

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

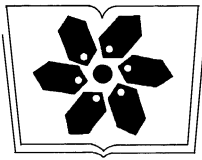
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第18期 Vol.31 No.18 **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 18 期 2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

高寒矮嵩草草甸冬季 CO ₂ 释放特征	吴 琴, 胡启武, 曹广民, 等 (5107)
开垦对绿洲农田碳氮累积及其与作物产量关系的影响	黄彩变, 曾凡江, 雷加强, 等 (5113)
施氮对几种草地植物生物量及其分配的影响	祁 瑜, 黄永梅, 王 艳, 等 (5121)
浙江天台山甜槠种群遗传结构的时空自相关分析	祁彩虹, 金则新, 李钧敏 (5130)
大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响	常晓丽, 金会军, 于少鹏, 等 (5138)
樟子松树轮不同组分的稳定碳同位素分析	商志远, 王 建, 崔明星, 等 (5148)
内蒙古不同类型草地叶面积指数遥感估算	柳艺博, 居为民, 朱高龙, 等 (5159)
杭州西湖北里湖荷叶枯落物分解及其对水环境的影响	史 绮, 焦 锋, 陈 莹, 等 (5171)
火干扰对小兴安岭落叶松-苔草沼泽温室气体排放的影响	于丽丽, 牟长城, 顾 韩, 等 (5180)
黄河中游连伯滩湿地景观格局变化	郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 等 (5192)
黄土区次生植被恢复对土壤有机碳官能团的影响	李 婷, 赵世伟, 张 扬, 等 (5199)
我国东北土壤有机碳、无机碳含量与土壤理化性质的相关性	祖元刚, 李 冉, 王文杰, 等 (5207)
黄土旱塬裸地土壤呼吸特征及其影响因子	高会议, 郭胜利, 刘文兆 (5217)
宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性	安韶山, 李国辉, 陈利顶 (5225)
岩溶山区和石漠化区表土孢粉组合的差异性——以重庆市南川区为例	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友 (5235)
夏蜡梅及其主要伴生种叶的灰分含量和热值	金则新, 李钧敏, 马金娥 (5246)
苏柳 172 和垂柳对 Cu ²⁺ 的吸收特性及有机酸影响	陈彩虹, 刘治昆, 陈光才, 等 (5255)
导入 <i>TaNHX2</i> 基因提高了转基因普那菊苣的耐盐性	张丽君, 程林梅, 杜建中, 等 (5264)
空气湿度与土壤水分胁迫对紫花苜蓿叶表皮蜡质特性的影响	郭彦军, 倪 郁, 郭芸江, 等 (5273)
黄土高原旱塬区土壤贮水量对冬小麦产量的影响	邓振镛, 张 强, 王 强, 等 (5281)
咸阳地区近年苹果林地土壤含水量动态变化	赵景波, 周 旗, 陈宝群, 等 (5291)
苗药大果木姜子挥发油成分变化及其地理分布	张小波, 周 涛, 郭兰萍, 等 (5299)
环境因子对小球藻生长的影响及高产油培养条件的优化	丁彦聪, 高 群, 刘家尧, 等 (5307)
不同基质对北草蜥和中国石龙子运动表现的影响	林植华, 樊晓丽, 雷焕宗, 等 (5316)
安徽沿江浅水湖泊越冬水鸟群落的集团结构	陈锦云, 周立志 (5323)
黑胸散白蚁肠道共生锐滴虫目鞭毛虫的多样性分析与原位杂交鉴定	陈 文, 石 玉, 彭建新, 等 (5332)
基于熵权的珠江三角洲自然保护区综合评价	张林英, 徐颂军 (5341)
专论与综述	
中小尺度生态用地规划方法	荣冰凌, 李 栋, 谢映霞 (5351)
土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展	陈 朝, 吕昌河, 范 兰, 等 (5358)
海洋浮游植物与生物碳汇	孙 军 (5372)
多年冻土退化对湿地甲烷排放的影响研究进展	孙晓新, 宋长春, 王宪伟, 等 (5379)
生源要素有效性及生物因子对湿地土壤碳矿化的影响	张林海, 曾从盛, 仝 川 (5387)
生态网络分析方法研究综述	李中才, 徐俊艳, 吴昌友, 等 (5396)
研究简报	
不同群落中米氏冰草和羊草的年龄结构动态	金晓明, 艾 琳, 刘及东, 等 (5406)
主题分辨率对 NDVI 空间格局的影响	黄彩霞, 李小梅, 沙晋明 (5414)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-09



封面图说: 在树上嬉戏的大熊猫——大熊猫是中国的国宝, 自然分布狭窄, 数量极少, 世界上仅分布在中国的四川、陕西、甘肃三省的部分地区, 属第四纪冰川孑遗物种, 异常珍贵。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录, 濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。瞧, 够得上“功夫熊猫”吧。

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

张林英, 徐颂军. 基于熵权的珠江三角洲自然保护区综合评价. 生态学报, 2011, 31(18): 5341-5350.

Zhang L Y, Xu S J. An entropy weight approach on the comprehensive evaluation of the Pearl River Delta Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(18): 5341-5350.

基于熵权的珠江三角洲自然保护区综合评价

张林英^{1,2,*}, 徐颂军¹

(1. 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631; 2. 中山大学地球环境与地球资源研究中心, 广州 510275)

摘要: 运用熵权法对珠江三角洲自然保护区进行了综合评价。结果表明: (1) 48 个样本的保护区中 7 个为高水平, 30 个为较高水平, 10 个为一般, 1 个较差。从总体水平上看, 虽然具有一部分较高水平的保护区, 但珠江三角洲的保护区建设水平存在明显的差异, 深圳、中山、佛山等地亟待建立新的保护区加以补充; (2) 保护区的综合水平与面积具有明显的相关关系, 建立了综合水平与面积之间的回归模型, 并进一步求出珠江三角洲生态类型自然保护区理论上的最适宜面积; (3) 区域保护区综合水平的提高与最大面积指数正相关, 区域可以通过建设面积相对较大的优质保护区成为区域生态增长极, 通过物种的交流和环境影响拉动其它保护区的发展, 但区域范围内保护区之间面积差异不能太大; (4) 自然干扰对沿海及岛屿类型的保护区综合水平影响相对较大。

关键词: 熵权; 珠江三角洲; 自然保护区; 综合评价

An entropy weight approach on the comprehensive evaluation of the Pearl River Delta Nature Reserve

ZHANG Linying^{1,2,*}, XU Songjun¹

1 College of Geographical Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

2 Center of Earth Environment and Resources, Sun yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Abstract: Society's rapid economic development creates major challenges to the creation of nature reserves, especially in a region with high levels of ecosystem fragmentation. The reserves of the Pearl River Delta have different ecological functions and face different threats. At the same time, these nature reserves have different levels of protection and serve different purposes, such as the protection of local species and providing society with regionally protected areas. A comprehensive evaluation of nature reserves would lay a solid foundation for their management and for related policies and decision making. Three types of indicators were selected to facilitate acquiring comprehensive protection status for the nature reserves in Pearl River delta region: the size of the reserve, the level of threat from human activities, and the current level of management. An entropy method was used to make a comprehensive evaluation of the reserves. Each reserve was given a ranking from high to poor, based on a comprehensive look at all these factors. The results indicate:

(1) Seven of a total 48 nature reserves studied ranked high. Thirty ranked moderately high, 10 are moderately well protected, and only one is poorly protected. In general, although some of the nature reserves were ranked high, obvious differences in their layout and design exist, especially those in the cities of Shenzhen, Zhongshan, and Foshan, where new nature reserves should be added.

