

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

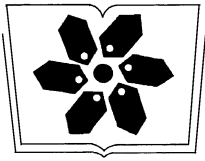
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 4 期  
Vol.31 No.4  
**2011**



中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 4 期      2011 年 2 月      (半月刊)

## 目 次

短期增温对青藏高原高寒草甸植物群落结构和生物量的影响 .....	李 娜,王根绪,杨 燕,等 (895)
三峡库区 9 种植物种子萌发特性及其在植被恢复中的意义 .....	陶 敏,鲍大川,江明喜 (906)
白蜡虫及其 3 种优势寄生蜂的时空生态位 .....	王自力,陈 勇,陈晓鸣,等 (914)
宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性 .....	贺 奇,王新谱,杨贵军 (923)
脂肪酸对中华哲水蚤摄食两种海洋微藻的指示作用 .....	刘梦坛,李超伦,孙 松 (933)
安徽菜子湖大型底栖动物的群落结构特征 .....	徐小雨,周立志,朱文中,等 (943)
乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应 .....	彭 欣,谢起浪,陈少波,等 (954)
海蜇养殖对池塘底泥营养盐和大型底栖动物群落结构的影响 .....	冯建祥,董双林,高勤峰,等 (964)
竹巴笼矮岩羊 ( <i>Pseudois schaeferi</i> ) 昼间行为节律和时间分配 .....	刘国库,周材权,杨志松,等 (972)
干热河谷植物叶片,树高和种子功能性状比较 .....	郑志兴,孙振华,张志明,等 (982)
石羊河中游沙漠化逆转过程土壤种子库的动态变化 .....	马全林,张德魁,刘有军,等 (989)
基于 TM 影像、森林资源清查数据和人工神经网络的森林碳空间分布模拟 .....	汪少华,张茂震,赵平安,等 (998)
山地视觉景观的 GIS 评价——以广东南昆山国家森林公园为例 .....	裘亦书,高 峻,詹起林 (1009)
基于功能分类的城市湿地公园景观格局——以西溪湿地公园为例 .....	李玉凤,刘红玉,郑 因,等 (1021)
水分胁迫下丛枝菌根 AM 真菌对民勤绢蒿生长与抗旱性的影响 .....	贺学礼,高 露,赵丽莉 (1029)
农田灌溉对印度区域气候的影响模拟 .....	毛慧琴,延晓冬,熊 喆,等 (1038)
高大气 CO <sub>2</sub> 浓度下小麦旗叶光合能量利用对氮素和光强的响应 .....	张绪成,于显枫,马一凡,等 (1046)
豌豆过氧化氢酶在烟草叶绿体中的过量表达提高了植物的抗逆性 .....	王凤德,衣艳君,王海庆,等 (1058)
不同小麦品种对低温胁迫的反应及抗冻性评价 .....	王树刚,王振林,王 平,等 (1064)
基于遥感与模型耦合的冬小麦生长预测 .....	黄 彦,朱 艳,王 航,等 (1073)
喷施 ABA 对两个穗型不同小麦穗颈节伤流、穗部性状及产量的影响 .....	崔志青,尹燕枰,田奇卓,等 (1085)
“稻鸭共生”生态系统稻季 N、P 循环 .....	张 帆,隋 鹏,陈源泉,等 (1093)
红壤丘陵区粮食生产的生态成本 .....	李 晓,谢永生,张应龙,等 (1101)
甘南牧区草畜平衡优化方案与管理决策 .....	梁天刚,冯琦胜,夏文韬,等 (1111)
黄龙钙化滩流地物种-面积关系 .....	黄宝强,罗毅波,安德军,等 (1124)
杉木人工林细根寿命的影响因素 .....	凌 华,袁一丁,杨智杰,等 (1130)
长白落叶松林龄序列上的生物量及碳储量分配规律 .....	巨文珍,王新杰,孙玉军 (1139)
生物肥与甲壳素和恶霉灵配施对香蕉枯萎病的防治效果 .....	张志红,彭桂香,李华兴,等 (1149)
北京城区不同水质水体可培养细菌数量的季节动态变化 .....	高 程,黄满荣,陶 爽,等 (1157)
<b>专论与综述</b>	
整树水力导度协同冠层气孔导度调节森林蒸腾 .....	赵 平 (1164)
植物寄生对生态系统结构和功能的影响 .....	李钧敏,董 鸣 (1174)
加拿大一枝黄花的入侵机理研究进展 .....	杨如意,答树婷,唐建军,等 (1185)

# 北京城区不同水质水体可培养细菌数量的季节动态变化

高程<sup>1,2</sup>, 黄满荣<sup>3</sup>, 陶爽<sup>1,4</sup>, 孙翔<sup>1,2</sup>, 黎景<sup>1,5</sup>, 郭良栋<sup>1,\*</sup>

(1. 中国科学院微生物研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 北京自然博物馆, 北京 100050;  
4. 齐齐哈尔大学生命科学与工程学院, 齐齐哈尔 161006; 5. 首都师范大学生命科学学院, 北京 100048)

