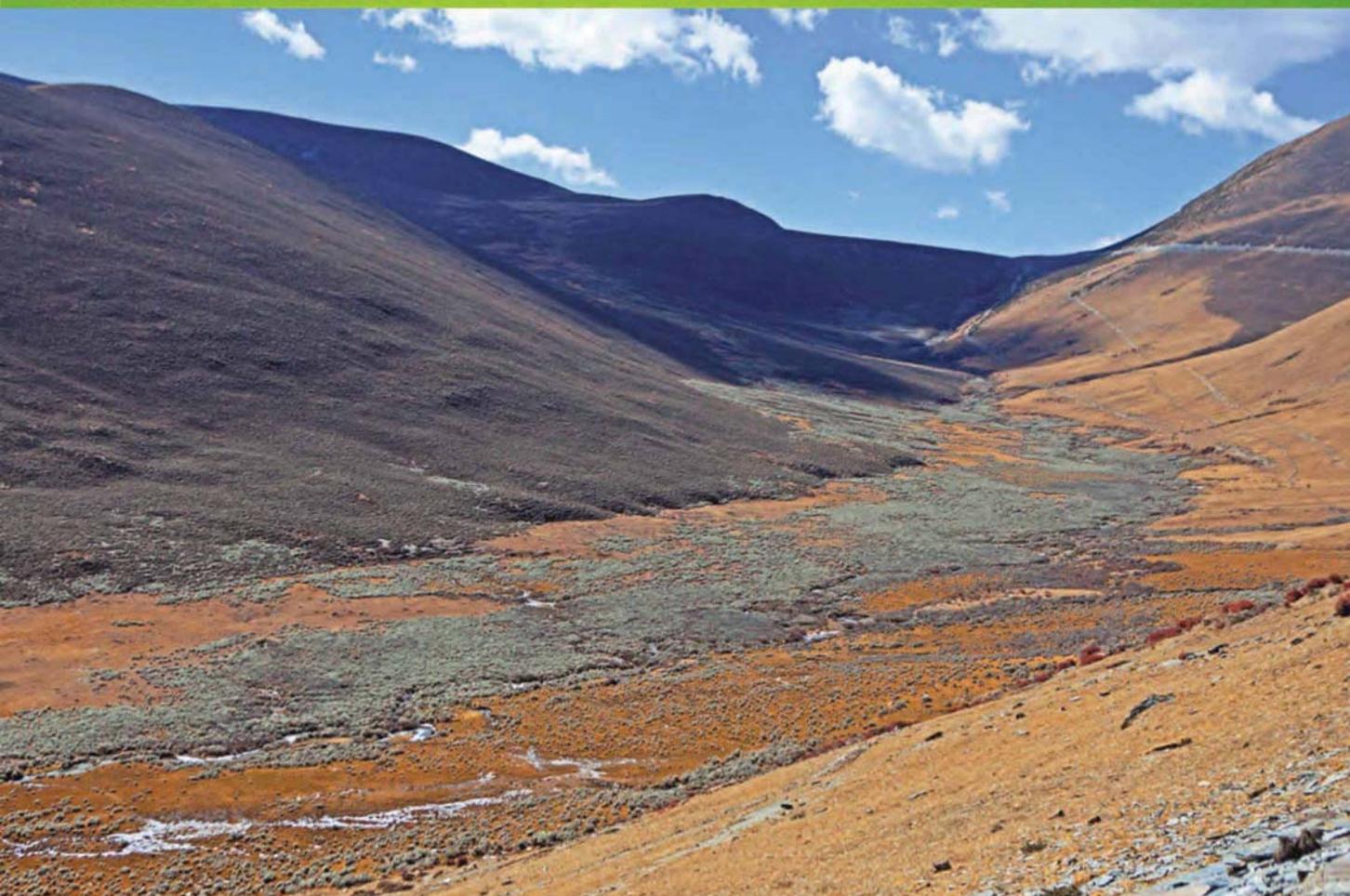


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 18 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

