

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第12期 Vol.31 No.12 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 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第12期 2011年6月 (半月刊)

## 目 次

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.....	李昊,蔡运龙,陈睿山,等 (3255)
扩散对破碎化景观上宿主-寄生种群动态的影响 .....	苏敏 (3265)
湿地功能评价的尺度效应——以盐城滨海湿地为例 .....	欧维新,叶丽芳,孙小祥,等 (3270)
模拟氮沉降对杉木幼苗养分平衡的影响.....	樊后保,廖迎春,刘文飞,等 (3277)
中国东部森林样带典型森林水源涵养功能.....	贺淑霞,李叙勇,莫菲,等 (3285)
山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应.....	郭东罡,上官铁梁,白中科,等 (3296)
长期施用有机无机肥对潮土微生物群落的影响 .....	张焕军,郁红艳,丁维新 (3308)
云南元江干热河谷五种优势植物的内生真菌多样性.....	何彩梅,魏大巧,李海燕,等 (3315)
塔里木河中游洪水漫溢区荒漠河岸林实生苗更新.....	赵振勇,张科,卢磊,等 (3322)
基于8hm <sup>2</sup> 样地的天山云杉林蒸腾耗水从单株到林分的转换 .....	张毓涛,梁凤超,常顺利,等 (3330)
古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应.....	周晓兵,张元明,陶冶,等 (3340)
Pb污染对马蔺生长、体内重金属元素积累以及叶绿体超微结构的影响 .....	原海燕,郭智,黄苏珍 (3350)
春、秋季节树干温度和液流速度对东北3树种树干表面CO <sub>2</sub> 释放通量的影响 .....	王秀伟,毛子军,孙涛,等 (3358)
云南南部和中部地区公路旁紫茎泽兰土壤种子库分布格局.....	唐樱殷,沈有信 (3368)
利用半球图像法提取植被冠层结构特征参数.....	彭焕华,赵传燕,冯兆东,等 (3376)
黑河上游蝗虫与植被关系的CCA分析 .....	赵成章,周伟,王科明,等 (3384)
额尔古纳河流域秋季浮游植物群落结构特征.....	庞科,姚锦仙,王昊,等 (3391)
九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素.....	王雨,林茂,陈兴群,等 (3399)
东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响.....	黄亮亮,李建华,邹丽敏,等 (3415)
基于RS/GIS公路路域水土流失动态变化的研究——以渝昆高速公路为例 .....	陈爱侠,李敏,苏智先,等 (3424)
流域景观结构的城市化影响与生态风险评价.....	胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等 (3432)
基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析.....	高宾,李小玉,李志刚,等 (3441)
若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响.....	李晋昌,王文丽,胡光印,等 (3451)
施用鸡粪对土壤与小白菜中Cu和Zn累积的影响 .....	张妍,罗维,崔晓勇,等 (3460)
基于GIS的宁夏灌区农田污染源结构特征解析.....	曹艳春,冯永忠,杨引禄,等 (3468)
底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响.....	刘岩,周勋波,陈雨海,等 (3478)
不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例 .....	谭德水,江丽华,张骞,等 (3488)
丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响 .....	刘爱荣,陈双臣,刘燕英,等 (3497)
外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响 .....	彭向永,宋敏 (3504)
专论与综述	
水平扫描技术及其在生态学中的应用前景.....	胡自民,李晶晶,李伟,等 (3512)
研究简报	
昆仑山北坡4种优势灌木的气体交换特征.....	朱军涛,李向义,张希明,等 (3522)
不同比例尺DEM数据对森林生态类型划分精度的影响 .....	唐立娜,黄聚聪,代力民 (3531)
苏南丘陵区毛竹林冠截留降雨分布格局 .....	贾永正,胡海波,张家洋 (3537)
外来种湿地松凋落物对土壤微生物群落结构和功能的影响 .....	陈法霖,郑华,阳柏苏,等 (3543)
深圳地铁碳排放量 .....	谢鸿宇,王习祥,杨木壮,等 (3551)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 304 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 35 \* 2011-06



封面图说:自然奇观红海滩·辽宁省盘锦市——在辽河入海口生长着大片的潮间带植物碱蓬草,举目望去,如霞似火,蔚为壮观,人们习惯地称之为红海滩。粗壮的根系加快着海滩土壤的脱盐过程,掉下的茎叶腐质后肥化了土壤,它是大海的生态屏障。

彩图提供:段文科先生 中国鸟网 <http://www.birdnet.cn> E-mail:dwk9911@126.com

# 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

李昊<sup>1</sup>, 蔡运龙<sup>1,\*</sup>, 陈睿山<sup>1</sup>, 陈琼<sup>1,2</sup>, 严祥<sup>1</sup>

(1. 北京大学城市与环境学院 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

2. 青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008)

**摘要:**中国西南喀斯特地区生态环境脆弱, 人口压力和不合理的土地利用方式使得土地退化问题严峻。2000年以来, 国家开始在该地区推行退耕还林等一系列生态工程。需要评估这些工程的效果, 以期为进一步的生态建设工程决策提供科学依据。以贵州省毕节地区为例, 利用SPOT-VGT NDVI遥感数据, 以大规模开展退耕还林工程前的1998—2001年为基准, 建立NDVI-气候响应模型, 在此基础上结合残差法来分析2002—2008年以退耕还林工程为主的人为因素在当地生态恢复中的作用。结果表明, 近年来开展的生态工程使得整个毕节地区植被条件得到了明显的改善, 但在东部大方、黔西一些区域土地退化的趋势仍未扭转, 需要今后进一步的政策引导和开展后续生态工程。

**关键词:**植被遥感; NDVI; 喀斯特; 毕节地区; 退耕还林工程; 效果评价

## Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture

LI Hao<sup>1</sup>, CAI Yunlong<sup>1,\*</sup>, CHEN Ruishan<sup>1</sup>, CHEN Qiong<sup>1,2</sup>, YAN Xiang<sup>1</sup>

1 College of Urban and Environmental Sciences, Peking University; Key Laboratory of Analysis and Simulation of Earth Surface Processes, Ministry of Education, Beijing 100871, China

2 Biological and Geographical Sciences Institute, Qinghai Normal University, Xining 810008, China

**Abstract:** The karst region in Southwestern China possesses fragile eco-environment. With increasing population pressure and irrational land use, the local environment had experienced severe degradation showing as soil erosion, loss of soil fertility and deterioration of vegetation cover in the past decades. Since 2000, a series of ecological restoration projects, including the project of Grain for Green (conversion cropland into forest or pasture), have been implemented in this region. It is quite necessary and important to assess the effect of these projects so as to provide a scientific basis for decision-making of further ecological restoration projects. This paper takes Bijie Prefecture in Guizhou Province as a case study. Factors influencing the vegetation dynamics are identified as climate change and human activities. In order to verify the NDVI trends imposed by human influences such as the project of Grain for Green, this paper establishes a linear regression model between NDVI and climate by means of SPOT-VGT NDVI data and meteorological data from 1998 to 2001. By performing lots of linear regression calculations, the NDVI-climate influence model identifies accumulated precipitations from January to June and accumulated temperature from April to July as independent variables, and the NDVI from 200d to 210d per year which is assumed to be the max value of the year as the dependent variable. The model is also calculated at the pixels level with 1000m resolution. Then the residual trends of actual NDVI and simulated NDVI from 2002 to 2008 are calculated. Positive or negative trends expressed in the residuals are interpreted as human-induced restoration or degradation. Since vegetation condition is influenced by a series of ecological restoration projects in Bijie Prefecture, the effort of the project of

