

厦门港桡足类卵库对其浮游种群潜在补充量的初步研究

姜晓东, 王桂忠, 李少菁, 商 栩, 吴荔生

(厦门大学海洋学系, 亚热带海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要: 对厦门港沉积物中桡足类卵库对其浮游种群潜在补充量进行了初步研究. 结果表明, 厦门港桡足类卵库对其浮游种群潜在补充量呈不均匀分布, 变化范围为 $5.3 \times 10^3 \sim 9.7 \times 10^4$ 个无节幼体/ m^2 , 平均值为 3.5×10^4 个/ m^2 . 其水平分布呈明显的“一高两低”格局, 即内港区高于外港区, 中心区高于沿岸区. 其垂直分布格局为: 0~1 cm 层的潜在补充量最高, 达到 6.5×10^3 个/ m^2 ; 另一高峰区出现在 4~7 cm 层, 平均为 5.4×10^3 个/ m^2 ; 其余各层较低, 平均为 2.3×10^3 个/ m^2 , 并将桡足类卵库垂直分布划分为功能不同的 4 层: 最表层(0~1 cm 层), 次表层(1~5 cm 层), 中层(5~8 cm 层), 下层(8~10 cm 层及其下部各层). 最后对形成这种分布格局的可能原因及沉积物中桡足类卵库对其浮游种群潜在补充作用进行了讨论.

关键词: 潜在补充量; 桡足类; 卵库; 厦门港

中图分类号: Q 595.223

文献标识码: A

环境条件明显波动是近海生态系统和淡水生态系统的典型特征, 但是, 尽管这些生态系统中物种的种群密度和种类组成会有短期的变化, 从长期角度来看, 整个生态系统具有明显的稳定性, 这很可能归功于沉积物中存在卵、孢子、孢囊而形成的“储藏效应”(storage effect)^[1]. 作为水域次级产量的重要组成部分的桡足类同样具有这种典型特征: De Stasio^[2]在对 Bullhead 池塘中一种淡水桡足类 *Diaptomus sanguineus* 的研究中发现: 在沉积物中 *D. sanguineus* 的滞育卵(diapause egg)有净的积累; 这些滞育卵有较长的成活能力; 即使在没有新的滞育卵输入的情况下, 也有桡足类无节幼体从沉积物中孵出. 根据这些事实 De Stasio^[2]提出: 桡足类通过产滞育卵在沉积物中累积形成卵库(egg bank), 以渡过不良环境, 从而维持种群稳定. Hairston 等^[3]发现 *D. sanguineus* 滞育卵的最大存活年龄可达 330 年, 这在学术界受到广为关注, 权威学术杂志 Nature, Science 均给予高度评价^[4,5], 这些都表明桡足类卵库

研究已成为一个新兴的前沿基础研究领域. 但是卵库在桡足类季节生态动力学(seasonal ecological dynamics)中起何种作用还知之甚少^[6,7]. 因此本研究对典型亚热带河口海区(厦门港)浮游桡足类卵库对其浮游种群潜在补充量展开研究, 以期阐明典型亚热带河口海区浮游桡足类种群补充和季节演替机制提供科学依据.



图 1 厦门港采样站位图

Fig. 1 Sampling sites in Xiamen Harbor

收稿日期: 2003-03-17

基金项目: 国家自然科学基金(40076034)资助

作者简介: 姜晓东(1978-), 男, 硕士研究生.

E-mail: planktonen@yahoo.com.cn

1 材料与方法

实验材料于 2002 年 11 月采自厦门港, 共设 7 个站, 各采集站位如图 1 所示. 各站均用箱式采泥器(0.1 m²) 采集沉积物, 再用 PVC 管(直径 3.8 cm) 取表层 10 cm 样^[2], 整个过程小心操作保证沉积物没有被搅动. 在室内将沉积物柱状样由表层向底层每间隔 1 cm 横切成 10 个分样品, 按 Lindley 等^[8]的方法用 50 μm 和 160 μm 的网筛过滤, 将 50~160 μm 的颗粒转移至 30 mL 烧杯中, 加过滤海水(0.45 μm 滤膜过滤), 盐度 28 左右, 人工光源控光, 光周期 L:D=12:12, 温度为 25±1℃ 的条件下孵化. 这种处理方法代表了自然环境条件下沉积物再悬浮后桡足类卵的最大孵化率, 所得结果即为桡足类卵库对其浮游种群的潜在补充量^[8]. 每天在解剖镜下检查孵化出来的无节幼体数, 孵化时间一般持续 15~20 d, 当连续 5 d 没有观察到新的个体孵出时, 即判断所有存活的卵已全部孵出.

