

温度和盐度对红刺参(*Apostichopus japonicus*) 耗氧率与排氨率的影响*

包杰^{1,2} 姜宏波² 田相利¹ 董双林^{1①}

(1. 中国海洋大学水产学院 教育部海水养殖重点实验室 青岛 266003;

2. 沈阳农业大学畜牧兽医学院 沈阳 110866)

摘要 采用室内实验生态学方法,研究了不同温度(7、12、17、22、27℃)、盐度(23、26、29、32、35、38)对两种体重S组(1.68–3.48 g)和L组(15.78–20.79 g)红刺参(*Apostichopus japonicus*)耗氧率(OCR)和排氨率(AER)的影响。结果显示,温度对红刺参OCR和AER均有极显著影响($P<0.01$);体重对红刺参OCR无显著影响($P>0.05$),而对AER有极显著影响($P<0.01$)。温度和体重交互作用对红刺参OCR和AER有极显著影响($P<0.01$)。S组红刺参的OCR和AER随温度的升高而增加;L组红刺参OCR和AER均随温度的升高而升高,而在22℃有所降低后又升高。盐度、体重对红刺参OCR和AER均有显著影响($P<0.05$)。盐度和体重交互作用对红刺参OCR和AER均无显著影响($P>0.05$)。S组和L组红刺参的OCR和AER均随盐度的升高而呈M形变化,在盐度为29和32时较低,而在盐度为26和35时较高。红刺参OCR和AER与体重呈负相关的幂函数方程 $R=aW^b$ 。不同温度下S组和L组红刺参O:N范围分别为4.75–11.74和10.71–15.52;不同盐度S组和L组红刺参O:N范围分别为6.37–12.29和8.24–12.10。综上所述,L组红刺参对高温的耐受能力较S组弱;S组和L组红刺参对低盐和高盐的耐受性较差,其最适盐度范围为29–32。

关键词 红刺参; 温度; 盐度; 体重; 耗氧率; 排氨率

中图分类号 Q493 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)04-0116-06

在日本,天然刺参(*A. japonicus*)存在红刺参、青刺参和黑刺参3个品系。青刺参是我国重要的海水养殖种类,红刺参仅分布在日本部分岛屿的岩礁地带。红刺参在形态学(体色、波里氏囊、疣足、消化管、骨片等)、生理学(产卵期、体壁生化组成等)和生态学习性(夏眠特性、繁殖季节和栖息环境等)方面与青刺参存在较大差异(Choe *et al.*, 1961; 梁森, 2010¹);在遗传上红刺参与青刺参也存在显著差异(Kanno *et al.*, 2002、2003、2005、2006; Kang *et al.*, 2011);最近研

究发现,红刺参与青刺参属种内关系,可能为两个独立的群体(胡美燕等, 2009; Sun *et al.*, 2010)。

由于体壁较厚,价格较高,红刺参于2007年从日本引入国内,并在国内开展人工育苗和养殖技术的研究。李莉(2009)²以中国当地刺参为母本,日本红刺参为父本进行单对杂交,采用微卫星和 AFLP 两种分子标记技术,验证了日本红刺参与中国当地青刺参杂交的可行性,这为改良刺参养殖品种,有效促进刺参养殖产业的持续和健康发展提供了基础。呼吸和排

* 国家海洋公益项目(200905020)、国家科技支撑计划(2011BAD13B03)和沈阳农业大学校青年教师科研基金(20101005)共同资助。包杰, E-mail: yh_baojie@163.com

① 通讯作者: 董双林, 教授, E-mail: dongsl@ouc.edu.cn

收稿日期: 2014-07-22, 收修改稿日期: 2014-08-22

1) 梁森. 刺参(*Apostichopus japonicus*)个体生长差异的实验研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2010

2) 李莉. 中国青刺参和日本红刺参苗种培育的生物学研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2009

泄是动物生理生态学的重要组成部分,可反映动物的生理状态,关于青刺参呼吸和排泄的研究已有一些报道(李宝泉等, 2002; Yang *et al.*, 2006; 董云伟等, 2005)。而关于红刺参的研究目前主要集中在其苗种生物学和遗传特性方面(Kanno *et al.*, 2002、2003、2005、2006; Kang *et al.*, 2011; 胡美燕等, 2009)。由于红刺参与青刺参在生理学、遗传学、分布区和栖息环境的不同可能会导致它们对环境的适应性存在差异,本实验旨在研究红刺参在不同温度和盐度下的耗氧率和排氮率,可为进一步开展红刺参育苗和养殖技术提供基础理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

