

海洋蓝细菌在微食物环中作用的初步研究*

肖 天 张武昌 王 荣

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 在渤海、汇泉湾小型浮游动物(Microzooplankton)对蓝细菌(*Synechococcus* spp.)有明显的捕食压力。春季,有小型浮游动物的实验水体中蓝细菌的日生长率为 $0.02\sim 0.28/\text{d}$,清除小型浮游动物的实验水体中蓝细菌的日生长率为 $0.38\sim 0.70/\text{d}$ 。汇泉湾有小型浮游动物的实验水体中蓝细菌日生长率为 $-0.122\sim 0.180/\text{d}$ 。而无小型浮游动物的蓝细菌生长率为 $0.133\sim 0.285/\text{d}$ 。

关键词 蓝细菌,微食物环

生物海洋学的一个新进展就是微型食物环(Microbial food loop)的发现。它主要是指异养细菌利用水

* 国家自然科学基金重大项目 49790010 号、国家自然科学基金重点项目 39630060 号。

收稿日期:1998-05-07;修回日期:1999-04-20

体中溶解有机质合成为自身生物量,即变溶解有机质为颗粒有机质,后者被 200 μm 以下的小型 and 微型的草食动物(Micrograzer,主要是原生动物)利用转换为更大的颗粒,再进入主食物链的过程。其实 Micrograzer 利用的不尽是异养细菌,包括所有的 0.2~2 μm 的超微型浮游生物(Picoplankton),其中也包括大量的自养蓝细菌(Pyanobacteria)。Stockner 等在 1985 年和 Burkill 等在 1993 年分别指出蓝细菌是海洋初级生产力的重要贡献者。Waterbury 1986 年认为蓝细菌这种微小的自养细菌可以用荧光技术对其进行研究,引起广泛的研究重视。但对蓝细菌在近海生态系统微食物环中的作用研究我国较少,作为探索,作者在渤海和青岛汇泉湾初步研究了蓝细菌在微食物环中的作用。

1 材料与方法

1.1 采样时间和地点

1997 年 6 月在渤海 St. 1(38°29.98'N, 120°29.92'E)和 St. 4(38°44.95'N, 119°29.9'E)。1997 年 5 月 14 日,5 月 18 日,9 月 8 日,9 月 23 日和 10 月 7 日在青岛汇泉湾航海运动学校码头前端。

1.2 采水方法和水样处理培养

用 5 L Niskin 采水器采取表层水。渤海水样用不过滤海水,200 μm 筛绢过滤海水和 20 μm 筛绢过滤海水,分别装入 2 L 的培养瓶中放回在表层海水中现场培养 24 h。汇泉湾水样用不过滤海水,200 μm 筛绢过滤海水,20 μm 筛绢过滤海水和 2 μm 滤膜过滤海水分别装入 2 L 的培养瓶中在实验室内滚动式摇床上同温度培养 24 h。

1.3 蓝细菌计数

在每个培养瓶培养前各取 50 ml 水样,24 h 培养后再各取 50 ml 水样。水样取出后立即用福尔马林固定(固定最终浓度为 2%)。按 John 1979 年、Leonard 1982 年和 Wood 1985 年提供的方法取固定后的水样 10~50 ml 用直径 25 mm,孔径为 0.2 μm 的黑色核孔滤膜(Black nuclepore filter)进行抽滤,抽滤负压不超过 267 Pa。将滤膜取下放在载玻上,滴一滴无菌水,盖上盖玻片,加专用油(Immersion oil, Germany),用 OPTON 万能 II 型落射式荧光显微镜,在 HBO 50 W 光源, BP450~490, FT510, LP520 组滤光片条件下,用 40 $\times$ 物镜计数,蓝细菌(*Synechococcus*)显桔黄色。每张滤膜一般计数两行,每行计数视野 200~300 个细胞。

根据视野面积,滤膜过滤面积和水样体积计算每毫升海水中蓝细菌的细胞数量(cell/ml)。

1.4 蓝细菌生长率的计算

计算方法如下:(Frost B. W., 1972)

$$k = \frac{\ln C_2 - \ln C_1}{t}$$

C_1 和 C_2 分别为实验开始和结束时实验瓶的蓝细菌数量; t 为实验时间; k 为蓝细菌的生长率。

2 结果与讨论

2.1 在渤海 St. 1 和 St. 4 的试验结果表明(表 1),用 20 μm 筛绢除去小型浮游动物(Microzooplankton, 20~200 μm)组蓝细菌生长率明显高于没有过滤和用 200 μm 筛绢过滤组的蓝细菌生长率。显示了小型浮游动物对蓝细菌的捕食压力。虽然 St. 4 的生长率普遍高于 St. 1 的蓝细菌生长率,这可能是由于 St. 1 的小型浮游动物较多,其中砂壳纤毛虫,丁铃虫(*Codonellopsis* spp.)类每升 977 个,而 St. 4 的小型浮游动物较少每升 97 个,且两个站位的蓝细菌优势种群和数量也有很大差异。St. 4 蓝细菌(细胞个体小, 0.6~1.0 μm)数量 3 倍于 St. 1 蓝细菌(细胞个体大, 1.2~1.6 μm)数量。

2.2 在汇泉湾的 4 次试验中(表 2)用 200 μm 筛绢过滤组蓝细菌生长率明显低于其他 3 种颗粒级的试验组蓝细菌生长率。这与渤海的试验较一致。增加了 2 μm 以下颗粒级的试验组,更显示出小型浮游动物对蓝细菌的捕食压力。但没有过滤组蓝细菌生长率的变化与渤海的变化有所不同。这是否与不同海域生态系统的生产过程有关,将做进一步研究。

