

刺参对筏式养殖海区生物沉积物清除作用的模拟研究

刘石林^{1,2}, 杨红生¹, 周毅¹, 张涛¹, 袁秀堂^{1,2}

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要:室内模拟研究了刺参(*Apostichopus japonicus*) (湿体质量 13.94 g ± 2.92 g), 对养殖海区生物沉积物和海带粉不同配比饵料的摄食、吸收及其生长, 评价了刺参对筏式养殖海区生物沉积物的清除作用。实验共设 5 个饵料配比组, 即纯海带(A组), 25%沉积物 + 75%海带(B组), 50%沉积物 + 50%海带(C组), 75%沉积物 + 25%海带(D组)以及纯沉积物(E组)。在海水温度 6~16 °C 条件下, 刺参摄食率随沉积物含量的增加明显增大, A组与 E组分别出现刺参日摄食率的最小值(0.88%/d)和最大值(9.34%/d); D组刺参日瞬时生长率和对饵料的吸收效率最高, 分别为: 1.67%/d 和 48.3%; A组刺参吸收效率虽然较高, 但摄食率和瞬时生长率最低; E组刺参的吸收效率出现负值, 但刺参生长效果明显。研究结果表明利用刺参清除浅海筏式养殖海区生物沉积物生态效果明显。

关键词: 刺参(*Apostichopus japonicus*); 生物沉积物; 海带粉; 摄食率; 吸收效率; 瞬时生长率
中图分类号: S968.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2006)12-0021-04

仿刺参(*Apostichopus japonicus* (Selenka)) (以下简称刺参)是我国海产经济动物中的珍贵种类之一, 属底栖性生物, 多活动在有大型藻类着生且有泥沙的岩礁附近^[1,2], 以触手刮或扫取海底沉积物(如有机碎屑、某些细菌和原生动植物等)为食^[1,3,4]。张宝琳等^[4]对刺参的食性分析表明, 刺参摄食量很大, 消化道泥沙含量随个体增大有上升的趋势。刺参对养殖海区底质的摄食活动及其生物扰动作用, 有利于底栖生物环境的多样性稳定和营养物质循环, 而在浅海贝类和大型藻类养殖系统中, 刺参的这一生态习性可以起到对环境的修复作用^[5]。

滤食性贝类和大型藻类是我国浅海筏式养殖的重要种类。烟台四十里湾(面积约 13 000 hm²)是我国北方贝类和大型海藻的主要养殖海区之一, 中等规格的栉孔扇贝(壳高 41.1 mm ± 4.8 mm)夏季每天的粪便或假粪等生物沉积量就达 162 t(干质量)^[6], 加上大量的藻类脱落碎屑, 大部分沉积海底, 是养殖海区自身污染的主要途径之一。本研究在室内以生物沉积物和海带粉的不同配比为饵料, 模拟自然海区刺参生活的底质环境, 通过测定刺参对不同配比饵料的摄食、吸收及其生长情况, 评估刺参对养殖海区生物沉积物的清除作用, 以期对浅海生态养殖和环境修复提供参考数据。

1 材料和方法

1.1 实验生物的来源和暂养

刺参购于蓬莱市解宋营镇虚里室内养殖场, 平均体质量 13.94 g/头 ± 2.92 g/头, 体色正常, 棘刺明显, 健康状况良好。暂养期间投喂生物沉积物, 充气增氧, 使溶解氧保持在 5.0 mg/L 以上。

实验池(规格: 1 m × 1 m × 0.5 m)共 15 个。为模拟自然海区刺参生活环境, 池面用挡光板遮盖, 池底散布多棱角花岗岩岩石, 为刺参提供活动场所^[4,7,8]。

1.2 饵料加工和生物放养

生物沉积物取自烟台四十里湾养殖笼上的附着物, 主要包括粪便、附着藻类和海区自然沉积物; 海带为干海带, 经粉碎, 40 目筛绢过滤, 混匀备用。生物沉积物和海带粉有机质质量分数分别为 10.2% 和 57.5%。

收稿日期: 2005-04-05; 修回日期: 2005-09-20

基金项目: 国家支撑计划项目(2006037029010)

作者简介: 刘石林(1977-), 山东东明人, 研究方向: 养殖生态, 电话: 0532-82898645, E-mail: shlliu@ms.qdio.ac.cn

共设 5 个饵料配比,即纯海带(A 组),25%沉积物 + 75%海带(B 组),50%沉积物 + 50%海带(C 组),75%沉积物 + 25%海带(D 组)以及纯沉积物(E 组)。每个饵料配比设 3 个平行,每个平行放养刺参 10 头。