红刺参是 2007 年从日本九州引进亲参的子一代。将运回的健康红刺参随机置于 11 个 100 L 水槽中暂养 15 d, 暂养期间 24 h 充气, 每天换水 1/2-2/3, 投喂过量配合饲料(粗蛋白 16.56%, 粗脂肪 5.40%, 灰分 47.42, 能量 8.92 kJ/g)。驯养和实验期间, 温度为(17±0.5)℃, 盐度为 32, 光强为(200±30) lx(自然光), 光照周期为 10 L : 14 D。

1.2 实验设计

1.2.1 温度实验设计 实验设置 7、12、17、22、27℃ 5 个温度梯度。实验开始前, 每天升高或降低水温 1-2℃, 将红刺参驯化至实验温度并稳定 10 d。根据红刺参大小选择 250 和 1000 ml 三角锥形瓶测定其耗氧率和排氮率, 每个瓶中放 1 个个体, 每组设 10 个重复, 3 个空白呼吸瓶(不放红刺参)作为对照。实验采用静水法, 水浴控温, 每次实验均从 09:00 开始, 实验进行 4-6 h。实验红刺参体重分 S 组(1.68±0.23) g 和 L 组(20.79±1.34) g。

1.2.2 盐度实验设计 实验设置 23、26、29、32、35、38 6 个盐度梯度。实验开始前, 每天升高或降低 1-2 个盐度, 将红刺参驯化至实验盐度并稳定 10 d。根据红刺参大小选择 250 和 1000 ml 三角锥形瓶测定其耗氧率和排氮率, 每个瓶中放 1 个个体, 每组设 10 个重复, 3 个空白呼吸瓶(不放红刺参)作为对照。实验采用静水法, 每次实验均从 09:00 开始, 实验进行 4-6 h。实验红刺参体重分 S 组(3.48±0.50) g 和 L 组(15.78±1.81) g。

1.3 测定方法

实验结束后, 利用虹吸法取水样, 然后用碘量法测定呼吸瓶及对照瓶中 DO; 用次溴酸钠氧化法测定

NH₄⁺-N 浓度。所有样品测定均在 3-5 h 内完成。

耗氧率(OCR)和排氮率(AER)分别以下式来计算:

$$OCR = (DO_0 - DO_1) V / (W \cdot t)$$

$$AER = (N_1 - N_0) V / (W \cdot t)$$

式中, OCR、AER 为耗氧率和排氮率, DO₀、DO₁ 分别为实验初始、结束时对照瓶中 DO 含量(μg/L), N₀、N₁ 分别为实验初始、结束时对照瓶中 NH₄⁺-N 含量(μg/L), V 为呼吸瓶体积, W 为实验刺参体重, t 为实验持续时间。

1.4 统计分析

数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示。所得数据用 SPSS 11.0 软件进行双因子方差分析以及 Duncan 多重比较, 以 P<0.05 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 温度和体重对红刺参耗氧率与排氮率的影响

方差分析表明, 温度对红刺参 OCR 和 AER 均有极显著影响($F_{T_0}=61.314$ 和 $F_{T_a}=135.720$, $P<0.01$); 体重对红刺参 OCR 无显著影响($F_{W_0}=1.381$, $P>0.05$), 而对 AER 有极显著影响($F_{W_a}=132.824$, $P<0.01$)。温度和体重交互作用对红刺参 OCR 和 AER 有极显著影响($F_o=9.669$ 和 $F_a=7.307$, $P<0.01$)。温度对红刺参耗氧率和排氮率的影响见图 1、图 2。S 组红刺参的 OCR 和 AER 均随温度的升高而增加, 在 27℃ 时达到最高, 分别为 25.94 μg/g·h 和 2.57 μg/g·h; L 组 OCR 和 AER 均随温度的升高而增加, 而后在 22℃ 有所降低后在 27℃ 时达到最高, 分别为 26.52 μg/g·h 和 2.09 μg/g·h。

