

大叶藻碎屑作为刺参食物来源的实验研究

刘旭佳¹, 周毅², 杨红生², 汝少国¹

(1. 中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 采用室内模拟实验方法研究了刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)与大叶藻(*Zostera marina* L.)碎屑之间的营养关系, 将大叶藻碎屑与泥质沉积物按照一定的配比作为饵料投喂刺参, 测定刺参的特定生长率和排粪率。按照添加大叶藻碎屑比例的不同, 实验分为 5 个处理组, 分别为 ES0、ES10、ES20、ES40 和 ES100, 大叶藻碎屑含量分别为 0%、10%、20%、40%和 100%。结果表明, 饵料组成显著影响刺参的生长, 大叶藻碎屑与泥质沉积物混合物中的有机质含量为 17%~20%, 水温为 13~17℃, 刺参的生长效果较好, 最大特定生长率为 1.54%/d, 最大排粪率为 1.31g/(个·d)。海草床为刺参提供栖息地的同时, 大叶藻脱落腐败后的有机碎屑可以为刺参提供重要的食物来源, 这对于刺参的资源恢复和营养生态学方面的研究有着重要的意义。

关键词: 大叶藻(*Zostera marina* L.); 仿刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka); 食物来源; 生长; 排粪
中图分类号: S963.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2013)10-0032-07

仿刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka), 又称刺参, 属棘皮动物门(Echinodermata)^[1-3]。主要分布于北太平洋沿岸浅海, 多栖息于岩礁、乱石或泥沙底, 伴有大型藻类丛生和大叶藻繁茂的海区。我国有海参 140 余种, 约 20 种可以食用, 其中以分布于黄、渤海域的刺参食用价值最大, 品质最好。近年来, 由于需求量的增加引发了海参的过度捕捞, 全球范围内海参自然资源面临枯竭的危机^[4-5]。刺参以沉积物中的有机物为营养, 主要包括泥沙中的底栖硅藻、细菌、原生动物、蓝藻和有孔虫以及动、植物的有机碎屑等, 是典型的沉积食性动物^[6-7]。近来诸多研究显示, 养殖动物的残饵和其他动物的粪便、甚至刺参自己的粪便, 都可能成为刺参的食物来源^[8-16]。

海草床作为最具生产力的生态系统^[17], 是许多海洋动物的栖息地、生存场所^[18]和食物来源地^[19], 具有重要的生态系统服务价值。但自 20 世纪以来, 由于各种自然和人为因素, 全球范围内的海草退化严重^[20-21]。在我国北方沿海, 大叶藻(*Zostera marina* L.)繁茂的海草床中栖息着许多动物, 其中刺参的栖息数量就很多。在海草生态系统中, 某些海洋食草动物直接摄食海草的叶片、附生生物以及大型藻类, 一些滤食性动物会利用水体中的浮游植物, 而食碎屑者则摄食海草脱落降解后的碎屑。大叶藻的碎屑是否可以作为沉积食性动物刺参的一种主要食物来源,

目前尚无研究报道。本实验将大叶藻碎屑和泥质沉积物按不同配比混合后作为饵料投喂刺参, 观察了刺参的摄食和生长情况, 以期对刺参自然资源的恢复提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

刺参购于青岛市胶南育苗场; 大叶藻取自威海市荣成天鹅湖被海浪冲上岸的部分, 泥质沉积物来自青岛近岸海底浅表泥, 然后将其分别晒干粉碎后经 80 目筛过滤; 实验装置为 20 个尺寸为 30 cm× 40 cm× 30 cm 的 PVC 箱。

1.2 实验设计

将大叶藻碎屑和泥质沉积物按不同的配比混合后作为饵料投喂刺参, 按照添加大叶藻碎屑的比例, 实验分为 5 个处理组, 分别是 ES0, ES10, ES20, ES40 和 ES100, 大叶藻碎屑含量分别为 0%, 10%, 20%, 40%和 100%, 有机质含量依次增加。每个处理组设

