

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

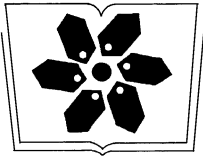
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **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 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

吴统贵, 吴明, 虞木奎, 萧江华, 成向荣. 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响. 生态学报, 2011, 31(20): 6022-6028.

Wu T G, Wu M, Yu M K, Xiao J H, Cheng X R. Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6022-6028.

杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布 及多样性的影响

吴统贵, 吴明, 虞木奎*, 萧江华, 成向荣

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站, 富阳 311400)

摘要:滨海滩涂由于其高含盐量显著影响了植物群落分布及生物多样性。目前有关滩涂含盐量与生物多样性的关系研究较多, 但不同区域盐基离子组成不同, 且对植物的影响也存在较大差异, 以杭州湾南岸不同年代形成的滩涂为研究对象, 系统监测了 50 个样方土壤交换性盐基阳离子的组成、分布和植物组成及多样性特征等, 采用去趋势典范对应分析(DCCA)、线性回归和多元逐步回归分析了 4 种盐基阳离子对物种数量、分布和多样性的影响。结果表明, 杭州湾南岸滩涂 4 种主要盐基阳离子含量(g/kg)大小顺序为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, 其中 Ca^{2+} 占到总含量的 61.97%; 经 DCCA 分析发现 4 种盐基阳离子对植物群落的分布均有显著影响, 但以 Ca^{2+} 的影响程度最大; 随着盐基离子含量的逐渐降低, 物种数量逐渐增加, 多样性指数逐渐增加, 同时也发现 Ca^{2+} 对两种多样性指数影响最大。

关键词:杭州湾滨海湿地; 盐基离子; DCCA; 植物分布; 植物多样性

Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China

WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui*, XIAO Jianghua, CHENG Xiangrong

Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Wetland Ecosystem Research Station of Hangzhou Bay, State Forestry Administration, Fuyang, 311400, China

Abstract: There are 32 000 km of coastal line and $2 \times 10^6 \text{ hm}^2$ of beach land in coastal area, China. Hangzhou Bay coastal wetland is the intersection of north and south coastal wetlands in China, and which is implied that the research is of high value in the view of science. It is well known that plant distribution and bio-diversity are influenced strongly by soil salinity of beach in coastal wetlands. Relationships between plant species distribution, bio-diversity and soil salinity have been studied in many sites in past several decades, yet few focusing on soil base cations composition of beach and their effects on plant distribution and diversity. In this paper, soil base cations composition and distribution, plant species composition and diversity in 50 plots were monitored using method of line transects with random sampling in Hangzhou Bay coastal wetlands, and the effects of base cations on plant species distribution and diversity were analyzed using Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA), stepwise regression and linear regression. The 4 main base cations concentrations (means \pm SD) were $(3.66 \pm 1.58) \text{ g/kg}$ (Ca^{2+}), $(1.83 \pm 1.25) \text{ g/kg}$ (Na^+), $(0.56 \pm 0.23) \text{ g/kg}$ (Mg^{2+}), $(0.22 \pm 0.12) \text{ g/kg}$ (K^+), respectively. And the concentration of Ca^{2+} was accounted for 61.97% of total base cations concentrations. While the base cations concentrations of coastal beach out of inling dam ((4.87 ± 0.41) , (2.19 ± 0.26) , (0.65 ± 0.12) , $(0.28 \pm 0.07) \text{ g/kg}$, respectively) were higher than in inling dam ($P < 0.05$). Meanwhile, 17 species

基金项目:国家林业局“948”引进项目(2010-4-20);“十一五”国家科技支撑课题(2009BADB2B03);中国林科院亚热带林业研究所基本科研业务费(RISF6154)

