

海洋微生物在生态环境中的作用

THE FUNCTION OF MICROORGANISMS IN MARINE ECOLOGIC ENVIRONMENT

郑天凌 薛雄志 李福东

(厦门大学 361005)

海洋生物学的基本目的是描述生物的分布模式,并找出形成这种模式的原因。这个工作需要建立食物链结构的模型,回答食物链作用机理方面的问题及找出海洋生产力的决定因素。由于微生物是海洋生物群的一个重要部分,因而作者根据海洋微生物学研究的新进展,对其在生态环境中的作用作一评估。

长期以来,由于方法学上的原因,细菌在海洋生态系统中的作用被认为是次要的。然而新近的大量研究表明,细菌的数量、生物量及其代谢活性在海洋生态系中起着相当重要的作用。对细菌在海洋生态系中作用的看

法发生这种转变的原因在于海洋中细菌数量、生物量以及生长速率等研究方法的进步。过去海水中细菌的丰度之所以常被低估,主要是大多数海洋细菌对于所应用的普通显微镜技术来说体积太小而造成的。海水中的大多数细菌大小仅 $0.2 \sim 0.6 \mu\text{m}$ ^[7~9] 比实验室中培养的陆生细菌和其它微生物学家所熟悉的细菌小得多。用于计算活菌含量的培养技术甚至造成更低的估值($10^3/\text{ml}$,而普通显微镜为 $10^4 \sim 10^5/\text{ml}$)。因此,细菌生物量过去一直被认为在总生物量中只占较小的部分,从而被认为在生态系统中重要性不大。荧光色素染色技术在海洋细菌

计数中的应用使测量值变得较高($10^6/\text{ml}$)且可靠。Hobbie 等人的方法^[10]已被做为基本方法接受下来。在该方法中细胞经吖啶橙染色(色素作用于 DNA 和 RNA 上)

再在荧光显微镜下计数,方法直接、简单、精确。如果细菌多吸附在颗粒上,可应用一些其他荧光色素染色,如 DAPI 等^[17,18]。

表 1 细菌数量、生物量、生长速率测定结果

取样日期 (年.月.日)	细菌密度 (10^6cells/L)		细菌 生物量 ($\mu\text{g/L}$)	平均体积 (μm^3)	细菌生长速率		水温 ($^{\circ}\text{C}$)
	养殖水体	非养殖水体			dpm	($\times 10^6\text{cells/L} \cdot \text{h}$)	
1989.11.14	0.618	0.130	11.44	0.153	95 561.70	0.40	16.5
1989.12.14	4.20	0.350	90.97	0.179	315 250.88	1.32	13.4
1990.1.14	3.27	0.436	73.59	0.186	194 653.26	0.82	12.6
1990.2.14	2.55	0.574	51.53	0.167	154 893.53	0.65	12.7
1990.3.14	1.70	0.712	38.05	0.183	154 460.44	0.64	14.8
1990.4.14	3.84	1.40	80.85	0.174	238 950.74	1.01	16.8
1990.5.14	1.46	0.578	31.45	0.178	185 667.35	0.78	20.0
1990.6.14	6.93	1.17	177.76	0.212	627 346.05	2.63	24.8
1990.7.14	6.58	1.94	161.62	0.203	185 637.75	0.77	25.7
1990.8.14	6.29	2.25	156.03	0.205	501 684.65	2.11	26.2
1990.9.14	4.63	1.86	116.52	0.208	362 748.56	1.52	25.3
1990.10.14	3.67	1.65	88.36	0.199	251 635.08	1.06	19.6
$\bar{X}$	3.812 (± 2.05)	1.087 (± 0.71)	89.85 (± 53.96)	0.187 (± 0.018)	272 374.16	1.142 (± 0.658)	19.4 (± 5.33)

不同样品的细菌甚至同一样品中的细菌,其体积有一定的变化范围。因此,只知道细菌的数量对于估算现存量来说是远远不够的,需要知道细菌的平均体积大小。目前可以用荧光显微镜(直接测量或显微照相来测量),也可以用扫描电镜来完成。由于操作困难,目前有关细菌生物量方面的报道不多,但相信不久以后,使用计算机辅助图象分析来达到自动细菌计数和体积测量的目的将会变为现实。

有关细菌的生长速率测定目前已有很大的进步,自 1977 年以来至少有 6 种不同的方法被采用^[1]。最有影响的方法是利用细菌分裂率的 FDC 法和氡示踪胸腺嘧啶脱氧核苷的 TTI 法。FDC 方法理论上较为可靠。细胞在分裂时期的分裂细胞的百分率与一个群体的生长率有着密切单一的联系。显微镜镜检是唯一获得样品生长率的方法,即使样品在野外保存数天或数星期也可以进行。然而,FDC 方法难于标准化,并且费时、繁琐,因为它需要大量的显微镜镜检工作。TTI 法是建立在测定细菌 DNA 合成率的基础上的,经过一系列前提,可以把 DNA 合成率转化为其生长率^[8]。这种方法迅速,合理,灵敏度高,但需要应用放射性示踪(氡)胸腺嘧啶脱氧核苷,通过探测细菌代谢测定 DNA 的合成。

