

文章编号:1673-9469(2008)03-0101-05

浮游细菌与浮游植物的生物量关系研究

赵海萍^{1,2}, 陶建华², 李清雪¹

(1. 河北工程大学 分析测试中心, 邯郸 056038; 2. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要:于2005年5月~10月对渤海湾的浮游细菌和叶绿素含量进行了3个航次的调查。结果表明,在渤海湾表层水体中,细菌丰度与叶绿素之间存在一定的相关关系,且10月份它们的相关性高度显著($r=0.845, p<0.01$);海洋细菌的生物量占浮游植物初级生产量的0.355%~56.25%;三个季节BB/PB的空间变化都有外海大于近岸的趋势;8月份外源有机物是影响此季节海洋细菌数量变化的主要因素;10月份的初级生产是影响渤海湾水域浮游细菌分布的重要因素。

关键词:渤海湾;浮游细菌;浮游植物;生物量

中图分类号:Q939.1

文献标识码:A

Study on relationships between bacterioplankton and phytoplankton biomass in Bohai Bay

ZHAO Hai-ping^{1,2}, TAO Jian-hua², LI Qing-xue¹

(1. Center of Forecasting and Analysis, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. School of Environment Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The quantities of bacterioplankton and Chl-a were investigated in Bohai Bay from May 2005 to October 2005. The results showed that the correlativity between bacterial abundance and Chl-a's concentration was high in October ($r=0.845, p<0.01$) in surface layer water of Bohai Bay. The percentage of marine bacterial biomass was 0.355%~56.25% during the primary productivity of phytoplankton; The spatial change of BB/PB was higher in offshore than inshore. Exogenous organic matter was an important factor in controlling the distribution of bacterioplankton in August, but it was primary production in October.

Key words: Bohai Bay; bacterioplankton; phytoplankton; biomass

海洋异养浮游细菌能够有效利用溶解性有机碳(DOC)并将其组入颗粒生物量,是海洋生态系统中生物量的重要组成部分。水生细菌与浮游植物的生长繁殖有着密切关系^[1]。一方面,水生细菌能够吸收浮游植物所产生的有机物质,促进自身的生长,同时为浮游植物的生长提供必要的营养和生长因子,并调节浮游植物的微生长环境;另一方面,细菌可以通过参与生物竞争、分泌特殊物质等途径抑制浮游植物的细胞生长,甚至裂解其细胞。浮游细菌和浮游植物的密切关系一直受到人们的关注,如周伟华^[2,3]等对三亚湾的浮游细菌和浮游植物的生物量关系进行了研究,虽然渤海湾

水域的浮游植物^[4]、浮游细菌^[5-7]也已受到关注,但是对于二者之间的关系的研究还是比较少的。本文通过对渤海湾浮游细菌和浮游植物的生物量的调查,对渤海湾海域水体中的浮游细菌与浮游植物之间的关系进行了初步研究。

1 材料与方法

1.1 调查时间和采样站位

2005年5月~10月对渤海湾水域进行了3个航次的海洋细菌总数、叶绿素的调查。调查范围为渤海湾38°40'N~39°10'59"N,117°37'E~118°9'E

收稿日期:2008-05-28

基金项目:国家自然科学基金(50479049);全球环境基金项目 GEF(SETA-2)

特约专稿

作者简介:赵海萍(1979-),女,河南许昌人,硕士,从事海洋微生物生态研究。

区域,调查站位为17个,站位设置如图1。

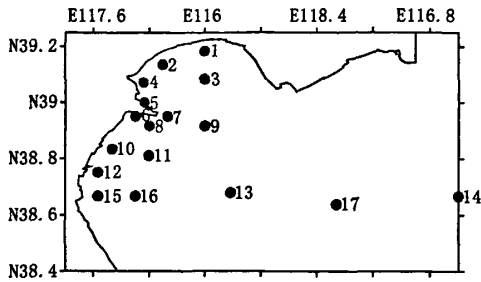


图1 站位分布

Fig.1 Distribution of stations

1.2 细菌的计数方法及叶绿素的测定

用无菌玻璃采样瓶采集表层0.5m左右处的水样,然后用无菌无颗粒甲醛固定。再用可调移液器取1mL的固定水样,加入吖啶橙(Acridine Orange, AO)(终浓度为0.1%)染色1~2min,真空抽滤到黑色微孔滤膜(Nuclepore filter, 0.2 μ , 25mm diameter)上。将抽滤后的滤膜置于载玻片上,有细菌面向上,滴一滴无自发荧光的香柏油,盖上盖玻片,用Leica DM RxA2型全自动多功能显微镜在放大倍数为10 \times 100下观测计数,随机观测10~20个视野,每个视野下30个左右细菌体为宜。然后将视野细菌数转换为每升实际细菌细胞数(cell/L),即为海洋浮游细菌总丰度。