收稿日期:2011-06-05; 修订日期:2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yumukui@sina.com

were found in 50 plots, herbs mainly including typical beach plants, such as *Scirpus mariqueter*, *Phragmites communis*, *Spartina alterniflora*, etc., and shrubs including *Tamarix chinensis* and *Salix matsudana*. The DCCA axis 1, explained 59% of variance of species and environment relation and showed significant relationships to 4 base cations, reflected the gradient of 4 base cations, which meant they all influenced plant distribution. While Ca^{2+} , owned longest axis and smallest angle, was the most important factors. The DCCA axis 2, explained 25% of variance of species and environment relation, reflected the gradient of Mg^{2+} and K^+ . And we found the number of plant species decreased with the increasing of both DCCA axis 1 and DCCA axis 2. With the decreasing of base cations concentrations of plots, the values of diversity indices, both Shannon-Wiener index (H') and Simpson index (DS), increased. Moreover, significantly relationships were found between 4 base cations concentrations and H' , DS ($P < 0.05$). Hereafter, only Ca^{2+} was selected through stepwise regression, which indicated the importance of Ca^{2+} on plant diversity. The results may mean that calcium ion, with highest concentration on the beach, had most important effect on plant distribution and diversity in Hangzhou Bay coastal wetlands, which is different to other beach wetlands in China.

Key Words: Hangzhou Bay coastal wetlands; base cations; DCCA; plant distribution; plant diversity

我国海岸线(包括岛屿海岸线和大陆海岸线)总长度约 32 000 km,沿海滩涂湿地面积约 $2 \times 10^6 \text{ hm}^2$,土壤高含盐量一直是影响滩涂植物生长分布的主要因子之一^[1-2]。目前有关盐分对滨海植物生长、生存和生物多样性的影响多数集中在土壤 Na^+ 上^[3-4],然而不同区域滨海滩涂盐基离子组成存在较大差异^[5-7],同时各盐基离子对植物的影响也不尽相同^[8-9],因此深入研究滨海湿地土壤盐基离子的组成特征及主要盐基离子对滩涂植物分布和群落多样性特征的影响具有非常重要的科学意义。

杭州湾滨海滩涂是由长江和浙江入海河流输沙以及海底掀沙淤积而成,是我国滨海湿地的南北过渡带,在维持区域生态平衡、提供珍稀动植物栖息地和保护生物多样性等方面具有非常重要的作用。李侠等^[4]研究了该区域土壤 Na^+ 含量对植物多样性及优势度的影响,但有关本区域土壤盐基离子的组成特征还未有报道,本文监测了杭州湾南岸滨海滩涂 4 种主要交换性盐基阳离子(K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+})含量及其分布特征,分析了各离子对植物分布和多样性的影响,以期为本区域植被恢复和管理提供翔实的基础数据和理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于浙江省慈溪市国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站境内,中心地理位置 $121^\circ 08' 43'' \text{E}$, $30^\circ 18' 40'' \text{N}$ 。该地区多年平均气温为 $16.0 \text{ }^\circ \text{C}$,1 月份最冷,平均气温为 $3.8 \text{ }^\circ \text{C}$,7 月份最热,平均气温 $28.2 \text{ }^\circ \text{C}$,全年平均日照时数约为 2 038.4 h,无霜期约为 244 d。多年平均降水量为 1 344.7 mm。同时,滩涂湿地受潮水影响较大,该区域潮流属不正规半日潮流,为往复流性质,涨潮历时 6 h,落潮历时 6.4 h,涨落潮流向几乎与海岸线平行。月平均潮位随季节变化,9 月份最高、1 月份最低,年变幅 0.5 m。土壤属滨海盐土和潮土化盐土,有机质含量 4.14—7.76 g/kg,氮含量 0.54—0.85 g/kg,磷含量 0.52—0.82 g/kg。

本研究区域滩涂湿地由不同年代淤积而成,分布着不同类型的植被群落,围垦塘外近海岸线滩涂主要分布着海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)、糙叶藨草(*Carex scabrifolia*)和芦苇(*Phragmites communis*)等草本植物群落,围垦塘内滩涂形成年份较早,主要分布着怪柳(*Tamarix chinensis*)、旱柳(*Salix matsudana*)等灌木群落^[10]。

1.2 实验方法

1.2.1 取样及测定

2007 年 7—8 月,在 GPS 辅助下,在不同年份的滩涂上采用样线法结合样方法对群落特征及土壤进行了取样调查。

植物调查:在塘外草本植物群落内平行于海岸线由东向西设置 6 条 500 m 样线,间隔 100 m(靠近海岸线的 2 条间隔 30 m),在每条样线上间隔 100 m 设置 1 样方,共设置 30 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 样方;塘内灌木群落相同方

