

温度和体质量对仿刺参消化道排空时间和排便量的影响

刘立明¹, 王爱敏¹, 王勇强², 杜荣斌¹, 杨秀兰¹

(1. 烟台大学 海洋学院, 山东 烟台 264005; 2. 山东省海水养殖研究所, 山东 青岛 266002)

摘要: 实验测定了不同体质量的仿刺参(*Apostichopus japonicus* (Selenka))在不同温度条件下, 消化道的排空时间、排便量和排便率。按仿刺参体质量大小分设 10 g ± 0.5 g、40 g ± 2.0 g 和 70 g ± 3.5 g 三个体质量组, 以及 6、9、12、15、18、21 °C 共 6 个温度梯度。结果表明, 各体质量组仿刺参的排空时间均随温度的升高, 具有先增大后减小的趋势, 10 g ± 0.5 g 和 40 g ± 2.0 g 组分别在 12 和 15 °C 时排空时间最长, 且在 9~15 °C 时差异不显著($P > 0.05$), 但显著大于其他温度组($P < 0.05$), 70 g ± 3.5 g 组仿刺参在 12 °C 时的排空时间达各组最大值 36.4 h。在 6、18 和 21 °C 温度条件下, 仿刺参的排空时间随体质量的增大总体呈增长趋势, 各温度组仿刺参的排便量均随体质量的增大而增加。仿刺参的个体排便率随体质量的增加而增大, 而单位体质量排便率多数随体质量增大而减小。10 g ± 0.5 g 和 40 g ± 2.0 g 组的排便率均在 6 °C 时最高, 70 g ± 3.5 g 组在 9 °C 时达最高, 然后降低。温度和体质量对仿刺参排空时间和排便量均有极显著的影响($P < 0.01$), 二者的交互作用对排空时间的影响也是极为显著的($P < 0.01$), 但对排便量的影响不显著($P > 0.05$)。

关键词: 仿刺参(*Apostichopus japonicus* (Selenka)); 温度; 体质量; 排空时间; 排便量; 排便率
中图分类号: S965.399 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)09-0043-06

仿刺参(*Apostichopus japonicus* (Selenka))具有较高的营养价值和药用价值。随着生活水平的提高和生活观念的转变, 人们的保健意识逐渐增强, 对仿刺参的需求逐年增加, 进而带动了仿刺参养殖的快速发展, 成为近十几年我国南北方发展最快的养殖种类。随着仿刺参人工育苗及养殖技术的成熟, 仿刺参增养殖业从海区底播增殖、池塘养殖、虾池混养到陆地工厂化养殖等多种养殖方式, 均发展很快^[1-5]。对于仿刺参生理与生态特性的研究, 至今已报道了温度、盐度等对仿刺参生长、摄食的影响^[6-10], 不同季节和不同规格仿刺参消化酶的活性变化^[11-12], 以及仿刺参消化道的组织学^[11,13]。由于在池塘养殖模式中, 仿刺参的排泄物已日益成为池塘中主要的污染源之一。虽然目前已有环境因子对仿刺参呼吸排泄影响的研究^[7,14-15], 但是对仿刺参消化道排空的相关报道至今仍不多^[16]。作者观测了不同温度条件下、不同体质量仿刺参的消化道排空时间、排便量和排便率, 旨在确定此两因素对其排便的影响作用, 为仿刺参养殖过程中排泄物的有效清除, 推动仿刺参增养殖业的可持续发展提供理论参考。