2 结果

2.1 潜在补充量的水平分布

厦门港各站位桡足类卵库(表层 10 cm) 对浮游种群的潜在补充量如图 2 所示, 很明显, 厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量呈不均匀分布, 变化范围为 5.3×10³~9.7×10⁴个/m², 其平均值为 3.5×10⁴个/m². 由图 2 可看出, 厦门港 7 个站位桡足类卵库对浮游种群潜在补充量大致可分为三大类: 内港中心区(3、4、5 站) 最高, 平均达 6.6×10⁴个/m²; 外港区(1、2 站) 次之, 平均值为 1.7×10⁴个/m²; 沿岸区(6、7 站) 最低, 仅为 6.2×10³个/m². 由此可见, 厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量呈明显的“一高两低”格局, 即内港区高于外港区, 中心航道区高于沿岸区.

2.2 潜在补充量的垂直分布

厦门港 7 个站位 0~10 cm 层, 各层桡足类卵库对浮游种群潜在补充量的平均值如图 3 所示. 由图 3 可知, 0~1 cm 层的潜在补充量最高, 达到 6.5×10³个/m²; 垂直分布的另一高峰区出现在 4~7 cm 层, 平均为 5.4×10³个/m²; 其余各层较低, 平均为 2.3×10³个/m².

3 讨论

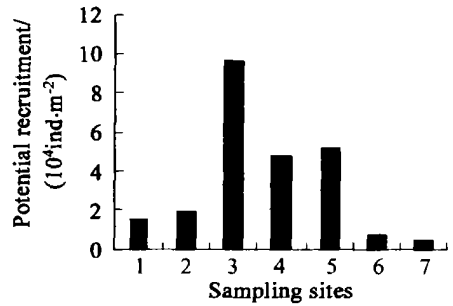


图 2 厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量的水平分布

Fig. 2 The horizontal distribution of the potential recruitment of copepods egg bank into the planktonic population

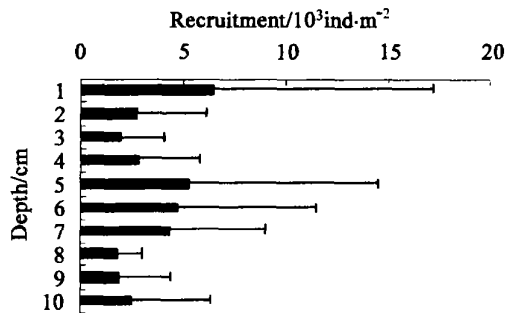


图 3 厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量的垂直分布

Fig. 3 The vertical distribution of the potential recruitment into the planktonic population. Error bars represent one standard deviation from the mean

浮游-底栖耦合(benthic-pelagic coupling)指的是水生生态系统通过能流和物流的传递而将浮游系统与底栖系统融为一体的过程. 直到 20 世纪 80 年代, 人们还只认识到: 由于浅水区沉积物的再悬浮作用, 导致水体中营养盐含量升高, 初级生产力增大, 进而浮游动物生物量增加. 除此之外, 通常认为浮游-底栖耦合与浮游动物种群动力学无关^[9]. 从 20 世纪 70 年代开始, 对近海沉积物中浮游动物的卵或胞囊开展了许多研究^[10~12], 从中可以很明显地看出有些浮游动物(主要是桡足类、枝角类、轮虫)的种群数量与海底沉积物有着密切的关系. 特别是, De Stasio^[2]提出桡足类通过产滞育卵在沉积物中累积形成卵库(egg bank), 以度过不良环境, 从而维持种群稳定后, 对该问题有了更深层次的了解. 桡足类卵库的重要生态学意义就是增强桡足类对环境条件波动的适应能力, 使桡足类能够度过生活周期中的环境恶劣阶段, 维持种群稳定. 如果环境恶劣, 水层中

的桡足类种群可能消失,但它们在沉积物中的卵库起了一个类似“蓄水池”(reservoir)的作用,当有利于生长和繁殖的环境条件重新到来时,重建其浮游种群。本研究表明,厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量平均值高达 3.5×10^4 个/ m^2 。而且在 9~10 cm 层中每平方米仍能孵化 2.6×10^3 个桡足类无节幼体,可以推测在 10 cm 层以下仍然有大量活的桡足类卵存在,因此厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量的实际值应该比本研究实测值 3.5×10^4 个/ m^2 还要高。如此高的潜在补充量证明桡足类卵库在其浮游种群动力学起着举足轻重的作用。只要在沉积物中存在卵库,桡足类就可以避免灭绝,维持种群稳定^[6,13]。这种贮藏效应^[1]是使群落保持物种多样性,种群保持遗传多样性的重要机制^[6,13]。