叶绿素的测定是根据分光光度法^[8]进行测定的。

2 结果

2.1 浮游细菌生物量的分布特征

在渤海湾表层水体中,5月份的海洋浮游细菌丰度在 $(6.15 \sim 42.5) \times 10^8$ cell/L,平均值为 20.9×10^8 cell/L;8月份的海洋浮游细菌丰度在 $(5.19 \sim 27) \times 10^8$ cell/L,平均值为 12.8×10^8 cell/L;10月份的海洋浮游细菌丰度在 $(2.64 \sim 19.8) \times 10^8$ cell/L,平均值为 7.4×10^8 cell/L。根据细菌的丰度(cell/L),以每20fgC/cell为转换系数^[9],将细菌丰度转换为以碳单位表示的细菌生物量(Bacterial Biomass, BB)。在渤海湾海域表层水体中,5月份的细菌生物量在0.012~0.085mgC/L之间,平均值为0.042mgC/L,8月份的细菌生物量在0.01~0.054mgC/L之间,平均值为0.026mgC/L,10月份的细菌生物量在0.005~0.04mgC/L之间,平均值为0.015mgC/L。

三个航次的调查结果显示:渤海湾表层水体

中,浮游细菌平均生物量是5月份>8月份>10月份;三个季节在南部海域的养殖区和近岸河口区域都形成了高值区;5月份和8月份的细菌生物量的空间分布是北部海域高于南部海域、近岸和外海(14号、17号站位)的细菌生物量都较高,而10月份细菌生物量的空间分布是南部海域较北部高、近岸海域较外海高。细菌生物量的空间、时间变化情况如图2所示。

2.2 浮游细菌与浮游植物的关系

在渤海湾表层水体中,5月份叶绿素浓度在5.77~24.5 μ g/L之间(平均值为14.55 μ g/L);8月份叶绿素浓度在1.92~45.4 μ g/L之间(平均值为11.32 μ g/L);10月份叶绿素浓度在2.42~90.2 μ g/L之间(平均值为18.708 μ g/L)。通过相关性分析,发现细菌丰度与叶绿素之间存在一定的相关关系,在10月份时它们的相关性非常明显,可高达0.845,而在5月份和8月份相关性不是很明显。

海洋中叶绿素浓度的高低反映着海洋中的浮游植物现存量的高低。叶绿素与浮游植物生物量(Phytoplankton Biomass, PB)之间的转换关系按照1单位叶绿素等于50单位的生物碳来计算^[10],将叶绿素转换为浮游植物生物量。细菌可以利用由浮游植物光合作用产生的溶解有机物进行微生物的二次生长^[11]。在一定条件下,细菌也可以破坏浮游植物的细胞生长,因此,细菌与浮游植物之间的关系是相当密切、复杂的。通常用细菌生物量与浮游植物生物量的比值(BB:PB)来衡量海洋细菌二次生产与初级生产之间数量大小关系,从而体现海洋细菌在海洋生物地球化学循环以及微食物环中的重要性。在渤海湾表层海水中,海洋细菌的生物量占浮游植物初级生产量的0.355%~56.25%,并且最大值和次高值分别出现在8月份的14号和17号站位;BB:PB值总体表现为8月份>5月份>10月份,且三个季节BB:PB的空间变化都有外海大于近岸的趋势。各季节BB:PB值的空间变化情况如图3所示。

