

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 10 期 Vol.33 No.10 **2013**

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 33 卷 第 10 期 2013 年 5 月 (半月刊)

目次

福建长汀水土保持专题

- 福建省长汀县水土流失区的时空变化研究——“福建长汀水土保持”专题序言 徐涵秋 (2945)
- 福建省长汀县河田盆地近 35 年来地表裸土变化的遥感时空分析 徐涵秋 (2946)
- 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应 徐涵秋, 何 慧, 黄绍霖 (2954)
- 红壤侵蚀地马尾松林恢复后土壤有机碳库动态 何圣嘉, 谢锦升, 曾宏达, 等 (2964)
- 基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地土壤侵蚀定量研究 杨冉冉, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2974)
- 南方红壤水土流失区土地利用动态变化——以长汀河田盆地为例 林 娜, 徐涵秋, 何 慧 (2983)
- 亚热带地区马尾松林碳储量的遥感估算——以长汀河田盆地为例 黄绍霖, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2992)
- 南方红壤侵蚀区土壤肥力质量的突变——以福建省长汀县为例 陈志强, 陈志彪 (3002)

前沿理论与学科综述

- 土壤有机质转化及 CO₂ 释放的温度效应研究进展 沈征涛, 施 斌, 王宝军, 等 (3011)
- 湖泊蓝藻水华发生机理研究进展 马健荣, 邓建明, 秦伯强, 等 (3020)

个体与基础生态

- 岩溶区不同植被下土壤水溶解无机碳含量及其稳定碳同位素组成特征 梁 轩, 汪智军, 袁道先, 等 (3031)
- 黄脊雷鳉越冬卵的滞育发育特性 朱道弘, 陈艳艳, 赵 琴 (3039)
- 香港巨牡蛎与长牡蛎种间配子兼容性 张跃环, 王昭萍, 闫喜武, 等 (3047)

种群、群落和生态系统

- 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性 王 斌, 彭波涌, 李晶晶, 等 (3056)
- 采伐对长白山阔叶红松林生态系统碳密度的影响 齐 麟, 于大炮, 周旺明, 等 (3065)
- 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性 徐宾铎, 曾慧慧, 薛 莹, 等 (3074)
- 黄河口盐地碱蓬湿地土壤-植物系统重金属污染评价 王耀平, 白军红, 肖 蓉, 等 (3083)
- 不同起始状态对草原群落恢复演替的影响 杨 晨, 王 炜, 汪诗平, 等 (3092)
- 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响 王长庭, 王根绪, 刘 伟, 等 (3103)
- 高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理 高福元, 赵成章 (3114)
- 藏东南色季拉山西坡土壤有机碳库研究 马和平, 郭其强, 刘合满, 等 (3122)
- 灵石山不同海拔米槠林优势种叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值与叶属性因子的相关性 王英姿 (3129)
- 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响 黄 丽, 陈少波, 仇建标, 等 (3138)
- 喀斯特峰丛洼地土壤剖面微生物特性对植被和坡位的响应 冯书珍, 苏以荣, 秦新民, 等 (3148)
- 青藏高原高寒草甸植被特征与温度、水分因子关系 徐满厚, 薛 娴 (3158)

景观、区域和全球生态

近 60 年挠力河流域生态系统服务价值时空变化..... 赵 亮,刘吉平,田学智 (3169)

基于系统动力学的雏菊世界模型气候控制敏感性分析..... 陈海滨,唐海萍 (3177)

资源与产业生态

主要气候因子对麦棉两熟棉花产量的影响..... 韩迎春,王国平,范正义,等 (3185)

低覆盖度行带式固沙林对土壤及植被的修复效应..... 姜丽娜,杨文斌,卢 琦,等 (3192)

不同土地利用方式土下岩溶溶蚀速率及影响因素..... 蓝家程,傅瓦利,彭景涛,等 (3205)

农地保护的外部效益测算——选择实验法在武汉市的应用 陈 竹,鞠登平,张安录 (3213)

研究简报

温度、投饵频次对白色霞水母无性繁殖与螅状体生长的影响 孙 明,董 婧,柴 雨,等 (3222)

内蒙古达赉湖西岸地区大鸕巢穴特征和巢址选择..... 张洪海,王 明,陈 磊,等 (3233)

红外相机技术在鼠类密度估算中的应用..... 章书声,鲍毅新,王艳妮,等 (3241)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-05



封面图说: 色季拉山的长苞冷杉和高山杜鹃林——色季拉山高海拔处的植被主要有长苞冷杉、林芝云杉和高山杜鹃等,再高海拔地区则分布有高山灌丛、草甸等。长苞冷杉为我国特有种,属松科常绿乔木,分布于西藏东南部高山地带。树高可达 40m,树皮暗褐色,针叶较短;其球果圆柱形,直立。长苞冷杉的形态独特,与分布区内多种冷杉有密切的亲缘关系,和云杉、杜鹃的分布也彼此交叠。随着色季拉山体海拔的升高,区域气候对于山地土壤从黄壤至棕色森林土、直至高山草甸土的完整发育,以及对森林生态系统类型的形成都产生直接而深刻的影响。

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/stxb201205150720

徐涵秋, 何慧, 黄绍霖. 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应. 生态学报, 2013, 33(10): 2954-2963.

Xu H Q, He H, Huang S L. Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian province, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 2954-2963.

福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度 变化及其热环境效应

徐涵秋*, 何 慧, 黄绍霖

(福州大学环境与资源学院, 福州大学遥感信息工程研究所, 福建省水土流失遥感监测评估与灾害防治重点实验室, 福州 350108)

摘要: 南方红壤典型水土流失区——福建省长汀县河田盆地区的大片山地曾由于植被稀少、山岭裸露、气候炎热, 而被称之为“火焰山”。通过 20 多年的水土流失治理, 该区的生态环境有了很大的改善。利用遥感技术, 计算了长汀县河田盆地区在 1988—2010 年间的植被覆盖度变化及其伴随的地表温度变化。结果表明, 通过近 22a 的水土流失治理, 该区的平均植被覆盖度有了明显的升高, 从 1988 年的 48.83% 上升到 2010 年的 59.78%; 而同期盆地内外的温度差异也随之下降, 盆地裸露区和周边地区的温差降低了近 1℃。定量研究表明, 河田盆地区的植被覆盖度每增加 10%, 可降低地表温度 0.6—1℃。

关键词: 遥感; 植被覆盖度; 地表温度; 水土流失; 长汀

Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian Province, China

XU Hanqiu*, HE Hui, HUANG Shaolin

College of Environment and Resources, Fuzhou University; Institute of Remote Sensing Information Engineering; Fujian Provincial Key Laboratory of Remote Sensing of Soil Erosion and Disaster Protection, Fuzhou University, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China

