

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

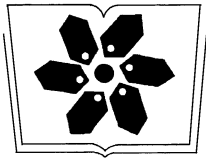
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期
Vol.31 No.2
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 2 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

长白山山杨种群的性比格局及其空间分布	潘春芳,赵秀海,夏富才,等 (297)
冬季融冻过程中白三叶叶片抗氧化酶活力和渗透调节物含量变化与抗冻性的关系	赵 梅,周瑞莲,刘建芳,等 (306)
黄土高原主要森林类型自然性的灰色关联度分析	王乃江,刘增文,徐 钊,等 (316)
两种抗生素对龙须菜的光合生理效应	简建波,邹定辉,刘文华,等 (326)
典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C:N:P 生态化学计量特征	潘复静,张 伟,王克林,等 (335)
塔里木河下游地下水埋深对胡杨气体交换和叶绿素荧光的影响	陈亚鹏,陈亚宁,徐长春,等 (344)
基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价	宋富强,邢开雄,刘 阳,等 (354)
火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响	贺郝钰,苏洁琼,黄 磊,等 (364)
4 种阔叶幼苗对 PEG 模拟干旱的生理响应	冯慧芳,薛 立,任向荣,等 (371)
城市带状绿地宽度与温湿效益的关系	朱春阳,李树华,纪 鹏,等 (383)
西藏斧锒水鸟多样性及斑头雁繁殖活动区的变化	张国钢,刘冬平,钱法文,等 (395)
王朗自然保护区大熊猫生境选择	康东伟,康 文,谭留夷,等 (401)
东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局	陶双伦,杨锡福,邓凯东,等 (410)
台州市路桥区重金属污染对土壤动物群落结构的影响	白 义,施时迪,齐 鑫,等 (421)
青岛湾小型底栖生物周年数量分布与沉积环境	杜永芬,徐奎栋,类彦立,等 (431)
叉尾斗鱼种群遗传变异与亲缘地理	王培欣,白俊杰,胡隐昌,等 (441)
C ₃ 和 C ₄ 植物寄主对华北地区棉铃虫越冬代和第一代的影响	叶乐夫,付 雪,戈 峰 (449)
3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系	毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等 (455)
坝上地区农田和恢复生境地表甲虫多样性	刘云慧,宇振荣,王长柳,等 (465)
若尔盖高寒湿地干湿土壤条件下微生物群落结构特征	牛 佳,周小奇,蒋 娜,等 (474)
红枣贮藏期果面微生物多样性	沙月霞 (483)
CO ₂ 和温度升高情况下白粉菌侵染对西葫芦生长特性的影响	刘俊稚,葛亚明, Pugliese Massimo, 等 (491)
丛枝菌根真菌对中性紫色土土壤团聚体特征的影响	彭思利,申 鸿,袁俊吉,等 (498)
新疆断裂带泉水中细菌群落结构的 PCR-DGGE 分析	吴江超,高小其,曾 军,等 (506)
石油污染对海洋浮游植物群落生长的影响	黄逸君,陈全震,曾江宁,等 (513)
不同耐性水稻幼苗根系对镉胁迫的形态及生理响应	何俊瑜,任艳芳,王阳阳,等 (522)
基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染控制景观安全格局分析	潘 影,刘云慧,王 静,等 (529)
基于生态足迹的生态地租分析	龙开胜,陈利根,赵亚莉 (538)
深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系	刘语凡,陈 雪,李贵才,等 (547)
专论与综述	
美国、加拿大环境和健康风险管理方法	贺桂珍,吕永龙 (556)
植物蜡质及其与环境的关系	李婧婧,黄俊华,谢树成 (565)
油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展	庄 文,初立业,邵宏波 (575)
叶际微生物研究进展	潘建刚,呼 庆,齐鸿雁,等 (583)

两种抗生素对龙须菜的光合生理效应

简建波^{1,2}, 邹定辉^{1,*}, 刘文华², 杜虹², 朱喜锋², 刘慧慧²

(1. 华南理工大学环境科学与工程学院工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室, 广州 510006;

2. 汕头大学海洋生物研究所, 广东 汕头 515063)

摘要:探讨了不同浓度的两种抗生素(氯霉素和青霉素 G 钠)对龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)生长、光合作用、呼吸作用、色素含量以及可溶性蛋白含量等生理特性的影响。结果表明:龙须菜的生长受到两种抗生素的影响,但是氯霉素的影响要比青霉素 G 钠的影响大的多。在氯霉素处理的过程中,光合作用、有效光化学效率(Yield)、藻红藻蓝蛋白以及可溶性蛋白含量都随着氯霉素浓度的升高而显著下降,但是呼吸作用速率由于氯霉素的处理而升高;此外光合色素含量不受氯霉素的影响。在青霉素 G 钠的处理中,光合作用、有效光化学效率随着青霉素 G 钠的升高而下降,龙须菜叶绿素 a 与类胡萝卜素含量随着青霉素 G 钠浓度的升高而具有升高的趋势,但藻红蛋白、藻蓝蛋白以及可溶性蛋白在各处理组之间均没有表现出一定趋势。这些结果说明,氯霉素对生长的影响主要是光合作用速率的下降,以及有关蛋白合成下降引起,而青霉素 G 钠对生长的影响可能原因是呼吸作用速率的增加引起。由于龙须菜对氯霉素的敏感性比对青霉素 G 钠的敏感性更强,氯霉素在基因工程的育种中可能更适合作为选择压力。

关键词:龙须菜;光合作用;呼吸作用;氯霉素;青霉素 G 钠

Photosynthetical responses of *Gracilaria lemaneiformis* to two antibiotics

JIAN Jianbo^{1,2}, ZOU Dinghui^{1,*}, LIU Wenhua², DU Hong², ZHU Xifeng², LIU Huihui²

1 The Key Laboratory of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters, Ministry of Education, China; College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China