1.3 实验管理和样品分析

每 7 天换水一次,换水量 1/2,饵料投喂前进行天然发酵,之后按刺参湿体质量的 10%投喂一次,均匀泼洒于池底。每 7 天以虹吸法取出刺参的粪便与残饵,做摄食率和吸收效率测定;样品先在 60 条件下烘至恒质量,有机质含量通过灰化法(450, 6 h)测定;每 15 天称刺参湿体质量一次,做瞬时生长率测定。

1.4 有关参数的计算方法

日摄食率:

$$R_F = Q_F / (m_w t)$$

式中: R_F 为日摄食率 (%/d); Q_F 为摄食量 (g); m_w 为刺参湿体质量 (g); t 为时间 (d)

日瞬时生长率:

$$R_{SG} = 100(\ln m_t - \ln m_0) / t$$

式中: R_{SG} 为日瞬时生长率 (%/d); m_0 和 m_t 为前后两次测定的刺参湿体质量 (g), t 为两次测定期间间隔的时间 (d)。

吸收效率:

参照滤食性动物吸收效率的测定方法,即由 Conover^[9]提出的比率法,基于食物和粪便中有机质含量(灰化法测定),刺参对饵料的吸收效率由如下公式估算:

$$E_A = (1 - e' / f) / (1 - e) \times 100$$

式中: E_A 为吸收效率 (%); e, f 分别为粪便和饵料中有机质的质量分数 (%)。

2 结果

2.1 摄食率

实验期间不同饵料配比组刺参的摄食率见图 1。A 组刺参日摄食率显著低于其它饵料组 ($P < 0.01$); B 组前期日摄食率较大,后期明显大幅度下降,几乎降到 A 组刺参的日摄食水平; C 和 D 组,日摄食率差异不显著 ($P > 0.05$),但 D 组略好于 C 组; E 组日摄食率显著高于其它组 ($P < 0.01$)。

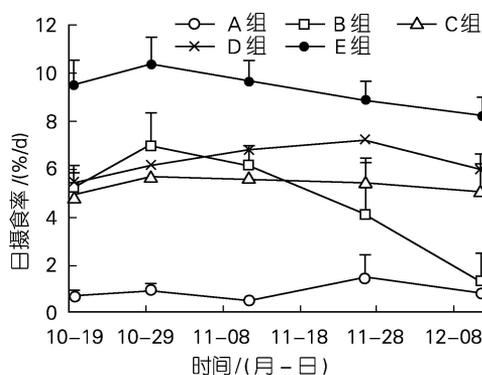


图 1 刺参的平均日摄食率

Fig. 1 The mean feeding rate of *A. japonicus* in different groups during the experiment

2.2 吸收效率

由图 2 可知, D 组刺参对饵料的吸收效率最高 (48.3% ± 7.6%), A 组次之 (33.1% ± 4.7%), B 组和 C 组排在其后 (分别为: 31.6% ± 8.2% 和 27.5% ± 0.9%), E 组吸收效率最低 (-1.6% ± 7.3%)。

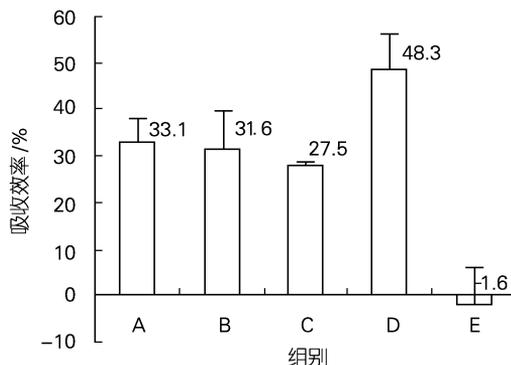


图 2 刺参对饵料的吸收效率

Fig. 2 The absorption efficiency of *A. japonicus* in different groups

2.3 生长率

从图 3 可以看出,从 A 组到 E 组,刺参的日瞬时生长率明显上升, A 组最低 (0.26%/d), D 组最大 (1.67%/d), 之后 E 组 (1.64%/d) 略有下降; 由图 4 可以看出,随着实验的进行,各组刺参的瞬时生长率都出现了下降的趋势。方差分析表明, A 与 D 和 A 与 E 组刺参的日瞬时生长率差异明显 ($P < 0.05$), 其他组之间差异不明显。A 组刺参日瞬时生长率最低, 后期几乎停止生长。E 与 D 组刺参一直处于较快的生长状态。

