

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

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期
Vol.31 No.2
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 2 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目次

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

深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系

刘语凡¹, 陈雪², 李贵才², 曾辉^{1,2,*}

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

摘要: 植被受损评价及其受损成因分析是快速城市化地区生态保护和管理工作的重要基础研究课题。以深圳市 2007 年航空影像数据、2007 年 IRS 卫星数据以及 1:10 万电子地形图为基础数据, 建立植被受损以及人为活动强度空间特征的表征方式, 通过叠图分析及统计分析建立两者之间的响应关系, 用以揭示人为活动对植被的影响程度及方式。进行了深圳市植被受损情况分级评价和景观可达性分级评价; 然后通过两种分级评价结果的 Pearson 相关性分析和叠图统计分析, 解析植被受损与景观可达性空间分异特征之间的关系。研究结果表明, 深圳市人为干扰表现为人造纯林和生态风景林的营建、果园的种植以及极端机械干扰 3 种类型, 受损程度可以分成 6 级。景观可达性能够量化描述人为活动强度的空间分异特征, 全区可达性程度可以分成 5 级。叠图分析结果显示, 景观可达性水平与植被受损程度之间为正相关关系, 相关系数为 0.794。利用本研究方法还可以有效解析植被受损程度与人为活动空间分异特征之间的关联细节。

关键词: 植被受损; 景观可达性; 归一化植被指数; 人为影响; 深圳市

Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen

LIU Yufan¹, CHEN Xue², LI Guicai², ZENG Hui^{1,2,*}

1 College of Urban and Environmental Science, Peking University, Peking 100871, China

2 Key Laboratory of Science and Technology of Urban Habitat, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, China

Abstract: Analysis of vegetation degradation and identification of its causes are among the most important issues in plant ecology of the fast urbanizing areas. Previous research mainly focused on the patterns, mechanisms and restoration techniques in degraded communities at the ecosystem scale, but similar analyses are rare at the regional scale. The current study focused on the correlation of human disturbance and vegetation degradation on a regional scale, using Shenzhen, which is a fast-urbanizing area, as an example. We used aviation image and IRS satellite data and 1:100,000 digital topographical map of Shenzhen of the year 2007 and we defined the entire vegetation in Shenzhen, which mainly included forest, plantation, orchard, farm, shrub, bare land and unutilized areas, into twelve vegetation types using both visual interpretation and field observation. Forest, plantations and orchards were further classified into good and poor by their difference in vegetation coverage, tree height, dominant species, and plant diversity, whereas the bare lands were defined as bare land buildings, bare land roads and bare land quarries. We also used NDVI as a complementary tool to put the twelve vegetation types into six degradation classes using ANOVA and mean value distribution. Additionally, landscape accessibility was established as an index to indicate the intensity of human disturbance using altitude, slope, urban density, and the shortest distance to the nearest road, and was classified into five categories. Finally, the correlation of vegetation degradation class and landscape accessibility class was overlaid and Pearson correlation coefficients were calculated.

Our results showed that (1) the correlation between degradation class and landscape accessibility was significant with a correlation coefficient of 0.794; (2) Forests in remote areas with good soil and topographical conditions were well preserved. Plantations and orchards were in the state of moderate disturbance and degradation. Farms, shrubs and all kinds

基金项目: 国家自然科学基金(41071117, 40830747); 深圳市“百人计划”资助项目

收稿日期: 2009-11-23; **修订日期:** 2010-09-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zengh@szpku.edu.cn

of bare lands were in the worst condition; (3) Vegetation with the low degradation level mainly distributed in areas with low landscape accessibility. Meanwhile, with increasing landscape accessibility, the proportion of lightly degraded vegetation decreased; (4) The proportion of good and poor forests and plantations in areas with different landscape accessibility differed due to the difference of the inherent attributes of the vegetation and human interference.

We concluded that (1) there was a close relationship between human activity and vegetation degradation at a regional scale, especially in fast-urbanizing cities; (2) The major driven factors of human disturbance in Shenzhen were the formation of monoculture plantations and eco-landscape forests, as well as the extreme disturbances such as the construction of buildings and exploration of rocks; (3) Landscape accessibility was a useful quantitative method to illustrate the intensity of human disturbance, and can describe the spatial patterns of human interference; (4) The correlation method was efficient in explaining the details of spatial relationship between vegetation degradation and human activities. It could be used to analyze the causes and mechanisms of vegetation degradation and provide basis for future restoration practices.