1 材料与amp;方法

1.1 仿刺参的来源与暂养

实验用仿刺参取自山东牟平仿刺参养殖池塘。取不同体质量仿刺参, 自然水温暂养 48 h 左右, 待其将粪便排空后(若连续 4 h 内不再有粪便排出, 则视其排便时间为消化道排空时间), 离水静置 10 min, 用脱脂棉吸干表面水分后称量, 分别选取 10 g ± 0.5 g、40 g ± 2.0 g、70 g ± 3.5 g 仿刺参各 36 头暂养。实验用水为海区自然海水, 经砂滤及双层滤袋过滤, 水温 9 °C, 盐度 31, 暂养期间换水量为 200%/d。饵料为自制成参饵料(原料组成: 马尾藻和石莼藻粉 90%、螺旋藻粉 1.5%、脱脂鱼粉 4%等), 日投饵量为仿刺参体质量的 5%左右, 配以 5 倍的海泥, 并根据

收稿日期: 2013-02-28; 修回日期: 2013-06-29

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2010GHY10505); 烟台市科技发展计划项目(2011049); 国家海洋局海洋公益性科研专项经费项目(201205025-2)

作者简介: 刘立明(1971-), 男, 山东烟台人, 讲师, 在读博士, 主要从事海洋生物与水产养殖教学与科学研究, 电话: 0535-6706010, E-mail: liuliming1971@hotmail.com; 杜荣斌, 通信作者, 教授, 研究方向为海洋生物与水产养殖, E-mail: rbdu62@163.com

残饵量进行调整,使仿刺参处于饱食状态。每次换水后进行投饵,暂养过程中持续微量充气。

1.2 实验设计与方法

进行体质量和温度的两因素析因设计实验。温度设为 6、9、12、15、18、21 °C 6 个梯度,仿刺参体质量选择 10 g ± 0.5 g、40 g ± 2.0 g 和 70 g ± 3.5 g 三种规格。共设 18 个实验组,每组 6 个重复。

实验采用 35 cm × 25 cm × 23 cm 白色聚乙烯水槽,实验过程中使用控温仪(型号 HXSWT-201)控制温度(误差在 ± 0.5 °C 之内),连续微量充气。9 °C 组用自然海水暂养;6 °C 组用海水加冰袋降温,每天降低 1 °C;其余组用电热棒加温,以 1 °C/d 的幅度升温。各组达到设计温度后,暂养适应 2 d,并投喂充足的饵料,使仿刺参处于饱食状态。实验开始时,将饱食仿刺参冲洗体表后,移到等温、无饵料水槽中,每个水槽中放 10 g ± 0.5 g、40 g ± 2.0 g 和 70 g ± 3.5 g 仿刺参各一头。实验设置 6 个重复。每 0.5 h 观察一次仿刺参排泄情况,并将粪便吸出,直至无粪便排出,记录排空时间(标准同上)。将收集的每头仿刺参的粪便于 80 °C 恒温干燥箱内烘干至恒重,用精度 0.001 g 的电子天平称质量作为排便量。排便率按照下式计算^[16]:

个体排便率 = 排便量 / 排空时间;

单位体质量排便率 = 排便量 / (排空时间 × 体质量)

1.3 数据处理与分析

实验所得数据使用 Microsoft Office Excel 2003 进行处理,采用 SPSS16.0 软件进行两因素方差分析和 Duncan's 多重比较,显著性水平设为 $P=0.05$ 。

2 结果

2.1 仿刺参消化道的排空时间

图 1A 为各体质量组仿刺参在不同温度下消化道的排空时间。各组的排空时间均随温度的升高具有先增大后减小的趋势。10 g ± 0.5 g 组在 12 °C 时排空时间达最大值 27.0 h,6 °C 和 21 °C 时达最小值 10.5 h,9 °C、12 °C 和 15 °C 组间无显著差别 ($P > 0.05$),且显著高于 6 °C、18 °C 和 21 °C 组 ($P < 0.05$),6 °C、18 °C 和 21 °C 组间无显著差别 ($P > 0.05$)。40 g ± 2.0 g 组排空时间在 15 °C 时达最大值 27.7 h,21 °C 达最小值 17.3 h,9 °C、12 °C 和 15 °C 组间也无显著差别 ($P > 0.05$),且显著高于 6 °C 和 21 °C ($P < 0.05$),6 °C 和 18 °C、6 °C 和 21 °C 组间无显著差别 ($P > 0.05$)。70 g ± 3.5 g 组排空时间在 12 °C 时达最大值 36.4 h,6 °C 达最小值 19.3 h。