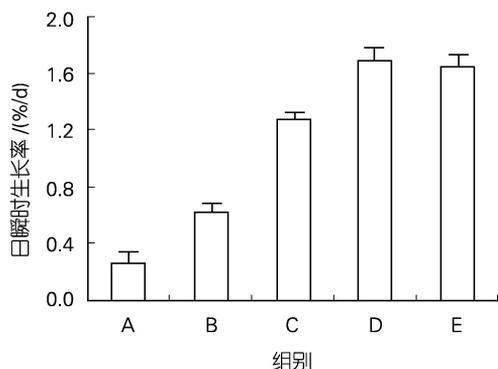


图3 刺参的平均日瞬时生长率

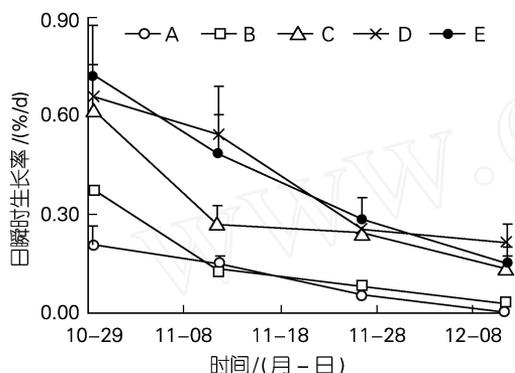
Fig. 3 The mean specific growth rate of *A. japonicus*

图4 刺参在不同阶段的日瞬时生长率

Fig. 4 The specific growth rate of *A. japonicus* during the experiment

3 讨论

随着沉积物含量的增加,刺参摄食率呈正比增加,最小值和最大值分别出现在A组和E组。虽然实验过程中水温逐渐降低并接近刺参的适温(3~18)下限^[10],对其摄食活动会产生一定的抑制作用,但除了沉积物含量较低的B组外,其他组刺参日摄食率虽有波动却无大的变化。海带粉含量较高的A与B组,由于有机质含量高,粘性较大,可能并不适于刺参摄食,所以,刺参日摄食率一直很低,并进入类似休眠状态,固着于池壁不动。沉积物含量较高的D和E组,显示了刺参的嗜食性,且这一习性在一定程度上抵消了由于温度降低对摄食产生的抑制作用,刺参一直处于较好的摄食状态。刺参对沉积物的大量摄食必然会对养殖海区底部环境造成强大的生物扰动作用,有利于底栖生物环境的修复和多元化养殖良性循环发展。

沉积物含量为75%的D组刺参对饵料的吸收效率最高,这可能与沉积物含有易消化的藻类碎屑和微生物以及沙粒有关。因为刺参高频的吸、排水过程和躯体的运动,带动了胃肠的蠕动,沙粒的存在可以增加对有机物质的摩擦,促进刺参对有机质的消化和吸收。投喂纯沉积物的E组刺参对饵料的吸收效率为负值,这与海参的选择性摄食有关。Uthicke和Karez^[11]的研究结果表明,在有机质含量不同的沉积物可供选择的情况下,海参具有选择性摄取高营养而避开低营养沉积物的习性。相关研究也表明,海参的围口触手末端有化学感受区,具有选择性摄食的能力;Hylleberg和Galluci^[12]认为海参肠管上部含有丰富的有机物,使粪便中有机物比周围环境有机物多,而且这种现象在底栖生物中很普遍。刺参对海区底部沉积物的选择性摄食,有效地利用了其中的营养物质,增强了对沉积物的清除效果。

由刺参的日瞬时生长率看,随着生物沉积物含量的增加,刺参的日瞬时生长率从0.26%/d增加到了1.67%/d,但含量增加到一定比例时,刺参的瞬时生长率将下降,和杨红生等^[13]在贝藻参混养模式中测定的结果相吻合,说明生物沉积物易被刺参消化吸收,饵料效果好于海带粉,也表明烟台四十里湾海区生物沉积物可以满足刺参生长对营养物质的需求。若在此类海区放养刺参,饵料来源丰富,刺参摄食生物沉积物可以获得较快的生长,沉积物中的有机营养物质有效地转化成为了机体的一部分,从而减少了底部沉积有机物的积累。利用刺参的这一摄食习性清除海底对沉积物不仅起到净化底质环境的作用,还可产生一定的经济效益。