(2) Because the cities of Zhuhai and Huizhou have a relatively large number of nature reserves, these reserves have major differences. The design and geographic layout of nature reserves in Huizhou are relatively uniform, but in Zhuhai

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971040); 广东省软科学基金项目(2009B070300106); 广东省自然科学基金项目(8151063101000016) 联合资助

收稿日期: 2011-01-25; 修订日期: 2011-06-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zlyzs@163.com

significant differences exist between them since some of the nature reserves are on oceanic islands. We conclude the protection level can be ranked as: Zhaoqing and Jiangmen > Shenzhen > Guangzhou and Huizhou > Foshan and Zhongshan > Zhuhai.

(3) Current research in nature reserve protection focuses on determining the appropriate size for nature reserves. Governments departments administering these areas are attempting to solve this important problem. In theory, increasing the size of a nature reserve may benefit the reproduction, growth, and survival of the living creatures there, but increasing the size has a limit to its benefits, especially when human-caused pressures and management goals are considered. So the appropriate size of each area should be determined. Our research indicates the overall quality of these nature reserves is closely related to their physical size. We used a regression model to select the most suitable sizes for them.

(4) Our results show an increase in the overall protection level of regional reserves is positively related to the geographic size of these areas. By constructing some high quality reserves with large geographic areas, the region can create core ecological reserves that preserve some ecological aspects of the original landscape. These reserves can also support the development of other reserves through an exchange of species and its influence on the local environment, but the size differences of these regional reserves should be small. The cooperation and coordination among nature reserves of various sizes, the level of protection each reserve provides, and species resources present should also be considered when designating a reserve.

(5) The influence of natural disturbances on the comprehensive protection of reserves is larger in coastal areas or in man-made ecological islands than it is in other types of reserves.

Key Words: entropy weight; Pearl river delta; nature reserve; comprehensive evaluation

自然保护区是一种特殊的地域生态系统,在保护区域生物资源及生态系统多样性方面发挥着积极的作用。自然保护区的综合评价是实施管理、制定相关政策的基础,从已有研究来看,目前的评价主要集中于指标体系的建设和针对单个自然保护区的研究^[1],虽然近年来开始了区域尺度方面的研究尝试^[2-4],但仍然缺乏对区域各保护区的进一步具体分析研究^[5],而且定量评价方法有待改进。珠江三角洲因社会经济发展快速,生态系统破碎化程度较高,开发与自然保护之间的矛盾非常突出,而各保护区因为生态基础和所面临的威胁要素不同,也表现出综合功能的差异。如何在现有条件下建设功能水平相对较高的自然保护区,以及如何准确把握各自然保护区的发展状况都是目前迫切需要解决的问题。为此,本文以珠江三角洲自然保护区为研究对象,运用熵权分析评价方法,对珠江三角洲各自然保护区整体综合评价,掌握各自然保护区的综合保护状况,从中寻求影响综合功能的具体因素,并进一步探讨提升经济发达地区自然保护区综合水平的途径和方法,以期构建区域整体自然保护战略和优化管理提供理论和方法上的参考。

1 研究区域概述

1.1 地理概况

珠江三角洲面积约 1.13 万 km²,包括广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、惠州和肇庆市。其中北回归线横穿肇庆,广州和惠州 3 个地区。属于亚热带气候,年均温 21—23 ℃,6—10 月常有台风影响,降雨集中,年均降水量 1500 mm 以上。植被基带类型为南亚热带常绿阔叶林,土壤多为红壤^[6]。

1.2 自然保护区基本情况及发展历程

因为保护区类型较多,不同类型的保护区之间的可比性不强,而生态类型保护区数量最多,能够实现对陆地生态系统最基本的保护,因此本文的研究对象为珠江三角洲生态类型自然保护区^[7]。目前珠江三角洲共有该类保护区 65 个,面积达 222195.15 hm²,其中国家级 2 个,面积 11618.90 hm²,占总面积的 5.23%;省级 13 个,面积 93084.39 hm²,占总面积的 41.89%;而市县级的,面积 117491.86 hm²,占总面积的 52.88%。因各自然保护区本底调查情况不同,本文选择 48 个生态类型保护区为样本,占同类型保护区总量的 73.8%。

自 1956 年建立的鼎湖山自然保护区后,珠江三角洲直到 1979 年才建立了黑石顶自然保护区,随后加快了自然保护区建设步伐,相继建立了惠东古田、龙门南昆山、罗浮山、珠海淇澳-担杆岛和内伶仃福田保护区,总面积达 31151.27 hm^2 。进入 20 世纪 90 年代自然保护区进入蓬勃发展时期,经过调整建设,共建台山上川岛、广州从化温泉等 13 个自然保护区,面积达 40790.50 hm^2 。以 2000 年广东省人大通过了关于加快自然保护区建设的决议为标志,开始了广东自然保护区建设的最快时期,2000—2009 年间共建有怀集三岳、珠海黄杨山等 46 个保护区,面积达 150253.38 hm^2 。2010—2020 年间自然保护区建设将进入稳定发展时期,拟建深圳大鹏半岛,江门红树林等保护区 17 个,面积达 60412.9 hm^2 。

2 研究方法

2.1 数据来源

以广东省行政图等地图为基础,在 Arcgis9.3 的支持下,对原始数据进行配准、校验和修改,并截取研究区所在范围数据生成新的珠江三角洲 Shp 文件。以珠江三角洲参评的 48 个自然保护区为样本,提取相应特征数据,包括降雨量、水系特征、村庄数目、道路长度等数据建立属性数据库,建立的数据集有两种形式,一种为定量数据,一种为二元数据矩阵,然后运用 Analysis 和 Spatial Statistics 等相关模块对数据加以分析处理。

