

红树林生态系统小型底栖动物研究进展

Progress in the studies of the meiofauna in mangrove ecosystem

刘均玲^{1,2}, 黄 勃^{1,2}

(1. 海南大学 热带生物资源教育部重点实验室, 海南 海口 570228; 2. 海南大学 海洋学院 海南省热带水生生物技术重点实验室, 海南 海口 570228)

中图分类号: Q178.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)10-0118-05

小型底栖生物(meiofauna)是指分选时能通过孔径为0.5 mm的套筛,而被孔径为0.042 mm的套筛所截留的底栖生物^[1],主要包括自由生活线虫类、桡足类、涡虫类、腹毛类、多毛类、寡毛类等,具有数量多、分布广、生活周期短等特点。门类众多的小型底栖动物通过摄食、消化和代谢直接或间接利用生境沉积物中存在的大量有机碎屑,而自身又是大型底栖动物如鱼、虾等的食物,是连接有机碎屑库与初级生产和水层-底栖耦合系统的关键。

红树林生态系统主要位于热带、亚热带海湾河口区。红树林盘根错节的发达根系对于减少海浪冲击,保护海岸环境具有重要作用,生境内物质循环迅速,是许多底栖动物生存的场所。红树林生态系统处于海洋、陆地、大气的动态交界面,周期性遭受海水浸淹的潮间带环境,使其在结构和功能上既不同于海洋生态系统,也不同于陆地生态系统^[2]。红树林小型底栖动物是在沉积物中能世代生活长期存在的生物群,能在高盐度低氧量甚至无氧的环境中生存,是生态系统内重要的生物组成部分。由于我国小型底栖动物的生态学、分类学和方法学的研究始于20世纪80年代,起步较晚,且主要集中在潮间带^[3-4]。以致于在对红树林生态系统广泛的研究课题中,有关大量生存在沉积物表面或内部的小型底栖动物方面的研究没有引起关注。因此,本文主要就红树林生态系统小型底栖动物的研究进展作一简要综述,以期为以后的研究工作打下基础。

1 红树林生态系统小型底栖动物物种多样性研究

红树林生态系统存在种类众多的生物类群,当

然,其独特的生境特征必然也会有丰富的小型底栖动物种类,所以加强红树林生态系统小型底栖动物多样性的研究有着重要生态意义。

自从认识到小型底栖生物在红树林生态系统中的重要性后,各国的底栖生物学家相继在不同红树林地区进行了大量研究工作。红树林小型底栖动物主要包括自由生活海洋线虫类、底栖桡足类、多毛类、寡毛类、猛水蚤类、介形类、动吻类、原足类、涡虫类、纽虫类、海螵类、轮虫类12个类群,线虫是最主要的类群,其次是桡足类^[5-7]。对肯尼亚查兹湾的红树林沉积物中小型底栖生物的垂直分布情况研究结果表明,线虫占95%,其次是桡足类,涡虫,寡毛类,多毛类,介形虫和轮虫,沉积物颗粒大小和氧是影响小型底栖生物垂直分布的主要因子^[8]。对泰国内部海湾移植的红树林内小型底栖生物研究结果亦是线虫最多,其次是桡足类,其他少数种类的小型底栖生物包括寡毛类,还包括海螵类,缓步类,动吻类等^[9]。小型底栖动物种类在不同红树植物种类间也有差异,马来群岛Merbok红树林中红树和小花木榄根部小型底栖动物群落多样性差异显著,沉积物层间无显著差异^[10]。

部分红树林生态系统的小型底栖动物的研究结果已被鉴定至“门”或“纲”,有关小型底栖动物的物种组成和群落结构方面的研究仍比较缺乏。而线虫作为栖息于红树林沉积物中主要种类被广泛深入研究。绝大多数种类线虫在各地典型的潮间带沉积物

收稿日期: 2012-04-15; 修回日期: 2012-07-11

基金项目: 海南省自然科学基金项目(410196)

作者简介: 刘均玲(1975-),女,博士,主要从事海洋底栖生物学的研究,电话: 0898-66279184, E-mail: hbczliujunling@yahoo.com.cn