法设置 4 条样线,在每条样线上间隔 100 m 设置 1 个 5 m × 5 m 的样方,共 20 个,并在每个样方中随机设置 3 个 1 m × 1 m 的草本样方。记录内容包括灌木、草本植物的种名、多度、高度、盖度、密度等。

土壤取样及测定:土壤取样点与植物取样点一一对应。在样方内,利用土壤采样器取 0—30 cm 的上层土壤,将采集的土壤样混匀、去杂、风干、研磨过筛后,采用乙酸铵交换法测定 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 的含量。

1.2.2 分析方法

灌木、草本的重要值用下面公式计算:

$$\text{重要值}(IV) = (\text{相对频度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度}) / 3$$

所调查样方中共有 17 个物种,得到 17 × 50 的植被数据矩阵;环境因子包括土壤交换性 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 含量,得到 4 × 50 的环境因子数据矩阵。

用去趋势典范对应分析(Detrended Canonical Correspondence Analysis, DCCA)进行排序,DCCA 计算采用国际通用软件 CANOCO 完成。

物种多样性指数选用 Shannon-Wiener 和 Simpson 指数^[11]:

Shannon-Wiener 多样性指数(H')

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \ln p_i$$

Simpson 多样性指数(DS)

$$DS = 1 - \sum_{i=1}^k p_i^2$$

式中, N_i 为第 i 个种在样方中的重要值, N 为样方中所有种的重要值之和, $p_i = N_i/N$, S 为样方内物种总数。

2 结果

2.1 杭州湾南岸滨海湿地交换性盐基阳离子组成特点

杭州湾南岸滩涂 4 种交换性阳离子含量较高(图 1),其中 Ca^{2+} 含量最高,在 1.51—6.98 g/kg 之间,平均为 3.66 g/kg,占 4 种阳离子总和的 61.97%; Na^+ 含量在 0.03—5.59 g/kg 之间,平均含量为 1.83 g/kg,变异系数较大; Mg^{2+} 含量在 0.18—1.11 g/kg 之间,平均为 0.56 g/kg; K^+ 含量在 0.04—0.53 g/kg 之间,平均为 0.22 g/kg,含量最小。经过对 50 个样方土壤 4 种盐基阳离子含量间相关性分析发现(表 1),各离子间均达到极显著正相关($P < 0.01$)。

围垦塘内外土壤盐基离子含量均存在显著差异($P < 0.05$)(图 1),塘外 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 平均含量分别为 0.28、4.87、2.19、0.65 g/kg,分别是塘内含量的 2.48、2.53、3.02 和 1.56 倍。

2.2 植物在盐基离子含量梯度上的 DCCA 分析

采用 DCCA 对 50 个样方的植物进行排序,根据前两个排序轴作排序图(图 2),物种在排序图上的分布基本上反映了群落空间变化的趋势和梯度。DCCA 的排序轴显著性检验表明所有的排序轴是显著的(表 2)。第一排序轴解释了植物群落与盐基离子之间关系的 59%,物种与环境因子的相关系数是 0.864,该轴与 4 种盐基离子间相关性均达到显著水平,其中 Ca^{2+} 含量的相关性最大,说明 Ca^{2+} 对该轴的贡献最大;同时还可以看出,沿着第一排序轴由左向右,物种数量逐渐增多;第二排序轴进一步解释了植物群落与环境因子之间关系的 25%,物种与环境因子的相关系数是 0.615,该轴主要反映了 Mg^{2+} 、 K^+ 含量的梯度变化。