3 讨论

3.1 海洋浮游细菌的时空分布

近岸水团和河口含有丰富的陆源性有机营养物质,海洋养殖区的饵料和养殖生物的排泄物也

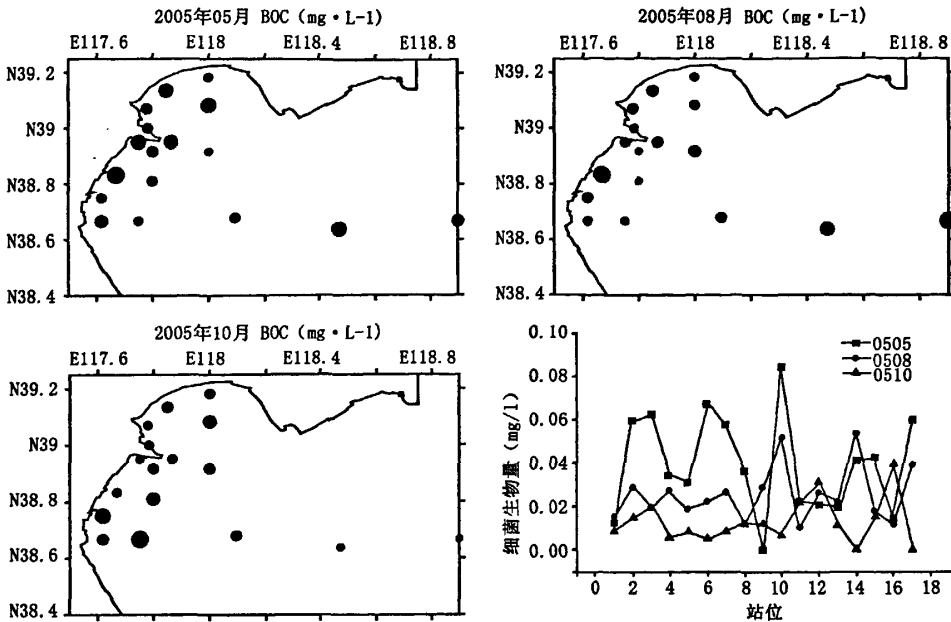


图2. 渤海湾表层海水中浮游细菌生物量水平分布
 Fig.2 Horizontal distribution of the biomass of bacterioplankton in the surface Layer of the Bohai Bay

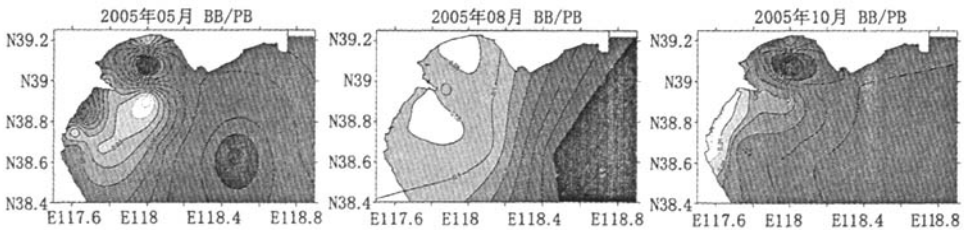


图3. 海洋细菌生物量和浮游植物生物量的关系图
 Fig.3 The relationships between bacterioplankton biomass and phytoplankton biomass

为海洋细菌的大量繁殖提供物质基础,致使这些区域的细菌生物量偏高。TOC 的调查结果也显示 TOC 含量在近岸河口含量较高。这与浮游细菌生物量的调查结果 - 三个季节在近岸河口区域和南部海域的养殖区都形成了浮游细菌生物量的高值区相一致。

在渤海湾表层水体中,5 月份和 8 月份 TOC 的平均含量是北部海区较南部海区高,这是造成这两个季节细菌生物量都是北部较南部高的主要原因,另外,5 月份、8 月份浮游细菌生物量在外海(14 号站位及附近海域)也形成高值,可能是由于潮流、风浪等引起的水团运动、海上污染事件等原因造成的。10 月份 TOC 的调查显示,南部

TOC 含量较北部高,这是造成该季节南部海域的细菌生物量较北部海域高的主要原因;同时该季节也显示了由河流带来的陆源有机污染物通过河流向河口输运,并造成近岸河口细菌生物量较高,向外海逐渐稀释下降的分布特征。