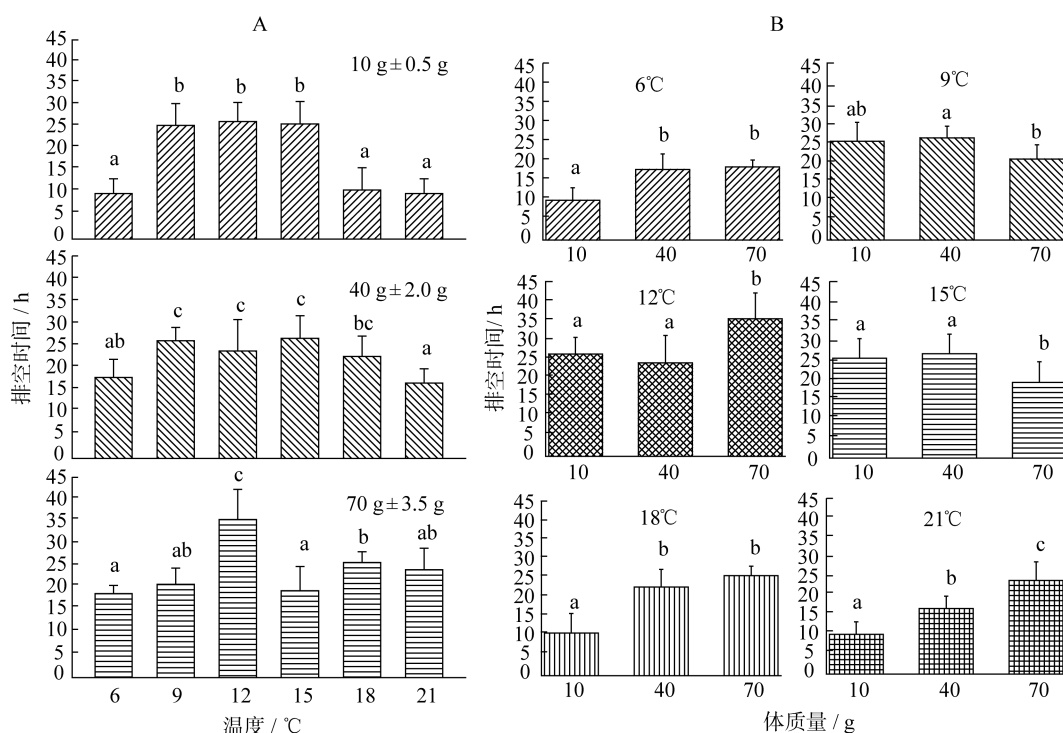


图 1 仿刺参消化道的排空时间

Fig. 1 Emptying time of digestive duct in *Apostichopus japonicus*

A. 各体质量组仿刺参在不同温度下的排空时间比较; B. 各温度条件下不同体质量仿刺参的排空时间比较。不同字母表示显著性差异 ($P < 0.05$)
 A. Emptying time at different temperature for each body weight group of *Apostichopus japonicus*; B. Emptying time for each body weight group of *Apostichopus japonicus* at different temperature. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

在各温度条件下,不同体质量组仿刺参消化道的排空时间见图 1B。在 6℃、18℃和 21℃温度条件下,仿刺参的排空时间随体质量的增大总体呈增长趋势,6℃和 18℃条件下,40 g ± 2.0 g 和 70 g ± 3.5 g 组排空时间均无显著差别($P > 0.05$),但显著高于 10 g ± 0.5 g 组;21℃条件下,各体质量组仿刺参的排空时间随体质量的增大显著加长($P < 0.05$);其他 3 个温度组排空时间与体质量间无明显规律性。