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40871047);国家科技支撑计划子课题(2006BAC01A01-03)

收稿日期:2010-06-01; 修订日期:2010-10-27

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: caiyl@urban.pku.edu.cn

Grain for Green should be distinguished from other ecological projects before evaluation. Combined with the result of residual analysis, the land-use data is also used. In particular, the paper evaluates the residual trends of cropland pixels which are extracted from land-use data because there is a strong correspondence between the project of Grain for Green and the recovery of vegetation on converted cropland. Finally the paper cites statistical data to validate the result. The results indicate that local vegetation condition has been significantly improved by the ecological projects since 2002. However, regional differences still exist in Bijie Prefecture. The trend of degradation has not been reversed in the east part such as Dafang county and Jinsha county. This suggests that the further ecological restoration projects are still needed in the karst region. The results also show that the converted land types of most restoration pixels are shrub land, grassland and cropland. 91.68% recovery cropland pixels are located at the hills where cropland must be converted to woods or grass. Compared the number of recovery cropland pixels and the area of the project of Grain for Green implemented from 2002 to 2008 in each county, further analysis shows that there is an obvious positive relationship between the number of pixels and the area converted in the project of Grain for Green, except Hezhang county and Dafang county, which proved the effectiveness of the method.

**Key Words:** vegetation remote sensing; NDVI; karst region; Bijie Prefecture; Project of Grain for Green; effect assessment

中国西南喀斯特地区是世界上面积最大的喀斯特连续带,面积超过 55 万 km<sup>2</sup>,也是喀斯特发育最典型、最复杂、景观类型最丰富的一个片区<sup>[1]</sup>。西南喀斯特地区地形破碎,土层薄瘠,水土流失严重,旱涝等灾害频繁,生态环境十分脆弱,而现有居住人口超过 1 亿,人地矛盾十分突出。20 世纪后几十年的不合理的土地利用方式衍生出一系列生态环境问题,诸如耕地资源的大规模减少、植被破坏、水土流失、洪涝灾害、基岩大面积裸露,进而导致土地退化和生态失衡,地表呈现类似于荒漠的石漠化景观。使西南喀斯特山区陷入“生态脆弱—贫困—掠夺式土地利用—资源环境退化—进一步贫困”的恶性循环<sup>[2-4]</sup>。

西南喀斯特地区严峻的土地退化问题受到了包括政府、学者等社会各界的广泛重视,在全国推行生态退耕的大背景下,从 2000 年开始,西南喀斯特地区也实施了包括退耕还林工程在内的一系列生态修复工程,开展生态恢复工作<sup>[5]</sup>。评估这些工程的效果,以期为进一步的生态建设工程决策提供科学依据,成为当前学术界面临的重要任务。由于喀斯特地区岩溶地貌发育,地貌形态破碎,许多生态修复工程范围局限在小流域等局地尺度,因而前人的工作主要集中于对小区域尺度的生态建设示范区进行恢复效果评价,采用的方法也多是层次分析法、市场价格法等数量评价方法<sup>[6-9]</sup>。如果区域差异较大,这些方法往往难以由点及面,向整个区域推广<sup>[10]</sup>,目前对于喀斯特地区大面积的生态恢复效果评价还没有一套公认有效的方法。遥感影像具有观测尺度大、观测时间序列长、间隔周期短的特点,在大区域尺度进行生态修复效果评价时具有明显的优势。退耕还林工程实施范围广、退耕地面积大,同时工程效果在于恢复植被,因此利用遥感影像计算归一化植被指数 NDVI(Normal Differential Vegetation Index),在大区域尺度上进行生物量和覆盖度测量,可以用于西南喀斯特地区退耕还林工程效果的评价。

贵州省毕节地区水土流失现象非常严重。为改善生态环境,历年来政府实施了众多生态修复工程。2000 年后在毕节开展的主要工程项目包括退耕还林工程、天然林保护工程、石漠化专项治理工程以及其他一些林业建设工程。这些工程相互配合,对恢复毕节植被、改善环境条件起到了积极作用。但是由于工程众多,很难对所有的生态修复工程进行定量分析,进而评价工程效果。退耕还林工程只涉及到将坡耕地转变为林地、草地,便于同土地利用数据结合,因此研究选择对毕节地区退耕还林工程进行分析。

## 1 研究区与数据

### 1.1 研究区域

毕节地区位于贵州省西北部,北部和西部分别与四川省、云南省毗邻。地理范围为 105°36'—106°43'E,

26°21'—27°46'N(图1),下辖毕节、大方、黔西、金沙、织金、纳雍、威宁、赫章等8个县(市),土地总面积26846km<sup>2</sup>,2008年末总人口740万人,农业人口704.49万人,占总人口的92.8%,少数民族占总人口的28%。毕节地区境内多山,地形西高东低,平均海拔1400m,西部地区以高中山地貌为主,东部地形主要为低中山丘原、丘陵、盆地。毕节地区岩溶地貌发育,碳酸盐岩出露面积占总面积的79.31%,喀斯特地形发育极为典型。境内大部分地区属于北亚热带湿润季风气候,年均温10.5—15.1℃,年降水854.0—1444.0mm,土壤类型有黄棕壤、黄壤、石灰土、紫色土、水稻土、沼泽土等。毕节地区植被具有明显的中亚热带特征,处于贵州高原湿润性常绿阔叶林地带和云贵高原半湿润性常绿阔叶林地带之间的过渡地带。主要植被类型有以栎林为代表的常绿阔叶林、以云南松为代表的针叶林,还有灌丛和中高山草场植被<sup>[11]</sup>。

