

# 黄河三角洲南部潮间带底栖异样细菌的分布特征研究<sup>①</sup>

张鹏<sup>1</sup>, 邹立<sup>1,2</sup>, 姚晓<sup>1</sup>, 山口一岩<sup>3</sup>, 郭新宇<sup>3</sup>, 高会旺<sup>1,2</sup>

(1. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 266003;

2. 海洋环境与生态教育部重点实验室, 中国海洋大学, 山东 青岛 266100;

3. 日本爱媛大学海洋环境研究中心 松山, 7908577, 日本)

**摘要:** 2008年4月和7月于黄河三角洲南部潮间带进行了大面站调查, 采用 DAPI 荧光染色荧光显微镜计数法测定了沉积物中异养细菌数量, 研究其分布特征, 探讨满足其生长繁殖需要的物质来源。结果表明, 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度的变化范围分别为  $4.0 \sim 31.9 \times 10^5$  cells/g dw (平均值为  $11.81 \times 10^5$  cells/g dw) 和  $5.9 \sim 53.5 \times 10^5$  cells/g dw (平均值为  $17.80 \times 10^5$  cells/g dw)。与世界其它地区相比, 本调查区域沉积物中异养细菌丰度处于较低水平, 这可能与该区域沉积物中 POC 含量较低有关 (春季平均为 0.10%, 夏季平均为 0.57%)。春季和夏季沉积物中 BB: PB (Bacteria Biomass, BB; Phytoplankton Biomass, PB) 值的变化范围分别为 0.02~0.89% (平均为 0.26%) 和 0.09~3.38% (平均为 0.55%), 都处于较低水平 (<5%); 该较低水平表明底栖藻类现存量远远超过了异养细菌生长的需求。春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度和叶绿素浓度的相关系数均为 0.24, 显示出不显著相关, 说明藻类有机物不是异养细菌食物的主要来源。本研究区域有多条河流输入, 沉积物中的异养细菌生长繁殖所需的溶解有机物可能有相当一部分来自陆源径流。

**关键词:** 黄河三角洲, 潮间带, 沉积物, 异养细菌

中图分类号: Q938.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-6482(2011)01-0101-08

## 引言

细菌个体微小, 数量多, 广泛分布于海洋中。它分解江河水入海所携带的丰富有机质和海洋浮游生物残骸, 以无机盐的方式回到海水中<sup>[1]</sup>。自从 Azam 1983 年提出微食物环 (microbial food loop) 的概念, 异养细菌在海洋生态系统中的作用倍受人们的重视。微食物环指异养微生物吸收溶解有机质 (Dissolved Organic Matter, DOM) 转化为颗粒有机质 (Particulate Organic Matter, POM), 即细菌自身的生物量, 后者又被摄食细菌微型捕食者 (主要是原生动物鞭毛虫和纤毛虫) 所利用, 转化为更大的颗粒 (几个到几十个微

米), 最后进入后生动物的食物链的过程<sup>[2]</sup>。异养细菌是异养微生物的主要组成部分。异养细菌利用 DOM 转变为 POM 的过程叫做细菌的次级生产, 通常异养细菌的次级生产力相当于初级生产力的 20%~30%<sup>[3]</sup>, 异养细菌利用浮游动物不能利用的 DOM, 提高了海洋生态系统的总生产效率。异养细菌的生物量 (BOC) 占总颗粒有机碳 (POC) 的 14%~62%, 寡营养海域中异养细菌与 DOM 相耦合构成物流和能流的基础<sup>[4-6]</sup>。

海洋和潮间带沉积物中含有大量的有机物质, 并且其微生物活动较水体中活跃, 沉积物中的异养微生物吸收利用沉积物间隙水中各种藻类等生物释放的溶解有机质, 将其转

① 基金项目: 国家自然科学基金对外交流与合作项目 (NO. 40711140114) 资助

第一作者简介: 张鹏, 男, (1984), 硕士研究生, 环境化学, E-mail: bandao20@ouc.edu.cn

收稿日期: 2010-04-16

化为颗粒有机物,从而进行微食物环的次级生产。

潮间带是海洋、大气和陆地环境一个重要的界面,它以频繁的温度波动,离子浓度、干湿情况、紫外光照射的变化和规律的潮汐活动为特征。微生物在潮间带系统中具有重要的作用,它们可能会导致潮间带系统一系列的变化。例如,异养细菌对有机碳、有机氮和其他营养盐向海洋的转化和再矿化是十分重要的<sup>[7-8]</sup>;像硅藻这样的自养真核细胞生物可能是这个系统中重要的初级生产者<sup>[9]</sup>。潮间带一系列相关的环境变化对寄居在潮间带环境中的微生物提出了极大地物理和生物化学挑战<sup>[10]</sup>。