与其他海区的调查结果相比,渤海湾表层海水中的细菌丰度:秋季略高于东、黄海海域^[12],而略低于三亚湾海域^[13];春季时期高于渤海海域的细菌丰度^[14]。

3.2 海洋细菌与浮游植物的关系

很多研究表明,海洋异养细菌主要依靠浮游植物细胞溶出以及浮游动物摄食过程中溶出的溶

解有机物作为碳源生长、增殖的^[15,16]。很多研究指出,浮游植物现存量与海洋异养细菌现存量之间有较明显的相关性,并且把这种现象作为判断异养细菌控制机制的依据之一^[17,18]。渤海湾表层水体中细菌生物量与浮游植物生物量在不同时期相关程度不同。5月份、8月份的BB与PB相关性不是很明显,而10月份BB与PB是高度显著相关。导致以上结果的可能原因有两种:一种是在沿岸海洋生态系统中,海洋细菌可以从其他途径(再悬浮,陆源径流)获得生长增殖所需营养物质,从而掩盖了浮游植物对海洋细菌的作用;另一种是海洋细菌的捕食者以及细菌噬菌体在沿岸生态系统中远高于寡营养的大洋^[19,20],导致海洋细菌现存量的变化,且这种作用也会削弱浮游植物与海洋细菌之间的相关性。

2005年该调查海域的水质污染情况显示:离岸较远的监测站点及其附近海域水质的有机污染程度基本上都是处于贫营养状态,而近岸海域的水质基本上都处于中营养以上状态。渤海湾表层海水中BB:PB值由外海到近岸逐渐变小的变化趋势,与外国学者提出的上行控制由寡营养的大洋到富营养的沿岸生态系统依次减弱^[21]的理论相一致。从BB:PB的数据分析中发现,在渤海湾表层水体中以碳单位来计算的浮游植物的现存量高于异养细菌现存量,如果把整个调查区域看作一个处于稳定状态的生态系统,浮游植物的现存量远可满足异养细菌生长的需求,那么外源营养物质的输入就会加重渤海湾水体的富营养化。

浮游细菌与总有机碳含量和叶绿素含量的相关性显示:8月份浮游细菌的数量与总有机碳含量呈显著负相关性($r = -0.693, p < 0.01$),而与叶绿素含量相关性不高,说明此季节由浮游植物产生的有机物不是渤海湾浮游细菌的主要营养来源,而外源有机物是影响此季节海洋细菌数量变化的主要因素;10月份浮游细菌数量与总有机碳含量的相关性不明显,而与叶绿素含量呈现显著的正相关关系($r = 0.845, p < 0.01$),说明此时期渤海湾海域浮游植物产生的有机物是渤海湾浮游细菌的主要营养来源之一,因此认为10月份的初级生产是影响渤海湾水域浮游细菌分布的重要因素。

4 结论

在渤海湾表层水体中,5月份的海洋浮游细菌

丰度在 $(6.15 \sim 42.5) \times 10^8$ cell/L;8月份的海洋浮游细菌丰度在 $(5.19 \sim 27) \times 10^8$ cell/L;10月份的海洋浮游细菌丰度在 $(2.64 \sim 19.8) \times 10^8$ cell/L。5月份叶绿素浓度在 $5.77 \sim 24.5 \mu\text{g/L}$ 之间;8月份叶绿素浓度在 $1.92 \sim 45.4 \mu\text{g/L}$ 之间;10月份叶绿素浓度在 $2.42 \sim 90.2 \mu\text{g/L}$ 之间。

在渤海湾表层水体中,细菌丰度与叶绿素之间存在一定的相关关系,且10月份时它们的相关性高度显著;海洋细菌的生物量占浮游植物初级生产量的 $0.355\% \sim 56.25\%$,并且最大值和次高值分别出现在8月份;BB:PB值总体表现为8月份 > 5 月份 > 10 月份,且三个季节BB:PB的空间变化都有外海大于近岸的趋势;8月份外源有机物是影响此季节海洋细菌数量变化的主要因素;10月份的初级生产是影响渤海湾水域浮游细菌分布的重要因素。

参考文献:

