

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

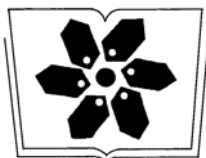
景观生态学专辑



第34卷 第12期 Vol.34 No.12 **2014**

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 34 卷 第 12 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目 次

中国景观生态学发展历程与未来研究重点.....	陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等 (3129)
城市景观格局演变的水环境效应研究综述.....	黄 硕,郭青海 (3142)
多功能景观研究进展.....	汤 茜,丁圣彦 (3151)
空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例	黄 硕,郭青海,等 (3158)
紫金山森林公园降温效应影响因素.....	闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等 (3169)
城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响	冯悦怡,胡潭高,张力小 (3179)
基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例	刘焱序,彭 建,韩忆楠,等 (3188)
生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例	喻 锋,李晓兵,王 宏 (3198)
新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素	刘金巍,靳甜甜,刘国华,等 (3211)
基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析	鲁燕飞,彭 芳,万 韵,等 (3224)
1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力	刘吉平,赵丹丹,田学智,等 (3234)
基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究.....	王永艳,李阳兵,邵景安,等 (3245)
贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变	李阳兵,姚原温,谢 静,等 (3257)
中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟	李 婧,范泽孟,岳天祥 (3266)
基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析.....	张玲玲,赵永华,殷 莎,等 (3276)
基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究.....	赵海迪,刘世梁,董世魁,等 (3285)
西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征	范夫静,黄国勤,宋同清,等 (3293)
峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征.....	谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等 (3302)
长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响	刘桂林,张落成,张 倩 (3311)
基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价.....	张瑞英,席建超,姚予龙,等 (3320)
基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究	任 平,洪步庭,刘 寅,等 (3331)
生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例.....	樊乃卿,张育新,吕一河,等 (3341)
崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响.....	任璘婧,李秀珍,杨世伦,等 (3350)
基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例.....	师庆东,王 智,贺龙梅,等 (3359)
黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例.....	钟莉娜,赵文武,吕一河,等 (3368)
不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例	张晓阳,梁国付,丁圣彦 (3378)
山西高原草地景观的数量分类与排序.....	张先平,李志琴,王孟本,等 (3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例 孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)

典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素 张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)

基于移动窗口法的豫西山丘陵区景观异质性分析 李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)

桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应 童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)

喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例
..... 汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)

不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例
..... 董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)

石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征 杨 丹,项文化,方 晰,等 (3452)

湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新 易 好,邓湘雯,项文化,等 (3463)

基于 RBFN 的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析 张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 36 * 2014-06



封面图说: 空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

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/stxb201310162503

童晓伟,王克林,岳跃民,廖楚杰,徐艳芳,朱海涛.桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应.生态学报,2014,34(12): 3425-3434.

Tong X W, Wang K L, Yue Y M, Liao C J, Xu Y F, Zhu H T. Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3425-3434.

桂西北喀斯特区域植被变化趋势 及其对气候和地形的响应

童晓伟^{1,2,3}, 王克林^{1,2,*}, 岳跃民^{1,2}, 廖楚杰^{1,2,3}, 徐艳芳^{1,2,3}, 朱海涛⁴

(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. 中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站, 环江 547100; 3. 中国科学院大学, 北京 100049;

4. 环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100094)

摘要:基于 1999—2010 年的 SPOT NDVI 数据,分析了河池市植被变化趋势及空间差异,并结合气象和地形数据分析了植被与气候、地形的关系。结果表明:(1)桂西北喀斯特地区植被变化总体上呈恢复趋势,年均气候因子对植被变化的作用不明显;(2)200—500m 的海拔范围内植被恢复显著,但 400—500m 的海拔范围内有小面积植被退化现象,随着海拔增加,植被变化趋于稳定;(3)6—15°的坡度范围内植被恢复最显著,而 2—6°及大于 25°坡度范围存在植被退化的现象;(4)不同坡向上的植被恢复差异不明显,但随着坡向由阴坡转阳坡,植被总体恢复呈减小趋势。喀斯特地区人类生态建设取得一定成效,但由于人类活动的负面影响,在海拔 400—500m、坡度大于 25°的阳坡区域仍存在植被减少的现象。

关键词: SPOT-VGT NDVI; 气候变化; 地形面积差异修正系数; 生态建设工程; 喀斯特

Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi

TONG Xiaowei^{1,2,3}, WANG Kelin^{1,2,*}, YUE Yuemin^{1,2}, LIAO Chuji^{1,2,3}, XU Yanfang^{1,2,3}, ZHU Haitao⁴

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

2 Huanjiang Observation and Research Station for Karst Eco-systems, Huanjiang 547100, China

3 University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China

4 Satellite Environment Cent, Ministry of Environment Protection, Beijing 100094, China

Abstract: The annual dynamics and spatial variability of vegetation in northwest Guangxi were studied based on the SPOT NDVI datasets during 1999—2010. The response of vegetation to climate and topography was analyzed. The results showed that: (1) Vegetation had a large proportion of increasing trends in northwest Guangxi from 1999 to 2010. Partial correlation analysis between NDVI and climate parameters showed that climate had little effect on vegetation. (2) Elevation affected vegetation trend. It increased between 200 and 500 m, however, there were a small areas between 400 m and 500 m where vegetation decreased. Vegetation tended to be stable as the elevation increasing. (3) Vegetation recuperated on slopes between 6° and 15°, but decreased on slopes between 2° and 6° and above 25°. (4) The differences of vegetation restoration on aspects were not obvious. However, vegetation recovery trended to be decreasing as the aspect turning from shady to

基金项目:中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-10); 国家科技支撑计划课题(2010BAE00739-02); 国家自然科学基金项目(41371418)

收稿日期:2013-10-16; **修订日期:**2014-04-23

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

sunny slopes. Our study indicated that the implementation of environmental conservation policies and ecological construction had resulted in the improvement of vegetation in karst regions. However, there were some regions with vegetation degradation caused by human disturbance. In the further implementation of ecological restoration, the government should pay more attention to the sunny regions where the elevation between 400m and 500m and the steep slope that larger than 25°.

Key Words: SPOT-VGT NDVI; climate change; correction coefficient for topographic areas; ecological construction projects; karst.