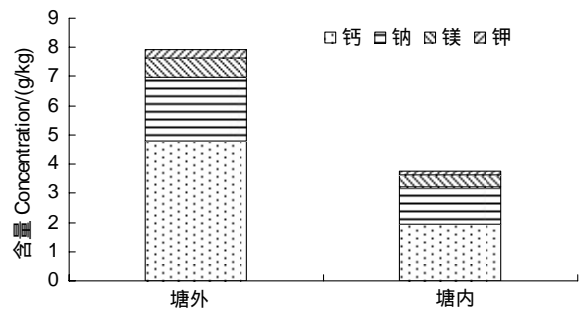


图 1 研究区塘内外 4 种盐基阳离子含量

Fig. 1 Concentrations of 4 base cations in and out of inning dam

表 1 4 种盐基阳离子相关性分析

Table 1 Correlation between 4 base cations			
	K^+	Ca^{2+}	Na^+
Ca^{2+}	0.7641 **		
Na^+	0.7000 **	0.4204 **	
Mg^{2+}	0.8854 **	0.6291 **	0.8639 **

** 表明极显著

2.3 杭州湾滨海湿地盐基阳离子对植物多样性的影响

各盐基阳离子含量对群落多样性的影响如图 3, 随着各盐基离子含量的逐渐增加, Shannon-Wiener (H') 和 Simpson 多样性指数 (DS) 均呈现逐渐降低的趋势。其中 Ca^{2+} 和 K^+ 含量与两多样性指数间均呈现极显著的线性相关 ($P < 0.01$), Mg^{2+} 和 Na^+ 与两多样性指数间也达到了显著水平 ($P < 0.05$)。以两多样性指数为因变量, 四种盐基阳离子为自变量进行逐步多元回归分析发现, 仅有 Ca^{2+} 含量被引入, 其它 3 种阳离子均被剔除, 这充分表明土壤 Ca^{2+} 含量对本研究区域植物多样性的重要性。

3 分析和讨论

3.1 盐基离子组成分布特征

张雪林^[12]认为由于海洋环境对浙江省海岛的独特影响, 使其土壤盐基离子组成以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 占优势。从本研究结果来看, 杭州湾湿地土壤 4 种盐基离子中 Ca^{2+} 含量最高, 且显著大于其他 3 种离子含量 ($P < 0.05$), 是盐基离子的主要组成部分; Na^+ 的含量也比较高, 与同区域研究结果相似^[4]。同时也可以看出, 杭州湾滩涂盐基阳离子组成与其他滨海区域^[5,7]存在较大差异。

随着滩涂形成时间和围垦时间的延长, 土壤盐度逐渐下降, 土壤环境逐步趋于中性化^[13], 这在本研究中也得到了验证。

3.2 盐基离子对植被分布和生物多样性的影响

DCCA 是目前研究植被与环境关系最先进的多元分析技术之一, 它因为结合物种构成和环境因子的信息计算样方排序值, 结果更理想, 已成为 20 世纪 90 年代以来植被梯度分析与环境解释的趋势性方法^[14]。在本研究中, 从 DCCA 分析发现 4 种盐基阳离子含量对杭州湾湿地植物的分布均具有显著的影响, 随着盐基离子含量的减少物种数量逐渐增加; 但以 Ca^{2+} 含量的影响最大, 这与前面盐基离子组成分析结果相同。这可为杭州湾滩涂湿地植被恢复与重建具体措施的提供实施提供支持。

新形成的塘外滩涂盐基离子含量较高, 容易导致植物产生水分胁迫^[15]、离子毒害^[16]及生理代谢紊乱^[17-18]等, 一般植物很难生长, 只有海三棱藨草等极少数耐盐植物成功定居^[10], 因此群落物种单一, 伴生物种较少, 具有较低的多样性; 随着先锋植物群落的形成, 盐生植物的生长必须吸收和积累一定的盐分作为体内的渗透调节物质, 从而起到脱盐作用, 土壤盐基离子含量逐渐下降, 更多植物成功入侵, 植物群落盖度明显增加^[19], 土壤表层水分的蒸发减少, 从而使土壤盐分比例进一步降低, 环境逐步趋于中性化, 并有中生性物种出现^[20-21], 因此植物的种类及数量逐渐增加^[14, 22], 其多样性显著增加。李侠等^[4]发现杭州湾滨海滩涂湿地植物多样性与 Na^+ 含量呈现显著的负相关, 这与本研究结果相似。