上述测定细菌数量、生物量、生长速率的方法已被采用,有关学者并据此对浮游细菌的分布及生产力进行了大量的研究。下面结合作者新近对海水中细菌的数量、生物量等的研究结果,来讨论海洋微生物在生态环境中的作用。

在已报道的文献中,细菌的丰度在海岸带真光层的

数量级为 $10^6/\text{ml}$,即约略 1L 海水中细菌湿重为 0.1mg (或 0.01mg 细胞含碳量)。在从海岸带向去岸区域的延伸过程中细菌的数量和体积都减少。大洋中也有少数海区经采用上述方法对海水中细菌的变动范围进行测量,所得结果为 $2\sim 250\text{mg/L} \cdot \text{d}$,变动非常之大。Ducklow 在一篇文章中通过不同侧面,根据不同的技术总结了细菌生物量和生产力的测定^[2,3]。应该指出并不是所有的方法都是可靠的,这可以作为数据有所变动的解释。忽略较大的波动,大多数测量值在一日倍增一次,与浮游植物生长率相似。

我们在对闽南-台湾浅滩渔场上升流区的海洋细菌生物量进行研究时得出的结果表明,细菌生物量与浮游植物、浮游动物生物量的关系非常密切。图 1 很直观表达出三者生物量随季节的变化情况及相互关系。不难看出,细菌生物量、浮游动物生物量和浮游植物个体总数在周年的不同季节中,都以夏季明显大于其他季节,且都在 7 月出现最高峰。进一步的研究我们还发现,在由季节风、海流、温度及盐度等环境因子造成的某细菌生物量密集区,一般也是浮游植物个体总数密集中心。浮游植物、浮游动物与海洋细菌高密度区的生态分布的一致性,表明了在不同群落的不同组分之间,营养物质和新陈代谢的关系在导致群落不同组分同时达到高密度的水层过程中具有重要作用。

人们在研究细菌生产力时还发现^[7],细菌生物量同浮游动物相似,在近海岸真光层的细菌每天倍增一次。然而,我们在水产养殖水体细菌生产力研究中有关养殖水体与非养殖水体(近岸海水)的比较时发现,细菌的丰

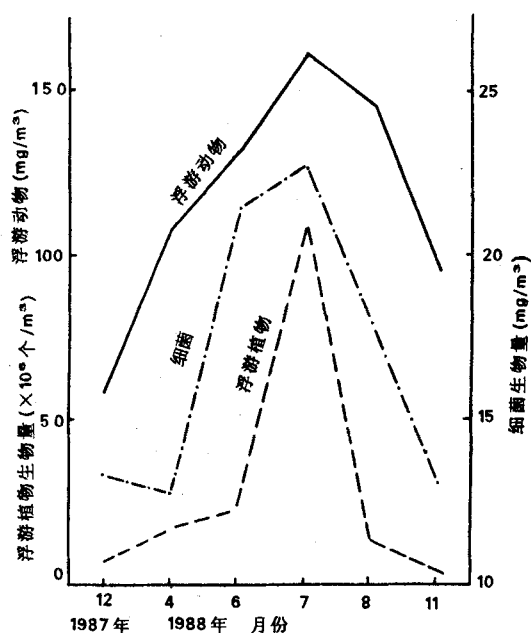


图1 闽南-台湾浅滩渔场细菌、浮游动物、浮游植物生物量的季节变化

度在两种不同水体间有显著差别,这主要与养殖水体中营养物浓度较高有关。细菌生物量均值为 $89.85\mu\text{g/L}$, 生长速率均值为 $1.142 \times 10^9 \text{ cells/L} \cdot \text{h}$, 见表1。已有的一些文献^[2,20],也有近岸带水域中细菌丰度一般为 $0.5 \times$

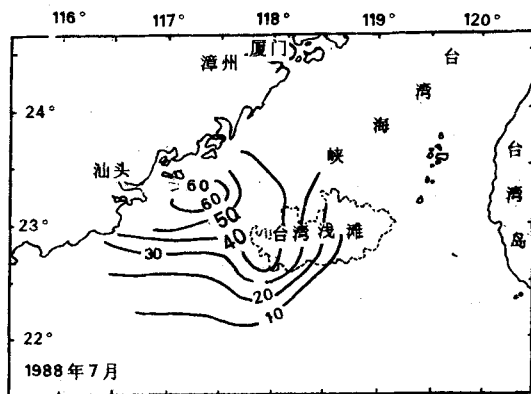


图2 夏季10m层细菌生物量(mg/m^3)平面分布 $10^6 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ 的研究报道。