Abstract: Soil erosion has caused severe ecological problems in China. Being a typical reddish soil erosion region in southern China, the hilly areas of the Hetian Basin in County Changting, Fujian province, have been called flame mountainous area, due to lack of vegetation covers, extensively exposed bare soils, and hot weathers. After more than 20 years of soil-loss treatment, the local ecosystem and environment have been greatly improved. This study used remote sensing techniques and four scenes of Landsat Thematic Mapper (TM) images, enquired in 1988, 1998, 2004, and 2010, to study the fractional vegetation cover changes and accompanied land surface temperature variations in the Hetian basinal area during the period from 1988 to 2010. Two remote-sensing based models for estimating fractional vegetation cover have been compared in order to select a suitable model for the retrieval of the fractional vegetation cover in the study area. The two models compared are the Carlson-Ripley and Gutman-Ignatov models. The comparative analysis confirmed that the Carlson-Ripley model had a higher accuracy than the Gutman-Ignatov model as it has a lower systematic error value. Therefore, the Carlson-Ripley model was used to retrieve the fractional vegetation cover for the study area. While, the land surface temperature change during the study period was evaluated through the temperature difference between the areas inside and outside the basin in each study year. The results indicate that the 22-year effort for the treatment of the soil loss

基金项目: 教育部创新团队项目(IRT0960); 福建省自然科学基金项目(2011J01269)

收稿日期: 2012-05-15; 修订日期: 2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxu@fzu.edu.cn

in the Hetian basinal area has resulted in the notably increase in fractional vegetation cover in the area, averagely from 48.83% in 1988 to 59.78% in 2010. Meanwhile, the difference in land surface temperature between the areas inside and outside the basin has also been reduced from 3.39℃ in 1988 to 2.48℃ in 2010, almost 1℃ declined. This suggests a lowering of the temperature in the area inside the basin. Obviously, the increase in fractional vegetation cover was accompanied with the lowering of regional temperature. Spatial and temporal analysis indicates that the changes in both fractional vegetation cover and land surface temperature mainly took place in the areas inside the Hetian Basin, while the areas outside the basin were rather consistent either in fractional vegetation cover or in land surface temperature. Quantitatively analysis suggests that each 10% increment in fractional vegetation cover would result in the lowering of local land surface temperature approximately by 0.6 to 1℃ based on regression models of the four study years.

Key Words: remote sensing; fractional vegetation cover; land surface temperature; soil loss; County Changting

福建省长汀县是中国南方红壤地区的典型水土流失区,其河田镇一带的水土流失之严重更是一直为各界所瞩目。早在 20 世纪 40 年代初,长汀县的河田镇就与甘肃的天水、陕西的长安一起被列为全国的 3 个重点水土保持试验区,开始水土流失的治理,但收效甚微^[1]。长汀县以河田盆地为中心的水土流失治理一直到了 80 年代才逐渐起效。这主要得益于福建省政府于 1983 年将长汀河田定为全省治理水土流失的试点,2000 年又将其水土流失综合治理列为全省为民办实事项目。经过 20 多年的整治,长汀县的水土流失治理取得很大的成效^[2],已成为全国有效治理水土流失的典型区。

长汀县水土流失的最重要特征就是大面积的山丘裸露,植被稀少,气候炎热。当地群众将红土遍布的光秃山岭称为“火焰山”。因此,长汀县水土流失的治理主要采用生态恢复,通过种植大量林草来有效控制水土流失,同时也大大改善了区域的生态系统。由于植被是区域生态系统的重要组成部分,它通过蒸腾作用影响着地表的能量平衡,影响着地气之间的热交换形式,对区域气候的调节起着举足轻重的作用^[3,4],因此植被对区域热环境影响的遥感研究已成为近年来的一大热点。其中,基于植被指数或植被覆盖度与地表温度之间关系的研究最多,研究结论基本一致,即植被与地表温度之间呈负相关关系,植被具有降低地表温度的作用^[3,5-9]。但许多研究指出,在植被覆盖度与地表温度的相关度要比植被指数来得高,因此建议用植被覆盖度来研究植被的降温关系^[9-11]。研究表明,植被覆盖度每增加 10%,所产生的地表温度变化范围可从 0.3℃ 至 2℃^[8, 12-14]。

当前,植被覆盖度对热环境影响的研究几乎都集中在城市区域,而对农村和山区的研究很少。因此,本文将重点研究长汀县河田地区 1988—2010 年来的植被覆盖度变化及其伴随的热环境效应,这对于了解植被覆盖度变化对山区热环境的影响具有重要的科学意义,对长汀县进一步治理水土流失、恢复生态、改善区域热环境则具有重要的现实意义。

1 方法

1.1 研究区概况

长汀县地处福建西部,地理位置为东经 116°00′—116°40′,北纬 25°18′—26°02′。长汀属亚热带季风气候,年平均气温 18.3℃,年降雨量 1500—1700mm。长汀县的地形呈四周隆起,中部下凹的盆地特征,最低海拔 210m,最高海拔 1459m。从该县 1988 年的卫星影像可以直观看出(图 1),当时该县大部分为绿被所覆盖,但中部为白中泛红的裸土区,该区即为闻名的长汀河田水土流失区,也被称之为河田盆地。因此,本次研究将主要集中在河田盆地及其周边地区,面积约 869 km²(图 1)。通过盆地与周边地区的对比来考察它们之间的植被覆盖度和温度变化。

1.2 遥感影像数据及其预处理

当前,对区域热环境的监测主要依靠的是遥感热红外数据,而唯一能够提供 20 世纪 80 年代以来连续观测的热红外数据的只有美国的 Landsat 系列卫星。因此,本次研究选用 Landsat TM 影像作为遥感数据源。通