收稿日期: 2013-02-22; 修回日期: 2013-06-11

基金项目: 海洋公益性行业科研专项重点项目(200805069, 201005009); 青岛市市南区科技发展计划项目(2009517HY); 中国科学院知识创新工程重要方向项目群项目(KZCX2-YW-Q07-03-02)

作者简介: 刘旭佳(1986-), 女, 山西临汾人, 硕士, 主要从事海草生态学研究, 电话: 15153207660, E-mail: lxj03120420@hotmail.com; 周毅, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-82898646, E-mail: yizhou@qdio.ac.cn

计 4 个平行实验, 实验分两次进行。

实验 : 于 2009 年 4 月 22 日至 2009 年 6 月 8 日进行, 主要探索春夏季节刺参摄食大叶藻碎屑和泥质沉积物混合饵料的最佳有机质含量, 为实验的进行作一定参考, 并测定刺参的特定生长率和排粪率。经测定, 各实验处理组饵料的有机质含量分别为 5.6%, 7.6%, 10.9%, 19.6%, 39.9%。选择棘刺明显、

体色正常的刺参, 每个 PVC 箱内投放 2 只平均湿体质量为 25.12g±5.79 g 的刺参。

实验 : 于 2009 年 11 月 25 日至 2010 年 1 月 25 日进行, 观察秋冬季节刺参摄食大叶藻碎屑和泥质沉积物混合饵料的情况, 测定指标同实验。经测定, 各实验处理组饵料的营养组成见表 1, 每个 PVC 箱内投放 2 只平均湿体质量为 24.91 g±4.16 g 的刺参。

表 1 饵料的营养组成

Tab. 1 Nutritional composition of experimental food

实验处理组	水分(M±SD) (%)	粗蛋白(M±SD) (%)	粗脂肪(M±SD) (%)	有机质(M±SD) (%)	能值 (J/mg)
ES0	2.00±0.01	0.65±0.07	0.71±0.08	7.42±0.01	—
ES10	2.21±0.11	1.97±0.06	0.86±0.05	12.32±0.02	0.92
ES20	2.41±0.22	3.28±0.06	1.01±0.10	17.21±0.05	1.83
ES40	2.82±0.45	5.91±0.04	1.32±0.20	26.99±0.09	3.66
ES100	4.04±1.12	13.81±0.06	2.23±0.50	56.34±0.23	9.16

注: “—”表示未测出; SD 表示标准偏差; 下同

1.3 实验条件

实验过程中, 每天换海水 1/2, 实验用海水为沉淀、沙滤后的自然海水, pH 7.8 ~ 8.2; 盐度 31 ~ 32; 溶解氧保持在 5.0 mg/L 以上。

1.4 投喂方法

根据初始一周时间内刺参的摄食情况, 以后每个 PVC 箱投喂量在 15~35 g, 保证刺参饵料充足。在大叶藻碎屑与泥沙沉积物混合物中掺加适量海水, 用药匙搅拌混匀成块状, 投放于 PVC 箱底, 饵料可慢慢散开。每隔 3 日, 将残饵进行统一清理。

1.5 样品的收集和测定

在实验开始、30 d 后和实验结束时, 分别测量每头刺参的体质量, 记录初始和终末湿质量。每隔 3 日, 用虹吸法吸取粪便(排粪量较大时, 一日一取), 然后隔一日再吸取新鲜粪便。粪便于 60℃ 条件下烘干至恒质量, 然后干燥保存, 进行分析。

饵料和刺参样品的能值用 PARR1281 氧弹热量计(PARR Instrument Company, USA)测定; C, N 含量利用 Perkin-Elmer 240C 元素分析仪(Perkin-Elmer Company, USA)测定。大叶藻的粗脂肪含量用索氏抽提法测定, 粗蛋白含量由元素分析仪测定的 N 含量乘以 6.25, 灰分及有机质含量用马福炉在 500℃ 下灼烧 3 h 测得。