美国农业生态学发展综述	黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
水足迹研究进展	马 晶, 彭 建 (5458)
江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价	孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理	董 蕾, 李吉跃 (5477)
生态化学计量学特征及其应用研究进展	曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征	王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响	付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性	王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性	施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响	申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性	吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应	杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响	秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
免耕稻田氮肥运筹对土壤 NH ₃ 挥发及氮肥利用率的影响	马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
香梨两种树形净光合速率特征及影响因素	孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响	赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响	王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究	汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响	陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异	邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响	赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响	郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响	王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计	黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化	何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
干旱荒漠区银白杨树干液流动态	张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响	刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用	闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较	张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响	吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响	高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响	王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应	张雪妮, 吕光辉, 杨晓东, 等 (5714)
广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征	温远光, 雷丽群, 朱宏光, 等 (5723)
戴云山黄山松群落与环境的关联	刘金福, 朱德煌, 兰思仁, 等 (5731)
四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系	王文君, 杨万勤, 谭波, 等 (5737)
中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态	范跃新, 杨玉盛, 杨智杰, 等 (5751)
塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (5760)
鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征	戴年华, 邵明勤, 蒋丽红, 等 (5768)
营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响	陈纯, 李思嘉, 肖利娟, 等 (5777)
西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构	刘沙沙, 贾沁贤, 刘喜方, 等 (5785)
西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律	潘影, 徐增让, 余成群, 等 (5794)
太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征	姚昕, 朱广伟, 高光, 等 (5802)
基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究	王传辉, 吴立, 王心源, 等 (5808)
近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应	李正国, 杨鹏, 唐华俊, 等 (5818)
鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应	谢冬明, 金国花, 周杨明, 等 (5828)
珠三角河网浮游植物生物量的时空特征	王超, 李新辉, 赖子尼, 等 (5835)
南京市景观时空动态变化及其驱动力	贾宝全, 王成, 邱尔发 (5848)
川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化	秦纪洪 王琴 孙辉 (5858)
城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例	周健, 肖荣波, 庄长伟, 等 (5865)
基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究	范敬龙, 刘海龙, 雷加强, 等 (5874)
干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析	夏富强, 唐宏, 杨德刚, 等 (5883)
海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例	魏超, 叶属峰, 过仲阳, 等 (5893)
中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性	梁君, 徐汉祥, 王伟定 (5905)
丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化	江志兵, 刘晶晶, 李宏亮, 等 (5917)
基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例	刘耕源, 杨志峰, 陈彬, 等 (5926)
保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例	徐飞, 蔡体久, 琚存勇, 等 (5935)
三江源牧户参与草地生态保护的意愿	李惠梅, 张安录, 王珊, 等 (5943)
沈阳市降雨径流初期冲刷效应	李春林, 刘森, 胡远满, 等 (5952)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09



封面图说: 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地, 沟谷地带由于低平且水分较充足, 生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线, 以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统, 高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明, 易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关, 显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而, 这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304270832

刘金福, 朱德煌, 兰思仁, 洪伟, 郑世群, 何中声, 徐道炜. 戴云山黄山松群落与环境的关联. 生态学报, 2013, 33(18): 5731-5736.

Liu J F, Zhu D H, Lan S R, Hong W, Zheng S Q, He Z S, Xu D W. Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5731-5736.

戴云山黄山松群落与环境的关联

刘金福^{1,2,3}, 朱德煌¹, 兰思仁², 洪伟^{1,2,3,*}, 郑世群^{1,2}, 何中声^{1,2}, 徐道炜^{1,2}

(1. 福建农林大学林学院, 福州 350002; 2. 福建农林大学海峡自然保护区研究中心, 福州 350002;

3. 福建省高校生态与资源统计重点实验室, 福州 350002)

摘要: 基于戴云山黄山松群落类型 31 个样地 (20 m × 20 m) 野外调查, 筛选 4 个地形因子和 11 个土壤环境因子, 采用除趋势典范对应分析法 (DCCA) 探讨黄山松群落分布格局与环境之间的关联, 定量分析环境因子间相互关系及其对黄山松群落格局的影响。结果表明: (1) DCCA 第一排序轴主要反映黄山松群落的海拔变化, 第二轴主要反映坡向变化, 即沿第二轴从上到下, 坡向越朝向阳坡, 黄山松群落分布越明显。(2) DCCA 表明第一轴与海拔的相关系数达 0.5570, 即海拔是黄山松群落分布起着决定性作用的环境因子, 呈现海拔越高, 黄山松优势种群越显著, 在海拔 1400—1600 m 表现突出。(3) 黄山松群落主要物种在 DCCA 排序图的相对位置, 反映坡向、坡位、有机质、人为干扰因素是影响黄山松群落分布的重要因素。(4) DCCA 排序图中黄山松群落种类排序轴与环境排序轴的相关系数高于 DCA, 且消除 CCA 的“弓形效应”, 更能凸显海拔、有机质等环境因子对黄山松群落的影响, 即黄山松群落与环境因子之间关联以 DCCA 排序方法为最佳。

关键词: 黄山松; DCA; DCCA; 环境因子

Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain

LIU Jinfu^{1,2,3}, ZHU Dehuang¹, LAN Siren², HONG Wei^{1,2,3,*}, ZHENG Shiqun^{1,2}, HE Zhongsheng^{1,2}, XU Daowei^{1,2}

1 Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 Cross-Strait Nature Reserve Research Center of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