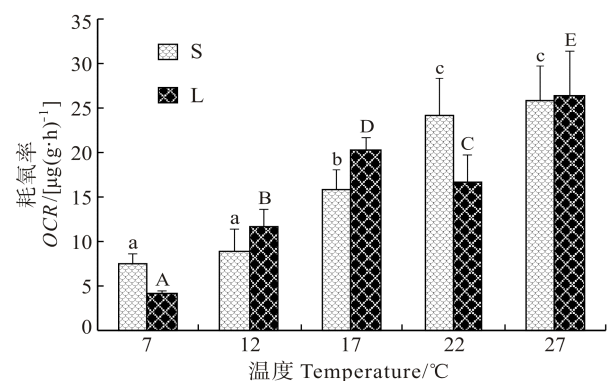


图 1 不同温度条件下红刺参耗氧率
Fig.1 Oxygen consumption rate of red type *A. japonicus* at different temperatures

不同温度处理下带有不同字母的数据表示相互之间差异显著($P<0.05$)
Data with different superscripts at different temperatures are significantly different ($P<0.05$)

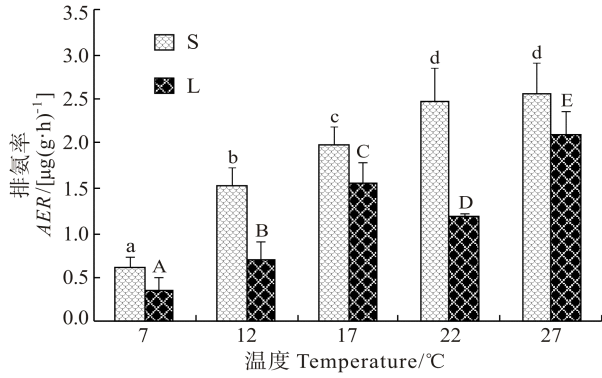


图2 不同温度条件下红刺参排氨率
Fig.2 Ammonia-N excretion rate of red type *A. japonicus* at different temperatures

不同温度处理下带有不同字母的数据表示相互之间差异显著($P<0.05$)
Data with different superscripts at different temperatures are significantly different ($P<0.05$)

红刺参单位个体耗氧率和排氨率与体重呈负相关的幂函数关系： $R = aW^b$ (表1)，式中， R 为红刺参单位个体耗氧率， W 为体重， a 、 b 为参数。 R_{OCR} 的 a 取值范围为7.988–25.914， b 取值范围为0.755–1.141； R_{AER} 的 a 取值范围为0.713–2.723， b 取值范围为0.540–0.909。

2.2 盐度和体重对红刺参耗氧率与排氨率的影响

方差分析表明，盐度、体重对红刺参OCR和AER均有显著影响($F_{So}=11.361$ 和 $F_{Wo}=1.381$ ， $F_{Sa}=4.193$ 和 $F_{Wa}=16.070$ ， $P<0.05$)。盐度、体重交互作用对红刺参OCR和AER均无显著影响($F_o=0.575$ 和 $F_a=0.481$ ， $P>0.05$)。盐度对红刺参耗氧率和排氨率的影响见图3、图4。S组和L组红刺参的OCR和AER均随盐度的升高而呈M形变化，在盐度为26和35时较高，而在盐度为29和32时较低。红刺参单位个体耗氧率和排氨率与体重呈负相关的幂函数关系： $R = aW^b$ (表2)。其中， R_{OCR}

表1 不同温度下红刺参单位个体耗氧量和排氨量与体重的回归方程
Tab.1 Regressive relationship between weight and individual oxygen consumption rate/ammonia-N excretion rate of red *A. japonicus* at different temperatures

温度 Temperature(°C)	单位个体耗氧量 Individual oxygen consumption rate (μg/ind·h)	单位个体排氨量 Individual ammonia-N excretion rate (μg/ind·h)
7	$8.612W^{0.775}$ ($R^2 = 0.973$, $n=20$)	$0.713W^{0.770}$ ($R^2 = 0.945$, $n=20$)
12	$7.988W^{1.141}$ ($R^2 = 0.970$, $n=20$)	$2.243W^{0.540}$ ($R^2 = 0.928$, $n=20$)
17	$15.067W^{1.098}$ ($R^2 = 0.996$, $n=20$)	$2.068W^{0.901}$ ($R^2 = 0.991$, $n=20$)
22	$25.894W^{0.888}$ ($R^2 = 0.989$, $n=20$)	$2.640W^{0.738}$ ($R^2 = 0.992$, $n=20$)
27	$25.914W^{0.979}$ ($R^2 = 0.992$, $n=20$)	$2.723W^{0.909}$ ($R^2 = 0.992$, $n=20$)

