

深圳湾福田红树林潮滩奇异稚齿虫的富有机质效应

徐华林¹, 金亮², 蔡立哲², 厉红梅², 高阳², 王勇军¹ (1. 广东内伶仃福田国家级自然保护区, 深圳, 518040; 2. 厦门大学环境科学研究中心, 厦门, 361005)

【摘要】 根据 1999 年 1 月至 2002 年 10 月在深圳湾福田潮滩 A、D、E 三个断面获得的大型底栖动物奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*) 和有机质数据, 分析了深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫对有机质含量的效应特征。结果表明, 深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫有明显的季节变化, 即 3、4 月密度高, 形成全年的高峰期, 9、10 月密度低, 形成全年低谷期。奇异稚齿虫密度随着有机质含量的增加逐渐降低, 前者密度和生物量大小是: A>D>E, 而有机质大小也是: A<D<E。相关分析表明, 有机质与奇异稚齿虫密度和生物量有着负相关关系, 即有机质含量越高, 奇异稚齿虫密度和生物量越低。

关键词: 奇异稚齿虫; 有机质; 潮滩; 深圳湾

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1008-8873(2006)05-437-03

Effect of rich organic matter on *Paraprionospio pinnata* (Polychaeta: Spionidae) on Futian tidal flat in Shenzhen Bay

XU Hua-lin¹, JIN Liang², CAI Li-zhe², LI Hong-mei², GAO Yang², WANG Yong-jun¹

(Guangdong Neilingding Futian National Nature Reserve, Shenzhen, 518040; Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen, 361005 china6)

Abstract Effect of rich organic matter on *Paraprionospio pinnata* was analyzed according to the data of Macrobenthos and organic matter got on Futian tidal flat in Shenzhen Bay. The data from three sections A, D and E was got from January 1999 to October 2002. The results showed that there was markedly seasonal variation for *P. pinnata* on Futian tidal flat in Shenzhen Bay. The seasonal pattern was that the density and biomass of *P. pinnata* was high in March and April and low in September and October. The density of *P. pinnata* decreased along with the increase of organic matter content. The density and biomass of *P. pinnata* at three sections are A>D>E. The distribution of organic matter content is also A<D<E. There is negative correlation between density of *P. pinnata* and organic matter content. The higher organic matter is, the lower density and biomass of *P. pinnata* are.

Key words: *Paraprionospio pinnata*; Organic matter; Tidal flat; Shenzhen Bay

奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*) 属环节动物门 (Annelida) 多毛纲 (Polychaeta) 海稚虫科 (Spionidae), 曾称羽鳃稚齿虫 (*Prionospio pinnata*)。它和小头虫 (*Capitella capitata*) 在日本内湾污染区都有大量存在, 它同喜好富营养海岸区而不出现重污染区的短角索沙蚕 (*Lunbrineris brevicirra*) 的分布关系相反^[1]。奇异稚齿虫在福建九龙江口泥滩^[2]、深圳河口泥滩^[3]和智利北部海域^[3]也是常见种。

有机质含量与底栖动物关系密切, 因此, 有机质常作为底栖动物群落研究的重要环境参数。有机质含量的高低, 与城市生活污水和工业废水排放多寡有关, 一般情况下, 排污口、河口和港湾养殖区的有机质含量较高, 而远离市区的非排污口水域有机质含量较低。有机质含量也与沉积物类型有关, 粘土质粉砂有机质含量高, 而中细砂、砾砂的有机质含量低。深圳湾潮滩宽阔, 面积约 112 km², 以红树林沼泽地为边界, 属于隐蔽型泥滩, 沉积物颗粒细, 此外, 随着深圳特区经济的发展, 排入深圳河口的生活污水和工业废水与日俱增, 因而深圳湾潮滩有机质含量高。本文根据

在进行深圳河治理工程环境影响评估底栖动物研究中获得的奇异稚齿虫数据, 以及在深圳湾福田红树林湿地底栖动物多样性及生态保护研究中获得的有机质数据, 分析深圳湾福田潮滩有机质含量变化对奇异稚齿虫的影响, 对奇异稚齿虫的耐污程度进行评估。

