

仿刺参内脏再生过程的能量代谢及生化组成变化

檀永凯, 李霞, 段晶晶

(大连水产学院 农业部海水增养殖学与生物技术重点开放实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 通过人工注射 KCl (0.35 mol/L) 诱导仿刺参 (*Apostichopus japonicus*) 排脏, 将水温控制在 $(18 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 条件下对其消化道和呼吸树再生过程中的能量代谢及生化组成进行了研究。结果表明, 仿刺参排脏后停止了一切摄食和排粪, 16 d 消化道打通后开始摄食。在整个再生过程中, 仿刺参摄食前体质量出现了负生长现象, 实验结束时体质量比对照组降低了 36.74%。耗氧率和排氮率同对照组相比均有显著变化, 耗氧率最低为 $3.29 \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g}\cdot\text{h})$, 排氮率最低为 $0.0556 \mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 再生对仿刺参身体生化组成也有显著影响 ($P < 0.05$), 实验结束时蛋白质、脂肪和体能值分别减少了 15.58%、22.58% 和 24.71%。结论认为, 再生对仿刺参营养物质的利用情况的影响要高于环境因子。[中国水产科学, 2008, 15 (4): 683-688]

关键词: 仿刺参; 再生; 能量代谢; 生化组成

中图分类号: Q17

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)04-0683-06

再生是指某些动物身体的某一部分由于自然条件的改变、种间或种内的争斗、逃避敌害等原因缺失后又恢复的一个过程^[1]。目前对棘皮动物再生的报道主要有海星^[2]、海盘车^[3]、仿刺参 (*Apostichopus japonicus*)^[4] 等。

仿刺参俗称刺参, 隶属棘皮动物门 (Echinodermata)、海参纲 (Holothuroidea), 是中国北方重要的增养殖种类。再生是刺参特殊的生理活动, 当刺参遇到敌害或不良环境时, 能将消化管等内脏器官排出体外, 以保护自己, 一段时间后, 又再生出新的内脏器官。国内外有关刺参再生的研究已有一些报道, 聂竹兰等^[5]、孙修勤等^[6] 综述了刺参类动物体壁、肠和居维氏管再生过程和再生器官的细胞起源、迁移与增殖机理; 郑法新等^[7] 研究了刺参内脏器官再生的组织学。尽管国内外学者对海参再生的研究较多^[8], 但主要研究方面为海参再生器官的外部形态、组织结构、细胞功能以及基因表达、调控等^[9-16], 对于刺参再生过程的生物能量学的研究目前尚未见报道。有关刺参能量学方面的报道目前主要集中在环境因子对幼参和成参代谢的影响方面。董云伟等^[17-18] 研究了温度对幼参呼吸代谢以及体组成的影响; 李宝泉等^[19] 报道了温度和体质量对刺参呼吸代谢的影响; 杨红生等^[20] 对刺参夏眠过

程中能量代谢特点的研究。本实验研究了仿刺参消化道和呼吸树再生过程中能量代谢特点和生化组成的变化, 探讨了再生对仿刺参生长的影响, 期待从能量学角度对仿刺参再生过程的能量利用机制加强理解并为刺参养殖业提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

实验于 2005 年 11 月~2006 年 1 月间进行。材料为取自大连龙王塘海域, 1⁺ 龄, 个体大小相近的刺参, 体质量为 $(66.42 \pm 9.87) \text{g}$, 体长为 $(10.4 \pm 1.53) \text{cm}$, 共 104 只。仿刺参从海区取回后在实验室以 12°C 暂养 10 d 后开始升温, 每 2 d 升 1°C , 当水温升至 $(18 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 时, 进行实验。

1.2 方法

1.2.1 预实验

(1) 仿刺参消化道和呼吸树再生过程观察 将仿刺参放入 0°C 冰水混合物中麻醉 1.5~2 h, 然后沿腹中线的右侧打开体腔 (以免破坏腹肠系膜), 用肉眼观察消化道和呼吸树的外部形态特征, 数码相机拍照。每隔 7 d 取样, 每次 3 只。根据观察结果将消化道和呼吸树再生过程分为 3 个阶段 (主要以消化道的形态划分): 消化道原基形成阶段

收稿日期: 2007-12-21; 修订日期: 2008-01-31.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30371099).