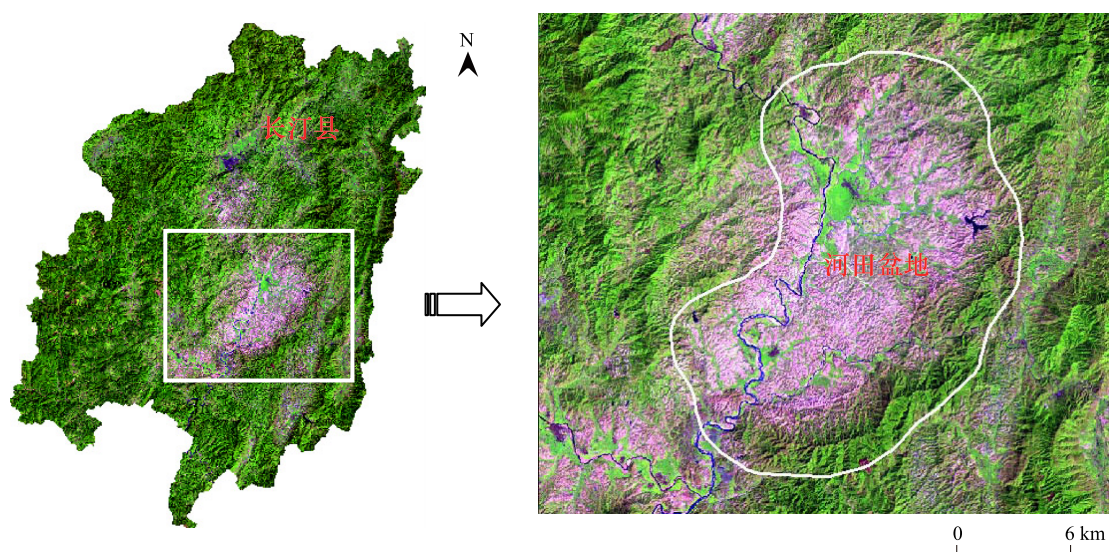


图1 研究区及河田盆地位置图

Fig.1 Map showing the locations of the study area and the Hetian Basin

过对其热红外波段(TM 6)的反演求出河田盆地区不同时期的地表温度,以考察该区的热环境变化。所用的影像的获取时间为:1988-10-16、1998-11-13、2004-10-12 和 2010-10-29。由于 2000 年之后是该县重点治理水土流失的十年,所以加入 2004 年时相,以加密对该时段的考察。

采用美国建立全国土地覆盖数据库(NLCD)使用的标准化流程对影像进行辐射校正,用 Chander 等^[15-16]和 Chavez^[17]的模型和参数将原始影像的灰度值转换为传感器处反射率,以减少不同时相的影像在地形、光照和大气等方面的差异;不同时相的影像之间采用二次多项式和最邻近象元法进行配准,配准的均方根误差小于 0.5 个象元。

1.3 植被覆盖度计算

当前,应用遥感技术进行植被覆盖度的估算已经得到广泛的应用。在近期环保部开展的中国近十年生态环境遥感调查项目的技术文件中,植被覆盖度(FVC)的反演采用的是 Gutman 和 Ignatov 提出的模型(以下简称 Gutman 模型)^[18],其主要表达式为:

$$FVC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (1)$$

$$NDVI = (\rho_{TM4} - \rho_{TM3}) / (\rho_{TM4} + \rho_{TM3}) \quad (2)$$

而另一常用的模型是 Carlson 和 Ripley 提出的模型(以下简称 Carlson 模型)^[19],其表达式为:

$$FVC = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2 \quad (3)$$

式中, ρ_{TM4} 和 ρ_{TM3} 分别代表 TM 4 和 TM 3 波段的反射率;NDVI 为归一化植被指数;NDVI_{min} 代表裸土的 NDVI 值;NDVI_{max} 代表高植被覆盖度的 NDVI 值。实际操作时,NDVI_{max} 取该指数影像的最大值;NDVI_{min} 则以影像全裸土象元的 NDVI 值代表。1988、2004、2010 年的 NDVI_{min} 值分别为:0.031, -0.009, -0.135。经此处理的 FVC 值都被统一到 0—1 之间。为和实际的覆盖度对比,也可以将 FVC 乘 100 以转化为百分比。

为了更准确地估算河田盆地区的植被覆盖度,本次研究根据模型的数学定义和研究区的实际情况,对二者进行了分析和讨论,以选择合适的模型。对比公式(1)和公式(3)可以发现,两个模型都是将 NDVI 指数值在其最大和最小值之间进行拉伸,使其归一化。二者的本质区别在于是否对 FVC 求平方。显然,求过平方的 FVC 值会明显降低,且在低值处表现得最明显。Carlson 和 Ripley^[19]根据与叶面积指数的对比认为,基于 NDVI 估算的 FVC 值在中低植被覆盖区容易造成明显的高估,因此必须对 FVC 求平方,但求过平方的 FVC 会在高植被覆盖区造成一定程度的低估。显然,NDVI 和 FVC 并不是一种简单的线性关系^[20-21]。据此,可以明确地知道,模型的选择主要取决于所研究地区的植被覆盖度情况,研究区的植被覆盖度不高时,应选择

Carlson 模型以避免高估植被覆盖度。反之,则应选择 Gutman 模型,以避免造成高植被区的低估。

为了对比两种模型,分别用以上两种 FVC 模型反演了研究区 2010 年 10 月 29 日 TM 影像的植被覆盖度,然后对其进行精度验证。验证采用 Wu 和 Murray 提出的与高分辨率影像对比的亚象元对比法。该方法不仅能检验精度,而且还可以将 FVC 模型求出的植被覆盖度和高分辨率影像所代表的实际植被覆盖度关联起来^[22]。首先,在所选择的近同期(2010 年 12 月 29 日) ALOS 2.5m 融合影像上,根据不同的植被覆盖度选用分层随机采样法选取了 100 个样点,在每个 TM 30m 象元样点所对应的 144 个 ALOS 2.5m 象元中,直接用人工作判读并计算出实际植被覆盖度,然后与模型求出的植被覆盖度进行对比,利用回归分析并计算系统误差(SE)来判断精度,SE 的公式如下:

$$SE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (FVC'_i - FVC_i) \quad (4)$$

式中, FVC' 为模型求出的植被覆盖度值; FVC 为实际的植被覆盖度值; n 为样本数。

精度验证的结果表明(图 2),两个模型都有一定程度地高估实际植被覆盖度,表现在二者的系统误差 SE 都是正值。但 Gutman 模型的高估更严重,SE 值为 18.33,比 Carlson 模型高出了 8.78(图 2)。由于河田盆地是低植被覆盖的水土流失区,因此 Carlson 经过求平方降低 FVC 值的模型显然更适合于该区的植被覆盖度估算。另外,Carlson 模型与实际植被覆盖度的吻合度(R^2)也要明显高于 Gutman 模型。因此,本次研究选用更适合于低植被覆盖区的 Carlson 模型来反演植被覆盖度。由于模型估算值已换算为百分率,所以根据系统误差 SE 判断,模型的反演精度大于 90%。