毕节地区威宁县与赫章县之间的大湾镇归属六盘水市管辖。为处理方便,研究将大湾镇也并入毕节地区一并处理。

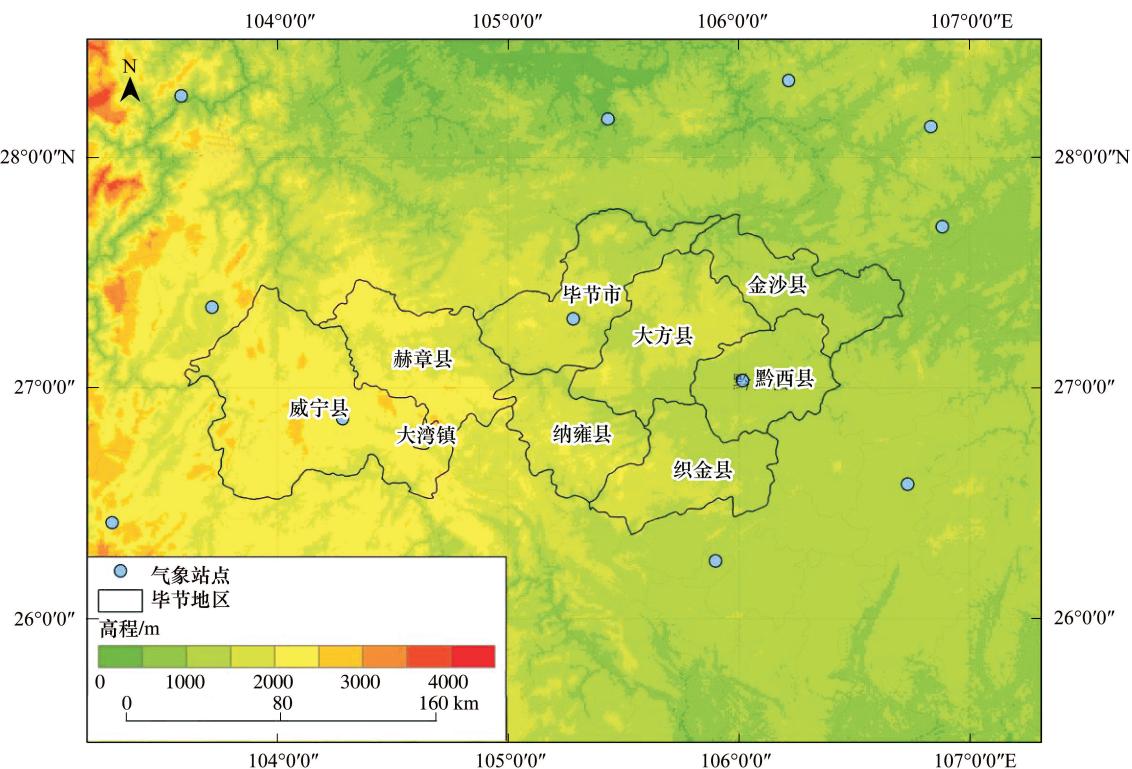


图1 毕节地区行政区、海拔以及周边气象站点分布图

Fig. 1 The location of Bijie Prefecture and the distribution of height and weather station

## 1.2 NDVI 数据

研究选用由比利时 Flemish 技术研究所(Flemish Institute for Technological Research)提供的1998—2008年的SPOT-VGT NDVI数据(<http://free.vgt.vito.be/>)。数据空间分辨率为1km,时间分辨率为旬,时间范围为1998年4月至2008年12月。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,利用时间序列谐波分析算法对SPOT-VGT数据进行滤波处理。

## 1.3 气象数据

研究所用的气象数据集从中国气象局获得,包括毕节地区及周边的22个气象站点(图1)。数据内容为1998年1月—2008年12月逐月的月平均温度,降水量以及各站点的经度、纬度和海拔高度。利用ANUSPLIN软件对月均温和降水量进行插值,获得毕节地区每个像元逐月的气象数据。插值结果通过广义交叉验证,验证精度满足数据分析要求。

ANUSPLIN 软件是基于薄盘样条法 TPS (Thin Plate Spline) 所编写的针对气候数据曲面拟合的专用软件。它将地面高程信息作为协变量引入到气象数据插值中, 非常适合长时间序列的气象数据插值, 在国际上已经获得广泛的应用。

#### 1.4 土地利用数据和 DEM 数据

土地利用数据为中国科学院地理科学与资源研究所提供的贵州省 2000 年土地利用数据, 由 Landsat TM 影像解译获得, 空间分辨率为 30m, 经过重采样处理将分辨率调整为 1km。高程模型 (DEM) 数据由中国科学院资源环境科学数据中心提供, 空间分辨率为 1km, 与研究所用的 NDVI 数据相匹配。

土地利用数据和 DEM 数据以及其他空间数据都选取 Albers 等面积投影。投影参数为: 第 1 纬线 25°N; 第 2 纬线 47°N; 中央经线 110°E。

### 2 评价方法

#### 2.1 残差法介绍

利用遥感数据来检测大尺度区域生态环境变化常用的方法是根据降水利用效率 (Rainfall use efficiency, RUE)、能量利用效率 (Energy use efficiency, EU) 等指标, 结合气候变化来分析和识别土地退化或改善区域<sup>[12-13]</sup>。但 RUE 等指标常常与降水等气候指标有明显的相关, 并且在不同年份变化较大, 因此很多时候在识别土地退化、恢复区域时并不可靠<sup>[14]</sup>。近年来 Evans 和 Geerken 提出了残差分析法来识别和评价土地退化和改善区域<sup>[14-15]</sup>。卓莉、曹鑫、王静等人对该方法进行改进, 并在内蒙古草原和黄河源区玛曲县进行了应用, 取得了较好的效果<sup>[10,16-17]</sup>。目前残差趋势法主要用于分析干旱、半干旱地区草原植被受人类活动的影响, 还没有研究将此方法应用在亚热带地区阔叶林植被。同时已有研究一般默认研究区内土地利用类型为草地, 没有结合土地利用数据来分析林地、草地、耕地等各种土地利用类型的植被条件改善趋势。

Evans 认为在较短时间尺度内发生的土地退化/改善的原因主要来自气候的变化和人类活动的干扰。为了识别出人类活动作为主要变化驱动力的区域, 应该将气候信息从 NDVI 序列中剔除。因此残差分析法首先将区域内每个像元 1a 内 NDVI 序列的最大值与气温、降雨等气象数据建立回归模型, 利用建立的回归模型得到每个像元在 1a 时间序列上的 NDVI 最大值的预测值, 进而计算得到预测值与真值之间的残差序列。NDVI 残差序列消除了气候变化对 NDVI 值的影响, 它的趋势变化反映了人类活动对土地利用的影响。如果残差序列有正趋势, 表明区域植被在人类影响下得到改善和恢复, 如果残差序列为负趋势, 则表明区域植被在人为干扰下遭到破坏。

Evans 提出的残差法在应用时也存在不足, 它将进行植被变化趋势分析的时间序列同时用来构建 NDVI-气候响应模型, 没有建立 1 个未退化的参考序列。分析的结果可能会因为时间序列自身存在并不确定的变化趋势而出现较大偏差<sup>[10]</sup>。针对这些问题, 曹鑫、王静<sup>[16-17]</sup>等和卓莉<sup>[10]</sup>分别做了改进。曹鑫、王静等将进行分析的遥感数据分为两段处理, 利用前一时间段的遥感数据建立 NDVI-气候回归模型, 后一时间段的遥感数据进行趋势分析。卓莉则针对时间序列较短的 NDVI 数据, 将单个栅格像元一定邻域范围内 NDVI 值最大的像元看作是受人类活动干扰最小的状态, 以此为基准状态建立像元尺度的 NDVI-气候响应模型。