2.2 评价指标选择

自然保护区具有保护环境,拯救野生动植物资源,以及改善生态环境,维护生态平衡,为科学研究和生态旅游等活动提供场所等功能。功能的多样性决定选择的自然保护区评价指标也应是多方面的^[1],本文基于规模度、人类威胁、管理水平等 7 个方面,建立一套较为系统完整而又操作简便的自然保护区评价指标体系,对珠江三角洲各自然保护区进行综合评价。

2.2.1 规模度

根据岛屿生物地理学的物种平衡理论,任何保护区均需足够大的面积以容纳保护对象并维持其生存,一个孤岛类型、面积较小的保护区所具有的物种优势明显较小。相对其它类型来说,自然生态系统类型与野生动物类型保护区的面积一般要求相对大一些。就区域层面上考虑,只有具有一定的保护区规模,其保护效果才能够体现出来。因此本文以自然保护区面积作为衡量保护区规模度的指标。

2.2.2 人类威胁

人类威胁是指因人类在保护区内外的活动而对保护区的生物等自然资源造成的危害状况,又分为直接威胁与间接威胁两类。人类威胁虽然实质上并不是以生态学原理为基础的,但它有重大的现实意义,可用于独立评价各个自然保护区。

(1)城市化水平 快速城市化导致开发的规模和速度加大,对于保护区来说意味着所处区域的生态环境压力增大,因此本研究选择城市化水平作为其中一个指标,选择珠江三角洲广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆九市城市化发展水平向量为(0.91, 1.305, 0.693, 0.479, 0.011, 0.756, 0.479, -0.071, -0.316)^[8]。

(2)都市效应 珠江三角洲近年来形成三个大的都市圈,经济发展更为集中和旺盛,分别为深圳、惠州、东莞都市圈,江门、珠海、中山都市圈和广州、佛山都市圈,处于这三大都市圈的保护区所面临的经济增长和环境保护之间的矛盾更大,因此对这三大都市圈进行 25km 的缓冲分析,对处于这一区间的保护区赋值,以此来强调都市圈的影响。

$$B_c = \{x; d(x, O) \leq R\}$$

式中, B_c 为缓冲区, x 为点位, $d(x, O)$ 为 x 到中心 O 的距离, R 为半径。对 B_c 赋值, R 取 25 km。

(3)周边区域村庄数 自然保护区周边地区的人类活动是影响自然保护区内保护对象生存的重要因素^[9],这种影响来自人类对环境资源的需求和破坏^[10],本文选择自然保护区周围 10km 的村庄数来反映人类直接威胁。

$$c_{xo} = \begin{cases} 1 & \text{当 } d_{xo} \leq 10 \\ 0 & \text{当 } d_{xo} > 10 \end{cases} \quad m = \sum_{i=1}^n c_{xi}$$

式中, x 为点位, d_{x0} 为 x 到中心 O 的距离, c_{x0} 村庄个数, m 表示分析区内村庄总数。

(4) 道路长度 道路长度不仅关系到自然保护区的可达性和可进入性, 也能反映人类对保护区的潜在威胁。

$$d(x, O) \leq R$$

$$a = \sum_{i=1}^n d_{ij}$$

在此 R 取 10 km, a 表示缓冲内的道路长度, d_i 表示任一条道路长度。

2.2.3 管理和综合水平

自然保护区必须具备一个健全的管理机构和一些必要的基础设施以及充足稳定的经费来源, 这是保护区正常管理的最基本条件。一般来讲, 管理水平与保护区建立时间的长短、级别的高低等因素有关。

(1) 保护区建设时间 保护区从始建开始就被纳入正常的管理, 虽然中间可能会经过一些合并或升级, 但其保护效果事实存在, 因此本文选择保护区距始建时间年限来表示建设时间。

(2) 保护区级别 在保护区建设过程中, 多样性、稀有性、代表性和自然性是确定级别的依据, 因此, 在很大程度上自然保护区级别可以综合反映自然保护区的上述各因子水平, 而且资金渠道的多少、资金来源的稳定程度和获取的资金数额大小常常是评价保护区管理水平的重要因素。保护区的经费来源主要有 4 个渠道, 即: 中央主管部门的投资、地方政府的拨款、社会各界和国外的援助, 以及保护区自身的创收, 级别高的保护区在资金配套上往往是优先考虑的。因此本文选择自然保护区级别来反映保护区的管理水平, 将自然保护区国家级、省级、市县级所对应的数量标度矩阵确定为 (10, 6, 2)。

2.3 评价方法

2.3.1 指标权重的确定

通过对各种权重确定方法的权衡, 在只有判断矩阵而没有专家权重的情况下, 采用熵权决策法, 该方法具有操作性和客观性强, 能够反映数据隐含信息, 增强指标的分辨意义和差异性, 以避免因选用指标的差异过小造成的分析困难, 从而使各类信息能得到比较全面的反映^[11-12]。其主要过程如下^[13]:

$$(1) \text{ 建立 } m \text{ 个评价指标, } n \text{ 个评价对象的模糊评价矩阵 } R', R' = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \cdots & r'_{1n} \\ r'_{21} & r'_{22} & \cdots & r'_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r'_{m1} & r'_{m2} & \cdots & r'_{mn} \end{bmatrix}$$

(2) 对目标矩阵 R' 进行无量纲化处理, 得到矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$

(3) 按照式(1)计算各评价指标的熵 H_i

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad i = 1, 2, \cdots, m \quad (1)$$

其中, 式中 $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}$, $k = \frac{1}{\ln n}$, 并假定, 当 $f_{ij} = 0$ 时, $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$

(4) 则第 i 个评价指标的权重定义为:

$$w = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (2)$$

满足 $0 \leq w_i \leq 1$ 和 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

2.3.2 熵权评价步骤

(1) 对矩阵 R 加熵权 H_i 进行规格化, 得到属性矩阵 B

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1 r_{11} & \cdots & H_1 r_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ H_m r_{m1} & \cdots & H_m r_{mn} \end{bmatrix}$$

(2) 求理想点 $P^* = (P_1^*, P_2^*, \dots, P_m^*)^T$

式中, $P^* = \max_{ij} \langle |j=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m \rangle$

负理想点为 $P^* = (0, 0, \dots, 0)^T$

(3) 被评价对象与理想点的贴近度为

$$T_j = \frac{[P^* - O_j]^T [P^* - P^*]}{\|P^* - P^*\|} = \frac{[P^* - O_j]^T P^*}{\|P^*\|^2} = 1 - \frac{O_j T P^*}{\|P^*\|^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij}^* P_i}{\sum_{i=1}^m |P_i^*|^2}$$

式中, $O_j = [b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{mj}]^T, T_j \in [0, 1]$