**摘要:** 2008年8月—2009年7月, 利用平板菌落计数方法, 研究了北京不同水质等级(Ⅱ—Ⅴ)的团城湖、昆明湖、紫竹园湖、玉渊潭湖、陶然亭湖、龙潭湖、北海、通惠河等8个水体可培养细菌数量的季节动态变化。结果表明: 温度最低的2月份可培养细菌数最低( $4.72 \pm 6.37$ ), 而温度最高的8月份可培养细菌数最高( $8.04 \pm 3.72$ ); 总平均可培养细菌数由高到低的顺序为夏季(6—8月) > 秋季(9—11月) > 冬季(12—2月) > 春季(3—5月), 而且夏季、秋季显著高于春季; 相关性分析表明可培养细菌数与温度显著正相关。可培养细菌数量随水质等级的增加而升高, 其中Ⅴ级水体可培养细菌数量显著高于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级水体, 而Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级水体之间的可培养细菌数量没有显著差异; 相关性分析表明可培养细菌数与水质等级显著正相关。不同污染等级水体可培养细菌数的季节变化不同, 低污染水体(团城湖、昆明湖、玉渊潭湖、北海)可培养细菌数在不同季节之间差异显著, 夏、秋季显著高于冬、春季; 而高污染水体(陶然亭湖、紫竹园湖、龙潭湖、通惠河)可培养细菌数的季节差异不显著。在不同水质等级中可培养细菌数与水温相关性存在明显差异, 其中低污染的Ⅱ、Ⅲ级水体可培养细菌数与温度显著正相关, 而高污染的Ⅳ、Ⅴ级水体可培养细菌数与温度相关性不显著。研究结果显示温度和水质等级是影响可培养细菌数的重要因素。

**关键词:** 可培养细菌; 季节动态; 温度; 水质

## Seasonal dynamics of culturable bacterium numbers in freshwater bodies of different water quality in Beijing

GAO Cheng<sup>1,2</sup>, HUANG Manrong<sup>3</sup>, TAO Shuang<sup>1,4</sup>, SUN Xiang<sup>1,2</sup>, LI Jing<sup>1,5</sup>, GUO Liangdong<sup>1,\*</sup>

1 Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Museum of Natural History, Beijing 100050, China

4 College of Life Science and Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China

5 College of Life Science, Capital Normal University, Beijing 100048, China

**Abstract:** Investigation of seasonal dynamics of culturable bacterium (CB) numbers in freshwater bodies is essential in understanding the bacterium response to various class quality water systems, and subsequently should provide critical knowledge on the bioremediation of contaminated water.

In this study, eight representative freshwater bodies in Beijing were selected which can be categorized into four different water quality levels (Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, and Ⅴ). Among these water bodies, Tuancheng lake, Kunming lake, Yuyuantan lake, and Beihai lake were regarded as low pollution sites, because the water quality in the sites were better than Ⅲ-class standards during the most time of a year. However, Taoranting lake, Zizhuyuan lake, Longtan lake, and Tonghui river were regarded as highly contaminated sites, because the water quality in these sites were worse than Ⅳ-class during the most time of a year. The seasonal dynamics of CB numbers in the eight freshwater bodies were investigated using culture method from August 2008 to July 2009. The results indicated that CB numbers were lowest ( $4.72 \pm 6.37$ ) in February and

基金项目: 北京市财政项目(京财预指[2008]第0178号)

收稿日期: 2010-01-20; 修订日期: 2010-06-05

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: guold@sun.im.ac.cn

highest ( $8.04 \pm 3.72$ ) in August. The total average numbers of culturable bacteria from high to low were  $6.68 \pm 1.91$  in summer (Jun. — Aug.),  $6.60 \pm 2.10$  in autumn (Sept. — Nov.),  $5.80 \pm 2.33$  in winter (Dec. — Feb.), and  $4.90 \pm 2.04$  in spring (Mar. — May). The average culturable bacteria numbers were significantly lower in spring than that in summer and autumn, but there were no significant difference of BN number between spring and winter and among the summer, autumn and winter. There was a statistically significant positive correlation between the CB numbers and temperature. CB numbers were elevated with the increase of water quality class, and CB numbers reached the highest in V-class water quality sites. On the other hand, no significant difference in CB numbers among the II-, III- and IV-class water quality sites. CB numbers were positively correlated with water quality class. There was a significant seasonal dynamics of CB numbers in low pollution sites with II- and III-class water quality, but not in high pollution sites with IV- and V-class water quality. The average numbers of culturable bacteria in low pollution sites were  $6.54 \pm 2.06$  in summer,  $6.33 \pm 1.73$  in autumn,  $4.75 \pm 1.83$  in winter, and  $4.26 \pm 1.09$  in spring. Two ranges could thus be divided in terms of numbers into high ( $6.54 - 6.33$ , summer and autumn) and low ( $4.75 - 4.26$ , winter and spring), and the difference between high and low ranges was statistically significant. However, no significant difference exists within high range seasons (spring and winter) and low range seasons (summer and autumn). In comparison, the average numbers of culturable bacteria in highly contaminated sites were  $6.86 \pm 2.32$  in autumn,  $6.85 \pm 2.39$  in winter,  $6.82 \pm 1.83$  in summer, and  $5.52 \pm 2.58$  in spring. No significant difference was observed in terms of average culturable bacteria number among spring, summer, autumn, and winter. CB numbers were positively correlated with temperature for the II- and III-class water quality sites, but no significant correlation between CB numbers and temperature for IV- and V-class water quality sites. The results demonstrated that the CB numbers were significantly influenced by temperature and water quality.

