

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

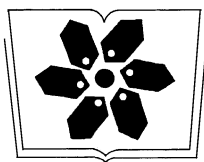
Acta Ecologica Sinica



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/stxb201205130701

杨冉冉,徐涵秋,林娜,何慧,曾宏达. 基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地区土壤侵蚀定量研究. 生态学报, 2013, 33(10): 2974-2982.

Yang R R, Xu H Q, Lin N, He H, Zeng H D. RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 2974-2982.

基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地区 土壤侵蚀定量研究

杨冉冉¹, 徐涵秋^{1,*}, 林娜¹, 何慧¹, 曾宏达^{1,2}

(1. 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;

2. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007)

摘要:以 RS、GIS 和 RUSLE 模型为主要技术,选取典型的土壤侵蚀区福建省长汀县河田盆地区为研究区,通过对模型因子的合理选择,估算了该地区 1988 年、1998 年和 2010 年的土壤侵蚀量,实现土壤侵蚀状况的定量评价和动态监测。结果表明:在 1988 年至 2010 年期间,研究区土壤侵蚀状况得到明显改善,平均土壤侵蚀模数由 $4259.11 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 下降为 $1280.09 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,年侵蚀量由 252.42 万 t 下降至 75.87 万 t;中度及其以上侵蚀面积由 176 km^2 减少至 62.69 km^2 ,微度侵蚀面积由 225.85 km^2 增加至 358.9 km^2 。研究结果说明近 22 年来针对长汀河田盆地区土壤侵蚀的治理所采取的措施是卓有成效的。长汀河田盆地区水土流失进一步重点治理的区域应集中在盆地中心及其西北部等地区的高程低于 400 m、植被覆盖度为 20%—50% 的地区。

关键词:遥感;地理信息系统;RUSLE;水土流失;长汀

RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China

YANG Ranran¹, XU Hanchu^{1,*}, LIN Na¹, HE Hui¹, ZENG Hongda^{1,2}

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

2 College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

Abstract: The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), supported by remote sensing and geographical information system techniques, was used to quantitatively estimate the soil erosion amount of the Hetian basin area of County Changting in Fujian province, southeastern China. The Hetian area is a typical reddish soil erosion area in South China, and thus is selected as a study area. We evaluated the soil erosion intensity of the area in the years of 1988, 1998 and 2010, respectively, using the RUSLE but with the factors more suitable for the study area. The RUSLE is expressed as $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$, where A is the annual mean soil erosion modulus, R is the rainfall erosivity factor, K is the soil erodibility factor, LS is the combined slope length and slope steepness factor, C is the vegetation cover management factor, and P is the soil and water conservation support practice factor. The R factor was calculated using the monthly rainfall of 1988, 1998, and 2010, and the results were 332.12, 296.40, and 345.14, respectively. According to the soil type map and the K values assigned to the corresponding soil types, we acquired the K grid surface. For the LS factor, we obtained it from a 30m digital elevation model (DEM) of the study area and created the LS grid surface using the ArcGIS. To obtain the C surface, we firstly calculated the vegetation fraction cover from three Landsat TM images of the study years, and then

基金项目:教育部创新团队项目(IRT0960)

收稿日期:2012-05-13; 修订日期:2012-09-25

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

evaluated the C value. The P factor was determined based on land use types. Similar to the K factor, we assigned different P values to the corresponding land use types, and obtained the P surface for the three study years. Besides, all the factors were converted from English units to metric units, and to GRID format in the same coordinate system of WGS84. By overlaying all the six RUSLE factors described above, we generated the resultant map of estimated soil loss amount for the study area in each study year. The field verification indicated that the accuracy of the estimation could be as high as 86.51%. Results showed that during the period from 1988 to 2010, the soil erosion in the Hetian basin area was reduced greatly. The average erosion modulus decreases from $4259.11 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in 1988 to $1280.09 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in 2010, and the corresponding annual soil loss amount also decreases from 2.5242 million tons per year to 0.7587 million tons per year. Moreover, the cover area of moderate- to severe-erosion grades declines from 176 to 62.69 km^2 , while the weak-erosion area increases from 225.85 to 358.9 km^2 in the same period. These findings indicate that the treatment of soil erosion in the Hetian basin area and the protection of local ecological environment are quite successful. Further control of the soil loss in the area should focus on the center and northwest basin areas, particular in the areas with elevation below 400m and vegetation fraction cover between 20% and 50%.