2 Marine Biology Institute, Shantou University, Shantou 515063, Guangdong, China

Abstract: The coastal environment pollution is becoming more serious with the development of industry. The extensive use of antibiotics in aquaculture and increasing land-based input result in pollution of coastal waters, which may affect the growth and physiology of marine macroalgae, the important primary producers in this area. They are distributed in the intertidal and subtidal zones of the coastal area that are most populated. The red macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Bory) Weber-van Bosse, which has higher content and quality for agar production compared to other species in the *Gracilaria* genera, is being commercially cultivated in China and used for agar production and foodstuff. As a result of the fast growth rate, the plantings of *G. lemaneiformis* are very abroad in the alongshore of sea in South China. This paper investigates the responses of growth, photosynthesis, respiration and biochemical components with exposure to different concentrations of two common antibiotics (chloramphenicol and benzylpenicillin sodium salt) in *G. lemaneiformis*, in order to evaluate the effects of antibiotics on the physiology of cultivated seaweed species. Five different concentrations of antibiotics are adopted (the concentrations of chloramphenicol are as follow: 0, 10, 50, 100, 250mg/L, and those of benzylpenicillin sodium salt are 0, 10, 50, 250, 500, 1000mg/L). *G. lemaneiformis* was cultured under these different concentrations of the two antibiotics for seven days. Then a variety of physiological and biochemical indicators were measured. The results showed that the growth of *G. lemaneiformis* was negatively affected by both antibiotics. The relative growth rate of *G. lemaneiformis* decreased with the increasing of antibiotics, with the sensitivity being more in chloramphenicol than benzylpenicillin sodium

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30970450,41076094);教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-10-0375);华南理工大学中央高校基本科研业务费专项资金资助

收稿日期:2009-11-23; **修订日期:**2010-09-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dhzou@scut.edu.cn

salt. In the treatments of chloramphenicol, photosynthesis, effective quantum efficiencies (Yield), phycobiliproteins (including phycoerythrin and phycocyanin), and the contents of soluble proteins were sharply reduced with the increasing concentrations of chloramphenicol. However, respiration rates of *G. lemaneiformis* were increased with the chloramphenicol treatment. The contents of pigments in *G. lemaneiformis* were not significantly affected by chloramphenicol. In the treatments of benzylpenicillin sodium salt, both of photosynthesis and Yield were progressively decreased with the increasing concentrations of benzylpenicillin sodium salt, whereas the contents of pigments exhibited the opposite trend. The contents of phycobiliproteins and soluble proteins were not significantly affected by the treatment of benzylpenicillin sodium salt. The results suggested that reduced growth was mainly due to the reduced photosynthesis rates and reduced synthesis of proteins in case of chloramphenicol, or could be ascribed to the increased respiration rates in case of benzylpenicillin sodium salt. The different physiological and biochemical responses of *G. lemaneiformis* to chloramphenicol and benzylpenicillin sodium salt resulted from different action mechanism of these two antibiotics. Chloramphenicol would mainly interfere the binding of t-RNA and the 50S subunit, then block the formation of the new polypeptide chain, and finally inhibit protein synthesis. However, benzylpenicillin sodium salt would play a very important role in interfering the synthesis of cell wall. Our results suggested that chloramphenicol might be more suitable as a selection pressure in genetic engineering breeding, since *G. lemaneiformis* was more sensitivity to chloramphenicol than benzylpenicillin sodium salt.

Key Words: *Gracilaria lemaneiformis*; chloramphenicol; Benzylpenicillin sodium salt; photosynthesis; respiration

自 1940 年青霉素首次被用于治疗细菌感染以来,人们已经开发出百余种抗生素用来防治人、畜和鱼类疾病,或者作为动物饲料添加剂以促进动物生长^[1]。氯霉素是一类广谱抗生素,由于它能抑制各种有氧或厌氧微生物,在兽医实践应用中非常有效^[2]。然而,氯霉素对人骨髓的毒性和血液失调如再生障碍性贫血有关^[3-5]。因此,在大多数国家,氯霉素在动物养殖、人类应用方面都受到限制^[1,6]。尽管如此,虽然非法,但是它的广谱性、有用性以及低成本继续吸引了一些农民和水产养殖者^[2,7]。青霉素是一类用于人类和动物疾病治疗最常见的一种抗生素,在水产养殖中鱼苗的运输过程中可以提高鱼苗的存活率,负面效应将引起病原菌的抗药性。如今,抗生素在现代的农业和水产工业中已经扮演着重要的角色,在很多国家,它们的使用量已经大大升高^[1,8-9]。抗生素的滥用可能导致相反的生物学效应,包括抗性细菌种类的产生,对细菌和微生物的直接伤害或者人类致病微生物抗生素抗性转移的危险^[9-11]。

由于抗生素不合理的大量使用,已经引起人们的广泛关注。抗生素通过水产养殖或者陆地输入进入近岸海域,导致了对近岸海域的污染。龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)属于红藻门,真核生物,是一种用于琼脂提取以及作为海洋动物饵料的重要大型经济海藻^[12-14]。龙须菜作为一种在近岸养殖的大型海藻可能受到抗生素的影响,但抗生素对大型海藻的生理生化方面的影响还未见报道,本论文主要以两种常用的抗生素氯霉素和青霉素 G 钠对大型经济海藻龙须菜的生理生化影响在室内进行了研究。

1 材料和方法

1.1 材料与处理

龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*)采自汕头南澳岛,用低温箱在 5h 内运到实验室,在培养箱内暂养一段时间后用于实验。暂养的条件是温度为 20℃,光强为 $100\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$,光周期为 12h:12h。

实验前用乙醇配置氯霉素母液加入海水(盐度为 33‰,pH 值为 8.2)中使得最终的浓度梯度为:0(分为海水对照组 Ck1 和乙醇对照组 Ck2)、10、50、100、250mg/L。配置青霉素 G 钠母液加入海水中使得最终的浓度梯度为:0、10、50、250、500、1000mg/L。每个梯度设置 3 个重复,称取 4g 鲜重的龙须菜加入到装有 2L 海水的 3L 三角瓶中,在三角瓶中均加入 50mmol/L 的 NaNO_3 和 5mmol/L $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 各 2mL 作为基本的营养元素。在 GXZ 智能型光照培养箱(宁波江南制造厂,中国)中 20℃ 恒温培养,光照强度为 $100\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光周期 L:D 为 12:12(h),每天 24h 通气培养,实验周期为 7d。7d 后测定龙须菜的相对生长速率、光合作用、