脆弱的地质背景加上长期以来人类的不合理干扰,使我国西南喀斯特地区自然植被不断遭到破坏,土壤侵蚀严重,基岩大面积裸露,土地生产力下降,呈现出类似荒漠的石漠化景观^[1-2]。植被保护与恢复对遏制石漠化发生、有效控制水土流失、改善喀斯特生态环境起着至关重要的作用。国家先后在西南喀斯特地区实施了退耕还林还草、保护、天然草地植被恢复与建设等一系列生态建设工程,开展生态恢复工作,尤其在 2008 年国务院批复了《岩溶地区石漠化综合治理大纲(2006—2015)》以来,喀斯特地区植被发生了较大变化。因此,植被动态监测与分析成为喀斯特地区生态建设工程成效监测与评估的关键内容之一。

我国西南喀斯特地区作为生态系统退化比较严重的典型生态脆弱区,地貌类型多样,生境具有高度的景观异质性,植被变化不仅受气候变化影响和人类活动的干扰,也受喀斯特特殊地形地貌的影响。目前,喀斯特地区植被长时间序列变化的研究较少,且多集中在大尺度植被与气候关系的探讨上,较少考虑区域尺度人为因素及喀斯特特殊地形地貌对喀斯特植被变化的影响^[3-5]。复杂的喀斯特山区地形,影响太阳辐射和降水的空间再分配,不同喀斯特地区土壤质地、水分和养分的差异造成植被生境的高度异质性,对植被变化产生重要影响。然而,在研究地形因子对植被变化的影响时,往往忽略了不同地形因子绝对面积差异的影响,如某一地形因子条件下,植被发生变化的面积可能较小,但该地形因子条件下植被发生变化的比例可能占所有不同地形条件下植被变化的比例较大,从而造成评价地形因子对植被变化影响的不确定性^[6]。因此,本研究综合考虑气候因子、喀斯特地形因子对喀斯特区域植被变化的影响,提出地形面积差异修正方法,揭示不同地形因子条件下喀斯特植被恢复趋势差异,明确植被

恢复成效显著的区域及特别需要加强生态治理的区域,为喀斯特地区石漠化综合治理、退耕还林等生态建设工程的生态效益评估提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

河池市(106°34′—109°09′E, 23°41′—25°37′N)地处广西西北边陲、云贵高原南麓,喀斯特地貌广泛发育,占地区总面积的 66%,地形破碎、地貌类型多样,是举世闻名的中国西南喀斯特地区之一。现辖宜州、环江、都安、大化、凤山等 11 个县(区、市)(图 1),全市土地面积 33500km²,总人口 409 万人,是广西壮族自治区少数民族聚居最多的地区之一。该地区属于亚热带季风气候区,热量丰富,雨量充沛,且雨热同期;无霜期长,历年平均无霜期约为 329d。河池市石漠化严重,广西有 12 个县属于国家石漠化治理首批试点县,而河池就占有 4 个,2012 年公布的石漠化监测结果显示,全市石漠化土地面积 8520km²,潜在石漠化土地面积 11470 km²,占全市土地总面积的近 60%。

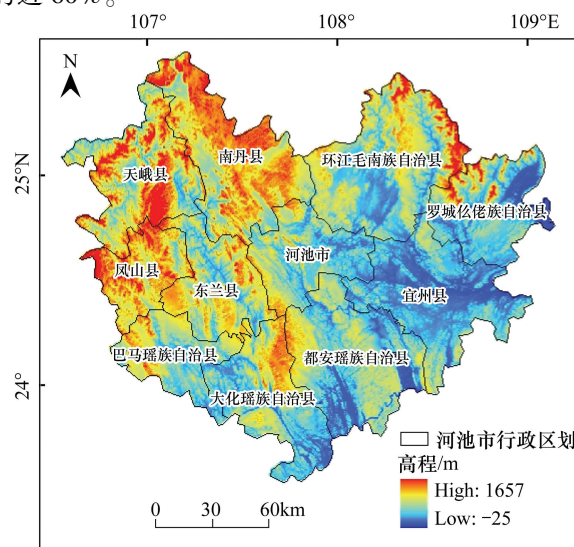


图 1 河池市行政区划图

Fig.1 The administrative map of Hechi

1.2 数据来源及处理

1.2.1 SPOT-NDVI 和气象数据

归一化植被指数 (NDVI) 是反映植被覆盖状况的良好指标^[7-8], 是公认的用来表征植被变化的有效遥感参数^[9-10]。本文遥感数据选用的是 SPOT VEGETATION NDVI 10 天合成的产品 (<http://free.vgt.vito.be/>), 每年 36 期数据, 空间分辨率为 1km, 时间范围是 1999 年 1 月至 2010 年 12 月, 共计 432 期影像。获得的 SPOT-VGT 遥感数据已经过 MVC (maximum value composite) 方法处理, 为了进一步减少云、大气等噪声对数据的影响, 利用 Chen 等^[11]提出的基于 Savitzky-Golay 滤波器的平滑方法, 对 NDVI 时间序列数据进行平滑滤波处理, 在此基础上再次利用最大合成法获得月 NDVI 值, 最后取 12 个月 NDVI 的平均值得到年均 NDVI, 用以表征植被年均生长状况。气候数据从中国气象局获得 (<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>), 包括河池地区及周边 14 个气象站点。数据内容为 1999 年 1 月—2010 年 12 月逐月的月平均气温, 降水量以及各站点的经度和纬度。在 Arcgis 9.3 软件的空间分析模块中对 14 个站点的气象数据进行 Kriging 插值, 利用各项交叉验证指标, 选取合适的插值模型, 使插值结果精度满足数据分析要求。