黄河三角洲位于渤海西南部,莱州湾的西部,由黄河入海冲积而成。黄河入海口西南部潮滩,有广利河、小清河和淄脉沟注入,底质属于典型的沙质;当地潮滩的功能主要为双壳类(四角蛤蜊)和单壳类(泥螺)贝类养殖。底栖贝类主要以微藻为食,微藻的生物量和生产力以营养盐等为物质基础。本文通过在潮间带区域春季和夏季的大面站调查,研究该潮滩异养细菌的分布特征,探讨异养细菌的生态学特征,及其在潮间带有机物地球化学循环和微食物环中的贡献。所得结果是正确预测区域初级和次级生产力的主要参数,为潮间带的合理利用和可持续发展提供理论依据。

## 1 调查区域和实验方法

### 1.1 站位设置

样品采集进行于2008年4月2008年7月,分别代表春季和夏季。调查区域位于黄河入海口西南部,莱州湾西部,主要汇入河流有永丰河、淄脉河和穿过东营的广利河。站位设置如图1所示,从北向南分别设A、B、C3个断面进行大面站调查,采集沉积物异养细菌样品的同时,还采集了沉积物叶绿素、POC和底栖生物等。

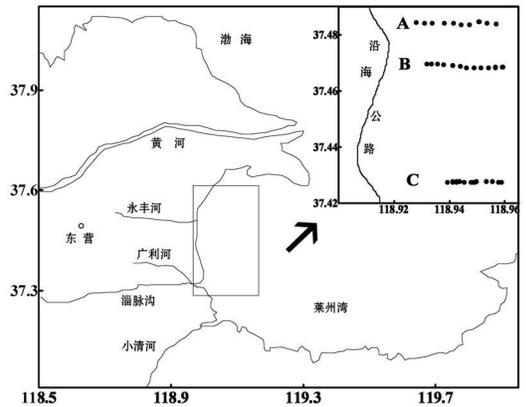


图1 黄河三角洲潮间带调查站位示意图

Fig. 1 Sampling sites in the intertidal area of the Yellow River Delta

### 1.2 样品处理和分析

用DAPI荧光染色法测定沉积物中异养细菌数量<sup>[11-14]</sup>。采样时取2份泥样,1份(约5g)放入25 mL玻璃试管中,1份放入自封袋中密封保存(测含水率用)。放入试管中的泥样盖好盖,冷藏避光保存,带回现场实验室处理。回实验场所后,向样品试管中加入15 mL 0.9%的生理盐水,然后加入吐温-80,加入量约为生理盐水总量的0.1%,振荡30 min(WH-90A微型旋涡混合器),然后将试管中的泥水全部移入250 mL三角瓶中,并将生理盐水加到150 mL,使其混合均匀,沉降10 min。然后取10 mL上清液,将上清液用0.8 μm混合纤维素酯微孔滤膜(上海市新亚净化器件厂生产)过滤,在滤液中加入占滤液体积2%的甲醛,冷藏避光保存。取3 mL滤液于25 mm玻璃滤器中,加入0.3 mL DAPI(10 μg/mL),摇匀后在暗处染色6~8 min,染色完毕后过滤(Whatman黑色核孔滤膜,孔径0.2 μm),压力≤30 kPa。将滤膜制成玻片用荧光显微镜(德国Leica OMLA)镜检,随机取10个视野观察计数。每个视野计数细菌个数约为20~30个。用下式计算异养细菌密度:

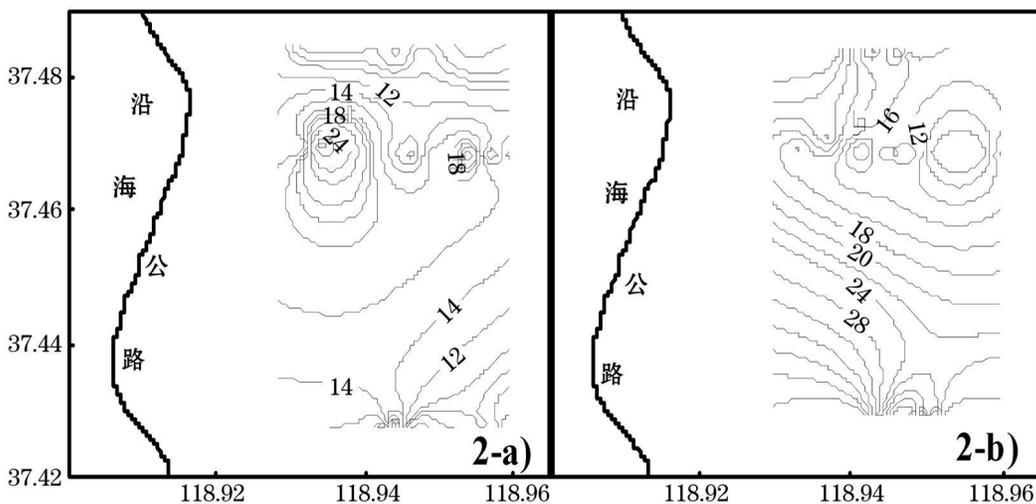
$$I = \frac{\bar{n} \pi d^2 V_2 (1 - W)}{4 S m V_1} \quad (1)$$

I—所取泥样的异养细菌数量, cells/ g;  
 d—所用滤器的沙芯直径,  $d= 15.54\text{mm}$ ;  
 m—所取的泥样的干质量, g;  
 S—显微镜目镜内计数框的面积,  $S = 0.01012\text{mm}^2$ ;  
 $\bar{n}$ —平均每个视野的细菌数;  
 $V_1$ —染色过滤的上清液体积, mL;  
 $V_2$ —泥样所加入的生理盐水和甲醛的量之和, mL;  
 W—所取泥样的含水率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 潮间带沉积物中异养细菌的分布特征 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰

度分布如图 2 所示, 其变化范围分别为:  $4.0\sim 31.9 \times 10^5$  cells/ g dry sediment 和  $5.9\sim 53.5 \times 10^5$  cells/ g dry sediment, 夏季沉积物中异养细菌的丰度高于春季。春季潮间带沉积物中异养细菌的丰度在 3 个位置存在高值区, 分别位于: 北部近岸附近, 达到  $30.0 \times 10^5$  cells/ g dry sediment; 北部潮上带附近, 达到  $20.0 \times 10^5$  cells/ g dry sediment; 调查区域最南端, 潮间带中间的位置, 达到  $30.0 \times 10^5$  cells/ g dry sediment。夏季沉积物中异养细菌的丰度总体来看呈现出由南向北, 在调查区域东北部存在一个明显的低值区, 可低至  $6.0 \times 10^5$  cells/ g。



2-a): 春季, 2-b): 夏季; units:  $10^5$  cells/g

图 2 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌分布图

Fig. 2 Heterotrophic bacteria in sediments in the intertidal area in spring and summer