作者简介: 檀永凯 (1981-), 男, 硕士研究生. E-mail: tyk0011981@163.com

通讯作者: 李霞 (1961-), 女, 教授. E-mail: lx@dlfu.edu.cn

(0~7 d); 消化道肠腔形成阶段 (7~14 d); 消化道生长恢复阶段 (14~60 d)。

(2) 再生结束时间的确定 本实验从能量学上以实验组刺参的单位体质量代谢率同对照组差异不显著和形态学上以消化道形态结构同对照组差异不显著作为仿刺参再生结束的标准。

1.2.2 人工诱导刺参排脏 对实验组刺参腹腔注射 0.35 mol/L KCl 溶液, 注射剂量为体质量的 2% 左右, 1~2 min 后刺参排脏。将排脏后刺参放入 (18±0.5) °C 海水中培育, 对照组未进行任何处理。

1.2.3 实验设计及测定方法

生长实验 取 20 只刺参, 实验组和对照组各 10 只, 暂养在规格为 40 cm×50 cm×60 cm 的控温循环水槽中。实验初测定刺参体质量, 以后每 5 d 测定 1 次。测定前刺参禁食 24 h 以清空其肠道。将刺参取出, 阴干 15 min, 用 MP-120 型电子天平称取刺参体质量。残饵、粪便、刺参均在 65 °C 烘干至恒重, 称取其干重。

耗氧率和排氮率实验 取 20 只刺参, 对照组和实验组各 10 只。共设 12 个呼吸瓶 (10 L), 每瓶放 2 只刺参, 即 10 个重复和两个空白。水温 (18±0.5) °C。刺参耗氧率测定采用静止法。实验前取水样作为初始值, 4 h 后再取水样作为终末值, 实验每 5 d 测定 1 次。溶解氧含量采用 Winkle 氏碘量法测定, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 用次溴酸钠氧化法测定^[16-17]。

生化组成及能值实验 取 30 只刺参, 放在 (18±0.5) °C 控温循环水槽中, 对照组和实验组各 15 只。根据预实验分别在 0 d、14 d、60 d 时取样测定刺参生化组成, 每次每组各取 3 只。粗蛋白含量通过凯氏定氮法测定 N 含量乘以 6.25; 粗脂肪含量用索氏抽提法测定; 灰分含量用马福炉在 550 °C 下燃 12 h 测得^[18]。每个样均重复测定 2 次, 并取其平均值作为测值, 样品能值用能值计测定 (PARR Instrument Company)。本实验所得粗蛋白、粗脂肪、灰分和能值均以湿质量计算。

养殖管理 养殖用水为沙滤自然海水。每天换水 1/2 以上, 海水盐度为 30~31, 换水前将蓄水槽中海水预加热至 18 °C, 以防温度变化太大对刺参造成刺激。每天投饵 1 次 (17:00), 23 h 后用虹吸法吸出; 并对饵料进行溶失实验, 用以校正摄食量。饲料为大连水产学院海珍品育苗基地提供的海参配合饲料。日收集刺参的残饵和粪便, 冷冻保存。

1.3 计算与数据统计

各项指标按下列公式计算:

$$\text{耗氧率} = [(C_o - C_i) - (C_o' - C_i')] \cdot V / W \cdot T;$$

式中, 耗氧率单位为 $\mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$; C_o : 实验开始时实验瓶溶氧含量, $\mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$; C_i : 实验结束时实验瓶溶氧含量, $\mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$; C_o' : 实验开始时空白瓶溶氧含量; C_i' : 实验结束时空白瓶溶氧含量; W : 海参体质量 (湿质量, g); T : 实验持续时间, h; V : 瓶体积, mL。

$$\text{排氮率} = [(N_i - N_o) - (N_i' - N_o')] \cdot V / W \cdot T;$$

式中, 排氮率单位为 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$; N_o : 实验开始时实验瓶氨氮含量, $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$; N_i : 实验结束时实验瓶氨氮含量, $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$; N_o' : 实验开始时空白瓶氨氮含量, $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$; 实验结束时空白瓶氨氮含量, $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$; W : 海参体质量, 湿质量, g; T : 实验持续时间 (h); V : 瓶体积 (mL)

氧氮比 = 氧原子数 / 氮原子数

利用 SPSS 11.0 和 origin 7.5 进行统计分析。单因子方差分析, 以平均值 ± 标准误差表示结果, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 再生过程中刺参摄食情况

刺参排脏后, 第 0~14 天, 刺参消化道为细线状, 尚未打通, 不摄食。第 14~60 天, 随着消化道打通, 刺参逐渐开始摄食, 其摄食量也随着消化器官形态体积上的增大而逐渐加大。实验结束时, 刺参单位体质量的摄食量为 $(0.045 \pm 0.007) \text{g}$ 同对照组 $(0.049 \pm 0.009) \text{g}$ 相比无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 再生过程中仿刺参体质量变化