呼吸作用、叶绿素荧光参数(Yield)、叶绿素 a、类胡萝卜素、藻红蛋白(R-PE)和藻蓝蛋白(R-PC)以及可溶性蛋白含量等生理指标。

1.2 方法

1.2.1 生长的测定

相对生长速率(relative growth rate, *RGR*)通过测定藻体在培养 7d 内鲜重的变化,利用公式 $RGR(\%/d) = [\ln(W_t/W_0)/t] \times 100\%$ 求得。其中 W_0 为初始 FW, W_t 为 t 天后的 FW,藻样称量前用吸水纸吸干。

1.2.2 光合放氧与暗呼吸的测定

在龙须菜培养 7d 之后,采用液相氧电极(Hansatech oxy-lab, 美国)测定龙须菜的光合放氧与暗呼吸速率。通过 LKB 超级恒温箱(英国)水浴控制温度为 20℃。光源为卤钨灯,光照强度用光量子计(SKIP200, ELE International, 英国)测定,本实验所用光强为饱和光强(500—600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$),所用龙须菜藻量为 0.1 g (FW)左右,从而测得饱和光照强度下的光合作用速率。通过用黑布遮盖反应槽,测定黑暗条件下的藻类耗氧量从而得到暗呼吸速率。光合放氧与暗呼吸速率以每克鲜重每小时增加或消耗的微摩尔氧气数表示。

1.2.3 叶绿素荧光的测定

取培养 7d 之后的龙须菜用便携式荧光仪(PAM-Water-EDF, Walz, Effeltrich, 德国)进行测定其光系统 II 的有效光化学效率 $Yield(\Delta F/Fm')$:

$$Yield = (Fm' - Ft')/Fm' = \Delta F/Fm'$$

式中, Ft' 为光适应状态下的初始荧光值,用 0.3 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的调制光测定; Fm' 为在光适应状态下的最大荧光值,用 0.8 s 的 5600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 饱和光测定; ΔF 为任意光适应状态下的最大可变荧光值, $\Delta F = Fm' - Ft'$ 。

1.2.4 光合色素和藻胆蛋白含量的测定

称取培养 7d 后的藻体 0.1g (FW) 用 10mL 100% 甲醇进行提取,然后放入 4℃ 冰箱中,提取液在 2000g 离心 5min 后,取上清于岛津 UV2450 分光光度计扫描,得到其在 400—750 nm 波段的吸收光谱。叶绿素根据 Porra 的计算公式^[15] (1) 计算,类胡萝卜素根据 Parsons 和 Stricklan 的计算公式^[16] (2) 计算:

$$\text{Chla} (\mu\text{g/mL}) = 16.29 \times (A_{665} - A_{750}) - 8.54 \times (A_{652} - A_{750}) \quad (1)$$

$$\text{Carotenoids} (\mu\text{g/mL}) = 7.6 \times [(A_{480} - A_{750}) - 1.49 \times (A_{510} - A_{750})] \quad (2)$$

A_{750} 、 A_{665} 、 A_{652} 、 A_{510} 、 A_{480} 分别代表波长为 750、665、652、510、480nm 的吸光度值。藻红蛋白(R-PE)和藻蓝蛋白(R-PC)含量的测定参考 Siegelman 和 Kycia 的方法^[17] 进行测定。称取 0.1g 的鲜藻体,用吸水纸吸干后剪碎,放入研钵中,加入少许石英沙,同时加入 0.1mol/L pH 值为 6.8 的磷酸缓冲液(PBS)5mL 匀浆研磨,最后再加入 5mL 磷酸缓冲液,定容到 10mL,然后用离心机(5000 $\times g$, 20min)离心,上清液为藻红蛋白和藻蓝蛋白粗提取液。整个过程在低温(0—4℃)下进行,尽量避光。然后用岛津 UV2450 分光光度计测定 A_{455} 、 A_{564} 、 A_{592} 、 A_{618} 和 A_{645} 吸收值。依照如下公式计算藻红蛋白和藻蓝蛋白的含量:

$$\text{藻红蛋白 [R-PE]} = [(A_{564} - A_{592}) - (A_{455} - A_{592}) \times 0.2] \times 0.12$$

$$\text{藻蓝蛋白 [R-PC]} = [(A_{618} - A_{645}) - (A_{595} - A_{645}) \times 0.5] \times 0.15$$

1.2.5 可溶性蛋白含量测定

参照 Kochert 的方法^[18],用考马斯亮蓝法测定。取 0.1g 藻,加 1mL 水用研钵匀浆,然后再加 4mL 水离心(5000r/min, 10min),取 0.1mL 上清液稀释 10 倍再加 5mL 考马斯亮蓝 G-250,用紫外分光光度计测其在 595nm 处的吸光值,再用标准曲线计算其可溶性蛋白含量($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 鲜重)。用牛血清蛋白做标准曲线。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel2003、Origin7.0 统计软件进行数据处理及统计分析。用 One-way ANOVA 或者 *T*-test 鉴定差异的显著水平(*P*),设显著水平为 $P < 0.05$,极其显著水平为 $P < 0.01$ 。

2 结果

2.1 生长速率

从图 1 可以看出随着氯霉素浓度的升高,龙须菜的相对生长速率明显下降,Ck2(乙醇对照组)与 Ck1(海水对照组)没有差异,其它各处理组与对照组均具有极其显著性的差异,从低(20mg/L)到高(250mg/L)分别下降了 31.7%、43.7%、71.9%、76.8%。而青霉素 G 钠对龙须菜的生长也有显著的抑制作用,随着青霉素 G 钠浓度的升高,相对生长速率呈现逐渐下降的趋势。但相对于氯霉素,青霉素 G 钠对生长的影响要小得多。