Key Words: remote sensing; geographic information system; RUSLE; soil erosion; Changting

土壤侵蚀及其引发的一系列生态环境问题,包括土地资源减少、旱涝灾害加剧、水体污染加重等,正严重威胁着人类的生存和发展,成为世界各国普遍关注的热点问题之一。因此,针对土壤侵蚀的研究也一直在进行着,尤其是 20 世纪 90 年代以来,RS 和 GIS 技术的迅速发展为土壤侵蚀的定量化提供了有力工具。土壤侵蚀定量评价方法主要以土壤侵蚀评价模型为核心,国内外学者通过对土壤侵蚀规律进行的大量研究,在建立土壤侵蚀模型方面取得了丰硕的成果^[1]。其中,最为著名、应用最为广泛的是美国于 20 世纪 60 年代初开发的通用土壤侵蚀方程(USLE)及其后改进版的通用土壤侵蚀方程(RUSLE)^[2]。Nyakatawa 等人在美国阿拉巴马州的农业试验站,应用 RUSLE 模型定量估算并比较分析了不同水土保持措施下的土壤侵蚀量,得出了作物覆盖对降低土壤侵蚀起着关键性作用的结论^[3];Terranova 等人采用 RUSLE 和 GIS 定量分析评价了位于地中海的 Calabria 地区的土壤侵蚀状况,为当地政府及规划部门提供了决策依据^[4];Park 等人依据 RUSLE 的原理对韩国境内流域 20a 间的土壤侵蚀状况进行风险评估,发现其年均土壤侵蚀模数逐渐增加,并且到 2020 年将会进一步增大^[5];Marcus 等成功地在实验室内模拟径流实验,并顺利求解出 RUSLE 模型各因子参数,计算了土壤侵蚀量,从而证明了传统的野外径流实验也可在室内模拟进行^[6]。在我国,学者们根据各地区实际情况对 USLE/RUSLE 进行了相应的修正和改进。卜兆宏等研究了水土流失定量遥感方法的新进展,并在太湖流域建立了可供长期使用的水土流失定量遥感监测系统^[7];章文波、刘宝元结合我国水土保持现状,提出新的中国土壤流失方程(CSLE),但只能应用于坡面或田间土壤侵蚀预报^[8];方刚清、阮伏水、周伏建、黄炎和等也都根据福建地区的实地情况,对 RUSLE 模型中的有关因子做出相应调整,使其更适合于福建土壤侵蚀的计算^[9-11]。

福建省长汀县的河田镇一带,是闻名全国的典型南方丘陵红壤侵蚀区。各级政府和当地人民一直为其治理进行着不懈的努力。因此,对于长汀河田地区的土壤侵蚀状况进行动态监测和评价具有重要的意义。本次研究对河田盆地区 1988—2010 年间的土壤侵蚀状况进行了定量估算和评价,以期为该地区水土流失的进一步治理提供科学的决策依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

福建省长汀县河田盆地^[12]位于福建省西部,东经 $116^{\circ}18'$ — $116^{\circ}32'$,北纬 $25^{\circ}35'$ — $25^{\circ}44'$,气候类型属亚热带季风气候,灾害性天气较多,年平均气温 18.3°C ,年降水量 1500 mm;研究区植被主要为马尾松林,土壤类型以花岗岩风化而成的酸性红壤为主,抗侵蚀能力较差,极易发生水力侵蚀。本次的研究区主要包括河田

盆地及其周边地区,面积 533.4 km²(图 1)。

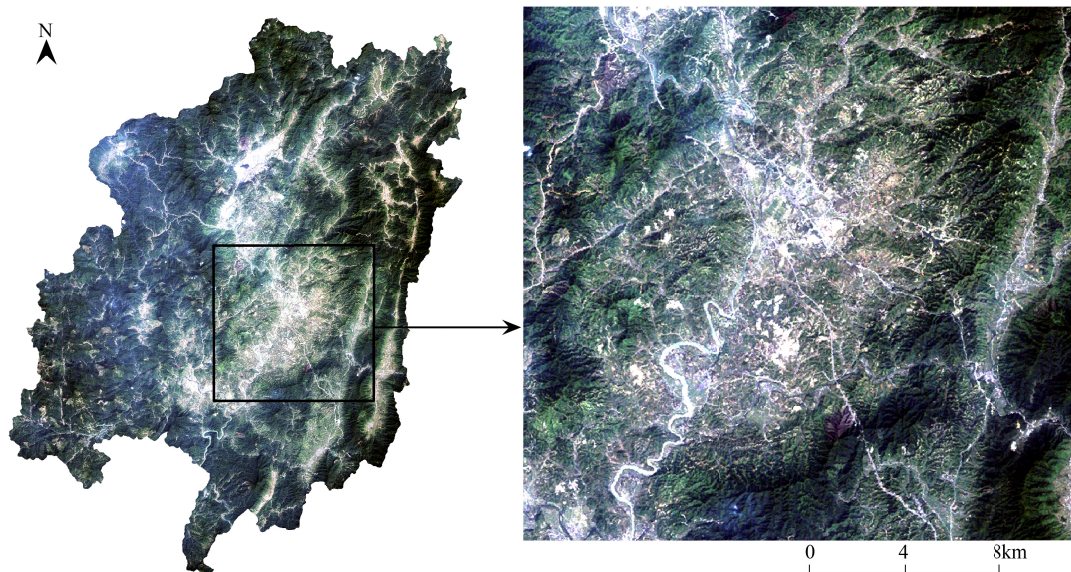


图 1 长汀县 2010 年 Landsat 遥感影像和研究区位置图(RGB:321)