同对照组相比, 再生对刺参生长影响显著 ($P < 0.05$)。第 0~10 天时体质量呈下降趋势, 第 10 天测定时体质量最低仅为 43.96 g; 第 10~15 天时, 体质量略有升高, 但不明显 ($P > 0.05$); 第 15~25 天时, 体质量处于稳定状态, 无明显的增长或降低; 第 25~60 天时, 刺参体质量逐渐增加 (图 1)。再生结束时, 刺参体质量为 61.35 g, 是对照组的 63.26%。

2.3 耗氧率变化

对照组刺参在整个实验过程中平均耗氧率为 $(26.7 \pm 2.52) \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。实验组刺参再生过程中耗氧率整体表现为先下降后上升的趋势, 初始测定时为 $(6.223 \pm 1.209) \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$, 第 5 天时达到一个低谷 $(3.287 \pm 1.386) \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$ (图 2), 之后缓

慢上升,实验结束时为 $(26.551 \pm 1.655) \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$ 同对照组 $(25.962 \pm 1.812) \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g} \cdot \text{h})$ 差异不显著 ($P > 0.05$)。

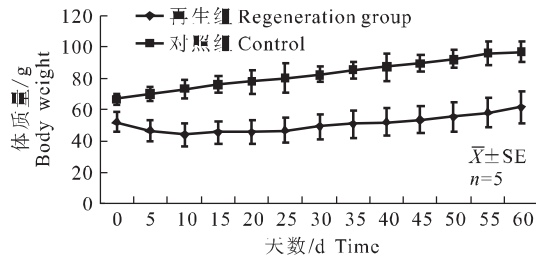


图1 刺参再生过程中的体质量变化

再生组初始体质量为吐脏后的,吐脏前体质量同对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。

Fig.1 Changes of weight of *A. japonicus* during the regeneration

The initial body weight of regeneration group was weighed after Evisceration. No significant variation between control group and trial group ($P > 0.05$).

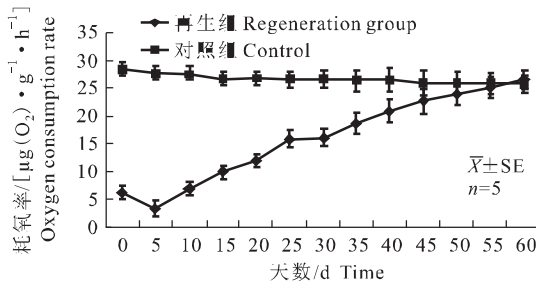


图2 刺参再生过程中耗氧率的变化

Fig.2 Changes of oxygen consumption rate of *A. japonicus* during regeneration

2.4 排氨率变化

再生过程中刺参排氨率整体表现出逐渐上升的趋势,实验开始时的刺参排氨率为 $(0.060 \pm 0.002) \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,仅为对照组平均排氨率的 8.67%,实验结束时同对照组差异不显著 ($P > 0.05$) (图3)。

2.5 氧氮比变化

刺参再生过程中氧氮比的变化见图4。氧氮比的变化整体趋势为下降到平稳,中间出现了一次轻微的波动。在实验开始时刺参氧氮比为 90.527 ± 2.152 ,之后逐渐降低,实验结束时再生组刺参的氧氮比为 34.058 ± 1.967 ,同对照组刺参的氧氮比 33.168 ± 2.614 之间无显著差异 ($P > 0.05$)。