毕节地区境内多山, 岩溶地貌发育, 地形破碎度高, 相邻像元间可能存在较大的地貌差异, 利用邻近像元来表示不受人类活动影响的状态, 可能会存在较大的误差。针对研究区域的实际情况, 采用曹鑫等人提出的改进方法。毕节地区 2000 年开始推行退耕还林工程试点, 但大规模的实施是从 2002 年正式开始, 因此可以将 1998—2001 年作为未受退耕影响的阶段。如果将 2002 年及之后的数据引入回归序列, 这可能使得建立的 NDVI-气候回归模型不能体现未受退耕工程影响的初始状态, 在之后分析人为活动对植被的影响时出现较大误差。所以尽管 4a 的时间序列长度较短, 研究仍选用了 1998—2001 年共 4a 的数据建立模型, 在此基础上分析 2002—2008 年毕节地区的植被恢复情况。

#### 2.2 NDVI-气候响应模型的建立

建立模型的第一步是确定毕节地区 NDVI 最大值在 1 年 36 旬时间序列中的位置。经过对所有像元 NDVI

值逐旬的统计,发现除2008年毕节地区NDVI最大值大多出现在第28旬外,其余年份NDVI最大值出现时间在每年的第21旬(7月底)前后波动。进一步比较发现,2008年毕节地区第21旬的NDVI值也是1个极大值,并且与第28旬的NDVI最大值相差很小。因此确定选取毕节地区每年第21旬的NDVI值作为全年的NDVI最大值 $NDVI_{max}$ 来引入模型。

气候条件是影响植物生长的重要因素,国内外有很多研究都对NDVI或者生物量与气候要素之间的关系做过有意义的探索,证明NDVI和降水、气温等气候要素之间有很好的相关关系。研究区域遍及中高纬度的草原、针叶林地带,热带雨林,荒漠半荒漠地区<sup>[17-20]</sup>,但在我国西南喀斯特地区这类的研究工作相对少见。不同研究者选用的气象指标各不相同,常见的指标大致可分为以下几类:温度类指标,包括年均温、积温、月平均温度等;降水类指标,包括单月降水、生长季降水累加;干湿度指标,包括相对湿度,干旱度指数等。指标的具体选取根据研究者所关注的研究区域和时间尺度以及数据可得性而灵活变动。

毕节地区位于我国西南地区,大部分地区属于北亚热带湿润季风气候,年均降水量大于800mm,干旱并不是限制植被生长的环境因素。因此选取气温和降水作为影响植被NDVI的气候因子。在具体指标的选取上,经过对各月降水、气温均值和各月均值累加值的回归结果比较,选取了拟合效果最好的4—7月气温累加值,1—6月降水累积量作为变量引入模型。这两个指标也具有现实的生态学意义,4月是一般认为的生长季开始月,毕节地区4月均温开始普遍高于10℃,4月至7月气温累加值也可大致对应于NDVI最高值出现前的大于10℃积温值。前人的许多研究表明降水对于生物量的影响具有明显的时滞性,我国南方地区植被生长对降水量的增长的响应一般滞后2—3旬<sup>[21-23]</sup>,因此选择1—6月的降水累积作为模型的另一个变量

$$NDVI_{max}(i,t) = a \sum_{i=4}^7 T_i(i,t) + b \sum_{i=1}^6 P_i(i,t) + c$$

式中, $NDVI_{max}$ 为第*i*个像元*t*年第21旬的NDVI值。*a*为 $NDVI_{max}$ 对于4—7月气温累加值 $\sum_{i=4}^7 T_i$ 的回归系数,*b*为1—6月降水累积量 $\sum_{i=1}^6 P_i$ 的回归系数,*c*为常数项。

Evans等人的研究还证明基于单个像元所建立的局部回归模型相关系数普遍高于针对研究区所有像元建立的全局回归模型。从单个像元出发的局部模型考虑了区域内不同位置可能存在的地貌、水文、土壤和植被的空间变异对NDVI-气候关系的影响。因此研究也针对研究区内所有像元逐个建立回归关系。

### 2.3 计算2002—2008残差序列

利用建立的回归方程,得到2002—2008年逐个像元的NDVI最大值的预测值,将NDVI最大值的真值减去预测值,得到结果要分析的残差时间序列:

$$\varepsilon(i,t) = NDVI_{max-real}(i,t) - NDVI_{max-predict}(i,t)$$

将得到的残差序列按照2002年至2008年的时序排列,进行趋势分析。如果得到的结果趋势为正,说明该像元植被受人类活动影响得到改善;如果趋势为负,说明该像元植被在人为干扰下变差。

## 3 结果分析

### 3.1 毕节总体NDVI变化

为分析毕节地区NDVI2002—2008年变化情况,首先选出所有像元每年第21旬的NDVI值(默认为全年NDVI最大值),将7a的NDVI最大值取均值。发现2002—2008年毕节地区大部分区域的NDVI最大值均值处于0.65—0.8的范围内,植被较差的像元主要位于西部的威宁县。毕节中东部的毕节市、大方县、纳雍县、织金县植被较好,其中NDVI最大值均值大于0.8的区域主要分布在大方县、金沙县、毕节市等地。

对毕节地区2002—2008年NDVI年际最大值进行线性拟合,结果表明在此期间全区域植被条件普遍改善,全区95%的区域NDVI年增长值在0—0.03之间。与NDVI最大值均值相比,原有植被条件相对较好的东部大方、黔西等县NDVI年均增长普遍不如西部威宁、赫章、纳雍等县明显。毕节全地区只有不到3%的区域NDVI值拟合斜率为负值,负值区域主要集中在毕节市、金沙县、大方县。

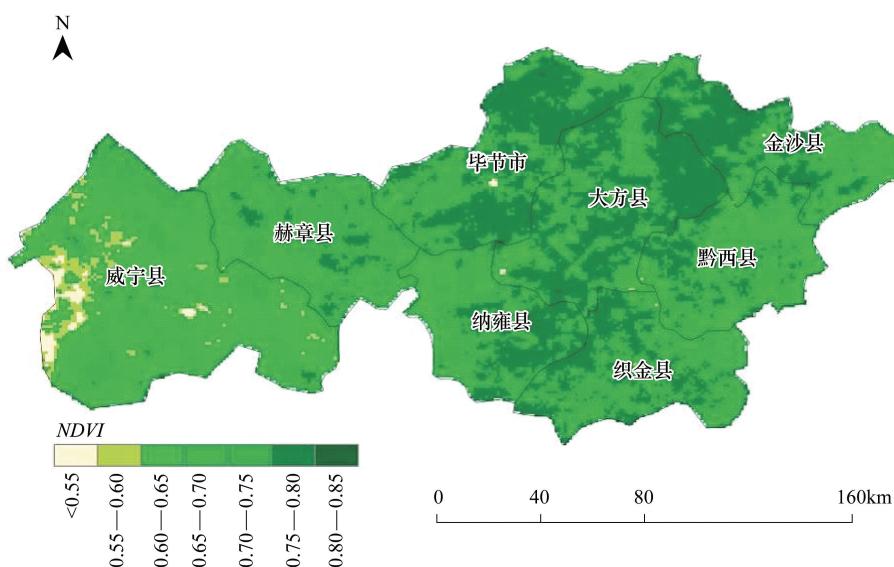


图2 2002—2008年毕节地区NDVI最大值(第21旬)平均值分布  
Fig. 2 The distribution of  $NDVI_{\max}$  mean in Bijie Prefecture, 2002—2008