### 2.2 黄河三角洲潮间带沉积物中异养细菌丰度的水平

表 1 中序号 1、2、3、5 所代表的区域沉积物的异养细菌的测定方法都是 Zobell 2216E

平板涂布培养计数方法; 序号 4、6、7、8 所代表的区域沉积物的异养细菌的测定方法都是表面荧光显微镜计数法。

表1 各地区沉积物中异养细菌丰度

Tab. 1 Abundance of heterotrophic bacteria in sediments on various sites

序号 Number	调查区域位置 Location	调查年份 Time	异养细菌丰度 Abundance	测定方法 Method	参考文献 Reference
1	南麂列岛附近	1990	1.7~ 8.3× 10 <sup>4</sup> cfu/g wet sediment	Zobell 2216E 平板 涂布培养计数方 法(HPC)	[15]
2	东太平洋铁锰结核区	1994	3× 10 <sup>0</sup> ~ 9.5× 10 <sup>3</sup> cfu/g wet sediment	Zobell2216E 平板 涂布培养计数方 法(HPC)	[16]
3	渤海、黄海 6 个重点沿 岸海域(吕四、青岛、北 戴河、盘锦、大连、庄河)	1999	2.8× 10 <sup>3</sup> ~ 7.5× 10 <sup>5</sup> cfu/g dry sediment	Zobell 2216E 平板 涂布培养计数方 法(HPC)	[17]
4	新英格兰大西洋海域沉 积物	2002	5.6~ 53.2× 10 <sup>10</sup> cells/L sediment	表面荧光显微镜计 数法(吡啶橙染色)	[18]
5	塘沽渤海湾沉积物	2003	1.08× 10 <sup>3</sup> ~ 4.70× 10 <sup>5</sup> cfu/g wet sediment	Zobell 2216E 平板 涂布培养计数方 法(HPC)	[19]
6	德国北部海区和 Sylt- Rømø 海盆潮间带	2006	0.4~ 3.3× 10 <sup>9</sup> cells/ml sediment	表面荧光显微镜计 数法(DAPI 染色)	[20]
7	巴西圣保罗南部海岸佩 雷克海滩	2007	2.4~ 9.6× 10 <sup>6</sup> cells/ml sediment	表面荧光显微镜计 数法(吡啶橙染色)	[21]
8	黄河三角洲南部潮间带	2008	4.0~ 53.5× 10 <sup>5</sup> cells/g dry sediment	表面荧光显微镜计 数法(DAPI 染色)	本文

沉积物中细菌的数量分布与地理位置、沉积类型、沉积物来源、泥温和有机质含量等具有密切关系<sup>[15, 19, 22, 26, 27]</sup>。

塘沽渤海湾和渤海、黄海 6 个重点沿岸海域(吕泗、青岛、北戴河、盘锦、大连、庄河)沉积物中异养菌丰度最高,南麂列岛附近次之,东太平洋铁锰结核区最低。造成这种结果的原因可能是因为塘沽渤海湾和渤海、黄海 6 个重点沿岸海域位于沿岸海域,受陆源影响大,有机污染严重,营养盐丰富,因而细菌丰度比较高。而南麂列岛位于浙江省南端,离大陆较远;东太平洋铁锰结核区位于东太平洋海盆多金属结核富集带的中西部,尚未受到生活污水的污染,海水质量较好,有机碳的含量较低,仅为 0.1%~ 0.7%,另外沉积速率低,海底温度低,这些都是造成该区域

异养细菌丰度较低的原因<sup>[16]</sup>。

比较序号 4、6、7、8 所代表的区域沉积物的异养细菌的丰度,本文研究区域沉积物中异养细菌的丰度比巴西圣保罗南部海岸佩雷克海滩略低,比新英格兰大西洋海域、德国北部海区和 Sylt-Rømø 海盆潮间带等地区沉积物中异养细菌的丰度低 2-3 个数量级。新英格兰大西洋海域所取得沉积物位于深海,深海沉积物异养细菌丰度和沉积物 POC 以及海洋垂直 POC 输送通量有关。德国北部海区和 Sylt-Rømø 海盆及本文所测定的沉积物都取自潮间带地区,且其潮间带底质均属于沙质,其沉积物中异养细菌丰度比本文研究区域高 3 个数量级可能是因为采样前德国北部海区和 Sylt-Rømø 海盆潮间带发生了以叶绿素 *a* 浓度大幅度升高为表现的大规模赤

潮,从而导致异养细菌的大量繁殖<sup>[20]</sup>。而本文研究区域黄河三角洲南部潮间带与巴西圣保罗南部海岸佩雷克海滩都距生活区较近,有河流输入,且其沉积物中 POC 含量较低,黄河三角洲南部潮间带春季平均为 0.10%,夏季平均为 0.57% (POC 数据来自同期未发表数据),巴西圣保罗南部海岸佩雷克海滩夏季平均为 0.77%<sup>[21]</sup>。而大洋沉积物中所含有机物大约为 1% 左右,西北太平洋沉积物中有机物含量为 1%~1.5%<sup>[19]</sup>,故异养细