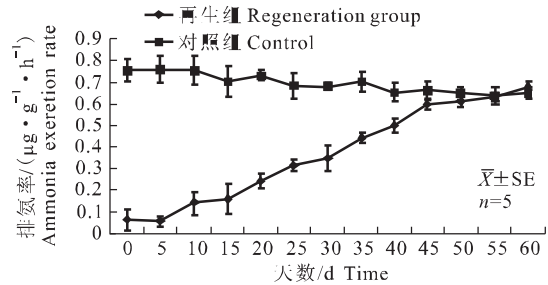


图3 刺参再生过程中排氨率的变化

Fig.3 Changes of ammonia excretion rate of *A. japonicus* during regeneration

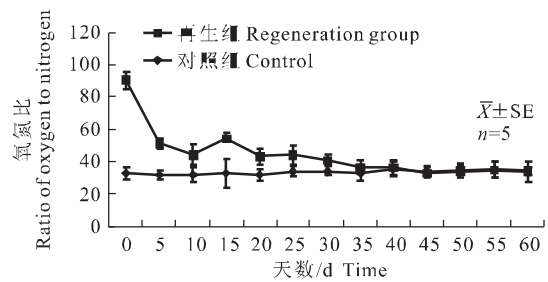


图4 刺参再生过程中氧氮比的变化

Fig.4 Ratio of oxygen to nitrogen of *A. japonicus* during regeneration

2.6 再生对仿刺参生化组成的影响

对照组和实验组刺参体生化组成见表1。从表1中可见实验组刺参体壁中的粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和能值在再生结束时分别为 2.352 ± 0.302 、 0.926 ± 0.334 、 3.647 ± 0.194 和 1.999 ± 0.115 , 较对照组均有所下降,分别降低了 15.58%、22.58%、4.63% 和 24.71%。

3 讨论

3.1 刺参再生过程中体质量的变化分析

动物代谢的能源物质为蛋白质、脂肪和碳水化合物,其能量来源包括外源性的和内生性两种,外源性的主要来自摄食的饵料,内生性的则为自身积累的能量^[21]。实验发现,刺参在达到消化道生长恢复阶段前无法进行摄食,这意味着刺参没有能量摄入,为保持其生存的基本代谢以及组织器官再生所需能量,必然要消耗机体自身,体重减轻不可避免^[22],因此刺参体质量在再生开始后 0~10 d 内降低最多,共降低了 8.11 g;其能源物质的利用在进入消化道生长恢复期后逐渐发生变化,成为内源和外源相结合的方式,这段时间内,刺参体质量经历了一个由稳定到逐渐升高的过程。

表1 对照组和实验组刺参生化组成比较

Tab.1 Comparison of biochemical compositions of *A.japonicus selenka* between control group and trial group $\bar{X} \pm SE; n=5$

成分 Composition	对照组 Control group			再生实验组 Regeneration group		
	0 d	14 d	60 d	0 d	14 d	60 d
粗蛋白 /% Crude protein	2.701±0.267	2.684±0.169	2.786±0.260	2.587±0.451	1.981±0.129*	2.352±0.302*
粗脂肪 /% Crude lipid	1.120±0.016	1.280±0.340	1.196±0.291	1.172±0.406	0.871±0.285*	0.926±0.334*
粗灰分 /% Crude ash	3.768±0.201	3.806±0.561	3.824±0.267	3.764±0.246	3.953±0.301*	3.647±0.194*
能值 / (kJ·g ⁻¹) Energy	2.439±0.358	2.521±0.196	2.655±0.165	2.460±0.223	2.116±0.124*	1.999±0.115*

注: “*”表示与对照组相比差异显著 ($P<0.05$)。Note: “*” means significant difference ($P<0.05$) compared with control.

3.2 刺参再生过程中代谢率的变化与分析

动物的代谢受环境因子以及自身内在因素的影响,其中环境因子中温度和盐度的影响最为明显,相关的报道较多。

温度对刺参代谢的影响表现为在适宜温度(10~20℃)刺参的耗氧率同温度呈正相关。温度对刺参的影响主要是改变动物体内酶的活性^[18],进而影响到体内各种生理活动^[23],导致代谢的变化;盐度对刺参的影响表现为在最适宜的盐度条件下(31.5)耗氧率最低,在其余适宜盐度范围内(28~34),刺参的耗氧率都比最适盐度条件下耗氧率高,这是因为刺参处在不适的盐度条件下需要消耗能源物质来调节渗透压,进而获得代谢的平衡^[23]。本实验采用人工诱导刺参排脏的方法,探讨再生对刺参代谢影响,结果表明刺参在消化道和呼吸树再生早期即消化道形成原基阶段仍有一定的代谢,这个代谢通过皮肤来完成^[24];随着内脏器官发育逐渐完善,尤其在消化道、呼吸树等器官具备摄食和呼吸功能后,代谢强度明显增强,表现为耗氧率先降低后升高,排氨率整体逐渐升高,这说明刺参的代谢除维持自身存活所需能量外,还提供额外的能量用于组织器官的再生,因此表现出了与温度、盐度对刺参代谢影响不同的变化规律。

刺参除宏观代谢外,在再生过程中细胞迁移,增殖时必然伴随着能量释放、转移和利用等微观能量代谢,还需进一步研究。

3.3 再生过程中刺参体组成的变化

O:N 比值表示动物在整个代谢中对蛋白质、脂肪和碳水化合物等营养物质的利用情况^[25]。O:N 比值大于10时,生物体以脂肪和碳水化合物代谢为主;O:N 比值小于10时,以蛋白质代谢为主^[19]。O:N 比值的变化受到动物内在和外在因素的双重