1 材料与方法

有机质和底栖动物调查设 9 个取样站(图 1)。它们构成 3 个纵向(南北)和 3 个横向(东西)断面。A 断面包括 A1、A2 和 A3 取样站; D 断面包括 D1、D2 和 D3 取样站; E 断面包括 E1、E2 和 E3 取样站。P1、P2、P3 三个横向断面分别包括 3 个 1 号、2 号、3 号取样站。1999 年 1 月至 2001 年 12 月在 A1、A2 和 A3 取样站对有机质和底栖动物进行每年 8 次的调查, 即从 1999 年 1 月中旬起, 约每隔 45d 进行一次取样。2002 年 4 月和 10 月, 分别在上述 9 个取样站对底栖动物和有机质进行取样。底栖动物取样时, 每个取样

收稿日期: 2006-03-25, 2006-09-20 接受

作者简介: 徐华林 (1978—), 男, 工程师, 主要从事自然生态保护及科普教育工作。河南漯河人, 大学本科

站用直径 10 cm、深 20 cm 的塑料管随机、连续采集 5 管泥样，分别装入塑料袋，带到岸边水塘处，将塑料袋中的泥样放入塑料桶内，加水搅拌，上清液用孔径 0.5 mm 的套筛过滤，重复淘洗，直至上清液清澈为止，检查桶底剩余的沉积物，将带壳的软体动物以及留在套筛上的底栖动物装入塑料瓶内，贴上标签，加福马林固定，带回实验室。在实验室中，将瓶中的样品倒入孔径 0.063 mm 的套筛，用自来水将细泥和福尔马林冲洗掉，装在培养皿中，在解剖镜下将底栖动物分类和计数，在感量为 0.000 1 g 的电子天平上称湿重。

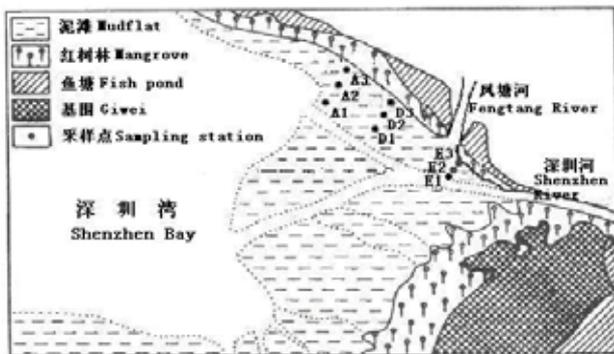


图 1 深圳湾福田潮滩底栖动物和有机质取样站位图
Figure.1 Sampling stations for macrofauna and organic matter on Futian tidal flat in Shenzhen Bay

有机质含量测定：采用重重铬酸钾容量法（丘林容量法，重铬酸钾-硫酸溶液氧化法），在加热条件下，以过量 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 溶液氧化底质中的有机碳，以 $FeSO_4$ 标准溶液滴定剩余的 $K_2Cr_2O_7$ ，测得有机碳含量乘上经验系数 1.724 即为有机质含量。将采回的底泥混匀，取一定量烘干，研磨，过 120 目筛，在混匀，取少量泥样在烘干后，置于干燥器中冷却，用感量为 0.0001 g 的分析天平称取 0.3-0.5g 的样品，放入硬质试管中，加固体硫酸银 0.1g，0.400N 的重铬酸钾溶液后移入油浴锅中，在 175-180 时准确煮沸 5 min，取试管，将加热后的样品倒入烧杯中，加磷酸 2-3 mL，二苯胺 10 滴，以硫酸亚铁溶液滴定，用电动搅拌器搅拌至溶液由黑褐色变成蓝绿色为止，记下 $FeSO_4$ 用量，计算有机质含量。计算公式如下：

$$W_{oc} = [C_{Fe^{2+}}(V_1 - V_2) \times 0.30] / M$$

其中 W_{oc} 为有机质含量， $C_{Fe^{2+}}$ 为硫酸亚铁的浓度， V_1 是空白试验消耗的硫酸铁的体积， V_2 是滴定样品时消耗的硫酸铁的体积， M 为风干样品重量。