菌丰度较低。

### 2.3 潮间带沉积物中异养细菌与叶绿素的关系分析

潮间带沉积物中的异养细菌将底栖藻溶出的溶解有机物转化为自身物质以生长增殖,从而形成颗粒有机物的次级生产过程,使溶解有机物得以迅速循环再利用,很大程度提高了初级生产提供的物质与能量的利用效率,同时增加了海洋生态系统的多样性与稳定性。

表 2 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度、叶绿素及 BB:PB 统计表

Tab.2 Heterotrophic bacteria abundance and chl a in sediments and BB:PB ratios in the intertidal area in spring and summer

季节 Season	参数 Index	样品个数 Number of Samples	平均值 Average	标准差 Standard Deviation	范围 Range	中值 Mean
春季 Spring	细菌丰度/ $\times 10^5$ cells $\cdot$ g <sup>-1</sup> dry sediment	33	11.81	7.48	4.00~31.92	8.67
	叶绿素/ $\mu$ g $\cdot$ g <sup>-1</sup> dry sediment	33	2.57	1.85	0.62~8.73	2.11
	BB:PB/%	33	0.26	0.2	0.02~0.89	0.17
夏季 Summer	细菌丰度/ $\times 10^5$ cells $\cdot$ g <sup>-1</sup> dry sediment	34	17.80	9.58	5.90~53.50	15.20
	叶绿素/ $\mu$ g $\cdot$ g <sup>-1</sup> dry sediment	34	1.83	1.03	0.31~5.20	1.54
	BB:PB/%	34	0.55	0.59	0.09~3.38	0.42

注:叶绿素数据来自同期未发表数据

春季和夏季潮间带沉积物中叶绿素浓度范围分别为 0.62~8.73  $\mu$ g/g dry sediment (平均为 2.57  $\mu$ g/g dry sediment) 和 0.31~5.20  $\mu$ g/g dry sediment (平均为 1.83  $\mu$ g/g dry sediment) (表 1 所示)。为便于讨论沉积物中异养细菌和叶绿素的关系,以 20 fg C/cell 为转换系数将细菌丰度转换为以碳单位表示的异养细菌生物量 (Bacteria Biomass, BB)<sup>[23]</sup>。叶绿素与浮游植物生物量之间转换关系按照 1 单位叶绿素等于 50 单位生物碳量单位计算,将叶绿素转换为浮游植物生物量 (Phytoplankton Biomass, PB)<sup>[24]</sup>。通常

用异养细菌生物量与浮游植物生物量的比值 BB:PB 来衡量初级生产与异养细菌二次生产之间数量大小关系,从而体现异养细菌在海洋生物地球化学循环以及微食物环中的重要性<sup>[22]</sup>。

本研究区域沉积物中 BB:PB 的值在春季和夏季都比较低,春季 BB:PB 的变化范围为 0.02%~0.89% (平均为 0.26%),夏季 0.09%~3.38% (平均为 0.55%),夏季比春季略高,但都处于较低的水平 (<5%)。这说明沉积物中浮游植物生物量远大于异养细菌生物量,表明浮游植物现存量远远超过了异

养细菌生长的需求。结合表 3, 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度和叶绿素浓度的相关系数均为 0.24, 显示出不显著相关, 说明藻类生物有机物不是异养细菌食物的主要来源; 沿岸海洋生态系统中异养细菌可从其他途径(如陆源径流、大气沉降等)获得生长增殖所需营养物质, 从而削弱了浮游植物对异养细菌的作用。此外, 研究表明异养细菌的捕食者以及细菌噬菌体在沿岸生态系统远高于寡营养的大洋导致异养细菌现存量的变化, 且这种作用也会削弱浮游植物与异养细菌之间的相关性<sup>[25]</sup>。考虑到该潮间带有多条河流输入, 它们带来大量营养物质, 以满足底栖藻的生长繁殖需要, 使其大量繁殖。同时沉积物中的异养细菌生长繁殖所需的 DOM 可能有相当一部分来自陆源径流, 并非完全来自底栖藻的溶出物。因此该研究区域沉积物中异养细菌丰度和叶绿素浓度显示出不显著的相关性。

表 3 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度和叶绿素相关性分析

Tab.3 Correlation analysis of heterotrophic bacteria abundance and chl a in sediments in the intertidal area in spring and summer

细菌丰度 Heterotrophic Bacteria Abundance	叶绿素 a Chlorophyll a	
	春季 Spring	夏季 Summer
春季 Spring	0.24	N/A
夏季 Summer	N/A	0.24

