



## 双齿围沙蚕摄食自然沉积物的研究

张青田, 胡桂坤

(天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457)

**摘要:** 采用肠道内含物的分析方法, 测定了双齿围沙蚕 (*Perinereis aibuhitensis*) 摄食沉积物时的颗粒选择性和摄食效率. 结果显示, 双齿围沙蚕摄食时偏向于摄食较小粒径的颗粒, 该结论符合底栖动物最佳觅食模型; 双齿围沙蚕饱食沉积物所需时间较其他多毛类短, 2.5 h 左右, 摄食周期大约 7 h. 单位体重摄食率 (以干重计) 为  $(0.469 \pm 0.196) \text{ g} / (\text{g} \cdot \text{d})$ , 比报道的其他多毛类摄食率低. 与同类研究相比, 文中还对造成结果差异的原因进行了简单分析.

**关键词:** 双齿围沙蚕; 沉积物; 摄食

中图分类号: Q 178.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-6510 (2008) 03-0026-04

### Study on Feeding Natural Sediment of *Perinereis aibuhitensis*

ZHANG Qing-tian, HU Gui-kun

(Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** Some *Perinereis aibuhitensis* were cultured in the laboratory, and the gut content experiments were carried out later. The result of particle selection experiment shows that *P.aibuhitensis* intends to select smaller particles, and this result accords with the predictions of deposit-feeders optimal foraging models. The feeding rate of *P.aibuhitensis* on natural sediment is  $0.469 \pm 0.196 \text{ g} / (\text{g} \cdot \text{d})$ , and the weights are dry weights of sediment and *P.aibuhitensis* body. This rate was much lower than that of other polychaeta. The result of feeding rate experiment also shows that *P.aibuhitensis* will eat enough food after 2.5 hours, and its feeding cycle is about 7 hours. Compare with similar studies, the reasons of these differences are also discussed in this paper.

**Keywords:** *Perinereis aibuhitensis*, sediment, feeding

双齿围沙蚕 (*Perinereis aibuhitensis*) 在我国沿海分布广泛, 喜欢栖息于中、高潮带海滩, 富含有机质、硅藻等的生境有利于其生长和繁殖. 双齿围沙蚕生长迅速, 营养丰富, 是很好的出口创汇生物. 加之我国江苏、山东等地的自然野生沙蚕日趋枯竭, 人们加强了对双齿围沙蚕的育种和养殖技术研究. 关于双齿围沙蚕的研究目前集中于生活史、人工繁殖及其生态特性等方面的研究<sup>[1,2]</sup>.

人们在生产实践中逐渐认识到, 双齿围沙蚕不仅是营养丰富的饵料, 而且在改善环境等方面具有很强的能力<sup>[2,3]</sup>. 但是, 关于其改造环境的机理和能力研

究未见报道. 本文通过肠道内含物分析方法研究了双齿围沙蚕对自然沉积物的摄食效率和食物的颗粒选择性问题. 目前, 关于多毛类摄食自然沉积物的研究报道非常少<sup>[4]</sup>, 通过研究可以了解沙蚕对底质的生物扰动和改造能力等生物学参数, 并且为合理移植和开发利用提供参考数据.

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

双齿围沙蚕于 2004 年 3 月采自天津市塘沽区泥

收稿日期: 2007-11-14; 修回日期: 2008-03-31

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 资助项目 (2002AA648010)

作者简介: 张青田 (1974—), 男, 天津人, 讲师.

滩潮间带,根据不同试验要求进行固定或者暂养处理<sup>[5-6]</sup>.

1.2 方法

本试验的研究方法主要参考 Whitlatch<sup>[7]</sup>, Dobbs<sup>[8]</sup>和王诗红<sup>[4]</sup>等其他多毛类的相关研究原理,并根据实际情况进行了适当改进.

1.2.1 双齿围沙蚕摄食的颗粒选择性

现场采集的双齿围沙蚕样品用 75%乙醇固定,以防止其肠道内含物的排出<sup>[6]</sup>.同时采集自然沉积物样品,用来分析其可被双齿围沙蚕利用的粒径组成情况,并且与双齿围沙蚕消化道中的沉积物粒径组成情

况进行比较.