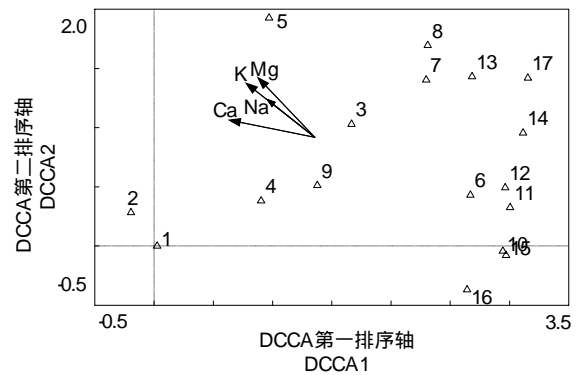


图 2 杭州湾滨海湿地植被群落物种 DCCA 排序图

Fig. 2 DCCA ordination diagram of vegetation in Hangzhou Bay

1. 海三棱藨草 *Scirpus mariqueter*; 2. 糙叶藨草 *Carex scabrifolia*;
3. 芦苇 *Phragmites communis*; 4. 互花米草 *Spartina alterniflora*;
5. 南方碱蓬 *Suaeda australis*; 6. 钻叶紫菀 *Aster subulatus*; 7. 柽柳 *Tamarix chinensis*;
8. 绢毛飘拂草 *Fimbristylis sericea*; 9. 碱菀 *Tripolium vulgare*;
10. 白茅 *Imperata cylindrical*; 11. 早柳 *Salix matsudana*;
12. 加拿大一枝黄花 *Solidago Canadensis*; 13. 野艾蒿 *Artemisia lavandulaefolia*;
14. 多裂翅果菊 *Pterocypsela laciniata*;
15. 野塘蒿 *Conyza bonariensis*;
16. 水烛 *Typha angustifolia*;
17. 匍茎苦菜 *Sonchus brachyotus*

表 2 DCCA 排序结果

Table 2 DCCA ordination

		Axis1	Axis2
环境因子与前 2 轴的相关性	K^+	-0.7824 *	0.7090 *
	Ca^{2+}	-0.9623 **	0.2374
	Na^+	-0.5748 *	0.5002
	Mg^{2+}	-0.6594 *	0.7725 *
物种与环境的相关系数		0.864	0.615
特征值总和		3.484	84%
典范特征值总和		1.018	
排序轴显著性检验		$F=4.464$	$P=0.002$