1.2.2 土地覆盖和 DEM 数据

土地覆盖数据从寒区旱区科学数据中心获取 (<http://westdc.westgis.ac.cn/>), 该数据是在中国科学院 2000 年 1:10 万按县分幅的土地资源调查成果的基础上进行合并、矢栅转换 (面积最大法) 后得到全国幅的土地利用数据产品, 采用中国科学院资源环境分类系统, 是目前国家尺度上精度最高的土地利用数据产品, 已被国内外学者广泛应用于相关研究中, 其空间分辨率为 1km。DEM 数据从国际科学数据服务平台获得 (<http://datamirror.csdb.cn/>), 空间分辨率 90m, 利用 Arcgis9.3 软件提取研究区海拔、坡度和坡向。本文采用 100m 等间距划分法将研究区海拔划分为 12 个等级, 其中海拔 1100m 以上区域所占面积比例较小, 故将其合并为一个等级; 将坡向划分为东、西、南、北 4 个坡向, 分别表示半阴坡, 半阳坡, 阳坡, 阴坡^[12]; 根据中国农业区划委员会颁发的《土地利用现状调查技术规程》, 将坡度划分为 5 级, 即 $\leq 2^\circ$ 、 $2^\circ-6^\circ$ 、 $6^\circ-15^\circ$ 、 $15^\circ-25^\circ$ 和 $>25^\circ$, 其中 $<$

6° 为平耕地, $6-25^\circ$ 为缓坡, $>25^\circ$ 为陡坡耕地。将以上 3 种地形因子分级栅格数据进行矢量化处理, 生成分级矢量数据, 统一坐标投影为 WGS 1984 UTM Zone49 N。

1.3 研究方法

1.3.1 趋势分析

趋势线是对一组随时间变化的序列数据进行回归分析, 预测其长期趋势的变化态势。趋势线包括直线和曲线两种, 采用线性趋势线来模拟植被覆盖的年际变化, 即最小二乘拟合直线, 其斜率计算公式如:

$$\theta_{\text{slope}} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times \text{NDVI}_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n \text{NDVI}_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (1)$$

式中, 变量 i 为 1—12 的年序号; NDVI_i 表示第 i 年的年均 NDVI 值。变化趋势图反映了在 12a 的时间序列中, 河池市植被 NDVI 的变化趋势。某像元的趋势线是这个像元 12a 的年均 NDVI 值用一元线性回归模拟出来的一个总的变化趋势, θ_{slope} 即这条趋势线的斜率, $\theta_{\text{slope}} > 0$ 说明植被在 12a 间的变化趋势是增加的, 反之则是减少, $\theta_{\text{slope}} = 0$ 表示植被无变化趋势。对斜率的显著性进行 F 检验, 并依据 F 值将植被变化趋势划分为不显著 ($F < 4.96$) 和显著 ($F > 4.96$) 两种。利用植被变化趋势和显著性检验的叠加分析, 将研究区植被变化趋势分为减少, 不变和增加 3 种类型。

对研究区年均降水和年均气温的时间序列变化趋势采用 Mann-Kendall 分析法, Mann-Kendall 检验法是世界气象组织推荐的非参数统计检验法, 广泛应用于分析降水、气温和径流等要素时间序列的趋势变化^[13]。其检验统计量公式为:

$$s = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(X_i - X_j) \quad (2)$$

式中, $\text{sign}()$ 为符号函数。当 $X_i - X_j$ 小于、等于或大于零时, $\text{sign} = (X_i - X_j)$ 分别为 -1、0 或 1; $M-K$ 统计量公式 S 大于、等于、小于零时分别为:

$$z = \begin{cases} (S - 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S + 1) / \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, Z 为正值表示增加趋势, 负值表示减少趋势。

Z 的绝对值在大于等于 1.28、1.64、2.32 时表示分别通过了信度 90%、95%、99% 显著性检验。

1.3.2 偏相关分析

偏相关分析是在对其他变量的影响进行控制的条件下,衡量多个变量中某两个变量之间的线性相关程度,在确定两个变量之间的内在线性联系时会更真实、更可靠。本研究利用 Matlab 6.5 对植被年均 NDVI 和两种主要气候因子进行偏相关分析,计算河池市各像元 NDVI 与气候因子的偏相关系数,分析各量之间的偏相关程度及空间分布特征。

1.3.3 地形面积差异修正

不同地形条件下植被变化特征不同,如某一植被变化趋势类型在特定地形条件下的分布面积可能较小,然而与整个研究区此植被变化趋势类型所占的面积比例相比,此地形条件下该植被变化趋势类型分布却较大,从而造成评价不同地形因子对植被变化影响的不确定性。因此,需要消除不同地形因子绝对面积不同的影响,揭示特定地形因子对植被变化的影响,明确不同地形条件对植被变化类型分布的影响及其演变趋势。本研究提出地形面积差异修正系数 k ,用来消除各地形因子条件下因地形绝对面积不同而引起的植被恢复评价的不确定性,其计算公式为:

$$k = \frac{\Delta V_i / T_i}{\Delta V / S} \quad (4)$$

式中, ΔV_i 为某一植被变化趋势类型(植被减少型、植被不变型、植被增加型)在特定地形因子条件(如某一海拔、坡向和坡度范围)下所占的面积; ΔV 为某一植被变化趋势类型的总面积; T_i 为特定地形因子的面积; S 为研究区总面积; $\frac{\Delta V_i}{T_i}$ 为特定地形条件下

某一植被变化趋势类型所占的面积比, $\frac{\Delta V}{S}$ 为整个研究区某一植被变化趋势类型所占的面积比。 $k > 1$ 表明此植被变化趋势类型在该特定地形因子条件下的变化趋于增强、面积比趋于增加; $k = 1$ 表明此植被变化趋势类型在该特定地形因子条件下的分布与全区该植被变化趋势类型的分布比例持平,此植被变化趋势类型在该特定地形因子条件下的变化趋于平稳、面积比趋于不变; $k < 1$ 表明此植被变化趋势类型在该特定地形因子条件下的变化趋于减弱、面积比

趋于减少。

2 结果与分析

2.1 植被变化总体趋势分析

SPOT NDVI 时间序列分析显示,1999—2010 年河池市 69.9% 的区域植被增加,29.9% 的区域植被不变,植被减少的区域仅占 0.2% (图 2)。植被变化趋势和土地覆盖叠加分析表明,植被增加的区域,其土地覆盖类型以有林地及高、中覆盖度草地为主;西北及南部地区植被基本不变,且存在极少数植被减少的区域,其土地覆盖类型以中覆盖度草地及灌木疏林地为主。说明在 1km 空间尺度、年际尺度上,河池市近 12 年来植被以增加为主,表明研究区总体生态状况呈恢复改善的趋势,但由于毁林开垦、陡坡耕种、过度放牧等现象的存在,导致极小部分地区存在植被减少的现象。