T_j 值越小, 意味着与理想点相距最近, 其综合水平越高。鉴于 $T_j \in [0, 1]$, 将综合水平评价结果标准确立如下: 综合水平高(0—0.2]、综合水平较高(0.2—0.4]、综合水平一般(0.4—0.6]、综合水平较低(0.6—0.8]、综合水平低(0.8—1.0]。

3 结果分析

3.1 不同保护区差异分析

级别、都市效应、面积、道路长度、城市化水平、村庄数、建立时间所对应的权重向量为: $W_i = (0.5172, 0.1055, 0.2682, 0.0506, 0.0441, 0.0016, 0.0128)$ 。权重结果表明: 级别和面积两项对保护区的综合影响最大, 这也为保护区建设水平的提高指出一个基本途径: 通过培育管理提升保护区的级别, 并适当地扩大保护区的面积。

评价结果表示(图1), 属于保护区综合建设水平高自然保护区有7个, 分别为怀集三岳 SY(0.1318)、珠海淇澳—担杆岛 QADG(0.1659)、惠东莲花山白盆珠 LHS(0.1677)、广东象头山 XTS(0.1739)、怀集大稠顶 DCD(0.1825)、台山上川岛猕猴 SCD(0.1841)和恩平七星坑自然保护区 QXK(0.1846)。西江烂柯山 LKS、江门古兜山 GDS、惠州罗浮山 LFS、镇海湾红树林 ZHWHS、内伶仃福田 NLDFI 等属于保护区综合水平较高的自然保护区, 数量比较多, 占 62.5%。总体水平一般的保护区有10个, 分别是从化温泉 CHWQ、东莞灯心塘 DXT、东莞马山 MSH、珠海凤凰山 FHS、惠州连塘 LT、斗门竹篙岭 ZHL、珠海荷包岛 HBD、东莞莲花山 LHS、惠州洋朗 YL、珠海黄杨山 HYS。保护区水平较低的只有一个, 为东莞银瓶山自然保护区 YPS(0.6294)。从结果上看, 虽然总体建设水平相对较好, 但因为这种评价仅仅是相对珠江三角洲内部保护区而言的, 因此建设的空间仍然较大, 建设水平较低的保护区基本属广州、东莞、珠海等经济发达地区, 面临经济发展和环境保护的矛盾较大。

3.1.1 不同级别的评价影响

评价结果显示(图2): ①级别对保护区的影响比较明显, 表现为高一级别的评价结果相对低级别好, 如国家级的平均分为 0.2304, 省级的为 0.2656, 而县市级的为 0.3927; ②但是从总体来说, 虽然平均分国家级相对较小, 但是排名在前两位的却分别是怀集三岳和珠海淇澳, 而省级的惠州白盆珠也综合评价结果为 0.1677, 比同属惠州的国家级象头山的综合水平还要好。

3.1.2 不同面积的影响

为了更好地分析面积与结果的关系, 运用 SPSS15 对 T_j 和面积的关系建立回归模型为: $y = 1.621x^{-0.208}$, 经过 F 检验, 其 sig 值远远小于 0.01, 说明模型成立的统计学意义非常显著, 小圆圈代表不同面积的自然保护区综合评价 T_j 散点分布图(图3), 实线代表回归曲线, 直观上和检验表示, 该模型能拟合数据变化的趋势。由图3可知, 不同面积的保护区与其评价结果呈一种相关关系, 虽然面积在评价过程中所占权重较大, 但是本文

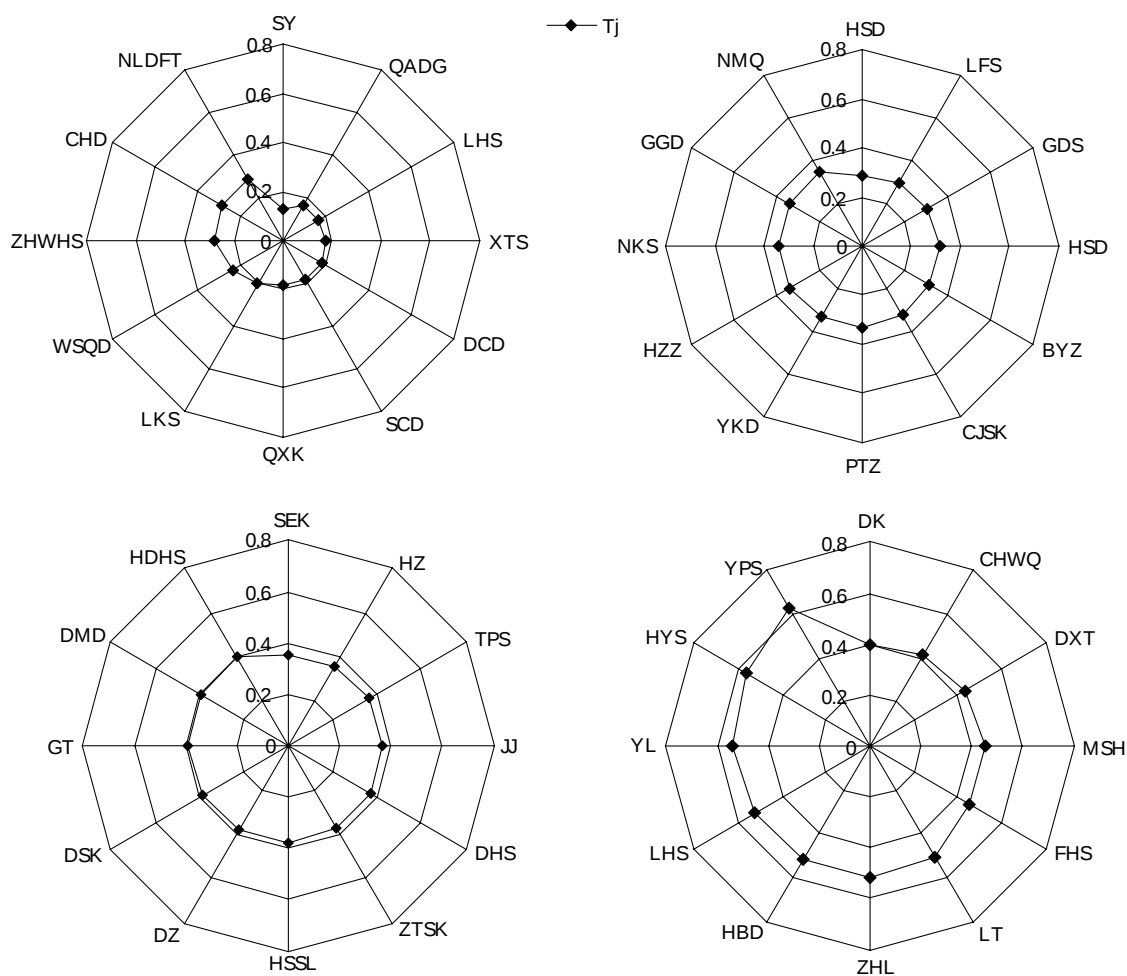
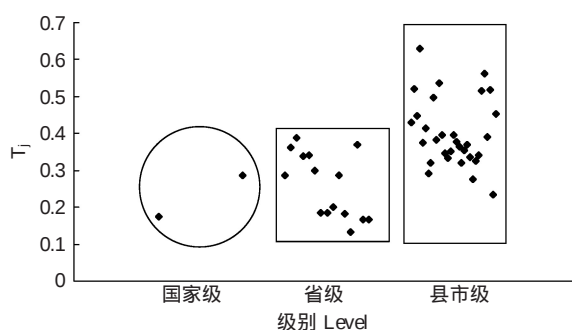