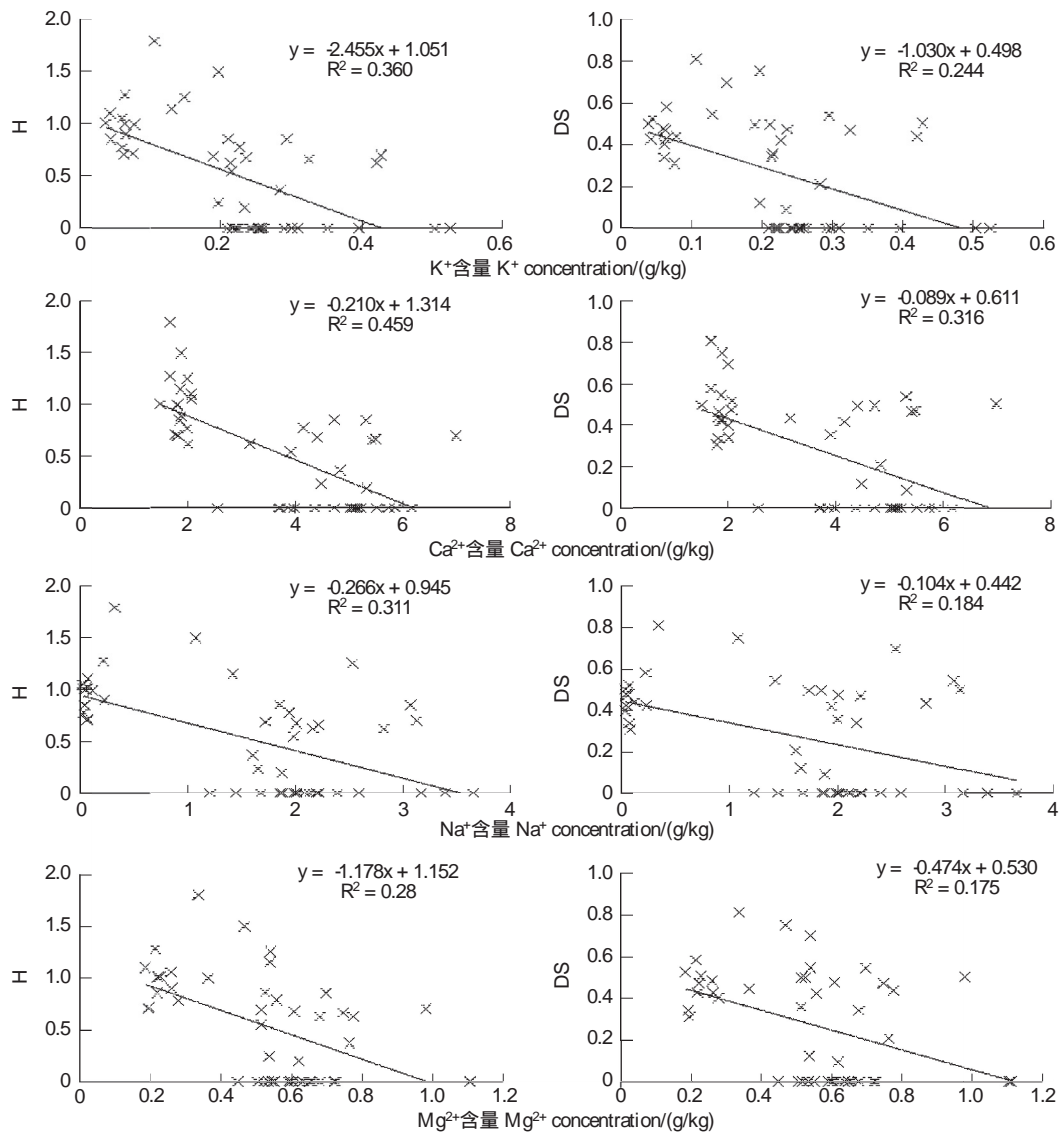


图3 多样性指数与土壤盐基阳离子含量的线性拟合

Fig. 3 Linear regression between diversity indices and soil cations concentrations

研究表明,土壤中适量 Ca^{2+} 不仅不会对植物产生胁迫作用,还可以提高植物对逆境(干旱、高温、盐害等)的抵御能力^[23];但含量过高后也会对植物生长产生不利影响,比如可在细胞质中与磷酸根形成沉淀,干扰与磷代谢有关的过程,或妨碍正常的信号传导等^[24],同时还会造成 C 骨架和膜结构的破坏等^[25]。梁洁等^[26]在研究木麻黄扦插苗 NaCl 胁迫时发现,土壤中 Ca^{2+} 浓度为 0.7 g/kg 时可以有效提高木麻黄对中度盐胁迫 (Na^+ , 10 g/kg) 的抗性,超过此值后效果逐渐降低,而对重度盐胁迫的缓解作用不明显,并会加重对植物的伤害,类似研究结论在其他研究中也有报道^[27]。 Ca^{2+} 在影响杭州湾滩涂湿地植物分布和多样性起到最重要的作用,一方面由于塘外土壤 Ca^{2+} 含量极高(最高可达 6.16 g/kg),同时土壤显碱性^[10],碱性 Ca^{2+} 对植物产生更深的伤害^[20],造成只有少数植物生存;另一方面,塘内 Ca^{2+} 浓度明显降低,可能对其他盐基离子的胁迫产生缓冲作用,增加了植物对土壤中其他盐基离子胁迫的抗性,因此物种数量明显增加。

References:

- [1] Howard R J. Intraspecific variation in growth of marsh macrophytes in response to salinity and soil type: implications for wetland restoration. *Estuaries and Coasts*, 2010, 33(1): 127-138.