3 Key Laboratory of Fujian Universities for Ecology and Resource Statistics, Fuzhou 350002, China

Abstract: Daiyun Mountain is one of two great mountains in Fujian Province, located at the boundary between mid-subtropic and south subtropic. Daiyun Mountain National Nature Reserve established in the sample area is one of the nature reserves with the highest biodiversity in unit area in China. Daiyun Mountain has 6400 hm² protogenesis *Pinus taiwanensis* community which is the most south tip, the biggest area and the best preserved natural *P. taiwanensis* community area in China mainland. Daiyun Mountain also is the largest germplasm genetic base of *P. taiwanensis* in China, which is important to carry out research on the succession of mid-subtropical vegetation. Based on the field investigation of thirty-one sample plots (20 m × 20 m) of *P. taiwanensis* community in Daiyun Mountain, the environmental factors (11 soil factors and 4 terrain factors) were selected. The relevance between distribution pattern and environment was discussed by Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA). The relationship among environmental factors was quantitatively analyzed. The results showed that: (1) The DCCA first sorting axis mainly reflected spatial variability of elevation, the second axis mainly reflected the change of slope, slope tends to the sunny side with the second axis from top to bottom, meanwhile *P. taiwanensis* communities distribute obviously. (2) The DCCA sorting indicated coefficient between the first axis and the elevation reaches 0.5570, that is, elevation is decisive function factor for *P. taiwanensis* communities, presenting the higher elevation is, the more remarkable *P. taiwanensis* population is especially in elevation 1400—1600 m. (3) Different species

基金项目: 福建省自然科学基金项目 (2008J0008); 教育部博士点基金项目 (200803890011)

收稿日期: 2013-04-27; 修订日期: 2013-07-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fjhongwei@126.com

of *P.taiwanensis* communities has different environmental factors in the DCCA sorting chart, simultaneously the slope, the slope position, the organic matter, the human factor also are the important factors of *P.taiwanensis* communities. (4) The sorting results obtained from DCA (Detrended Correspondence Analysis), CCA (Canonical Correspondence Analysis) and DCCA have some differences. DCA mainly reflects *P.taiwanensis* community difference, while CCA exists "Arch Effect". With a combination of DCA and CCA, DCCA showed a higher correlation coefficient between the *P.taiwanensis* community and environmental sorting axis as compared with DCA, indicating that DCCA can give a better explanation on the relationship between *P.taiwanensis* community and environmental factors such as elevation and organic matter. Moreover, there is not "Arch Effect" in DCCA. Therefore, DCCA may be the best choice in study on the relationship between *P.taiwanensis* community and environmental factors.

Key Words: *Pinus taiwanensis*; detrended correspondence analysis (DCA); detrended canonical correspondence analysis (DCCA); environmental factors

在自然植物群落,植物与环境的关系非常密切,每个物种在不同环境梯度均有差异。植物与环境间的关系主要是非线性关系,排序是研究植被与环境相互关系的主要手段,主要有除趋势对应分析(DCA)、典范对应分析(CCA)、除趋势典范对应分析(DCCA)。目前,国内外对其研究主要集中在环境因子对构建植被区系差异^[1]、群落分布格局形成^[2-3]等方面的影响。

黄山松(*Pinus taiwanensis*)又称台湾松,为中国特有树种,是常绿乔木,为喜光树种,耐干旱、耐瘠薄、抗风,材质良好,且病虫害少,生长持续时间长,分布较广,主要分布于浙江、台湾、福建、江西、安徽等省山地,是亚热带中部中山地区的主要建群种。戴云山山脉是东南重要的生物多样性的基因库,物种丰富,种类繁多,成为研究的热点区域^[4-6]。戴云山山脉保存有中国大陆分布最南端、面积最大、保存最完好的原生性黄山松林群落面积超过 6000 hm²,是中国最大的黄山松种质基因基地,对保护福建省乃至我国生物多样性和开展中亚热带植被的演替具有重要科学意义。任国学等^[7]对戴云山黄山松种群数量特征进行研究;朱德煌等^[8]对戴云山黄山松种群更新生态位研究,研究发现戴云山黄山松群落呈现衰退趋势,黄山松幼苗、幼树资源利用谱较窄,仅分布个别资源位中,且其它树种与黄山松争夺水热条件,限制其种子萌发、幼苗生长,未来群落结构可能呈现以黄山松、鹿角杜鹃、甜槠和木荷等树种为优势种的共优群落,黄山松数量比例呈现减小且新老树种交替困难的趋势;董金相^[9]探讨戴云山黄山松林碳储量,发现环境因子干扰导致其种群个体数量下降趋势,黄山松群落与环境因子存在密切联系;而采用数量排序定量分析环境因子对其群落的响应机制尚未报道。为此,通过对戴云山黄山松群落进行排序,量化环境因子与黄山松群落之间关系,为保护黄山松种群基因与植被资源,逐步壮大其种群数据提供理论依据。