中均有, 未在红树林沉积物中发现特殊的线虫群落^[5]。在马来群岛 Selangor 红海榄森林发现 29 种^[11], 马来群岛 Merbok 红树沉积物中发现 107 种线虫^[12]; 非洲 Zanzibar 岛红树林区发现来自 94 属 94 种线虫^[5]; 巴西红树林区发现 86 属 94 种线虫^[13]; 在澳洲南部林区发现 21 种线虫^[14]。在美国东北地区的红树林线虫主要包括 *Parapinnanema ritae*, *Parapinnanema alii* 和 *Parapinnanema rhipsoides*, *Chromaspirina okemwai*, *Pseudochromadora interdigitatum* 和 *Eubostri-chus africanus* 等多种^[15-18]。线虫的数量一般随着食物、沉积物粒度及有机质的变化而变化^[19]。大多数小型底栖动物个体集中分布于沉积物表层^[20]。但在红树林沉积物的下层厌氧环境中也发现一些无口线虫如 *Parastomonema* 等^[21]。对澳大利亚东南部红树林沉积物中的小型底栖动物研究结果表明, 大约 85% 的线虫生活在红树林软泥的上层, 但是有 5 至 7 个种类能钻到 10 cm 以下的淤泥进行无氧生活^[22]。对印度红树林泥滩上的研究表明, 小型底栖动物的垂直分布可能与沉积物颗粒孔隙水、有机物、三磷酸腺苷含量、底栖藻类丰度和微生物数量等有关^[23]。

桡足类是红树林生态系统小型底栖动物的第二大类群, 种群数量在不同栖息地间差异也比较明显, 目前对红树林底栖桡足类动物研究比较少。Kondalarao 等在印度 2 个河口红树林沉积物中分别发现 32、22 种底栖桡足类^[24-25]; 在马来群岛西南部 Selangor 红树林中发现 25 种^[11]; 在马来群岛西北部 Merbok 河口红树林区沉积物和凋落物堆中发现桡足类约有 60~70 种^[12]。

虽然红树林生态系统底栖动物类群研究取得了很多成果, 但是我国对典型生态系统红树林区小型底栖动物的研究很少, 仅见蔡立哲等对广东深圳福田和福建漳江口红树林区小型底栖动物进行了分离鉴定^[26-27]。国内目前的科研情况是, 对红树林生态系统小型底栖动物类群的认识还只是刚刚开始, 所能鉴别的小型底栖动物种类极其有限, 所以我们要加强对红树林生态系统小型底栖动物类群的研究, 认识到小型底栖动物在海洋碎屑食物链的重要性, 这在近岸海域尤其重要。

2 环境因子对小型底栖动物的影响

红树林生态系统是一个半封闭的沿岸水体, 其外, 和外海直接相连, 受到潮汐作用的直接影响, 其内, 有陆地排进来的淡水相混合, 是淡水和海洋栖

息地之间的一个过渡区, 在这样一个过渡区的底层沉积物内, 各种生物活跃于其中。因此生活于其中的小型底栖动物群落受环境因子影响较大, 主要包括底质类型、温度、盐度、pH 值、有机物以及一些无机元素的含量等^[28]。

2.1 底质

底栖动物长期生活于水域沉积物的表面或表内, 其生长、繁殖等一切生命活动主要是在水体底部进行, 因此, 沉积物粒度、含水量、稳定性, 及有机质含量等因素都对底栖动物的分布、种类及数量组成有着直接影响。大多数红树树木是生活在细质的淤泥质滩涂上。一般红树林土壤是初生土壤, 土壤由粉粒和黏粒组成, 且含有大量的有机质, 含盐量 0.2%~2.5%, 红树林土壤的 pH 值普遍较低, 表层酸性, pH 值一般为 3.3~6.9^[29]。

2.2 温度

温度是制约生物生命活动的关键环境因素, 红树林多分布在平均温度高于 20℃ 的地区, 海南岛海水温度年平均在 25℃ 左右, 但红树林区小型底栖动物的季节分布并没有一定规律性^[30], 原因可能与红树林区的年气温温差不大相关。

2.3 潮汐

周期性的潮汐对红树林生态系统有一定的影响, 潮水的淹浸和干露交替适合红树林的生长, 潮汐把外来浮游生物带到红树林生境内, 同时把生境内浮游生物带至水体外, 从而影响到红树林生态系统内浮游生物的组成。浮游生物是水生食物链的基础, 小型底栖动物处于中间层次, 因此潮汐影响植物-动物-土壤整个红树林生态系统。红树林生态系统每日有间隔的涨潮退潮的规律性变化使红树林内小型底栖生物处于一个动态而稳定的生态系统中。

2.4 营养盐

氮、磷的含量是反映水域营养程度的一个重要指标^[31]。水体中由于过量氮、磷等的排入, 会引起一些底栖动物的大量繁殖和生长, 一些底栖动物的数量急剧降低甚至消失。通常滩涂养殖、生活污水和工业废水的排放等会致使水域富营养化, 底栖生物的生活特点决定了底栖生物多样性和群落结构的研究可用于水域生态系统的环境监测^[32], 红树林区亦是。