沉积物样品和双齿围沙蚕消化道中的颗粒粒径分布频度均在显微镜下观察得出,对试验用沙蚕进行体重和体长的测定并编号.按照记录的沙蚕编号,依次在解剖盘中用解剖刀将每条沙蚕的肠内容物取出,置于 15% $H_2O_2$  溶液中浸泡 24 h,用以溶解存在的有机成分.观察前,处理后的沉积物用蒸馏水冲洗干净,置于单凹片上,加适量水后用光镜检查,记录按直线顺序所观察到的前 300 个颗粒的粒径大小<sup>[4,7]</sup>.

沉积物粒径采用固定式测微尺测量,粒径编号与实际粒径的换算情况见表 1.

表 1 粒径编号与实际粒径值的换算关系  
Tab. 1 The relationship between size number and particle sizes

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
粒径/ $\mu m$	$\leq 3.8$	3.8 ~ 5.4	5.4 ~ 7.6	7.6 ~ 10.8	10.8 ~ 15.3	15.3 ~ 21.6	21.6 ~ 30.6	30.6 ~ 45	> 45

1.2.2 双齿围沙蚕对自然沉积物的摄食效率

从沿海滩涂中挖取沙蚕,分别取适量海水和底质沉积物带回实验室.将野外采集的沙蚕在放有海水的培养缸中充气暂养约 3 d,以排空肠道内的沉积物.在 7 个盛有 4 cm 深沉积物的 250 mL 小烧杯中进行培养.每个烧杯中放入 7 条个体大小相近的沙蚕,按培养时间 2、4、6、8、10、12、24 h 进行培养,温度 14 ~ 16  $^{\circ}C$ .培养结束后,分别将沙蚕挑出,用 75%乙醇固定,解剖收集肠道内含物;剖取物置于 15% $H_2O_2$  中浸泡 24 h 后过滤,60  $^{\circ}C$  烘干后在分析天平上称重.另取定量自然沉积物进

行同样的浸泡、烘干处理,以确定因为  $H_2O_2$  处理造成的自然沉积物的质量损失.

2 结果与分析

2.1 摄食自然沉积物的颗粒选择性

2.1.1 双齿围沙蚕的体长与体重

试验所用双齿围沙蚕的体长与体重测量平均值参见表 2.双齿围沙蚕分组编号时主要按照体长进行,即将体长相近的沙蚕分为一组.编号为 5 的沙蚕组个体长,但是较细,尤其是尾部,故体重均值较轻.

表 2 双齿围沙蚕体长与体重参数值  
Tab. 2 Lengths and weights of *Paibuhitensis*

沙蚕编号	1	2	3	4	5
体长/cm	7.6 $\pm$ 0.1	8.5 $\pm$ 0.1	9.8 $\pm$ 0.1	10.7 $\pm$ 0.2	11.5 $\pm$ 0.2
体重/g	0.719 $\pm$ 0.003	0.786 $\pm$ 0.002	0.684 $\pm$ 0.003	1.717 $\pm$ 0.003	0.848 $\pm$ 0.005

2.1.2 双齿围沙蚕摄食自然沉积物的颗粒选择性

塘沽海区潮间带取样海区的自然沉积物由粒径 3 ~ 400  $\mu m$  的颗粒组成.1—7 号粒径占粒径总数的 90%以上,其中 3 号粒径的颗粒最多,并以此为峰值呈现出明显的正态分布(参见图 1a).双齿围沙蚕摄食沉积物颗粒的粒径范围与自然沉积物相比较小(参见图 1b-f);并且其肠内容物中颗粒的粒径频率分布与自然沉积物的粒径分布有显著的不同.肠道沉积物的粒径集中于 1—4 号,占所摄食沉积物颗粒总数约 90%,且偏向小粒径;自然沉积物中粒径编号为 4 以上的颗粒占 26%左右,而被双齿围沙蚕摄食的颗粒中只有不到 10%的颗粒属于这一范围,粒径频率未

表现出自然沉积物的分布规律.表 3 的粒径平均值也显示,双齿围沙蚕的肠道内含物中颗粒的平均粒径值都低于自然沉积物的平均粒径值.由表 2 和表 3 可以看出,双齿围沙蚕对颗粒的选择性与个体的大小和体重变化有一定的关系,但整体上并未表现出明显的规律;但是在某个体长和体重范围内相关性较强,并且和体重的相关性更大些.