1.6 数据计算与统计分析

刺参的特定生长率(specific growth rate, R_{SG})、排粪率(feces production rate, R_{FP})根据以下公式进行计算:

$$R_{SG} (\%/d) = [(\ln W_2 - \ln W_1) \times 100\%]/t$$

$$R_{FP} (g/((\text{个} \cdot d))) = F/Nt$$

其中, W_1 和 W_2 分别为每个 PVC 箱中刺参的初始和终末湿质量; t 为实验时间; F 为排出的粪便干质量; N 为每个 PVC 箱中的刺参数量。

采用 SPSS16.0 软件包对数据进行统计分析, Duncan 氏极差法进行多重比较检验, 作为不同处理之间差异显著的标志。

2 结果与分析

2.1 实验 I

实验开始时, 5 个处理组间刺参的初始湿质量并没有显著差异($P < 0.05$)。实验结束后, ES0 处理组刺参的终末湿质量显著低于 ES20, ES40, ES100 实验处理组($P < 0.05$); ES10 与 ES40, ES100 实验处理组之间的差异都较显著($P < 0.05$); 其他处理组间刺参的终末湿质量差异并不显著($P > 0.05$, 见表 2)。

各实验处理组间刺参的特定生长率有所不同(图 1), ES0 处理组的刺参, 其特定生长率为负值, 显著低于其他 4 个实验处理组($P < 0.05$)。ES40 处理组刺参的

表 2 5 个实验处理组刺参的初始和终末湿质量

Tab. 2 Initial and final wet weight of *A. japonicus* in five groups with different experimental treatments

项目	实验处理组湿体质量(g)				
	ES0	ES10	ES20	ES40	ES100
初始	26.79±3.05	21.78±4.34	25.86±7.94	24.04±3.93	27.12±7.59
终末	20.68±2.76 ^a	26.17±3.78 ^{ab}	30.10±7.36 ^{bc}	36.35±4.09 ^{cd}	36.97±8.30 ^{cd}

注: 同一行内未标有相同字母表示相互之间差异显著($n=4, P < 0.05$)

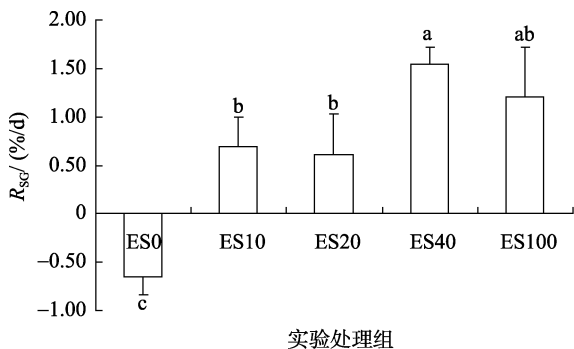


图 1 实验 I 不同实验处理组刺参的特定生长率(标有不同字母的柱之间差异显著)

Fig.1 Specific growth rate (R_{SG}) of *A. japonicus* (Means ($n=4$)) with different letters denote significant differences ($P < 0.05$), and bars represent standard deviation of the means)

特定生长率显著高于 ES10、ES20 处理组($P < 0.05$); 而 ES10, ES20, ES100 之间的特定生长率差异不显著($P > 0.05$).

ES0 处理组的刺参, 在实验的过程中, 由于各种原因摄食很少, 所以不考虑排粪情况, 只比较 ES10, ES20, ES40, ES100 实验处理组。总体来看, ES20 和 ES40 处理组刺参的排粪率高于 ES10 和 ES100 处理组(图 2 和图 3)。处理组 ES20 和 ES40 之间, ES10 和 ES100 之间差异不明显($P > 0.05$), 其他各组之间差异

显著($P < 0.05$)。

2.2 实验 II

实验开始时, 5 种实验处理组间刺参的初始湿质量和能量没有显著差异($P > 0.05$)。实验结束后, ES20 处理组刺参的终末湿质量显著高于其他 4 个实验处理组($P < 0.05$); 而处理组 ES0, ES10, ES40, ES100 之间刺参的终末湿质量差异并不显著(表 3)。