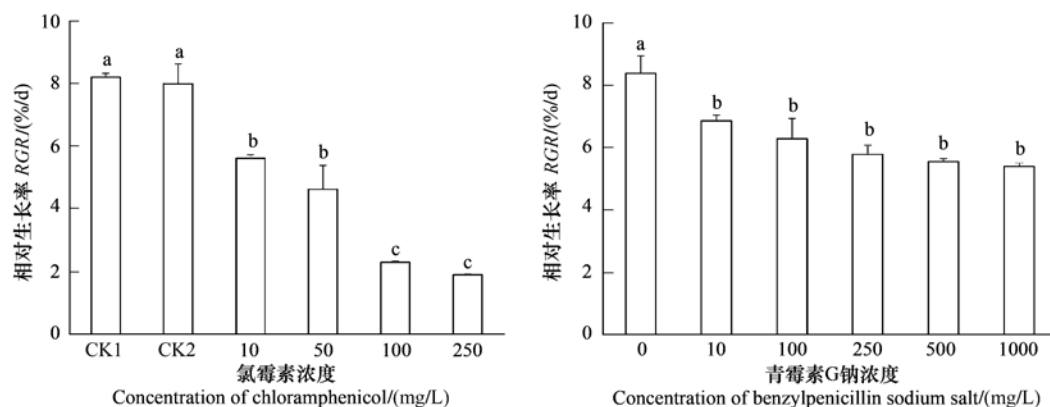


图 1 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜生长的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of benzylpenicillin sodium salt and chloramphenicol on the growth of *Gracilaria lemaneiformis*

2.2 光合作用特性

如图 2 所示龙须菜在抗生素的处理之后,光饱和最大光合作用速率随着氯霉素浓度的升高显著下降,在所有处理组中,除了低浓度(10mg/L)条件下与对照组没有显著性差异,其他处理下与对照组均有极其显著性差异($P < 0.01$),在高浓度(250mg/L)条件下,光合作用速率非常微弱,几乎没有放氧产生。在青霉素 G 钠的处理下,在低浓度(10、50mg/L)条件下,最大光合作用速率受到一定刺激,有轻微升高,而在高浓度条件下则显著下降。

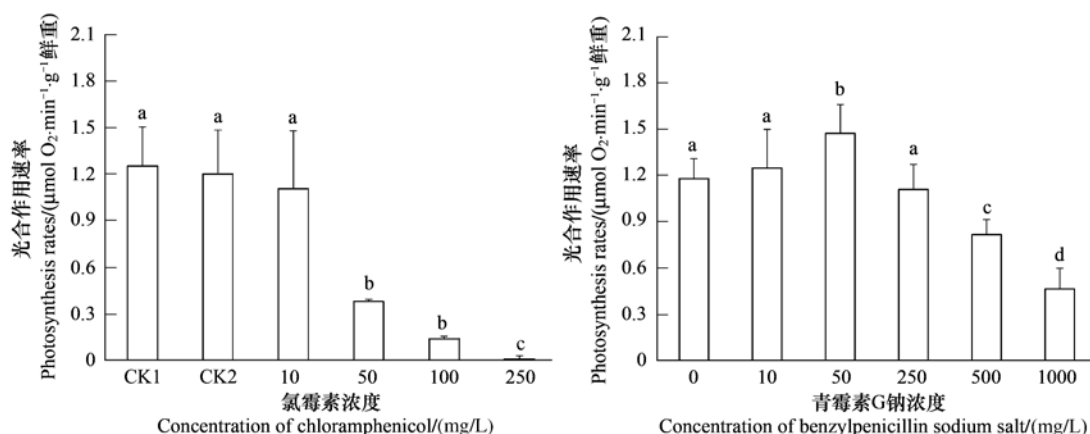


图 2 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜光合作用的影响

Fig. 2 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the rates of photosynthesis of *Gracilaria lemaneiformis*

通过抗生素对龙须菜进行 7d 的处理,在氯霉素相对较低浓度下,呼吸作用速率逐渐升高,与对照组相比,10、50mg/L 和 100mg/L 的氯霉素浓度使得呼吸速率分别升高了 70.6%、87.4%、126.4%(图 3)。但是在最高浓度(250mg/L)的处理中,呼吸作用速率显著下降,但还是比对照组相比要高 32.1%。在青霉素 G 钠对龙

须菜的处理中,在低浓度下有略微的下降,但没有显著性差异($P > 0.05$),其他处理都是随着浓度的升高,呼吸作用速率逐渐升高,并且与对照组均具有极其显著性差异($P < 0.01$)。

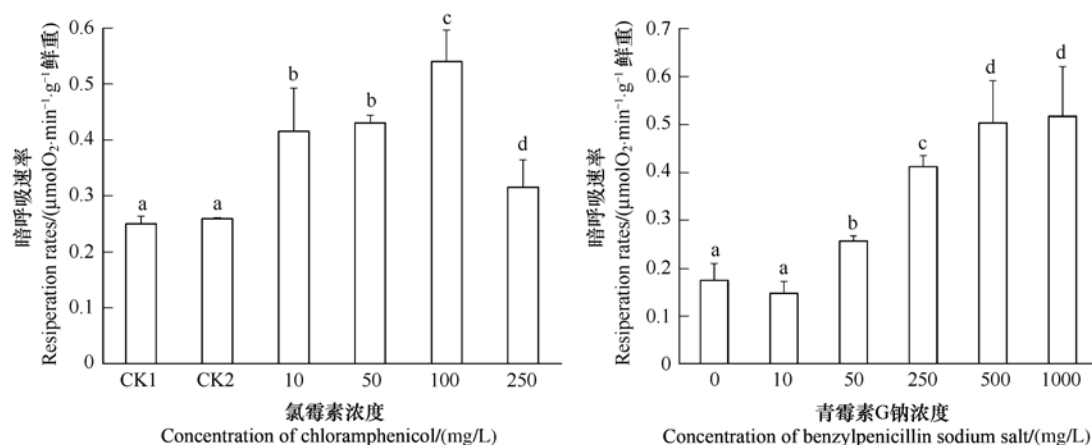


图3 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜暗呼吸的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the rates of respiration of *Gracilaria lemaneiformis*