2 结果

2.1 深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫的时空分布特点

奇异稚齿虫的密度有明显的季节变化，3、4 月密

度高，形成高峰，9、10 月密度低，形成低谷（图 2）。奇异稚齿虫的生物量也有与密度相似的季节变化（图 3）。从奇异稚齿虫年度均值看，2000 年平均密度和平均生物量最高，分别为 $3451 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $14.52 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ；2001 年次之，分别为 $1833 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $5.95 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ；1999 年最低，分别为 $1246 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $4.44 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

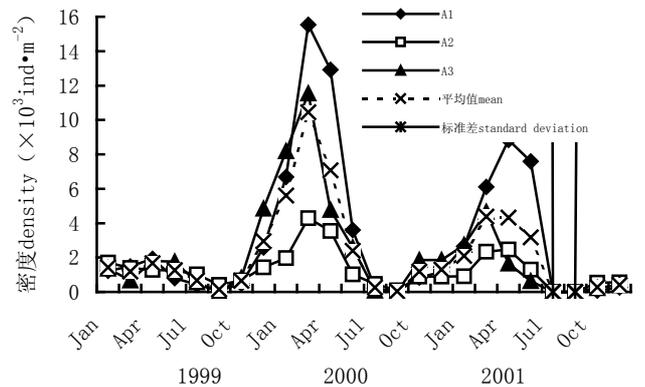


图 2 深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫密度变化（1999 年-2001 年）
Figure 2. Variation of *Paraprionospio pinnata* density on Futian tidal flat in Shenzhen Bay (1999-2001)

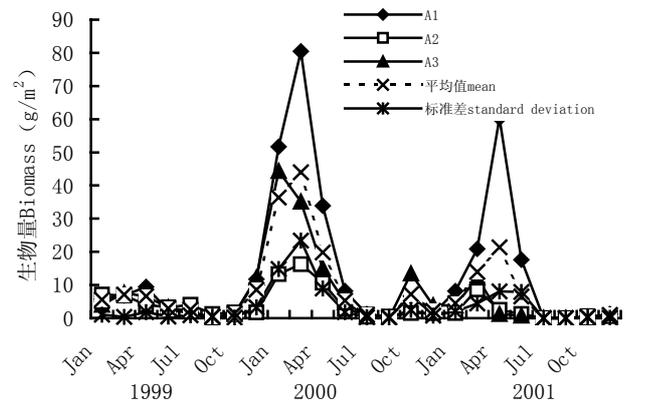


图 3 深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫生物量变化（1999 年-2001 年）
Figure 3. Variation of *Paraprionospio pinnata* biomass on Futian tidal flat in Shenzhen Bay (1999-2001)

2002 年 4 月和 10 月，东西向断面奇异稚齿虫的平均密度大小是：A>D>E；南北向断面奇异稚齿虫的平均密度大小是：P1>P2>P3（图 4）。纵向断面和横向断面奇异稚齿虫生物量的大小顺序与密度相似（图 5）。

2.2 深圳湾福田潮滩有机质含量时空变化

1999 年 1 月至 2001 年 12 月，深圳湾福田潮滩 A 断面各取样站的有机质含量没有任何变化规律（图 6），但各取样站的平均值非常接近，A1、A2 和 A3 分别是 2.83%、2.81% 和 2.71%。年平均值也非常接近，1999 年、2000 年和 2001 年分别是 2.76%、2.81% 和 2.78%。