- [1] 周玉航,潘建明,叶瑛,等. 细菌、病毒与浮游植物相互关系及其对海洋地球化学循环的作用[J]. 台湾海峡,2001,20(3):340-345.
- [2] 周伟华,王汉奎,董俊德,等. 三亚湾秋、冬季浮游植物和细菌的生物量分布特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报,2006,26(8):2633-2639.
- [3] 周伟华,王汉奎,董俊德,等. 海南岛三亚湾浮游植物和细菌生物量时空分布特征及环境制约因素研究[J]. 海洋学报,2007,29(6):110-118.
- [4] 刘素娟,陶建华,赵海萍. 渤海湾浮游植物的多样性分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2007,24(1):74-77.
- [5] 赵海萍,陶建华,李清雪. 渤海湾海域硝化、亚硝化细菌的生态研究[J]. 海洋技术,2005,24(4):44-49.
- [6] 李清雪,赵海萍,陶建华. 渤海湾海域浮游细菌的生态研究[J]. 海洋技术,2005,24(4):50-53.
- [7] 赵海萍,李清雪,陶建华. 海洋细菌荧光显微计数法及其应用[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2007,24(1):57-60.
- [8] GB 17378.4-1998,海洋监测规范[S].
- [9] LEE S, FUHRMAN J A. Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton[J]. Appl. Environ. Microbiol., 1987,53:1298-1303.
- [10] HARRIS G P. Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuations[J]. Chapman and Hall, 1986,36:221-235.
- [11] 郑天凌,王海黎,洪华生. 微生物在碳的海洋生物地球化学循环中的作用[J]. 生态学杂志,1994,13(4):47-50.

- [12] 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.
- [13] 周伟华,王汉奎,董俊德,等. 三亚湾秋、冬季浮游植物和细菌的生物量分布特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2633 - 2639.
- [14] 白洁,李焱然,李正炎,等. 渤海春季浮游细菌分布与生态环境因子的关系[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(6): 841 - 846.
- [15] DUCKLOW H W. Factors regulating bottom - up control of bacteria biomass in open ocean plankton communities [J]. Arch. Hydrobiol. Beih., 1992, 37: 207 - 217.
- [16] JENNIFER C, JAMES A A E, ELLEN T M. Utilization and turnover of labile dissolved organic matter by bacterial heterotrophs in eastern North Pacific surface waters [J]. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1996, 139: 267 - 279.
- [17] KIRCHMAN D L, KEIL G K, SIMON M, *et al.* Biomass and production of heterotrophic bacterioplankton in the oceanic subarctic Pacific [J]. Deep - Sea Res. (I), 1993, 40: 967 - 988.
- [18] SHIAH F K, DUCKLOW H W. Temperature regulation of heterotrophic bacterioplankton abundance, production and specific growth rate in Chesapeake Bay [J]. Limnol Oceanogr., 1994, 39: 1243 - 1258.
- [19] PROCTOR L M, FUHRMAN J A. Viral mortality of marine cyanobacteria and bacteria [J]. Nature, 1990, 343: 60 - 62.
- [20] SUTTLE C A, CHEN F. Mechanisms and rates of decay of marine viruses in seawater [J]. Appl. Environment Microbiol., 1992, 58: 3721 - 3729.
- [21] DUFOUR P, TORRETON J P, COLON M. Advantages of distinguishing the active fraction in bacterioplankton assemblages: some examples [J]. Hydrobiologia, 1996, 207: 295 - 301.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第100页)别为0.948和0.879,经检验相关显著。结合本地的实际条件,合理开发当地的低氟淡水资源是防治地氟病发生的有效途径,而准确划分高低氟含水层是合理开发低氟淡水的技术关键。

为了定量分析地下水中氟含量与相应深度内氟盐含量之间的关系,利用表2资料建立了如下回归方程

$$y = 2.395x - 0.747$$

式中 y - 地下水中氟含量(mg/L); x - 易溶盐氟含量(mg/百克土)。

上式不仅从定量上说明了地层中氟含量对地下水的影响,而且可以利用地层易溶岩氟含量进行高低氟含水层的划分(据上式计算当 $y = 1$ 时, $x = 0.73$ mg/百克土,即成井段地层中易溶岩含量加权平均值 > 0.73 mg/百克土时,该成井段地下水氟含量将大于1mg/L),为水资源的合理开发提供水文地质依据

5 结论

1) 本区高氟水的分布受地貌条件制约,自西向东由冲洪积扇形地区至洼地区氟含量逐渐增高,进入冲积平原地区氟含量逐渐降低。垂直方向上,第一含水组为高氟水,第二、三、四含水组为低氟水,局部有高氟透镜体。