图1 珠江三角洲自然保护区综合评价图谱

Fig. 1 The result of synthetic assessment of the Pearl River Delta nature reserve

的评价结果再一次证明了前人的研究结果,即保护区宜保持在一定的面积规模^[14]。若从种群生物学上来说,面积越大越好,但是从管理和干扰等综合的角度上来看,并不是面积越大越好。每增加相应的面积所对应的 T_j 值也发生相应的偏移,若提高自然保护区水平需要增加过多的保护区面积,这种代价过高,不能选择;而若稍微提高自然保护区面积就能够明显地提高保护区水平,也表示相应水平比较低。因此,合理的保护区面积,应该是提高保护区面积不会明显影响到保护区水平时的保护区面积,根据这种思路,计算出自然保护区规模大约在6163.23 hm²时,应为比较适宜的面积,其对应的综合评价分值为0.2639。但是面积的确定还是应以保护物种的生态适宜,和本地的资源本底情况为基础。作为中国建立的第一个自然保护区,被誉为北回归线上的一颗明珠的鼎湖山自然保护区,其面积相对较少,仅为1133 hm²,面积远远小于其它保护区和本文计算的最佳理论值,这对于物种的交换并不是很有利,虽然肇庆市相关绿地建设规模较大,并且已经建成了一系列的生态廊道,但是也应考虑扩展面积。

图2 不同级别保护区 T_j 分布图Fig. 2 The T_j distribution based on each level nature reserve

3.1.3 综合干扰因子后的结果

除了人类威胁,自然干扰也会对保护区造成影响,针对这种影响是否关系到总体评价结果的疑问,本文选择干旱、台风和洪涝3种自然干扰因子,主要通过各地平均降雨量直接表征洪涝因子,用沿海梯度表征台风属性,利用本地地表水缓冲梯度建立二元矩阵,熵权原理同前,评价结果如上图所示。在图4中 T_j 为综合评价, T_{j1} 为加入自然干扰因子的评价,可以明显地看出加入干扰因子后的 T_{j1} 评价基本与原来的综合评价会发生简单偏移,其中沿海及岛屿类型自然保护区受自然干扰明显较大,如竹嵩岭 ZHL、内伶仃福田 NLDFT、荷包岛 HBD 以及凤凰山 FHS、上川岛 SCD 和惠东红树林 HDHS 以及镇海湾红树林 ZHWHS 评价结果均出现下降,而博罗黄山洞 HSD、鼎湖山 DHS、十二崆 SEK、金桔 JJ 和洋朗 YL 则比单纯地考虑人类威胁的评价结果靠

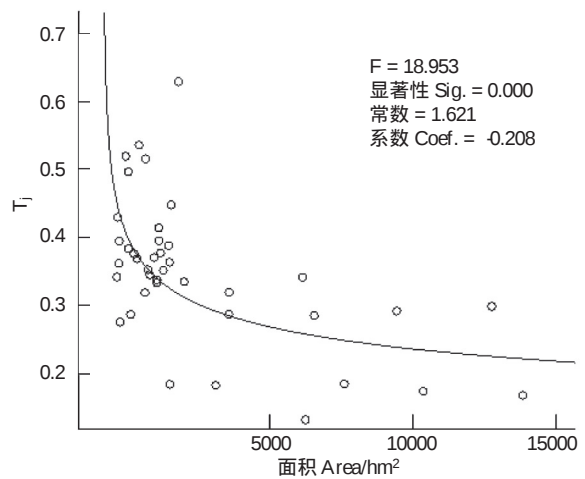


图3 不同面积的 T_j 散点分布及曲线相关分析拟合

Fig. 3 The nature reserve T_j distribution point and curve simulation based on area

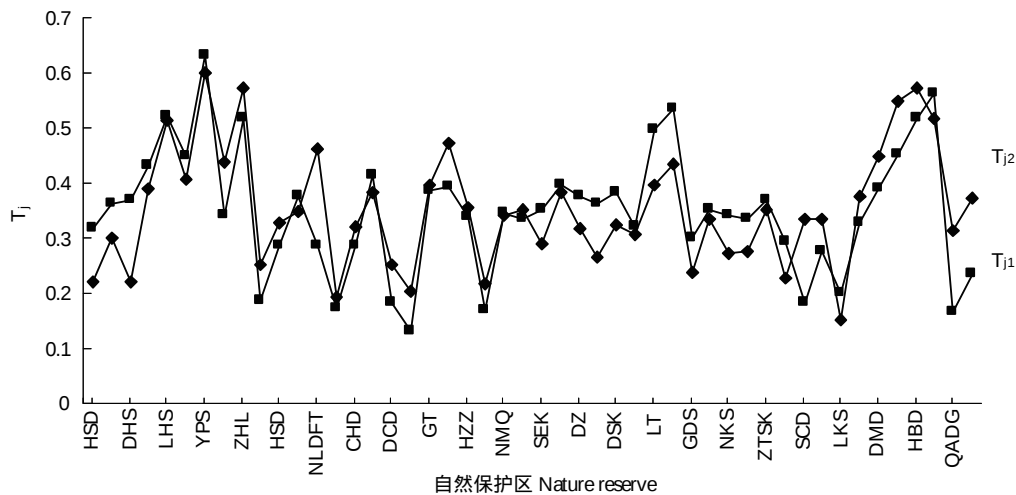


图4 T_j 与考虑干扰因素之后的偏移对比

Fig. 4 The contrast to evaluation result considering disturbance elements

前。但是两种评价结果基本吻合,说明自然威胁能够影响到保护区的综合水平,但不能起决定作用。

3.2 不同区域保护区综合水平分析

3.2.1 选择对不同县市的差别

从图5中可以看出,各市的自然保护区综合水平存在不同的个性差异。东莞的自然保护区建设水平相对较差,这与保护区建设起步较晚,而且区域城市化水平较高有关;肇庆和江门因为有鼎湖山、黑石顶、烂柯山、大稠顶、三岳、七星坑和古兜山等众多建设时间长,保护效果好的自然保护区,总体水平较高;珠海和惠州因为保护区较多所以差异相对较大,但惠州的保护区建设水平相对比较均匀,而珠海则差异性很大,这与珠海的保护区有几个是海岛型的有关;而佛山、广州、深圳和中山