从图4可看出,随着氯霉素浓度的升高,龙须菜有效光化学效率显著下降,从10mg/L到250mg/L,有效光化学效率与对照组相比分别下降了53.3%、59.0%、70.6%、82.7%。而在青霉素G钠的处理过程中,龙须菜的有效光化学效率在250mg/L以上才出现轻微下降,可以看到龙须菜的有效光化学效率对青霉素G钠的敏感性比氯霉素要低得多。

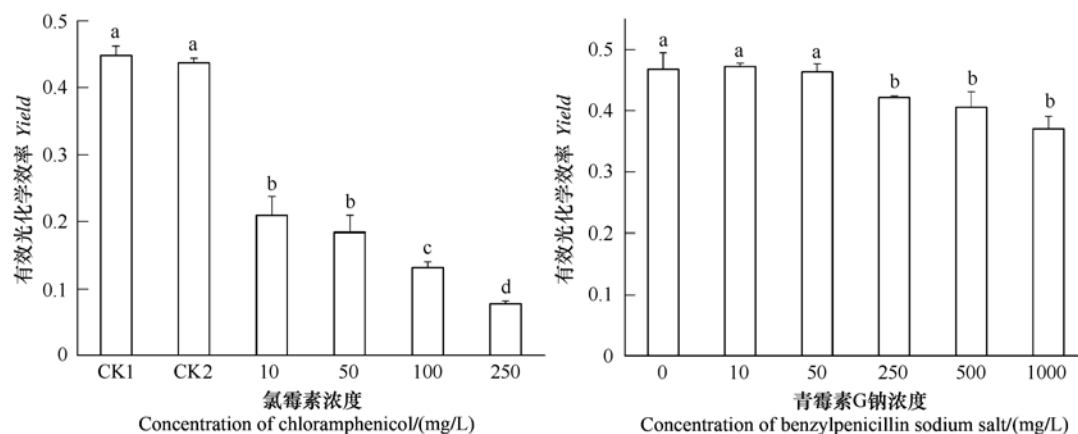


图4 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜有效光化学效率的影响

Fig. 4 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the effective quantum efficiency (Yield) of *Gracilaria lemaneiformis*

2.3 光合色素和藻胆蛋白

如图5所示,经过氯霉素对龙须菜处理7d之后,叶绿素a(Chla)、类胡萝卜素(Car)的含量均没有表现显著性差异($P > 0.05$)。龙须菜在经过青霉素G钠处理7d之后,叶绿素a含量随着青霉素G钠浓度的升高而出现升高趋势,但均没有表现出明显的差异性($P > 0.05$)。类胡萝卜素含量在处理组中比对照组略有提高,但相互之间也没有显著性差异($P > 0.05$)。

由图6可知,藻红蛋白(R-PE)含量随着氯霉素浓度的升高而显著下降,各处理组与对照组均具有极其显著性的差异($P < 0.01$),从10—250mg/L分别下降了23.0%、45.8%、75.1%、88.8%。而青霉素G钠对龙须

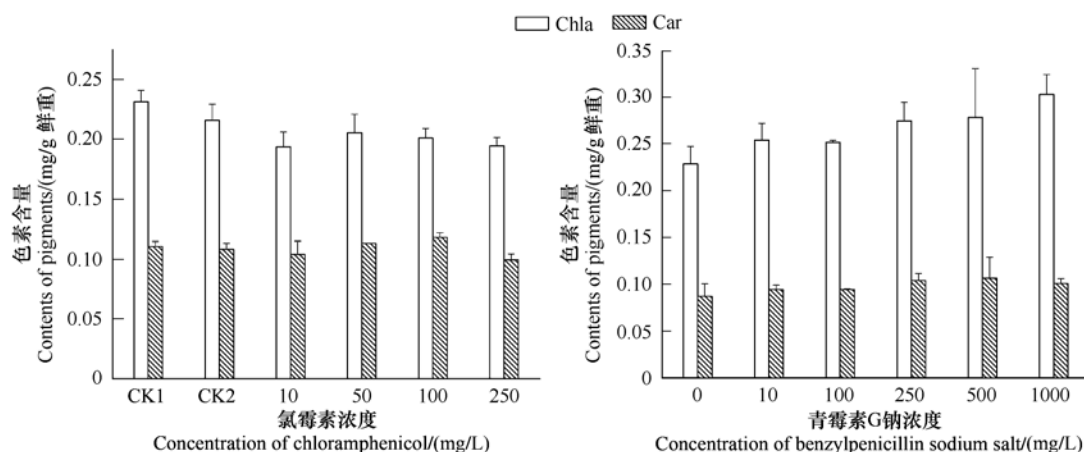


图5 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜色素含量的影响

Fig. 5 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the contents of pigments in *Gracilaria lemaneiformis*

菜的影响是在所有处理组都比对照组高,与对照组均有显著性差异($P < 0.05$),在 250mg/L 的浓度下,含量达到最大值。由此可知,在氯霉素处理下,藻红蛋白的合成明显受到抑制,而青霉素 G 钠的处理,藻红蛋白合成则受到促进。经过氯霉素 7d 处理,藻蓝蛋白(R-PC)含量与藻红蛋白含量的变化趋势相同,随着氯霉素浓度的升高而显著性下降;而在青霉素 G 钠的处理中,藻蓝蛋白含量在所有处理组均没有显著性的差异($P > 0.05$)。