**Key Words:** culturable bacterium; seasonal dynamic; temperature; water quality

水体细菌是水体生态系统中的重要组成部分,在物质和能量循环中发挥重要的生态功能,特别是它可以吸收其他生物无法利用的有毒有害物质如重金属、石油污染物、有机磷化学农药和环境荷尔蒙 17B 雌二醇 (E2) 等,从而达到稳定水环境和污染水体的修复作用<sup>[1-5]</sup>。因此,开展水体浮游细菌群落结构和季节动态变化研究正日益受到重视<sup>[5-7]</sup>。

在水体生态系统中细菌的数量受温度和营养等因素影响<sup>[6, 8-15]</sup>。马继波等研究了粤东海水增殖区浮游细菌数量的变化,发现温度是控制浮游细菌数量季节变化的主要因素<sup>[14]</sup>。冯胜等对内陆水体太湖北部地区的研究发现,浮游细菌数量主要受温度和浮游植物来源有机碳的影响<sup>[6]</sup>。因为温度升高可以提高浮游细菌的繁殖与生长;同时可增强浮游植物的光合作用,促使其生长,导致水体中有机物质含量增加,进而间接影响浮游细菌的数量<sup>[6]</sup>。然而在城市水体的碳源营养物质组成中,除了浮游植物光合固定的碳源外,外源输入的碳源也是重要的组成部分<sup>[16-17]</sup>。而这些外源碳源可能对水体细菌数量有重要的影响,如 Vrede 等发现湖泊浮游细菌的群落组成直接受外来营养施加的影响<sup>[18]</sup>,Carlson 等也发现海洋浮游细菌的数量和群落组成受外来施加营养的影响<sup>[19]</sup>,Wei 等发现季节和富营养化水平是决定浮游细菌群落结构的重要因素<sup>[15]</sup>。因此,进行城市水体浮游细菌分布规律及影响因素的研究,对深入阐明其在水体生态系统中的作用具有重要科学意义。

不同的细菌类群在水体中的分解作用不同,如在普通牛肉膏蛋白胨培养基上生长的细菌可能代表了对外来含氮有机污染物具有较强分解能力的微生物类群,而有机氮素如蛋白质、多肽、氨基酸、尿素等是富营养水体的主要污染元素<sup>[3]</sup>。因此,这一类群的细菌可能在氮污染水体的治理上具有重要的应用潜力。

北京是一座因水而建、因水而兴的城市,保留到现在的河流有 30 多条,一定规模湖泊 26 处<sup>[20]</sup>,它是北京城市的重要组成部分,具有供水、防洪、景观旅游与生态服务等功能<sup>[21]</sup>。密云水库是北京市区的重要水源,经京密引水渠进入北京的团城湖(昆明湖),再经长河、昆玉河进入北京水体的二环水系,通过二环水系的通惠

河段流出北京城区<sup>[20]</sup>。

因此,本研究选择北京城区不同污染程度的 8 个水体,通过对水系可培养细菌数量的变化研究,揭示北京城市水体可培养细菌数量的季节变化规律及其与温度和水质关系,为北京城市水系的治理,提高其生态和服务功能提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 地点与水样采集

本实验选择北京城区二环水系的团城湖、昆明湖、紫竹园湖、玉渊潭湖、陶然亭湖、龙潭湖、北海和通惠河 8 个水体。北京市环保局公布的 2008—2009 年水质情况(表 1),其中团城湖、昆明湖、玉渊潭湖和北海的水质在大部分时间都不超过Ⅲ级,而陶然亭湖、紫竹园湖、龙潭湖和通惠河的水质至少在半年时间内处于Ⅳ、Ⅴ级。因此把团城湖、昆明湖、玉渊潭湖、北海作为低污染水体,而把陶然亭湖、紫竹园湖、龙潭湖、通惠河作为高污染水体。

2008 年 8 月至 2009 年 7 月,每月 1—5 日,在 8 个水体内定点采集水样 1 次。本研究中,将同一水质等级的不同水体作为重复,因此,对每一水体只设置一个采样点。将灭菌的带塞玻璃瓶放到水面下 20cm (10—30cm) 处,打开瓶塞,水流满瓶后,将瓶塞盖好,从水中取出,采集的水样在 2h 内带回实验室并立即分析。采样的同时测量水体温度。

### 1.2 细菌数量测定

本实验利用平板菌落计数方法测定水体的可培养细菌数量<sup>[22-23]</sup>。具体方法如下:将各水样取 1mL 分别进行 10、100、1000、10000 倍稀释,取各稀释液 1 mL 置无菌平板内,倾注 15 mL 灭菌的牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,混匀、凝固后在 37℃ 下倒置培养 48 h,记录平板上菌落数并计算 1mL 原液菌落形成单位数(colony forming unit, CFU),对 CFU 值取对数  $\ln(\text{CFU})$  进行分析。

表 1 各采样地点不同月份水体温度(℃)和水质等级

Table 1 Water temperature (°C) and quality class in different months and sites

地点 Site	参数 Parameter	月份 Month											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
团城湖	温度	0	0	3	8.5	18	19.5	25	27	25	19	12	5
Tuancheng lake	水质	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
昆明湖	温度	2	2	3	8.5	22	23	25	29	25	20	9	3
Kunming lake	水质	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
玉渊潭湖	温度	2	2.5	5	8.5	23	23	28	28.5	25	19	11	3
Yuyuantan lake	水质	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
北海	温度	0	0	5	9	23	23	28	28	25	18.5	11	3
Beihai lake	水质	Ⅱ—Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ—Ⅲ	Ⅱ—Ⅲ	Ⅱ—Ⅲ	Ⅱ—Ⅲ	Ⅱ—Ⅲ	Ⅲ—Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
紫竹园湖	温度	0.5	0.5	5	8.5	22	22	27	28.5	25	18	10	5
Zizhuyuan lake	水质	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
陶然亭湖	温度	3	2	5	9	23	24	28	29.5	25	20	13	3
Taoranting lake	水质	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
龙潭湖	温度	1	1	5	9.5	23	24	28	29	25	20	11	3
Longtan lake	水质	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ
通惠河	温度	9	10	13	18	28	35	40	40.5	37	28	24.5	8
Tonghui river	水质	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ	Ⅴ

### 1.3 数据统计分析

通过方差分析不同水质等级和不同季节细菌数量的差异;利用相关性分析温度、水质等级因素与可培养细菌数量的关系。所有统计分析均在 SPSS 17.0 (SPSS Inc, Chicago, USA) 上完成。