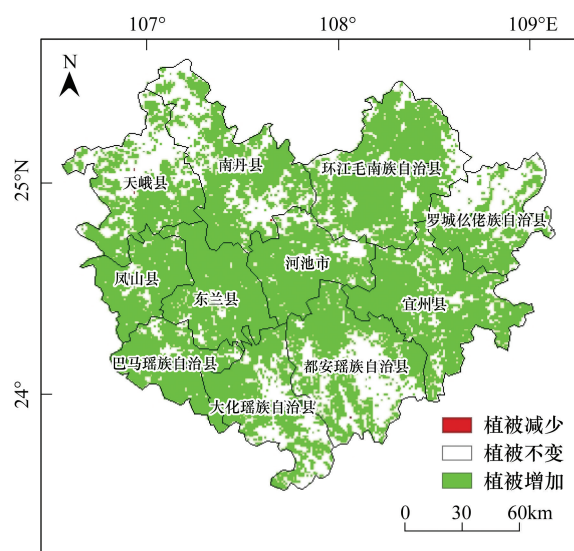


图 2 河池市植被变化趋势空间分布

Fig.2 The distribution of vegetation change trends in Hechi

2.2 植被变化与气候因子的关系

近 12 年来河池市年均降水为 1193 mm,年均温为 20.4℃,1999—2010 年,河池市年均降水在波动变化中呈较小的下降趋势,年均气温呈微弱的上升趋势(图 3)。Mann-Kendall 分析表明,河池市约 63.4% 的区域年均降水呈减少趋势,广泛分布在中部及东部,其中约 3.1% 的区域在置信度为 90% 水平上呈显著减少趋势,主要分布在罗城、宜州及都安 3 县;研究区西部地区降水呈微弱增加趋势,仅 3.2% 的区域在置信度为 90% 水平上呈显著增加趋势,主要分布

在巴马和凤山县,其中巴马县有 207km² 的区域在置信度为 95% 水平上存在显著增加趋势。对年均温而言,仅有 1.54% 的区域在置信度为 90% 水平上呈显著增加趋势,主要分布在天峨、河池、大化和都安县。由此可见,近 12 年来河池市年均降水呈小幅下

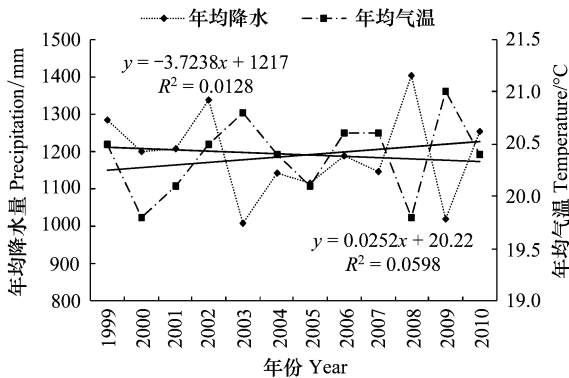


图 3 河池地区 1999—2010 年均降水量、气温变化趋势

Fig.3 The change trends of temperature and precipitation in Hechi during 1999—2010

降趋势,年均气温呈微弱的上升趋势,但总体变化趋势不显著。

植被变化与气候因子(年均温、年均降水)的偏相关分析可知,河池市植被对降水、气温变化的响应存在明显差异(图 4),其偏相关显著区域可分为:负相关不显著,相关显著,正相关不显著 3 种。研究区植被 NDVI 与气温基本呈正相关,比例达 95.4%,但相关性不显著;成负相关的区域主要分布在大化、凤山及都安 3 县,仅 5.1% 的区域其植被 NDVI 与气温通过了 $\alpha=0.1$ 的显著性检验水平。对降水而言,以东北—西南方向连线划分研究区,此线以南植被 NDVI 与降水呈负相关,以北呈正相关,两者所占比例相差不大,但显著性水平达到 0.1 的区域仅占 4%,且以负相关为主,集中分布在都安县。由此表明,河池市年均气温变化对植被 NDVI 的影响略高于年均降水变化对其的影响,但整体表现为植被 NDVI 与气候因子的相关性不显著,说明在区域尺度上,近 12 年的年均气候变化对研究区植被变化作用不明显。

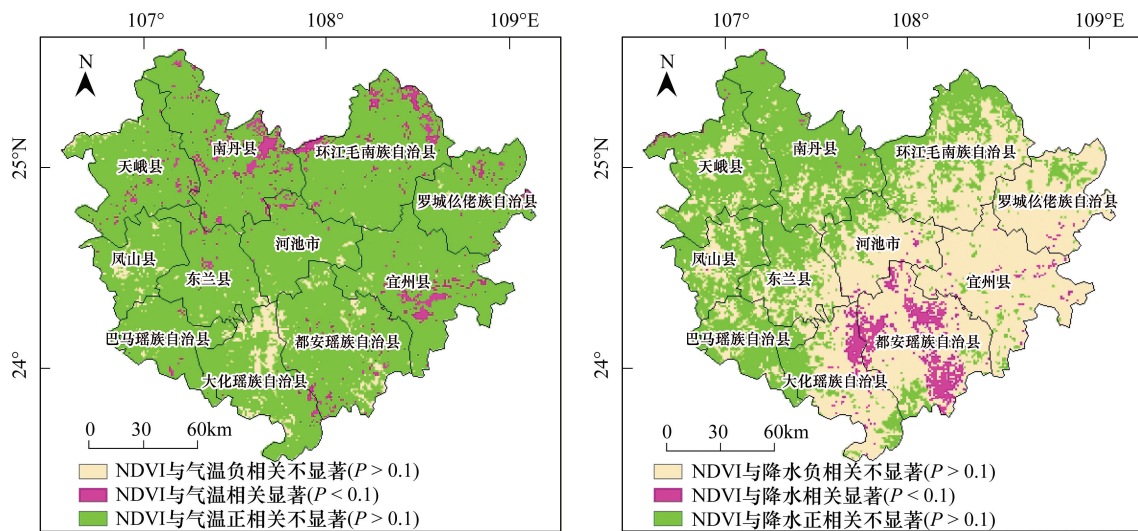


图 4 河池市植被年均 NDVI 与气温、降水偏相关显著性检验空间分布

Fig.4 The significant test of partial correlation between mean annual NDVI and temperature and precipitation in Hechi