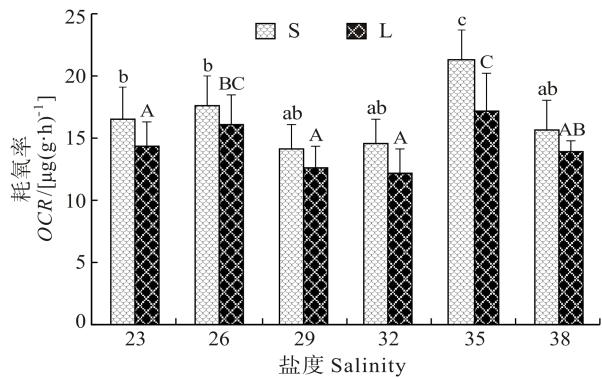


图3 不同盐度条件下红刺参耗氧率
Fig.3 Oxygen consumption rate of red type *A. japonicus* at different salinities

不同盐度处理下带有不同字母的数据表示相互之间差异显著($P<0.05$)
Data with different superscripts at different salinities are significantly different ($P<0.05$)

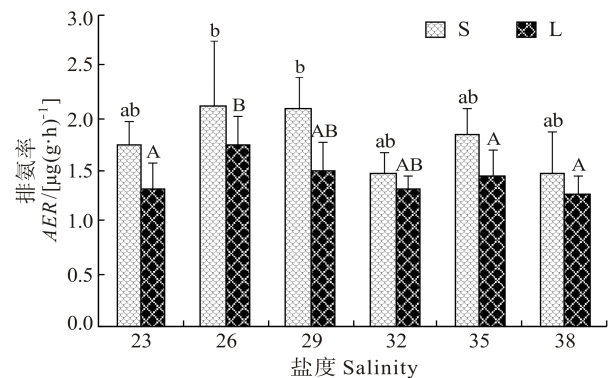


图4 不同盐度条件下红刺参排氨率
Fig.4 Ammonia-N excretion rate of red type *A. japonicus* at different salinities

不同盐度处理下带有不同字母的数据表示相互之间差异显著($P<0.05$)
Data with different superscripts at different salinities are significantly different ($P<0.05$)

表 2 不同盐度下红刺参单位个体耗氧量和排氨量与体重的回归方程
Tab.2 Regressive relationship between weight and oxygen consumption rate/ammonia-N excretion rate of red *A. japonicus* at different salinities

盐度 Salinity	单位个体耗氧量	单位个体排氨量
	Individual oxygen consumption rate ($\mu\text{g}/\text{ind}\cdot\text{h}$)	Individual ammonia-N excretion rate ($\mu\text{g}/\text{ind}\cdot\text{h}$)
23	$16.9584W^{0.9024}$ ($R^2 = 0.984$, $n=20$)	$2.0829W^{0.8176}$ ($R^2 = 0.979$, $n=20$)
26	$14.3743W^{1.0288}$ ($R^2 = 0.959$, $n=20$)	$1.4993W^{0.9716}$ ($R^2 = 0.959$, $n=20$)
29	$12.1769W^{1.0018}$ ($R^2 = 0.942$, $n=20$)	$2.5884W^{0.7138}$ ($R^2 = 0.798$, $n=20$)
32	$10.5613W^{1.0382}$ ($R^2 = 0.972$, $n=20$)	$2.1580W^{0.8208}$ ($R^2 = 0.932$, $n=20$)
35	$21.9678W^{0.8713}$ ($R^2 = 0.917$, $n=20$)	$3.7767W^{0.5499}$ ($R^2 = 0.835$, $n=20$)
38	$10.0925W^{1.1023}$ ($R^2 = 0.937$, $n=20$)	$1.1926W^{1.0289}$ ($R^2 = 0.913$, $n=20$)

表 3 不同温度、盐度下红刺参的 O:N 值
Tab.3 O : N ratio of red *A. japonicus* at different temperatures and salinities