1 研究区自然概况

戴云山国家级自然保护区位于福建省中部德化县境,118°05'22"E—118°20'15"E,25°38'07"N—25°43'40"N,总面积达 13472.4 hm²。戴云山山脉是福建省境内两大山脉之一,保护区包括戴云山山脉主峰大戴云和九仙山,戴云山最高峰为 1856 m。戴云山位于亚热带与中亚热带的过渡带,属于海洋季风气候区,保护区内年平均温 15.6—19.5℃,最冷月(1月)平均温度 6.5—10.5℃,最热月(7月)平均温度 23.0—27.5℃,年降水量为 1700—2000 mm,无霜期 260 d,年均日照时数为 1875.4 h,年均雾日达 220 d^[8]。

2 研究方法

2.1 样地调查

采用样方法选择有代表性的黄山松群落进行调查,共设置 31 个样地,每个样地投影面积为 20 m×20 m。每个样地再划分成 4 个 10 m×10 m 的样方,共 124 个(10 m×10 m)样方,记录乔木层(DBH≥2.5 cm 起测)、灌木层和草本层的种名、数量、高度、冠幅、胸径、基径、丛数、坐标,且记录样地地理环境因子。

2.2 样品采样与测定

样地内随意布 3 个取样点,挖 60 cm 的土壤剖面,用环刀分别取 0—20 cm,20—40 cm,40—60 cm 的土样,分析其物理性质,每样点采取 1 kg 左右,去除根系、石块等,带回实验室,风干、过筛保存用于分析测定化学性质。土壤理化性质测定方法参照中华人民共和国林业行业标准测定^[10]。

2.3 统计分析

选取坡度、坡向(Exp)、坡位(Pos)、海拔(El)4 个地形因子,土壤含水率(NMC)、土壤容重(Tp)、总孔隙度(Bd)、有机质(OM)、全氮(TN)、速效氮(HN)、全钾(TK)、速效钾(AK)、全磷(TP)、速效磷(AP)、pH 值等 11 个土壤因子。为了满足数据处理的需要,坡度用 7 级制,1<5°,2=5°—10°,3=10°—15°,4=15°—20°,5=20°—25°,6=25°—30°,7>30°。坡向用 6 级制,1=东坡,2=西坡,3=北坡,4=东北坡或东南坡,5=南坡,6=东南坡或西南坡^[11]。

由于各项指标量纲各异,需对指标原始数据进行标准化处理:

$$U_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i}$$

式中, U_{ij} 为第 i 个指标的第 j 个样地的观测值的标准数据化, X_{ij} 为第 i 个指标的第 j 个样地的观测值, \bar{X}_i 、 S_i 分别为第 i 个指标的平均值及标准差^[12]。

DCA、CCA、DCCA 3 种排序法均用 CANOCO4.5 国际软件进行处理。

3 结果分析

3.1 排序轴与环境变量关系

由 DCCA 排序图 1、表 1 可知, DCCA 排序第一、二轴的特征值之和占全部排序轴总特征值的 64.50%, 反映黄山松群落与植被关联的大部分信息。在 DCCA 排序图中, 海拔、全磷、pH 值等环境因子的箭头长度在第一轴中较长, 则与第一轴相关性较大, 第二轴中海拔、坡向、坡位等环境因子的箭头长度较长, 则第二轴反映海拔、坡向、坡位的变化, 表明诸多因素均对黄山松群落分布有影响, 其中海拔在排序图中的箭头最长, 并根据表 1 海拔与第一轴的相关系数达 0.5570, 呈现海拔越高, 黄山松优势种群越显著, 黄山松针阔混交林往黄山松纯林演替, 即海拔是对黄山松群落分布起着决定性作用的环境因子。

3.2 群落与环境关系

由图 1、表 1 可知, 黄山松群落 31 个样地在第一、二轴的相对位置, 反映黄山松群落生态学特性及环境因子对其群落空间分布的影响。由环境因子的箭头长度连线可知, 15 个环境因子均对黄山松群落存在一定程度的影响。沿第一轴自左向右, 海拔越高, 土壤有机质含量越高, 由于高海拔空气湿度大, 光照充足, 枯枝落叶层比较厚, 受人为因素影响较小, 土壤发育较好, 水热条件适宜均有利于黄山松生长和更新。土壤有机质与速效钾、pH 值、坡向、坡度的夹角较小, 但与第一排序轴相关性较大。高海拔黄山松群落的 pH 值较低, 戴云山高海拔区域水热条件优越, 可能对其土壤的酸碱性具有稀释作用。低海拔, pH 较大, 可能与人为干扰有关。土壤磷与第一轴相关性较大, 且达到显著相关, 而钾与第一轴相关性较小, 钾、磷是植被生长的大量元素, 但戴云山黄山松群落钾和磷的含量均较低。第二轴的贡献率仅为 24.88%, 也可反映群落的海拔、坡向、pH 值、坡度及土壤自然含水率的变化趋势, 沿第二轴自上而下, 海拔升高, 坡位上升, 坡度也在增加, pH 值变小, 而土壤速效磷和钾含量减少。即第一轴和第二轴均可反映植被与环境的关系。