表 2 不同地点和月份的可培养细菌数(ln(CFU))

Table 2 The number (ln CFU) of culturable bacterium in different sites and months

月份 Month	地点 Site									总平均数 Total mean numbers
	团城湖 Tuancheng lake	昆明湖 Kunming lake	玉渊潭湖 Yuyuantan lake	北海 Beihai lake	紫竹园湖 Zizhuyuan lake	陶然亭湖 Taoranting lake	龙潭湖 Longtanhu lake	通惠河 Tonghui river		
1	6.05	7.42	3.56	3.47	8.08	6.86	3.66	9.07	5.73 ± 4.91	
2	3.45	3.02	2.77	4.7	1.5	7.75	5.99	8.61	4.72 ± 6.37	
3	3.04	3.04	6.82	3.74	4.17	2.74	5.06	10.47	4.89 ± 6.89	
4	5.6	4.65	3.71	4.3	4.17	3.76	5.1	7.544	4.85 ± 1.60	
5	4.08	3.51	3.93	4.88	4.22	4.13	3.97	8.63	4.67 ± 2.71	
6	7.61	6.27	5.94	3.37	4.65	6.05	3.85	7.66	5.68 ± 2.56	
7	5.81	5.37	9.37	4.77	6.04	5.97	5.48	7.8	6.33 ± 2.28	
8	8.63	6.54	4.56	10.22	9.38	7.05	7.92	9.98	8.04 ± 3.72	
9	6.75	7.23	6.09	8.18	7.5	9.21	6.16	8.9	7.50 ± 1.40	
10	8.72	9.41	4.88	4.87	7.14	2.3	4.17	9.14	6.90 ± 3.71	
11	5.41	5.72	4.17	4.58	3.78	8.04	7.13	8.9	5.97 ± 3.51	
12	6.95	5.46	7.38	2.77	6.28	8.02	6.06	9.35	6.53 ± 3.81	

## 2 结果

### 2.1 可培养细菌数量的季节变化

北京城区 8 个水体年周的水温范围是 0—40.5℃, 其中通惠河的水温范围是 8—40.5℃, 而且在相同的月份中通惠河的水温比团城湖、昆明湖、紫竹园湖、玉渊潭湖、陶然亭湖、龙潭湖、北海等 7 个水体的高 10℃ 左右, 而这 7 个水体之间在相同月份的温度差异不大(表 1)。这是因为通惠河附近有一个热电厂, 生产废水进入河道, 使得水体温度常年较高。8 个水体的总平均可培养细菌数在温度最低的 2 月份最低(4.72 ± 6.37), 而在温度最高的 8 月份最高(8.04 ± 3.72) (表 2)。总平均可培养细菌数由高到低的顺序为: 夏季(6—8 月) > 秋季(9—11 月) > 冬季(12—2 月) > 春季(3—5 月), 而且夏季、秋季显著高于春季(表 3)。相关性分析结果显示可培养细菌数与温度显著正相关(图 1)。结果表明温度是影响可培养细菌数量的一个重要因素。

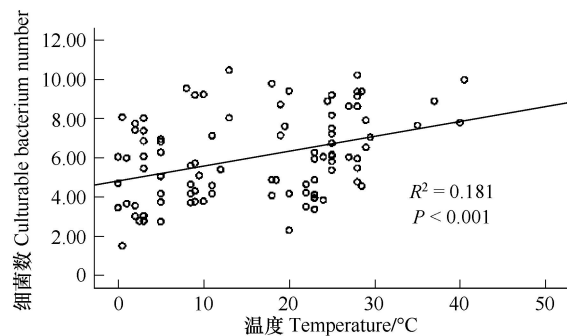


图 1 可培养细菌数与温度的相关性

Fig. 1 The correlation between culturable bacterium number and temperature

表 3 不同污染等级水体中可培养细菌数的季节变化

Table 3 The seasonal variation of culturable bacterium numbers in different pollution classes

季节 Season	总水体 Total sites	低污染水体 Low pollution site	高污染水体 High pollution site
春 Spring	4.90 ± 2.04a	4.26 ± 1.09a	5.52 ± 2.58a
夏 Summer	6.68 ± 1.91b	6.54 ± 2.06b	6.82 ± 1.83a
秋 Autumn	6.60 ± 2.10b	6.33 ± 1.73b	6.86 ± 2.32a
冬 Winter	5.80 ± 2.33ab	4.75 ± 1.83a	6.85 ± 2.39a

\* 同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

### 2.2 不同水质等级水体中细菌数量的变化

本研究所选择的 8 个地点跨 II、III、IV、V 4 个水质等级(表 1)。可培养细菌数随水质等级升高而增加, 其中 V 级水体可培养细菌数显著高于 II、III、IV 级水体, 而 II、III、IV 级水体之间的细菌数没有显著差异(图

2);相关性分析结果显示细菌数与水质等级显著正相关(图3),结果表明水质是影响细菌数量的另一重要因素。

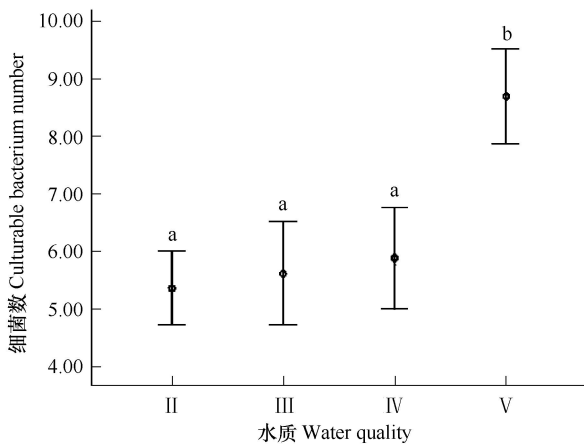


图2 不同水质等级的可培养细菌数

Fig. 2 Culturable bacterium number in different class water quality

\* 不同字母表示细菌数差异显著( $P < 0.05$ )