从图 4 可以得知, ES100 处理组的刺参特定生长率最低, ES20 和 ES100 处理组刺参的特定生长率差异显著($P < 0.05$), 其他处理组间刺参的特定生长率差异并不显著($P > 0.05$)。

各实验处理组刺参的排粪率见图 5 和图 6。ES10 处理组刺参的排粪率显著高于 ES100 处理组($P < 0.05$), 其他各组之间差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 刺参对大叶藻碎屑的摄食

在我国北方沿海, 大叶藻繁茂的海草床中栖息着许多动物, 其中刺参就是海草生态系统中较为丰富的一个物种。海草床中自然分布的刺参胃含物中, 植物(含大叶藻和藻类)的重量可以占绝对优势, 如大叶藻碎屑的出现率可达 60%^[5]。

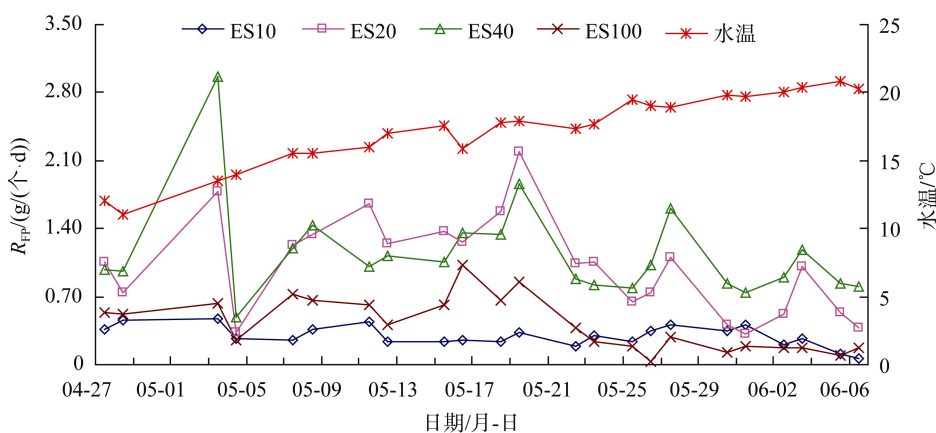


图 2 实验 期间刺参排粪率的变化

Fig. 2 Variation in feces production rate (R_{FP}) of *A. japonicus* during experimental period

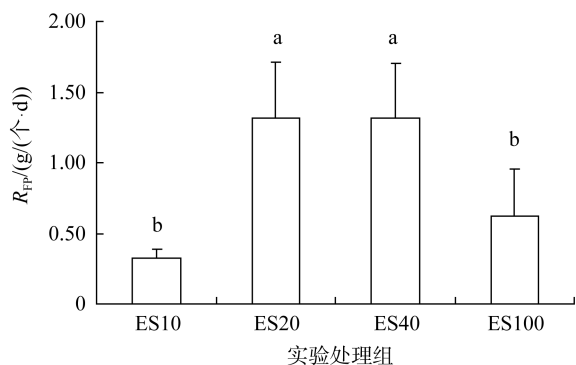


图 3 实验 I 不同实验处理组刺参的排粪率(标有不同字母的柱之间差异显著)

Fig. 3 R_{FP} of *A. japonicus* (Means ($n=4$) with different letters denote significant differences ($P < 0.05$), and bars represent standard deviation of the means)

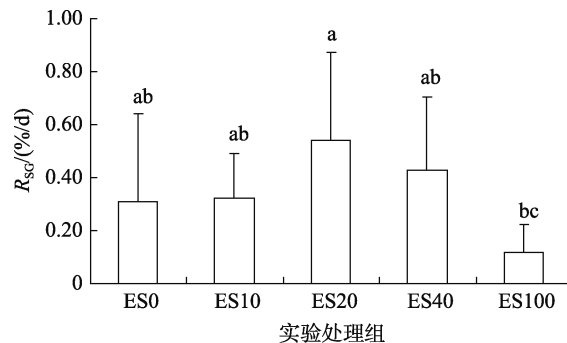


图 4 实验 I 不同实验处理组刺参的特定生长率(标有不同字母的柱之间差异显著)