影响,外在因素包括体质量,不同规格刺参代谢的物质存在差异,大规格刺参在不同温度下主要以脂肪和碳水化合物代谢为主,中、小规格刺参在15℃和25℃时则以蛋白质为主要的能源物质^[19]。不同规格的刺参在不同盐度条件下其主要利用的能源物质均为脂肪和碳水化合物^[21]。内在的生理状态如甲壳动物蜕皮期、动物繁殖期均影响O:N 比值的变化^[25-26]。Widdows等^[27]证实,贻贝在繁殖期,由于排卵后的组织自溶、重组和再生等生理活动导致了其O:N 比值的降低。本实验结果证实再生对刺参的O:N 比值产生影响,刺参在再生过程中O:N 比值均大于10,其消耗的能量物质为脂肪和碳水化合物,同时粗蛋白、粗脂肪也降低,粗灰分的上升不大。脂类是动物细胞膜、细胞质以及神经、血液等的重要组成部分,再生过程中存在大量细胞增殖,消耗脂肪量很大,故其体成分中粗脂肪降低最多(表1);蛋白质是重要的功能物质,主要消耗在酶的催化,激素对生理功能的调节方面,同时蛋白质可以经过脱氨作用将无氮部分转化为脂肪作为储备能源,所以在脂肪大量消耗的情况下,蛋白质也将部分转化为脂肪,故粗蛋白含量也降低^[28]。在再生过程中粗灰分含量增高是因为在其他体成分大量消耗的情况下,相对消耗少的粗灰分在比例上表现相对增加。

通过比较代谢的变化可以看出,再生对刺参营养物质的利用情况的影响要高于环境因子^[23]。

参考文献:

- [1] Wilkie I C. Autotomy as a prelude to regeneration in echinoderms[J]. Microsc Res Technol, 2001, 55: 369-396.
- [2] Anderson J M. Studies on the visceral regeneration in sea-

- starII: regeneration of pyloric caeca in Asteroidea, with notes on the source of cells in regenerating organs[J]. Biol Bull, 1965, 128: 1-23.
- [3] Lawrence J M. Arm loss and regeneration in Asteroidea (Echinodermata) [J]. Echinoderm Res, 1991: 39-52.
- [4] Dolmatov, I Yu. Regeneration in echinoderms[J]. Biol Morya, 1999, 25(3): 191-200.
- [5] 聂竹兰, 李霞. 海参再生的研究 [J]. 海洋科学, 2006, 30(5): 78-82.
- [6] 孙修勤, 郑法新, 张进兴. 海参纲动物的吐脏再生 [J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(5): 719-724.
- [7] 郑法新, 孙修勤, 张进兴. 刺参吐脏再生的组织学研究 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 134-139.
- [8] Clark H L. The synaptas of the New England coast [J]. Bull U S Fish Comm, 1899, 19: 21-31.
- [9] 崔相. ナマコの研究 [M]. 东京: 海文堂出版社, 1962: 159-168.
- [10] Smith G N. Regeneration in the sea cucumber *Leptosynapta*: I. The process of regeneration [J]. Exp Zool, 1971(a), 177: 319-330.
- [11] Smith G N. Regeneration in the sea cucumber *Leptosynapta*: II. The regenerative capacity [J]. Exp Zool, 1971(b), 177: 331-342.
- [12] Leibson N L. Regenerations of the digestive tract in holothurians; in Billich, G.L. (ed): Modern Problems of Regeneration. Yoshkar-Ola, Mari.State University, 1982: 165-170.
- [13] Gibson A W, Burke R D. Regeneration by morphallaxis in the sea cucumber *Leptosynapta clarki* (Heding, 1928) [J]. Can J Zool, 1983, 61: 2720-2732.
- [14] Hetzel H R. Studies of coelomocytes type 1: Survey on coelomocyte type [J]. Biol Bull, 1963, 125: 289-301.
- [15] García-Ararras, Jose E, Estrada-Rodgers, et al. Cellular mechanisms of intestine regeneration in the sea cucumber, *Holothuria glaberrima* Selenka (Holothuroidea: Echinodermata) [J]. J Experim Zool, 1998, 281(4): 288-304.
- [16] L.C WILKIE, Autotomy as a prelude to regeneration in echinoderms. Microscopy research and technique, 2001, 55: 369-396.
- [17] 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 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 33-37.
- [18] 董云伟, 董双林, 张美昭, 等. 变温对刺参幼参生长、呼吸代谢及生化组成的影响 [J]. 水产学报, 2005, 29(5): 661-665.
- [19] 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 [J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(2): 182-187.
- [20] Hongsheng Yang, Yi Zhou, Tao Zhang, et al. Metabolic characteristics of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) during aestivation [J]. J Experim Mar Biol Ecol, 2006, 330: 505-510.
- [21] Shearer K D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids [J]. Aquaculture, 1994, 119: 63-88.
- [22] 袁秀堂, 杨红生, 王丽丽, 等. 夏眠对刺参 (*Apostichopus japonicus* Selenka) 能量收支的影响 [J]. 生态学报, 2007, 27(8): 3155-3161.
- [23] 袁秀堂, 杨红生, 周毅, 等. 盐度对刺参 (*Apostichopus japonicus*) 呼吸和排泄的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(4): 348-354.
- [24] 常亚青, 丁君, 宋坚, 等. 海参、海胆生物学研究与养殖 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 94-95.
- [25] Mayzaud P, Conover R J. O : N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1988, 45: 289-302.
- [26] Omori M, Ikeda T. Methods in marine zooplankton ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1984: 205-242.
- [27] Widdows J, Phelps D K, Galloway W. Measurement of physiological conditions of mussels transplanted along a pollution gradient in Narragansett Bay [J]. Mar Environ Res, 1981, 4: 181-194.
- [28] 沈同, 王镜岩, 赵邦悌, 等. 生物化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991: 278-290.