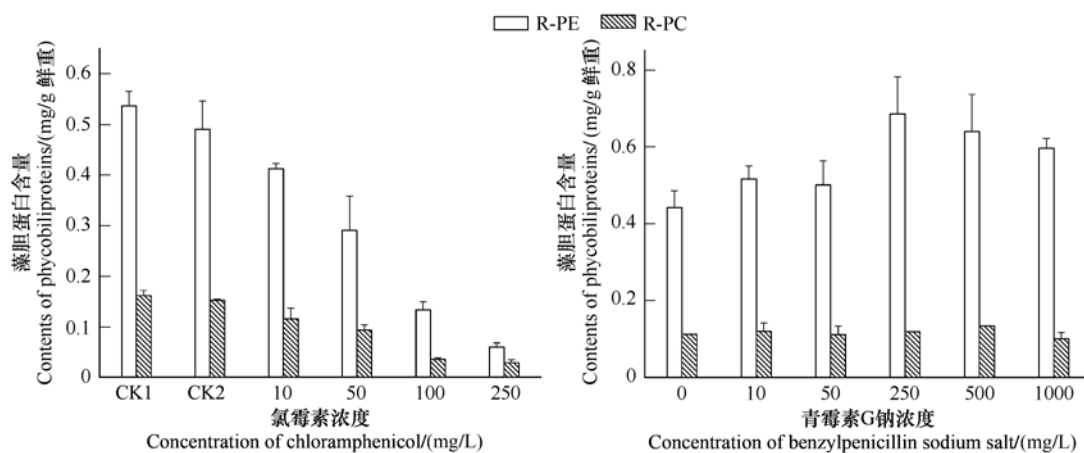


图6 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜藻胆蛋白的影响

Fig. 6 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the contents of phycobiliproteins in *Gracilaria lemaneiformis*

2.4 蛋白含量

如图 8 所示,龙须菜的蛋白含量随着氯霉素浓度的升高而显著下降,各处理组与对照组均具有极其显著性差异($P < 0.01$)。而青霉素 G 钠的处理过程中,蛋白含量没有表现出相应的趋势,各处理组与对照组以及各处理组之间都没有显著性差异($P > 0.05$)。

由此可知,龙须菜的蛋白含量受氯霉素的影响,而不会受到青霉素 G 钠的影响。

3 讨论

生长的影响是一系列生理生化参数受到影响的综合表现^[19],龙须菜经过两种抗生素在不同浓度条件下处理 7d 之后,龙须菜的生长均受到两种抗生素的影响。在氯霉素的处理中,光合作用、有效光化学效率、藻胆

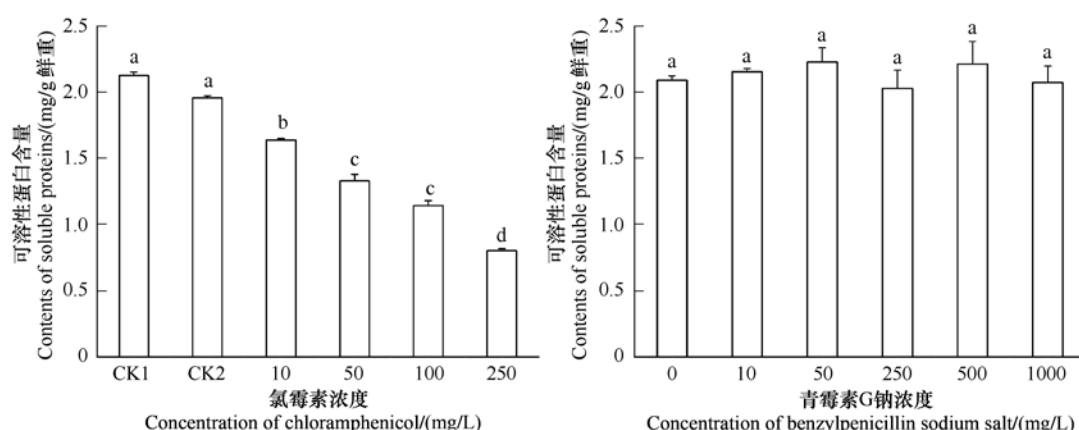


图7 不同浓度的氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜蛋白含量的影响

Fig. 7 Effects of different concentrations of chloramphenicol and Benzylpenicillin sodium salt on the contents of soluble proteins in *Gracilaria lemaneiformis*

蛋白以及可溶性蛋白含量均随氯霉素浓度的升高而下降,但呼吸作用相反。在青霉素 G 钠的处理中,龙须菜的生长和有效光化学效率随着青霉素 G 钠浓度的升高而下降,呼吸作用与叶绿素 a 含量则受到青霉素 G 钠的刺激,而光合作用在低浓度 (10, 50 mg/L) 受到刺激,在高于 250 mg/L 时则受到抑制。由此可知氯霉素对龙须菜的影响明显要大于青霉素 G 钠。

很多研究都表明氯霉素能够加速光抑制,阻止光合作用的恢复,从而导致光合作用的下降^[20]。有效光化学效率反应光系统 II 的活性^[21],氯霉素的主要效应是影响叶绿素荧光的初始最大荧光 F_m' ,从而使得龙须菜的有效光化学效率下降^[20]。藻红蛋白、藻蓝蛋白是藻类中的一类重要的吸收光能的色素体,其功能是吸收光能供给反应中心进行光化学反应。而可溶性蛋白包括各种影响生物体生命活动的酶。光合作用、光系统 II 活性、藻红蛋白、藻蓝蛋白以及可溶性蛋白含量等生理生化指标的下降最终影响了龙须菜的生长受到影响。但是经过不同浓度氯霉素处理 7d,暗呼吸作用速率逐渐下降,原因可能是龙须菜在受到外界不良条件的影响,通过增加呼吸作用,提高藻的耗能抵抗外界条件的影响,但是在最高浓度条件下,暗呼吸作用比低浓度条件的处理反而要低,可能原因是,氯霉素浓度太高,使得蛋白合成受到严重的抑制,蛋白的更新因此受到非常大的影响,从而使得呼吸作用有关的蛋白酶没有能够及时的补充,使得呼吸作用速率反而下降。龙须菜对氯霉素的敏感性,可能意味着氯霉素可以作为龙须菜基因工程研究中的一种筛选标记,氯霉素干扰核糖体的合成,最终抑制细胞生长,CAT 基因编码的氯霉素乙酰转移酶 (Chloramphenicol acetyltransferase, CAT) 使转基因植物获得氯霉素抗性,用 CAT ELISA (酶联免疫反应) 方法可迅速简便的测定 CAT 基因的表达,灵敏度高,目前已在多种高等植物中实现了瞬间和稳定表达^[22-23]。Qin 等将 SV40 启动子驱动下的 CAT 基因导入海带雌配子体,经过孤雌再生途径得到了具有氯霉素抗性的孤雌生殖海带,在裙带菜基因工程选择标记的研究过程中发现裙带菜幼孢子体对氯霉素敏感^[24]。因此龙须菜对氯霉素的敏感性可能为氯霉素将来在龙须菜基因工程的研究中提供依据。