3.3 物种与环境关系

黄山松群落乔木层 30 个主要物种在 DCCA 排序图的分布情况, 见图 2。各主要物种与环境因子在排序图 2 的相对位置, 反映不同生态因子均对物种产生一定作用。由图 1、2 可知, 与物种和样地两者的 DCCA 第一轴相关性较大的环境因子是一致的, 海拔、坡度、坡向、有机质、pH 值在黄山松群落格局中起主要作用。沿着第一轴从左到右, 土壤有机质含量、速效磷、全钾含量呈逐渐增加, 分布着台湾冬青、满山红、东方古柯、黄山松、杉木、甜槠、硬头石栎、鹿角杜鹃、木荷、华丽杜鹃、马尾松等, 分布趋势与其为优势种的黄山松混交林分布相吻合。环境因子对不同物种分布存在差异性, 沿海拔降低, 黄山松种群数量呈现减少趋势, 由于低海拔光照时间短、降水少、空气湿度小及人为作用, 限制黄山松的生长, 在低海拔区域黄山松群落主要以针阔混交林为主, 黄山松纯林相对较少。

3.4 DCA、CCA、DCCA 比较

DCA、CCA、DCCA 三种排序均可揭示黄山松群落与环境因子关联。由表 2 可知, DCA 特征值高于 CCA 和 DCCA, 表明 DCA 反映黄山松群落之间的关系优于 CCA 和 DCCA, 而 CCA 和 DCCA 特征值较为接近。由于 CCA 和 DCCA 植被数据排序轴与环境因子数据排序轴相关性系数较大, 即为 0.936、0.957。可见, 在描述黄山松群落与环境之间关系时, CCA、DCCA 效果优于 DCA。由于 CCA 存在“弓形效应”, 可能导致效果失真, 而 DCCA 排序更能突显海拔和有机质等环境因子对黄山松群落分布格局的影响, 即黄山松群落与环境因子之间关联以 DCCA 排序为最佳。

4 结论与讨论

戴云山黄山松群落 DCCA 排序结合植被因子和环境因子, 研究其区域不同环境因子对植被分布的影响程度, 揭示其植被与环境之间关联。DCCA 排序轴不仅可明显表达黄山松群落环境梯度, 且能反映其环境的空间变异。第一、二轴特征值占总特征

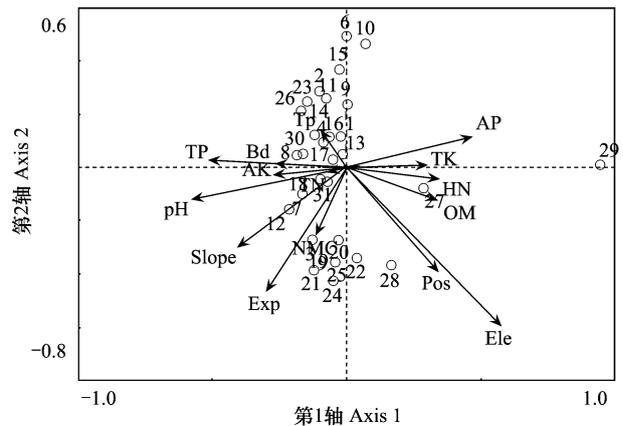


图 1 样地与环境因子的 DCCA 二维排序图

Fig.1 DCCA dimensional ordination of sample and environmental factors

1—31 代表样地编号, 箭头表示环境因子, 箭头的长度代表相关性的大小, 箭头所处的象限表示正负相关性; Ele: 海拔; Slope: 坡度; Exp: 坡向; Pos: 坡位; TP: 全磷; AP: 速效磷; TK: 全钾; AK: 速效钾; OM: 有机质; TN: 全氮; HN: 碱解氮; pH: pH 值; NMC: 自然含水率; Bd: 容重; Tp: 总孔隙度

表 1 DCCA 排序轴与环境因子间的相关系数
Table 1 The Correlation coefficients of detrended canonical correspondence and analysis ordination axes for forest communities and environmental factors