表 3 不同沙蚕肠道沉积物的粒径平均值

Tab. 3 Average particle sizes of different *Paibuhitensis* intestinal sediment

来源	自然沉积物	双齿围沙蚕				
		1号	2号	3号	4号	5号
平均粒径/ $\mu m$	10.4	6.5	5.7	6.7	6.5	5.9

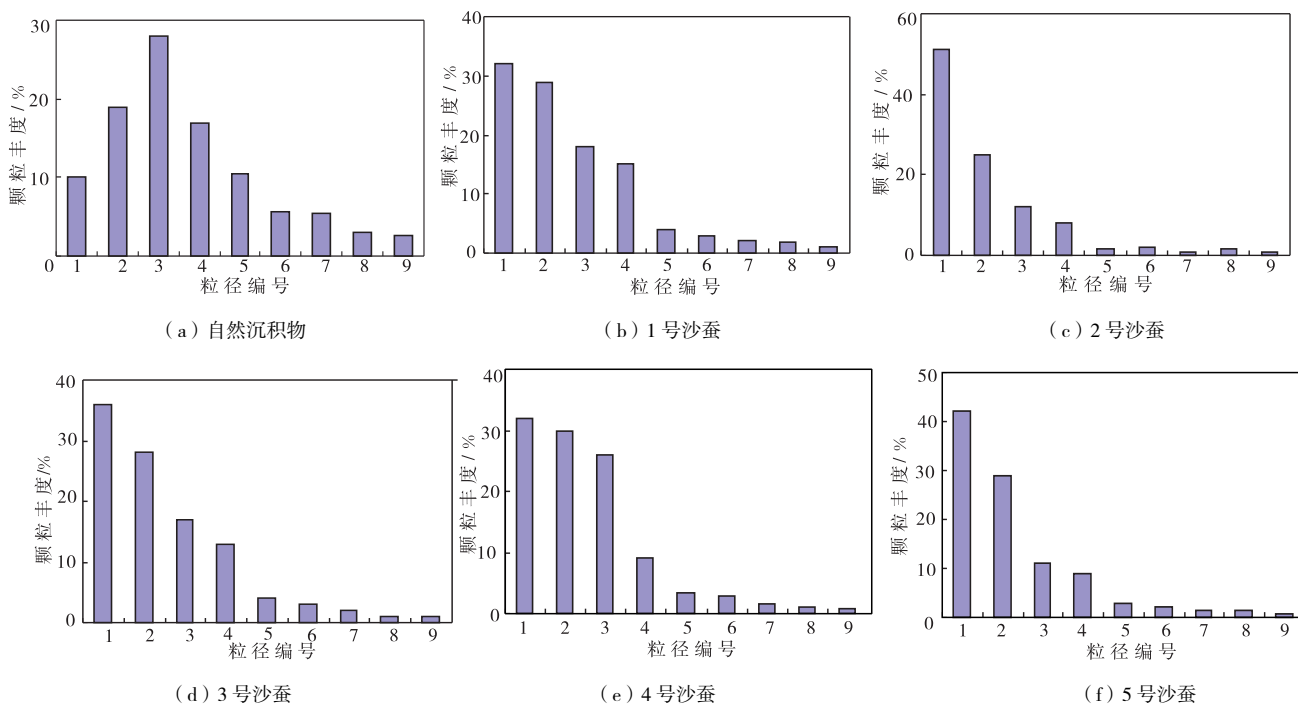


图1 沉积物粒径频率分布情况  
Fig. 1 Size frequency distributions of sediment

2.2 对自然沉积物的摄食效率

双齿围沙蚕摄食沉积物的效率试验结果见表4. 为了便于分析, 将各个时刻单位体重的摄食沉积物量作图, 变化趋势见图2.