2) 高氟水的形成受多种因素的影响,其中高

含氟地层的存在是形成高氟水的基础,地貌、气候和水文地球化学条件是三个重要的控制因素。区内高氟水主要赋存于洼地相对低钙的水化学环境,即为上述各综合因素影响的具体体现。

3) 地下水中氟含量与开采段地层中易溶盐含量关系密切。据计算当地层中易溶盐含量大于0.73mg/百克土时,该地层成井则地下水氟含量大于1.0mg/L;当地层中易溶盐含量小于0.73 mg/百克土时,该地层成井则为低氟水。

参考文献:

- [1] 戴鸿麟. 地方病环境水文地质[M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [2] 中科院生物环境地球化学研究中心. 地球化学环境[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [3] 李昌静. 氟在地下水中富集条件的分析[A]. 地矿部水文地质与工程地质研究所编. 水文地球化学理论与方法的研究[C]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [4] 苏英, 刘俊峰. 咸阳城区高氟地下水的分布及成因研究[J]. 工程勘察, 2004, (4): 31 - 34.
- [5] 李向全, 祝立人, 侯新伟, 等. 太原盆地浅层高氟水分布及形成机制研究[J]. 地球学报, 2007, 28(2): 55 - 61.
- [6] 韩洪伟, 吴国学, 王永祥, 等. 高氟地下水在内蒙赤峰地区的分布与形成初探[J]. 世界地质, 2004, 23(4): 376 - 381.
- [7] 王家林. 玉田县高氟水成因分析及防治[J]. 水科学与工程技术, 2005, (4): 20 - 21.

(责任编辑 刘存英)

浮游细菌与浮游植物的生物量关系研究

作者: [赵海萍](#), [陶建华](#), [李清雪](#), [ZHAO Hai-ping](#), [TAO Jian-hua](#), [LI Qing-xue](#)
作者单位: [赵海萍, ZHAO Hai-ping \(河北工程大学, 分析测试中心, 邯郸, 056038; 天津大学, 环境科学与工程学院, 天津, 300072\)](#), [陶建华, TAO Jian-hua \(天津大学, 环境科学与工程学院, 天津, 300072\)](#), [李清雪, LI Qing-xue \(河北工程大学, 分析测试中心, 邯郸, 056038\)](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) ISTIC
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (3)
被引用次数: 1次

参考文献(21条)

1. [周玉航;潘建明;叶瑛](#) [细菌、病毒与浮游植物相互关系及其对海洋地球化学循环的作用](#) [期刊论文]-[台湾海峡](#) 2001 (03)
2. [周伟华;王汉奎;董俊德](#) [三亚湾秋、冬季浮游植物和细菌的生物量分布特征及其与环境因子的关系](#) [期刊论文]-[生态学报](#) 2006 (08)
3. [周伟华;王汉奎;董俊德](#) [海南岛三亚湾浮游植物和细菌生物量时空分布特征及环境制约因素研究](#) [期刊论文]-[海洋学报](#) 2007 (06)
4. [刘素娟;陶建华;赵海萍](#) [渤海湾浮游植物的多样性分析](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007 (01)
5. [赵海萍;陶建华;李清雪](#) [渤海湾海域硝化、亚硝化细菌的生态研究](#) [期刊论文]-[海洋技术](#) 2005 (04)
6. [李清雪;赵海萍;陶建华](#) [渤海湾海域浮游细菌的生态研究](#) [期刊论文]-[海洋技术](#) 2005 (04)
7. [赵海萍;李清雪;陶建华](#) [海洋细菌荧光显微计数法及其应用](#) [期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007 (01)
8. GB 17378.4-1998. [海洋监测规范](#)
9. [LEE S;FUHRMAN J A](#) [Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton](#) 1987
10. [HARRIS G P](#) [Phytoplankton ecology, structure, function and fluctuations](#) 1986
11. [郑天凌;王海黎;洪华生](#) [微生物在碳的海洋生物地球化学循环中的作用](#) 1994 (04)
12. [赵三军;肖天;岳海东](#) [秋季东、黄海异养细菌的分布特点](#) [期刊论文]-[海洋与湖沼](#) 2003 (03)
13. [周伟华;王汉奎;董俊德](#) [三亚湾秋、冬季浮游植物和细菌的生物量分布特征及其与环境因子的关系](#) [期刊论文]-[生态学报](#) 2006 (08)
14. [白洁;李岍然;李正炎](#) [渤海春季浮游细菌分布与生态环境因子的关系](#) [期刊论文]-[青岛海洋大学学报\(自然科学版\)](#) 2003 (06)
15. [DUCKLOW H W](#) [Factors regulating bottom-up control of bacteria biomass in open ocean plankton communities](#) 1992
16. [JENNIFER C;JAMES A A E;ELLEN T M](#) [Utilization and turnover of labile dissolved organic matter by bacterial heterotrophs in eastern North Pacific surface waters](#) 1996
17. [KIRCHMAN D L;KEIL G K;SIMON M](#) [Biomass and production of heterotrophic bacterioplankton in the oceanic subarctic Pacific](#) 1993
18. [SHIAH F K;DUCKLOW H W](#) [Temperature regulation of heterotrophic bacterioplankton abundance, production and specific growth rate in Chesapeake Bay](#) [外文期刊] 1994
19. [PROCTOR L M;FUHRMAN J A](#) [Viral mortality of marine cyanobacteria and bacteria](#) 1990