### 2.3 温度对不同水质等级水体细菌数的影响

不同等级水体细菌数的季节变化不同,其中低污染水体(团城湖、昆明湖、玉渊潭湖、北海)可培养细菌数由高到低的顺序为:夏季(6—8月) > 秋季(9—11月) > 冬季(12—2月) > 春季(3—5月),而且夏、秋季显著高于冬、春季(表3),而高污染水体(陶然亭湖、紫竹园湖、龙潭湖、通惠河)可培养细菌数由高到低的顺序为:秋季(9—11月) > 冬季(12—2月) > 夏季(6—8月) > 春季(3—5月),但是不同季节之间没有显著差异(表3)。不同水质等级细菌数与温度的相关性分析结果显示,II、III级水体的可培养细菌数与温度显著正相关,而IV、V级水体的可培养细菌数与温度无显著相关性(图4)。

### 3 讨论

检测环境中细菌数量的方法很多,如直接计数法和本文采用的培养计数法。直接计数法是利用DAPI等染料染色后,在荧光显微镜下计数,该方法能比较准确记录样品中的细菌数量<sup>[24]</sup>。而培养法记录的只是适合在培养基上生长的细菌类群,该法只能反映自然环境中的部分( $< 5\%$ )细菌数<sup>[25]</sup>,因此,培养法获得的细菌数并不能反应水体细菌数的真实情况,但是,培养法仍有一定的优势,例如利用不同的培养基,可以选择性地反映水体中对不同资源具有较强利用能力的细菌类群。如本研究中利用的牛肉膏蛋白胨培养基分离的细菌可以反映对水体有机氮素如蛋白质、多肽、氨基酸、尿素等具有较强分解能力的细菌类群。

#### 3.1 季节对细菌数量的影响

北京地处北温带,水温夏秋季高、冬春季低。本研究结果显示8个水体的总平均可培养细菌数夏季(6—8

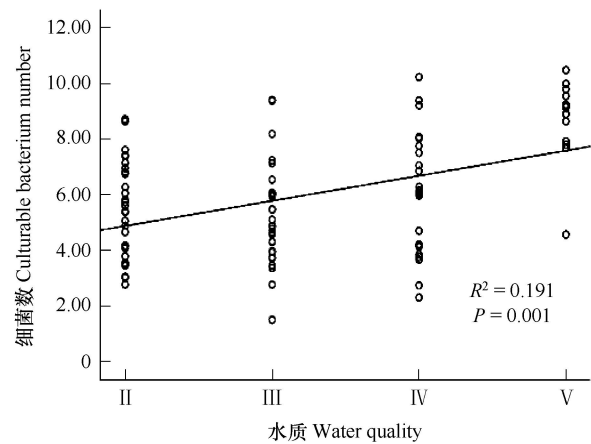


图3 可培养细菌数与水质等级的相关性

Fig. 3 The correlation between culturable bacterium number and water quality

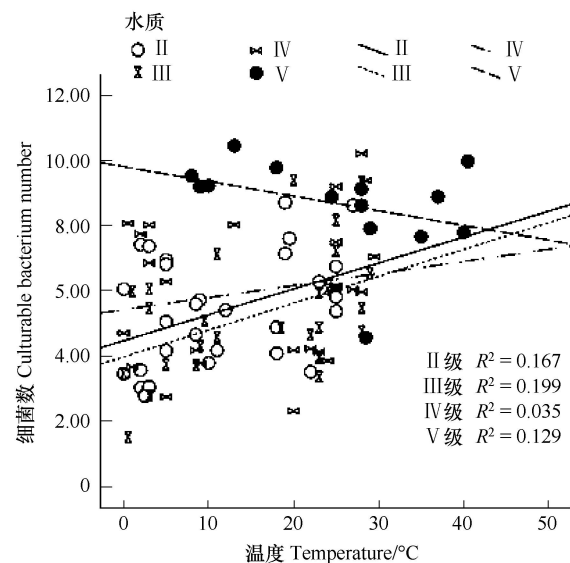


图4 不同水质等级水体可培养细菌数与温度的相关性

Fig. 4 The correlation between culturable bacterium number and temperature in different water quality

月) > 秋季(9—11月) > 冬季(12—2月) > 春季(3—5月), 夏季、秋季显著高于春季, 而且温度与细菌数显著正相关。前人的研究结果也表明水温是影响水体浮游细菌数量的重要因素<sup>[6, 8-13]</sup>, 如 Liu 等在武汉东湖和冯胜等在太湖的研究结果表明, 水体细菌数在夏秋季(5—10月) 高于冬春季(11—4月)<sup>[6, 13]</sup>。这主要是因为一方面夏秋季节浮游植物的大量繁殖, 光合作用产生的大量可溶性有机物为细菌生长繁殖提供了丰富的营养物质<sup>[6]</sup>; 另一方面冬春季水温相对较低, 抑制了细菌的新陈代谢, 而夏秋季水温较高, 促进了细菌自身的新陈代谢, 并加快了细菌的生长增殖速率<sup>[6]</sup>。