Energy metabolism and biochemical composition of *Apostichopus japonicus* during the regeneration of viscera

TAN Yong-kai, LI Xia, DUAN Jing-jing

(Key Laboratory of Mariculture & Biotechnology Agriculture Ministry, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: Regeneration of viscera was induced by injecting KCl 0.35 mol/L into the coelom artificially. The *A. japonicus* were reared under temperature controlled recirculating system, water temperature was controlled at $(18 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ in order to analyze the effects of regeneration on energy metabolism and physiological mechanisms of sea cucumbers. Sea cucumbers were acclimated to 12°C for 10d before the experiment. Experiment was conducted at Key Laboratory of Mariculture & Biotechnology Agriculture Ministry in Dalian Fisheries University. The result showed that the sea cucumber stopped eating and excretion after excreting of viscera and began to recover at 15th. Compared to the control group, the weight of sea cucumber lost 36.74%. Noticeable variation on the oxygen consumption rate and the ammonia excretion rate was also observed in this study. The minimum of oxygen consumption rate was $3.29 \mu\text{g}(\text{O}_2)/(\text{g}\cdot\text{h})$ and the ammonia excretion rate was $0.0556 \mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$. Regeneration also has significant effects on body composition and energy content ($P < 0.05$), the crude protein, crude lipid and energy were decreased by 15.58%, 22.58% and 24.71% respectively. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (4): 683-688]

Key words: *Apostichopus japonicus*; regeneration; energy metabolism; biochemical composition

Corresponding author: LI Xia. E-mail: lx@dlfu.edu.cn

• 书讯 •

《中国海洋生物种类与分布》(增订版)

——海洋出版社出版

本书对 1994 年出版的《中国海洋生物种类与分布》及美国 2001 年出版的英文版进行了增订。本增订版 1999 年完成修订、2007 年再次补充,共记录中国海域的 22 561 个物种,隶属于 5 界,其中动物界 24 门,其他界 22 门。

这次增订仍根据 Margulis & Schwartz (1982) 五界分类;基本上按 1994 年版的体例,着重增补初版后 10 多年来新报道或初版遗漏的物种。为力求相对稳定,仅对分类阶元(界、门、纲、目、科、属)做小修订。

本书可供海洋生物研究、水产养殖、开发、管理的教学人员和研究人员使用;也可供海洋学、环境保护、水产品外贸和编译人员参考。

黄宗国主编,16 开精装本,1210 页。

国际标准书号: ISBN 978-7-5027-6905-5/Q.199; 定价: 280 元。

购买方式:

邮局汇款:

地址:北京市海淀区大慧寺路 8 号海洋出版社发行部; 邮编: 100081; 联系人: 邓昂

银行汇款:

户名: 海洋出版社; 开户行: 工行首都体育馆支行; 帐号: 02000 53709 02490 7030

电话: 010-62147016; 传真: 010-62114300; 联系人: 邓昂