### 3 结论

(1) 春季和夏季潮间带沉积物中异养细菌丰度的变化范围分别为:  $4.0 \sim 31.9 \times 10^5$  和  $5.9 \sim 53.5 \times 10^5$  cells/g。

(2) 通过比较世界各地沉积物中异养细菌的丰度得出, 本研究区域沉积物中异养细菌丰度处于较低水平, 这可能与本地区沉积物中 POC 含量较低有关。

(3) 该研究区域沉积物中 BB: PB 的值

比较低, 且异养细菌丰度和叶绿素浓度显示出不显著的相关性, 这可能是由于该潮间带有多条河流输入, 它们带来大量营养物质, 以满足底栖藻的生长繁殖需要, 使其大量繁殖。同时沉积物中的异养细菌生长繁殖所需的 DOM 可能有相当一部分来自陆源径流, 并非完全来自底栖藻的溶出物。

### 参考文献

- [1] 刘子琳, 越川海, 宁修仁, 等. 长江冲淡水区细菌生产力研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(4): 93-99.
- [2] Azam, F., Bladon, Christine, et al., The ecological role of water column microbes in the sea [J]. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1983, 10: 257-263.
- [3] Cole, J., and M. Pace, Bacteria production in fresh and saltwater ecosystems: a cross system overview [J]. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1988, 43: 1-10.
- [4] Azam, F., G. F. Steward, Landry, et al., Bacterial transformation and transport of organic matter in the southern California Bight [J]. Prog. in Oceanogr., 1992, 30(4): 151-166.
- [5] 沈国英, 施并章. 海洋生态学(修订版) [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1996: 249.
- [6] 张志南, 田胜艳. 异养细菌在海洋生态系统中的作用 [J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(3): 375-383.
- [7] Azam, F., Microbial control of oceanic carbon flux: the plot thickens [J]. Science, 1998, 280: 694-696.
- [8] Azam, F., D. C. Smith, C. F. Steward, and A. Hagstrom, Bacteria organic matter coupling and its significance for ocean carbon cycling [J]. Microbial Ecology, 1993, 28, 167-179.
- [9] Paerl, H. W., Primary productivity and producers, In: Hurst, C. J., Hudson, G. R., McInerney, M. J., Stetzenbach, L. D., Walter, M. V. (Eds.), Manual of Environ

