

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 14 期 Vol.31 No.14 **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 14 期 2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

厦门市三个产业土地利用变化的敏感性·····	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (3863)
黄河源区沙漠化及其景观格局的变化·····	胡光印,董治宝,逯军峰,等 (3872)
岩溶山区景观多样性变化的生态学意义对比——以贵州四个典型地区为例·····	罗光杰,李阳兵,王世杰,等 (3882)
基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析·····	徐涵秋 (3890)
北京市土地利用生态分类方法·····	唐秀美,陈百明,路庆斌,等 (3902)
长白山红松臭冷杉光谱反射随海拔的变化·····	范秀华,刘伟国,卢文敏,等 (3910)
臭冷杉生物量分配格局及异速生长模型·····	汪金松,张春雨,范秀华,等 (3918)
渔山岛岩礁基质潮间带大型底栖动物优势种生态位·····	焦海峰,施慧雄,尤仲杰,等 (3928)
食物质量差异对树麻雀能量预算和消化道形态特征的影响·····	杨志宏,邵淑丽 (3937)
桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征·····	张明阳,王克林,刘会玉,等 (3947)
隔沟交替灌溉条件下玉米根系形态性状及结构分布·····	李彩霞,孙景生,周新国,等 (3956)
不同抗病性茄子根系分泌物对黄萎菌的化感作用·····	周宝利,陈志霞,杜 亮,等 (3964)
镧在草-菇-土系统中的循环与生物富集效应·····	翁伯琦,姜照伟,王义祥,等 (3973)
鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估·····	余进祥,郑博福,刘娅菲,等 (3980)
柠条细根的分布和动态及其与土壤资源有效性的关系·····	史建伟,王孟本,陈建文,等 (3990)
土壤盐渍化对尿素与磷酸脲氮挥发的影响·····	梁 飞,田长彦 (3999)
象山港海域细菌的分布特征及其环境影响因素·····	杨季芳,王海丽,陈福生,等 (4007)
近地层臭氧对小麦抗氧化酶活性变化动态的影响·····	吴芳芳,郑有飞,吴荣军,等 (4019)
抑制剂和安全剂对高羊茅根中酶活性和菲代谢的影响·····	龚帅帅,韩 进,高彦征,等 (4027)
南苜蓿高效共生根瘤菌土壤的筛选·····	刘晓云,郭振国,李乔仙,等 (4034)
汉江上游金水河流域土壤常量元素迁移模式·····	何文鸣,周 杰,张昌盛,等 (4042)
基于地理和气象要素的春玉米生育期栅格化方法·····	刘 勤,严昌荣,梅旭荣,等 (4056)
日光温室切花郁金香花期与外观品质预测模型·····	李 刚,陈亚茹,戴剑锋,等 (4062)
冀西北坝上旱干区南瓜油葵间作的水分效应·····	黄 伟,张俊花,李文红,等 (4072)
专论与综述	
鸟类分子系统地理学研究进展·····	董 路,张雁云 (4082)
自然保护区空间特征和地块最优选择方法·····	王宜成 (4094)
人类活动是导致生物均质化的主要因素·····	陈国奇,强 胜 (4107)
冬虫夏草发生的影响因子·····	张古忍,余俊锋,吴光国,等 (4117)
自然湿地土壤产甲烷菌和甲烷氧化菌多样性的分子检测·····	余晨兴,全 川 (4126)
研究简报	
塔里木河上游典型绿洲不同连作年限棉田土壤质量评价·····	贡 璐,张海峰,吕光辉,等 (4136)
高山森林凋落物分解过程中的微生物生物量动态·····	周晓庆,吴福忠,杨万勤,等 (4144)
生物结皮粗糙特征——以古尔班通古特沙漠为例·····	王雪芹,张元明,张伟民,等 (4153)
不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异·····	柯胜兵,党凤花,毕守东,等 (4161)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07



封面图说:内地多呈灌木状的沙棘,在青藏高原就表现为高大的乔木,在拉萨河以及雅鲁藏布江沿岸常常可以看到高大的沙棘林和沼泽塔头湿地相映成趣的美丽景观。

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

张明阳, 王克林, 刘会玉, 陈洪松, 章春华, 岳跃民. 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征. 生态学报, 2011, 31(14): 3947-3955.

Zhang M Y, Wang K L, Liu H Y, Chen H S, Zhang C H, Yue Y M. The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(14): 3947-3955.

桂西北典型喀斯特区生态服务价值的 环境响应及其空间尺度特征

张明阳^{1,3}, 王克林^{1,3,*}, 刘会玉², 陈洪松^{1,3}, 章春华^{1,3}, 岳跃民^{1,3}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125;

2. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 3. 中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站, 广西 环江 547100)

摘要:对桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征进行研究。结果表明:研究区域生态服务价值随高程、岩石类型、土壤类型分异明显,并具有相应的空间尺度特征。中山和低山等山区的生态服务价值较高,但森林砍伐等人为活动干扰而使生态系统结构遭受破坏、生态服务功能减弱;峰丛洼地的生态服务价值较低,但在退耕还林等政策人工措施的调控下生态环境有所好转。生态服务价值受岩石类型地质条件影响,典型喀斯特区生态服务价值较低但有增长趋势,非喀斯特区生态服务价值相对较高但有降低趋势。石灰(岩)土和红壤是生态服务价值的主要土壤类型(总贡献率超过 60%)。经验模态分解方法(Empirical mode decomposition, EMD)各分量的方差贡献及趋势量表明,区域生态服务价值主要以准 2.7、5.5、11.6 km 的空间尺度为主,且存在自西向东降低分布的严峻现实,这主要受地形地貌、地表覆盖状况以及人类活动的综合影响形成。

关键词:喀斯特;桂西北;生态服务价值;环境响应;空间尺度

The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China

ZHANG Mingyang^{1,3}, WANG Kelin^{1,3,*}, LIU Huiyu², CHEN Hongsong^{1,3}, ZHANG Chunhua^{1,3}, YUE Yuemin^{1,3}

1 Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Hunan 410125, China

2 College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China

3 Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang, Guangxi 547100, China