- [2] Watson E B, Byrne R. Abundance and diversity of tidal marsh plants along the salinity gradient of the San Francisco Estuary: implications for global change ecology. *Plant Ecology*, 2009, 205(1): 113-128.
- [3] Ihm B S, Lee J S, Kim J W, Kim J H. Coastal plant and soil relationships along the southwestern coast of South Korea. *Journal of Plant Biology*, 2007, 50(3): 331-335.
- [4] Li X, Yu M J, Shen J H, Hu R Y, Li M H. Effects of soil Na content on plant diversity and dominance in the wetland of the Hangzhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4603-4611.
- [5] Yin J D, Gong H Z, Kikuo H, Xi J B, Li X F, Liu D X. Earlier stage study of forest exploitation and utilization on salinized soil in Shandong Province — analysis of soil salt composition and salt harmfulness to plants. *Journal of Northeast Forestry University*, 1998, 26(1): 29-33.
- [6] Guvensen A, Ozturk M. Halophytic plant diversity of south Aegean coastal zone in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 2003, 35(5): 853-864.
- [7] Liu X J, Li W Q, Yang Y M, Duan D Y. Studies on the nutrient characteristics of soil and halophyte in coastal saline soil of Hebei Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(2): 76-77.
- [8] Imada S, Yamanaka N, Tamai S. Effects of salinity on the growth, Na partitioning, and Na dynamics of a salt-tolerant tree, *Populus alba* L. *Journal of Arid Environments*, 2009, 73(3): 245-251.
- [9] Xue Y F, Liu Z P. Effects of NaCl and Na₂CO₃ stresses on photosynthesis and parameters of chlorophyll fluorescence in *Helianthus tuberosus* seedlings. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(1): 161-167.
- [10] Wu T G, Wu M, Xiao J H. Dynamics of community succession and species diversity of vegetations in beach wetlands of Hangzhou Bay. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(8): 1284-1289.
- [11] Zhang J T. Succession analysis of plant communities in abandoned croplands in the eastern Loess Plateau of China. *Journal of Arid Environments*, 2005, 63(2): 458-474.
- [12] Zhang X L. The genetic properties and classification of soil in islets of Zhejiang province. *Journal of Zhejiang Normal University (Natural Sciences)*, 2001, 24(4): 385-388.
- [13] Min B M, Kim J H. Plant succession and interaction between soil and plants after land reclamation on the west coast of Korea. *Journal of Plant Biology*, 2000, 43(1): 41-47.
- [14] Feng Y, Ma K M, Zhang Y X, Qi J. DCCA analysis of plant species distributions in different strata of Oak (*Quercus liaotungensis*) forest along an altitudinal gradient in Dongling Mountain, China. *Journal of plant Ecology*, 2008, 32(3): 568-573.
- [15] Wu W H. *Plant Physiology*. Beijing: Science Press, 2003.
- [16] Li Q Y, Ge H B, Hu S M, Wang H Y. Effects of sodium and calcium salt stresses on Strawberry photosynthesis. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(8): 1713-1717.
- [17] Koyro H W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany*, 2006, 56(2): 136-146.
- [18] Li N Y, Chen S L, Zhou X Y, Li C Y, Shao J, Wang R G, Fritz E, Hüttermann A, Polle A. Effect of NaCl on photosynthesis, salt accumulation and ion compartmentation in two mangrove species, *Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*. *Aquatic Botany*, 2008, 88(4): 303-310.
- [19] Garde L M, Nicol J M, Conran J G. Changes in vegetation patterns on the margins of a constructed wetland after 10 years. *Ecological Management and Restoration*, 2004, 5(2): 111-117.
- [20] Crain C M, Silliman B R, Bertness S L, Bertness M D. Physical and biotic drivers of plant distribution across estuarine salinity gradients. *Ecology*, 2004, 85(9): 2539-2549.
- [21] Lang F, von der Lippe M, Schimpel S, Scozzafava-Jaeger T, Straub W. Topsoil morphology indicates bio-effective redox conditions in Venice salt marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2010, 87(1): 11-20.
- [22] Shen J H, Hu R Y, Li M H, Ding P, Yu M J, Ding B Y. Influence of reclamation on plant diversity of beach wetlands in Hangzhou Bay and Yueqing Bay in East China. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2006, 33(3): 324-328.
- [23] Liu T W, Wu F H, Wang W H, Chen J, Li Z L, Dong X J, Patton J, Pei Z M, Zheng H L, Rennenberg H. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. *Tree Physiology*, 2011, 31(4): 402-413.
- [24] Jiang T H, Zhan X H, Xu Y C, Zhou L X, Zong L G. Roles of calcium in stress-tolerance of plants and its ecological significance. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(5): 971-976.
- [25] Mao G L, Xu X, Zheng G Q, Xiao G J, Yue Z H, Yang J. Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(9): 2532-2538.
- [26] Liang J, Yan C L, Li Y H, Zhang R F, Zhu Z. Effect of Ca(NO₃)₂ on phycological characteristics in *Casuarina equisetifolia* cutting seedlings under NaCl stress. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1073-1077.
- [27] Candan N, Tarhan L. Effects of calcium stress on contents of chlorophyll and carotenoid, LPO levels, and antioxidant enzyme activities in *Mentha*.