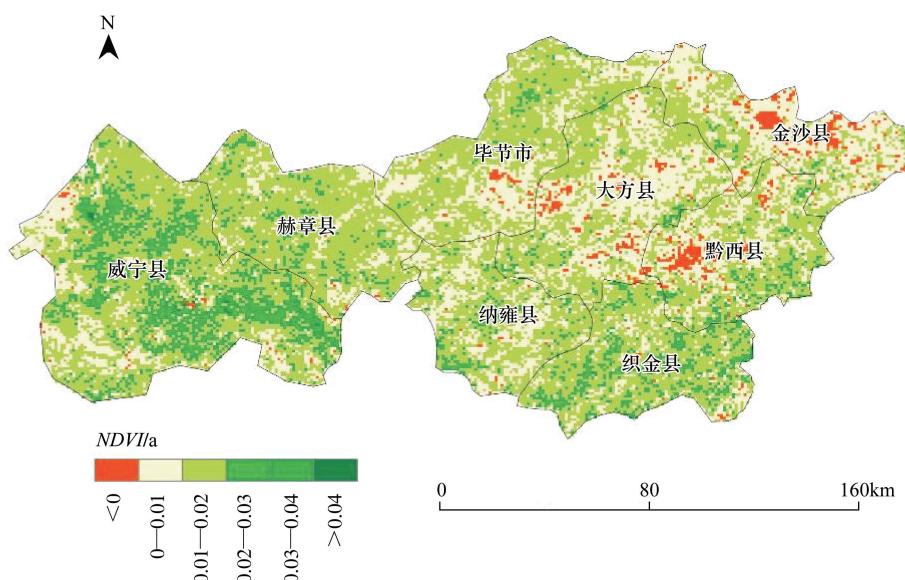


图3 2002—2008年毕节地区NDVI最大值(第21旬)年变化趋势分布  
Fig. 3 The distribution of  $NDVI_{\max}$  trends in Bijie Prefecture, 2002—2008

### 3.2 NDVI-气候模型检验

利用毕节地区1998—2001年共4a数据建立NDVI-气候模型。由于时间序列较短,只有14%的像元可以通过显著性水平为0.1的检验,模型平均相关系数为0.79。可以发现赫章、大方两县通过检验的像元比例明显低于其他各县市,其中赫章县通过检验的像元比例低于3%。

### 3.3 植被恢复趋势空间分布分析

计算得到2002至2008年的残差序列后,进行趋势拟合,并对拟合结果在置信度水平为0.9的条件下进行检验,整个区域有8.40%的像元通过了检验,结果如图5。结果表明2002—2008年在人类活动干预下,毕节地区植被普遍呈现改善趋势,只有约15%的像元NDVI呈逐年减小的趋势。其中53.73%的像元年增长率在0—0.02之间,18.55%的像元年增长率在0.02—0.04之间。去除气候趋势影响后,结果表明威宁、纳雍、

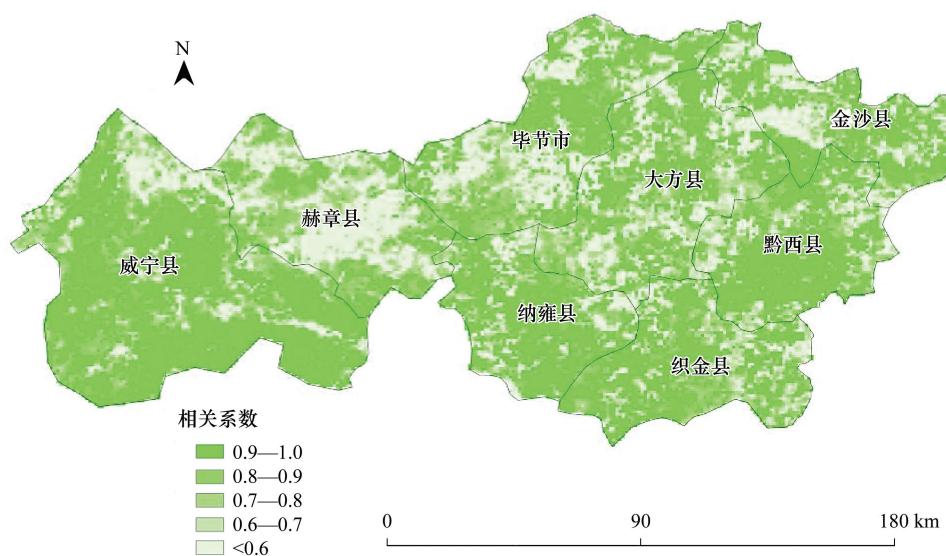


图4 1998—2001年毕节地区NDVI-气候模型相关系数分布图

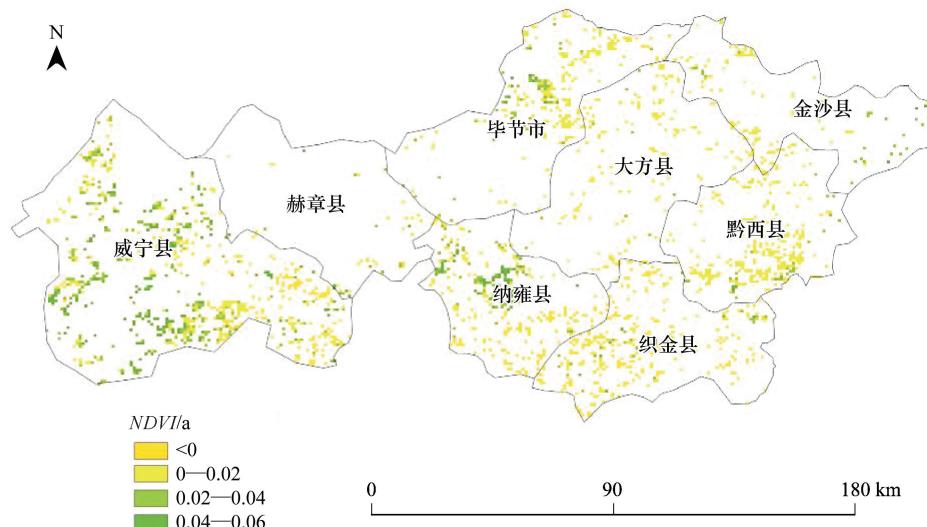
Fig. 4 Correlations between  $NDVI_{max}$  with climate factors in Bijie Prefecture, 1998—2001