Key Words: vegetation degradation; landscape accessibility; NDVI; human impact; Shenzhen City

生态受损与修复是目前生态研究的热点问题之一。目前国外在恢复生态学理论和实践研究方面走在前列的是欧洲和北美,在实践中走在前列的还有新西兰、澳洲,主要研究对象包括矿地、水体、林地和草场^[1]。国内的研究以中国科学院小良热带人工林生态系统定位研究站以及中国科学院鹤山亚热带丘陵综合试验站为代表,研究了生态受损的评价、过程、机理以及修复措施等方面的内容^[2],涉及的对象包括高速公路边坡的修复^[3],水环境修复^[4],以及裸露山体缺口的修复^[5]等。然而,大部分研究的最大尺度只涉及到生态系统,对于区域尺度的生态受损研究相对贫乏。

为了探讨区域尺度上生态受损及其与人为活动的关系,本研究以深圳市为例,在遥感技术支持下,结合野外实地考察资料,对植被受损程度进行分级评价,并使用景观可达性表征人为活动的空间分异,进而尝试建立植被受损等级与景观可达性的对应关系,以期深入解析植被受损的成因及其空间分异特征,为进一步生态修复工作提供基础研究支持。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

深圳市位于中国大陆南疆。陆域位置是东经 113°46′—114°37′,北纬 22°27′—22°52′属亚热带海洋性季风气候,主要植被类型为亚热带常绿阔叶林,以天然次生林、人工林以及果园为主。全市总面积 2020km² (含填海造地面积约 70km²),地势东南高、西北低,地形地貌大部分为低山、平缓台地和阶地丘陵,西部为滨海平原。境内最高山为梧桐山,海拔 943.7m;还有七娘山、羊台山、大南山等山岭。改革开放 30a 来,深圳市由一个边界小镇发展成为人口上千万的国际化大都市,经历了典型的快速城市化进程,人为活动对该地区的植被造成了显著的影响。

1.2 数据来源及预处理

本研究使用的数据主要包括深圳市 2007 年 1 月航空影像,以及深圳市 2007 年 11 月 IRS 卫星数据,成像时间均为非生长期,从而保证了二者的相对一致。同时还包括深圳市 1:10 万电子地形图生成的 DEM 高程数据,以及深圳市 2006 年土地利用变更调查等数据。以 ArcGIS9.2 以及 ERDAS8.7 为数据平台,对遥感数据进行去云、去噪、直方图匹配和图像拼接等前期处理,并对预处理后的遥感数据进行几何精校正和交互式校准以保障数据精度。鉴于主要研究目的是进行植被变化分析,所以利用 2006 年土地利用变更调查数据将影像中的水域剔除,以避免水面波动可能导致的计算结果偏差。

采取人工目视解译的方法,根据深圳市 2007 年航空影像数据,参照中国土地资源分类系统以及国家标准的《城市用地及规划建设用地标准》(GBJ137-90)^[6],结合野外实地调查,将深圳市地表植被覆盖类型分为天然林、人工林、果园、灌草坡、农田、裸地、未利用地 7 大类。其中,林地和果园按照盖度大小和长势优良分为优

劣两类,裸地按照其受损成因分为道路、房屋、采石场三类,最终得到 12 类植被覆盖亚类型。具体判别标准参见表 1,分类结果参见图 1。

表 1 深圳市地被覆盖目视解译评价标准
Table 1 Basis for land use/cover interpretation in Shenzhen

类型 Type	航片解译外貌 Aviation interpretation	优势种 Dominant	多样性 Diversity
优质天然林 Good forest	颜色较深,树木的分布没有明显的行列规律,树形大小交错分布,阴影较长,覆盖度大于 60%	天然次生植被,多为典型的地带性植被	生物多样性较高,乔灌木比重合理,群落稳定性较高,高大乔木所占比重较高
较差天然林 Poor forest	颜色稍浅,树木的分布没有明显的行列规律,树形大小交错分布,阴影较短,覆盖度小于 60%	天然次生植被,多为典型的地带性植被	生物多样性较高,乔灌木比重合理,群落稳定性较高,但是平均株高较低。
优质人工林 Good plantation	树木的分布有明显的行列规律,且树形较为统一,成片分布,阴影较长,覆盖度大于 60%,基本不可见树间地表	人工栽种物种	生物多样性较低,以乔木为主,群落稳定性较差,平均株高较高
较差人工林 Poor plantation	树木的分布有明显的行列规律,且树形较为统一,成片分布,树阴影较短,覆盖度小于 60%,可见树间地表	人工栽种物种	生物多样性较低,以乔木为主,群落稳定性较差,植株较为矮小
优质果园 Good orchard	树木的分布有明显的行列规律,树形整齐单一,树冠呈半球形。单株冠幅较大阴影较长,成片连续分布,覆盖度大于 60%,基本不可见地表	以荔枝或龙眼为主	生物多样性较低,以果树为主,高大茂密,人工维护较好,枝叶繁茂规整
较差果园 Poor orchard	树木的分布有明显的行列规律,树形整齐单一,树冠呈半球形。冠幅较小阴影较短,覆盖度小于 60%,树间可见地表	以荔枝或龙眼为主	生物多样性较低,以果树为主,生长矮小,人工维护较差,大部分以被荒废,并有藤蔓植物缠绕
农田 Farm	颜色较浅,毯状,形状规则且平整	以农作物为主	生物多样性很低,群落组成极为单一
灌草坡 Shrub	颜色较浅,大部分为毯状,偶有矮灌木零星分布	以禾本科植物以及少量矮灌木为主	生物多样性较低,群落组成较为单一
修路致裸区 Road bare land	颜色为灰白,分布于道路两侧,无植被覆盖	无植被覆盖	生物多样性极低
建筑致裸区 Building bare land	颜色为灰白,分布于房屋周边,无植被覆盖	无植被覆盖	生物多样性极低
采石场 Quarry	颜色为灰白,分布于山体,无植被覆盖	无植被覆盖	生物多样性极低
未利用地 Unutilized area	颜色为灰白,分布与建成区周边,无植被覆盖	无植被覆盖	生物多样性极低