3 小型底栖动物与其他生物的相互关系

茂盛的红树林能为底栖动物提供隐蔽场所,同时,由河水携带而来的营养物质和泥沙在红树林滩涂淤积,为底栖动物提供了繁殖、摄食和捕食的生活环境。红树植物每年向林地及附近海域输送大量枯枝落叶,经微生物分解,成为栖息在该区域内底栖动物的营养物质和能量来源。据报道红树林碎屑中的丹宁酸,会影响红树林生态系统中小型底栖生物的丰度^[10,33-35]。周红^[36]对香港亚热带红树林研究结果表明,一些沉积食性的线虫,如线虫 *Diplolaimella* sp. 以细菌作为食物提供能量,侵入红树落叶碎片,对叶片的降解起到一定作用。所以红树林生态系统小型底栖动物群落受沉积物碎屑分解产生的化学物质和分解过程中的微生物的共同影响。

在红树林碎屑食物链中,因为小型底栖动物处于中间环节,一方面小型底栖生物的生产量与渔业的产量关系密切,另一方面大型底栖生物的捕食和活动亦会影响小型底栖生物的栖息环境。大型底栖动物通过生物扰动作用,如洞穴、管道或活动改变沉积物的环境特征,从而影响有机物质的分解过程。如大型腹足动物主要是通过外壳对地面摩擦产生运动,使沉积物表层结构发生变化重组,进而影响小型底栖生物群落结构和丰度,造成小型底栖生物密度降低,结果使红树林表层土壤生物和理化性质发生改变^[37]。而蟹类也是红树林生态系统中的重要大型底栖种类,通过搬运、摄食和粉碎,蟹类能将凋落的红树植物叶片加工成有机物,尤其是相手蟹和沙蟹,可以大量消费红树植物凋落物^[38]。蟹的消化能力很强,能够摄取大量的食物。研究证明,蟹类取食红树凋落物后,要排出约 60%的干物质^[39]。红树凋落物经过蟹类消化排泄后,有效地把凋落物分解和转化成为可供小型底栖无脊椎动物利用的有机物。

底栖生物与人类生活密切相关,尤其是许多大型底栖动物以其营养丰富的蛋白质成为渔业捕捞或养殖的重要对象,而作为饵料的小型底栖动物的数量多少直接影响着经济鱼虾种类的数量,因此倍受人类重视。在红树林区底栖动物的现存量一般是比较高的,但近年来由于所处地区周边环境的影响及水域富营养化程度的加剧,造成红树林生境底栖生物多样性下降,从而使底栖动物种类有所下降^[40]。海岸开发,水产养殖和工业污染等人类干扰的环境胁迫

对红树林造成严重破坏和生态退化,这可以通过底栖生物群落的许多指标反映出来,如红树林滩涂盛产沙虫和各种经济贝类,周边居民频繁的采挖,周期性损害红树植物根系,扰动沉积物,从而影响红树林的生境,导致小型底栖生物的丰度和多样性降低^[41]。沉积物的压缩致使含氧量下降,也会减少小型底栖生物的丰度^[42]。同样,围塘养殖、修建海堤、污染排放、旅游践踏等多方面的人类活动对红树林生态系统服务功能会造成直接或间接的影响。

4 红树林小型底栖动物研究展望

经过各国学者的努力,红树林生态系统小型底栖动物的研究取得了很多成果。而国内由于红树林生态系统被认识的相对较晚,红树林小型底栖动物学的研究还比较滞后。海南多数江河出海口及沿岸独立的海湾均有红树林生长,尤其是东寨港和清澜湾的红树林,面积较大,林区生物多样性丰富。近几年来,随着海南经济的快速发展,近岸海域开始大规模的水产养殖及填海造地等工程建设,致使红树林生态环境日趋恶化,生物种类逐渐减少。据《2008年中国统计年鉴》红树林已从 10000 ha 下降到 3930 ha,红树林的大面积消失,使海南省红树林及海岸生态安全、湿地生态系统处于相对濒危状态,同时使许多生物失去栖息场所和繁殖地。

底栖动物作为指示生物能综合反映生态状况。小型底栖动物作为海洋碎屑食物链的关键及中间环节,已经成为海洋环境监测和生态系统健康评估体系的一个关键指标。相对稳定的栖息环境具有比较稳定的底栖动物种群和群落结构,红树林区过度砍伐、围海和填海工程及污染等对近岸海域生态系统的影响可以通过底栖生物群落的许多指标,尤其是生物多样性反映出来。红树林生态系统中小型底栖生物的多样性亦能反映环境细微的变化,因此可以被用于红树林环境监测的理想生物^[9]。