Fig.1 2010 Landsat image of County Changting and the location of the study area (RGB: 321)

1.2 RUSLE 模型

RUSLE 方程定义为^[13-14]:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

式中, A 表示年均土壤侵蚀量, R 为降雨侵蚀力因子, K 为土壤可侵蚀性因子, LS 为坡度坡长因子, C 为作物管理因子, P 为水土保持措施因子。

本文采用的数据有:经过几何精校正和配准的 1988 年、1998 年和 2010 年的 Landsat TM 影像及其对应的土地利用分类影像图,1:5 万土壤类型图,DEM 和 1985 年至 2010 年的月降雨量数据。主要借助遥感软件 ER Mapper 和 ArcGIS,分别计算出公式中的各因子值,并将各因子统一为 WGS84 坐标系统下的 GRID 图层,然后根据 RUSLE 的形式,将各因子相乘,获得河田盆地及其周边地区的土壤侵蚀强度等级数据和图件。

1.3 RUSLE 各因子值的确定

1.3.1 降雨侵蚀力因子 R 值的估算

降雨侵蚀力因子 R 值反映的是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,它是降雨物理特征的函数,难以直接测定。因此,各种估算 R 的方法也就应运而生^[10-11]。本文应用周伏建等提出的适用于福建地区的简便算法来求解 R 值^[10]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} -1.5527 + 0.1792p_i \quad (2)$$

式中, p_i 为月降雨量。根据长汀气象站 1985—2010 年的逐月降雨量数据,计算出研究区 1988、1998、2010 年的 R 值,分别为 332.12、296.40、345.14。

1.3.2 土壤可侵蚀性因子 K 的获取

K 因子用来表征土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀及搬运的难易程度,即土壤的抗侵蚀特性。抗侵蚀能力强的土壤 K 值低,反之则高。其取值与土壤颗粒大小、结构以及有机质含量等密切相关。Sharply 和 Williams 把土壤可侵蚀性因子 K 的计算公式发展为^[15]:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 \text{SAN}(1 - \text{SIL}/100)]\} \cdot \left[\frac{\text{SIL}}{\text{CLA} + \text{SIL}}\right]^{0.3} \cdot \left[1.0 - \frac{0.25c}{c + \exp(3.72 - 2.95c)}\right] \cdot \left[1.0 - \frac{0.7 \text{SN}_1}{\text{SN}_1 + \exp(-5.51 + 22.9 \text{SN}_1)}\right] \quad (3)$$

式中, SAN 为砂粒含量(%), SIL 为粉砂含量(%), CLA 为粘粒含量(%), c 为有机碳含量(%), $\text{SN}_1 = 1 - \text{SAN}/100$ 。

方纲清、阮伏水等依据上述原理求得福建省主要土壤类型的 K 值^[9]。本文根据研究区土壤类型图及相关文献得出以下 K 值^[9,16-17]: 渗育水稻土 0.2447、潯育水稻土 0.3391、潜育水稻土 0.212、漂白型水稻土 0.2、渐沙土 0.223、紫色土 0.2131、红泥土 0.255、山地草甸土 0.2440、黄壤 0.228、黄红壤 0.2303、粗骨性红壤 0.2549、硅铝质红壤 0.1711、硅质红壤 0.1961、硅铝铁质红壤 0.2546、侵蚀红壤 0.2708、水 0。然后将以上 K 值赋给已有的土壤类型图,生成 K 值因子图层。

1.3.3 坡度坡长因子 LS 的获取

坡长 L 和坡度 S 因子反映了地形地貌对土壤侵蚀的影响,通常为侵蚀动力的加速因子。RUSLE 中采用的坡长因子计算公式为^[18]:

$$L = (\lambda/22.1)^\alpha \quad (4)$$

$$\alpha = \beta/(\beta + 1) \quad (5)$$

$$\beta = (\sin\theta/0.0896)/[3.0(\sin\theta)^{0.8} + 0.56] \quad (6)$$

RUSLE 模型中推荐计算 S 因子的公式为^[19]:

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin\theta + 0.03, & \theta < 5^\circ \\ 16.8 \sin\theta - 0.50, & \theta \geq 5^\circ \end{cases} \quad (7)$$