2.3 植被变化对不同地形因子的响应

2.3.1 海拔对植被变化的影响

植被变化趋势类型在不同海拔范围内的分布差异较大,从不同植被变化类型随海拔的变化趋势来看(图 5),植被减少类型在高程小于 500m 的范围内呈趋于增强的分布趋势($1.45 < k < 4.25$),其中 400—500m 的海拔区间此类型分布最明显($k = 4.25$),高程

大于 500m 的区域无植被减少类型的分布,表明研究区植被减少现象主要发生在海拔小于 500m 的区域,特别是 400—500m 海拔范围内。而植被增加类型随海拔增大表现为先增加后趋于缓慢减少的分布趋势,在 200—500m 的海拔范围内植被增加类型的分布趋于增强,但其增强趋势较植被减少类型的幅度弱($1.01 < k < 1.12$),表明此海拔范围内植被变化趋势

波动大,容易受到干扰,受到干扰后更易于发生退化。同时,随着海拔升高(大于 800m),植被增加类型的分布趋势逐步减弱,表明研究区植被增加的幅度随海拔升高越来越弱。对于植被不变的类型而言,其随高程变化表现为先减弱后趋于缓慢增加的分布趋势,在海拔 200—500m 范围内,其分布趋于减弱,表明在此海拔范围内植被变化趋势容易波动,但随着海拔升高,特别是海拔大于 800m 范围内,其变化趋于增强,说明高海拔区域的植被变化趋于稳定。

从不同海拔范围内植被变化类型所占的面积百分比来看(图 6),不同海拔范围内,植被变化均以不变和增加为主,植被减少类型所占比例极小。植被增加类型的比例除在海拔小于 100m 的范围内较小外(约 33%),其余各海拔区段所占比例均大于 54%,表明除海拔较低(小于 100m)区域外,研究区

植被总体在恢复,海拔 200—500m 范围内的植被恢复显著(植被增加类型所占比例均大于 71%),其中,200—300m 海拔范围内植被恢复最显著,其植被增加类型所占比例约 78%。然而,200—500m 的海拔区域也是植被覆盖变化易于波动的区域,易于恢复,同时也易于退化(400—500m),这主要是两方面的原因:一方面耕地主要分布在此海拔范围内,受农作物等植被类型的生长周期变化的影响较大;另一方面退耕还林等生态建设工程的实施促进了植被恢复,而喀斯特地区毁林开垦、樵采薪材等人为逆向干扰活动导致了植被退化。随着海拔的升高,特别是海拔大于 800m 的区域,植被变化趋于稳定,这主要是因为海拔高的地区坡度往往也更陡峭,受人类活动干扰少,同时,封山育林等政策的实施也有利于高海拔地区的植被结构稳定。

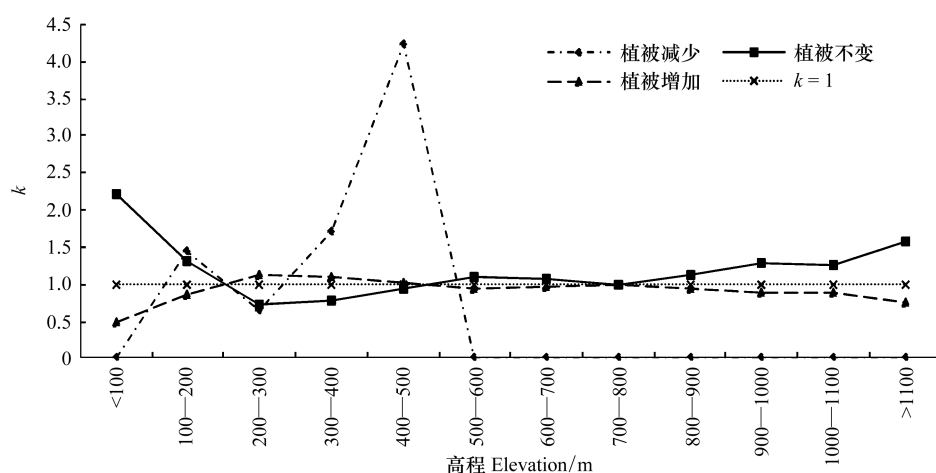


图 5 地形面积差异修正系数 k 随海拔的变化趋势

Fig.5 Topographic factor k applied to different vegetation change trends depending on elevation

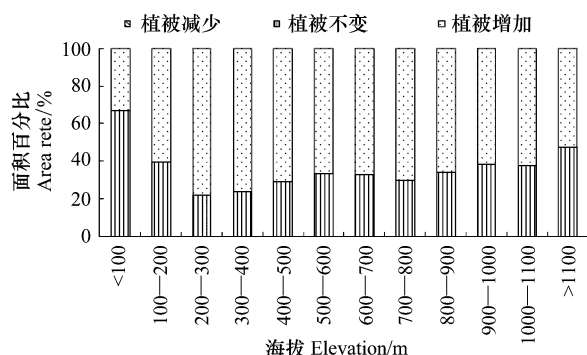


图 6 不同植被变化类型在不同海拔范围内的面积比

Fig.6 The area rate of vegetation change types at different elevations

2.3.2 坡度对植被变化的影响

从不同坡度上研究区植被变化趋势来看,坡度对植被增加和不变两种类型分布的影响程度差异较小,对植被减少类型的分布影响较大(图 7)。植被减少类型随坡度增大表现为先增加后减少再趋于增加的分布趋势,在 2—6° 的坡度范围内植被减少类型分布最明显($k=1.87$),其次为 >25° 的坡度范围,6—25° 坡度范围内植被减少类型的变化趋于减少。而植被增加类型随坡度增大差异不明显,仅在 6—15° 的坡度范围内植被增加类型分布趋于小幅度的增加($k=1.04$)。植被不变的类型随坡度增大表现为先减后增的分布趋势,在小于 2° 及大于 15° 的坡度范围内植被不变的类型分布明显。从不同坡度上各植被