	物种 第一轴 SPX1	物种 第二轴 SPX2	环境因子 第一轴 ENX1	环境因子 第二轴 ENX2	海拔 Ele	坡度 Slope	坡向 Exp	坡位 Pos	全磷 TP	速效磷 AP	全钾 TK	速效钾 AK	有机质 OM	全氮 TN	碱解氮 HN	pH	自然 含水率 NMC	土壤容重 Bd	总孔隙度 Tp	
SPX1 Species Axis1	1.000																			
SPX2 Species Axis2	-0.015	1.000																		
ENX1 Environmental factors Axis1	0.960**	0.000	1.000																	
ENX2 Environmental factors Axis2	0.000	0.927**	0.000	1.000																
Ele Elevation	0.557**	-0.558**	0.580**	-0.602**	1.000															
Slope	-0.395*	-0.281	-0.411*	-0.303	-0.228	1.000														
Exp Exposure	-0.289	-0.438**	-0.301	-0.472**	-0.166	0.632**	1.000													
Pos Slope position	0.333*	-0.359*	0.346*	-0.387*	0.490**	-0.215	-0.064	1.000												
TP Total Phosphorus	-0.493**	0.025	-0.513**	0.027	-0.348*	0.300	0.099	-0.226	1.000											
AP	0.456**	0.108	0.475**	0.117	0.283	-0.261	-0.183	-0.247	1.000											
TK Total potassium	0.292	0.010	0.304	0.011	0.269	-0.283	-0.122	0.121	-0.888**	0.305	1.000									
AK Available potassium	-0.270	-0.026	-0.281	-0.028	-0.113	0.257	0.143	0.101	-0.016	-0.391*	0.058	1.000								
OM Organic Matter	0.327	-0.115	0.340*	-0.124	0.280	-0.146	0.015	0.263	0.085	-0.271	-0.244	0.449**	1.000							
TN Total Nitrogen	-0.071	-0.019	-0.074	-0.020	-0.017	0.104	-0.011	0.032	0.813**	-0.184	-0.834**	-0.180	0.396*	1.000						
HN Hydrolyzable Nitrogen	0.338*	-0.041	0.352*	-0.045	0.289	-0.093	0.011	0.319	-0.088	-0.264	-0.092	0.561**	0.929**	0.231	1.000					
pH pH value	-0.562**	-0.111	-0.586**	-0.120	-0.272	0.373*	0.281	-0.300	0.178	0.002	0.065	0.194	-0.320	-0.249	-0.402*	1.000				
NMC Nature Moisture Content	-0.111	-0.244	-0.116	-0.263	0.017	0.194	0.267	0.251	0.527**	-0.396*	-0.544**	0.431**	0.709**	0.639**	0.662**	-0.150	1.000			
Bd Bulk density	-0.265	0.012	-0.276	0.013	-0.181	0.151	0.045	-0.126	0.941**	-0.074	-0.884**	-0.152	0.222	0.915**	0.051	-0.032	0.597**	1.000		
Tp Total porosity	-0.095	0.134	-0.099	0.145	-0.094	-0.031	-0.067	-0.212	0.758**	0.361*	-0.648**	-0.302	0.054	0.736**	-0.086	-0.049	0.343*	0.882**	1.000	
特征值 Eigenvalue	0.500	0.314																		
累积贡献率 Accumulative contribution rate/%	39.62	64.50																		

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$

值的 64.10%,表明两轴集中黄山松群落与环境的绝大部分信息。第一排序轴主要表达黄山松群落朝向冷湿方向的综合梯度,反映海拔、坡度、坡向、pH 值等环境因子的空间变异,其中海拔垂直变异较大。第二轴主要表达其群落朝向暖干的生态梯度,反映海拔、坡位及坡向生态因子的变异。戴云山黄山松群落主要分布在向阳、光照条件较充足等区域。

依研究表明,在区域至全球尺度上,气候条件是影响植被类型及生活型的主要因子;在景观或群落尺度上,环境因子是决定植被分布格局的主导因子。不同环境因子对黄山松群落分布有所影响,其中海拔是影响其群落分布的主导因子,坡向、坡度、人为因素以及土壤条件也是影响黄山松群落分布的重要因子。海拔 1100—1300 m 的黄山松群落主要处于阴坡、光照不足、人为活动较频繁等环境,黄山松种群与其他阔叶树种生长良好争夺水热条件,导致该区域黄山松种群幼苗数量减少。而海拔 1400—1600 m 的黄山松优势种特别明显,表现为光照充足、湿度大、有机质含量高、人为干扰少,坡向越向阳,黄山松生长越好,主要由黄山松具有喜阳、耐寒、抗风等生物学特性决定。而海拔 1600—1856 m 的黄山松群落,处于风口,呈现矮灌层,与伴生树种岗柃混交。可见,随海拔升高,黄山松群落基本呈现针阔混交林向黄山松纯林演替趋势。

依黄山松群落排序分析,可知 DCA 排序特征值明显高于 CCA、DCCA,而张金屯^[13]认为 DCA 需经相关、回归分析,可反映出植被与环境关联,计算过程繁琐,而 CCA 存在“弓形效应”,效果不佳。从 DCCA 排序中,可知黄山松群落种类排序轴与环境排序轴的相关系数明显高于 DCA,即 DCCA 更凸显反映出海拔是黄山松群落分布的主导因子,有机质、钾、磷也是群落分布格局的主要环境因子,考虑 DCCA 排序是 DCA 和 CCA 的结合,即消除“弓形效应”后的计算排序值,更有利于揭示其群落生态学意义。可见,DCCA 是较理想解释黄山松群落与环境因子关联的一种排序方法。