式中, 22.1 是 RUSLE 标准小区的坡长,单位为米, α 是坡长指数, λ 是水平投影坡长, β 代表细沟侵蚀与细沟间侵蚀的比率, θ 是坡度。

Hickey 和 Van Remortel 根据上述算法,用 AML 和 C++语言编制了自动提取 LS 因子的程序^[20-21],并提供于个人网页上。本文根据该程序提取了 LS 因子,并生成了相关图层。

1.3.4 植被覆盖与管理因子 C 的确定

植被覆盖与管理因子 C 是指在相同的土壤、坡度和降雨条件下,某一特定作物或植被情况下的土壤流失量与耕种过后连续休闲土地的土壤流失量的比值^[13],它对土壤侵蚀起着抑制作用。本次研究采用蔡崇法等人的方法^[22],即根据植被覆盖与管理因子 C 与植被覆盖度 c 的关系公式进行 C 值的估算,其值介于 0—1 之间。具体过程如下:

(1) 求解植被覆盖度 c ^[23]

$$c = \left(\frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}}{\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}}\right)^2 \quad (8)$$

式中, NDVI 为象元归一化植被指数值, $\text{NDVI}_{\max}$ 为最大值,即纯植被像元的 NDVI 值, $\text{NDVI}_{\min}$ 为最小值,即全裸土象元的 NDVI 值。

(2) 解算植被覆盖与管理因子 C ^[22]

$$C = 0.6508 - 0.3436 \lg c \quad (9)$$

当植被覆盖度大于等于 78.3% 时,基本不会发生土壤侵蚀,故 C 值设为 0;当植被覆盖度为 0 时,土壤侵蚀量最大, C 值设为 1^[22]。当植被覆盖度介于 0 到 78.3% 之间时,可将植被覆盖度进行如上式的转换运算,最终得到 3 个时相的植被覆盖和管理因子图。

1.3.5 水土保持措施因子 P 的确定

水土保持措施因子 P 是指特定水土保持措施下的土壤流失量与相应未实施该措施的顺坡种植时的土壤流失量之比值^[13],它是侵蚀动力的抑制因子,起着保持水土的作用。 P 值范围为 0—1,其值越小,表示水土保

持措施对土壤侵蚀的抑制作用越明显;等于 0,说明不发生土壤侵蚀;等于 1,表明未采取任何措施或抑制作用完全失效。已有研究中经常采用土地利用类型赋值的方法来确定 P 值。本文参考已有的相关研究结果^[17,22,24-26]来确定研究区不同土地利用类型的 P 值:水田 0.01、阔叶林 0.2、针叶林 0.4、竹林 0.4、草 0.7、建筑用地 1、裸地 1、沙地 1、水体 0,并将其分别赋给 3 个年份的土地利用图,得到相应的 P 值因子图。

1.4 土壤侵蚀量的计算

将上述获取的各因子图层导入 ArcGIS 中,并转换为栅格大小均为 30 m×30 m 的 GRID 数据,应用软件的相关功能,将各因子图进行连乘;由于 RUSLE 模型的单位是英制,所以将其乘以 224.2 转换为公制单位 $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$,得到各像元的土壤流失量。根据土壤侵蚀的试验结果,参考中国水利部 2007 年制定的《土壤侵蚀分类分级标准》^[27],将研究区的土壤侵蚀强度等级划分为 6 个等级,制作出研究区 1988、1998 和 2010 年的土壤侵蚀强度等级分布图(图 2)。