1.3 研究方法

1.3.1 植被受损等级的确定

考虑到航片解译过程中植被优劣的判断存在一定的主观性,而 NDVI 既可以反映植被的盖度分布,同时也可以间接反映植物的生物量高低^[7-8],因此,以每种地类的 NDVI 均值作为辅助,确定植被的生长情况,从而进行受损分级。利用深圳市 2007 年 IRS 卫星数据,得到全市地表覆盖的 NDVI 值,并与目视解译得到 12 个植被类型进行叠图分析,得到每一种植被类型的 NDVI 分布数据。由于全部象元数量很大,且象元个数随 NDVI 呈正态分布,因此,在每个正态总体中随机取样,在确定样本容量时采用公式(1)^[9]:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \sigma^2}{\Delta^2} \tag{1}$$

式中, n 为样本容量, Z_{α} 为正态分布双侧分位数,当 $\alpha = 0.05$ 时, $Z_{\alpha} = 1.96$, σ^2 为总体方差, Δ 为最大允许误差,取 $\Delta = 0.01$ 。由(1)式计算的最小样本容量对于 12 种植被类型不尽相同,最小 199 个,最大 834 个,因此选取样本容量为 1000,即在每一种植被类型的 NDVI 图中提取 1000 个象元值,计算均值,并进行方差分析。首先通过 F 检验进行方差齐性检验(Levene 检验),然后根据方差是否齐性选择等方差假设或异方差假