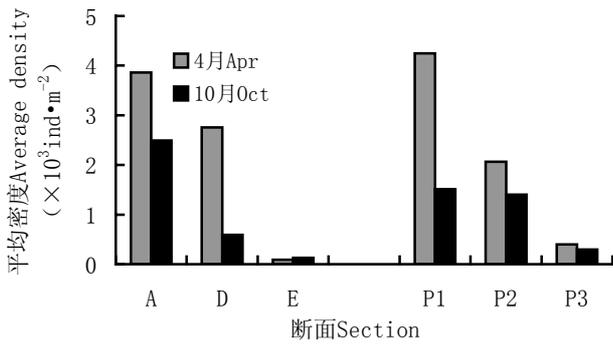


图 4 各断面奇异稚齿虫的平均密度
Fig 4. Average density of *P. pinnata* at three sections

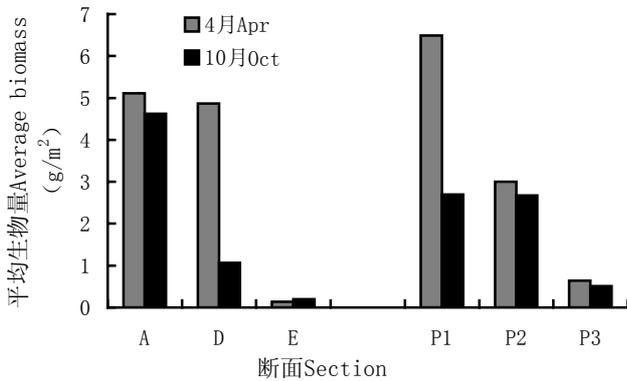


图 5 各断面奇异稚齿虫的平均生物量
Fig 5. Average biomass of *P. pinnata* at three sections

2002 年 4 月和 2002 年 10 月深圳湾福田潮滩 3 个断面的有机质含量有明显的差别 (图 7), 4 月份 A、D、E 三个断面的有机质平均值分别是 2.39%、2.78%、3.11%, 10 月份 A、D、E 三个断面的有机质平均值分别是 3.29%、3.34%、4.34%, 均是 A<D<E。

根据 A1、A2、A3 三个取样站不同时间奇异稚齿虫密度和生物量以及有机质含量进行相关分析表明, 它们之间不存在显著相关关系, 而根据某个时间不同取样站获得的奇异稚齿虫密度和生物量以及有机质含量进行相关分析表明, 它们之间存在显著相关关系 (表 1)。

2.3 奇异稚齿虫密度和生物量与有机质含量的相关分析

表 1 奇异稚齿虫密度和生物量与有机质含量的相关分析
Tab 1. Correlative analysis between density and biomass of *Paraprionospio pinnata* and organic matter

	n	R ² _{n-2,0.05}	密度 R ² density	生物量 R ² biomass
A1	24	0.179	0.1546	0.1184
A2	24	0.179	0.035	0.0066
A3	24	0.179	0.0078	0.0004
站位合计	72	0.074	0.0284	0.0395
4 月	9	0.444	0.4985	0.578
10 月	12	0.332	0.3448	0.3322
时间合计	21	0.187	0.2898	0.3002

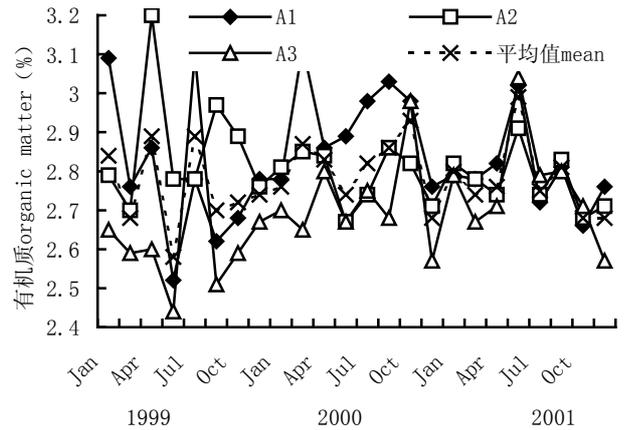


图 6 深圳湾福田潮滩 A 断面 3 个取样站有机质的时间变化 (1999 年-2001 年)
Fig 6. Temporal variation of organic matter at three sampling stations of A section

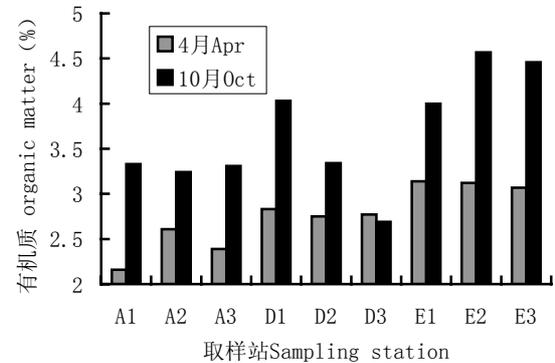


图 7 深圳湾福田潮滩 3 个断面 9 个取样站有机质的变化 (2002 年)
Fig 7. Variation of organic matter at nine sampling stations on Futian tidal flat in Shenzhen Bay