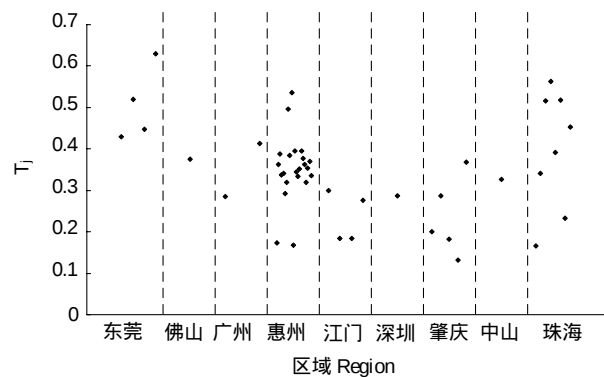


图5 各市保护区 T_j 分布图

Fig. 5 The nature reserve T_j distribution point based on each region

的保护区较少,总体水平也较为一般。

从平均水平上来说(图6),肇庆和江门属第一类优质保护区建设区域,深圳因为唯一的保护区内伶仃福田为国家级湿地,保护水平较高,属第二类;广州和惠州属第三类;佛山和中山属第四类;珠海则属第五类。

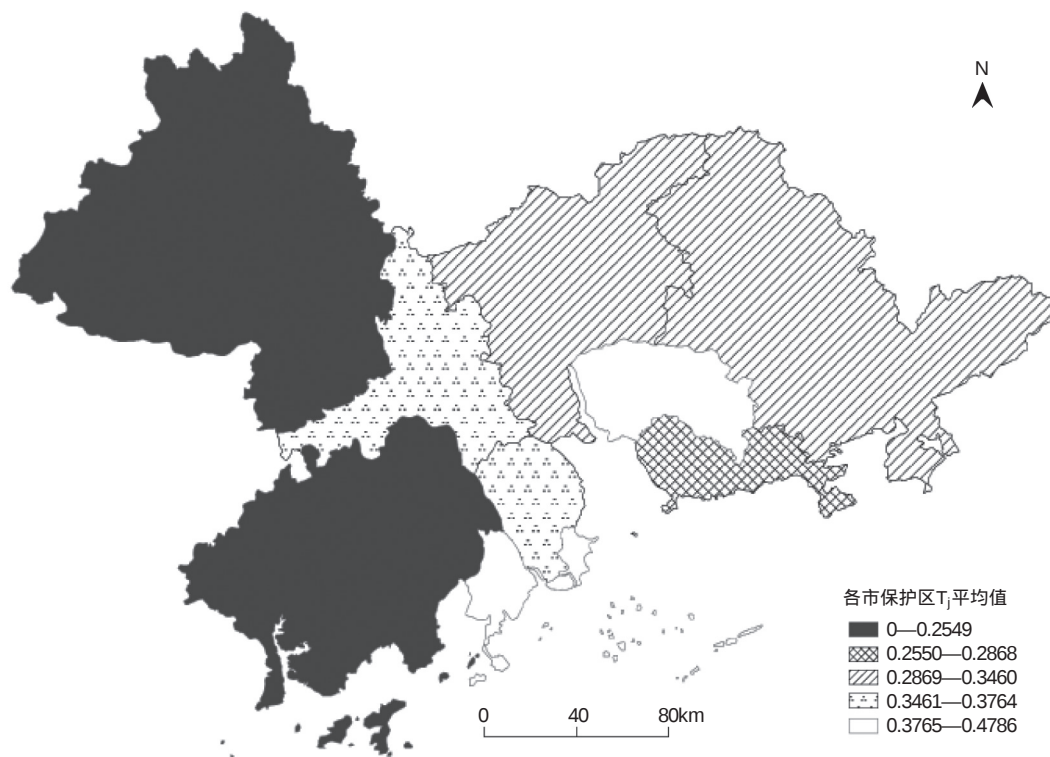


图6 各市保护区 T_j 平均表现图

Fig. 6 The average nature reserve T_j of each region

3.2.2 与全部保护区的相关性分析

选取珠江三角洲九市保护区的平均值综合评价值 $\bar{T}_j$ 与全部保护区(参评数据为65个)的基本景观指数作相关性分析,从表1中可以得出:①与LPI呈典型的负相关关系,即最大面积指数越大,区域 $\bar{T}_j$ 值越小,也就是说其综合评价水平越高,这进一步说明不管是从单纯保护区还是从区域的角度,面积都具有较强的影响作用,相关性分析与熵权评价结论是一致的,而且,也为区域的自然保护区建设提供一种方向,即通过建设区域较大面积的重点保护区,达到区域生态增长极的效果;② $\bar{T}_j$ 与CA、PD、NP、MPS、LPI呈负相关关系,即区域建设保护区的面积越大数目越多,并且具有一个较大的典型保护区引导保护方向,就越能够提高区域的自然保护区建设水平。这与岛屿生物学相关理论是一致的,即,增加生物活动面积及交流途径,建设完善的网络体系,是有利于保护区物种的良性发展的;③ $\bar{T}_j$ 与面积变异系数、多样性、均匀度以及优势度之间则是正相关关系,意味着,区域保护区类型太多,不同保护区以及不同类型保护区之间面积变异太大,都不利于区域保护区整体水平的提高,也即单一保护区的建设应与区域保护区建设相协调,面积应保持适宜性。

4 结论与讨论

(1)选择规模度、人类威胁和管理水平等相关7个指标对保护区进行综合评价,全部参评保护区评价结果为:优质建设的有7个,较高水平的有30个,一般的有10个,较差的有1个。同时权重结果表明:级别和面积两项对保护区的综合影响最大,因此,为保护区建设水平提高指出一个基本途径:通过培育管理提升保护区的级别,并合理扩大保护区的面积。

表 1 $\bar{T}_j$ 与全部保护区的相关关系表Table 1 The correlation of $\bar{T}_j$ with other indexes