20. [SUTTLE C A;CHEN F Mechanisms and rates of decay of marine viruses in seawater](#) 1992

21. [DUFOUR P;TORRETON J P;COLON M Advantages of distinguishing the active fraction in bacterioplankton assemblages:some examples](#)[外文期刊] 1996

本文读者也读过(10条)

1. [李云. 李道季. LI Yun. LI Daoji 长江口邻近海域浮游细菌分布与环境因子的关系](#)[期刊论文]-[海洋通报](#) 2007, 26(6)

2. [刘诚刚. 宁修仁. 蔡昱明. 郝锵. 乐凤凤. LIU Cheng-gang. NING Xiu-ren. CAI Yu-ming. HAO Qiang. LE Feng-feng 南海北部及珠江口细菌生产力研究](#)[期刊论文]-[海洋学报 \(中文版\)](#) 2007, 29(2)

3. [周伟华. 王汉奎. 董俊德. 胡友木. 张建林. 张偲. ZHOU Wei-Hua. WANG Han-Kui. DONG Jun-De. HU You-Mu. ZHANG Jian-Lin. ZHANG Si 三亚湾秋、冬季浮游植物和细菌的生物量分布特征及其与环境因子的关系](#)[期刊论文]-[生态学](#) 2006, 26(8)

4. [肖慧. 张喆. 张艳. 于庆云. 唐学玺. XIAO Hui. ZHANG Zhe. ZHANG Yan. YU Qing-Yun. TANG Xue-Xi 春秋季节山东南部近岸浮游细菌生态分布](#)[期刊论文]-[中国海洋大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009, 39(4)

5. [穆迪. 袁德奎. 陶建华. MU Di. YUAN De-kui. TAO Jian-hua 地理信息系统在渤海湾水体富营养化研究中的应用](#)[期刊论文]-[海洋技术](#) 2006, 25(1)

6. [肖天 海洋浮游细菌的生态学研究](#)[期刊论文]-[地球科学进展](#) 2001, 16(1)

7. [陈伟珍. 林轩. 邓秀清. 方蕾 湛江港水产养殖区水体氮磷含量及潜在性营养化程度分析](#)[期刊论文]-[海洋渔业](#) 2004, 26(2)

8. [王媛. 徐利淼 天津可持续发展的定量研究](#)[期刊论文]-[天津师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2002, 22(1)

9. [张喆. 肖慧. 蔡恒江. 于庆云. 滕海波. 唐学玺. ZHANG Zhe. XIAO Hui. CAI Heng-jiang. YU Qing-yun. TENG Hai-bo. TANG Xue-xi 山东威海-日照近岸海域浮游细菌的分布特征](#)[期刊论文]-[海洋环境科学](#) 2010, 29(2)

10. [白洁. 时瑶. 宋亮. 李正炎. BAI Jie. SHI Yao. SONG Liang. LI Zheng-Yan 黄海西北部浮游细菌生物量分布特征及其与环境因子的关系](#)[期刊论文]-[中国海洋大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009, 39(4)

引证文献(1条)

1. [郭凯旋. 张瑜斌. 章洁香. 孙省利 雷州半岛近海夏季浮游植物和浮游细菌生物量的分布及其影响因素](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2012(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200803029.aspx