2.2 仿刺参的排便量

各体质量组仿刺参在不同温度下的排便量见图 2A。各体质量组仿刺参在 9℃时的排便量最多,其中 70 g ± 3.5 g 组达 3.5 g 的最大值,40 g ± 2.0 g 组仿刺参在各温度条件下的排便量差异不显著($P > 0.05$),而 10 g ± 0.5 和 70 g ± 3.5 g 组的排便量则无明显的规律性。

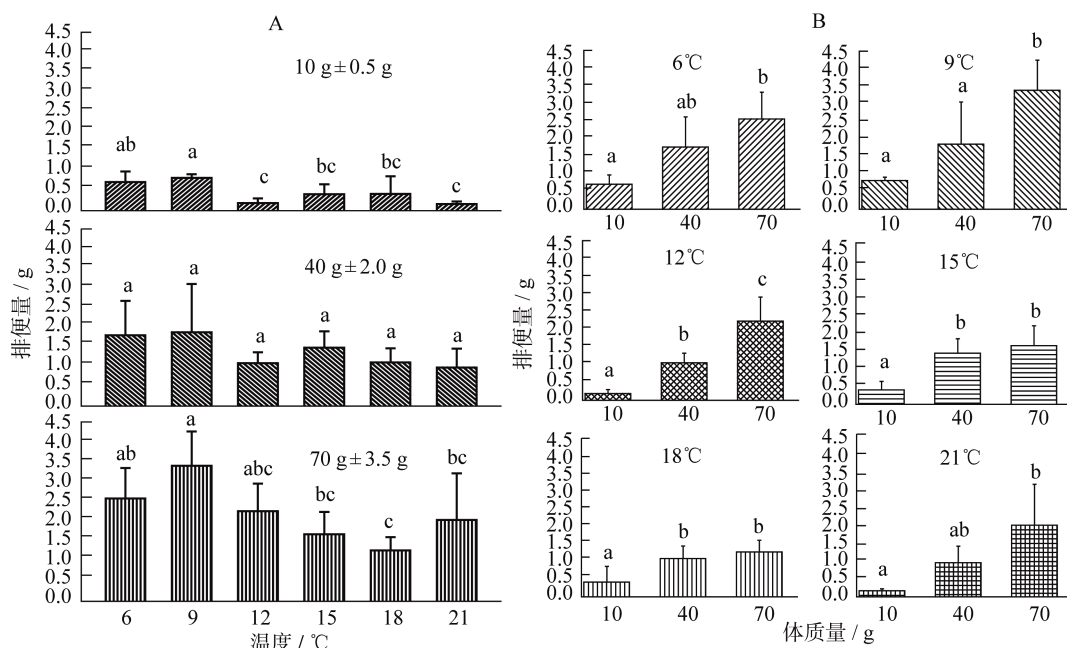


图 2 仿刺参的排便量

Fig. 2 Feces quantity of *Apostichopus japonicus*

A. 各体质量组仿刺参在不同温度下的排便量比较; B. 各温度条件下不同体质量仿刺参的排便量比较。不同字母表示显著性差异 ($P < 0.05$)

A. Feces quantity at different temperature for each body weight group of *Apostichopus japonicus*;

B. Feces quantity for each body weight group of *Apostichopus japonicus* at different temperature. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

在各温度条件下,不同体质量组仿刺参的排便量见图 2B。各组仿刺参的排便量均随体质量的增大而增加,且不同体质量组,特别是 10 g ± 0.5 g 和 70 g ± 3.5 g 组间差异显著($P < 0.05$)。

2.3 仿刺参的排便率

各实验组仿刺参的个体排便率(图 3),随体质量的增加而增大;随着水温的升高,10 g ± 0.5 g 和 40 g ± 2.0 g 组在 6℃时个体排便率最高,分别为 70.26 和 98.07 mg/(头·h),而后基本呈下降趋势,70 g ± 3.5 g 组先升高,在 9℃时达各组最高值 162.94 mg/(头·h),然后降低。