Abstract: Study on ecosystem service values (ESVs) is the bridge of understanding ecosystem and economic decision-making. To investigate the response of ESVs to ambient environment and their spatial scales is an urgent work in the process of ecological restoration and sustainable development in southwest China. Based on the previous research results, the remote images, and weather data of 31 years (1975—2005), the response of ESVs to ambient environment and their spatial scales in a typical karst area of northwest Guangxi, China were evaluated with the method of empirical mode decomposition (EMD) in this paper. The results showed that ESVs had obvious variations with changes in elevation, rocky types and soil types, and had corresponding characteristics of spatial scales. The ESVs in middle and low elevation areas were higher, but they decreased due to human activities such as deforestation. The ESVs in peak-cluster depression areas were lower, and they would increase as influenced by policies such as returning farmland to forestland. The ESVs were influenced by rocky

基金项目:中国科学院西部行动计划(KZCX2-XB2-08);973 计划(2006CB403208);国家科技支撑项目(2009BAD6B008;2006BAC01A10);国家自然科学基金(31000223,41071340,40901094);中国科学院“西部之光”人才培养计划;江苏省高校自然科学基金(08KJB170001)

收稿日期:2010-04-30; 修订日期:2010-09-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kelin@isa.ac.cn

types, showing lower values but an increasing trend in the typical karst regions while higher values but a decreasing trend in non-karst regions. The average ESVs in the west part of the study region, which is not only the main nature reserve for rare wildlife species in Guangxi, but also one of the best preserved natural vegetation regions in China, were more than 15000 RMB Yuan hm^{-2} , Comparatively, the ESVs were less than 10000 Yuan hm^{-2} in the middle part of the region attributed to low vegetation coverage, serious peak-cluster depression and karst rocky desertification. After about 20 years, that is from 1985 to 2005, the ecosystem conditions had been improved and the ESVs had increased in the middle and eastern part of this study region. On the contrary, in most western part, which was dominated by subtropical evergreen broad-leaved forest, they had been worsened, and the balance values of ESVs were negative. As for the relationships of ESVs with rocky types and soil types, lime soil and red soil were the two main soil types that contributed to ESVs (The total contribution was above 60%, and it is 63.77%, 64.37%, 64.56%, 64.91% respectively in the four years of 1985, 1990, 2000 and 2005). The variance contribution of intrinsic mode function (IMF) and trend (R) showed that there were obvious special sales for ESVs in this study area, and the main spatial scales were about 2.7 km, 5.5 km, and 11.6 km. The variance contribution ratio was 12.29%, 11.26%, 11.49% respectively, and the trend (R) was high (17.74%). In conclusion, this study indicated that ecosystem conditions in the typical karst area were improved owing to the application of rocky desertification control policies, such as ecological migration and returning farmland to forestland. Besides, the main spatial scales of ESVs in the study area were the interactions of terrain, physiognomy, land use / land cover and human activities.

Key Words: karst; northwest Guangxi; ecosystem service values; the response of ambient environment; spatial scales

生态系统过程决定格局,格局影响过程,格局决定生态服务功能^[1-2]。生态系统过程是基于环境条件形成的格局进行,生态服务功能是在相应的土壤类型、岩石类型、海拔、坡度等地理地貌条件和人类活动综合作用的结果,并表现为相应的空间尺度特征^[3]。要确定自然生态系统是怎样提供生态服务的,必须有一种明确测度方法并了解相应尺度生态系统服务功能的动力学机制^[4]。我国西南喀斯特区,是三大连片喀斯特发育区之一,由于特殊的地质地貌背景,其生态恢复与重建是西部大开发的重点和难点^[5-6]。生态恢复的实质是保障区域生态服务功能的可持续发挥^[7]。目前已有不少学者对喀斯特区域的生态服务功能进行了不同深度的研究^[8-13],如,李阳兵等对茂兰森林生态系统服务功能进行了探讨^[8],罗俊等和熊鹰等分别对桂西北土地利用对生态服务价值的影响进行了初步分析^[9,11],吴孔运等对喀斯特石山区次生林生态恢复后的生态服务功能进行了初步研究^[10],杨安学和彭云对贵州喀斯特区森林生态系统的水文生态服务功能进行了研究^[12],张明阳等对喀斯特生态服务价值与环境因子的关系进行了定量探讨^[14]。近年来,对生态系统服务功能的尺度探讨也引起了关注^[15-20],成为生态系统服务功能研究的一个热点问题,如张宏锋等对生态服务功能的尺度特征进行了探讨^[18],常学礼等对生态脆弱带的尺度与特级特征进行了分析^[19],郝仕龙与李壁成对土地利用的尺度和尺度转换进行了研究^[20]。但有关喀斯特区生态服务价值的环境响应与空间尺度特征还任重道远^[14]。因此,探讨喀斯特区生态服务价值的环境响应及其尺度特征对正确认识其生态服务功能并进行合理的生态调控具有重要意义。

Huang 1998 年提出经验模态分解方法(Empirical mode decomposition, EMD),能够对非线性、非平稳信号逐级进行线性化和平稳化处理,把不同尺度的波动或变异分离出来,最后得到趋势分量,并在分解过程中保留数据本身的特性^[21]。其中不同尺度的波动或变异被定义为本征模函数(Intrinsic mode function, IMF),所分解出的 IMF 包含并突出了原信号的局部特征信息,并且各 IMF 分量分别包含了原信号的不同尺度的局部特征信息。EMD 分析是自适应的,在快速分析出信号本身特征的同时,能真实地提取序列的趋势^[21-24],是目前提取数据序列趋势的最好方法之一^[21]。本研究尝试应用经验模态分解(EMD)对桂西北喀斯特区域生态服务价值的空间尺度特征进行探讨,力求加深对喀斯特生态服务功能价值特征及其规律的认识,为深入探索喀斯特生态服务功能的复杂性提供新的工具与方法,以期从崭新的途径揭示喀斯特生态服务价值的空间尺度特

征,为揭示喀斯特区域生态服务价值的空间分布规律提供一定的科学参考,从而以期为喀斯特区生态恢复和生态重建提供科学参考和依据。

1 研究区概况

桂西北地处广西西北边陲、云贵高原南麓,介于 $104^{\circ}29'E$ — $109^{\circ}09'E$, $23^{\circ}41'N$ — $25^{\circ}37'N$ 之间(图 1)。总面积约为 71992 km^2 ,包括广西河池市 11 个县(市)和百色市 12 个县市,总人口约 750.44 万(2004 年)。属于中亚热带南缘季风气候,年平均气温在 19.5°C 以上,年均降水在 1000 mm 以上,时空分布不均。以山地、峰丛洼地为主,山区面积比例大(百色和河池分别为 30% 和 59%)。海拔从 2000 多米降至 100 多米,呈西北向东南降低的空间分布,由西向东的地貌类型主要分为中山、低山和峰丛洼地,他们的面积比例分别为 39.35%、49.16% 和 11.48%。成土母岩主要有石灰岩、紫色岩等。喀斯特地貌广为发育,是全国 18 个贫困地区之一,有 19 个国家级重点扶持贫困县(百色 10 个,河池 9 个)。