对氯霉素产生效应的上述生理生化参数在青霉素 G 钠的处理过程中呈现出不一样的结果。不同浓度的青霉素 G 钠处理 7d 对龙须菜产生如下影响,生长随青霉素 G 钠浓度的升高受到抑制,但是光合作用速率、有效光化学效率在青霉素 G 钠较低浓度下受到刺激,而在高浓度下则下降,龙须菜叶绿素 a 与类胡萝卜素含量随着青霉素 G 钠浓度的升高而具有升高的趋势,但藻红蛋白、藻蓝蛋白以及可溶性蛋白在各处理组之间均没有表现出一定趋势,各处理组和对照组也没有明显差异。因此,青霉素 G 钠对龙须菜生长的影响可能和光合作用、光系统 II 活性不直接相关,这与在墨角藻 (*Fucus serratus*) 中光合作用和生长同样也没有相关性的研究是一致的^[25]。叶绿素 a 与类胡萝卜素含量的升高并没有引起生长的提高。龙须菜的生长受到的影响可能与暗呼吸作用速率有关,龙须菜在不同浓度青霉素 G 钠的处理过程中,暗呼吸作用速率随着水体中青霉素 G 钠

浓度的升高而显著升高,可能是龙须菜在外界受到胁迫的条件下,通过加快呼吸作用速率增加机体的耗能来抵抗外界对龙须菜的不良影响,从而可能引起生长的下降。总之,氯霉素和青霉素 G 钠对龙须菜的各种生理特征影响的不同可能与两种抗生素作用机理有着密切的联系。目前的研究表明氯霉素通过可逆地与 50S 亚基结合,阻断转肽酰酶的作用,干扰带有氨基酸的氨基酰-tRNA 终端与 50S 亚基结合,从而使新肽链的形成受阻,抑制蛋白质合成;而青霉素 G 钠对细菌的作用机理是干扰细菌细胞壁的合成。抗生素对生物的影响也有可能符合自由基损伤学说,即抗生素导致活性氧的产生从而对生物体发生氧化损伤。但是抗生素如何对藻类产生影响还未见报道。因此,抗生素对藻类的影响机理有待深入研究。

抗生素的大量使用特别是在水产养殖中的应用,可能引起水体中抗生素含量的升高,从而对水体中的生物产生各种方面的影响,在局部地区氯霉素和青霉素 G 钠浓度的升高,可能对龙须菜的生长和各种生理生化参数产生影响,但不同抗生素种类,对龙须菜的生理影响具有差异,应深入研究各种栽培海藻对抗生素的生理效应,为评估抗生素对海藻栽培的影响提供更多的科学数据。

References:

- [1] Sarmah A K, Meyer M T, Boxall A B A. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. *Chemosphere*, 2006, 65: 725-759.
- [2] Huang Z Y, Sun M Y, Li S, Huang G L. Pharmacokinetics of chloramphenicol in carp (*Cyprinus carpio* L.) after drug administration. *Aquaculture Research*, 2006, 37: 1540-1545.
- [3] Anadon A, Bringas P, Martinez-Larranaga M R, Diaz M J. Bioavailability, pharmacokinetics and residues of chloramphenicol in the chicken. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 1994, 17: 52-58.
- [4] Cravedi J P, Choubert G, Delous G. Digestibility of chloramphenicol, oxolinic acid and oxytetracycline in rainbow trout and influence of these antibiotics on lipid digestibility. *Aquaculture*, 1987, 60: 133-141.
- [5] Fraunfelder F T, Bagby J G C, Kelly G J. Fatal aplastic anemia following topical administration of ophthalmic chloramphenicol. *American Journal of Ophthalmology*, 1982, 93: 356-360.
- [6] Munns R K, Holland D C, Roybal J E, Storey J M, Long A R. Gas chromatographic determination of chloramphenicol residues in shrimp: interlaboratory study. *Journal of AOAC International*, 1994, 77: 596-601.
- [7] Takino M, Daishima S, Nakahara T. Determination of chloramphenicol residues in fish meats by liquid chromatography atmospheric pressure photoionization mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2003, 1011: 67-75.
- [8] Boxall A, Fogg L, Blackwell P, Blackwell P, Kay P, Pemberton E, Croxford A. *Veterinary Medicines in the Environment, Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. New York: Springer, 2004: 1-91.
- [9] Cabello F C. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 2006, 7: 1137-1144.
- [10] Hektoen H, Hektoen J A, Berge V, Hormazabal M, Yndestad. Persistence of antibacterial agents in marine sediments. *Aquaculture*, 1995, 133: 175-184.
- [11] Rigos G, Nengas I, Alexis M, Troisi G M. Potential drug (oxytetracycline and oxolinic acid) pollution from Mediterranean sparid fish farms. *Aquatic Toxicology*, 2004, 69: 281-288.
- [12] Marinho-Soriano E. Agar polysaccharides from *Gracilaria* species (Rhodophyta, *Gracilariaceae*). *Journal of Biotechnology*, 2001, 89: 81-84.
- [13] Marinho-Soriano E, Bourret E. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (*Gracilariaceae*, *Rhodophyta*). *Bioresource Technology*, 2003, 90: 329-333.
- [14] Freile-Pelegrín Y, Murano E. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology*, 2005, 96: 295-302.
- [15] Porra R J. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 2002, 73: 149-156.
- [16] Parsons T R, Strickland J D H. Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equation for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *Journal of Marine Research*, 1963, 21: 155-163.
- [17] Siegelman H W, Kycia J H. Algal biliproteins. Hellebust J A, Craigie J S eds. *Handbook of Phycological Methods: Physiological and Biochemical*