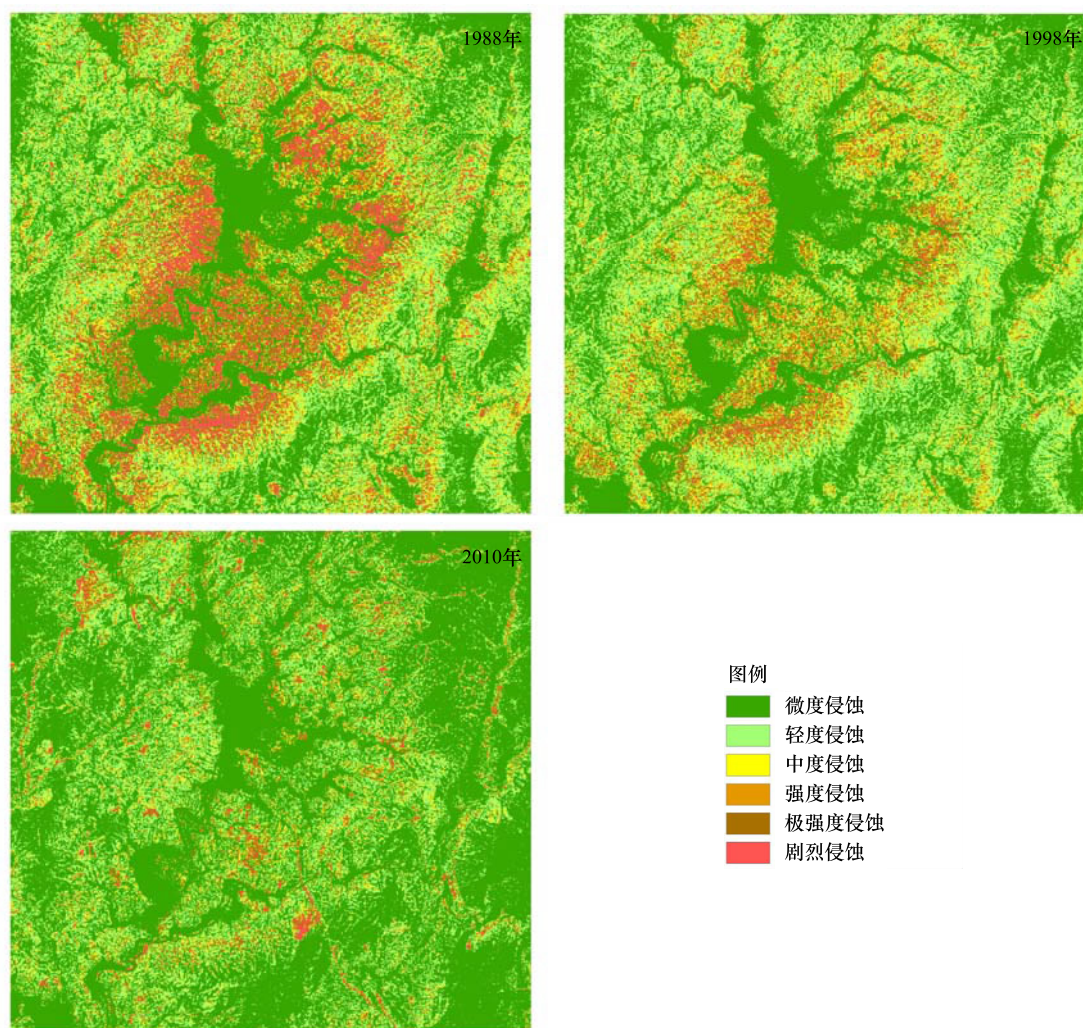


图 2 三时相土壤侵蚀强度等级分布图

Fig. 2 The distribution map of soil erosion intensity in three time phases

1.5 精度验证

于 2010 年 11 月在河田一带进行野外实地验证,共验证了 126 个点,将其按图 2 划分的 6 个侵蚀等级归类,然后与 2010 年 RUSLE 模型计算结果的分类等级进行对比验证;其中分类等级一致的有 109 个点,不一致的有 17 个点,得出实验的总精度为 86.51%。

2 结果与讨论

2.1 研究区 1998—2010 年土壤侵蚀及其变化

在计算出各像元的土壤侵蚀量和土壤侵蚀等级图后,对上述各图层进行相关的统计分析。结果表明,在 1988 年至 2010 年的 22 年间,年均侵蚀模数由 1988 年的 $4259.11\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 分别下降至 1998 年的 $2067.02\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 2010 年的 $1280.09\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$;相应地,年侵蚀量也从 252.42 万 t 分别降为 122.5 万 t、75.87 万 t,这说明自 20 世纪 80 年代开始对长汀河田土壤侵蚀的治理已取得明显成效,土壤侵蚀状况逐渐减轻。从不同侵蚀等级的变换来看(表 1):自 1988 年至 2010 年,中度及其以上侵蚀面积总共减少了 113.31 km^2 ,剧烈侵蚀等级面积减少了 34.55 km^2 ,微度侵蚀面积则增加了 133.05 km^2 ;尤其是在 1998 年至 2010 年的后 12a 间,微度土壤侵蚀的面积增幅达 115.47 km^2 ,土壤侵蚀状况的好转程度尤为明显。这表明自 2000 年开始新一轮的大规模治理以来,当地的土壤侵蚀强度得以显著降低。

表 1 研究区各年份的侵蚀强度等级及其面积
Table 1 Soil erosion intensity grades and their cover area in the study area

侵蚀等级 Erosion grade	平均侵蚀模数 Average erosion modulus $/(\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1})$	1988		1998		2010	
		面积/ km^2	比例/%	面积/ km^2	比例/%	面积/ km^2	比例/%
		Area	Percentage	Area	Percentage	Area	Percentage
微度 Weak	<500	225.85	42.34	243.43	45.64	358.9	67.29
轻度 Slight	500—2500	131.55	24.66	166.77	31.27	111.81	20.96
中度 Moderate	2500—5000	62.61	11.74	62.3	11.68	31.04	5.82
强烈 Intense	5000—8000	34.69	6.5	28.83	5.41	13.2	2.47
极强烈 Extremely intense	8000—15000	36.52	6.85	22.16	4.15	10.82	2.03
剧烈 Severe	>15000	42.18	7.91	9.91	1.86	7.63	1.43