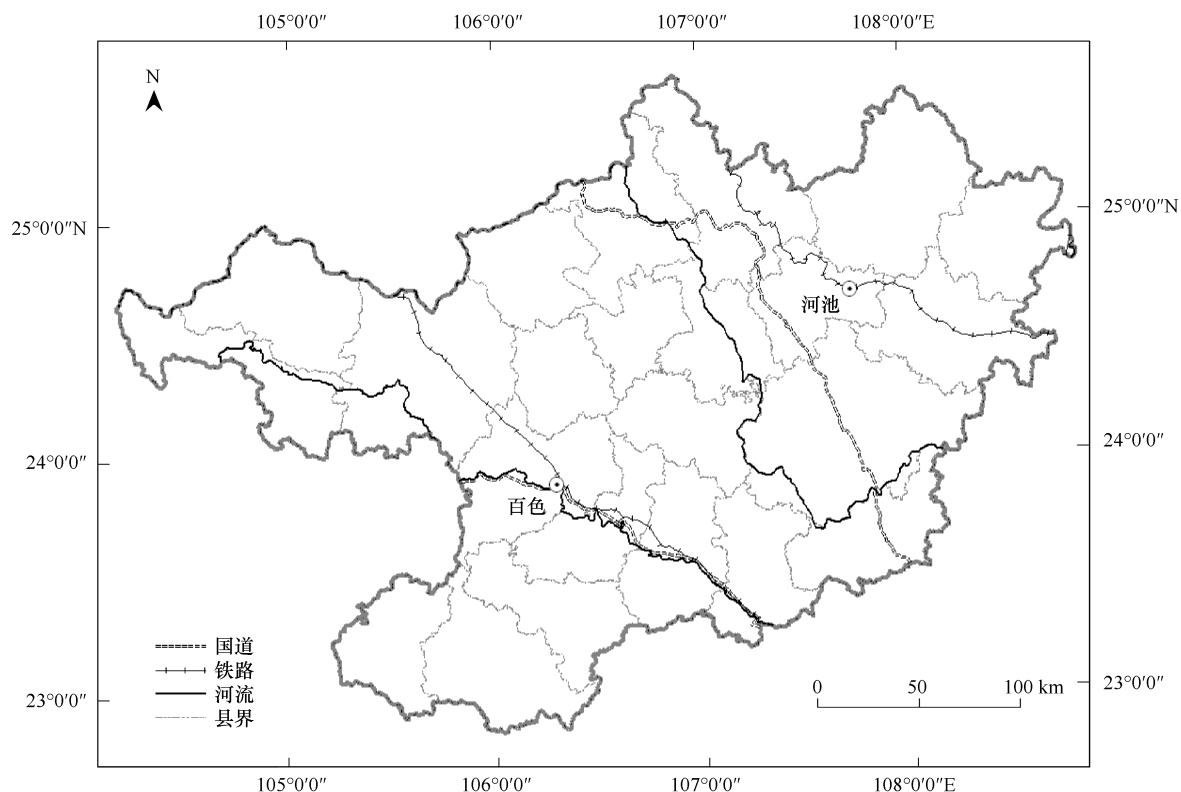


图 1 研究区域地理位置示意图

Fig. 1 Sketch map of location in the study area

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

遥感影像为 1985 年、1990 年、2000 年和 2005 年的 TM (ETM/TM+) 单波段遥感影像共 80 景(轨道号分别是 125-42/43/44, 126-42/43/44, 127-42/43/44 和 128-43, 7 个波段/景。首先将单波段影像合成假彩色影像,然后进行直方图匹配等预处理和图像拼接,最后通过行政矢量层裁剪得到桂西北各年份的遥感影像。统一采用如下投影及参数: Albers 圆锥等积投影方式, Krasovsky 参考椭球体, 105°E 基准经线, 25°N 和 47°N 基准纬线, Beijing1954 坐标。

基础地理数据包括高程模型(Digital elevation model, DEM)数据、全国行政矢量数据(1:400 万,来自国家科学数据共享工程 www.geodata.cn)、土壤(1:100 万, SHP, 来源为中国地质科学研究院)和岩性数据(1:50 万, SHP, 来源为中国地质科学研究院)。

2.2 评估与分析方法

(1) 生态服务价值测量 根据遥感评估方法的技术特点和数据获取的可能性,选择8项测量指标:水源涵养、土壤形成、生物多样性、气体调节、土壤保持、营养物循环、有机质生产、娱乐文化。利用遥感影像,结合归一化植被指数(Normalized difference vegetation index, NDVI)和DEM以及相应的气候资料,将地表覆盖分为林地、灌木、稀疏地、草地、水田、旱地、水域、居民地、石漠化地9大类,其中林地、灌木和稀疏地等类型主要分布于西部的中山区,而旱地和石漠化地主要分布于东部的峰丛洼地区(随机抽取450个野外核查点,野外实际核查260个),总分类精度达81%。综合前人研究成果^[25-28],研究区域各生态参数反演及其单项生态服务价值求算方法参见文献^[12],区域总生态服务价值由以下方式求得:

$$V_C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \times V_{Ci} \times S_{ij} \quad (1)$$

式中, V_C 为第 C 类生态系统的生态服务价值; i 为第 C 类生态系统的第 i 种生态服务价值; V_{Ci} 为第 C 类生态系统的第 i 种生态服务类型单位面积价值; j 表示第 C 类生态系统的像元数; S_{ij} 表示像元面积(30 m×30 m); R_{ij} 表示像元的调整系数,对于任一像元调整系数表示为:

$$R_{ij} = \left(\frac{NPP_j}{NPP_{\text{mean}}} + \frac{f_j}{f_{\text{mean}}} \right) / 2 \quad (2)$$

式中, NPP_{mean} 和 f_{mean} 分别为第 C 类生态系统 NPP 和 f 的均值, NPP_j 和 f_j 为 j 像元的 NPP 和 f 。

(2) 空间尺度特征分析 经验模态分解(EMD)方法将序列信号 $X(t)$ 分解成一系列本征模态函数(IMF), EMD 实际上是一种循环迭代算法,可用伪代码描述^[19,27]。 $r_0(t)$ 是分析的序列,采用 $R_0(t) = X(t)$ 进行 $r_0(t)$ 初始化。