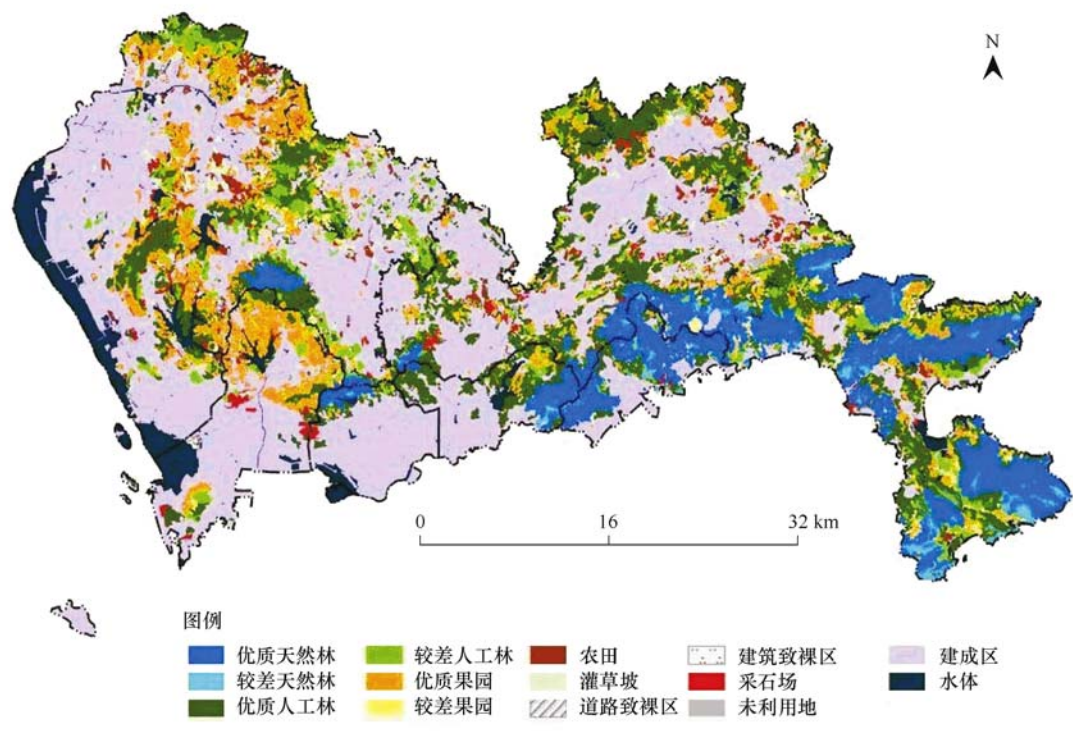


图1 深圳市地被覆盖分类图
Fig.1 Lang use/cover classification of Shenzhen

设 *t*-检验的方法检验各植被类型 NDVI 是否具有显著性差异。

1.3.2 景观可达性分析

可达性可用于描述人们到达一个既定目标的难易程度,而这种难易程度反过来又会对土地利用格局产生影响^[10-20]。通过构建一个综合建成区密度、距离最近道路的直线距离、海拔以及坡度 4 个要素的复合景观可达性指数^[21],利用等权值累加的方法构建了一个复合的可达性评估指标,来探讨工作区研究时段内可达性的时空分异特征,及其对地表覆被的影响。分级指标见表 2,计算公式如下:

$$KDI = DBI + DRI + EI + SI$$

式中,*KDI* 为工作区任意一点的复合可达性分级值,*DBI* 为该点的建成区密度可达性分级值,*DRI* 为该点的道路距离可达性分级值,*EI* 为该点的海拔可达性分级值,*SI* 为该点的坡度可达性分级值。

表 2 景观可达性分级指标
Table 2 Basis for landscape accessibility classification

影响因素 Factors	景观可达性分级 Landscape accessibility			备注 ^[21] Remarks
	3	2	1	
建成区密度 Urban density/%	> 60	20—60	< 20	建成区密度超过 60% 的区域通常相当于城市中心区,20%—60% 的区域一般为城乡混合区域,低于 20% 的区域一般为典型的农业经营区域
距离最近道路距离 Distance to road/m	< 200	200—500	> 500	约 60% 的建设用地分布在道路两侧 200m 范围内,垂直距离超过 500m 以外区域通常建设用地比重一般小于 10%
海拔分布区间 Altitude/m	< 50	50—150	> 150	约 70% 的建设用地分布在海拔不超过 50m 范围内,只有 1% 左右的建设用地分布在海拔超过 150m 区域
坡度分布区间 Slop/(°)	< 25	25—45	> 45	深圳市以 25°作为基本生态控制线的一项指标,且坡度大于 45°区域是各种人类活动的上限

1.3.3 植被受损程度与景观可达性之间的关系分析

首先,采用 Pearson 相关性分析^[22]方法,在工作区内分别提取各点的景观可达性值和植被受损等级值,在证明了趋势吻合性之后,利用 SPSS 软件进行各点植被受损分级结果及可达性结果之间的相关性分析。其次,将深圳市植被受损等级制图结果和景观可达性等级制图结果进行叠图统计分析,分别研究各植被受损类型及优质林地类型在不同景观可达性区间内的分布特征以及不同植被受损等级区间的可达性等级区域分异结果,解析植被受损程度与人为活动空间分异特征之间的响应关系。

2 结果

2.1 植被受损分级评价

深圳市不同类型植被的分布具有显著的区域特征。各植被类型 NDVI 的 F -检验结果表明,类型两两比较时有些具备方差齐性,因此进一步使用等方差假设 t -检验;而另一些不具备方差齐性,进而对数据进行处理,利用异方差假设 t -检验。 t 检验结果表明,除道路致裸区和未利用地,以及优质人工林和优质果园这两组之外,各地表覆盖类型之间都在 0.05 显著性水平下差异显著。这个结果一方面显示了研究者对航片的人工目视解译的精准性和合理性,另一方面体现了人工目视解译对于单纯利用 NDVI 分类的优越性,在 NDVI 无法区分的地区,可通过目视解译,通过分布、形状和阴影的差别进行区分。人工目视解译与 NDVI 辅助手段相结合,可以更准确有效地掌握地被覆盖状况。从各区域的 NDVI 均值来看,可以将这 12 种地类归为 6 类, >0.4 为一级和二级, $>0.3-0.4$ 为三级, $>0.25-0.3$ 为四级, $0.1-0.25$ 为五级, <0.1 为六级(图 2,表 3)。