温度 Temperature($^{\circ}\text{C}$)	体重 Weight		盐度 Salinity	体重 Weight	
	S	L		S	L
7	11.74 ± 0.97^c	14.40 ± 1.78^a	23	7.21 ± 0.87^a	8.80 ± 1.77
12	4.75 ± 1.15^a	$15.52\pm 3.53^{b*}$	26	8.09 ± 1.65^{ab}	8.24 ± 1.45
17	7.55 ± 1.01^b	$11.96\pm 1.60^{ab*}$	29	6.37 ± 0.77^a	9.03 ± 1.67
22	8.69 ± 1.34^b	$13.11\pm 2.29^{ab*}$	32	8.33 ± 1.71^{ab}	8.91 ± 1.37
27	8.57 ± 0.62^b	10.71 ± 0.87^{ab}	35	10.00 ± 1.26^{bc}	11.25 ± 1.68
			38	12.29 ± 1.21^c	12.10 ± 1.19

注: 同一列中标有不同字母的表述不同温度或盐度处理间差异显著($P<0.05$); *表示不同体重处理组间差异显著($P<0.05$)

Note: Values with different letters in the same column are significantly different among temperature/salinity treatments ($P<0.05$). Values with * are significantly different between the two weight groups of sea cucumbers ($P<0.05$)

的 a 取值范围为 10.0925–21.9678, b 的取值范围为 0.8713–1.1023; R_{AER} 的 a 取值范围为 1.1926–3.7767, b 的取值范围为 0.5499–1.0289。

2.3 温度、盐度和体重对红刺参 O : N 的影响

不同温度、盐度对红刺参 O : N 的影响见表 3。从表 3 可以看出, 不同温度下 S 组和 L 组红刺参 O : N 范围分别为 4.75–11.74 和 10.71–15.52; 不同盐度 S 组和 L 组红刺参 O : N 范围分别为 6.37–12.29 和 8.24–12.10。

3 讨论

体重是影响动物呼吸排泄的重要因素之一。与许多水生动物一样, 本研究中不同温度、盐度下红刺参单位个体耗氧量和排氨量与其体重的关系也呈负相关的幂函数关系($R = aW^b$)。 b 值为体重指数, 可反映动物耗氧率对体重变化的敏感程度, 棘皮动物 b 值受环境因素的影响较大, 其变化范围在 -0.055–1.3123 (李宝泉等, 2002; 袁秀堂等, 2006; 包杰, 2008¹⁾)。本研

究中红刺参在温度为 7–27 $^{\circ}\text{C}$ 范围内的 b 取值范围为 0.540–1.141, 在盐度为 23–38 范围内的 b 取值范围为 0.5499–1.0289, 这与其他棘皮动物的 b 值范围基本相同。

在一定温度范围内, 大多数水生生物的耗氧率随温度的升高而增加, 而当温度超过生物的适宜或耐受范围时则会显著下降。李宝泉等 (2002) 研究发现, 在温度为 10–30 $^{\circ}\text{C}$ 内, 青刺参 (17 g < 体重 < 50 g) 的 OCR 和 AER 随温度的升高而增加, 而体重大于 50 g 的青刺参 OCR 和 AER 随温度的升高, 在 20 $^{\circ}\text{C}$ 前呈上升趋势, 而后随温度的增加则缓慢下降, 可能是刺参在 20 $^{\circ}\text{C}$ 后进入夏眠导致其代谢水平下降。本研究发现, 红刺参也具有类似现象。在本研究温度范围内, 体重在 1–3 g 的 S 组红刺参 OCR 和 AER 均随温度的升高而增加, 但体重 20 g 左右的 L 组红刺参 OCR 和 AER 则随温度的升高在 22 $^{\circ}\text{C}$ 有所下降后在 27 $^{\circ}\text{C}$ 复又升高 (图 1 和图 2), 这反映了 S 组的红刺参耐受高温的能力要强于 L 组。本研究中, S 组红刺参的 OCR 和 AER 随温度的升高而增加, 并未出现类似 L 组红刺参的类

1) 包杰. 环境因子对青刺参和红刺参(*Apostichopus japonicus*)代谢与生长及其机制的影响. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2006

似波动,这也许意味着 S 组的红刺参出现夏眠的温度更高或不会出现夏眠现象;而 L 组红刺参 OCR 和 AER 在温度超过 17℃ 后受到影响,这一现象是否与夏眠机制有关还需进一步研究。