所以,在目前和未来一定的时期内,以监测和加强保护红树林生态系统为目的,在小型底栖动物研究方面应该着重以下领域:(1)更深入地研究红树林生态系统小型底栖动物的多样性;(2)研究小型底栖动物在红树林生态系统中物质循环和能量流动中的作用;(3)红树林生态系统具有高生产力的特性,与其物种多样性有关,小型底栖生物对其中的动物和其他生物必然会产生重要的影响,探明红树林生态系统小型底栖生物如何影响其他生物具有重要的

生态学意义; (4) 应用小型底栖动物对红树林生态系统进行监测和评价。

参考文献:

- [1] 国家技术监督局. GB 12763.6-1991 海洋调查规范—海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [2] 曹启民, 郑康振, 陈耿, 等. 红树林生态系统微生物学研究进展[J]. 生态环境, 2008, 17: 839-845.
- [3] 张志南, 李永贵, 于子山. 黄河口水下三角洲及其邻近水域小型底栖动物的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 1989, 21(3): 197-207.
- [4] 张志南, 周红, 于子山, 等. 胶州湾小型底栖生物的丰度和生物量[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32 (2): 139-147.
- [5] Ólafsson E. Meiobenthos in mangrove areas in eastern Africa with emphasis on assemblage structure of free-living marine nematodes [J]. Hydrobiologia, 1995, 312: 47-57.
- [6] Armenteros M, Williams J P, Hidalgo G, et al. Community structure of meio- and macrofauna in seagrass meadows and mangroves from NW shelf of CUBA (gulf of Mexico) [J]. Revista de Investigaciones Marinas, 2007, 28: 139-150.
- [7] Sabine D. Abundance and distribution of small infauna in mangroves of Missionary Bay, North Queensland, Australia [J]. Revista de Biología Tropical, 2001, 49(2): 535-544.
- [8] Vanhove S, Vincx M D, Van G, et al. The meiobenthos of five mangrove vegetation types in Gazi Bay, Kenya [J]. Hydrobiologia, 1992, 247: 99-108.
- [9] Chittima A, Chawaporn J. Assessment of marine meiobenthic assemblages in transplanted mangrove forests along the inner gulf of Thailand [J]. The Nagisa World Congress, 2009, 65-74.
- [10] Gee J M, Somerfield P J. Do mangrove diversity and leaf litter decay promote meiofaunal diversity [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1997, 218: 13-33.
- [11] Sasekumar A. Meiofauna of a mangrove shore on the west coast of peninsular Malaysia [J]. The Raffles Bulletin of Zoology, 1994, 42: 901-915.
- [12] Somerfield P J, Gee J M, Aryuthaka C. Meiofaunal communities in a Malaysian mangrove forest [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1998, 78: 717-732.
- [13] Netto S A, Gallucci F. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil [J]. Hydrobiologia, 2003, 505: 159-170.
- [14] Gwyther J. Nematode assemblages from *Avicennia marina* leaf litter in a temperate mangrove forest in south eastern Australia [J]. Marine Biology, 2003, 142: 289-297.
- [15] Ólafsson E. Meiobenthos in mangrove areas in eastern Africa with emphasis on assemblage structure of free-living marine nematodes [J]. Hydrobiologia, 1996, 312, 47-57.
- [16] Gourbault N, Vincx M. New species of *Parapinnanema* (Nematoda: Chromadoridae) are described, with a discussion of the genus [J]. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1994, 45 (2): 141-159.
- [17] Muthumbi A, Verschelde D, Vincx M. New Desmodoridae (Nematoda: Desmodoroidea): three new species from *Ceriops* mangrove sediments (Kenya) and one related new species from the North Sea [J]. Cahiers de Biologie Marine, 1995, 36 (3): 181-195.
- [18] Verschelde D, Muthumbi A, Vincx M. *Papillonema danieli* gen. et sp. n. and *Papillonema clavatum* (Gerlach, 1957) comb. n. (Nematoda, Desmodoridae) from the *Ceriops* mangrove sediments of Gazi Bay, Kenya [J]. Hydrobiologia, 1995, 316 (3): 225-237.
- [19] Hodda M. Variation in estuarine littoral nematode populations over three spatial scales [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1990, 30 (4): 325-340.
- [20] Alongi D M, Christoffersen P. Benthic infauna and organism sediment relations in a shallow, tropical coastal area: Influence of outwelled mangrove detritus and physical disturbance [J]. Marine Ecology Progress Series, 1992, 81: 229-245.
- [21] Kito K, Aryuthaka C. New mouthless nematode of the genus *Parastomonema* Kito, 1989 (Nematoda: Siphonolaimidae) from a mangrove forest on the coast of Thailand, and erection of the new subfamily Astomonematinae within the Siphonolaimidae [J]. Zootaxa, 2006, 1177: 39-49.
- [22] Nicholas W L, Elek J A, Stewart A C, et al. The nematode fauna of a temperate Australian mangrove mudflat: its population density, diversity and distribution [J]. Hydrobiologia, 1991, 209 (1): 13-28.