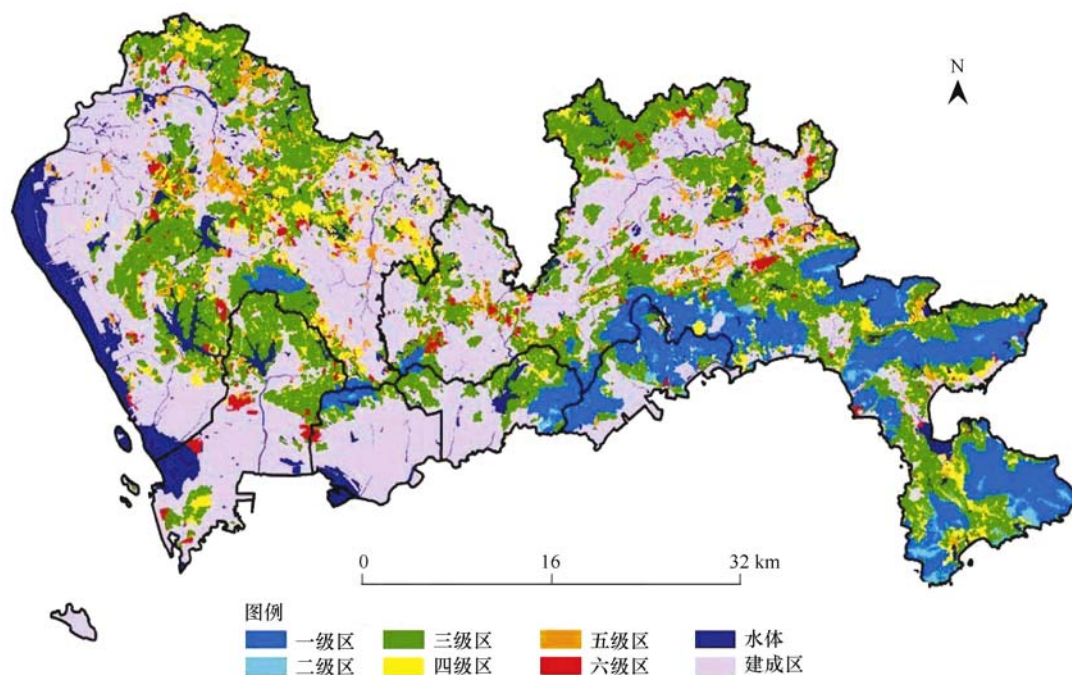


图 2 深圳市植被受损等级评价图

Fig. 2 Vegetation degradation classification of Shenzhen

2.2 景观可达性分级评价

由于 4 个影响因素各自的可达性等级均分为 1、2、3 这 3 个级别,因此,得到复合可达性分级值为 4 到 12 等 9 个等级。由于可达性分级值较小的区域面积很小,因此在参考有关文献的基础上^[19],将这 9 个可达性等级进行适当合并,以求各个可达性等级区域面积具有可比性,从而得到全市可达性 5 级分布图(图 3)。

Pearson 相关分析结果表明,景观可达性与植被受损等级二者在 0.01 显著性水平上显著正相关,相关系数为 0.794。即在可达性较高的地区,植被的受损情况也较为严重,而可达性较低的地区,植被的保护较为完

善,生长状态良好。叠图分析结果表明,优质天然林地主要分布在可达性较低的1、2级区域,人工林和果园主要分布在可达性等级居中的2、3类区域,而植被受损程度较高的裸地、灌草坡等则主要分布在可达性程度较高的3、4类区域(图4)。

表3 深圳市各植被类型NDVI平均值以及受损等级分类及各类占深圳陆域面积百分比

Table 3 NDVI mean value and proportion of vegetation types in Shenzhen

等级 Class	百分比 Percentage/%	类型 Type	百分比 Percentage/%	NDVI 平均值 Mean valve of NDVI
一级区 First class	10.6	优质天然林	10.6	0.435
二级区 Second class	1.2	较差天然林	1.2	0.403
三级区 Third class	17.2	优质人工林	12.6	0.318
		优质果园	4.6	0.301
四级区 Forth class	11.6	较差人工林	9.2	0.286
		较差果园	2.4	0.292
五级区 Fifth class	3.0	农田	1.9	0.206
		灌草坡	1.1	0.204
六级区 Sixth class	1.1	修路致裸区	0.1	0.158
		建筑致裸区	0.5	0.113
		采石场	0.1	0.161
		未利用地	0.4	0.141