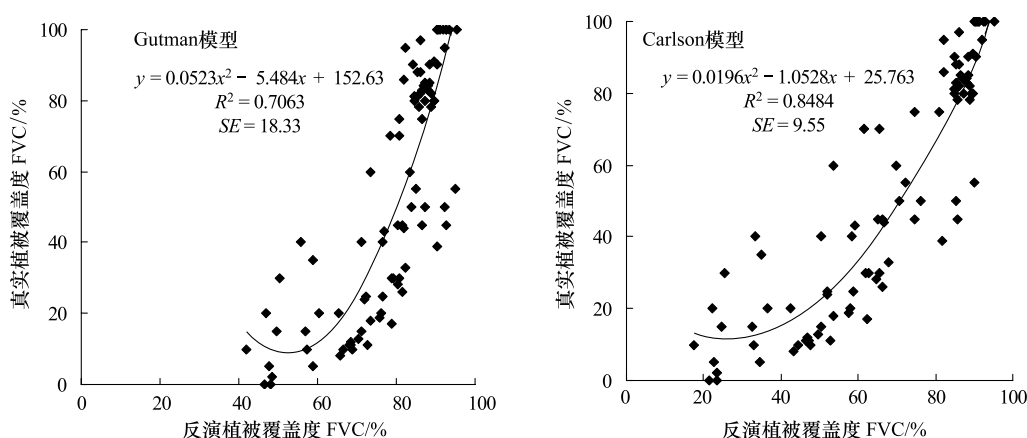


图 2 Gutman 模型和 Carlson 模型的精度比较 (方程都通过 0.1% 的显著性检验)

Fig. 2 Accuracy assessment between Gutman and Carlson models (Equations are significant at 0.001 level)

1.4 地表温度计算

温度主要根据 NASA 官方的 Landsat 用户手册^[23]进行计算:

$$L_6 = \text{gain} \times DN + \text{bias} \quad (5)$$

式中, L_6 为 Landsat TM 热红外 6 波段的象元在传感器处的辐射值; DN 为象元灰度值,gain 和 bias 分别为 6 波段的增益值与偏置值,可以从影像的头文件获得。

$$T = K_2 / \ln (K_1 / L_6 + 1) \quad (6)$$

式中, T 为传感器处温度值; K_1 和 K_2 分别为定标参数, $K_1 = 607.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1})$, $K_2 = 1260.56 \text{ K}$ 。

经过公式(6)计算的温度 T 必须进行比辐射率纠正^[24]才能成为地表温度 LST:

$$\text{LST} = T / [1 + (\lambda T / \rho) \ln \varepsilon] \quad (7)$$

式中, λ 为 TM 6 波段的中心波长 ($\lambda = 11.5 \mu\text{m}$); $\rho = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K}$; ε 为地表比辐射率,其取值见参考文献^[24]。

由于受到影像可获取性的限制,所选用影像的日期不尽一致,所以无法用它们的绝对温度值大小来对比所研究年份之间的温度变化。对此,可以借助城市热岛强度的概念。城市热岛研究中,不同年份之间的城市热岛变化,可以通过考察它们之间的热岛强度变化来确定^[25]。城市热岛强度是通过城市和周边农村地区的温差来表征的,因此本研究也可以通过考察河田盆地裸露区内的温度与其周边地区的温度之间的差异来考察不同年份的温度变化,通过计算各年份盆地中的平均温度和周边地区的平均温度差异(以下简称温差)来比较不同年份之间的温度变化。

2 结果与讨论

2.1 植被覆盖度变化

根据 Carlson 模型分别反演出各研究年份的植被覆盖度(图 3),并计算出它们的植被覆盖度(表 1)。从图 3 可以直观看出,植被覆盖度在这 22 年里有了明显的增加。具体表现为 1988 年的植被覆盖度影像最暗,说明植被覆盖度最低;盆地中心除了耕地的斑块外,几乎全为黑色和暗灰色,说明盆地中心基本裸露。而到了 2010 年,植被覆盖度影像明显变亮,特别是在盆地中部,说明盆地中心的植被覆盖度得以明显增加。表 1、表 2 的数据表明,植被覆盖度影像的均值从 1988 年的 48.83% 上升到 2010 年的 59.78%,提升了 10.95 个百分点,标准差也从 16.21% 减少到 12.88%,说明在这 22a 里,河田盆地区的植被覆盖度在增加的同时,差异性也在逐渐减小,植被覆盖度趋于统一。如果将研究的时间段分为 1988—1998 年和 1998—2010 年两个阶段,则前一个阶段整个研究区植被覆盖度年均增加 0.32%,而后一个阶段年均增加达 0.65%,比前一个阶段快了 1 倍多。如果从 1998 年以后细分的两个阶段来看,1998—2004 年年均增加 0.68%,2004—2010 年为 0.62%,慢于前 6a。如果单就盆地内而言,其植被覆盖度的增加幅度就更为明显,从 1988 年的 39.09% 提升到 2010 年的 53.05%,大幅上升了 13.96 个百分点。而其中有近 10 个百分点是 1998—2010 年的后一阶段增加的。

表 1 研究区各年份植被覆盖度

Table 1 Statistics of fraction vegetation cover of each study year

	1988		1998		2004		2010	
	研究区	盆地内	研究区	盆地内	研究区	盆地内	研究区	盆地内
均值 Mean/%	48.83	39.09	51.98	43.50	56.08	48.55	59.78	53.05
标准差 Std. Dev. /%	16.21	15.45	16.73	15.05	13.05	13.23	12.88	12.96

表 2 研究区植被覆盖度变化

Table 2 Changes of fraction vegetation covers between study years

	1988—1998		1998—2010		1988—2010		1998—2004		2004—2010	
	研究区	盆地内	研究区	盆地内	研究区	盆地内	研究区	盆地内	研究区	盆地内
均值增加 Mean increase/%	3.15	4.41	7.80	9.55	10.95	13.96	4.10	5.05	3.70	4.50
年均均值增加 /% Annual mean increase	0.32	0.44	0.65	0.80	0.50	0.63	0.68	0.84	0.62	0.75

2.2 地表温度变化

图 4 和表 3 分别为地表温度的反演和统计结果。总的看来,随着植被覆盖度的升高,河田盆地区的热环境有明显的改善。图 4 表明,代表高温的亮白和浅灰色调在 1988 年占据了影像的大部分地区,而到了 2010 年,影像以灰和暗灰色调为主,亮白色的高温仅零星分布。从表 3 可知,河田盆地内和盆地外的平均温差从 1988 年的 3.39℃ 下降到 2010 年的 2.48℃,降低了 0.91℃,盆地区的标准差也从 1.48℃ 减少到 1.4℃,说明盆地内外的温差在缩小,温度趋于统一。从 1988—1998 年和 1998—2010 年两个时间段来看,前一个时段的温差从 1988 年的 3.39℃ 下降到了 1998 年的 3.29℃,仅降低了 0.1℃;而 2010 年则进一步下降到 2.48℃,降低了 0.81℃,明显多于前一个时期。如果就 1998 年以后来看,1998—2004 年的 6a 间下降了 0.44℃,而同样的 2004—2010 年的 6a 间只下降了 0.37℃,少于前 6a。