- [23] Ansari Z A, Sreepada R A, Matondkar S G P, et al. Meiofaunal stratification in relation to microbial food in a tropical mangrove mud flat [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1993, 34: 204-216.
- [24] Kondalarao B. Distribution of meiobenthic harpacticoid copepods in Gautami Godavari estuarine system [J]. *Indian Journal of Marine Sciences*, 1984, 13: 80-84.
- [25] Kondalarao B, Raman K V. Ecology of intertidal meiofauna of the Kakinada Bay (Gautami Godavari estuarine system), east coast of India [J]. *Indian Journal of Marine Sciences*, 1988, 17: 40-47.
- [26] 蔡立哲, 洪华生, 邹朝中, 等. 台湾海峡南部海洋线虫种类组成及其取食类型[J]. *台湾海峡*, 2000, 19 (2): 212-217.
- [27] 曹婧, 蔡立哲, 彭欣, 等. 漳江口红树林区小型底栖动物冬季丰度和生物量[A]//中国第五届红树林学术会议论文摘要集. 北京: 中国知网数字出版社, 2011.
- [28] Coull B C. Role of meiofauna in estuarine soft bottom habitats [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1999, 24: 327-343.
- [29] 陈长平, 高亚辉, 林鹏. 红树林区硅藻研究进展[J]. *海洋科学*, 2002, 3: 17-19.
- [30] Alongi D M. Intertidal zonation and seasonality of meiobenthos in tropical mangrove estuaries [J]. *Marine Biology*, 1987, 95: 447-458.
- [31] 国家技术监督局. GB 12763.6-1991 海洋调查规范—海洋生态调查指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [32] Bongers T, Ferris H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring[J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 1999, 14: 224-228.
- [33] Hernán T-P, Nikolaos V S. Meiofaunal colonization of decaying leaves of the red mangrove *Rhizophora mangle*, in southwestern Puerto Rico [J]. *Caribbean Journal of Science*, 2007, 43(1): 127-137.
- [34] Alongi D M. The influence of mangrove derived tannins on intertidal meiobenthos in tropical estuaries [J]. *Oecologia*, 1987, 71: 537-540.
- [35] Tietjen J H, Alongi D M. Population growth and effects of nematodes on nutrient regeneration and bacteria associated with mangrove detritus from northeastern Queensland(Australia) [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1990, 68: 169-179.
- [36] Hong Z. Effects of leaf litter addition on meiofaunal colonization of azoic sediment s in a subtropical mangrove in Hong Kong [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2001, 256: 99-121.
- [37] Carlén A, Ólafsson E. The effects of the gastropod *Terebralia palustris* on infanual communities in a tropical tidal mudflat in East Africa [J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2002, 10: 302-311.
- [38] Poovachiranon S, Tantichodok P. The role of sesarimid crabs in the mineralisation of leaf litter of *Rhizophora apiculata* in a mangrove, southern Thailand [J]. *Phuket Marine Biological Center Research Bulletin*, 1991, 56: 63-74.
- [39] Lee S Y. Potential trophic importance of the faecal material of the mangrove sesarimine crab *Sesarma messa* [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1997, 159: 275-284.
- [40] Mokievsky V O, Tchesunov A V, Udalov A A. et al. Quantitative distribution of meiobenthos and the structure of the free-living nematode community of the mangrove intertidal zone in Nha Trang bay (Vietnam) in the South China Sea [J]. *Russian Journal of Marine Biology*, 2011, 37: 272-283.
- [41] Gheskiere T, Vincx M, Weslawski J M, et al. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches [J]. *Marine Environmental Research*, 2005, 60: 245-265.
- [42] Wynberg R P, Branch G M. Disturbance associated with bait collection for sand prawns (*Callinassa kraussi*) and mud prawns (*Upogebia africana*): long-term effects on the biota of intertidal sand flats [J]. *Journal of Marine Research*, 1994, 52: 523-528.

(本文编辑: 梁德海)