各组仿刺参的单位体质量排便率(图 4),随体质量增大和水温升高基本呈下降趋势,其中 10 g ± 0.5 g

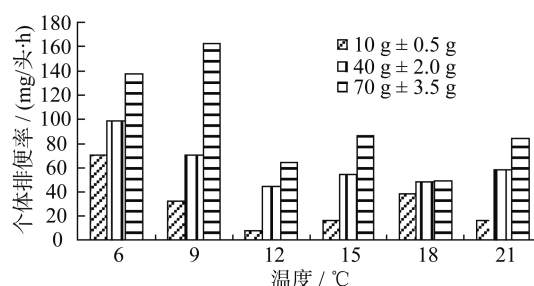


图 3 仿刺参的个体排便率

Fig. 3 Individual defecation rate of *Apostichopus japonicus*

和 40 g ± 2.0 g 组均在 6℃时最高,分别为 7.03mg/(g·h)和 2.45 mg/(g·h),70 g ± 3.5 g 组在 9℃时达最高值 2.33 mg/(g·h),然后降低。

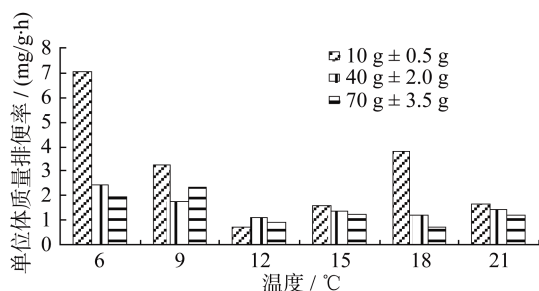


图4 仿刺参的单位体质量排便率

Fig.4 Weight specific defecation rate of *Apostichopus japonicus*

2.4 两因素对仿刺参消化道排空时间和排便量影响的显著性比较

两因素对仿刺参肠道排空时间影响的方差分析结果见表1。温度和体质量的主效应对仿刺参排空时间均有极显著的影响($P < 0.001$), 二者的交互作用对仿刺参排空时间的影响也是极为显著的($P < 0.001$)。

表1 两因素对仿刺参排空时间影响的方差分析
Tab.1 Summary of the analysis of variance showing the effects of the two factors on emptying time of *Apostichopus japonicus*

变异来源	自由度	均方	F	P	效应值估量
温度	5	448.868	20.956	< 0.001	0.544
体质量	2	345.426	16.127	< 0.001	0.268
温度 × 体质量	10	168.833	7.882	< 0.001	0.472
误差	88	21.419			

注: " × " 表示交互作用

通过对不同温度组间的多重比较可知, 6 °C和21 °C、9 °C和15 °C、18 °C和21 °C之间仿刺参排空时间均无显著差异($P > 0.05$); 其他温度组之间差异均极显著($P < 0.01$)。对不同体质量组间的多重比较可知, 体质量40 g ± 2.0 g同70 g ± 3.5 g差异不显著($P > 0.05$), 40 g ± 2.0 g同10 g ± 0.5 g、70 g ± 3.5 g同10 g ± 0.5 g之间差异均极显著($P < 0.01$)。

由两因素对仿刺参排便量影响的方差分析结果(表2)可知, 温度和体质量的主效应对仿刺参排空时

表2 两因素对仿刺参排便量影响的方差分析
Tab.2 Summary of the analysis of variance showing the effects of the two factors on feces quantity of *Apostichopus japonicus*

变异来源	自由度	均方	F	P	效应值估量
温度	5	2.260	5.697	< 0.001	0.345
体质量	2	19.520	49.200	< 0.001	0.646
温度 × 体质量	10	0.489	1.232	0.293	0.186
误差	54	0.397			