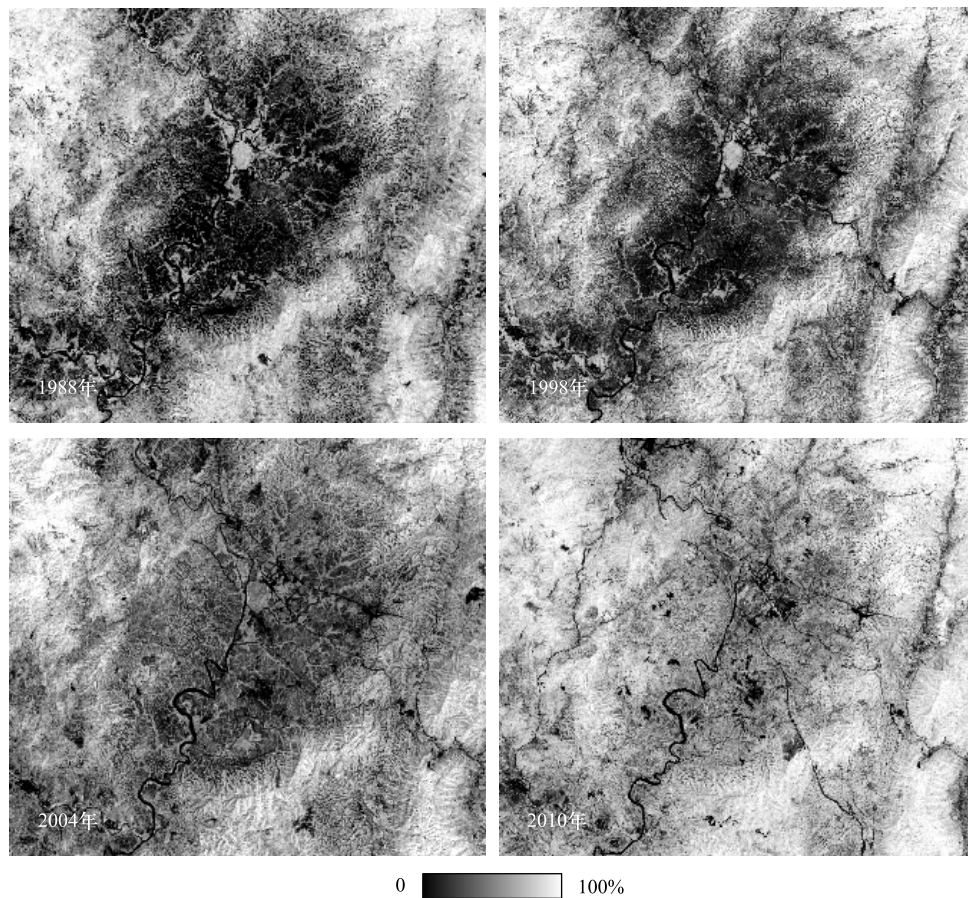


图3 各年份植被覆盖度影像(颜色越浅,植被覆盖度越高)

Fig.3 FVC images of each study year (the brighter the image, the higher the fraction vegetation cover)

表3 研究区盆地内外地表温度差异

Table 3 Land surface temperature (LST) differences between the area inside and outside basin

	1988		1998		2004		2010	
	盆地内 Inside	盆地外 Outside	盆地内	盆地外	盆地内	盆地外	盆地内	盆地外
均值 Mean/℃	22.31	18.92	18.95	15.66	22.78	19.93	14.5	12.02
标准差 Std. Dev./℃	1.48	1.69	1.53	1.7	1.38	1.68	1.4	1.92
温差 LST difference	3.39		3.29		2.85		2.48	

2.3 空间分布变化

图5是通过遥感变化检测技术(红绿-差值影像法)^[26-27]获得的研究区植被覆盖度和地表温度的变化图。该方法利用三原色原理,以绿色代表植被覆盖度上升或温度降低区,差值越大,颜色越绿;以红色代表植被覆盖度下降或温度上升区,差值越大,颜色越红;而黄色(红绿的混色)则代表植被覆盖度或温度的不变区。

从植被覆盖度变化图来看,盆地周边的地区由于是人类干扰较少的山区,植被覆盖较好,且长时间无明显变化,所以主要呈黄色,代表植被覆盖度基本没变化。而盆地内及其边缘的沟谷区主要呈绿色,说明这22年来,植被覆盖度增加的地区主要在盆地内,长汀县为治理河田盆地内严重的水土流失所采取的封山育林、植树造林的措施收到明显的成效;代表植被覆盖度降低的红色斑块只是零散地分布于研究区中,这主要是位于盆地中心的河田镇区所在地的建设和居住用地的扩张导致的植被覆盖度下降。而部分见于山区的零散红色斑块则是由于火烧山引起的地表裸露造成的植被覆盖度降低。