2.3 根据试验结果(表 1, 表 2)可以看出在渤海和汇泉湾这样的近海生态系统微食物环中,春季和秋季小型浮游动物对蓝细菌有明显的捕食压力。特别是春季渤海中纤毛虫可能是蓝细菌的主要捕食者。这与 Burkill 1993 年报道的印度洋西北海域, Iturriaga 1986 年报道的北太平洋海域和 Landry 1995 年在太平洋中部赤道附近海域生态系统微食物环中蓝细菌主要被小型浮游动物捕食的结果有相似之处,但与 Hagstrom 1988 年地中海生态系统微食物环中蓝细菌主要为微型浮游生物鞭毛虫提供营养和 Azam 1983 年早期提出的微食物环(The microbial loop)概念中蓝细菌主要被鞭毛虫捕食结论有所不同。这也是我们下一步将进行研究的内容之一。

表 1 渤海 St. 1 和 St. 4 蓝细菌分级培养 24 h 前后的生长变化

Tab. 1 Variations of cyanobacteria daily growth rates at st. 1 and st. 4 in Bohai Sea

站位	样品	培养前数量($\times 10^3$ cell/ml)	培养后数量($\times 10^3$ cell/ml)	生长率 k
St. 1	1 [#] (20 μ m)	1.87 $\pm$ 0.22	2.74 $\pm$ 0.26	0.382
	2 [#] (200 μ m)	1.99 $\pm$ 0.12	2.03 $\pm$ 0.13	0.020
	3 [#] (不过滤)	2.00 $\pm$ 0.11	2.20 $\pm$ 0.21	0.095
St. 4	1 [#] (20 μ m)	6.15 $\pm$ 0.32	12.40 $\pm$ 0.78	0.701
	2 [#] (200 μ m)	6.28 $\pm$ 0.26	8.34 $\pm$ 0.44	0.284
	3 [#] (不过滤)	6.33 $\pm$ 0.38	8.38 $\pm$ 0.67	0.281

表 2 汇泉湾蓝细菌分级培养 24 h 前后的生长变化

Tab. 2 Variations of *Synechococcus* daily growth rates in Huiquan Bay

时间 (年-月-日)	样品	培养前数量($\times 10^3$ cell/ml)	培养后数量($\times 10^3$ cell/ml)	生长率 k
1997-05-14	1 [#] (2 μ m)	2.02 $\pm$ 0.10	2.56 $\pm$ 0.21	0.247
	2 [#] (20 μ m)	2.79 $\pm$ 0.14	3.71 $\pm$ 0.25	0.285
	3 [#] (200 μ m)	3.00 $\pm$ 0.15	3.59 $\pm$ 0.28	0.180
	4 [#] (不过滤)	2.35 $\pm$ 0.12	3.37 $\pm$ 0.29	0.360
1997-09-08	1 [#] (2 μ m)	66.1 $\pm$ 1.95	74.8 $\pm$ 2.87	0.124
	2 [#] (20 μ m)	68.7 $\pm$ 1.21	83.4 $\pm$ 2.36	0.194
	3 [#] (200 μ m)	68.2 $\pm$ 1.33	63.1 $\pm$ 2.58	-0.078
	4 [#] (不过滤)	87.4 $\pm$ 2.24	107.6 $\pm$ 6.12	0.208
1997-09-23	1 [#] (2 μ m)	32.5 $\pm$ 1.62	41.3 $\pm$ 3.21	0.240
	2 [#] (20 μ m)	35.8 $\pm$ 2.16	40.9 $\pm$ 3.02	0.133
	3 [#] (200 μ m)	38.8 $\pm$ 1.78	41.5 $\pm$ 2.09	0.067
	4 [#] (不过滤)	32.9 $\pm$ 3.06	42.0 $\pm$ 4.24	0.244
1997-10-07	1 [#] (2 μ m)	23.5 $\pm$ 1.04	24.4 $\pm$ 1.46	0.038
	2 [#] (20 μ m)	27.7 $\pm$ 2.03	34.1 $\pm$ 3.57	0.208
	3 [#] (200 μ m)	33.1 $\pm$ 1.69	29.3 $\pm$ 2.12	-0.122
	4 [#] (不过滤)	37.8 $\pm$ 1.57	34.6 $\pm$ 2.22	-0.088

3 结束语

Landry 1982, 1995 年, Hagstrom 1988 年和 Burkill 1993 年认为海水稀释法 (Seawater dilution technique) 是研究微食物环中常用的方法, 尤其在大洋生态系统中。但在近海生态系统应用中, 作者发现数据回归性

不够理想。因此选用了颗粒分级法。首先定性的研究近海微食物环中谁是蓝细菌的主要捕食者, 然后再进一步用稀释法来定量研究其生长率, 被捕食率以及两者之间的关系, 以便了解蓝细菌在近海食物环中的营养动力学过程。

参考文献

1 Landry M. R., 1995, *Deep Sea Res.*, 42(2~3): 657~671

ELEMENTARY STUDIES ON THE ROLES OF CYANOBACTERIA IN MARINE MICROBIAL FOOD LOOP

XIAO Tian ZHANG Wu-Chang WANG Rong
(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)
Received: May, 7, 1998
Key Words: Cyanobacteria, Microbial food loop

Abstract

The microzooplankton grazed on cyanobacteria (*Synechococcus* spp.) was vigorous in Bohai Sea and Huiquan Bay.

While there was the microzooplankton in our experimental water, cyanobacteria of daily growth rates were 0.02-0.28/d in Bohai Sea (in spring) and -0.122-0.180/d in Huiquan Bay (in spring and autumn). Without the microzooplankton, the rates were 0.38-0.70/d in Bohai Sea and 0.133-0.285/d in Huiquan Bay.