注: " × " 表示交互作用

间均有极显著的影响($P < 0.001$), 二者的交互作用对仿刺参排便量的影响是不显著的($P > 0.05$)。

通过对不同温度组间的多重比较可知, 6 °C和9 °C、6 °C、12 °C和15 °C、12 °C、15 °C、18 °C和21 °C之间仿刺参排便量无显著差异($P > 0.05$); 其他温度组之间差异均极为显著($P < 0.01$)。对不同体质量组间的多重比较可知, 3个体质量组之间仿刺参排便量差异均极为显著($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 关于实验温度及仿刺参体质量规格的设置

据报道, 仿刺参生长的适宜水温范围为5 ~ 17 °C^[6], 排精、排卵后的成参在水温高于22 °C时会进行夏眠^[9], 而水温低于5 °C时仿刺参生长缓慢, 基本不摄食, 因此本实验水温范围设为6 ~ 21 °C, 共设置6 °C、9 °C、12 °C、15 °C、18 °C、21 °C 6个温度梯度。关于体质量规格的选择, 因仿刺参养殖多属于轮捕轮放, 池内仿刺参规格各异, 根据养殖场养殖情况, 故选择小规格10 g ± 0.5 g、中规格40 g ± 2.0 g和大规格70 g ± 3.5 g共3种规格仿刺参作为实验材料。

3.2 温度和体质量对仿刺参消化道排空时间的影响

各体质量组仿刺参的排空时间均随温度的升高先增大后减小(图1A), 温度和体质量对仿刺参排空时间的影响均极为显著($P < 0.01$)。由于仿刺参肠道排空时间受到其摄食量和消化生理的影响, 据报道, 环境温度可以影响仿刺参肠道内含物量和体内消化酶的活性, 体质量20 ~ 40 g的仿刺参在12.7 ~ 16.2 °C水温范围内, 肠道内含物量和多种消化酶的活性均随温度升高而增大, 16.2 °C时达到最大, 然后降低^[12]。另据报道, 仿刺参摄食和生长的最佳温度为14 ~ 15 °C^[10]。本实验的各体质量组在12 ~ 15 °C时的排空时间最长, 可以认为, 此时仿刺参处于最佳生理状态, 摄食量大, 消化酶活性高, 对食物的消化较为充分, 因此排空时间较长, 而低温和高温均会导致二者的降低和排空时间的缩短, 这和以往报道的结果基本是一致的。由于温度和体质量的交互作用对排空时间的影响也是极为显著的($P < 0.001$), 这表明, 对于各体质量组(或各温度条件下)的仿刺参, 温度(或体质量)对排空时间的影响具有不同的规律, 70 g ± 3.5 g组在12 °C时的排空时间显著大于其他温度组($P < 0.05$),

10 g ± 0.5g和40 g ± 2.0 g组在9 ~ 15 °C排空时间最长,且差异不显著($P > 0.05$),这说明大规格仿刺参较中、小规格对温度变化有较高的敏感性,这与不同规格仿刺参的夏眠反应不同^[10]是相类似的。同样,在低温和高温条件下,较大规格仿刺参的排空时间均较长(图1B),而9 ~ 15 °C时,仿刺参处于较佳生理状态,其排空时间与体质量间却无明显的规律性,这也证明了交互作用的存在。

3.3 温度和体质量对仿刺参排便量和排便率的影响

尽管有的组间差异不显著,但是各体质量组仿刺参在6 ~ 9 °C的排便量(图2A)、个体排便率(图3)和单位体质量排便率(图4)总体要高于其他温度组。此时仿刺参虽然摄食不积极,摄食量较少^[9],但由于低温条件下仿刺参消化酶活性很低^[11],导致食物消化吸收不彻底,排便较快,因而排便量较多。各温度条件下,仿刺参的排便量(图2B)和个体排便率(图3)均随体质量的增大而增大,大规格组显著大于小规格组($P < 0.05$),显然,仿刺参体质量的增大会导致摄食量的增加,同时消化酶的活性也会相应增大^[12],这虽然能够提高对食物的消化吸收,但是由于受到摄食量和消化酶活性的共同影响,排便量和排便速度仍会显著增加。各体质量组(或各温度条件下)仿刺参的排便量随温度(或体质量)具有基本相同的变化趋势(图2),表明两因素的交互作用是不显著的($P > 0.05$),这在方差分析结果中也得以证明。小规格仿刺参的单位体质量排便率大于大规格,尤以6 °C时表现最为明显,究其原因,可能是小规格刺参的单位体质量摄食量(摄食率)较高所造成的。