表4 双齿围沙蚕在不同时间对自然沉积物的摄食情况  
Tab. 4 Time series of feeding rate of *P.aibuhitensis*

培养时间/h	2	4	6	8	10	12	24
肠含物均重/g	0.021 5	0.013 0	0.010 5	0.013 5	0.015 5	0.012 0	0.024 5
沙蚕均重/g	0.195 0	0.107 0	0.095 0	0.118 0	0.123 0	0.100 0	0.150 0

注: 均重为烘干后的测定值.

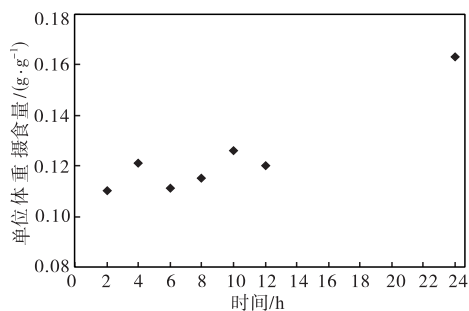


图2 单位体重双齿围沙蚕肠道内含物量随时间的变化  
Fig. 2 Time series of intestinal content of *P.aibuhitensis*

由图2可见, 双齿围沙蚕单位体重摄食沉积物量随时间推移而出现波动, 即沙蚕摄食表现出一定的周期性. 说明双齿围沙蚕摄食速率并不恒定, 导致体内

沉积物含量变化呈现出周期性. 由前12h的趋势可以估计, 双齿围沙蚕摄食周期约7h. 即双齿围沙蚕饥饿开始大量摄食到下次饥饿摄食历大约7h.

4h、10h和24h的单位沙蚕体重肠道内含物量值较高, 其均值用来估计双齿围沙蚕肠道饱满时的肠道内含物总量(单位体重). 以4h、10h和24h比率数值的平均值为点作一水平线; 另过2h点和原点作一直线, 二直线的交点对应的时间(2.5h)作为双齿围沙蚕饱食时间的估计值<sup>[4]</sup>. 上述二直线的交点对应的肠容物含量(0.137 ± 0.057) g/g 可以作为单位体重双齿围沙蚕肠道内含物的最大量. 由表4和图2可以推断0.110 g/g是双齿围沙蚕饥饿而开始大量摄食的低限. 假设沙蚕饱食后仍有摄食能力, 只是排除大于摄入. 这样, 双齿围沙蚕每天摄食率下限为(0.469 ± 0.196) g/(g·d).

3 讨论

3.1 颗粒选择行为

双齿围沙蚕倾向于摄食粒径较小的沉积物颗粒, 这一结果符合最佳觅食模型. 该模型描述了沉积食性底栖动物颗粒选择行为, 认为为了达到净摄入能量的最大值, 摄入者应该选择较小的颗粒, 而不应该选择较大的颗粒, 因为海洋中沉积物颗粒的食物质量

(指附着于颗粒表面的细菌量)与颗粒的表面积-体积比值(既粒径)成反比<sup>[9]</sup>。但是,结果与某些多毛类,尤其是管栖种多毛类的摄食情况不一致,该研究结论认为摄食者偏向于选择较大的颗粒<sup>[4,7,8]</sup>。

有研究表明<sup>[10]</sup>,多毛类摄食沉积物时普遍存在着颗粒选择的行为。本文结果证实了最佳摄食模型的论点,即摄食沉积物的底栖生物具有为了获得最高效率而调节自身觅食行为的能力。但综合相关报道,最佳摄食模型并不是普遍适用的,摄食可能受到沉积物颗粒形状、附着物多少,以及摄食者本身大小等条件的制约<sup>[7,11]</sup>。这些差异可能是多毛类的种类差异或者对环境适应不同等原因造成的,应该进行更大范围的研究以总结规律和修正假设。

### 3.2 摄食效率情况

本次试验摄食率的结果与其他多毛类摄食率研究的结果差异明显。已有报道<sup>[4,10]</sup>,管栖多毛类的摄食率约 8~30 mg/(mg·d);穴居多毛类的摄食率约 3.5~25.0 mg/(mg·d),大于本试验的结果。