采用循环操作提取 IMF 分量:

- 令 $h_j(t) = r_i(t)$, 其中, i 为提取第 i 个 IMF 分量的操作, j 为提取第 i 个 IMF 分量的第 j 个循环操作。 $r_i(t)$ 是原始序列中已剔除 1, 2, ..., $i-1$ 个 IMF 分量后的新序列。
- 计算 $h_{j-1}(t)$ 的极大值和极小值。
- 将 b 步中离散的极值点用 3 次样条函数插值到整个时间段上,得到极大值和极小值包络,计算上下包络的算术平均值 $m_{j-1}(t)$ 。
- 计算 $h_j(t) = h_{j-1}(t) - m_{j-1}(t)$
- 如果 $m_{j-1}(t)$ 趋向于零,那么 $IMF_i(t) = h_j(t)$, 表示已经成功提取第 i 个 IMF, 该循环终止进入步骤(c); 否则, 令 $j = j+1$, 回到 b 继续循环。

令 $i(t) = r_{i-1}(t) - IMF_i(t)$, 如果 $r_i(t)$ 仍然有至少 2 个极值点, 令 $i = i+1$, 回到(b)继续循环, 否则所有的 IMF 分量都已被提取出, 分解过程结束, 这时得到 $r_i(t)$ 的残差就是趋势分量。EMD 的迭代算法结束后, 序列实现分解:

$$X(t) = \sum_{i=1}^n IMF_i(t) + r_n(t)$$

EMD 过程得到的各个 IMF 分量分别是不同尺度的分解结果, 每次都将高频信号分离出来, 剩下的是低频信号, 最后得到的是趋势分量 $r_n(t)$ 。

本研究中数据来源研究区域自西向东的等距离采样(100m), 通过 ARCGIS 获取的 4499 点的生态服务价值。数字滤波器的设计中, 小波变换、EMD 都存在边界问题。本文采用的边界处理方法是镜像对称延伸方法, 较好地解决了边界对分解过程中的上冲和下冲现象。

2.3 数据处理与分析软件

采用遥感图像处理软件 ERDAS 9.0 进行遥感影像处理与地表信息提取, 采用地理信息系统软件 ARCGIS 9.0 进行空间数据处理与分析, 在 EXCEL 2003 和 SPSS 13.0 软件中进行统计分析, 通过 Matlab 7.0 进行经验模态分解(EMD)计算与分析。

3 结果与分析

3.1 生态服务价值的环境响应

(1) 生态服务价值随高程分异

研究区域海拔范围为 100—2100m,峰丛地貌类型主要分布于 400m 左右,峰林主要分布于 200—300m,结合中、低山的高程特点,将研究区域分为峰丛洼地、低山和中山 3 个高程带,其高程范围分别是 100—500m、500—1000m 和 1000—2100m,所占面积比例分别是 39.35%、49.16% 和 11.48%。在 4 个年份中,峰丛洼地的生态服务价值分别是 387.27、308.16、352.98 和 438.66 亿元,分别占各自年份总生态服务价值的 35.32%、34.71%、34.14% 和 41.28%;低山区的生态服务价值分别是 565.07、460.26、544.10 和 520.70 亿元,分别占总生态服务价值的 51.54%、51.84%、52.63% 和 49.00%;中山区的生态服务价值分别是 144.13、119.46、136.77、103.23 亿元,分别占总生态服务价值的 13.15%、13.45%、13.23% 和 9.71%。

表 1 桂西北生态服务价值随高程分异

Table 1 Variations of ecosystem service values with elevation in northwest Guangxi, China

	面积 Area		生态服务价值 ecosystem service values							
	/km ²	%	1985		1990		2000		2005	
			/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%
峰丛洼地 Fengcong-depression	28201.4	39.35	387.27	35.32	308.16	34.71	352.98	34.14	438.66	41.28
低山 Low mountain	35234.6	49.16	565.07	51.54	460.26	51.84	544.1	52.63	520.7	49
中山 Middle mountain	8230.8	11.48	144.13	13.15	119.46	13.45	136.77	13.23	103.23	9.71

分析表明,中山和低山等山区的生态服务价值较高,峰丛洼地的生态服务价值较低。山区植被覆盖等自然条件优于中下坡及峰丛洼地。4 个年份的数据变化说明山区的生态环境趋于好转后又趋于恶化,峰丛洼地则相反。这主要是峰丛洼地在退耕还林等政策人工措施的调控下生态环境有所好转,而山区在降水和气温等自然条件变化影响下,叠加森林砍伐等人为活动干扰而使生态系统结构遭受破坏、生态服务功能减弱。

(2) 生态服务价值随岩石类型分异

研究区域岩石类型主要有石灰岩、白云岩、碎屑岩等岩石类型,其中以石灰岩等为主。区域可分为喀斯特区和非喀斯特区,研究区域典型喀斯特区比例为 52.02%,其生态服务价值在 4 个年份的比例分别为 45.95%、47.46%、41.51% 和 50.43%。数据表明,生态服务功能受岩石类型地质条件影响,研究区域典型喀斯特区生态服务价值较低但有增长趋势,非喀斯特区生态服务价值相对较高且有降低趋势(图 2)。

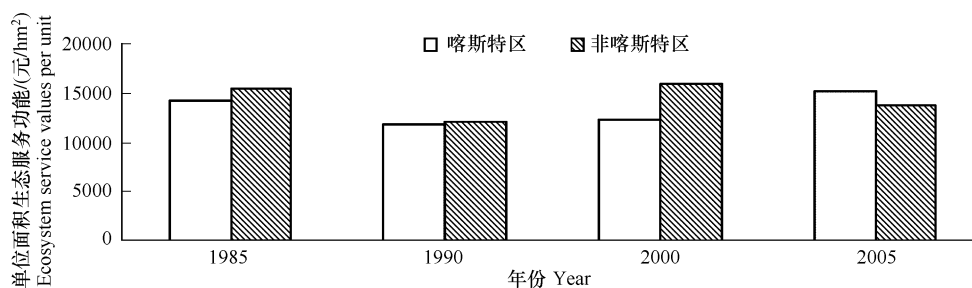


图 2 喀斯特区和非喀斯特区生态服务价值变化

Fig. 2 Changes of ecosystem service values in karst region and non-karst region

(3) 生态服务价值随土壤类型分异

研究区域有初育土、半水成土、人为土、铁铝土、岩石和湖泊水库等 6 个土纲,红粘土、石灰(岩)土、紫色土、粗骨土、砂姜黑土、潮土、水稻土、赤红壤、红壤、黄壤、岩石和湖泊水库等 12 个土类,共 23 个土壤亚类。石灰土和红壤是主要土壤类型,分别有 23113.40km²(占 32.26%) 和 23679.50km²(33.05%)。