从地表温度的变化来看,则可以发现,凡是植被覆盖度上升的位置,地表温度就下降,表现为绿色;而植被

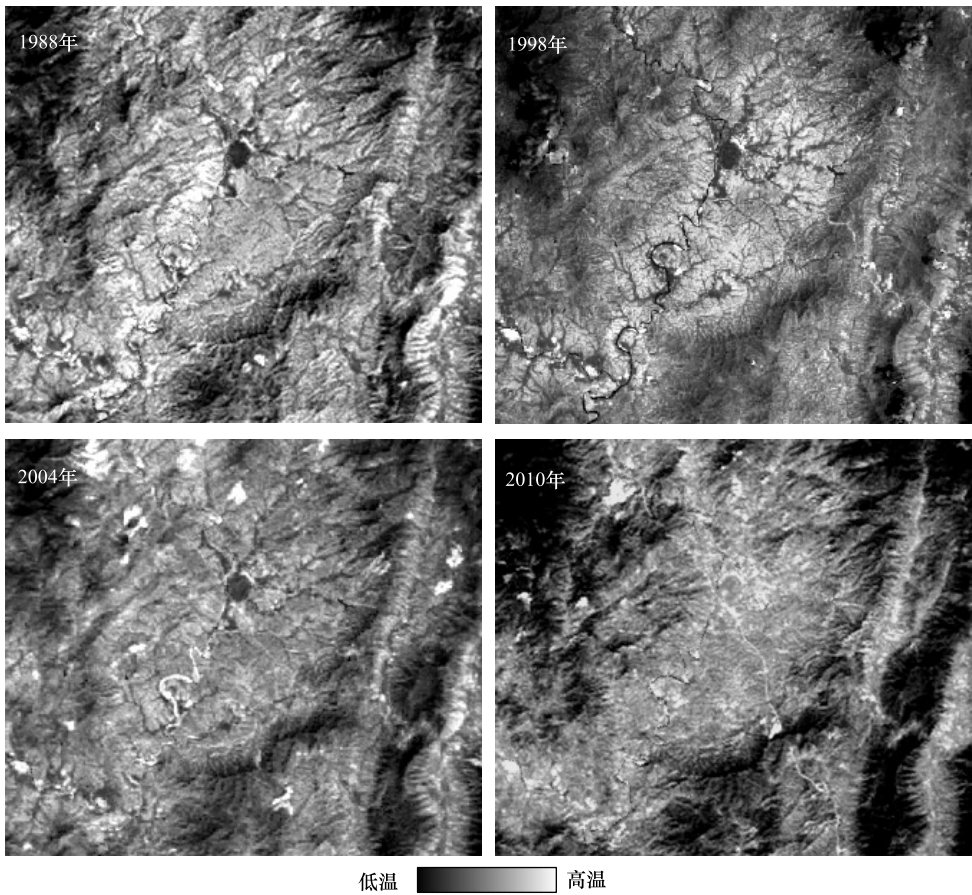


图4 各年份地表温度影像 (颜色越浅, 温度越高)

Fig. 4 Land surface temperature images (LST) of each study year (the brighter the image, the higher the LST)

覆盖度下降得地方, 地表温度则表现为上升的红色, 红色斑块的位置也基本吻合。可见植被覆盖度的变化直接影响着地表温度的升降, 二者有密不可分的关系。

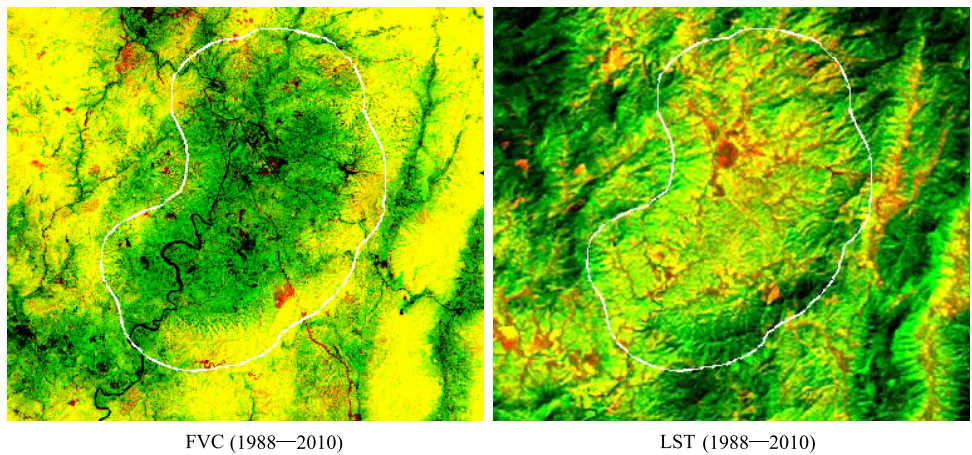


图5 变化检测图植被覆盖度变化地表温度变化

Fig. 5 Change detection images, FVC change, LST change

绿色代表植被覆盖度上升或温度降低区, 红色代表植被覆盖度下降或温度上升区, 黄色代表植被覆盖度或温度不变区

2.4 植被覆盖度和地表温度的关系分析

为了进一步分析植被覆盖度的热环境效应, 分别将各年份的植被覆盖度影像和它们对应的地表温度影像

做回归分析。在影像上按 5×5 的网格随机采样,每个年份共采 23000 个样本,大样本量有助于统计分析的代表性和客观性。

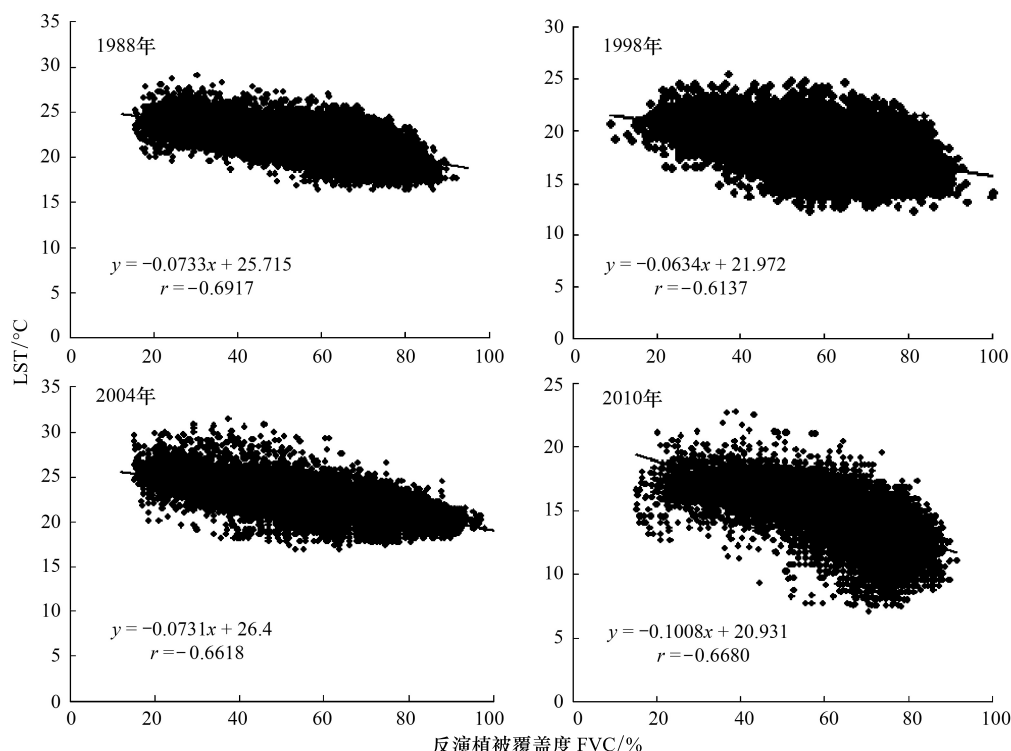


图6 植被覆盖度与地表温度关系的回归分析 (方程都通过 0.1% 的显著性检验)

Fig. 6 Regression analysis of the relationship between fraction vegetation cover and LST (Equations are significant at 0.001 level)

从各年份的回归模型来看,植被覆盖度都和地表温度呈线性负相关关系,说明植被覆盖度的升高会使地表温度降低。从所获得的回归方程来看,在河田盆地区,植被覆盖度每提升 10%,最少可以降低 0.6℃ 的地表温度。如果从最新的 2010 年回归模型来看,植被覆盖度每提升 10%,则降低的地表温度可达到 1℃,从而不断改善了区域的热环境。

