.002 <sup>e</sup>
B IV	13	2.53±0.42 <sup>b</sup>	2.61±0.97 <sup>b</sup>	0.104±0.011 <sup>ef</sup>
C I	6	23.87±2.46 <sup>c</sup>	21.45±4.74 <sup>c</sup>	-0.356±0.016 <sup>a</sup>
C II	8	23.87±2.46 <sup>c</sup>	22.32±4.78 <sup>cd</sup>	-0.224±0.010 <sup>d</sup>
C III	10	23.87±2.46 <sup>c</sup>	24.67±1.68 <sup>cd</sup>	0.110±0.007 <sup>cf</sup>
C IV	13	23.87±2.46 <sup>c</sup>	25.78±3.52 <sup>d</sup>	0.257±0.009 <sup>e</sup>

注: 同一列中具不同字母标记的值表示差异显著(P<0.05)

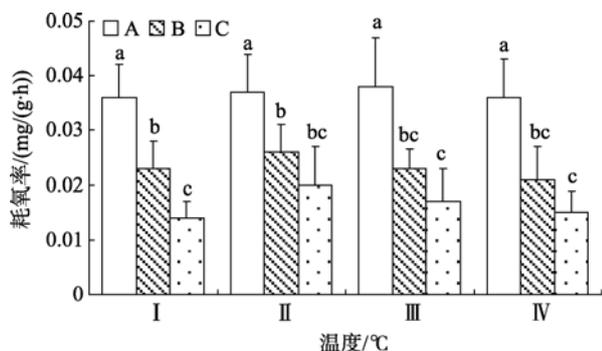


图 1 温度对不同规格刺参幼参呼吸代谢的影响

Fig. 1 Effects of different temperatures on the oxygen consumption rates of different sizes of sea cucumbers

误差线上的不同字母表示耗氧率存在显著差异  
Different letters indicate significant difference(P<0.05)

毅等<sup>[13]</sup>认为刺参成体最适生长水温范围为 12~18℃, 超过 20℃则进入夏眠状态<sup>[5,14]</sup>, 水温低于 15℃时的刺参生理生态学研究至今很少见到报道, 仅有于明志等<sup>[15]</sup>报道低温对于刺参幼参的某些生理现象的影响。当温度过低时, 刺参会出现活动停止、生长停止、代谢下降等现象, 体质量为(268.01±1.77)g 刺参在冬眠 36 d 后耗氧率下降 71.68%<sup>[16]</sup>。本实验选用的 3 种不同规格的刺参是体型小于成参的个体, 质量最大的 C 组刺参个体也仅相当于 1 龄幼参, 因此在低温实验中对水温的适应呈现特殊性和复杂性。体质量 0.5~2.5g 的幼参在水温低于 10℃时出现负增长, 本研究认为主要是由于幼参的摄食率、食物吸收和转化率受低温条件的影响较大, 维持生命功能的能量

大于摄入量, 致使生长受到抑制, 而体质量 23 g 以上的 1 龄参在 10℃时仍能维持正常的能量代谢, 其 R<sub>SG</sub> 也高于其他各组小规格的刺参。

在刺参的能量分配模式中, 呼吸能占比例最大<sup>[10]</sup>。李宝泉<sup>[17]</sup>曾报道温度变化对小规格的刺参耗氧率影响较小。本实验结果表明, 在相同的低温条件下, 质量较小的刺参单位质量耗氧率高于质量较大的刺参, 说明水温较低时个体小的刺参呼吸强度高于个体大的刺参, 此结果也有可能意味着水温降低到一定程度时, 个体较大的刺参出现“冬眠”现象, 呼吸代谢作用降低。在水温降低到 6℃时, 个体较小的 A 规格和 B 规格的刺参耗氧率也出现显著差异, 表明在这一水温条件下, 规格在 2.5 g 左右的刺参同样出现了呼吸代谢明显降低的情况。从图 1 中可以看出相同规格的各小组刺参个体在各低温处理组中的单位质量耗氧率差异均不显著, 说明水温在这一较低阶段变化时, 相同规格的刺参个体对温度变化的敏感度趋向一致。

王印庚等<sup>[18]</sup>研究发现, 越冬保苗期幼参和养成期刺参均可感染化皮病, 但幼参的感染率、发病率和死亡率都高于成参。这一结论与本实验结束时各规格组刺参幼参的成活率结果基本相符。每年的 1~3 月份水温较低时是工厂化养殖刺参出现“化皮”现象的频发阶段, 本研究结果表明, 对于规格在 23 g 以下的刺参幼参在工厂化养殖越冬时的水温最好保持在 8℃以上, 不宜长时间低于 6℃, 否则养殖刺参不仅会出现生长停滞, 而且出现疾病的几率也会大幅