图5 2002—2008年毕节地区土地恢复趋势分布图

Fig. 5 The distribution of improving trends in Bijie Prefecture, 2002—2008

表1 2002—2008年毕节地区各县市植被恢复像元个数

Table 1 The number of restoration pixel in Bijie Prefecture, 2002—2008

地点 Site	轻微退化 -0.02—0/( $NDVI/a$ )	轻微恢复 0—0.02/( $NDVI/a$ )	中等恢复 0.02—0.04/( $NDVI/a$ )	明显恢复 0.04—0.06/( $NDVI/a$ )	恢复面积比/% Ratio of recovery area
毕节市	2	189	45	11	7.33
大方县	19	128	9	0	3.83
赫章县	2	22	8	9	1.29
金沙县	1	93	29	3	5.00
纳雍县	82	98	57	58	9.24
黔西县	6	238	25	3	10.33
威宁县	85	283	204	181	10.51
织金县	131	122	28	12	6.01

首行各列土地退化/恢复分类中数值均指NDVI残差的年变化率

黔西3县植被得到恢复的面积比例要高于金沙、毕节、织金3市县。通过NDVI-气候模型检验像元数量较少的大方、赫章两县恢复区域比例也最小。

### 3.4 植被恢复情况与退耕还林工程恢复关系分析

#### 3.4.1 植被恢复区域的土地利用类型

残差法的目的是识别出人为活动对植被的影响,而土地利用类型集中反映了人类活动对环境的影响方式和程度。因此结合毕节地区2000年退耕前的土地利用图提取植被改善区域在当年的土地利用状况,排除少数位于水域和城镇的不合理像元。结果表明植被退化像元2000年时的土地类型全部为城乡建设用地和未利用地,植被改善的像元土地利用类型则主要为灌木林、草地和耕地,分别占改善像元总数的31.54%、19.78%、36.93%。其中旱地中91.68%的面积位置位于山地,这部分耕地属于退耕还林工程必须退耕的部分。上述植被得到恢复的土地利用类型中大部分像元的NDVI年增长率在0—0.04之间,属于轻微恢复和中等恢复。

表2 植被恢复像元2000年时土地利用类型

Table 2 The land use type of restoration pixels in 2000

土地利用类型 Land use type	轻微恢复 Slight recovery 0—0.02/(NDVI/a)			中等恢复 Medium recovery 0.02—0.04(NDVI/a)			明显恢复 Significant recovery 0.04—0.06(NDVI/a)			像元数 Pixel number	占比例 Percents
有林地 Woodland	49			19			12		80		4.31%
灌木林 Shrub land	383			124			78		585		31.54%
疏林地 Open forestland	88			31			19		138		7.44%
草地 Grassland	197			103			67		367		19.78%
耕地 Cropland	453			139			93		685		36.93%

#### 3.4.2 耕地像元植被恢复趋势与退耕还林工程关系分析

从植被得到改善的像元中提取出2000年土地利用类型为耕地的区域,统计其在各个县市的数目,并与2000—2008年毕节各县市退耕还林的总面积进行比较<sup>①</sup>,发现除了赫章县和大方县由于通过NDVI-气候模型检验像元数量较少,使得退耕面积与植被恢复的耕地像元个数出现较大差距外,其余各县的退耕还林面积和植被恢复的耕地像元有较明显的正向线性关系。即退耕还林面积较大的县植被呈现恢复趋势的耕地像元个数也越多。这表明毕节各县开展的退耕还林工程起到了改善当地环境的作用。

表3 毕节地区各县市2002—2008退耕还林面积

Table 3 The area of converted cropland in Bijie Prefecture, 2002—2008

地点 Site	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	退耕面积总计 Sum of area/km <sup>2</sup>	耕地像元个数 Pixel number
毕节市	70	33.33	20	41.6	15.67	6.67	10	197.27	97
大方县	73.33	76.67	45.33	66.67	30.53	26.67	16.67	335.87	53
赫章县	73.33	40	33.33	34.4	13.33	13.33	15	222.72	8
金沙县	66.67	53.33	26	36.07	13.33	20	13.33	228.73	68
纳雍县	80	53.33	33.33	36.07	26.67	4	10	243.4	84
黔西县	90	40	17.33	16.47	5.13	1.33	6.67	176.93	111
威宁县	93.33	96.67	65.33	33.33	8.67	6.67	18.33	322.33	192
织金县	73.33	73.33	32.67	31.4	10	8	10	238.73	76
全区合计	620	466.67	273.33	296	123.33	86.67	100	1965.98	685

① 退耕面积数据来自毕节地区林业厅《毕节地区退耕还林实施情况表》

#### 4 结论与讨论

(1) 西南喀斯特地区近年来推行的退耕护林、封山育林、经果林建设等一系列生态恢复工程对于遏制当地水土流失和石漠化扩展起到了积极的作用。利用遥感数据对贵州省毕节地区的监测表明,全地区植被条件普遍得到改善,97%的区域在2002—2008年间NDVI值处于增长趋势。其中西部威宁、赫章、纳雍等原有植被条件较差、生态环境比较恶劣的区域改善尤为明显。而中东部大方、织金等县市植被改善趋势低于西部各县,并有一定面积的区域植被退化。

(2) 研究利用1998—2001年的遥感和气象数据建立基于像元尺度的NDVI-气候响应模型,根据残差法消除气候因子对NDVI的贡献,得到2002—2008年人为因素对于毕节地区土地植被的影响趋势。结果表明在人为干预下毕节地区植被条件得到普遍的改善,威宁、纳雍、黔西等县的恢复面积比例要高于金沙、毕节、织金等县市。恢复区域在2000年时的初始土地利用类型主要为灌木林、草地和耕地。研究利用2000年土地利用数据,提取了残差法分析结果中的耕地像元,将毕节各县市范围内耕地像元的个数与退耕还林的面积进行比较,发现除赫章和大方外,其他6个县的耕地像元个数与退耕面积呈现较明显的正向关系,说明退耕工程对于改善当地生态环境有明显的作用。赫章县和大方县由于通过NDVI-气候模型检验的像元数过少,所以植被恢复的耕地像元个数明显低于相应的退耕面积数。同时也应注意通过NDVI-气候检验的像元中,也有一定比例的像元呈现明显的植被恶化趋势,这也表明西南喀斯特地区在巨大的人口压力下,生态修复和土地退化治理仍是一个长期、艰巨的过程,需要政府进一步的政策引导和资金、技术投入。

研究表明残差法在西南地区应用具有一定的可行性和实际意义,但是由于西南地区特殊的气候、地貌、植被条件,使得该方法在这个地区的应用具有局限性,研究中NDVI-气候模型的精度不令人满意,仍需要继续改进。其原因可能包括以下几点:西南地区常年多云,使得大气噪声对此区域的遥感数据影响较大,尽管对SPOT-VGT数据进行滤波处理可以部分修正这个问题,但是仍然存在误差;地貌复杂,地势起伏、地形破碎的特点,对这个地区的NDVI-气候模型的精度产生一定影响,今后可以尝试利用分辨率更高的遥感和DEM数据进行分析;同时西南地区植被类型多样,不具有温带草原植被区的均一性,植被生长与气候要素的关系多样化。此外人为活动的影响可能也使得某些区域植被生长不完全依赖于气候条件,例如人为的灌溉使得降水对农作物的生长影响减小。这些因素都会造成基于像元尺度的NDVI-气候模型出现误差。因此西南地区植被类型、地貌、土壤等因素对植被生长与气候要素关系的影响,将是之后研究的重要方向。