Fig. 4 R_{SG} of *A. japonicus*. Means ($n=4$) with different letters denote significant differences ($P < 0.05$), and bars represent standard deviation of the means

表 3 5 个实验处理组刺参的初始和终末湿质量和能量

Tab. 3 Initial and final wet weight and energy content of *A. japonicus* in five groups with different experimental treatments

实验处理组	初始		终末	
	湿质量(g)	能值(J/mg)	湿质量(g)	能值(J/mg)
ES0	25.33±4.36	11.60±0.33	29.51±0.78 ^b	11.82±0.40
ES10	23.31±3.75	11.60±0.33	27.51±5.24 ^b	12.54±0.78
ES20	29.26±1.98	11.60±0.33	39.72±8.75 ^a	11.78±0.72
ES40	24.04±1.26	11.60±0.33	28.63±5.69 ^b	11.75±0.58
ES100	22.63±2.17	11.60±0.33	24.18±3.15 ^b	12.21±0.54

注: 同一列内未标有相同字母表示相互之间差异显著($n=4, P < 0.05$)

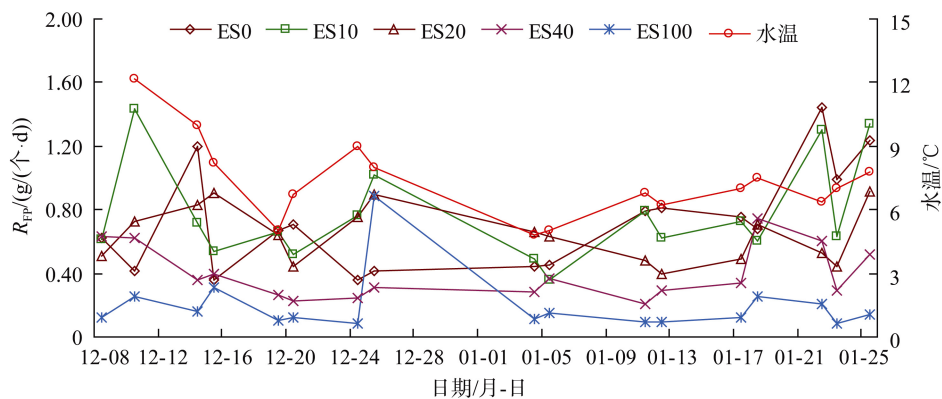


图 5 实验 I 期间刺参排粪率的变化

Fig. 5 Variation in R_{FP} of *A. japonicus* during experimental period

本实验的结果表明, 大叶藻脱落腐败的有机碎屑可以为刺参提供一种良好的食物来源。实验中, 各实验处理组刺参的特定生长率差异比较大, 刺参摄食泥质沉积物(ES0)特定生长率为-0.65%/d(见图 1), 低于混合饵料(ES10, ES20, ES40, 其 R_{SG} 分别为 0.70%/d, 0.61%/d, 1.54%/d), 刺参摄食大叶藻碎屑

(ES100)的特定生长率分别为 1.20%/d(见图 1)。刺参完全摄食泥质沉积物时为负生长, 说明泥质沉积物(ES0)中的有机质含量较低(5.6%), 不能满足刺参生长的需要, 可能是导致实验 ES0 处理组刺参摄食不佳的主要原因, 泥质沉积物烘干后没有经过发酵过程即被刺参摄食可能会影响其营养价值; 另一方