参考文献:

- [1] 刘锡胤,徐惠章,李悦春.刺参池塘养殖技术[J].渔业现代化,2002,4:16-17.
- [2] 宋春华,王祖杰.刺参的人工养殖[J].生物学通报,2005,40(2):26-27.
- [3] 李华琳,李文姬,陈冲,等.刺参虾池养殖技术[J].水产科学,2004,23(1):27-28.
- [4] 吴湛辉.北方地区刺参育苗生产的几项实用技术[J].

河北渔业,2006,6:24-33.

- [5] 王秀菊,王丽敏,杨美桂,等.人工控温工厂化养殖刺参技术[J].水产养殖,2004,25(4):20-21.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 陈勇,高峰,刘国山,等.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.
- [10] 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(11): 1085-1092 .
- [11] 王吉桥,唐黎,许重,等.仿刺参消化道的组织学及其4种消化酶活力的周年变化[J].水产科学,2007,26(9):481-484.
- [12] 周玮,田甲申,黄俊鹏,等.不同生长阶段仿刺参肠道内含物及消化酶活性的变化[J].大连海洋大学学报,2010,25(5):460-464.
- [13] 李霞,王霞.仿刺参在实验性夏眠过程中消化道和呼吸树的组织学变化[J].大连水产学院学报,2007,22(2):81-85.
- [14] 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.
- [15] 李宝泉,杨红生,张涛,等.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.
- [16] 赵永军,张慧.不同温度下刺参对有机沉积物的摄食与吸收[J].水产科学,2004,23(7):1-4.

Influence of temperature and body weight on the emptying time of digestive duct and feces quantity of *Apostichopus japonicus* (Selenka)

LIU Li-ming¹, WANG Ai-min¹, WANG Yong-qiang², DU Rong-bin¹, YANG Xiu-lan¹

(1. Ocean School, Yantai University, Yantai 264005, China; 2. Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China)

Received: Feb.,28,2013

Key words: *Apostichopus japonicus* (Selenka); temperature; body weight; emptying time; feces quantity; defecation rate

Abstract: The emptying time of digestive duct, feces quantity and defecation rate of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) of different body weights were investigated at a graded temperature condition. Three sea cucumber, body weight groups of 10 ± 0.5 g, 40 ± 2.0 g, 70 ± 3.5 g, and six temperature gradients of 6, 9, 12, 15, 18, 21 °C were set. The results showed that emptying time had the trend of rising first and declining afterwards with rising temperature. The groups of 10 ± 0.5 g at 12°C and 40 ± 2.0 g at 15°C had the longest emptying time. The time had no significant difference at 9-15°C ($P > 0.05$) but was much longer than other temperature groups ($P < 0.05$). The time of 70 ± 3.5 g groups reached maximal value of 36.4 h at 12°C. Emptying time rose with increasing body weight at temperature of 6, 18 and 21 °C, while feces quantity increased with body weight at all temperature groups. Individual defecation rate increased with body weight while weight specific defecation rate decreased with body weight. Defecation rates of groups 10 ± 0.5 g and 40 ± 2.0 g at 6 °C and groups 70 ± 3.5 g at 9 °C reached a climax and then declined. Temperature and body weight all affected emptying time and feces quantity significantly ($P < 0.01$), and effect of interactive effects of the two factors on emptying time was significant ($P < 0.01$) while not significant on feces quantity ($P > 0.05$).

(本文编辑: 梁德海)