- Methods. London, New York, Melbourne: Cambridge University Press, 1978: 71-79.
- [18] Kochert G. Protein determination by dye binding. Hellebust J A, Craigie J S eds. Handbook of Phycological Methods: Physiological and Biochemical Methods. London. New York, Melbourne: Cambridge University Press, 1978: 92-93.
- [19] James A. Bunce. Growth rate, photosynthesis and respiration in relation to leaf area index. Annals of Botany, 1989, 63: 459-463.
- [20] Greer D H, Laing W A, Woolley D J. The Effect of Chloramphenicol on photoinhibition of photosynthesis and its recovery in intact Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) leaves. Australian Journal of Plant Physiology, 1993, 20(1) 33-43.
- [21] Han B P, Han Z G, Fu X. Algal Photosynthesis: Mechanisms and Models. Beijing: Science Press, 2003: 67-73.
- [22] Porsch P. The nonradioactive Chloramphenicol acetyltransferase enzyme2linked immunosorbent assay test is suited for promoter activity studies in plant protoplasts. Analytical Biochemistry, 1993, 211: 113-116
- [23] Klopfenstein N B. Transgenic Populus hybrid express a wound inducible potato proteinase inhibitor II -CAT gene fusion. Canadian Journal of Forest Research, 1991, 21(9): 1321-1328.
- [24] Qin S, Wu J, Wang X. Expression of foreign genes in *Laminaria japonica*// Morton B ed. The Marine Biology of the South China Sea. Hong Kong: Hong Kong University Press, 1996:209-210.
- [25] Nielsen H D, Burrige T R. Prior exposure to Cu contamination influences the outcome of toxicological testing of *Fucus serratus* embryos. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50:1675-1680.

参考文献:

- [21] 韩博平, 韩志国, 付翔. 藻类光合作用机理与模型. 北京:科学出版社,2003: 67-73.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 2 January, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Sex ratio and spatial pattern in <i>Populus davidiana</i> in Changbai Mountain	PAN Chunfang, ZHAO Xiuhai, XIA Fucui, et al (297)
The relationship between freeze-tolerance and changes in activities of antioxidant enzymes and osmolyte content in the leaves of white clover during early winter freeze-thaw cycles	ZHAO Mei, ZHOU Ruilian, LIU Jianfang, et al (306)
Gray correlation analysis on naturalness of the primary forest types on the Losses Plateau	WANG Naijiang, LIU Zengwen, XU Zhao, et al (316)
Photosynthetic responses of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> to two antibiotics	JIAN Jianbo, ZOU Dinghui, LIU Wenhua, et al (326)
Litter C:N:P ecological stoichiometry character of plant communities in typical Karst Peak-Cluster Depression	PAN Fujing, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (335)
Effects of groundwater depth on the gas exchange and chlorophyll fluorescence of <i>Populus euphratica</i> in the lower reaches of Tarim River	CHEN Yapeng, CHEN Yaning, XU Changchun, et al (344)
Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI	SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang, et al (354)
Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China	HE Haoyu, SU Jieqiong, HUANG Lei, et al (364)
Physiological responses of four broadleaved seedlings to drought stress simulated by PEG	FENG Huifang, XUE Li, REN Xiangrong, et al (371)
Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity	ZHU Chunyang, LI Shuhua, JI Peng, et al (383)
Diversity of waterbirds and change in home range of bar-headed geese <i>Anser indicus</i> during breeding period at Hangcuo Lake of Tibet, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, QIAN Fawen, et al (395)
The habitat selection of Giant panda in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province, China	KANG Dongwei, KANG Wen, TAN Liuyi, et al (401)
Effects of vigilance on the patterns of functional responses of foraging in voles (<i>Microtus fortis</i>)	TAO Shuanglun, YANG Xifu, DENG Kaidong, et al (410)
Influence of heavy metal pollution on soil animal community in Luqiao, Taizhou City	BAI Yi, SHI Shidi, QI Xin, et al (421)
Annual quantitative distribution of meiofauna in relation to sediment environment in Qingdao Bay	DU Yongfen, XU Kuidong, LEI Yanli, et al (431)
Population genetic variations and phylogeography of <i>Macropodus opercularis</i>	WANG Peixin, BAI Junjie, HU Yinchang, et al (441)
Contribution of C ₃ and C ₄ host plants for the overwintering and 1 st generation of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) in Northern China ..	YE Lefu, FU Xue, GE Feng (449)
Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes	BI Shoudong, KE Shengbing, XU Jinfeng, et al (455)
The diversity of ground-dwelling beetles at cultivated land and restored habitats on the Bashang plateau	LIU Yunhui, YU Zhenrong, WANG Changliu, et al (465)
Characteristics of soil microbial communities under dry and wet condition in Zoige alpine wetland	NIU Jia, ZHOU Xiaoqi, JIANG Na, et al (474)
Microbial diversity of the jujube (<i>Zizyphus jujuba</i> Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages	SHA Yuexia (483)
Effects of powdery mildew infection on zucchini growth under elevated CO ₂ and temperature	LIU Junzhi, GE Yaming, Pugliese Massimo, et al (491)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil	PENG Sili, SHEN Hong, YUAN Junji, et al (498)
The bacterial community structures in Xinjiang fault belt spring analyzed by PCR-DGGE	WU Jiangchao, GAO Xiaoqi, ZENG Jun, et al (506)
The impact of oil pollution on marine phytoplankton community growth change	HUANG Yijun, CHEN Quanzhen, ZENG Jiangning, et al (513)
Root morphological and physiological responses of rice seedlings with different tolerance to cadmium stress	HE Junyu, REN Yanfang, WANG Yangyang, et al (522)
Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County	PAN Ying, LIU Yunhui, WANG Jing, et al (529)
Analysis on ecological land rent based on ecological footprint	LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali (538)
Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen	LIU Yufan, CHEN Xue, LI Guicai, et al (547)
Review and Monograph	
Risk management approaches for environmental and human health risks in the United States and Canada	HE Guizhen, LÜ Yonglong (556)
Plant wax and its response to environmental conditions: an overview	LI Jingjing, HUANG Junhua, XIE Shucheng (565)
Acid corrosion mechanism of the sulfate-reducing bacteria and protecting studies in oilfield	ZHUANG Wen, CHU Liye, SHAO Hongbo (575)
Advance in the research of phyllospheric microorganism	PAN Jiangang, HU Qing, QI Hongyan, et al (583)

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 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 2 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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