另外,对 3 个时相的不同土壤侵蚀等级进行两两对比,并做出相应的转移矩阵。限于篇幅,本文只列出 1988 年至 2010 年的转移矩阵(表 2),从中可以看出:1988—2010 年间,各侵蚀等级均有不同程度的转移;其中,1988 年中度及以上侵蚀等级中共有 131.9 km^2 分别转化为 2010 年的微度侵蚀等级(66.38 km^2)和轻度侵蚀等级(65.52 km^2);这种大面积的由强转弱转移,说明该地区土壤侵蚀得到有效遏制。但也看出,在 2010 年剧烈侵蚀等级的 7.63 km^2 中有 4.7 km^2 是由 1988 年非剧烈侵蚀的等级转化而来的,反映出这 22a 间土壤侵蚀状况在总体得到改善的同时,也存在着局部加剧的情况。

表 2 1988—2010 年不同侵蚀等级面积转移矩阵/ km^2
Table 2 Conversion matrix of different erosion grades from 1988 to 2010

1988	2010 / km^2						1988 年总计 Total in 1988
	微度 Weak	轻度 Slight	中度 Moderate	强烈 Intense	极强烈 Extremely intense	剧烈 Severe	
微度 Weak	203.17	14.69	3.78	1.77	1.38	1.06	225.85
轻度 Slight	89.35	31.6	5.64	2.07	1.78	1.11	131.55
中度 Moderate	32.31	21.11	5.03	1.85	1.28	1.03	62.61
强烈 Intense	14.6	13.27	3.75	1.5	0.97	0.6	34.69
极强烈 Extremely intense	11.66	15.45	4.72	2.1	1.69	0.9	36.52
剧烈 Severe	7.82	15.7	8.12	3.9	3.72	2.93	42.18
2010 年总计 Total in 2010	358.9	111.81	31.04	13.2	10.82	7.63	533.4

2.2 土壤侵蚀的空间分布特征

将研究区的 DEM 划分为 4 个海拔高程带:<400 m、400—600 m、600—800 m、>800 m,并分别与三时相的土壤侵蚀模数图层进行叠加,利用 ArcGIS 的空间分析功能进行计算得出:<400 m 高程带的平均侵蚀模数、侵

蚀面积及侵蚀量均为最大。这表明<400 m 高程带是该区发生土壤侵蚀的主要区域。

进一步将 3 个年份的植被覆盖度图层按植被覆盖度大小划分为四级:<20%、20%—50%、50%—80%、>80%,然后分别与三时相的土壤侵蚀模数图层进行叠加。经统计分析得知:侵蚀量最大的区域在 1988 年集中在植被覆盖度<20%的地区;而到了 1998 年和 2010 年,侵蚀量最大的区域则集中在植被覆盖度介于 20%—50%的区域,分别占对应年份侵蚀总量的 71.78%和 48.22%。

为了找出今后该区水土流失治理的重点区域,进一步将以上空间分析找出的严重水土流失区进行叠加,即将 2010 年<400 m 高程带、植被覆盖度为 20%—50%、土壤侵蚀度等级为强度及其以上的 3 个图层进行叠加,找出三者的共同区域,这些区域就是该区今后水土流失应重点治理的区域(图 3)。

以上根据最新的 2010 年数据确定的重点水土流失治理区域表明,该区的水土流失主要发生在高程在 400 m 以下的地区。其原因是由于这一地区多为盆地中的河流沿岸区,是人类活动的密集区。人类的各种生活生产活动、长期存在的林权纠纷、大规模的滥砍滥伐、火烧山等^[28],都给这一区域的自然植被带来了很大的破坏,因此这一区域的植被覆盖率低、土壤裸露,抗蚀能力差;加上区域降雨量大,暴雨冲击多,导致该区域成为最严重的水土流失区。显然,尽量减少人类活动的破坏,有效提高区域植被覆盖度,是今后治理水土流失的重要举措。

3 结论

(1) 利用 RUSLE 模型,结合 RS、GIS 技术,可以有效地对长汀河田地区的土壤侵蚀状况进行定量评价和分析。研究的关键在于各模型因子的算法选取及模型参数的“本地化”。本文结合研究区的实际情况,经过比较分析,从诸多因子算法中选定了较适合于长汀河田地区的计算方法。经野外实测验证,计算精度达 86.51%。说明实验方法合理可行。

(2) 长汀河田地区的土壤侵蚀状况在 1988—2010 年的 22a 间得到显著改善,表现在土壤平均侵蚀模数大幅下降,中度及其以上侵蚀面积显著减少。尤其是自 1998 至 2010 年的后 12a 间,土壤侵蚀由强转弱的程度更为明显。