- mental Microbiology, American Society of Microbiology Press, Washington, 1997: 252-262.
- [10] Giller, P. S., A. G. Hildrew, D. G. Raffaelli (Eds.) *Aquatic Ecology: Scale, Pattern and Processes*. Blackwell Publishers, Oxford, 1994: 649.
- [11] Bernard, L., C. Curties, P. Servais, M. Troussellier, M. Petit, and P. Lebaron, Relationship among Bacterial Cell size, Productivity, and Genetic Diversity in Aquatic Environments using Cell Sorting and Flow Cytometry [J]. *Micro. Ecol.*, 2000, 40: 145-158.
- [12] Vives-Rego, J., P. Lebaron, and G. Nebevon Caron, Current and future applications of flow cytometry in aquatic microbiology [J]. *FEMS Micro. Rev.*, 2000, 24: 429-448.
- [13] 赵三军, 肖天, 岳海东. 秋季东、黄海异养细菌的分布特点 [J]. *海洋与湖沼*, 2003, 34(3): 295-305.
- [14] 郑天凌, 王斐, 徐美珠, 等. 台湾海峡海域细菌产量、生物量及其在微食物环中的作用 [J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(4): 415-423.
- [15] 史君贤, 陈忠元, 胡锡钢. 南麂列岛附近海域表层水及沉积物中细菌的丰度及其在环境中的作用 [J]. *东海海洋*, 1994, 12(3): 57-61.
- [16] 史君贤, 陈忠元, 胡锡钢, 等. 东太平洋铁锰结核区微生物的丰度及其成矿作用研究 [J]. *东海海洋*, 1999, 17(3): 46-54.
- [17] 林凤翔, 卞正和, 关春江, 等. 渤海黄海沿岸几种经济贝类及其生存环境中的异养细菌 [J]. *海洋学报*, 2002, 24(2): 101-106.
- [18] Turley, C. M., and J. L. Dixon, Bacterial numbers and growth in surficial deep sea sediments and phytodetritus in the NE Atlantic: Relationships with particulate organic carbon and total nitrogen [J]. *Deep Sea Research*, Part I: Oceanographic Research Papers, 2002, 49(5): 815-826.
- [19] 肖慧. 渤海湾近岸海域的细菌学研究及其在海岸带环境质量评价中的应用 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
- [20] Niculina Musat, Ursula Werner, Katrin Knittel, et al., Microbial community structure of sandy intertidal sediments in the North Sea, Sylt R m Basin, Wadden Sea [J]. *Systematic and Applied Microbiology*, 2006, 29(4): 333-348.
- [21] Ana Julia Fernandes C. de Oliveira, Heloisa C. Hollnagel, Hilda de S. Lima Mesquita, et al., Physical, chemical and microbiological characterization of the intertidal sediments of Pereque Beach, Guaruj ( SP), Brazil [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2007 54: 921-927.
- [22] 史君贤, 郑国兴, 陈中元, 等. 长江口区海水及沉积物中异养细菌的生态分布 [J]. *海洋通报*, 1984, 6(3): 59-63.
- [23] Lee, S., and J. A. Fuhrman, Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton [J], *Appl. Environ. Microbiol.*, 1987, 53: 1298-1303.
- [24] Harris, G. P., *Picoplankton Ecology, Structure, Function and Fluctuations* [J], Chapman and Hall, 1986: 221-235.
- [25] 赵三军. 黄东海海洋异养细菌的生态学研究 [D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2002.
- [26] Antje Ruseh, Markus Huettel, E. Clare, et al., Activity and distribution of bacterial populations in Middle Atlantic Bight shelf sands [J], *FEMS Microbiology Ecology*, 2003, 44: 89-100.
- [27] 白洁, 张昊飞, 李岍然. 海洋异养浮游细菌生物量及生产力的制约因素 [J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2004, 34(4): 594-602.

## DISTRIBUTION OF HETEROTROPHIC BACTERIA IN SEDIMENTS IN THE SOUTHERN INTERTIDAL AREA OF YELLOW RIVER DELTA

ZHANG Peng<sup>1</sup>, ZOU Li<sup>1,2</sup>, YAO Xiao<sup>1,2</sup>, Hitomi YAMAGUCHI<sup>3</sup>, GUO Xinyu<sup>3</sup>,  
and GAO Huiwang<sup>1,2</sup>

- (1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Key Laboratory of Marine Environment & Ecology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3. Center for Marine Environment Studies (CMES), Ehime University, Matsuyama 7908577, Japan)

**Abstract:** In order to study on the distribution of heterotrophic bacteria in sediments in the southern intertidal area of Yellow River Delta, explore the material supplying for their growth and production, heterotrophic bacteria in sediments were analyzed in April and July 2008, stained with DAPI and counted with fluorescence microscopy. The results showed that the heterotrophic bacteria abundance in sediments ranged at  $4.0 \sim 31.9 \times 10^5$  cells/g dw (averaged at  $11.81 \times 10^5$  cells/g dw) and  $5.9 \sim 53.5 \times 10^5$  cells/g dw (averaged at  $17.80 \times 10^5$  cells/g dw) in spring and summer, respectively. Compared to other similar areas all over the world, the heterotrophic bacteria abundance in this area was at a relatively low level. This may be due to the comparatively low content of POC in sediments (spring averaged at 0.10%, summer averaged at 0.57%). The ratios of BB:PB (Bacteria Biomass, BB; Phytoplankton Biomass, PB) in sediments ranged at 0.02~0.89% (averaged at 0.26%) and 0.09~3.38% (averaged at 0.55%) in spring and summer, respectively, both values were at a low level (<5%). This suggested that the algae in sediments far exceeded the growth demand of heterotrophic bacteria. The insignificant correlations between heterotrophic bacteria abundance and chl-a content in sediments implied that algae was not the primary food source for heterotrophic bacteria. Meanwhile, there are some rivers input into this studying area, which might support the organic matter to the reproduction of heterotrophic bacteria.

**Key words:** Yellow River Delta; intertidal area; sediment; heterotrophic bacteria