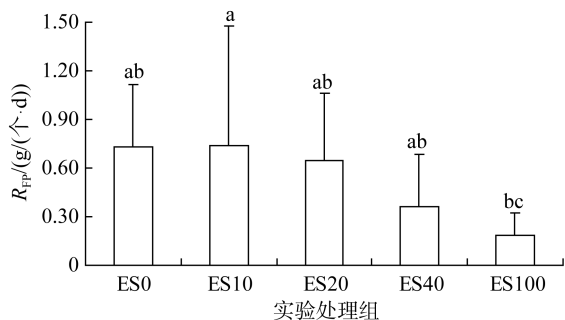


图 6 实验 不同实验处理组刺参的排粪率(标有不同字母的柱之间差异显著)

Fig. 6 R_{FP} of *A. japonicus*. Means ($n=4$) with different letters denote significant differences ($P < 0.05$), and bars represent standard deviation of the means

面,生活在有机质含量较低底质中的刺参,必然有某种食物选择机制,才能获得足够的有机质以满足其生长和代谢之需。而在本实验条件下,有限的空间和有限的饵料使得刺参这种食物选择机制已经难以发生作用,导致有机质的入不敷出,体重减轻。ES40处理组刺参获得最大生长,饵料中的有机质含量为19.6%,其次为ES100处理组刺参,饵料中有机质含量为39.9%。实验中,刺参摄食泥质沉积物(ES0)和大叶藻碎屑(ES100)的特定生长率分别为0.31%/d和0.12%/d(见图4),均低于混合饵料(ES10, ES20, ES40, 其 R_{SG} 分别为0.32%/d, 0.54%/d, 0.43%/d)。刺参完全摄食泥质沉积物表现为正生长,但泥质沉积物(ES0)中的有机质含量较实验高(7.42%±0.01%),说明可以满足刺参生长的需要;而刺参完全摄食大叶藻碎屑(ES100)时 R_{SG} 最低,说明较高的有机质含量(56.34%±0.23%)反而不利于刺参的生长;相比之下ES20处理组(有机质含量17.21%±0.05%)刺参生长效果最好。可见,单独投喂大叶藻碎屑,刺参并不能获得最大生长;而刺参摄食混合饵料生长效果较好,说明泥质沉积物可能有助于刺参对有机质的消化,再者,大叶藻碎屑中掺以沉积物投喂刺参,更加符合刺参的摄食习性,促进生长。

袁秀堂等^[13]研究了贝类沉积物和海藻粉的不同配比对刺参生长的影响,结果表明,湿体质量为32.15 g±1.0 g,刺参最大的特定生长率为2.134 %/d,75%贝类沉积物和25%海藻粉可以作为最适成参的集约化养殖饲料。本实验中的刺参规格较小(25 g),实验中ES40处理组(40%大叶藻碎屑和60%泥质沉积物)刺参具有最大的特定生长率,为1.54 %/d;实验中ES20处理组(20%大叶藻碎屑和80%泥质沉积物)刺参具有最大的特定生长率,为0.54 %/d,

说明刺参摄食大叶藻碎屑和泥质沉积物混合物也有较好的生长效果。

本实验中,由于饵料散于箱底等原因,未能收集残饵。但刺参的排粪量在一定程度上可以代表其摄食量。实验结果表明,饵料的蛋白水平和能值含量与刺参的摄食率呈负相关(见图3和图6),饵料中蛋白水平和能值含量越高,刺参的摄食率反而越低。在自然生态系统中,沉积食性刺参以营养水平较低的沉积物为食物时,必须大量摄食才能满足其营养需求^[22]。相反,在某些季节,当沉积物的营养水平升高,海参内在的食欲调节机制就会发挥作用,降低其摄食率。同样的现象也被某些棘皮动物所证明。Otero-Villanueva等^[23]发现海胆(*Psammechinus miliaris*)摄食率的降低总是与饲料高能值有关。

一般而言,刺参以沉积物中的有机物为营养,主要包括微生物和动、植物的有机碎屑等。本研究中两次实验的结果都表明,刺参可以摄食并利用大叶藻的有机碎屑,以满足其自身营养需求。根据本实验,大叶藻碎屑与泥质沉积物混合物的有机质含量为17%~20%,刺参的生长效果较好。