现有植被覆盖度与温度关系的研究都集中在城市区,其地表热交换的形式以建筑不透水面的显热形式为主,植被覆盖度的增加会使得原有的显热交换不同程度地转变为潜热交换,从而导致地表温度下降,但下降幅度因地而异。如植被覆盖度每增加 10%,在美国圣巴巴拉市会降低地表温度 1.6℃^[8],在长春会降低 0.6℃^[10],在深圳会降低 0.3—0.6℃^[12],在上海会降低 0.47℃^[13],在重庆会降低 0.5—2℃^[14]。与这些研究不同的是,本次研究区为山区,少有建筑用地,地表以水土流失造成的大片裸土分布为特征。在地表能量平衡中,裸土的土壤热通量是造成地表温度上升的主要原因。因此,水土流失治理增加的植被覆盖度会使地表热交换从原先的土壤热通量为主转变为植被的潜热交换为主,从而降低了地表温度。在所研究的 4 个年份中,植被覆盖度每增加 10%,可减低地表温度 0.6—1℃。由于山区与城市的地表覆盖类型明显不同,而城市之间的地表覆盖类型也不尽相同,所以植被覆盖度的降温幅度明显因地而异。

3 结论

长汀县河田盆地区的水土流失治理工作已带来了明显的成效。22a 里,该区的植被覆盖度有了明显的增加。整个研究区的平均植被覆盖度从 1988 年的平均 48.83% 上升到 2010 年的 59.78%。在这期间,新增的植被大部分都在盆地内,其平均植被覆盖度的增幅明显高于整个研究区。植被覆盖度的上升,使得盆地与周边地区的地表温度差异下降了近 1℃,盆地内外温度逐渐统一,盆地内外高温差情况得到改善。从所划分的两个阶段来看,1998—2010 年的后一阶段,无论是植被覆盖度的升高或地表温差的降低都要比 1988—1998

的前一阶段明显。这表明 2000 年福建省政府将长汀县的水土流失治理列为为民办实事项目后,进一步推进了该区的水土流失治理工作。

河田盆地区的植被覆盖度和地表温度呈明显的线性负相关关系,植被覆盖度每增加 10%,大致可降低地表温度 0.6—1℃。

在现有两种常用的植被覆盖度遥感估算模型中,Carlson 模型比 Gutman 模型更适合于中低植被覆盖地区的植被覆盖度估算,将其应用于河田盆地区的植被覆盖度反演可获得更高的精度。

References:

- [1] Wu G S, Lin H H, Zhu H J, Sha J M, Dai Y. Spatiotemporal variation of typical red soil eroded landscape pattern: A case study in Changting County of Fujian Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(7): 1825-1832.
- [2] Zhao Z B. Study on treatment of soil and water loss area with forest-grass measures in Hetian Basin of Fujian province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1987, (1): 37-40.
- [3] Wilson J S, Clay M, Martin E, Stuckey D, Vedder-Risch K. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86: 303-321.
- [4] Carlson T N, Arthur S T. The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective. *Global Planet Change*, 2000, 25:49-65.
- [5] Zhang Y, Odeh I O A, Han C. Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2009, 11: 256-264.
- [6] Yue W Z, Xu J H, Xu L H. An analysis on eco-environmental effect of urban land use based on remote sensing images: A case study of urban thermal environment and NDVI. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 25(5): 1450-1460.
- [7] Xu H Q. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, 29(14), 4269-4276.
- [8] Roberts D A, Quattrochi D A, Hulley G C, Hook S J, Green R O. Synergies between VSWIR and TIR data for the urban environment: An evaluation of the potential for the Hyperspectral Infrared Imager (HyspIRI) Decadal Survey mission. *Remote sensing of Environment*, 2012, 117: 83-101.
- [9] Weng, Q H, Lu D S, Schubring J. Estimation of land surface temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 2004, 89(4): 467-483.
- [10] Li H P, Zhang S Q, Sun Y. Study of relationship between urban land vegetation coverage and land surface temperature based on linear spectral mixture analysis. *Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*, 2010, 27(6): 739-747.
- [11] Zhang C L, Yu H, Gong P, Ju W M. Relationship between land brightness temperature and vegetation abundance in Wuhan city. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(5): 740-744.
- [12] Zhang X F, Wang Y L, Wu J S, Li W F, Li Z G. Study on land surface temperature vegetation cover relationship in urban region: A case in Shenzhen city. *Geographical Research*, 2006, 25(3): 369-377.
- [13] Li J X, Song Y C, Fu H N. Correlation between land surface temperature and rate of green space coverage in central area of Shanghai. *Shanghai Environmental Sciences*, 2003, 22(9): 599-601.
- [14] Peng Z, Liao H P, Guo Y T, Li Q. Influence of land cover change on land surface temperature in the mountainous city. *Geographical Research*, 2009, 28(3): 673-684.
- [15] Chander G, Markham B L. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003, 41(11): 2674-2677.
- [16] Chander G, Markham B L, Helder DL. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113: 893-903.
- [17] Charvz P S Jr. Image-based atmospheric corrections-Revisited and revised. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1996, 62(9): 1025-1036.
- [18] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of Remote sensing*, 1998, 19(8): 1533-1543.
- [19] Carlson T N, Ripley D. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 62: 241-252.

- [20] Jiang Z Y, Huete A R, Chen J, Chen Y H, Li J, Yan G J, Zhang X Y. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 101: 366-378.
- [21] Weng Q H. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2009, 64(4): 335-344.
- [22] Wu C, Murray A T. Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84: 493-505.
- [23] NASA. Landsat 7 Science Data Users Handbook. <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov> (last date accessed: May 5, 2012).
- [24] Nichol J. Remote sensing of urban heat islands by day and night. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2005, 71(6): 613-621.
- [25] Wang Y, Hu F. Variations of the urban heat island in summer of the recent 10 years over Beijing and its environment effect. *Chinese Journal of Geophysics*, 2006, 49(1): 61-68.
- [26] ERDAS. ER Mapper User's Guide. 2008. http://www.erdas.com/Libraries/Tech_Docs/ERDAS_ER_Mapper_User_s_Guide.sflb.ashx (last date accessed: May 5, 2012)
- [27] Xu H Q. Analysis on urban heat island effect on the dynamics of urban surface biophysical descriptors. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(14): 3890-3901.