类型所占的面积百分比来看(图8),不同坡度范围内,植被变化均以增加和不变为主,且植被增加类型所占比例均在68%以上,植被减少类型所占比例极小,表明不同坡度上植被总体在恢复。综合 k 值及不同坡度上各植被变化趋势类型的面积比例可知,6—15°的坡度范围内植被减少类型分布不明显、植被增加类型分布最明显,且植被增加类型的面积比也最大(约73%),因此,河池地区在6—15°坡度范围内植被恢复最显著。退耕还林还草政策和石漠化治理等一系列生态建设工程的实施,使喀斯特地区不同坡度上植被总体在恢复。然而,由于陡坡耕种等人类活动的负面影响,导致坡度大于25°的区域仍然存在极少数的植被减少;同时由于耕地主要分布于2—6°等坡度较缓的区域,农作物生长周期的变化使该坡度范围内的植被减少类型分布较明显。

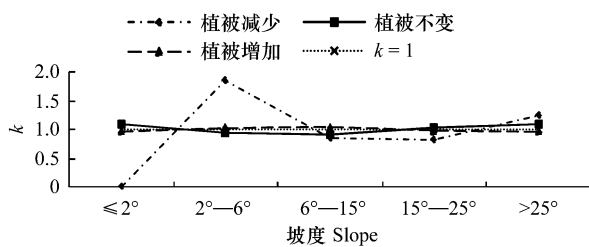


图7 地形面积差异修正系数 k 随坡度的变化趋势

Fig.7 Topographic factor k applied to different vegetation change trends depending on slope

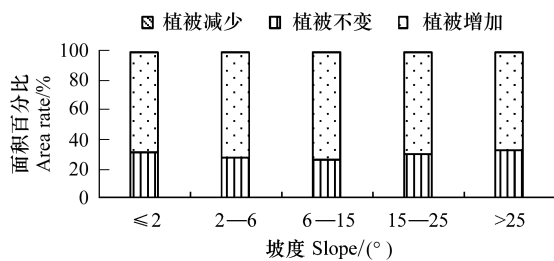


图8 不同植被变化类型在不同坡度上的面积比

Fig.8 The area rate of vegetation change types at different slopes

2.3.3 坡向对植被变化的影响

由不同坡向上植被变化类型的分布趋势可知(图9),植被减少类型随着坡向由阴坡转阳坡(北坡→东坡、西坡→南坡)呈增加的分布趋势,北坡和东坡上此植被变化类型的分布趋于减少、南坡和西坡上此植被变化类型趋于增加;而植被增加类型在不同坡向上的分布差异不明显,仅在北坡趋于较小幅度的增加($k=1.06$)、南坡趋于较小幅度的减少($k=$

0.96)。植被不变的类型随坡向由阴转阳呈先增加后减少的趋势,但变化幅度较弱($0.86 < k < 1.09$)。从不同坡向上各植被变化趋势类型的面积比可以看出(图10),不同坡向上,植被变化趋势均以增加和不变为主,植被增加类型所占比例均在67%以上,表明研究区不同坡向的植被均在恢复。随着坡向由阴转阳,植被增加类型所占的面积比例呈减少趋势(图10)。综合 k 值及不同坡向上各植被变化趋势类型的面积比例可知,研究区不同坡向的植被均在恢复,随着坡向由阴坡转阳坡(北坡→东坡、西坡→南坡),植被总体恢复呈减小趋势。这主要是由人类干扰条件下的喀斯特生境分化造成的,根据宋同清等^[14]的研究结果,当坡向由阴坡转向阳坡,人为干扰作用增强,土壤主要养分不断减少,从而发生植被退化。需要特别注意的是,植被减少类型在南坡、西坡仍存在趋于增加的分布趋势,说明虽然实施了退耕还林、封山育林等生态恢复措施,但毁林开垦、坡耕地耕种等人类干扰活动在阳坡仍有发生。

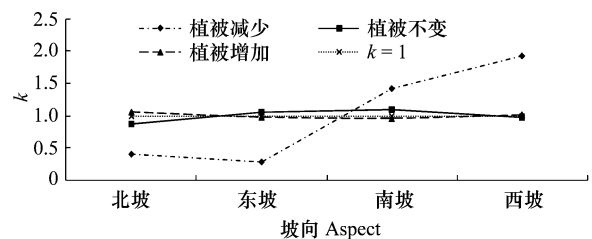


图9 地形面积差异修正系数 k 随坡向的变化趋势

Fig.9 Topographic factor k applied to different vegetation change trends depending on aspect

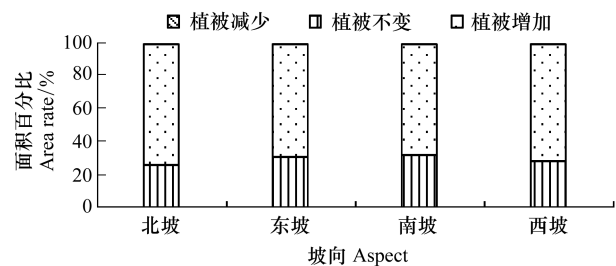


图10 不同植被变化类型在不同坡向上的面积比

Fig.10 The area rate of vegetation change types at different aspects

3 讨论

本研究利用12a的气象和植被指数数据,分析气候变化对喀斯特区域植被变化的影响,结果表明,河池市在近12年里气候变化趋势不显著,但降水已

呈较小的下降趋势、气温呈微弱的上升趋势,说明研究区气候因子在一定程度上已呈现出暖干化的趋势;同时,NDVI 与年均气温、降水存在一定相关性,但显著相关区域所占比例很小,据此可初步认为在区域尺度上,非气候因素是引起近 12 年来喀斯特区域植被增加的主要原因,这与其他地区区域尺度上的研究结论类似^[15-19],说明在区域尺度上,喀斯特区域植被的增加虽不能完全排除气候变化的影响,但人类活动已成为影响植被变化的重要因素,近年来的植树造林、退耕还林还草等一系列生态建设工程所带来的生态效益正在呈现。