研究证实了刺参能够有效地清除养殖海区底部沉积物,从而有效地修复浅海养殖生态环境。以刺参作为环境清洁者方面的研究已有报道,杨红生等^[13,14]的研究表明,刺参在贝藻参的混养模式中对底部生物沉积物的清除效果明显,提倡在贝藻混养海区底播刺参。王文堂等^[15]利用刺参摄食沉积物的食性对鲍鱼的残饵和粪便进行清除,指出在海水混浊时增大刺参的放养量可起到净化水体的作用。近几年,刺参增养殖发展很快,养殖模式也由岩礁区围堰养殖发展为底播养殖、池塘养殖等多种方式,本研究为通过底播养殖刺参,净化底质环境,提高养殖海区生态效益提供了理论和技术支撑。

参考文献:

- [1] 常忠岳,衣吉龙,慕康庆. 影响刺参生长及成活的因素[J]. 河北渔业,2003,2:32-36.
- [2] 李元山,王远龙,王培良. 刺参的生活环境及增殖水域选择[J]. 海洋湖沼通报,1994,4:42-47.
- [3] 廖玉麟. 我国的海参[J]. 海洋科学,1979,3:54-57.
- [4] 张宝琳,孙道元,吴耀泉. 灵山岛浅海岩礁区刺参食性初步分析[J]. 海洋科学,1995,3:11-13.
- [5] 张志南. 水层-底栖耦合生态动力学研究的某些进展[J]. 青岛海洋大学学报,2000,30(1):115-122.
- [6] 周毅. 滤食性筏式养殖对浅海生态环境影响的基础研究[D]. 青岛:中国科学院海洋研究所,2000.
- [7] 李元山,牟绍敦. 海珍品综合增殖中的种间关系和生态容量的研究[J]. 海洋湖沼通报,1969,1:24-30.
- [8] 牟绍敦,李元山. 论潮下带海珍品的资源增殖[J]. 齐鲁渔业,1995,12(2):15-17.
- [9] Conover R J. Assimilation of organic matter by zooplankton[J]. *Limnol Oceanogr*, 1996, 11:338-345.
- [10] 王兴章,邢信泽. 中国北方刺参(*Stichopus japonicus* Selenka)增殖发展现状及技术探讨[J]. 现代渔业信息,2000,15(8):20-22.
- [11] Uthicke S, Karez R. Sediment patch selectivity in tropical sea cucumber (Holothurioidea: Aspidochirotrida) analysed with multiple choice experiments [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1999, 236:69-87.
- [12] 隋锡林. 海参增殖[M]. 北京:农业出版社,1985. 31-39.
- [13] 杨红生,周毅,王健,等. 烟台四十里湾栉孔扇贝、海带和刺参负荷力的模拟测定[J]. 中国水产科学,2001,7(4):27-31.
- [14] 杨红生,王健,周毅,等. 烟台浅海区不同养殖系统养殖效果的比较[J]. 水产学报,2000,24(2):140-145.
- [15] 王文堂,王文安. 虾池刺参、鲍鱼混养模式[J]. 科学养鱼,2004,6:30-31.

Simulative studies on utilization efficiency of *Apostichopus japonicus* on the biodeposit in the raft culture system in shallow sea

LIU Shi-lin^{1,2}, YANG Hong-sheng¹, ZHOU Yi¹, ZHANG Tao¹, YUAN Xiu-tang^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 10039, China)

Received: Apr. , 5, 2005

Key words: *Apostichopus japonicus*; biodeposit; sea kelp powder; feeding rate; absorption efficiency; specific growth rate

Abstract: The utilization efficiency of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) (means mass: 13.94 g ± 2.92 g) on the biodeposit in the raft culture system in shallow sea was studied through the feeding, absorption efficiency and growth rates of the sea cucumber. Five different combined foodstuffs, pure sea kelp powder (Group A), 25% sea kelp powder and 75% biodeposit (Group B), 50% sea kelp powder and 50% biodeposit (Group C), 75% sea kelp powder and 25% biodeposit (Group D) and pure biodeposit (Group E) were designed and used. Under the conditions of natural seawater temperature, from 6 to 16 °C, the feeding rates of the sea cucumber increased remarkably along with the biodeposit accounted in the foodstuffs. The minimal (0.88%/d) and maximal feeding rates (9.34%/d) of the sea cucumber were discovered in group A and group D, respectively. The growth rate and absorption efficiency of the sea cucumber were also highest in group D. The absorption efficiency of the sea cucumber in group A was higher relatively, but the growth rate and the feeding rate of the sea cucumber were lowest. The absorption efficiency of the sea cucumber in group E was minus, but the growth of it was remarkable relatively. The results showed that the ecological efficiency of the sea cucumber on the biodeposit in the raft culture system was significant.

(本文编辑:刘珊珊)