3.2 水温对刺参摄食大叶藻碎屑的影响

有学者报道,刺参生长的适宜温度为5~20℃,最适生长温度为10~16℃^[24-26]。本研究实验和实验期间,自然海水的水温分别在13.5~20.8℃和3.4~13.4℃范围内(见图2和图5)。实验期间的平均水温较高,刺参体内的能量代谢较快,但随着温度升至18℃,刺参开始逐渐进入夏眠状态,各处理组刺参的 R_{FP} 迅速降低(见图2),刺参进入夏眠之前,刺参的 R_{FP} 较高(ES10, ES20, ES40, ES100, 其 R_{FP} 分别为0.33, 1.31, 1.31, 0.63 g/(个·d);见图3)。实验期间的平均水温较低,整个过程中刺参都处于摄食状态,但刺参体内的能量代谢较慢,导致刺参的 R_{FP} 也较低(见图5)。5个处理组刺参的 R_{FP} 分别为0.73, 0.74, 0.64, 0.36, 0.18 g/(个·d)(见图6),除ES10外,都低于实验的数值。从3.1讨论结果可知,实验刺参的特定生长率明显高于实验的特定生长率。根据本研究的两次实验结果可以看出,水温影响刺参摄食大叶藻碎屑和泥质沉积物混合饵料的特定生长率和排粪率,且水温在13~17℃范围内刺参生长较快。

综上所述,刺参能够摄食大叶藻的有机碎屑,并且大叶藻碎屑和泥质沉积物混合物的有机质含量在17%~20%范围的时候,即可满足自身的营养需求,这为刺参资源的恢复和营养生态学方面的研究

提供了基础数据。在自然的大叶藻海草生态系统中, 沉积食性动物可以摄食大叶藻脱落腐败后的有机碎屑, 不但加速了物质循环和能量流动, 而且促进了生态系统结构的稳定和健康。海草床在为刺参提供栖息地的同时, 其大叶藻脱落腐败产生的碎屑也为刺参提供了充足的饵料, 十分有利于刺参资源的恢复。因此, 海草恢复所带来的生态和经济效应不可估量, 具有广阔的研究和发展前景, 这为迫切进行大叶藻海草场的恢复提供了更加充分的理由。

参考文献:

- [1] Liao Yulin. The Aspidochirote holothurians of Chin with erection of a new genus[C]// Jangoux M. Echinoderms: Present and Past (Proceeding of European Colloquium on Echinoderm). Rotterdam: A A Balkema, 1980:115-120.
- [2] 廖玉麟. 中国桶手目海参的研究 [C]//中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(23). 北京: 科学出版社, 1984: 221-247.
- [3] 廖玉麟. 中国动物志, 棘皮动物门, 海参纲 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 334-335.
- [4] Hamel J F, Conand C, Pawson D L, et al. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea, Echinodermata): Its biology and exploitation as Beche-de-Mer [J]. *Advances in Marine Biology*, 2001, 41: 131-202.
- [5] Uthicke S. Overfishing of holothurians: lessons from the great Barrier Reef [C]// Lovatelli A, Conand C, Purcell S, et al. Mercier *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Rome: FAO, 2004: 163-172.
- [6] Choe S. Study of sea cucumber: morphology, ecology and propagation of sea cucumber [M]. Tokyo: Kaibundou, 1963: 219.
- [7] 张宝琳, 孙道元. 灵山岛浅海岩礁区刺参(*Apostichopus japonicus*)食性初步分析 [J]. *海洋科学*, 1995, 3: 11-13.
- [8] Hauksson E. Feeding biology of *Stichopus tremulus*, a deposit-feeding holothurian [J]. *Sarsia*, 1979, 64: 155-160.
- [9] Sloan N A, Bodungen B V. Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the bermuda platform [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1980, 2: 257-264.
- [10] Tiensongruee B, Pontjoprawiro S. Sea cucumber culture: potential and prospect [C]// *Seafarming Development Project Manual*(14). Rome: FAO, 1988: 18.
- [11] Goshima S, Fujiyoshi Y, Ide N, et al. Distribution of Japanese common sea cucumber, *Stichopus japonicus* in lagoon Saroma [J]. *Suisanzoshoku*, 1994, 42: 261-266.
- [12] Ramofafia C, Foyle T P, Bell J D. Growth of juvenile *Actinopyga mauritiana* (Holothuroidea) in captivity [J]. *Aquaculture*, 1997, 152: 119-128.
- [13] Kang K H, Kwon J Y, Kim Y M. A beneficial coculture: charm ablone *Haliotis discus* Hannai and sea cucumber *Stichopus japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2003, 216: 87-93.
- [14] 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 japonicas* (Selenka) with special reference to aestivation [J]. *Aquaculture Research*, 2005, 36: 1085-1092.
- [15] Yuan X T, Yang H S, Zhou Y, et al. The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea) [J]. *Aquaculture*, 2006, 256: 457-467.
- [16] Zhou Yi, Yang Hongsheng, Liu Shilin, et al. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinidermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets [J]. *Aquaculture*, 2006, 256: 510-520.
- [17] Hemming M A, Duarte C M. *Seagrass Ecology* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000:20-23.
- [18] Fonseca M S, Meyer D L, Hall M O. Development of planted seagrass beds in Tampa Bay, Florida, USA. I. Planted components [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1996, 132: 141-156.
- [19] Edgar G J. Comparisons of species richness, size-structure and production of benthos in vegetated and unvegetated habitats in Western Port, Victoria [J]. *Journal Experimental Marine Biology Ecology*, 1994, 176: 201-226.
- [20] Walker D I, McComb A J. Seagrass degradation in Australian coastal waters [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1992, 25: 191-195.