棘皮动物为随渗动物,主要通过管足、体壁对盐度和水分较高的渗透性来完成体腔内离子浓度随环境盐度的适应。由于棘皮动物对离子调节方式的差异可引起耗氧率和排氨率的明显差异(Lewis *et al*, 1968; Ellington *et al*, 1974; Emerson, 1969)。一般来讲,水生动物在最适盐度时代谢耗能较少,随着盐度的升高或降低而偏离其栖息适宜环境则代谢率增加。本研究中 S 组和 L 组红刺参 OCR 和 AER 随盐度的升高呈 M 形变化,OCR 和 AER 均在盐度为 29 和 32 时较低,当盐度继续升高或降低时,红刺参的代谢耗能明显增加。可以看出,在盐度为 29–32 范围内可能接近其等渗点,为其最适盐度,这与李莉(2009)¹⁾研究的红刺参幼体和张鹏(2012)²⁾研究红刺参最适盐度为 30 的结果基本一致。然而,当盐度进一步升高至 38 或降低至 23 时,红刺参 OCR 反而开始下降,表明盐度过低和盐度过高不利于红刺参生长,其代谢受到明显抑制,这可能是其保持细胞内渗透压的平衡,减少耗能的生理策略(Shirley *et al*, 1982)。

O : N 比值可评估海洋无脊椎动物的能量需求和对营养物质的利用特性。O : N 比值低时(小于 10),动物以蛋白质代谢为主;O : N 比值高时(大于 10)时则以脂肪和碳水化合物代谢为主。从表 3 中可以看出,L 组红刺参主要以脂肪和碳水化合物代谢为主,而 S 组红刺参在低温(7℃)条件下主要以脂肪和碳水化合物代谢为代谢底物,而随着温度的增加它们代谢的蛋白质也在增加。可见,不同温度下红刺参能量代谢特征会随个体发育而发生变化,因此,在研究红刺参营养生理时应考虑这一点。在盐度为 23–38 条件下,S 组和 L 组间红刺参 O : N 比值并无显著差异,但红刺参代谢底物中脂肪和碳水化合物所占的比例随盐度的升高逐渐增加。

体重、温度和盐度是影响红刺参呼吸排泄的重要环境因子。红刺参主要栖息于环境相对稳定的外洋性海域,对于环境的波动较为敏感(Nishimura, 1995)。本研究中,L 组红刺参对高温的耐受能力较 S 组弱;红刺参最适盐度范围为 29–32,其对低盐和高盐的耐受性较差。因此,在红刺参养殖过程中,尤其是池塘

养殖过程中,应注意养殖环境的调控,以期对红刺参健康养殖提供重要的指导意义。

参 考 文 献

- 李宝泉,杨红生,张涛,等. 温度和体重对刺参呼吸和排泄的影响. 海洋与湖沼, 2002, 33(2): 182–187.
- 胡美燕,李琪,孔令锋,等. 中国刺参与日本红刺参杂交子一代的早期生长比较. 中国海洋大学学报, 2009, 39(增刊): 375–380
- 袁秀堂,杨红生,周毅,等. 盐度对刺参(*Apostichopus japonicus*)呼吸和排泄的影响. 海洋与湖沼, 2006, 37(4): 348–354.
- 董云伟,董双林,田相利,等. 不同水温对刺参幼参生长、呼吸及体组成的影响. 中国水产科学, 2005, 12(1): 33–37.
- Choe S, Oshima Y. On the morphological and ecological differences between two commercial forms, 'green' and 'red', of the Japanese common sea cucumber, *Stichopus japonicus* Selenka. Nippon Suisan Gakkaishi, 1961, 27(2): 97–105
- Ellington WR, Lawrence JM. 1974. Coelomic fluid volume regulation and isosmotic intracellular regulation by *Luidia clathrata* (Echinodermata: Asteroidea) in response to hyposmotic stress. Biol Bull, 1974, 146(1): 20–31
- Emerson DN. Influence of salinity on ammonia excretion rates and tissue constituents of euryhaline invertebrates. Comp Biochem Physiol, 1969, 29(3): 1115–1133
- Kang JH, Yu KH, Park JY, *et al*. Allele-specific PCR genotyping of the HSP70 gene polymorphism discriminating the green and red color variants sea cucumber (*Apostichopus japonicus*). J Genetics Genomics, 2011, 38(8): 351–355
- Kanno M, Kijima A. Genetic differentiation among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. Fish Sci, 2003, 69: 806–812
- Kanno M, Kijima A. Quantitative and qualitative evaluation on the color variation of the Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. Suisanzoshoku, 2002, 50: 63–69
- Kanno M, Li Q, Kijima A. Isolation and characterization of twenty microsatellite loci in Japanese sea cucumber (*Stichopus japonicus*). Mar Biotech, 2005, 7(3): 179–183
- Kanno M, Suyama Y, Li Q, *et al*. Microsatellite analysis of Japanese sea cucumber, *Stichopus* (*Apostichopus japonicus*), supports reproductive isolation in color variants. Mar Biotech, 2006, 8(6): 672–685
- Lewis JB. Respiration in the tropical sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. Physiol Zool, 1968, 41(4): 476–480