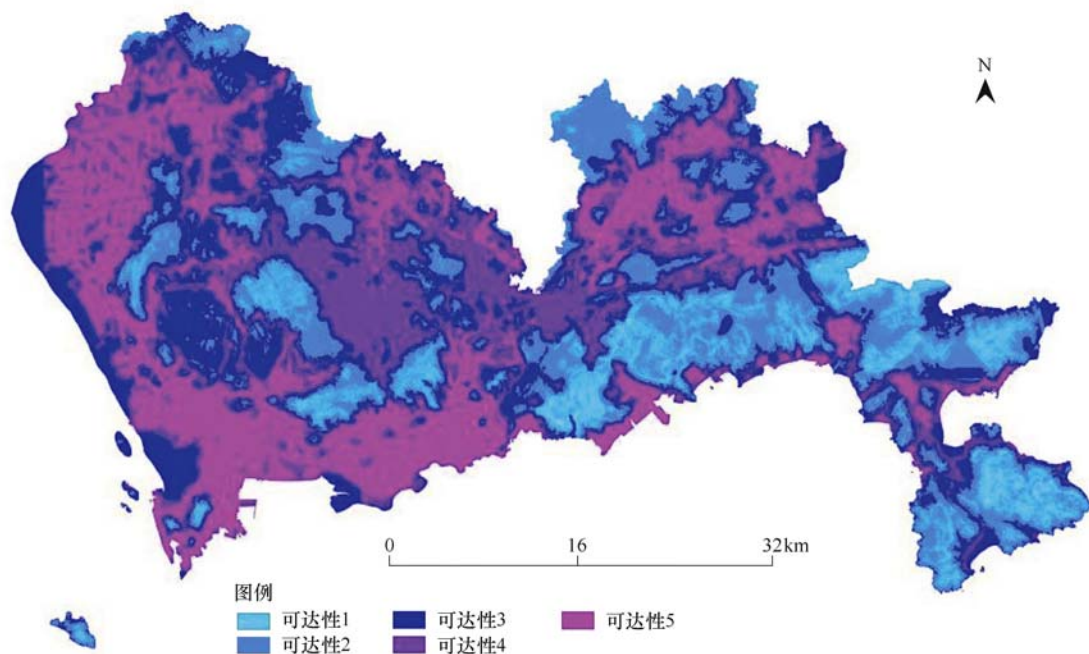


图3 深圳市景观可达性分级图

Fig. 3 Landscape accessibility classification of Shenzhen

2.3 植被受损程度与景观可达性之间的关系

分析不同植被受损区间的可达性分区面积比重同样发现,植被受损程度较低的地区,表征人为干扰程度较弱的低可达性区域面积比重占据绝对优势,随着植被受损程度的增加,表征人为干扰程度的高可达性区间面积比重逐渐增加(图5)。将本地区两种主要的优质林地植被类型(优质天然林和优质人工林)单独提出进行不同可达性区间优质林分占同类林型面积比重分析发现,随着可达性程度的提高,优质天然林占天然林的面积比重呈单调递减趋势,而优质人工林占人工林的面积比重则呈现下降、上升再下降的趋势,并在2级可达

性区间出现最小值(图6)。

3 讨论

3.1 工作区植被受损特征分析

目视解译形成的不同植被类型的 NDVI 指数差异性分析结果表明(表3),本研究提出的6级植被受损程度分级评估结果可以反映工作区植被受损的程度差异。分析不同分级的植被类型构成可以看出,立地条件较好的优质天然林和立地条件较差的天然林地受损程度较低,人工林和果园的受损程度居于中等水平,少量农田、灌草坡和各种裸露地表的受损程度最高。深圳市过去近30a来除大规模建设用地扩张过程外,还曾有过大规模营造人工纯林(因1986年丘陵地区大规模松材线虫病害)、大规模毁林种果(1993—1995年)和全区风景林改造(2005—)3次区域性植被改造过程,这些过程共同造就了现状植被类型差异及其空间分异特征。由此看来,上述植被改造过程及建设用地扩张造成的机械破坏,无疑是深圳市不同程度植被受损的主要过程。

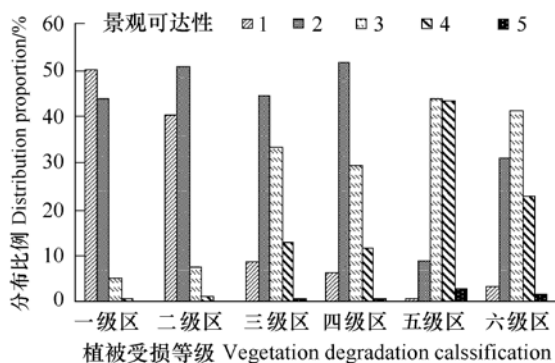


图5 各植被受损等级在不同景观可达性区间内的分布

Fig.5 Proportion of vegetation degradation classes in landscape accessibility class

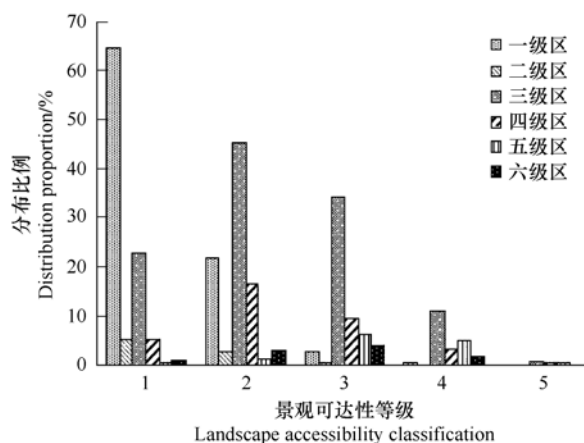


图4 景观可达性区间内植被受损等级组成

Fig.4 Vegetation degradation classes composition in landscape accessibility areass