### 3.2 水质对细菌数量的影响

本研究结果表明可培养细菌数从Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ到Ⅴ级水体依次增加, 而且可培养细菌数与水质等级显著正相关。前人的研究结果也表明水质等级是影响水体浮游细菌数量的重要因素。如 Porter 等对英国 5 个不同富营养化程度水体的研究发现, 富营养化程度越高, 水体浮游细菌的数量越高<sup>[25]</sup>。柴晓娟等对镇江内江水体的研究和冯胜等对太湖的研究也发现污染越严重的水体中细菌数越高, 而且细菌数与生物需氧量 BOD 显著正相关<sup>[6, 26]</sup>。这可能是因为水质污染等级越高, 水体中营养物质(污染物) 的含量越丰富, 而丰富的营养物质促进细菌生长。

### 3.3 温度、水质对细菌数量的共同影响

本研究结果表明不同污染程度水体中可培养细菌数的季节变化不同。低污染水体可培养细菌数有显著季节差异, 而高污染水体的可培养细菌数没有显著季节差异。不同水质等级可培养细菌数量与水温相关性也显现出明显差异, 其中Ⅱ、Ⅲ级水体可培养细菌数与温度显著正相关, 而Ⅳ、Ⅴ级水体可培养细菌数与温度无显著相关性。冯胜等对武汉东湖的研究也发现受人类活动干扰较大的河口区的细菌数量与温度的相关性低于受干扰较小的湖心区<sup>[6]</sup>。产生这种差异的原因, 可能是在低污染的Ⅱ、Ⅲ级水体中细菌生长所需的营养物质主要来源于浮游植物, 而浮游植物的生长受温度控制, 因此温度通过控制浮游植物的生长而间接影响细菌的生长。而在高污染的(Ⅳ—Ⅴ级) 水体中, 细菌生长所需的营养物质除浮游植物产生外, 还有大量的外来营养物质(污染物), 而这些外来的营养物质减弱了细菌对植物来源营养的依赖程度。由于污染物的排放不受温度影响, 因此在中、高污染水体中温度对细菌数量的影响不显著。如 Liu 等在武汉东湖的研究结果表明, 水体细菌数与中、富营养湖的叶绿素含量正相关, 而在过营养湖中二者负相关<sup>[13]</sup>。此外, 高污染水体通惠河周围有一个热电厂, 生产废水排入通惠河, 使其水温在不同季节一直较高, 因此细菌的代谢活力受季节变化的影响较小, 这也是高污染水体不受温度影响的一个原因。同样在温度一直很高的热带三亚湾的研究结果证明温度不是影响水体细菌数量的重要因素<sup>[27]</sup>。

### 3.4 结论

北京城区水体总平均可培养细菌数有明显的季节变化, 而且随水质等级的升高而增加; 可培养细菌数与温度和水质有显著的正相关性。不同污染水质等级中可培养细菌数量与温度相关性显现出明显差异。温度和水质等级是影响可培养细菌数量的关键因子。

#### Reference:

- [ 1 ] Cui Z L, Li S P. Microbial decomposition of chemical pesticide and the mechanism. *Jiangsu Environmental Science and Technology*, 1998, 11 (3): 1-5.
- [ 2 ] Wang Y E, Li F S, Tang Q J, Xiao Y C, He F. Degradation performance of environmental hormones by planktonic microbe in river. *China Water & Wastewater*, 2005, 21(9): 5-9.
- [ 3 ] Sun J G, Jiang R B, Ren T G, Wang L G, Xu J. Prospect for farm land and water pollution and microorganism repair in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2008, 29(1): 41-47.
- [ 4 ] Chen Y, Li Y, Du G C, Chen J. Bioremediation of the water contaminated by petroleum. *Technology of Water Treatment*, 2003, 29 (5): 249-252.
- [ 5 ] Liu H X, Song X Y, Huang L M, Tan Y H. Progress in the mechanism of modulation on marine bacterial production. *Ecological Science*, 2008, 27(1): 61-64.
- [ 6 ] Feng S, Gao G, Qin B Q, Chen M. Variability of bacterioplankton in the north zone of Lake Taihu. *Journal of Lake Science*, 2006, 18(6): 636-



642.