增加。考虑到在工厂化养殖刺参的实际生产中, 越冬期的供暖设备的成本经常投入较大, 如何在保证将养殖水体的温度维持在刺参正常生理活动的基础上尽量节省成本, 今后可在实际生产中结合本实验得出的结论探索一套相对平衡的方案。

## 参考文献:

- [1] 李成林, 宋爱环, 胡炜, 张艳萍, 赵斌, 李翘楚, 麻丹萍. 山东省刺参养殖产业现状分析与可持续发展对策[J]. 渔业科学进展 2010, 31(4): 126-132.
- [2] 牟绍敦, 李元山, 刘岗, 王颖. 山东省刺参增养殖技术发展现状[J]. 海洋湖沼通报, 2000, 2: 63-65.
- [3] Ji T T, Dong Y W, Dong S L. Growth and physiological responses in the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka): aestivation and temperature [J]. Aquaculture, 2008, 283: 180-187.
- [4] An Z H, Dong Y W, Dong S L, 2007. Effects of high temperature and ration on the growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) [J]. Aquaculture, 2007, 272: 644-648.
- [5] 刘永宏, 李馥馨, 宋本祥. 刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka) 夏眠习性研究 I——夏眠生态特点的研究[J]. 中国水产科学, 1996, 3(2): 41-48.
- [6] Yang H S, Yuan X T, Zhou Y, et al. Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with special reference to aestivation.[J]. Aquaculture Research, 2005, 36: 1085-1092.
- [7] 陈勇, 高峰, 刘国山, 邵丽萍, 石国锋. 温度、盐度和光照周期对刺参生长及行为的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(5): 687-691.
- [8] 董云伟, 董双林, 田向利. 不同水温对刺参幼参生长、呼吸及体组成的影响[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 33-37.
- [9] Lyytikäinen T, Jobling M. Effects of thermal regime on energy and nitrogen budgets of an early juvenile arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from Lake Inari [J]. Environ Biol Fish, 1999, 54(2): 219-227.
- [10] 董云伟, 董双林. 刺参对温度适应的生理生态学研究进展[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(5): 908-912.
- [11] 于东祥, 宋本祥. 池塘养殖刺参幼参的成活率变化和生长特点[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 109-110.
- [12] 陈远, 陈冲. 刺参幼参冬季陆上养殖试验[J]. 水产科学, 1992, 11(4): 1-3.
- [13] 孙毅, 唐日峰. 虾池养殖刺参实用技术[J]. 中国水产, 2002, 6(6): 52-53.
- [14] 肖树旭, 顾功超. 刺参室内节约化养殖探讨[J]. 海洋渔业, 1982, 4(4): 172-173.
- [15] 于明志, 常亚青. 低温对不同群体仿刺参幼参某些生理现象的影响[J]. 大连水产学院院报, 2008, 23(1): 31-36.
- [16] 包杰. 环境因子对青刺参和刺参(*Apostichopus japonicus*)代谢与生长及其机制的影响: [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [17] 李宝泉, 杨红生, 张涛. 温度和体质量对刺参呼吸和排泄的影响[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(2): 182-187.
- [18] 王印庚, 荣小军, 张春云, 孙素凤. 养殖海参主要疾病及防治技术[J]. 海洋科学, 2005, 29(3): 1-7.

## Effects of low temperature on the growth and oxygen consumption rate of different sizes of sea cucumbers (*Apostichopus japonicus*) in industrial aquaculture

ZHAO Bin<sup>1</sup>, LI Cheng-lin<sup>1</sup>, HU Wei<sup>1</sup>, WU Zhi-hong<sup>1</sup>, TAN Lin-tao<sup>2</sup>, WANG Peng-fei<sup>2</sup>  
(1. Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China; 2. Rushan Fisheries Technology Extension Station, Rushan 264500, China)

Received: Jan., 22, 2011

**Key words:** *Apostichopus japonicus*; industrial aquaculture; low temperature; growth; oxygen consumption rate

**Abstract:** Growth performance and oxygen consumption rate of sea cucumber were studied in low temperature in industrial Aquaculture. Three different sizes of sea cucumbers ( $0.50 \pm 0.07$ )g (A), ( $2.53 \pm 0.42$ )g (B), ( $23.87 \pm 2.46$ )g (C) were reared at 6 (I), 8 (II), 10 (III), and 13 (IV). Results showed that low temperature condition had significant effects on the growth of different sizes of sea cucumbers after 30 d. The weights of group C were significantly different from the weights of I (6) and IV (13) ( $P < 0.05$ ). Different low temperature condition had significant effects on oxygen consumption rate between different sizes of sea cucumbers. The oxygen consumption rate decreased when the size of sea cucumbers increased in all groups. Oxygen consumption rate in group A were significantly higher than those of other groups ( $P < 0.05$ ). Oxygen consumption rate of group B was significantly different from that of group C at 6; however, there were not significant difference in oxygen consumption at other temperatures between these two group.

(本文编辑: 梁德海)