Journal of Plant Nutrition, 2005, 28(1): 127-139.

参考文献:

- [4] 李侠, 于明坚, 慎佳泓, 胡仁勇, 李铭红. 杭州湾滩涂 Na 元素含量对植物多样性和优势度的影响. 生态学报, 2007, 27(11): 4603-4611.
- [5] 尹建道, 龚洪柱, 生原喜久雄, 郗金标, 李秀芬, 刘德玺. 山东省盐渍土林业开发利用前期研究——土壤盐基组成及其对植物危害分析. 东北林业大学学报, 1998, 26(1): 29-33.
- [7] 刘小京, 李伟强, 杨艳敏, 段德玉. 河北省滨海盐碱地土壤与盐生植物养分特征的研究. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 76-77.
- [9] 薛延丰, 刘兆普. 不同浓度 NaCl 和 Na₂CO₃ 处理对菊芋幼苗光合及叶绿素荧光的影响. 植物生态学报, 2008, 32(1): 161-167.
- [10] 吴统贵, 吴明, 萧江华. 杭州湾滩涂湿地植被群落演替与物种多样性动态. 生态学杂志, 2008, 27(8): 1284-1289.
- [12] 张雪林. 浙江省海岛土壤发生特征及其分类. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2001, 24(4): 385-388.
- [14] 冯云, 马克明, 张育新, 祁建. 辽东栎林不同层植物沿海拔梯度分布的 DCCA 分析. 植物生态学报, 2008, 32(3): 568-573.
- [15] 武维华. 植物生理学. 北京: 科学出版社, 2003.
- [16] 李青云, 葛会波, 胡淑明, 王惠英. 钠盐和钙盐胁迫对草莓光合作用的影响. 西北植物学报, 2006, 26(8): 1713-1717.
- [22] 慎佳泓, 胡仁勇, 李铭红, 丁平, 于明坚, 丁炳扬. 杭州湾和乐清湾滩涂围垦对湿地植物多样性的影响. 浙江大学学报(理学版), 2006, 33(3): 324-328.
- [24] 蒋廷惠, 占新华, 徐阳春, 周立祥, 宗良钢. 钙对植物抗逆能力的影响及其生态学意义. 应用生态学报, 2005, 16(5): 971-976.
- [25] 毛桂莲, 许兴, 郑国琦, 肖国举, 岳自慧, 杨涓. 脱硫废弃物对碱胁迫下油葵幼叶细胞钙分布及 Ca²⁺-ATPase 活性的影响. 生态学报, 2011, 31(9): 2532-2538.
- [26] 梁洁, 严重玲, 李裕红, 张瑞峰, 朱珠. Ca(NO₃)₂ 对 NaCl 胁迫下木麻黄扦插苗生理特征的调控. 生态学报, 2004, 24(5): 1073-1077.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 20 October ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)

Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)

Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)

Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)

Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)

Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)

Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security; a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)

Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)

Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)

Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)

Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)

Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)

Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)

Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)

Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)

Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)

Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)

Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)

Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)

Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)

Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)

Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

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 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 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
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

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

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
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@espg.net

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@espg.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

Domestic All Local Post Offices in China
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



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