1) 李莉. 中国青刺参和日本红刺参苗种培育的生物学研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2009

2) 张鹏. 盐度、光照强度、温度对青色系、红色系仿刺参(*Apostichopus japonicus*)生长和能量分配的影响. 中国海洋大学博士学位研究生学位论文, 2012

- Nishimura S. Guide to seashore animals of Japan with color pictures and keys. Hoikusha Press, Japan, 1995
- Shirley TC, Stickle WB. Responses of *Leptasterias hexactis* (Echinodermata: Asteroidea) to low salinity II. Nitrogen metabolism, Respiration and Energy budget. Mar Biol, 1982, 69: 155–163
- Sun XJ, Li Q, Kong LF. Comparative mitochondrial genomics within sea cucumber (*Apostichopus japonicus*): Provide new insights into relationships among color variants. Aquaculture, 2010, 309(1–2): 280–285
- Yang HS, Zhou Y, Zhang T *et al.* Metabolic characteristics of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) during aestivation. J Exp Mar Biol Ecol, 2006, 330(2): 505–510

(编辑 陈严)

Effects of Temperature and Salinity on Oxygen Consumption Rate and Ammonia-N Excretion Rate of Red *Apostichopus japonicus* (Selenka)

BAO Jie^{1,2}, JIANG Hongbo², TIAN Xiangli¹, DONG Shuanglin^{1①}

(1. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003;
2. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866)

Abstract The current study investigated the effects of temperature (7, 12, 17, 22, and 27°C) and salinity (23, 26, 29, 32, 35, and 38) on oxygen consumption rate (*OCR*) and ammonia-N excretion rate (*AER*) of small group (S) (1.68–3.48 g) and large group (L) (15.78–20.79 g) red *Apostichopus japonicus*. The results showed that temperature had significant effect on *OCR* and *AER* of red *A. japonicus*, and that body size significantly affected the *AER* but not *OCR*. There was significant interaction between body size and temperature ($P < 0.01$). *OCR* and *AER* of S group was increased with the increasing of temperature; however, *OCR* and *AER* of L group were enhanced when temperature ranged from 7 to 17°C, and diminished at 22°C, and then increased at 27°C. Salinity and body size had significant effect on *OCR* and *AER* ($P < 0.05$), and there was no significant interaction between body size and salinity ($P < 0.01$). The effects of salinity on *OCR* and *AER* of two body groups of red *A. japonicus* showed a shape of ‘M’, which was lower at salinity of 29 and 32 and higher at salinity of 26 and 35. There is a negative regressive function $R = aW^b$ between the *OCR/AER* and body size. O:N ratios in different temperatures were covered range of 4.75–11.74 for S group and 10.71–15.52 for L group, respectively; O:N ratios in different salinities were covered range of 6.37–12.29 for S group and 8.24–12.10 for L group, respectively. These results demonstrated that the large group red type *A. japonicus* could not tolerate higher temperature and two group sea cucumbers were sensitive to lower and higher salinity. The study indicated that the optimum salinity range for red type *A. japonicus* was 29–32.

Key words Red *A. japonicus*; Temperature; Salinity; Body weight; Oxygen consumption rate; Ammonia-N excretion rate

① Corresponding author: DONG Shuanglin, E-mail: dongsl@ouc.edu.cn