	CA	PD	NP	LPI	MPS	PSSD	SHDI	SHEI	D
PD	-0.6131	1.0000	-0.5867	-0.2878	0.3531	0.3323	0.2088	0.2086	0.1445
NP	0.9741	-0.5867	1.0000	0.1895	-0.1707	-0.1873	-0.2404	-0.2409	-0.1823
LPI	0.0773	-0.2878	0.1895	1.0000	-0.1607	-0.3621	-0.6115	-0.6112	-0.4503
MPS	-0.2864	0.3531	-0.1707	-0.1607	1.0000	0.9525	0.7455	0.7454	0.8813
PSSD	-0.2829	0.3323	-0.1873	-0.3621	0.9525	1.0000	0.8243	0.8242	0.9066
SHDI	-0.2434	0.2088	-0.2404	-0.6115	0.7455	0.8243	1.0000	1.0000	0.9415
SHEI	-0.2438	0.2086	-0.2409	-0.6112	0.7454	0.8242	1.0000	1.0000	0.9414
D	-0.2158	0.1445	-0.1823	-0.4503	0.8813	0.9066	0.9415	0.9414	1.0000
$\bar{T}_j$	-0.2048	-0.0213	-0.2976	-0.6845	-0.0737	0.0801	0.4524	0.4532	0.2572

CA、PD、NP、LPI、MPS 分别表示保护区面积、密度、个数、最大面积保护区指数、平均面积, PSSD 斑块面积标准差 PSSD、斑块面积变异系数 PSCV、多样性指数(SHDI)反映了各区域各类型面积的比例情况、SHEI 均匀度指数(SHDI)反映了各区域各类型的自然保护区斑块所占面积比例的差异状况; D 为优势度,其取值越高,说明景观中某一种类型的斑块在面积上越占据优势; $\bar{T}_j$ 表示各市平均 T_j 值

(2)在区域水平上,以江门、肇庆两地保护区综合水平较高,但肇庆的县市级保护区有待进一步补充。惠州、珠海因为数量多,而致保护区建设水平参差不齐,特别是珠海因为拥有较多的海岛型保护区,具有明显的生态隔离特征,各保护区差异非常明显。深圳、中山、佛山三市的保护区建设数量明显与其经济社会发展水平不相适应,亟须在尊重当地自然资源的基础上,拟建新的保护区。

(3)应该建立多大面积的自然保护区是近年来自然保护区研究的热点问题,也是相关主管部门迫切需要解决的问题^[15],虽然面积的增大,从理论上会对保护区生物繁殖发展有利,但是从管理和压力等综合角度上考虑,面积应保持在一定合理的水平。本文研究表明珠江三角洲自然保护区综合水平与面积具有明显的相关关系,回归模型为 $y = 1.621x^{-0.208}$,并进一步得出珠江三角洲理论上最适宜的面积应为 6163.23 hm²,这一结论为珠江三角洲生态类型的保护区建设提供一种确定合理面积范围的参考。不论从个体还是区域的层面上,面积对自然保护区综合水平都具有较强的影响作用。面积过小,不利于生物的迁徙和交流,面积过大,又面临管理难题,因此区域层面上更需要重点扩大关键保护区^[5],建设一个面积相对较大的优质保护区,以起到区域生态增长极的效果。但区域保护区的建设应类型多样,并且面积差异不能过大。同时,面积与级别、物种资源之间的协调水平也应引起注意。

(4)对单一保护区来说,自然干扰对沿海以及岛屿型的影响较大,对陆地生态系统类型的则影响相对较小,从总体上来说,加入自然干扰以后的结果与仅考虑人为干扰的结果基本吻合。

(5)本文的研究都是基于各保护区是均质的,也没有涉及廊道在保护区的网络建设中的作用,因为自然廊道和人工廊道的建设情况以及能否真正实现生物的迁徙和移动,都是比较难确定的,这也是本文的不足之处,也需要进一步的研究补充。随着干扰的加剧,保护区片断化现象越来越明显,在迁徙空间建立生态廊道是加强基因交流的有效方式,也是今后自然保护区建设的重点之一。

References:

- [1] Zheng Y W, Xue D Y, Zhang G S. Study on ecological evaluation criteria and standards for nature reserves in China. Rural Eco-Environment, 1994, 10(3): 22-25.
- [2] Zhou Q, Xia J, Liao G S, Chen B G. Study on the spatial pattern of the national and provincial forest ecosystem reserve in Guangdong Province. Journal of Northwest A and F University (Natural Science Edition), 2007, 35(11): 101-105.
- [3] Jia X R, Su Z Y, Chen B G, Zhou Y. DCA ordination and UPGMA cluster analysis of nature reserves in Guangdong Province. Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition), 2004, 25(2): 75-79.
- [4] Miao S Y, Wang H L, He X T. Impact factors for sustainable development in forestry nature reserves in Guangdong Province, China. Ecological Science, 2007, 26(5): 473-477.

- [5] Rong K, Ma J Z, Zhao D, Wu Q M. The establishment and application of area evaluation model for China's nature reserves. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2738-2745.
- [6] Chorography Compile Committee of Guangdong Province. *Guangdong Chorography*. Guangzhou: Guangdong People Publishing House, 1996.
- [7] Nature Reserve Management Office of Guangdong. *Nature Reserve Catalogue*. 2010.
- [8] Qiu F L. Dynamic analyses and rating on Guangdong regional urbanization degree. *Journal of Guangdong Institute of Public Administration*, 2010, 22(5): 63-67.
- [9] Pretty J, Smith D. Social capital in biodiversity conservation and management. *Conservation Biology*, 2003, 18(3): 631-638.
- [10] Bridgewater P B. Biosphere reserves: special places for people and nature. *Environmental Science and Policy*, 2002, 5(1): 9-12.
- [11] Zhou W H, Wang R S. An entropy weight approach on the fuzzy synthetic assessment of Beijing urban ecosystem health, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [12] Qiao J J. Application of improved entropy method in Henan sustainable development evaluation. *Resources Science*, 2004, 26(1): 113-119.
- [13] Qiu W H. *Management Strategy and Entropy Application*. Beijing: China Machine Press, 2001.
- [14] Hamaide B, Sheerin J. Species protection from current reserves: economic and biological considerations, spatial issues and policy evaluation. *Ecological Economics*, 2011, 70(4): 667-675.
- [15] Xu J L, Cui G F, Li Z. Approaches for setting the minimum area of nature reserve. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(5): 129-132.