石灰(岩)土和红壤是生态服务价值分布的主要土壤类型(表2),二者总贡献率达63.77%,64.37%,64.56%,64.91%;赤红壤面积和生态服务价值都大,面积为8127.73km²(占11.34%),4个年份的生态服务价值分别为13.07%、12.26%、12.39%和13.25%;红粘土、紫色土和潮土面积和生态服务价值少(比例小于1%)。各土壤类型的生态服务价值变化趋势各不相同。生态服务价值随土壤类型的分异特征,与土壤类型本身面积及其物理和化学性质紧密有关。

表2 生态服务价值随土壤类型分异

Table 2 Variations of ecosystem service values with soil types in northwest Guangxi, China

	面积 Area		生态服务价值 Ecosystem service values							
	/km ²	%	1985		1990		2000		2005	
			/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%	/×10 ⁸ 元	%
红粘土 Red Clay	51.15	0.07	0.85	0.08	0.61	0.07	0.53	0.05	0.77	0.07
石灰(岩)土 Limestone Soil	23113.4	32.26	336.31	30.68	282.07	31.78	296.98	28.73	362.61	34.14
紫色土 Purple soil	45.98	0.06	0.6	0.05	0.45	0.05	0.49	0.05	0.7	0.07
粗骨土 Skeletal soil	3447.74	4.81	39.14	3.57	32.03	3.61	36.25	3.51	42.6	4.01
砂姜黑土 Shajiang black soil	17.9	0.02	0.17	0.02	0.1	0.01	0.12	0.01	0.17	0.02
潮土 Moisture soil	41.13	0.06	0.49	0.04	0.33	0.04	0.34	0.03	0.51	0.05
水稻土 Paddy soil	3020.44	4.22	41.34	3.77	30.41	3.43	31.87	3.08	41.33	3.89
赤红壤 Lateritic red soil	8127.73	11.34	143.31	13.07	108.83	12.26	128.09	12.39	140.71	13.25
红壤 Red soil	23679.8	33.05	362.64	33.09	289.29	32.59	370.29	35.83	326.82	30.77
黄壤 Yellow soil	5976.5	8.34	105.96	9.67	88.07	9.92	111.44	10.78	77.04	7.25
岩石 Rock	4049.12	5.65	64.1	5.85	54.69	6.16	56.72	5.49	67.76	6.38
河流/水库 River/Reservoir	76.71	0.11	1.2	0.11	0.69	0.08	0.47	0.05	1.26	0.12

3.2 生态服务价值空间尺度特征

图3是研究区域4499个采样点的生态服务价值变化的曲线。显然图3不能得出该区域生态服务价值的空间变异尺度特征。

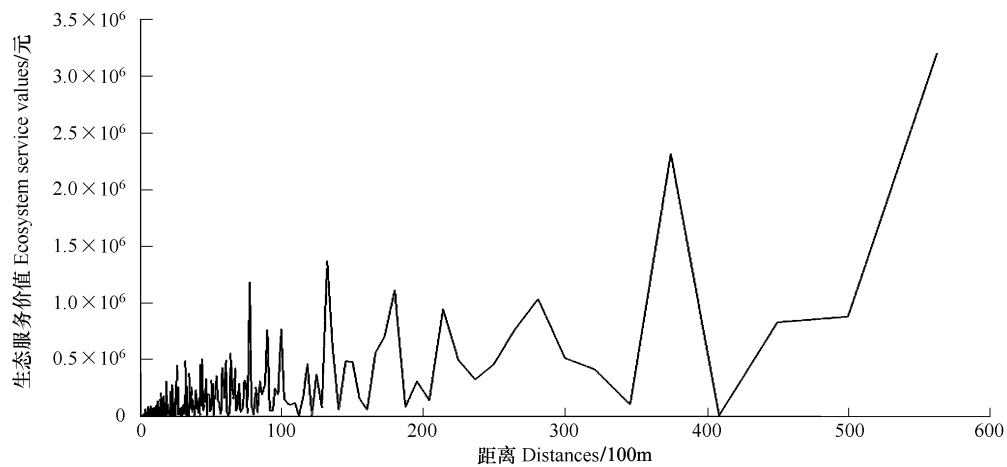


图3 生态服务价值空间变化

Fig.3 Spatial changes of ecosystem service values in northwest, Guangxi

图4是对研究区域生态服务价值空间变异进行EMD分解得出的9个窄波段的信号。虽然IMF分量可能会出现模式混淆问题,但同一个研究区域、不同IMF分量却不会包含同一个尺度的变异^[23-24]。从图4可见,IMF1表示的是一个准0.3km尺度的变异,IMF2表示的是一个准0.6km尺度的变异,IMF3表示的是准1.3km尺度的变异,IMF4表示的是准2.7km的变异,IMF5表示的是一个准5.5km尺度的变异,IMF6表示的

是准 11.2km 尺度的变异, *IMF7* 表示的是准 26.4km 的变异, *IMF8* 表示的是一个准 51km 尺度的变异, *IMF9* 表示的是准 80.3km 尺度的变异。