- [ 7 ] Xiao T. The study on marine bacterioplankton ecology. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16(1): 60-64.
- [ 8 ] Pomeroy L, Wiebe W. Temperature and substrates as interactive limiting factors for marine heterotrophic bacteria. *Aquatic Microbial Ecology*, 2001, 23(2): 187-204.
- [ 9 ] White P, Kalf J, Rasmussen J, Gasol J. The effect of temperature and algal biomass on bacterial production and specific growth rate in freshwater and marine habitats. *Microbial Ecology*, 1991, 21(1): 99-118.
- [ 10 ] Jaspers E, Nauhaus K, Cypionka H, Overmann J. Multitude and temporal variability of ecological niches as indicated by the diversity of cultivated bacterioplankton. *FEMS Microbiology Ecology*, 2001, 36(2/3): 153-164.
- [ 11 ] Sommaruga R, Conde D. Seasonal variability of metabolically active bacterioplankton in the euphotic zone of a hypertrophic lake. *Aquatic Microbial Ecology*, 1997, 13(3): 241-248.
- [ 12 ] Choi D, Park J, Hwang C, Huh S, Cho B. Effects of thermal effluents from a power station on bacteria and heterotrophic nanoflagellates in coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, 2002, 229: 1-10.
- [ 13 ] Liu Y, Zhang Q, Yuan X, Li Z, Gui J. Seasonal variation of virioplankton in a eutrophic shallow lake. *Hydrobiologia*, 2006, 560(1): 323-334.
- [ 14 ] Ma J B, Dong Q X, Huang C J. The temporal and spatial distribution of bacterioplankton in a large scale mariculture located in Zhelin bay, eastern Guangdong province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2): 477-485.
- [ 15 ] Wei C L, Bao S M, Zhu X Y, Huang X M. Spatio-temporal variations of the bacterioplankton community composition in Chaohu lake, China. *Progress in Natural Science*, 2008, 18(9): 1115-1122.
- [ 16 ] Li H Y, Che W, Huang Y. Total non-point pollution contribution to storm runoff of Changhewan river in Beijing. *Water & Wastewater*, 2008, 34(3): 56-59.
- [ 17 ] Qiu H J, Cheng X, Chang X, Guo S M, Zhang A J. The analysis of Beijing water resource. *Journal of Beijing Agricultural College*, 2004, 19(4): 4-9.
- [ 18 ] Vrede K, Vrede T, Isaksson A, Karlsson A. Effects of nutrients (phosphorous, nitrogen, and carbon) and zooplankton on bacterioplankton and phytoplankton — a seasonal study. *Limnology and Oceanography*, 1999, 44(7): 1616-1624.
- [ 19 ] Carlson C A, Giovannoni S J, Hansell D A, Goldberg S J, Parsons R, Otero M P, Vergin K, Wheeler B R. Effect of nutrient amendments on bacterioplankton production, community structure, and DOC utilization in the northwestern Sargasso sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 2002, 30(1): 19-36.
- [ 20 ] Wu Y H, Fu H. Trait of urban water system property and its tourism utility and preservation in Beijing. *Journal of Capital Normal University: Natural Sciences Edition*, 2004, 25(2): 66-70.
- [ 21 ] Du G S, Wang J T. Trophic state analysis of urban lakes and rivers of Beijing. *Beijing Water Resource*, 2002, (6): 25-27.
- [ 22 ] Institute of Nutrient and Food Security, Chinese Center for Disease Control and Prevention. GB/T 4789.2-2008 Microbiological examination of food hygiene: determination of bacterial colony number. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [ 23 ] Shen P, Fan X R, Li G W. Experiments of microbiology. Beijing: Higher Education Press, 1999: 92-95.
- [ 24 ] Porter K, Feig Y, The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography*, 1980, 25(5): 943-948.
- [ 25 ] Porter J, Morris S, Pickup R. Effect of trophic status on the culturability and activity of bacteria from a range of lakes in the English lake district. *Applied and Environmental Microbiology*, 2004, 70(4): 2072-2078.
- [ 26 ] Chai X J, Luo D W, Wu C D, Xu X H. Research on relation of micro-organism distribution in water and environmental factor. *Yangtze River*, 2008, 39(3): 45-47.
- [ 27 ] Zhou W H, Wang H K, Dong J D, Xu J R, Hu Y M, Zhang C. Spatial-temporal variations of phytoplankton and bacterioplankton biomass and their environmental limiting factors in the Sanya bay, Hainan Island, China. *Acta Oceanologica Sinica*, 2007, 29(6): 110-119.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 崔中利, 李顺鹏. 化学农药的微生物降解及其机制. *江苏环境科技*, 1998, 11(3): 1-5.
- [ 2 ] 王亚娥, 李富生, 汤浅晶, 小原彩, 何芳. 浮游微生物对环境荷尔蒙的分解特性. *中国给水排水*, 2005, 21(9): 5-9.
- [ 3 ] 孙建光, 姜瑞波, 任天志, 王立刚, 徐晶. 我国农田和水体污染及微生物修复前景. *中国农业资源与区划*, 2008, 29(1): 41-47.
- [ 4 ] 陈燕, 李寅, 堵国成, 陈坚. 石油污染水体的生物修复. *水处理技术*, 2003, 29(5): 249-252.
- [ 5 ] 刘华雪, 宋星宇, 黄良民, 谭焯辉. 海洋细菌生产力调控机制研究进展. *生态科学*, 2008, 27(1): 61-64.
- [ 6 ] 冯胜, 高光, 秦伯强, 陈默. 太湖北部湖区水体中浮游细菌的动态变化. *湖泊科学*, 2006, 18(6): 636-642.
- [ 7 ] 肖天. 海洋浮游细菌的生态学研究. *地球科学进展*, 2001, 16(1): 60-64.
- [ 14 ] 马继波, 董巧香, 黄长江. 粤东大规模海水增养殖区柘林湾浮游细菌的时空分布. *生态学报*, 2007, 27(2): 477-485
- [ 16 ] 李海燕, 车伍, 黄宇. 北京长河湾流域径流非点源污染总量估算. *给水排水*, 2008, 34(3): 56-59.
- [ 17 ] 邱化蛟, 程序, 常欣, 郭淑敏, 张爱军. 北京市水资源状况分析. *北京农学院学报*, 2004, 19(4): 4-9.
- [ 20 ] 吴雁华, 傅桦. 北京城市水系的特点、旅游开发与保护. *首都师范大学学报: 自然科学版*, 2004, 25(2): 66-70.
- [ 21 ] 杜桂森, 王建厅. 北京城市河湖的营养状态分析. *北京水利*, 2002, (6): 25-27.
- [ 22 ] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. GB/T 4789.2-2008 食品卫生微生物学检验: 菌落总数测定. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [ 23 ] 沈萍, 范秀容, 李广武. 微生物学实验. 北京: 人民教育出版社, 1999: 92-95.
- [ 26 ] 柴晓娟, 骆大伟, 吴春笃, 许小红. 水体中微生物分布及与环境因素的相关性研究. *人民长江*, 2008, 39(3): 45-47.
- [ 27 ] 周伟华, 王汉奎, 董俊德, 徐继荣, 胡友木, 张隹. 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. *海洋学报*, 2007, 29(6): 110-119.