(3) 土壤侵蚀强度的空间分析表明,研究区内<400 m 高程带和植被覆盖度为 20%—50%的地区,是发生严重土壤侵蚀的主要区域,是今后水土流失治理的重点区域。针对高程<400 m 的地区,可继续实施封禁措施;对于植被覆盖度为 20%—50%的地区,进一步执行退耕还林和低效林改造,有效提高植被覆盖度。

(4) 研究区的土壤侵蚀状况总体上呈良性转化趋势,但是自 1988 年到 2010 年仍有小面积的非剧烈侵蚀强度转向剧烈侵蚀,存在着“整体好转,局部加剧”的现象,说明该地区的治理工作仍处于关键性阶段。

致谢:刘智才、王琳、黄绍霖、陈文惠、张清林和陈淑桂等同志参加了野外调查工作,特此致谢。

References:

- [1] Zheng F L, Liu F, Yang Q K, Jiang Z S. Review of research progress in soil erosion prediction model. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(6): 16-18.
- [2] Bu Z H, Sun J Z, Zhou F J, Tang W L, Xi C P. A study on quantitative Remote Sensing method of soil erosion and its application. *Acta Pedologica Sinica*, 1997, 34(3): 235-244.

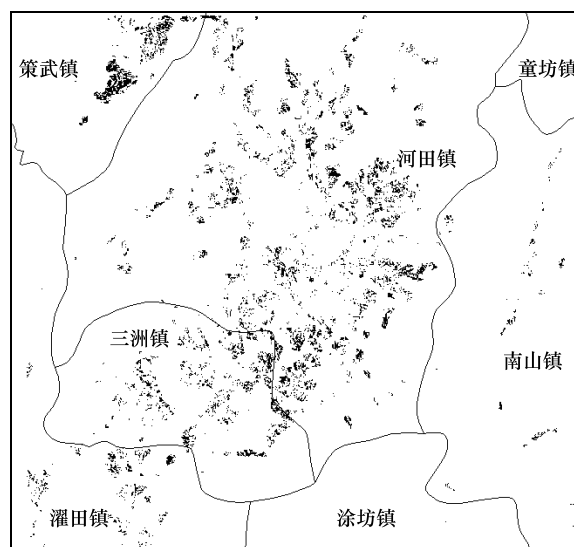


图 3 研究区 2010 年严重水土流失区(黑色图斑代表严重水土流失区)

Fig. 3 Distributions of the serious soil loss areas in the study area in 2010

- [3] Nyakatawa E Z, Jakkula V, Reddy K C, Lemunyon J L, Norris J. Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2. 0 model. *Soil and Tillage Research*, 2007, 94(2): 410-419.
- [4] Terranova O, Antronico L, Coscarelli R, Iaquina P. Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 2009, 112(3/4): 228-245.
- [5] Park S Y, Che Y O, Jeon S W, Hui C J, Choi C L. Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised universal soil loss equation. *Journal of Hydrology*, 2011, 399(3/4): 263-273.
- [6] Schindewolf M, Schmidt J. Parameterization of the EROSION 2D/3D soil erosion model using a small-scale rainfall simulator and upstream runoff simulation. *Catena*, 2011, 91: 47-55.
- [7] Bu Z H, Tang W L, Yang L Z, Xi C F, Liu F X, Wu Y J, Tang H N. The progress of quantitative Remote Sensing method for annual soil losses and its application in Taihu lake catchments. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(1): 1-9.
- [8] Zhang W B, Liu B Y. Development of Chinese soil loss equation information system based on GIS. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 89-92.
- [9] Fang G Q, Ruan F S, Wu X H, Guo Z M. Preliminary study on soil erodibility characteristics of the main soil in Fujian province. *Fujian Soil and Water Conservation*, 1997, (2): 19-23.
- [10] Zhou F J, Chen M H, Lin F X, Huang Y H, Lu C L. The rainfall erosivity index in Fujian province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, 9(1): 13-18.
- [11] Huang Y H, Lu C L, Zheng T F, Fu Q, Xu J J. Study on rainfall erosivity index in southeastern Fujian. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1992, 6(4): 1-5.
- [12] Zhao Z B. Study on treatment of soil and water loss with forest grass measures in Hetian basin of Fujian province. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1987, 1(1): 81-89.
- [13] Renard K G, Foster R, Weesies G, McCool D K, Yoder D C. Predicting rainfall erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *USDA Agriculture Handbook*, 1997, 703: 1-367.
- [14] Wischmeier W H, Mannering J V. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Science Society of America Journal*, 1969, 33(1): 131-137.
- [15] Sharply A N, Williams J R. EPIC—Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. Washington, D C: USDA Technical Bulletin, 1990: 3-9.
- [16] Lü X X, Shen R M. A preliminary study on the values K of soil erodibility factor. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1992, 6(1): 63-70.
- [17] Chen Y H, Pan W B, Cai Y B. Quantitative study on soil erosion in watershed based on RS, GIS and RUSLE—a case study of the Jixi watershed in Fujian Province. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2007, 18(3): 5-10.
- [18] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses. United States Department of Agriculture (USDA). Washington D C: USDA Agricultural Handbook, 1978.
- [19] McCool D K, Brown L C, Foster G R, Mutchler C K, Meyer L D. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. *Transactions of the ASAE*, 1987, 30(5): 1388-1396.
- [20] Nearing M A. A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. *Soil Science Society of America Journal*, 1997, 6(3): 917-919.
- [21] Van Remortel R D, Maichle R W, Hickey R J. Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. *Computers and Geosciences*, 2004, 30(9/10): 1043-1053.
- [22] Cai C F, Ding S W, Shi Z H, Huang L, Zhang G Y. Study of applying USLE and Geographical Information System IDRISI to predict soil erosion in small watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(2): 19-24.
- [23] Choudhury B J, Ahmed N U, Idso S B, Reginato R J, Daughtry C. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. *Remote Sensing of Environment*, 1994, 50(1): 1-17.
- [24] Huang J L, Hong H S, Zhang L P, Du P F. Study on predicting soil erosion in Jiulong river watershed based on GIS and USLE. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(5): 75-79.
- [25] Qi S H, Jiang X M, Yu X B. Evaluating soil erosion in Jiangxi Province with USLE model and remote sensing technology during 1995—2005. *China Environmental Science*, 2011, 31(7): 1197-1203.
- [26] Xu Y Q, Shao X M. Estimation of soil erosion supported by GIS and RUSLE: a case study of Maotiaohe watershed, Guizhou Province. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(4): 67-71.
- [27] Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Standards for Classification and Gradation of Soil Erosion SL 190—2007. Beijing: China Water Power Press, 2008: 3-8.
- [28] Chen Z Q. Desertification induced by water erosion and its combat of Hetian town in Changding county, Fujian province. *Progress in Geography*,