为了明确不同地形因子条件下植被恢复的差异,提出了地形面积差异修正系数 k 来消除由于不同地形因子绝对面积差异而导致的恢复成效评价的不确定性。该修正系数 k 以某一植被变化趋势类型占特定地形面积的比例作为基准,并归一化到以 $k=1$ 作为植被演变的平衡变化点,不但有效消除了地形绝对面积差异的影响,而且使判断特定地形因子条件下植被的变化趋势成为可能。研究结果表明,不同喀斯特地形条件下植被恢复差异明显,从植被变化在单一地形因子的表现看,海拔 200—500m 范围内的植被恢复显著(200—300m 恢复最显著),但此海拔范围区域也是植被覆盖变化易于波动的区域,同时,海拔大于 800m 的区域,植被变化趋于稳定。参考现有相关研究^[20],并结合桂西北地区植被恢复野外调查,发现:广西人工造林主要选择在山坡中下部适宜人工造林的地段,这对 200—500m 海拔区段的植被增加起到了重要作用;同时,退耕还林、封山育林等生态建设工程对中上坡位、坡度较大的灌丛地和裸岩地采取全封的植被恢复策略,减少了人类活动对高海拔区域的干扰,而高海拔喀斯特地区植被主要以石山灌丛和次生林为主,植被恢复缓慢,从而使高海拔区域植被结构趋于稳定。坡度 6—15°范围内的植被恢复最显著,而不同坡向间植被均恢复但差异不明显。由此说明,自 2001 年以来,国家相继在喀斯特地区实施的退耕还林工程、珠江防护林工程、石漠化治理试点工程等重点生态工程取得明显成效,喀斯特地区植被总体在恢复,生态环境趋于好转。另一方面,综合分析不同地形条件下喀斯特区域植被变化情况,发现在海拔 400—500m、坡度大于 25°的阳坡区域仍然存在植被减少的现象,这

在一定程度上说明了喀斯特区域人类活动的干扰空间在扩大,趋向于陡坡地区^[21-22]。同时,国家林业局 2012 年公布的石漠化监测公报也表明喀斯特地区毁林开垦、樵采薪材的现象还较严重,陡坡耕种、过度放牧等现象还大量存在,使得部分区域仍然存在植被退化的现象。因此,后续喀斯特地区生态恢复与重建过程中要注意海拔 200—500m 范围内生态恢复成果的巩固,同时要特别加强海拔 400—500m、坡度大于 25°的阳坡区域的生态治理措施的实施力度。

目前为止,SPOT VGT NDVI 资料的时间尺度还较短,同时,基于国家气象站点的气象数据插值存在一定不确定性,针对喀斯特特殊地貌的气象插值方法也需要考虑更多因素才能获得精度更高的插值数据,因此,对于植被变化的影响因素(如气候变化、人类活动等)的分析还需要更长时间的遥感资料积累和气象插值方法上的改进。另一方面,本研究主要考虑了以生态建设工程为主的人类活动对植被变化的正面影响,没有考虑其负面影响,在今后的研究中应增加深入探讨人类生态建设对植被变化的负面影响,从而有利于更全面的评价喀斯特地区植被恢复成效。

4 结论

基于 SPOT VGT NDVI 时间序列数据和气候资料(温度和降水),利用提出的地形面积差异修正系数,分析了桂西北 1999—2010 年来植被变化趋势及其与气候、地形因子的关系,揭示了不同地形因子条件下喀斯特植被恢复趋势差异,明确了植被恢复成效显著的区域及特别需要加强生态治理的区域,主要结论如下:

(1) 近 12 年来,桂西北喀斯特地区植被变化总体上呈恢复趋势,约 70% 的区域植被呈增加趋势;区域尺度上,年均气候因子对桂西北喀斯特地区植被变化的作用不明显。

(2) 海拔 200—500m 范围内的植被恢复显著(200—300m 恢复最显著),但此海拔范围区域也是植被覆盖变化易于波动的区域,而海拔大于 800m 的区域,植被覆盖变化趋于稳定;坡度 6—15°范围内的植被恢复最显著,不同坡向上的植被均在恢复但差异不明显,且随着坡向由阴坡转阳坡,总体恢复呈减小趋势。

(3) 由于人类干扰的负面影响,海拔 400—500m、坡度大于 25°的阳坡区域仍存在植被退化的现象,后续喀斯特地区植被恢复与重建过程中要注意海拔 200—500m 范围内生态恢复成果的巩固,同时要特别加强海拔 400—500m、坡度大于 25°的阳坡区域的生态治理措施的实施力度。

致谢:感谢中国西部环境与生态科学数据中心及中国气象科学数据共享服务网对本研究的数据支持。

References:

- [1] Wang S J. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification. *Carsologica Sinica*, 2002, 21(2): 101-105.
- [2] Liu C Q, Lang Y C, Li S L, Piao H C, Tu C L, Liu T Z, Zhang W, Zhu S F. Researches on biogeochemical processes and nutrient cycling in karstic ecological systems, southwest China: a review. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(6): 1-12.
- [3] Meng J J, Wang J. The response of vegetation dynamics to climate change in the southwestern karst region of China since the early 1980s. *Geographical Research*, 2007, 26(5): 857-866.
- [4] Zhang Y D, Zhang X H, Liu S R. Correlation analysis on normalized difference vegetation index (NDVI) of different vegetations and climatic factors in Southwest China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(2): 323-330.
- [5] Li H, Cai Y L, Chen R S, Chen Q, Yan X. Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(12): 3255-3264.
- [6] Liu T, Kinouchi T, Ledezma F. Characterization of recent glacier decline in the Cordillera Real by LANDSAT, ALOS, and ASTER data. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 137: 158-172.
- [7] Jobbagy E G, Sala O E, Paruelo J M. Patterns and controls of primary production in the Patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology*, 2002, 83(2): 307-319.
- [8] Boelman N T, Stieglitz M, Griffin K L, Shaver G R. Inter-annual variability of NDVI in response to long-term warming and fertilization in wet sedge and tussock tundra. *Oecologia*, 2005, 143(4): 588-597.
- [9] Schultz P A, Halpert M S. Global analysis of the relationships among a vegetation index, precipitation and land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 1995, 16(15): 2755-2777.
- [10] Piao S L, Fan J Y. Dynamic vegetation cover change over the last 18 years in China. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(4): 294-302.
- [11] Chen J, Jonsson P, Tamura M, Gu Z H, Eklundh L, Matsuhashita B. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 91(3/4): 332-344.
- [12] Yan Y H, He Z X, Yuan H, Xing F W. The ecological response of fern diversity to different slopes in Gudoushan Nature Reserve, Guangdong. *Biodiversity Science*, 2011, 19(1): 41-47.
- [13] Burn D H, Hag Elnur M A. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 2002, 261(1/4): 107-122.
- [14] Song T Q, Peng W X, Zeng F P, Wang K L, Qin W G, Tan W N, Liu L, Du H, Lu S Y. Spatial pattern of forest communities and environmental interpretation in Mulun National Nature Reserve, karst cluster-peak depression region. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(3): 298-308.
- [15] Yang Y Z, Zhao P X, Hao H K, Chang M. Spatiotemporal variation of vegetation in northern Shaanxi of Northwest China based on SPOT-VGT NDVI. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(7): 1897-1903.
- [16] Zhang B Q, Wu P T, Zhao X N. Detecting and analysis of spatial and temporal variation of vegetation cover in the Loess Plateau during 1982—2009. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(4): 287-293.
- [17] Li A, Wu J G, Huang J H. Distinguishing between human-induced and climate-driven vegetation changes: a critical application of RESTREND in inner Mongolia. *Landscape Ecology*, 2012, 27(7): 969-982.
- [18] Sun X P, Wang T M, Kou X J, Ge J P. Normalized difference vegetation index dynamic change and its driving factor analysis with long time series in the Jinghe River watershed on the Loess Plateau of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2012, 36(6): 511-521.
- [19] Li D K. Vegetation change and its response to climate in the hill and ravine region of the Loess Plateau in Northern Shaanxi. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2009, 29(5): 1007-1015.
- [20] Jiang Z C. The study on rocky desertification and its comprehensive control of karst mountain area in Guangxi. Beijing: Science Press, 2011: 138-140.
- [21] Xu Y Q, Luo D, Feng Y, Peng J. A study on land use and land cover change in karst mountainous areas in southwestern China: a case study of the Maotiao River Watershed, Guizhou Province. *Resources Science*, 2010, 32(9): 1752-1760.
- [22] Yang Q Q, Wang K L, Chen H S, Zhang W, Tian R C. Effects of geology and landform on karst rock desertification: a case study in Dahua County of Guangxi, China. *Journal of Mountain Science*, 2009, 27(3): 311-318.

参考文献:

- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨. *中国岩溶*, 2002, 21(2): 101-105.
- [2] 刘丛强, 郎赞超, 李思亮, 朴何春, 涂成龙, 刘涛泽, 张伟, 朱书法. 喀斯特生态系统生物地球化学过程与物质循环研究: 重要性、现状与趋势. *地学前缘*, 2009, 16(6): 1-12.
- [3] 蒙古军, 王钧. 20 世纪 80 年代以来西南喀斯特地区植被变化

- 对气候变化的响应. 地理研究, 2007, 26(5): 857-866.
- [4] 张远东, 张笑鹤, 刘世荣. 西南地区不同植被类型归一化植被指数与气候因子的相关分析. 应用生态学报, 2011, 22(2): 323-330.
- [5] 李昊, 蔡运龙, 陈睿山, 陈琼, 严祥. 基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价-以贵州省毕节地区为例. 生态学报, 2011, 31(12): 3255-3264.
- [10] 朴世龙, 方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化. 第四纪研究, 2001, 21(4): 294-302.
- [12] 严岳鸿, 何祖霞, 苑虎, 邢福武. 坡向差异对广东古兜山自然保护区蕨类植物多样性的生态影响. 生物多样性, 2011, 19(1): 41-47.
- [14] 宋同清, 彭晚霞, 曾馥平, 王克林, 覃文更, 谭卫宁, 刘璐, 杜虎, 鹿士杨. 木论喀斯特峰丛洼地森林群落空间格局及环境解释. 植物生态学报, 2010, 34(3): 298-308.
- [15] 杨延征, 赵鹏祥, 郝红科, 常鸣. 基于 SPOT-VGT NDVI 的陕北植被覆盖时空变化. 应用生态学报, 2012, 23(7): 1897-1903.
- [16] 张宝庆, 吴普特, 赵西宁. 近 30a 黄土高原植被覆盖时空演变监测与分析. 农业工程学报, 2011, 27(4): 287-293.
- [18] 孙晓鹏, 王天明, 寇晓军, 葛剑平. 黄土高原泾河流域长时间序列的归一化植被指数动态变化及其驱动因素分析. 植物生态学报, 2012, 36(6): 511-521.
- [19] 李登科. 陕北黄土高原丘陵沟壑区植被覆盖变化及其对气候的响应. 西北植物学报, 2009, 29(5): 1007-1015.
- [20] 蒋忠诚. 广西岩溶山区石漠化及其综合治理研究. 北京: 科学出版社, 2011: 138-140.
- [21] 许月卿, 罗鼎, 冯艳, 彭建. 西南喀斯特山区土地利用/覆被变化研究——以贵州省猫跳河流域为例. 资源科学, 2010, 32(9): 1752-1760.
- [22] 杨青青, 王克林, 陈洪松, 张伟, 田日昌. 地质地貌因素对喀斯特石漠化的影响——以广西大化县为例. 山地学报, 2009, 27(3): 311-318.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Development history and future research priorities of landscape ecology in China	CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)
Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment	HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)
A review of multifunctional landscape	TANG Qian, DING Shengyan (3151)
Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island	HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)
Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park	YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)
Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks	FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)
Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China	LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)
Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the Huangfuchuan watershed	YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)
Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang	LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)
Dynamic trend analysis of land use change in the Ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques	LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)
Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010	LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)
Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation	WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)
Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province	LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)
Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China	LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)
Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method	ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)
Study on spatio-temporal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage	ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a grove Karst region, Southwest China	FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)
Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region	TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)
Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta	LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)
Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor	ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)
A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS	REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

- Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)
- The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)
- Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem: a case study of Xinjiang area SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)
- Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)
- Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances: a case study of Gongyi City ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)
- Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)
- Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer: a case study over Mount Tai SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)
- Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)
- Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)
- Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)
- Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas: a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)
- Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance: a case study of Gongyi City DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)
- The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)
- Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi: a case study based on radial basis function network model ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

《生态学报》2014 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,280 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

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 34 卷 第 12 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 12 (June, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元