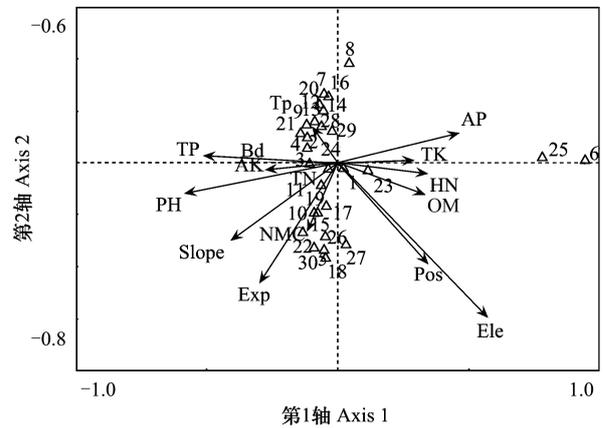


图 2 黄山松群落主要树种的 DCCA 排序图

Fig. 2 The main speceies of DCCA ordination in *Pinus taiwanensis* communities

1—30 代表物种; 1. 黄山松; 2. 甜槠; 3. 鹿角杜鹃; 4. 木荷; 5. 华丽杜鹃; 6. 台湾冬青; 7. 江南山柳; 8. 杉木; 9. 硬斗石栎; 10. 格药枥; 11. 细枝枥; 12. 马尾松; 13. 马银花; 14. 毛柃; 15. 青榨槭; 16. 杨梅; 17. 大萼两广黄瑞木; 18. 亮叶水青冈; 19. 窄基红褐枥; 20. 青冈; 21. 多脉青冈; 22. 吊钟花; 23. 东方古柯; 24. 羊舌树; 25. 满山红; 26. 牛耳枫; 27. 红楠; 28. 罗浮栲; 29. 黄瑞木; 30. 岗柃; 其他符号见图 1

1—30 represent species; 1. *Pinus taiwanensis* Hayata; 2. *Castanopsis eyrei* Tutch; 3. *Rhododendron latoucheae*; 4. *Schima superba*; 5. *Rhododendron farrerae*; 6. *Ilex formosana*; 7. *Clethra cavaleriei*; 8. *Cunninghamia lanceolata*; 9. *Lithocarpus hancei*; 10. *Eurya muricata*; 11. *Eurya loquaiana*; 12. *Pinus massoniana*; 13. *Rhododendron ovatum*; 14. *Castanopsis Spach*; 15. *Acer davidii* Franch; 16. *Myrica rubra*; 17. *Adinandra glischroloma*; 18. *Fagus lucida*; 19. *Eurya rubiginosa*; 20. *Cyclobalanopsis glauca*; 21. *Cyclobalanopsis multinervis*; 22. *Enkianthus quinqueflorus*; 23. *Erythroxylum sinense*; 24. *Symplocos glauca*; 25. *Rhododendron mariesii*; 26. *Daphniphyllum calycinum*; 27. *Machilus thunbergii*; 28. *Castanopsis fabri*; 29. *Cornus stolonifera* var.; 30. *Eurya groffii*; Other symbol see figure 1

表 2 DCA、CCA 及 DCCA 分析结果比较

Table 2 Comparison of the results of ordination by DCA, CCA and DCCA

排序 Sequence	轴 Axis		
	1	2	3
	特征值 Eigenvalues		
除趋势对应分析 DCA Detrended Correspondence Analysis	0.554	0.358	0.270
典范对应分析 CCA Canonical Correspondence Analysis	0.466	0.372	0.290
除趋势典范对应分析 DCCA Detrended Canonical Correspondence Analysis	0.466	0.366	0.210
	相关系数 Correlation coefficient		
DCA	0.890	0.794	0.683
CCA	0.936	0.957	0.917
DCCA	0.936	0.957	0.907

References:

[1] San-José J, Montes R, Mazorra M A, Matute N. Heterogeneity of the inland water-land palm ecotones (morichals) in the Orinoco lowlands, South America. *Plant Ecology*, 2010, 208(2): 259-269.