参考文献:

- [1] 赵昭明. 福建河田盆地水土流失地区用林草措施治理的研究. *水土保持学报*, 1987, 1(1): 81-89.
- [2] 武国胜, 林惠花, 朱鹤健, 沙晋明, 戴文远. 典型红壤侵蚀景观的时空变化——以福建长汀为例. *应用生态学报*, 2011, 22(7): 1825-1832.
- [6] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华. 基于遥感影像的城市土地利用生态环境效应研究——以城市热环境和植被指数为例. *生态学报*, 2006, 25(5): 1450-1460.
- [10] 李华朋, 张树清, 孙妍. 基于光谱混合分析的城市植被覆盖度与地表温度关系的研究. *中国科学院研究生院学报*, 2010, 27(6): 739-747.
- [11] 张春玲, 余华, 宫鹏, 居为民. 武汉市地表亮温与植被覆盖关系定量分析. *地理科学*, 2009, 29(5): 740-744.
- [12] 张小飞, 王仰麟, 吴健生, 李卫锋, 李正国. 城市地域地表温度-植被覆盖定量关系分析——以深圳市为例. *地理研究*, 2006, 25(3): 369-377.
- [13] 李俊祥, 宋永昌, 傅徽楠. 上海市中心城区地表温度与绿地覆盖率相关性研究. *上海环境科学*, 2003, 22(9): 599-601.
- [14] 彭征, 廖和平, 郭月婷, 李清. 山地城市土地覆盖变化对地表温度的影响. *地理研究*, 2009, 28(3): 673-684.
- [25] 王郁, 胡非. 近10年来北京夏季城市热岛的变化及环境效应的分析研究. *地球物理学报*, 2006, 49(1): 61-68.
- [27] 徐涵秋. 基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析. *生态学报*, 2011, 30(14): 3890-3901.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 10 May, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Soil and Water Conservation of County Changting, Fujian Province

- Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years XU Hanqiu (2946)
- Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian Province, China XU Hanqiu, HE Hui, HUANG Shaolin (2954)
- Dynamic of soil organic carbon pool after restoration of *Pinus massoniana* in eroded red soil area HE Shengjia, XIE Jinsheng, ZENG Hongda, et al (2964)
- RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China YANG Ranran, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2974)
- Land use changes in a reddish soil erosion region of Southern China: Hetian Basin, County Changting LIN Na, XU Hanqiu, HE Hui (2983)
- Remote-sensing estimate of the carbon storage of subtropical *Pinus massoniana* forest in the Hetian Basin of County Changting, China HUANG Shaolin, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2992)
- Mutation of soil fertility quality in the red eroded area of southern China: A case study in Changting County, Fujian Province CHEN Zhiqiang, CHEN Zhibiao (3002)

Frontiers and Comprehensive Review

- The temperature dependence of soil organic matter decomposition and CO₂ efflux: a review SHEN Zhengtao, SHI Bin, WANG Baojun, et al (3011)
- Progress and prospects on cyanobacteria bloom-forming mechanism in lakes MA Jianrong, DENG Jianming, QIN Boqiang, et al (3020)

Autecology & Fundamentals

- Characteristics of concentrations and carbon isotope compositions of dissolved inorganic carbon in soil water under varying vegetations in karst watershed LIANG Xuan, WANG Zhijun, YUAN Daoxian, et al (3031)
- The traits of diapause development of overwinter eggs in *Rammeacris kiangsu* Tsai (Orthoptera: Arcypteridae) ZHU Daohong, CHEN Yanyan, ZHAO Qin (3039)
- Analysis of gamete compatibility between *Crassostrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (3047)

Population, Community and Ecosystem

- Avifaunal community structure and species diversity in the Mt. Qomolangma National Nature Reserve, Tibet, China WANG Bin, PENG Boyong, LI Jingjing, et al (3056)
- Impact of logging on carbon density of broadleaved-Korean pine mixed forests on Changbai Mountains QI Lin, YU Dapao, ZHOU Wangming, et al (3065)
- Community structure and species diversity of fish assemblage in the coastal waters of Jiaozhou Bay XU Binduo, ZENG Huihui, XUE Ying, et al (3074)
- Assessment of heavy metal contamination in the soil-plant system of the *Suaeda salsa* wetland in the Yellow River Estuary WANG Yaoping, BAI Junhong, XIAO Rong, et al (3083)
- The effects of different original state on grassland community restoration succession YANG Chen, WANG Wei, WANG Shiping, et al (3092)
- Effects of fertilization gradients on plant community structure and soil characteristics in alpine meadow WANG Changting, WANG Genxu, LIU Wei, et al (3103)
- Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (3114)

- Soil organic carbon pool at the western side of the sygera mountains, southeast Tibet, China MA Heping, GUO Qiqiang, LIU Heman, et al (3122)
- Correlation between foliar $\delta^{13}\text{C}$ and foliar trait factors of dominant species in *Castanopsis carlessii* forests in Lingshishan National Forest Park WANG Yingzi (3129)
- Influences of artificial *Kandelia obovata* mangrove forest rehabilitation on the macrobenthos in Ximen Island HUANG Li, CHEN Shaobo, CHOU Jianbiao, et al (3138)
- Responses of soil microbial properties in soil profile to typical vegetation pattern and slope in karst-cluster depression area FENG Shuzhen, SU Yirong, QIN Xinmin, et al (3148)
- Correlation among vegetation characteristics, temperature and moisture of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (3158)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- The temporal and spatial variation of the value of ecosystem services of the Naoli River Basin ecosystem during the last 60 years ZHAO Liang, LIU Jiping, TIAN Xuezhi (3169)
- Sensitivity analysis of climate control in the Daisyworld model based on system dynamics CHEN Haibin, TANG Haiping (3177)
- Resource and Industrial Ecology**
- Analysis of key climatic factors influencing on seed cotton yield in cotton-wheat double cropping HAN Yingchun, WAN Guoping, FAN Zhengyi, et al (3185)
- The effect of low-covered sand-fixing forest belts on restoration of the soil and vegetation JIANG Lina, YANG Wenbin, LU Qi, et al (3192)
- Dissolution rate under soil in karst areas and the influencing factors of different land use patterns LAN Jiacheng, FU Wali, PENG Jingtao, et al (3205)
- Measuring external benefits of agricultural land preservation: an application of choice experiment in Wuhan, China CHEN Zhu, JU Dengping, ZHANG Anlu (3213)
- Research Notes**
- Effect of temperature and feeding frequency on asexual reproduction and polyp growth of the scyphozoan *Cyanea nozakii* Kishinouye SUN Ming, DONG Jing, CHAI Yu, LI Yulong (3222)
- The research on *Buteo hemilasius* nest-site selection on the west bank of Dalai Lake in Dalai Lake Natural Reserve ZHANG Honghai, WANG Ming, CHEN Lei, et al (3233)
- Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology ZHANG Shusheng, BAO Yixin, WANG Yanni, et al (3241)

《生态学报》2013 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,探索自然奥秘,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,300 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

本期责任副主编 高玉葆

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 33 卷 第 10 期 (2013 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 10 (May, 2013)

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