3 讨论

为什么同一取样站不同时间奇异稚齿虫密度和生物量与有机质之间不存在显著相关, 而同一时间不同取样站的奇异稚齿虫密度和生物量与有机质之间存在显著相关? 这是因为深圳湾福田潮滩 A1、A2、A3 取样站有机质变幅小, 最低 2.44%, 最高 3.2%, 一般在 2.8% 左右, 而 12 个取样站之间有机质变幅大, 如 2002 年 10 月, 最低 2.69%, 最高 5.96%。此外, 奇异稚齿虫有着明显的季节变化规律, 而有机质没有明显的季节变化规律。因此, 在分析动物种群与有机质的相关关系时, 以站位之间的数据来进行分析比较准确, 以时间上的数据来进行分析要考虑是否有明显的季节变化。

有机质含量高低与污染物有着联系。徐宁彤等^[4]描述, 黑土有机质含量增加, 可使土壤吸附 Cd、Cu、Zn 的总量呈直线上升趋势; 吸附强度增大而解吸量则呈直线减少。陈静生等^[5]对我国东部河流沉积物中的
(下转第 444 页)

要得到的得到的目的序列在内。

真核生物胞质 Hsp70 家族在靠近 C 端具有一段简并重复 GGMP 4 肽序列^[6],在 C 末端是高度保守的胞质特异性 EEDV 调控基序^[7],日本对虾 Hsp70 具有上述特点,说明它是一种胞质 Hsp70;从日本对虾 Hsp70 发现 Hsp70 家族中 Dnak 亚家族 ATP 结合位点特征性基序(DLGTT-S-V)^[8,9],提示它是一种 Dnak 类型的 Hsp70。对 Hsp70 的三维结构研究表明,Hsp70 可分为 N 端 ATP 酶结构域(约 45kDa)、底物肽结合结构域(18kDa)及 C 端结构域(10kDa),参照中国明对虾 Hsp70 氨基酸序列^[10],通过多物种氨基酸比对可判定日本对虾 Hsp70 具有各结构域所涵盖的氨基酸残基。ATP 酶结构域各物种间有很强的保守性,C 端结构域保守性较低,通过多物种氨基酸比对可以看出,日本对虾 Hsp70 符合这种保守性规律。

通过多物种氨基酸比对分析发现,日本对虾与斑节对虾之间只有三个氨基酸的差异,与凡纳滨对虾和中国明对虾之间仅有两个氨基酸差异,与日本沼虾、罗氏沼虾、虹鳟、原鸡、家鼠和人之间的相似度分别为 93.7%、92.9%、89.2%、85.4%、88.3%和 88.3%。与编码区碱基序列相似度相比较可知,氨基酸序列更具有高保守性。