- [2] Zhuang L, Tian Z P, Chen Y N, Li W H, Li J G, Lu S. Community characteristics of wild fruit forests along elevation gradients and the relationships between the wild fruit forests and environments in the Keguoqin Mountain Region of Iii. *Journal of Mountain Science*, 2012, 9(1): 115-126.
- [3] Zhang Z H, Hu G, Ni J. Effects of topographical and edaphic factors on the distribution of plant communities in two subtropical karst forests, Southwestern China. *Journal of Mountain Science*, 2013, 10(1): 95-104.
- [4] Fu D L, Liu J F, Huang Z S, Hong W, Zheng S Q, Dai L C. Community characters of *Castanopsis fabri* in Daiyun mountain national nature reserve. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2009, 29(2): 97-102.
- [5] Liu J F, Huang Z S, Fu D L, Hong W, Zheng S Q, Chen J Y, Wu Z Y. Study on compositions and geographical elements of vascular plants in *Castanopsis fabri* community, Daiyun mountain. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2010, 28(1): 27-33.
- [6] Zheng S Q, Liu J F, Huang Z S, Zheng X J, Hong W, Xu D W, Wu Z Y, He Z S. Nutrition ecological niche of dominant arbor species in *Castanopsis fabri* forest in Daiyun Mountain. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2012, 20(2): 177-183.
- [7] Ren G X, Liu J F, Xu D W, Hong W, Zheng S Q, Huang Z S. Classification and species diversity of *Pinus taiwanensis* Hayata communities in Daiyun mountain. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2011, 20(3): 82-88.
- [8] Zhu D H, Liu J F, Hong W, Zheng S Q, Xu D W, Li W Z. Studies on regeneration niche of main species in *Pinus taiwanensis* community in Daiyun mountain. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2012, 20(6): 561-565.
- [9] Dong J X. Studies on the carbon storage of *Pinus taiwanensis* and its influence factors in Daiyun mountain. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012.
- [10] State Forestry Administration. Forestry standard of the People's Republic of China — Analysis methods of forest soil. Beijing: China standard Press, 2000.
- [11] Zhang J T. Analysis of relationships between vegetation and its environmental variables I: DCA ordination. *Journal of Shanxi University: Natural Science Edition*, 1992, 15(2): 182-189.
- [12] Yan D F, Yang X T. Quantitative ordination and environmental analysis of woody plant communities in Baotianman, Henan Province. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(12): 2826-2831.
- [13] Zhang J T. Ecological Relationships of Some Montane Grass. Cardiff: University of Wales, 1991.

参考文献:

- [4] 付达靓, 刘金福, 黄志森, 洪伟, 郑世群, 代立春. 戴云山国家级自然保护区罗浮栲群落特征. *福建林学院学报*, 2009, 29(2): 97-102.
- [5] 刘金福, 黄志森, 付达靓, 洪伟, 郑世群, 陈金英, 吴则焰. 戴云山罗浮栲群落维管植物组成及其地理成分研究. *武汉植物学研究*, 2010, 28(1): 27-33.
- [6] 郑世群, 刘金福, 黄志森, 郑新娟, 洪伟, 徐道炜, 吴则焰, 何中声. 戴云山罗浮栲林主要乔木树种营养生态位研究. *热带亚热带植物学报*, 2012, 20(2): 177-183.
- [7] 任国学, 刘金福, 徐道炜, 洪伟, 郑世群, 黄志森. 戴云山国家级自然保护区黄山松群落类型与物种多样性分析. *植物资源与环境学报*, 2011, 20(3): 82-88.
- [8] 朱德煌, 刘金福, 洪伟, 郑世群, 何中声, 徐道炜, 李文周. 戴云山黄山松群落主要树种更新生态位研究. *热带亚热带植物学报*, 2012, 20(6): 561-565.
- [9] 董金相. 戴云山黄山松林碳储量及其影响因子研究. 福州: 福建农林大学, 2012.
- [10] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准——森林土壤分析方法. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [11] 张金屯. 植被与环境关系的分析 I: DCA 排序. *山西大学学报: 自然科学版*, 1992, 15(2): 182-189.
- [12] 闫东锋, 杨喜田. 宝天曼木本植物群落数量排序与环境解释. *生态环境学报*, 2010, 19(12): 2826-2831.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Development of agroecology in USA	HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)
Research progress on water footprint	MA Jing, PENG Jian (5458)
Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China	SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)
Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality	DONG Lei, LI Jiyue (5477)
Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications	ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484)
Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reservoir Region	WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)
Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas	FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)
Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China	WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)
The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species <i>Eremosparton songoricum</i> (litv.) Vass.(Fabaceae)	SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)
Competitive effect of <i>Pistia stratiotes</i> to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients	SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)
Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants <i>Bletilla striata</i>	WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)
Photosynthetic responses to Solar UV radiation of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> cultured under different temperatures and CO ₂ concentrations	YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)
The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field	QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)
Effects of nitrogen management on NH ₃ volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields	MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)
Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear	SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)
Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of <i>Agriophyllum squarrosum</i> seedlings	ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)
Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a semi-arid area in drylands of Gansu, China	WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)
Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method	WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)
Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under <i>Phyllostachy praecox</i> stands	CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)
Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully region, China	XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)
Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area	ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)
Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in <i>Phyllostachys praecox</i> stand	GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)
Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe	WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)
Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring method	HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636)
Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species	HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)
Sap flow dynamics of <i>Populus alba</i> L.× <i>P.talassica</i> plantation in arid desert area	ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jianguo, et al (5655)
Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition	LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)
The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China	YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)
Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species	ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)
Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar, nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco	WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)
Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female <i>Apodemus chevrieri</i>	GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)
Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of <i>Litopenaeus vannamei</i>	WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi WEN Yuanguang, LEI Liqun, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huajun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example XU Fei, CAI Tiju, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶 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 33 卷 第 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 2013)

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 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
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
许 可 证 京海工商广字第 8013 号

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 WANG Rusong
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 90.00 元