分析差异的原因:其一,可能是沙蚕种类之间存在差别。由于不同种类适应不同的环境而形成不同的生活方式,引起了差异;其二,可能与试验材料个体大小有关。相关试验材料基本为成熟个体大小,而本次试验所用沙蚕与其成体相比较小(成体双齿围沙蚕成熟个体长可达 20 cm 以上),而摄食率和体重在一定范围之内是正相关的;其三,试验用的底质沉积物营养含量可能不同而导致摄食率不同。因为沙蚕摄食率受食物源浓度影响,对沉积物摄食最高速率应该在食物源贫乏的条件下获得<sup>[4]</sup>;其四,摄食周期的估计存在差异。有的周期值估计过大,造成摄食率升高;其五,其他环境因素,如光照、温度等,对沙蚕摄食也有影响。

多毛类的摄食原则通常是大量吞食沉积物,每日处理沉积物的量至少相当于本身体重(干重)<sup>[10]</sup>。并且,多毛类的颗粒分选行为可以发生在吞食沉积物之前。Nichols 报道,通过肠道处理的沉积物量约占摄食行为处理沉积物总量的 1/4,其余的则以其他形式抛弃。依此比例推算,双齿围沙蚕通过摄食处理沉积物的实际速率约为 1.92 g/(g·d)。知道了摄食率可以很方便地估计一定条件下双齿围沙蚕改造沉积物的能力和所需时间;或者在给定时间内完成改造任务所需要保持的双齿围沙蚕的密度。这就为合理移植和开发提供了参考的数据。

双齿围沙蚕的摄食率虽然相对较小,但是仍然具有相当的改造自然沉积物的能力。再加上其可以和其他生物共栖<sup>[3]</sup>,并有一定耐油污的能力<sup>[12,13]</sup>,所以对生态修复有很大的贡献,是应该受到重视和加强应用的种类。

### 参 考 文 献:

- [1] 王春林,邵力,王一农,等.海水名特优水产苗种培育手册[M].上海:上海科学技术出版社,2003:398—404.
- [2] 顾晓其,蒋霞镇,郑尽明,等.双齿围沙蚕的生物学特征及开发利用现状[J].现代渔业信息,2002,17(8):33—34.
- [3] 蒋福兴,王维中,黄耀生,等.大米草-双齿围沙蚕相关性初探[J].生态学报,1992,12(1):84—88.
- [4] 王诗红,张志南.日本刺沙蚕摄食沉积物的实验研究[J].青岛海洋大学学报,1998,28(4):587—592.
- [5] 单衡明,王斯林,于伯华.沙蚕的采捕、蓄养及贮运[J].齐鲁渔业,2002,19(8):48—49.
- [6] 郑忠明,顾小英,蒋霞敏,等.若干生态因子对双齿围沙蚕生长发育的影响[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2000,19(4):378—381.
- [7] Whitlatch R B, Weinberg J R. Factors influencing particle selection and feeding rate in the polychaete *Cistenides* (*Pectinaria*) *gouldii* [J]. *Mar Biol*, 1982, 71: 33—40.
- [8] Dobbs F C, Scholly T A. Sediment processing and selective feeding by *Pectinaria koreni* (Polychaete: Pectinariidae) [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1986, 29: 165—176.
- [9] Aghon G L. Predicting particle selection by deposit feeders, a model and its implications [J]. *Limnol Oceanogr*, 1978, 23(4): 752—759.
- [10] Lopez G R. Ecology of deposit-feeding animals in marine sediments [J]. *Q Rev Biol*, 1987, 62: 235—260.
- [11] Yamamoto N, Lopez G R. Bacterial abundance in relation to surface area and organic content of marine sediment [J]. *Exp Mar Biol Ecol*, 1985, 90: 209—220.
- [12] 唐森明,陈孝麟,庄栋法,等.多毛类环节动物对柴油污染效应的模拟生态研究[J].海洋学报,1997,15(4):85—90.
- [13] Dekker R. Effects of different oil doses, diaspersant and dispersed oil on macrofauna in model tidal flat ecosystems [C] // Kuiper J. Fate and Effects of Oil in Marine Ecosystem. Holland: Nijhoff Publishers, 1987: 117—131.