综合考虑上述研究结果,我们可对海洋细菌在海洋生态中的作用作些探讨。海洋中细菌生物量密集区与浮游植物个体总数密集区的一致性表明异养性细菌的发育主要由形成有机质的浮游植物的急剧繁殖而引起。细菌利用浮游植物的光合作用产物——各种溶解性化合物(DOM)包括烃、氨基酸和有机酸等作为营养基质,并把这种浓度极低的DOC同化成为浓度高、富营养、可被

其他生物吸收利用的细菌生物量。于是,细菌在海洋中将处于较高营养层次的生物无法利用的DOC转变成为高质量的POC。一些研究表明,在近岸海洋生态系中,光合作用所固定的碳有25~60%通过细菌进入食物网^[14,19,20]。由此可见,海洋中细菌的生存以及它们的生命活动决定着海洋里有经济价值的生产力所依存的食物链中的基本环节的发展。

海洋细菌高密度区与浮游动物生物量密集中心的一致,以及细菌的丰度每天之间变化并不大这一事实,表明海洋细菌的次级生产力可能有与海洋食物链中的能量流和物质流密切相关的几种结果:(1)异养的纤毛虫和浮游动物可能以细菌为食。一些研究已表明,鞭毛虫、纤毛虫中心及其他许多浮游动物无法直接利用DOM,却能很有效地捕食细菌碳现存量,并把后者转移到较高营养层次。某些草食性鱼类的幼体也以细菌的捕食者纤毛虫等为食物来源^[12]。于是,来源于浮游植物的有机质(DOM)被组入细菌生物量而进入浮游食物网。据Fenchel的研究认为,大小范围在 $3 \sim 10\mu\text{m}$ 之间的微型毛虫是食菌生物的主要代表,它们每天可以滤食12~67%的海洋细菌。主要包括有领鞭毛虫、无色金滴虫,它们在海水中普遍存在,密度可达 $10^3/\text{ml}$ ^[3,4,14,18],加上其他浮游动物的食物中也有部分是细菌^[10,13]严重的捕食压力使细菌数量保持在一定的范围。(2)一些捕食性细菌以其他菌为食。(3)由于营养及其他生理条件限制而胞体自溶。

综上所述,我们可将海洋微生物在生态环境中的作用归结成这样两个方面:一方面,海洋微生物分解死的有机质,同时合成并向水中分泌浮游植物光合作用所需要的营养物,特别是维生素B12,使初级生产持续进行;另一方面,通过“DOC→细菌→细菌捕食者”的途径把来自初级生产者的有机碳不断地往生物链的其他营养层次转移。

如今,细菌的丰度和生物量的分布已可以在海图中标出。这样就可以同海图上的浮游植物,营养分布形式及其他环境因子变化分布作比较,从而找出影响细菌数量分布的因子。我们在闽南-台湾浅滩渔场上升流区细菌生物量研究中已采用这种方法来表示我们的研究结果(图2)。相信随着研究技术的不断提高,海洋微生物在海洋生态环境中的作用将越来越为人们所重视,所利用。

参考文献

- [1] Azam F., and Fuhrman J. A., 1984. J. E. Hobbie and Williams P. J. [Eds], *Heterotrophic Activity in the Sea*.
- [2] Ducklow H. W., 1983. *Biosciences* 33:494-501.

- [3] Ducklow H. W. ,1985. *Limnol. Oceanogr.* 30:260-272.
- [4] Fenchel T. ,1982. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:211-223.
- [5] Fenchel T. ,1982. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:225-231.
- [6] Fenchel T. ,1982. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 9:35-42.
- [7] Fuhrman J. A. ,1981. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5:103-106.
- [8] Fuhrman J. A. and F. Azam, 1982. *Mar. Biol.* 66:109-120.
- [9] Haas L. W. and K. L. Webb, 1979. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 39:125-134.
- [10] Hobbie J. E. Bj. Daleg. and S. Jasper, 1977. *Appl. Environ. Microbiol.* 33:1 225-1 228.
- [11] Hollibangh J. T. ,J. A. Fuhman and F. Azam, 1980. *Limnol. Oceanogr.* 25:172-181.
- [12] Korniyenko G. S. ,1976. *J. of Hydrology* (12)1:62-65.
- [13] King K. R. *et al.* ,1988. *Mar. Biol.* 56:49-57.
- [14] Larsson U. ,1979. *Mar. Biol.* 52(2):199-206.
- [15] Paul J. H. ,1982. *Appl. Environ. Microbiol.* 43:939-944.
- [16] Porter K. G. *et al.* ,1988. *Limnol. Oceanogr.* 25:943-948.
- [17] Sieburth J. M. *et al.* ,1977. *Helgolander Wiss. Meeresunters.* 30:565-574.
- [18] Sieburth J. M. , 1977. *Sea Microbes.* Oxford University Press, New York, 491.
- [19] Williams P. J. ,1981. *Kieler Meeneforschungen* 5(1):1-28.
- [20] Zheng Tianling (郑天凌) *et al.* ,1989. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale* 93-94 (1):3-14.