参考文献:

- [1] 郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准. *农村生态环境*, 1994, 10(3): 22-25.
- [2] 周庆, 夏杰, 廖广社, 陈北光. 广东省省级以上森林生态系统自然保护区空间分布格局研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 35(11): 101-105.
- [3] 贾小容, 苏志尧, 陈北光, 周毅. 广东省自然保护区 DCA 排序与 UPGMA 聚类研究. *华南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 25(2): 75-79.
- [4] 缪绅裕, 王厚麟, 何晓婷. 广东林业自然保护区可持续发展影响因素探讨. *生态科学*, 2007, 26(5): 473-477.
- [5] 戎可, 马建章, 赵丹, 吴庆明. 中国自然保护区区域评价模型的建立与应用. *生态学报*, 2008, 28(6): 2738-2745.
- [6] 广东省地方志编纂委员会. *广东省志*. 广州: 广东省人民出版社, 1996.
- [7] 广东省自然保护区管理办公室. *自然保护区名录*. 2010.
- [8] 邱福林. 广东区域城市化水平的动态分析与评价. *广东行政学院学报*, 2010, 22(5): 63-67.
- [11] 周文华, 王如松. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价. *生态学报*, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [12] 乔家君. 改进的熵值法在河南省可持续发展能力评估中的应用. *资源科学*, 2004, 26(1): 113-119.
- [13] 邱菀华. *管理决策与应用熵学*. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [15] 徐基良, 崔国发, 李忠. 自然保护区面积确定方法探讨. *北京林业大学学报*, 2006, 28(5): 129-132.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 18 September, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

CO ₂ emission from an alpine <i>Kobresia humilis</i> meadow in winters	WU Qin, HU Qiwu, CAO Guangmin, et al (5107)
Effect of cultivation on soil organic carbon and total nitrogen accumulation in Cele oasis croplands and their relation to crop yield ...	 HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (5113)
Biomass and its allocation of four grassland species under different nitrogen levels	 QI Yu, HUANG Yongmei, WANG Yan, et al (5121)
Small-scale spatial patterns of genetic structure in <i>Castanopsis eyrei</i> populations based on autocorrelation analysis in the Tiantai Mountain of Zhejiang Province	 QI Caihong, JIN Zexin, LI Junmin (5130)
Influence of vegetation on frozen ground temperatures the forested area in the Da Xing'anling Mountains, Northeastern China	 CHANG Xiaoli, JIN Huijun, YU Shaopeng, et al (5138)
Analysis of stable carbon isotopes in different components of tree rings of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	 SHANG Zhiyuan, WANG Jian, CUI Mingxing, et al (5148)
Retrieval of leaf area index for different grasslands in Inner Mongolia prairie using remote sensing data	 LIU Yibo, JU Weimin, ZHU Gaolong, et al (5159)
Decomposition of lotus leaf litter and its effect on the aquatic environment of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	 SHI Qi, JIAO Feng, CHEN Ying, et al (5171)
Effects of fire disturbance on greenhouse gas emission from <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> forested wetlands in XiaoXing'an Mountains, Northeast China	 YU Lili, MU Changcheng, GU Han, et al (5180)
Wetland landscape transition pattern of Lianbo Beach along the Middle Yellow River	 GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (5192)
Effect of revegetation on functional groups of soil organic carbon on the Loess Plateau	 LI Ting, ZHAO Shiwei, ZHANG Yang, et al (5199)
Soil organic and inorganic carbon contents in relation to soil physicochemical properties in northeastern China	 ZU Yuangang, LI Ran, WANG Wenjie, et al (5207)
Characteristics of soil respiration in fallow and its influencing factors at arid-highland of Loess Plateau	 GAO Huiyi, GUO Shengli, LIU Wenzhao (5217)
Soil microbial functional diversity between rhizosphere and non- rhizosphere of typical plants in the hilly area of southern Nixia	 AN Shaoshan, LI Guohui, CHEN Liding (5225)
Differences in the surface palynomorph assemblages on a karst mountain and rocky desertification areas: a case in Nanchuan District, Chongqing	 HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyu (5235)
Ash content and caloric value in the leaves of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> and its accompanying species	 JIN Zexin, LI Junmin, MA Jine (5246)
Uptake kinetic characteristics of Cu ²⁺ by <i>Salix jiangsuensis</i> CL J-172 and <i>Salix babylonica</i> Linn and the influence of organic acids ...	 CHEN Caihong, LIU Zhikun, CHEN Guangcai, et al (5255)
Introduction of <i>TaNHX2</i> gene enhanced salt tolerance of transgenic puna chicory plants	 ZHANG Lijun, CHENG Linmei, DU Jianzhong, et al (5264)
Effects of air humidity and soil water deficit on characteristics of leaf cuticular waxes in alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	 GUO Yanjun, NI Yu, GUO Yunjiang, et al (5273)
Influence of water storage capacity on yield of winter wheat in dry farming area in the Loess Plateau	 DENG Zhenyong, ZHANG Qiang, WANG Qiang, et al (5281)
Research of dynamic variation of moisture in apple orchard soil in the area of Xianyang in recent years	 ZHAO Jingbo, ZHOU Qi, CHEN Baoqun, et al (5291)
Volatile oil contents correlate with geographical distribution patterns of the miao ethnic herb <i>Fructus Cinnamomi</i>	 ZHANG Xiaobo, ZHOU Tao, GUO Lanping, et al (5299)
Effect of environmental factors on growth of <i>Chlorella</i> sp. and optimization of culture conditions for high oil production	 DING Yancong, GAO Qun, LIU Jiayao, et al (5307)
The effects of substrates on locomotor performance of two sympatric lizards, <i>Takydromus septentrionalis</i> and <i>Plestiodon chinensis</i>	 LIN Zhihua, FAN Xiaoli, LEI Huanzong, et al (5316)
Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China	 CHEN Jinyun, ZHOU Lizhi (5323)
Phylogenetic diversity analysis and <i>in situ</i> hybridization of symbiotic Oxymonad flagellates in the hindgut of <i>Reticulitermes chinensis</i> Snyder	 CHEN Wen, SHI Yu, PENG Jianxin, et al (5332)
An entropy weight approach on the comprehensive evaluation of the Pearl River Delta Nature Reserve	 ZHANG Linying, XU Songjun (5341)
Review and Monograph	
On planning method of mesoscale and microscale ecological land	 RONG Bingling, LI Dong, XIE Yingxia (5351)
Effects of land use change on soil organic carbon: a review	 CHEN Zhao, LÜ Changhe, FAN Lan, et al (5358)
Marine phytoplankton and biological carbon sink	 SUN Jun (5372)
Effect of permafrost degradation on methane emission in wetlands: a review	 SUN Xiaoxin, SONG Changchun, WANG Xianwei, et al (5379)
A review on the effects of biogenic elements and biological factors on wetland soil carbon mineralization	 ZHANG Linhai, ZENG Congsheng, TONG Chuan (5387)
A review of studies using ecological network analysis	 LI Zhongcai, Xu Junyan, WU Changyou, et al (5396)
Scientific Note	
Dynamics of age structures on <i>Agropyron michnoi</i> and <i>Leymus chinensis</i> in different communities	 JIN Xiaoming, AI Lin, LIU Jidong, et al (5406)
The impact of thematic resolution on NDVI spatial pattern	 HUANG Caixia, LI Xiaomei, SHA Jinming (5414)

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 18 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 18 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		



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