**致谢:**中国科学院地理科学与资源研究所和资源环境科学数据中心提供相应基础数据,中国科学院李召良研究员、赵伟硕士、北京大学徐林博士、刘立硕士在数据处理方面提供帮助,特此致谢。

#### References:

- [1] Su W C. Controlling model for rocky desertification of karst mountainous region and its preventing strategy in Southwest, China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(2): 29-32, 79-79.
- [2] Yuan D X. Problem of environmental geology in karst mountainous region of Southwest China. *Research and Development of World Science and Technology*, 1997, 19(5): 41-43.
- [3] Cai Y L, Meng J J. Ecological reconstruction of degraded land: a social approach. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(3): 198-204.
- [4] Wang S J, Li Y B, Li R L. Karst rocky desertification: formation background, evolving and comprehensive taming. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(6): 657-666.
- [5] Xiong K N, Ying B, Luo Y, Chen Q W. Evolutional trend and integrated rehabilitation of karst rocky desertification with a special reference to Guizhou Province. *World Forestry Research*, 2009, 22: 18-23.
- [6] Wang D L, Yu L F, Xiong K N. Preliminary evaluation on effect of comprehensive control and restoration for Karst rocky desertification I—a case

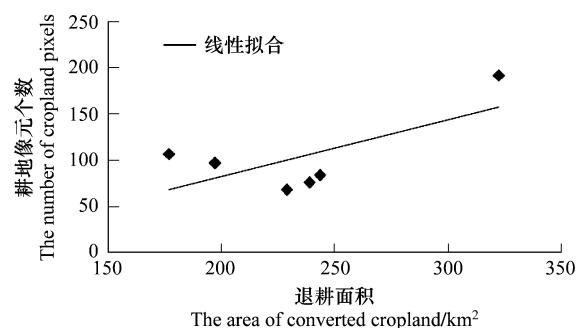


图6 退耕面积与耕地像元关系图

Fig. 6 The relationship of the area of converted cropland and the number of cropland pixels

- of Huaijiang area. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2005, 24(3): 233-238.
- [7] Xiang W S, Li X K, He C X, Lü S H, Lu S H. Assessment of the rocky desertification mountain compound ecosystem: taking the longhe ecological restoration demonstration area in Pingguo county, Guangxi autonomous region as an example. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007, 16(6): 826-830.
- [8] Wu K Y, Jiang Z C, Luo W Q. Techniques of ecological restoration and evaluation of economic value of their results in Guohua demonstration area. *Earth and Environment*, 2007, 35(2): 159-165.
- [9] Wu D D, Cai Y L. Evaluation of ecological restoration effects in China: a review. *Progress in Geography*, 2009, 28(4): 622-628.
- [10] Zhuo L, Cao X, Chen J, Chen Z X, Shi P J. Assessment of grassland ecological restoration project in Xilin gol Grassland. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(5): 471-480.
- [11] Bijie District of Guizhou Province Chorography Editorial Board. *Bijie Chorography: Geography*. Guizhou: Guizhou Renming Press, 2004.
- [12] Nemani R R, Keeling C D, Hashimoto H, Jolly W M, Piper S C, Tucker C J, Myneni R B, Running S W. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 2003, 300(5625): 1560-1563.
- [13] Wessels K J, Prince S D, Malherbe J, Frost P E, VanZyl D. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. *Journal of Arid Environments*, 2007, 68(2): 271-297.
- [14] Bai Z G, Dent D. Recent land degradation and improvement in China. *Ambio*, 2009, 38(3): 150-156.
- [15] Evans J, Geerken R. Discriminating between climate and human-induced dryland degradation. *Journal of Arid Environments*, 2004, 57(4): 535-554.
- [16] Cao X, Gu Z H, Chen J, Liu J, Shi P J. Analysis of human-induced steppe degradation based on remote sensing in Xilin Gole, Inner Mongolia, China. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(2): 268-277.
- [17] Wang J, Guo N, Cai D H, Deng Z Y. The effect evaluation of the program of restoring grazing to grasslands in Maqu County. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1276-1284.
- [18] du Plessis W P. Linear regression relationships between *NDVI*, vegetation and rainfall in Etosha National Park, Namibia. *Journal of Arid Environments*, 1999, 42(4): 235-260.
- [19] Li X B, Shi P J. Sensitivity analysis of variation in *NDVI*, temperature and precipitation in typical vegetation types across China. *Acta Phytoclimatica Sinica*, 2000, 24(3): 379-382.
- [20] Suzuki R, Nomaki T, Yasunari T. Spatial distribution and its seasonality of satellite-derived vegetation index (*NDVI*) and climate in Siberia. *International Journal of Climatology*, 2001, 21(11): 1321-1335.
- [21] Sankaran M, Hanan N P, Scholes R J, Ratnam J, Augustine D J, Cade B S, Gignoux J, Higgins S I, Le Roux X, Ludwig F, Ardo J, Banyikwa F, Bronn A, Bucini G, Taylor K K, Coughenour M B, Diouf A, Ekaya W, Feral C J, February E C, Frost P G, Hieraux P, Hrabar H, Metzger K L, Prins H H, Ringrose S, Sea W, Tews J, Worden J, Zambatis N. Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, 2005, 438: 846-849.
- [22] 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): 857-865.
- [23] Cui L L, Shi J, Yang Y M, Fan W Y. Ten-day response of vegetation *NDVI* to the variations of temperature and precipitation in Eastern China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(7): 850-860.