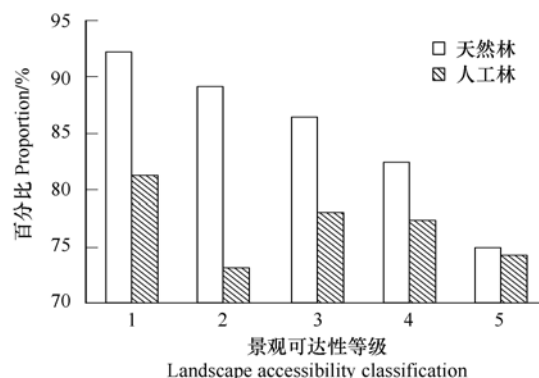


图6 深圳市优质林占总林百分比

Fig.6 Percentage of good forest in total forest in Shenzhen

3.2 景观可达性与人为活动的关系

景观可达性是人为活动的量化描述,并可以解析人为活动的空间分异细节。由于地形限制,深圳市景观可达性较高的地区多为海拔较低、坡度较缓以及距离道路和建成区较近的地区;低景观可达性区域则主要集中在有明显地形约束的高海拔地区。值得注意的是,道路的引导作用大大的增加了人为活动介入的可能性^[23],从而促进了沿线周边地区的城市化过程。深圳市目前处于全境城市化进程中,人为活动强度必然以城市建设用地集中分布区域为中心,向周边地区呈梯度递减态势,并且因为不同的发展目的对外围植被分布区域产生差异化影响。图3结果显示,深圳市可达性分级评估结果很好地反映了上述城市化地区人为活动的空间分异特点,表明利用可达性指数作为人为活动空间分异特征的综合表征因子是合适的。

3.2 植被受损程度与景观可达性的关系

植被受损程度与景观可达性指数之间的显著正相关关系说明,深圳市植被受损过程的发生具有强烈的人为活动主导特征,集中表现在可达性程度较高的区域以植被受损程度较高的等级类型分布为主,而天然林地等人为干扰程度较低的植被类型主要分布在地形庇护作用较为明显,且远离建设用地集中分布区域的低可达性区域(图3—图5)。不过,由于植被管理的目的差异,一些优势植被类型在不同人为活动强度区间的分异

特征会出现显著差异。图 6 的结果表明,天然林地由于主体部分大多远离人为活动较高区域,在可达性程度较高区域一般呈现碎裂化分布,缺乏人工集中维护的条件,其优质林比重随着可达性程度的提高呈现出单调递减态势;人工林地优质林比重则分别在可达性程度最低的 1 类区和距离城市中心区较近 3、4 类区出现两个分布峰值,前者无疑是边远地区地分布的人工林受到地形庇护作用的影响,而后者显然是城市周边人工林主要分布区域人工维护较为便利的结果。

4 结论

(1)利用植被景观目视解译制图方法,结合 NDVI 指数差异性分析,可以有效地鉴别工作区的植被受损程度及其空间分异特征,工作区的植被受损程度可以分成 6 级。

(2)整合主要地形约束因子和道路、建成区密度等城市化强度表征因子的景观可达性指数能够量化描述人为活动强度的空间分异特征,工作区可达性程度可以分成 5 级。

(3)深圳市的植被受损表现为强烈的人为活动主导特征,人造纯林和生态风景林的营建、果园的种植以及建设活动的机械干扰是植被受损的主要过程类型。叠图分析结果表明,景观可达性与植被受损程度之间为正相关关系,相关系数为 0.794。此外,利用本研究方法还可以有效解析植被受损与人为活动空间分异特征之间的关联细节。

References:

- [1] Chen L. The Ecological Study of *robinia pseudoacacia* Community in Fang-gan Restoration Region. Shandong:Shandong University, 2006.
- [2] Peng S L. Restoration ecology and agroforestry development in Guangdong. Research of Agricultural Modernization, 2000, 21(3):129-133.
- [3] Yang H J, Bi Q, Zhao Y N, Feng F J. Vegetation restoration technology in freeway slope and quarry of Shenzhen. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(1):120-124.
- [4] Chen K J, Jin L H, Shen X A, Wan Y L. Water environment protection for a river in Shenzhen City. Environmental Science & Technology, 2006, 29(4):56-57.
- [5] Lu Z F. Harness techniques of mountain bare gap of Shenzhen City. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2002, 22(5):55-56.
- [6] Guo Q H, Ma K M, Zhang Y. Impact of land use pattern on lake water quality in urban region. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2):776-787.
- [7] Chen Z Y. Remote Monitoring and Management of Fragile Ecosystem in Intersections Area of Jin and Meng. Beijing: Aviation Press, 1994:24-36.
- [8] Macleod R D, Congalton R G. A quantitative comparison of change-detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sense data. Photogrammetric of Engineering and Remote Sensing, 1998, 64(3):207-210.
- [9] Wei J. The definition of sample size on sample design. Statistics and Decision, 2004, 1:20-21.
- [10] Peter H V, Koen P O, Nol W. Accessibility and land-use patterns at the forest fringe in the northeastern part of the Philippines. The Geographical Journal, 2004, 170(3):238-255.
- [11] Southworth J, Tucker C M. Forest cover change in western Honduras: the role of socio-economic and biophysical factors, local institutions, and land tenure. Mountain Research and Development, 2001, 21(3):276-283.
- [12] Geist H J, Lambin E F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. Bioscience, 2002, 52:43-50.
- [13] Antrop M. Landscape change and the urbanization process in Europe. Landscape and Urban Planning, 2004, 67:9-26.
- [14] Hansen W G. How accessibility shape land-use. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25:73-76.
- [15] Kwan M P, Murray A T, Kelly M E. Recent advances in accessibility research: Representation, methodology and applications. Geographical Systems, 2003, 5:129-138.
- [16] Krugman P. The role of geography in development international regional regional. Science Review, 1999, 22:142-161.
- [17] Luo P F, Xu Y L, Zhang N N. Study on the impacts of regional accessibility of high speed rail: a case study of Nanjing to Shanghai region. Economic Geography, 2004, 24(3):407-411.
- [18] Li P H, Lu Y L. Metropolitan accessibility: Literature review and research progress in the west. Urban Problems, 2005, 1:69-74.
- [19] Sui D Z, Zeng H. Modeling the dynamics of landscape structure in Asiaps emerging desakota regions: a case study in Shenzhen. Landscape and Urban Planning, 2001, 53(1/4):37-52.
- [20] Zeng H, Jiang F, Li S J. Impacts of urban landscape structure on urban sprawl: a case researches in Nanchang. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(9):1931-1937.
- [21] Qin P H, Wu J F, Liu Y Q, Zeng H. Landscape accessibility and its effect on forest-cover change in quickly urbanizing area: a case study of

Baoan, Shenzhen. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11):3796-3803.

- [22] Zhao N X, Gao Y B, Wang J L, Ren A Z, Xu H. RAPD diversity of *Stipa grandis* populations and its association with some ecological factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5):1312-1319.
- [23] Wang Z S, Liu Y F, Wei J B, Zeng H. The impacts of road pattern on land uses in rapidly urbanizing regions. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(2):180-185.

参考文献:

- [1] 陈力. 房干生态恢复区刺槐的群落生态学研究. 山东:山东大学, 2006.
- [2] 彭少麟. 恢复生态学与广东省复合农林业的发展. *农业现代化研究*, 2000, 21(3):129-133.
- [3] 杨海军, 毕琪, 赵亚楠, 封福记. 深圳市高速公路边坡和采石场植被恢复技术. *生态学杂志*, 2004, 23(1):120-124.
- [4] 陈克坚, 金腊华, 申小艾, 万雨龙. 深圳市福田河水环境综合整治研究. *环境科学与技术*, 2006, 29(4):56-57.
- [5] 陆子锋. 深圳市裸露山体缺口整治技术探讨. *水土保持通报*, 2002, 22(5):55-56.
- [6] 郭青海, 马克明, 张易. 城市土地利用异质性对湖泊水质的影响. *生态学报*, 2009, 29(2):776-787.
- [7] 陈正宜. 晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统遥感监测与管理研究. 北京:宇航出版社, 1994:24-36.
- [9] 魏杰. 论抽样设计中样本容量的确定. *统计与决策*, 2004, 1:20-21.
- [17] 罗鹏飞, 徐逸伦, 张楠楠. 高速铁路对区域可达性的影响研究——以沪宁地区为例. *经济地理*, 2004, 24(3):407-411.
- [18] 李平华, 陆玉麒. 城市可达性研究的理论与方法评述. *城市问题*, 2005, 1:69-74.
- [20] 曾辉, 蒋峰, 李书娟. 南昌地区城市建成区景观结构特征对建设用地扩张的影响. *生态学报*, 2004, 24(9):1931-1937.
- [21] 秦佩恒, 武剑峰, 刘雅琴, 曾辉. 快速城市化地区景观可达性及其对林地的影响. *生态学报*, 2006, 26(11):3796-3803.
- [22] 赵念席, 高玉葆, 王金龙, 任安芝, 徐华. 大针茅种群 RAPD 多样性及其与若干生态因子的相关关系. *生态学报*, 2006, 26(5):1312-1319.
- [23] 汪自书, 刘语凡, 魏建兵, 曾辉. 快速城市化地区道路格局对土地利用的影响研究. *环境科学研究*, 2008, 21(2):180-185.

CONTENTS

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

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 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	影响力因子 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;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 2 2011

编辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		