CONTENTS

Short-term effects of temperature enhancement on community structure and biomass of alpine meadow in the Qinghai-Tibet Plateau ... LI Na, WANG Genxu, YANG Yan, et al (895)

Effects of submergence on seed germination of nine annual plant species in the Three Gorges Reservoir region and their implication to vegetation restoration ... TAO Min, BAO Dachuan, JIANG Mingxi (906)

Temporal-spatial niches of Chinese White Wax Scale insect (*Ericerus pela*) and its three dominant parasitoid wasps ... WANG Zili, CHEN Yong, CHEN Xiaoming, et al (914)

Species diversity of carabid beetles in desert-steppe in Yanchi of Ningxia, China ... HE Qi, WANG Xinpu, YANG Guijun (923)

Identification of trophic relationships between marine algae and the copepod *Calanus sinicus* in a fatty acid approach ... LIU Mengtan, LI Chaolun, SUN Song (933)

Community structure of macrozoobenthos in Caizi Lake, China ... XU Xiaoyu, ZHOU Lizhi, ZHU Wenzhong, et al (943)

The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay ... PENG Xin, XIE Qilang, CHEN Shaobo, et al (954)

The effects of jellyfish (*Rhopilema esculentum* Kishinouye) farming on the sediment nutrients and macrobenthic community ... FENG Jianxiang, DONG Shuanglin, GAO Qinfeng, et al (964)

Diurnal activity rhythm and time budgets of the Dwarf Blue Sheep (*Pseudois schaeferi*) in Zhubalong Nature Reserve ... LIU Guoku, ZHOU Caiquan, YANG Zhisong, et al (972)

Comparison of leaf, height and seed functional traits of species in dry-hot valleys ... ZHENG Zhixing, SUN Zhenhua, ZHANG Zhiming, et al (982)

Dynamics of soil seed banks in the reversion process of desertification in the middle reaches of the Shiyang River ... MA Quanlin, ZHANG Dekui, LIU Youjun, et al (989)

Modelling the spatial distribution of forest carbon stocks with artificial neural network based on TM images and forest inventory data ... WANG Shaohua, ZHANG Maozhen, ZHAO Pingan, et al (998)

The GIS-based visual landscape evaluation in mountain area: a case study of Mount Nan-kun National Forest Park, Guangdong Province ... QIU Yishu, GAO Jun, ZHAN Qilin (1009)

A functional classification method for examining landscape pattern of urban wetland park: a case study on Xixi Wetland Park, China ... LI Yufeng, LIU Hongyu, ZHENG Nan, et al (1021)

Effects of AM fungi on the growth and drought resistance of *Seriphidium minchinense* under water stress ... HE Xueli, GAO Lu, ZHAO Lili (1029)

Modeled impact of irrigation on regional climate in India ... MAO Huiqin, YAN Xiaodong, XIONG Zhe, et al (1038)

The responses of photosynthetic energy use in wheat flag leaves to nitrogen application rates and light density under elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration ... ZHANG Xucheng, YU Xianfeng, MA Yifan, et al (1046)

Enhanced drought and photooxidation tolerance of transgenic tobacco plants overexpressing pea catalase in chloroplasts ... WANG Fengde, YI Yanjun, WANG Haiqing, et al (1058)

Evaluation of wheat freezing resistance based on the responses of the physiological indices to low temperature stress ... WANG Shugang, WANG Zhenlin, WANG Ping, et al (1064)

Predicting winter wheat growth based on integrating remote sensing and crop growth modeling techniques ... HUANG Yan, ZHU Yan, WANG Hang, et al (1073)

Effects of spraying ABA on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields of two different panicle-type winter wheat ... CUI Zhiqing, YIN Yanping, TIAN Qizhuo, et al (1085)

Nitrogen and phosphorus cycling from rice-duck mutual ecosystem during late rice growth season ... ZHANG Fan, SUI Peng, CHEN Yuanquan, et al (1093)

Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China ... LI Xiao, XIE Yongsheng, ZHANG Yinglong, et al (1101)

Optimization strategy and management decision-making in balancing forage and livestock in Gannan pastoral area ... LIANG Tiangang, FENG Qisheng, XIA Wentao, et al (1111)

Species-area relationship in travertine area in Huanglong valley, Sichuan ... HUANG Baoqiang, LUO Yibo, AN Dejun, et al (1124)

Influencing factors of fine root lifespans in two Chinese fir plantations in subtropical China ... LING Hua, YUAN Yiding, YANG Zhijie, et al (1130)

Age structure effects on stand biomass and carbon storage distribution of *Larix olgensis* plantation ... JU Wenzhen, WANG Xinjie, WANG Xinjie (1139)

Effects on controlling banana Fusarium wilt by bio-fertilizer, chitosan, hymexazol and their combinations ... ZHANG Zhihong, PENG Guixiang, LI Huaxing, et al (1149)

Seasonal dynamics of culturable bacterium numbers in freshwater bodies of different water quality in Beijing ... GAO Cheng, HUANG Manrong, TAO Shuang, et al (1157)

**Review and Monograph**

On the coordinated regulation of forest transpiration by hydraulic conductance and canopy stomatal conductance ... ZHAO Ping (1164)

Impacts of plant parasitism on structure and function of ecosystems ... LI Junmin, DONG Ming (1174)

Invasion mechanisms of *Solidago canadensis* L.: a review ... YANG Ruyi, ZAN Shuting, TANG Jianjun, et al (1185)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 31 卷 第 4 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 4 2011

**编 辑** 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局  
**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

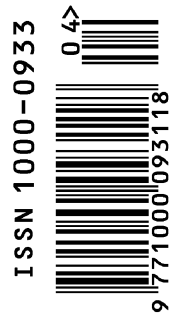
**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元