#### 参考文献:

- [1] 苏维词. 中国西南岩溶山区石漠化的现状成因及治理的优化模式. *水土保持学报*, 2002, 16(2): 29-32, 79-79.
- [2] 袁道先. 我国西南岩溶石山的环境地质问题. *世界科技研究与发展*, 1997, 19(5): 41-43.
- [3] 蔡运龙, 蒙吉军. 退化土地的生态重建: 社会工程途径. *地理科学*, 1999, 19(3): 198-204.
- [4] 王世杰, 李阳兵, 李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化和治理. *第四纪研究*, 2003, 23(6): 657-666.
- [5] 熊康宁, 盈斌, 罗娅, 陈其伟. 喀斯特石漠化的演变趋势与综合治理——以贵州省为例. *世界林业研究*, 2009, 22: 18-23.
- [6] 王德炉, 喻理飞, 熊康宁. 喀斯特石漠化综合治理效果的初步评价——以花江为例. *山地农业生物学报*, 2005, 24(3): 233-238.
- [7] 向悟生, 李先琨, 何成新, 吕仕宏, 陆树华. 石漠化山地复合生态系统评价——以广西平果县龙何屯生态重建示范区为例. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(6): 826-830.
- [8] 吴孔运, 蒋忠诚, 罗为群. 喀斯特石漠化地区生态恢复重建技术及其成果的价值评估——以广西平果县果化示范区为例. *地球与环境*, 2007, 35(2): 159-165.
- [9] 吴丹丹, 蔡运龙. 中国生态恢复效果评价研究综述. *地理科学进展*, 2009, 28(4): 622-628.
- [10] 卓莉, 曹鑫, 陈晋, 陈仲新, 史培军. 锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价. *地理学报*, 2007, 62(5): 471-480.
- [11] 贵州省毕节地区地方志编纂委员会. 毕节地区志: 地理志. 贵州: 贵州人民出版社, 2004.
- [16] 曹鑫, 翟智慧, 陈晋, 刘晋, 史培军. 基于遥感的草原退化人为因素影响趋势分析. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 268-277.
- [17] 王静, 郭铌, 蔡迪花, 邓振墉. 玛曲县草地退牧还草工程效果评价. *生态学报*, 2009, 29(3): 1276-1284.
- [19] 李晓兵, 史培军. 中国典型植被类型 *NDVI* 动态变化与气温、降水变化的敏感性分析. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 379-382.
- [22] 蒙吉军, 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): 857-865.
- [23] 崔林丽, 史军, 杨引明, 范文义. 中国东部植被 *NDVI* 对气温和降水的旬响应特征. *地理学报*, 2009, 64(7): 850-860.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 12 June ,2011 ( Semimonthly )

## CONTENTS

Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture .....	LI Hao, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, et al (3255)
The effect of dispersal on the population dynamics of a host-parasite system in fragmented landscape .....	SU Min (3265)
The effect of spatial scales on wetland functions evaluation: a case study for coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu Province .....	OU Weixin, YE Lifang, SUN Xiaoxiang, et al (3270)
Effects of simulated nitrogen deposition on nutrient balance of Chinese fir ( <i>Cunninghamia lanceolata</i> ) seedlings .....	FAN Houbao, LIAO Yingchun, LIU Wenfei, et al (3277)
The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China .....	HE Shuxia, LI Xuyong, MO Fei, et al (3285)
The ecological responses of <i>Pinus tabulaeformis</i> forests in Taiyue Mountains of Shanxi to artificial Harvesting .....	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (3296)
The influence of the long-term application of organic manure and mineral fertilizer on microbial community in calcareous fluvo-aquic soil .....	ZHANG Huanjun, YU Hongyan, DING Weixin (3308)
Endophytic fungal diversity of five dominant plant species in the dry-hot valley of Yuanjiang, Yunnan Province, China .....	HE Caimei, WEI Daqiao, LI Haiyan, et al (3315)
Seedling recruitment in desert riparian forest following river flooding in the middle reaches of the Tarim River .....	ZHAO Zhenyong, ZHANG Ke, LU Lei, et al (3322)
Scaling up for transpiration of <i>Pinaceae schrenkiana</i> stands based on 8hm permanent plots in Tianshan Mountains .....	ZHANG Yutao, LIANG Fengchao, CHANG Shunli, et al (3330)
Responses of soil enzyme activities and microbial biomass N to simulated N deposition in Gurbantunggut Desert .....	ZHOU Xiaobing, ZHANG Yuanning, TAO Ye, et al (3340)
Effects of Pb on growth, heavy metals accumulation and chloroplast ultrastructure of <i>Iris lactea</i> var. <i>Chinensis</i> .....	YUAN Haiyan, GUO Zhi, HUANG Suzhen (3350)
Effects of temperature and sap flow velocity on CO <sub>2</sub> efflux from stems of three tree species in spring and autumn in Northeast China .....	WANG Xiuwei, MAO Zijun, SUN Tao, et al (3358)
The soil seed bank of <i>Eupatorium adenophorum</i> along roadsides in the south and middle area of Yunnan, China .....	TANG Yingyin, SHEN Youxin (3368)
Extracting the canopy structure parameters using hemispherical photography method .....	PENG Huanhua, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (3376)
The CCA analysis between grasshopper and plant community in upper reaches of Heihe River .....	ZHAO Chengzhang, ZHOU Wei, WANG Keming, et al (3384)
Community structure characteristics of phytoplankton in argun River Drainage Area in autumn .....	PANG Ke, YAO Jinxian, WANG Hao, et al (3391)
Spatial and temporal variation of phytoplankton and impacting factors in Jiulongjiang Estuary of Xiamen, China .....	WANG Yu, LIN Mao, CHEN Xingqun, et al (3399)
Effect of bank type on fish biodiversity in the middle-lower reaches of East Tiaoxi River, China .....	HUANG Liangliang, LI Jianhua, ZOU Limin, et al (3415)
Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway .....	CHEN Aixia, LI Min, SU Zhixian, et al (3424)
The urbanization effects on watershed landscape structure and their ecological risk assessment .....	HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (3432)
Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern .....	GAO Bin, LI Xiaoyu, LI Zhigang, et al (3441)
Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau .....	LI Jinchang, WANG Wenli, HU Guangyin, et al (3451)
Effect of chicken manure application on Cu and Zn accumulation in soil and <i>Brassica sinensis</i> L. ....	ZHANG Yan, LUO Wei, CUI Xiaoyong, et al (3460)
GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China .....	CAO Yanchun, FENG Yongzhong, YANG Yinlu, et al (3468)
Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean .....	LIU Yan, ZHOU Xunbo, CHEN Yuhai, et al (3478)
<i>In situ</i> study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin .....	TAN Deshui, JIANG Lihua, ZHANG Qian, et al (3488)
Effects of AM fungi on leaf photosynthetic physiological parameters and antioxidant enzyme activities under low temperature .....	LIU Airong, CHEN Shuangchen, LIU Yanying, et al (3497)
Effects of exogenous cysteine on growth, copper accumulation and antioxidative systems in wheat seedlings under Cu stress .....	PENG Xiangyong, SONG Min (3504)
<b>Review and Monograph</b>	
The horizon scanning technology and its application prospect in Ecology .....	HU Zimin, LI Jingjing, LI Wei, et al (3512)
<b>Scientific Note</b>	
The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain .....	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (3522)
Effect of DEM data at different scales on the accuracy of forest Ecological Classification system .....	TANG Lina, HUANG Juecong, DAI Limin (3531)
Canopy interception of rainfall by Bamboo plantations growing in the Hill Areas of Southern Jiangsu Province .....	JIA Yongzheng, HU Haibo, ZHANG Jiayang (3537)
Effects of exotic species slash pine ( <i>Pinus elliottii</i> ) litter on the structure and function of the soil microbial community .....	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3543)
The carbon emission analysis of Shenzhen Metro .....	XIE Hongyu, WANG Xixiang, YANG Muzhuang, et al (3551)

# 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

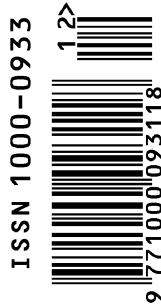
编辑部主任 孔红梅

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 12 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 12 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