本次实验过程中,作者试图用同样的引物和 PCR 程序以日本对虾基因组 DNA 作为模板来 PCR 扩增该 Hsp70

基因序列,均得不到目的片断。这说明在该基因序列中可能存在内含子序列,需要做进一步的实验去证明。

参考文献

- [1] Hightower L E. 1991. Heat shock, stress proteins, chaperones and proteotoxicity[J]. *Cell*, **66**:191-197.
- [2] Hendrick J P, Hartl F U. 1993. Molecular chaperone functions of heat shock proteins[J]. *Annual Review of Biochemistry*, **62**:349-384.
- [3] Welch W J. 1993. How cells respond to stress[J]. *Scientific American*, **269**:56-64.
- [4] KIANG J G, TSOKOS G C. 1998. Heat shock protein 70kDa molecular biology, biochemistry and physiology [J]. *Pharmacology and Therapeutics*, **80**(2):183-201.
- [5] Basu N, Todghama A E, Ackerman P A, et al. 2002. Heat shock protein genes and their functional significance in fish[J]. *Gene*, **295**:173-183.
- [6] Demand J, Luders J, Hohfeld J. 1998. The carboxy-terminal domain of HSC70 provides binding sites for a distinct set of chaperone cofactors[J]. *Molecular Cell Biology*, **18**: 2023-2028.
- [7] Vayssier M, Leguerhier F, Fabien J F, et al. 1999. Cloning and analysis of a *Trichinella britovi* gene encoding a cytoplasmic heat shock protein of 72 kD[J]. *Parasitology*, **119**: 81-93.
- [8] Schmid D, Baici A, Gehring H, et al. 1994. Kinetics of molecular chaperone action[J]. *Science*, **263**: 971-973.
- [9] Craven R A, Tyson J R, Stirling C J. 1997. A novel subfamily of HSP70s in the endoplasmic reticulum. *Trends Cell Biology*, **7**: 277-282.
- [10] 焦传珍, 王在照, 李富花, 等. 2004. 编码中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 一种组成型热休克蛋白 70(Hsc70)的 cDNA 克隆、测序及其表达分析[J]. *科学通报*, **49**(21):2178-2186.

(上接第 439 页)

多氯联苯 (PCBs) 的调查表明,沉积物中 PCBs 含量与沉积物有机质含量有明显的相关性,相关系数为 0.70。Gunnarsson 等^[7]在高有机质和多毛类沙蚕穴居活动对海洋沉积物四氯联苯 (TCB) 转化的影响研究中得出,沙蚕穴居层 TCB 浓度明显地比块状沉积物的 TCB 浓度高,随着有机质含量增加,沙蚕体内 TCB 的积累量也提高。

通过有机质含量的高低,虽然可以评价沉积环境的污染状况(有机质超过 3.4%为污染),但从有机质含量却无法判断当前沉积环境下生物的生存状况。因此,生物监测与化学监测的结合可以取长补短。例如,仅测定有机质含量,深圳湾福田潮滩多个取样站有机质含量没有超过 3.4%,也不知道奇异稚齿虫在此有机质含量下的生存状况;若仅调查底栖动物,虽然了解奇异稚齿虫的时空分布特征,却不知为什么有这种分布特征。根据深圳湾福田潮滩奇异稚齿虫密度与有机质的关系,初步可以推测,有机质长期处于 2-3%范围的,奇异稚齿虫可正常生长繁殖;有机质长期在 3-4%之间,奇异稚齿虫的生长繁殖受抑制,密度明显减少;

有机质含量长期高于 4%,奇异稚齿虫几乎不能生存。

参考文献

- [1] 卢全章译. 1987. 环境和指示生物(水域分册)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 275-283
- [2] 何明海, 蔡尔西, 徐惠州, 等. 1993. 九龙江口红树林区底栖动物的生态[J]. *台湾海峡*, **12**(1): 61-68
- [3] 蔡立哲, 林鹏, 余书生, 等. 1998. 深圳河口泥滩多毛类动物的生态研究[J]. *海洋环境科学*, **17**(1): 41-46
- [4] 徐宁彤, 谷思玉, 刘胜利, 等. 1999. 有机质对黑土中 Cd、Cu、Zn、As 的吸附解吸行为的影响[J]. *黑龙江水利科技*, (1): 58-59
- [5] 陈静生, 高学民. 1999. 我国东部河流沉积物中的多氯联苯[J]. *环境科学学报*, **19**(6): 614-618
- [6] Carrasco F D. 1997. Sublittoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, antofagasta, northern Chile: High persistence of the polychaete assemblage[J]. *Bulletin of Marine Science*, **60**(2): 443-459
- [7] Gunnarsson J S, Hollertz K and Rosenberg R. 1999. Effects of organic enrichment and burrowing activity of the polychaete *Nereis diversicolor* on the fate of tetrachlorobiphenyl in marine sediments[J]. *Environment Toxicology and Chemistry*, **18**(6): 1149-1156
- [8] Yokoyama H. 1995. Occurrence of *Paraprionospio* sp. (from A) larvae (Polychaeta: Spionidae) in hypoxic water of an losed bay[J]. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, **40**(1): 9-19