厦门港桡足类卵库对浮游种群潜在补充量水平分布呈内港区高于外港区,中心区高于沿岸区的“一高两低”格局,形成这种格局的原因是多方面。Marcus & Fuller^[14]和 Lindley^[15]发现沉积物中桡足类卵的丰度与沉积物中细颗粒泥所占比例呈正比,在以泥为主的沉积物中桡足类卵的数量较多,在以砂为主的沉积物中桡足类卵的数量较少。厦门港内港中心区(3、4、5站)沉积物类型为粉砂质粘土(以泥为主),而外港区(1、2站)沉积物类型为粘土质粉砂(以砂为主)^[16]。这很好地解释了厦门港内港区桡足类卵库对浮游种群潜在补充量高于外港区的分布格局。在沉积物类型为粉砂质粘土的内港区,其水动力学特征可能比较适合桡足类卵的下沉并滞留贮存于沉积物中;而在沉积物类型为粘土质粉砂的外港区,其水动力学条件可能比较适合密度较大的砂下沉,而不太有利于桡足类卵下沉。这就造成内港区桡足类卵库数量大于外港区,进而内港区卵库对浮游种群的潜在补充量就较大,但与卵沉降相匹配的具体水动力学环境还有待进一步研究^[9]。同样的道理,由于沿岸区(6、7站)沉积物类型为粘土质粉砂^[16],不利于卵下沉,所以中心区桡足类卵库对浮游种群的潜在补充量大于沿岸区。同时,由于近岸区受排污影响较大^[17],污染产生缺氧,高硫化物和毒性物质,对桡足类卵库中卵的存活明显不利^[18]。因此底质类型为粘土质砂和受污染这两大原因造成沿岸区桡足类卵库对浮游种群的潜在补充量最低。

桡足类休眠卵(resting egg)可分为两大类:滞育卵(diapause egg)和夏卵(subitaneous egg),也称非滞育卵(non diapause egg)^[19]。滞育卵由于有较为特殊的结构,其存活能力较长,可达几十年,甚至上百

年^[3];而夏卵能够在数日内孵化,但如果在孵化之前下沉到海底,因沉积物中含氧量较低发育停止,处于静息(quiescent)状态^[19],由于其没有抵抗不良环境的特殊结构,其存活能力仅为数星期、数月,其孵化一般仅对本季节内桡足类浮游种群动力学产生影响^[9]。这较好地解释了最表层(0~1 cm)桡足类卵库对浮游种群的潜在补充量最高,此层中桡足类休眠卵的一部分应为夏卵,这些夏卵如果没有及时孵化而进入沉积物较深层时,由于其存活能力较差大量死亡,这就使沉积物其余各层潜在补充量都低于最表层。出现 1~5 cm 各层潜在补充量比 5~8 cm 各层少的原因可能是由于在近海港湾内潮汐作用引起沉积物的再悬浮作用一般仅能作用到表层数厘米^[20],不可能涉及较深。所以表层数厘米沉积物经常再悬浮,桡足类休眠卵也就能经常结束休眠而孵化出来,因此这些层中休眠卵就会由于经常输出而数量较少,这与 Marcus 等^[14]观察到的现象相似。因此可将厦门港桡足类卵库对浮游种群的潜在补充量的垂直分布划分为 4 层:含有大量存活的夏卵的最表层(0~1 cm 层);由于经常孵化而使贮存数量相对较少的次表层(1~5 cm 层);不能经常孵化但保持大量存活的中层(5~8 cm 层);由于不利化学环境条件死亡率随深度增加而增加的下层(8~10 cm 层及其下部各层)。对于卵库的中层和下层,一般的潮汐作用已无法引起其对浮游种群进行补充,但较大规模的台风引起的海水搅动能够搅动较深的沉积物^[20],更为重要的是底栖动物,特别是沉积食性大型动物(传递带种)由于摄食、建管、筑穴等生物活动对沉积物初级结构造成的改变,这种生物扰动(bioturbation)往往能使处于深层的桡足类休眠卵转移到表层,进而孵化,对浮游种群进行补充^[9,20]。

参考文献:

- [1] Warner R R, Chesson P L. Coexistence mediated by recruitment fluctuations: A field guide to the storage effect [J]. *Am. Nat.*, 1985, 125: 769-787.
- [2] De Stasio B T. The seed bank of a freshwater crustacean: copepodology for the plant ecologist [J]. *Ecology*, 1989, 70: 1377-1389.
- [3] Hairston N G, Van Brunt R A, Kearns C M, et al. Age and survivorship of diapausing eggs in a sediment egg bank [J]. *Ecology*, 1995, 76: 1706-1711.
- [4] Lampert W. Egg bank investment [J]. *Nature*, 1995, 377: 479.
- [5] Holden C. Crustacean rip van winkles [J]. *Science*, 1995, 270: 33.
- [6] Hairston N G, Kearns C M, Ellner S. Phenotypic vari-

- tion in a zooplankton egg bank[J]. *Ecology*, 1996, 77: 2382– 2392.
- [7] Marcus N H, Boero F. Minireview: the importance of benthic pelagic coupling and the forgotten role of life cycles in coastal aquatic systems[J]. *Limnology and Oceanography*, 1998, 43(5): 763– 768.
- [8] Lindley J A, George C L, Evans S V, et al. Viability of calanoid copepod eggs from intertidal sediments: a comparison of three estuaries[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1998, 162: 183– 190.
- [9] Marcus N H. Ecological and evolutionary significance of resting eggs in marine copepods: past present and future studies[J]. *Hydrobiologia*, 1996, 320: 141– 152.
- [10] Kasahara S, Uye S, Onbe T. Calanoid copepod eggs in sea bottom muds[J]. *Marine Biology*, 1974, 26: 157– 171.
- [11] Marcus N H, Schmidt Gengenbach. Recruitment of individuals into the plankton: the importance of bioturbation[J]. *Limnology and Oceanography*, 1986, 31: 206– 210.
- [12] Marcus N H, Lutz R V, Burnett W, et al. Age, viability, and vertical distribution of zooplankton resting eggs from an anoxic basin: Evidence of an egg bank[J]. *Limnology and Oceanography*, 1994, 39: 154– 158.
- [13] Ellner S, Hairston N G. Role of overlapping generations in maintaining genetic variation in a fluctuating environment[J]. *Am. Nat.*, 1994, 143: 403– 414.
- [14] Marcus N H, Fuller C M. Distribution and abundance of eggs of *Labidocera aestiva* (Copepoda: Calanoida) in the bottom sediments of Buzzards Bay, Massachusetts USA[J]. *Marine Biology*, 1989, 100: 319– 326.
- [15] Lindley J A. Distribution of overwintering calanoid copepod eggs in seabed sediments around southern Britain[J]. *Marine Biology*, 1990, 104: 209– 217.
- [16] 廖水木, 周定成, 栲宝华. 厦门港湾海底沉积类型的分布特征[J]. *台湾海峡*, 1987, 6(2): 158– 165.
- [17] 商少凌, 洪华生. 厦门西海域环境参数的分布特征[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1994, 33(增刊): 97– 101.
- [18] Marcus N H, Lutz R, Burnett W, et al. Impact of anoxia and sulphide on the viability of eggs of three planktonic copepods[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1997, 146: 291– 295.
- [19] Grice G, Marcus N H. Dormant eggs of marine copepods[J]. *Oceanography and Marine Biology: annual review*, 1981, 19: 125– 140.
- [20] Rhoads D. Organism-sediment relations on the muddy seafloor[J]. *Oceanography and Marine Biology: annual review*, 1974, 12: 263– 300.

Preliminary Study on the Potential Recruitment of the Copepods Egg Bank into the Planktonic Population in Xiamen Harbor

JIANG Xiaodong, WANG Guizhong, LI Shaoping, SHANG Xu, WU Lisheng

(Department of Oceanography, Institute of Subtropical Oceanography,
Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The potential recruitment of copepods egg bank into the planktonic population in Xiamen Harbor was investigated in November, 2002. The horizontal distribution of the potential recruitment is not even, ranging from 5.3×10^3 to 9.7×10^4 nauplii $\cdot m^{-2}$ with the mean value of $3.5 \times 10^4 m^{-2}$. The character of the horizontal distribution is that the potential recruitment of the inside harbor is higher than that of the outside and the potential recruitment of the central area is higher than that of the nearshore area. In the vertical distribution the potential recruitment of the 0~ 1 cm layer is the highest, which is about $6.5 \times 10^3 m^{-2}$. The second peak occurs in the 4~ 7 cm layers and the values of the other layers are low. According to the different function the vertical distribution is divided into four different layers: 1 cm layer, 2~ 5 cm layer, 5~ 8 cm layer, < 8 cm layer. Finally the possible reasons of the distribution pattern are discussed.

Key words: potential recruitment; copepods; egg bank; Xiamen Harbor