1998, 17(2): 65-70.

参考文献:

- [1] 郑粉莉, 刘峰, 杨勤科, 江忠善. 土壤侵蚀预报模型研究进展. 水土保持通报, 2001, 21(6): 16-18.
- [2] 卜兆宏, 孙金庄, 周伏建. 水土流失定量遥感方法及其应用的研究. 土壤学报, 1997, 34(3): 235-244.
- [7] 卜兆宏, 唐万龙, 杨林章, 席成藩, 刘复新, 吴嘉裕, 唐合年. 水土流失定量遥感方法新进展及其在太湖流域的应用. 土壤学报, 2003, 40(1): 1-9.
- [8] 章文波, 刘宝元. 基于 GIS 的中国土壤侵蚀预报信息系统. 水土保持学报, 2003, 17(2): 89-92.
- [9] 方纲清, 阮伏水, 吴雄海, 郭志明. 福建省主要土壤可蚀性特征初探. 福建水土保持, 1997, (2): 19-23.
- [10] 周伏建, 陈明华, 林福兴, 黄炎和, 卢承隆. 福建省降雨侵蚀力指标 R 值. 水土保持学报, 1995, 9(1): 13-18.
- [11] 黄炎和, 卢程隆, 郑添发, 付勤, 许建金. 闽东南降雨侵蚀力指标 R 值的研究. 水土保持学报, 1992, 6(4): 1-5.
- [12] 赵昭昞. 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.
- [16] 吕喜玺, 沈荣明. 土壤可蚀性因子 K 值的初步研究. 水土保持学报, 1992, 6(1): 63-70.
- [17] 陈燕红, 潘文斌, 蔡莞嫔. 基于 RS/GIS 和 RUSLE 的流域土壤侵蚀定量研究——以福建省吉溪流域为例. 地质灾害与环境保护, 2007, 18(3): 5-10.
- [22] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 黄丽, 张光远. 应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRIS 预测小流域土壤侵蚀量的研究. 水土保持学报, 2000, 14(2): 19-24.
- [24] 黄金良, 洪华生, 张珞平, 杜鹏飞. 基于 GIS 和 USLE 的九龙江流域土壤侵蚀量预测研究. 水土保持学报, 2004, 18(5): 75-79.
- [25] 齐述华, 蒋梅鑫, 于秀波. 基于遥感和 ULSE 模型评价 1995—2005 年江西土壤侵蚀. 中国环境科学, 2011, 31(7): 1197-1203.
- [26] 许月卿, 邵晓梅. 基于 GIS 和 RUSLE 的土壤侵蚀量计算——以贵州省猫跳河流域为例. 北京林业大学学报, 2006, 28(4): 67-71.
- [27] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准 SL 190—2007. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 3-12.
- [28] 陈志清. 福建省长汀县河田镇的水蚀荒漠化及其治理. 地理科学进展, 1998, 17(2): 65-70.

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 vegetation 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