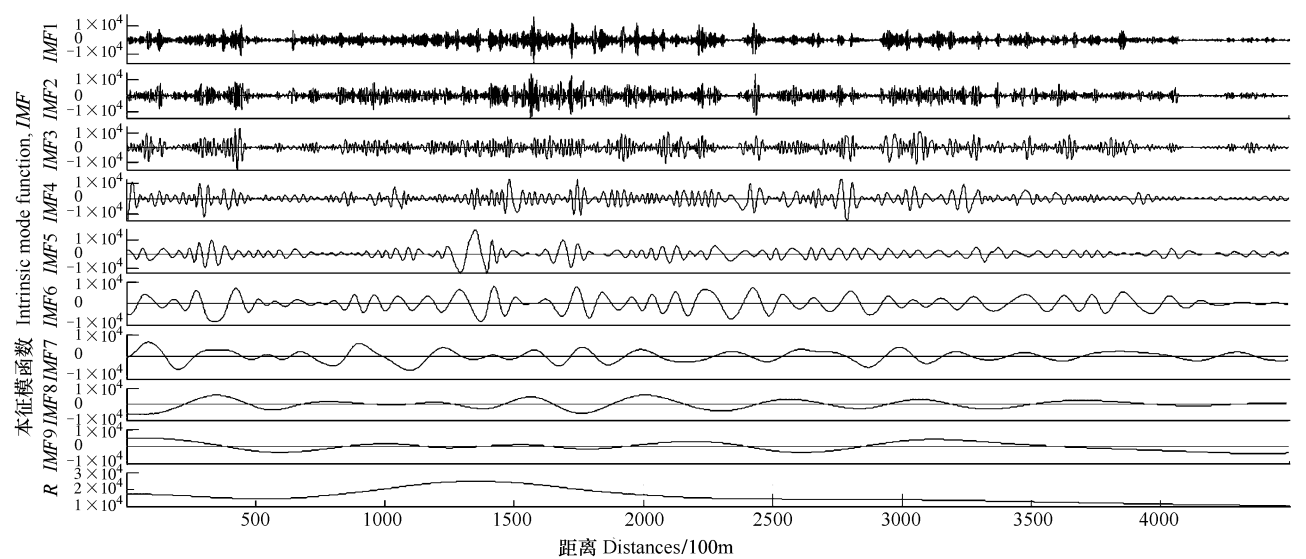


图 4 生态服务价值空间变异的 IMF 分量及其趋势量 R
Fig. 4 IMF and residual of change of ecosystem service values in northwest, Guangxi

通过计算各分量的方差贡献(表 3)可以看出, *R* 分量贡献最大为 17.74%。通过表 3 不同 *IMF* 分量的方差贡献率及其排序中可以看出, *IMF4*、*IMF5* 和 *IMF6* 3 个分量的贡献最大, 说明了区域生态服务价值空间变异主要以准 2.7km、5.5km 和 11.6km 的变异尺度为主。这主要是由于地形地貌和地表覆盖状况影响形成的, 其中更小尺度的空间尺度特征, 由于分辨率的影响未能分析得到。

表 3 不同 IMF 分量的方差贡献率及其排序
Table 3 The variance contribution by IMF1—10 and its order

	本征模函数 Intrinsic mode function, IMF									趋势量 Trend, R
	IMF1	IMF2	IMF3	IMF4	IMF5	IMF6	IMF7	IMF8	IMF9	
变异尺度 Variation Scales/km	0.3	0.6	1.3	2.7	5.5	11.2	26.4	51	80.3	—
方差贡献率 Variance contribution ratio /%	7.71	7.88	10.72	12.29	11.26	11.49	6.33	7.72	6.87	17.74
排序 Rank	8	6	5	2	4	3	10	7	9	1

从 4 可以看出, *IMF4*、*IMF5*、*IMF6* 分量的变异尺度中, 中部都表现剧烈的波动, 说明中部生态服务价值变化强度大、频率高。中部为山区向峰丛洼地转换的过渡区域, 其地形与地表覆盖复杂, 因而其生态服务价值空间变异大。 *IMF4*、*IMF5*、*IMF6* 分量的变异尺度中, 西部和东部相对变异较长, 振幅较小, 说明东部生态服务价值变化平缓, 生态服务价值较低。从趋势量 *R* 来看, 研究区自西向东, 呈先缓慢上升, 然后下降的趋势。从各空间尺度的变异看, 处于波峰或者波峰向波谷转换的位置, 即处于下降的空间分布趋势。说明区域生态服务价值自西向东降低分布的严峻现实。

4 结论与讨论

本研究在前人及前期研究工作的基础上, 对桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征进行了探讨。研究表明: 区域生态服务价值随高程、岩石类型、土壤类型分异明显, 并具有相应的空间尺度特征。中山和低山等山区的生态服务价值较高, 但森林砍伐等人为活动干扰而使生态系统结构遭受破

坏、生态服务功能减弱;峰丛洼地的生态服务价值较低,但在退耕还林等政策人工措施的调控下生态环境有所好转。生态服务功能受岩石类型地质条件影响,典型喀斯特区生态服务价值较低但有增长趋势,而非喀斯特区生态服务价值相对较高且有降低趋势。这在一定程度上说明,我们不仅要关注典型喀斯特区域石漠化治理以提高其区域生态服务功能,同时也不能忽视非典型喀斯特区域的生态环境保护。石灰(岩)土和红壤是生态服务价值的主要土壤类型(总贡献率超过60%)。由EMD各分量的方差贡献及趋势量R分析表明,区域生态服务价值主要以准2.7km、5.5km和11.6km的空间尺度为主,且存在自西向东降低分布的严峻现实,这主要受地形地貌、地表覆盖状况以及人类活动的综合影响形成。应加强不同尺度上生态系统服务功能机制的研究,将生态系统服务功能的尺度特征应用于生态系统服务功能评价中,提高生态系统服务功能评价的客观性、可信性和评价结果的实用性,为生态系统各种服务功能的保育与提高、生态补偿制度的建立提供科学支撑。

本文虽然通过前期研究基础对桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应余空间尺度特征进行了初步探讨,但依然存在很多难以解决的问题。首先,生态服务价值评估指标体系不够完善,尚缺乏适用于喀斯特生态服务价值评估指标体系,喀斯特生态系统服务远不止所选择这几项测评指标,有些指标还有所重合。其次,遥感数据、气象数据、其他地理底图和统计数据的获取与处理过程中不可避免存在误差,比如遥感影像处理、气象数据插值和生态参数反演等。另外,EMD经验模态分解分析方法提供了一种量化生态服务价值空间尺度特征的方法,但也存在一定的缺陷,如采样数据受数据空间分辨率的限制等。

致谢:感谢中国科学院亚热带农业生态研究所吴金水研究员和沈健林博士对本文写作的帮助。

References:

- [1] Wu J G. Landscape Ecology—Pattern Process Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [2] Fu B J, Chen L D, Ma K M, Wang Y L. Landscape Ecology Principles and Applications. Beijing: Science Press, 2002.
- [3] Xie G D, Xiao Y, Lu C X. Study on ecosystem services: progress, limitation and basic paradigm. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(2): 191-199.
- [4] Palmer M, Berghardt E, Chornesky E, Collins S, Dobson A, Duke C, Gold B, Jacobson R, Kingsland S, Kranz R, Mappin M, Martinez M L, Micheli F, Morse J, Pace M, Pascual M, Palumbi S, Reichman O J, Simons A, Townsend A, Turner M. Ecology for a crowded planet. *Science*, 2004, 304: 1251-1252.
- [5] Cao J H, Yuan D X. Karst Ecosystem of Southwest China Constrained by Geological Setting. Beijing: The Geology Press of China, 2005.
- [6] Division of the Chinese Academy of Sciences. Some suggestions of carrying forward the comprehensive harnessing desertification in southwest karst region. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(4): 489-492.
- [7] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Frameworks. Washington DC: World Resources Institute, 2005.
- [8] Li Y B, Wang S J, Zhou D Q. Research on the ecosystem service evaluation of Maolan karst forest. *Earth and Environment*, 2005, 33(2): 39-44.
- [9] Luo J, Wang K L, Chen H S. Economic response of ecosystem service functions to landuse changes in karst region. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2008, 28(1): 19-24.
- [10] Wu K Y, Jiang Z C, Deng X H, Ye Y. Ecosystem service value of restored secondary forest in the Karstic-rocky hills — a case study of Nongla National Medicine Nature Reserve, Guangxi Zhuang Autonomous Region. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(4): 1011-1014.
- [11] Xiong Y, Xie G X, Zeng G M, Wang K L, Yang C H. Influence of Karst emigration region land use change on ecosystem service value-using Guangxi Huanjiang County as example. *China Environmental Science*, 2008, 28(3): 210-214.
- [12] Yang A X, Peng Y. Summary of study on the ecohydrological functions of karst forest ecosystems in Guizhou. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(36): 11995-11997, 12037-12037.
- [13] Zhang M Y, Wang K L, Chen H S, Zhang C H, Liu H Y, Yue Y M, Fan F D. Quantified evaluation and analysis of ecosystem services in Karst areas based on remote sensing. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 5891-5901.
- [14] Zhang M Y, Wang K L, Liu H Y, Chen H S, Zhang C H, Yue Y M. Spatio-temporal variation of karst ecosystem service value and its relation with environmental factors. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(1): 189-197.
- [15] Meentemeyer V. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landscape Ecology*, 1989, 3(3/4): 163-173.
- [16] Atkinson P M, Tate N J. Spatial scale problems and geostatistical solutions: a review. *The Professional Geographer*, 2000, 52(4): 607-623.
- [17] Gibson C C, Ostrom E, Ahn T K. The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. *Ecological Economics*, 2000, 32(2): 217-239.
- [18] Zhang H F, Ouyang Z Y, Zheng H. Spatial scale characteristics of ecosystem services. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(9): 1432-1437.
- [19] Chang X L, Zhao A F, Li S G. Spatial-temporal scale and hierarchy of vulnerable ecotone. *Journal of Desert Research*, 1996, 19(2): 115-119.

- [20] Hao S L, Li B C. Scale and scaling in land-us analysis. *China Land Science*, 2004, 18(5): 32-36.
- [21] Huang N E, Shen Z, Long S R, Wu M C, Shih H H, Zheng Q, Yen N C, Tung C C, Liu H H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, 1998, 454(1971): 903-995.
- [22] Deng Y J, Wang W, Qing C C, Wang Z, Dai D J. Dealing with the end problem in the EMD method and Hilbert transform. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(3): 257-263.
- [23] Xiong X J, Guo B H, Hu Y M, Liu J J. Application and discussion of Empirical Mode Decomposition Method and Hilbert spectral analysis method. *Journal of Oceanography of Huanghai and Bohai Seas*, 2002, 20(2): 12-21.
- [24] Lin Z S, Wang S G. EMD analysis of northern hemisphere temperature variability during last 4 centuries. *Journal of Tropical Meteorology*, 2004, 20(1): 90-96.
- [25] Pan Y Z, Shi P J, Zhu W Q, Gu X H, Fan Y D, Li J. Quantified evaluation of terrestrial ecosystem eco-capital China by remote sensing. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2004, 34(4): 375-384.
- [26] Jiang L P, Qin Z H, Xie W, Wang R J, Xu B, Lu Q. Estimation of grassland ecosystem services value of China using remote sensing data. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(2): 161-170.
- [27] Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem service and their economic valuation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 635-640.
- [28] Liu X H, Lu X G, Jiang M, Shang L N, Wang X G. Research on the valuation of wetland ecosystem services. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5625-5631.
- [29] Zhang M Y, Wang K L, Liu H Y, Lin Z S. Analysis on the fluctuation of inundated area of flood disaster at multi-time scales based on empirical mode decomposition method — a case study from Hunan Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2007, 15(1): 131-134.

参考文献:

- [1] 邬建国. 景观生态学-格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 191-199.
- [5] 曹建华, 袁道先. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统. 北京: 地质出版社, 2005.
- [6] 中国科学院学部. 关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建议. *地球科学进展*, 2003, 18(4): 489-492.
- [8] 李阳兵, 王世杰, 周德全. 茂兰岩溶森林的生态服务研究. *地球与环境*, 2005, 33(2): 39-44.
- [9] 罗俊, 王克林, 陈洪松. 喀斯特地区土地利用变化的生态服务功能价值响应. *水土保持通报*, 2008, 28(1): 19-24.
- [10] 吴孔运, 蒋忠诚, 邓新辉, 叶晔. 喀斯特石山区次生林恢复后生态服务价值评估——以广西壮族自治区马山县弄拉国家药物自然保护区为例. *中国生态农业学报*, 2008, 16(4): 1011-1014.
- [11] 熊鹰, 谢更新, 曾光明, 王克林, 杨春华. 喀斯特区土地利用变化对服务价值的影响——以广西环江县为例. *中国环境科学*, 2008, 28(3): 210-214.
- [12] 杨安学, 彭云. 贵州喀斯特森林生态系统水文生态功能的研究. *安徽农业科学*, 2007, 35(36): 11995-11997, 12037-12037.
- [13] 张明阳, 王克林, 陈洪松, 章春华, 刘会玉, 岳跃民, 凡非得. 喀斯特生态系统服务功能遥感定量评估与分析. *生态学报*, 2009, 29(11): 5891-5901.
- [14] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 陈洪松, 章春华, 岳跃民. 喀斯特生态系统服务价值时空分异及其与环境因子的关系. *中国生态农业学报*, 2010, 18(1): 189-197.
- [18] 张宏锋, 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务功能的尺度特征. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1432-1437.
- [19] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功. 生态脆弱带的尺度与等级特征. *中国沙漠*, 1996, 19(2): 115-119.
- [20] 郝仕龙, 李壁成. 土地利用的尺度和尺度转换. *中国土地科学*, 2004, 18(5): 32-36.
- [22] 邓拥军, 王伟, 钱成春, 王忠, 戴德君. EMD 方法及 Hilbert 变换中边界问题的处理. *科学通报*, 2001, 46(3): 257-263.
- [23] 熊学军, 郭炳火, 胡筱敏, 刘建军. EMD 方法和 Hilbert 谱分析法的应用与探讨. *黄渤海海洋*, 2002, 20(2): 12-21.
- [24] 林振山, 汪曙光. 近四百年北半球气温变化的分析: EMD 方法的应用. *热带气象学报*, 2004, 20(1): 90-96.
- [25] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 顾晓鹤, 范一大, 李京. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量. *中国科学 D 辑*, 2004, 34(4): 375-384.
- [26] 姜立鹏, 覃志豪, 谢雯, 王瑞杰, 徐斌, 卢琦. 中国草地生态系统服务功能价值遥感估算研究. *自然资源学报*, 2007, 22(2): 161-170.
- [27] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 635-640.
- [28] 刘晓辉, 吕宪国, 姜明, 商丽娜, 王锡刚. 湿地生态系统服务功能的价值评估. *生态学报*, 2008, 28(11): 5625-5631.
- [29] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 林振山. 基于 EMD 的洪涝灾害成灾面积波动的多时间尺度分析——以湖南省为例. *中国农业生态学报*, 2007, 15(1): 131-134.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 14 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (3863)
Desertification and change of landscape pattern in the Source Region of Yellow River	 HU Guangyin, DONG Zhibao, LU Junfeng, et al (3872)
Comparison of ecological significance of landscape diversity changes in karst mountains: a case study of 4 typical karst area in Guizhou Province	 LUO Guangjie, LI Yangbing, WANG Shijie, et al (3882)
Analysis on urban heat island effect based on the dynamics of urban surface biophysical descriptors	 XU Hanqiu (3890)
Primary exploration on the ecological land use classification in Beijing	TANG Xiumei, CHEN Baiming, LU Qingbin, et al (3902)
Changes of spectral reflectance of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Abies nephrolepis</i> along altitudinal gradients in Changbai Mountain	 FAN Xiuhua, LIU Weiguo, LU Wenmin, et al (3910)
Biomass allocation patterns and allometric models of <i>Abies nephrolepis</i> Maxim	 WANG Jinsong, ZHANG Chunyu, FAN Xiuhua, et al (3918)
Niche analysis of dominant species of macrobenthic community at a tidal flat of Yushan Island	 JIAO Haifeng, SHI Huixiong, YOU Zhongjie, et al (3928)
The influence of different food qualities on the energy budget and digestive tract morphology of Tree Sparrows <i>passer montanus</i>	 YANG Zhihong, SHAO Shuli (3937)
The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China	 ZHANG Mingyang, WANG Kelin, LIU Huiyu, et al (3947)
Root morphology characteristics under alternate furrow irrigation	LI Caixia, SUN Jingsheng, ZHOU Xinguo, et al (3956)
Allelopathy of the root exudates from different resistant eggplants to verticillium wilt (<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.)	 ZHOU Baoli, CHEN Zhixia, DU Liang, et al (3964)
Biological cycle and accumulation of lanthanum in the forage-mushroom-soil system	 WENG Boqi, JIANG Zhaowei, WANG Yixiang, et al (3973)
Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed	 YU Jinxiang, ZHENG Bofu, LIU Yafei, et al (3980)
Effects of soil resource availabilities on vertical distribution and dynamics of fine roots in a <i>Caragana korshinskii</i> plantation	 SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (3990)
Effects of soil salinization on ammonia volatilization characteristics of urea and urea phosphate	 LIANG Fei, TIAN Changyan (3999)
Distribution of marine bacteria and their environmental factors in Xiangshan Bay	 YANG Jifang, WANG Haili, CHEN Fusheng, et al (4007)
Concentration of O ₃ at the atmospheric surface affects the changes characters of antioxidant enzyme activities in <i>Triticum aestivum</i>	 WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (4019)
Effects of inhibitor and safener on enzyme activity and phenanthrene metabolism in root of tall fescue	 GONG Shuaishuai, HAN Jin, GAO Yanzheng, et al (4027)
Screening of highly-effective rhizobial strains on Alfalfa (<i>Medicago polymorpha</i>) in soil	 LIU Xiaoyun, GUO Zhenguo, LI Qiaoxian, et al (4034)
Geochemical evolution processes of soil major elements in the forest-dominated Jinshui River Basin, the upper Hanjiang River	 HE Wenming, ZHOU Jie, ZHANG Changsheng, et al (4042)
Integrating geographic features and weather data for methodology of rasterizing spring maize growth stages	 LIU Qin, YAN Changrong, MEI Xurong, et al (4056)
A model for predicting flowering date and external quality of cut tulip in solar greenhouse	 LI Gang, CHEN Yaru, DAI Jianfeng, et al (4062)
Moisture effect analysis of pumpkin and oil sunflower intercropping in semi-arid area of northwest Hebei Province	 HUANG Wei, ZHANG Junhua, LI Wenhong, et al (4072)
Review and Monograph	
Theoretical backgrounds and recent advances in avian molecular phylogeography	DONG Lu, ZHANG Yanyun (4082)
A review on spatial attributes of nature reserves and optimal site-selection methods	WANG Yicheng (4094)
Human activities are the principle cause of biotic homogenization	CHEN Guoqi, QIANG Sheng (4107)
Factors influencing the occurrence of <i>Ophiocordyceps sinensis</i>	ZHANG Guren, YU Junfeng, WU Guangguo, et al (4117)
Molecular detection of diversity of methanogens and methanotrophs in natural wetland soil	SHE Chenxing, TONG Chuan (4126)
Scientific Note	
Soil quality assessment of continuous cropping cotton fields for different years in a typical oasis in the upper reaches of the Tarim River	GONG Lu, ZHANG Haifeng, LÜ Guanghui, et al (4136)
Dynamics of microbial biomass during litter decomposition in the alpine forest	 ZHOU Xiaoqing, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4144)
The aerodynamic roughness length of biological soil crusts: a case study of Gurbantunggut Desert	 WANG Xueqin, ZHANG Yuanming, ZHANG Weimin, et al (4153)
Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes	KE Shengbing, DANG Fenghua, BI Shoudong, et al (4161)

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 14 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 14 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