- [21] Park J I, Lee K S. Site-specific success of three transplanting methods and the effect [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2007, 1-11.
- [22] Hudson I R, Wigham B D, Tyler P A. The feeding behavior of a deep-sea holothurian, *Stichopus tremulus* (Gunnerus) based on in situ observation and experiments using a remotely operated vehicle [J]. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 2004, 301: 75-91.
- [23] Otero-Villanueva M M, Kelly M S, Burnell G. How diets influence energy partitioning in the regular echinoid *Psammechinus miliaris*; constructing an energy budget [J]. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 2004, 304: 159-181.
- [24] 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.
- [25] 王兴章, 刑信泽. 中国北方刺参 (*Apostichopus japonicus* Selenka) 增养殖发展现状及技术探讨 [J]. *现状渔业信息*, 2000, 15(8): 20-22.
- [26] Chen Jiabin. Present status and prospects of sea cucumber industry in China [C]//Lovatelli A, Conand C, Purcell S, et al. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Rome: FAO, 2004:25-38.

Evaluation of eelgrass debris as a food source for *Apostichopus japonicus*

LIU Xu-jia¹, ZHOU Yi², YANG Hong-sheng², RU Shao-guo¹

(1.School of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Feb.,22,2013

Key words: *Zostera marina* L.; *Apostichopus japonicus* Selenka; food resource; growth; feces production

Abstract: In this study, the nutrient relations between *Zostera marina* L. and *Apostichopus japonicus* Selenka were investigated using lab simulating experiments. A mixture of *Z. marina* debris and seafloor surface sediments was used as food to feed *A. japonicus*, and the specific growth rate and feces production rate were measured. According to *Z. marina* debris proportion, we designed five experiment treatments including ES0 (0%), ES10 (10%), ES20 (20%), ES40 (40%) and ES100 (100%). The results showed that the food had a great influence on growth of *A. japonicus*. The organic content of mixture of *Z. marina* debris and seafloor surface sediments was 17%~20% and the most suitable water temperature was 13~17°C, which led to higher specific growth rate (1.54%/d) and feces production rate (1.31g/(ind·d)). Seagrass bed can provide not only habitat for *A. japonicus*, but also food source for the latter, which is of significance to *A. japonicus* resource restoration and nutritional ecology research.

(本文编辑: 梁德海)