

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

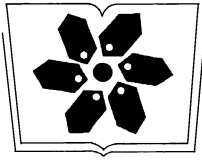
Acta Ecologica Sinica



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/stxb201205090684

陈志强, 陈志彪. 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. 生态学报, 2013, 33(10): 3002-3010.

Chen Z Q, Chen Z B. Mutation of soil fertility quality in the red eroded area of southern China: A case study in Changting County, Fujian Province. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 3002-3010.

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

(福建师范大学地理科学学院, 福州 350007)

摘要:以南方红壤侵蚀区典型区域福建省长汀县为研究区,将土壤肥力质量 10 个因子作为内部因子,坡度、植被覆盖度、水土流失强度等作为外部因子,构建土壤肥力质量演变的尖点突变模型,并分析土壤肥力质量演变分别与土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度的关系。研究表明:1)90 个样点中,突变的样点共 27 个,占 30%,稳定的样点共 63 个,占 70%;2)突变样点主要对应于土壤肥力质量等级 1 和等级 2(分别占突变样点总数的 48.15% 和 33.33%)、水土流失微度和轻度(分别占 37.04% 和 44.44%)、坡度 5—10° 和 10—15°(分别占 37.04% 和 40.74%)、植被覆盖度 >0.4 和 0.3—0.4(分别占 48.15% 和 37.04%);分叉集 Δ 与土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度都呈极显著($P < 0.01$)相关关系,皮尔逊相关系数绝对值的大小顺序为:水土流失强度 > 植被覆盖度 > 土壤肥力质量等级 > 坡度;突变主要发生于土壤肥力质量等级较高、水土流失强度较轻、坡度中等、植被覆盖较好的地点;3)土壤肥力质量演变时间相对较长,应根据中间过渡状态来判断是否产生突变;土壤肥力质量处于突变状态时可用较小投入产生较大效益,在关注严重水土流失区生态恢复与重建的同时,不应忽视突变区的治理。

关键词:土壤肥力质量;突变理论;尖点突变模型;长汀县

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

College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

Abstract: This study was conducted in Changting County, Fujian Province, the typical representative area of eroded red soil in Southern China. The internal factors namely ten soil fertility quality factors were selected and the soil fertility quality grade was generated by weighting ten factors based on SPSS. The external factors including soil and water loss intensity, slope and vegetation cover were estimated by 3S technique and field investigation, DEM and TM images, respectively. Mutations were achieved on the base of cusp mutation model constructed by the internal factors and the external factors, and then the relationships between soil fertility quality evolution and soil fertility quality grade, soil and water loss, slope, vegetation coverage were evaluated separately. The following conclusions were drawn from this research: 1) Among 90 soil samples, the numbers of mutational soils and stable soils were 27 and 63 respectively and their proportions took up 30% and 70% respectively. 2) The mutational soils distributed mainly in soil fertility quality grade 1 and 2 (48.15% and 33.33% respectively), very low and low soil and water loss (37.04% and 44.44% respectively), 5—10 degree and 10—15 degree slope (37.04% and 40.74% respectively), vegetation cover >0.4 and 0.3—0.4 (48.15% and 37.04% respectively).

基金项目:国家自然科学基金(40871141, 41001170, 41171232)

收稿日期:2012-05-09; **修订日期:**2012-09-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenzhb408@vip.163.com

respectively). There existed very significant correlations ($P < 0.01$) between Δ and soil fertility quality grade, soil and water loss, slope, vegetation cover respectively, and the order of absolute values of Pearson correlation coefficients was soil and water loss > vegetation cover > soil fertility quality grade > slope. Mutation mainly existed in the area where there is high soil fertility quality, low soil and water loss, moderate slope and high vegetation cover. 3) There is a long period during soil fertility quality evolution, and the discrimination of mutation should be based on the stability of intermediate transition. The more benefit would be achieved with less investment when soil fertility quality was mutational, so the treatment of mutational area should not be ignored while ecological restoration and rehabilitation in serious erosion region were took into account.

Key Words: soil fertility quality; catastrophe theory; cusp mutation model; Changting County

土壤对植被恢复具有重要作用,不仅影响植物群落的发生、发育和演替速度,决定着植物群落演替的方向^[1],而且对生态系统过程、生产力和结构等具有重要影响^[2]。土壤肥力质量是土壤的基本属性和本质特征,是土壤特性的综合反映,是揭示土壤条件动态变化的敏感指标,能体现人类活动对土壤肥力的影响,是度量退化生态系统功能恢复与维持的关键指标之一^[3]。在一定的生态条件下,已退化的土壤具有一定的恢复能力,这种特性被称为土壤复退性能^[4]。生态环境建设的成效在很大程度上取决于生态恢复与重建过程中土壤肥力质量的演化及其环境效应,只有系统中的土壤能够不断形成发育、正向演替,土壤肥力质量逐步得到提高并保持在较高水平,退化生态系统才能达到生态平衡和良性循环^[5]。因此,了解土壤肥力质量演变的规律,搞清哪些土壤容易复退,哪些土壤不易复退;哪些土壤可自然恢复,哪些土壤需要人为干预,是成功地防治土壤退化和恢复土壤生产力的先决条件^[4],是深化发展土壤学科的需要,更重要的是可以评价生态恢复与重建措施的合理与否,以便预测正在广泛开展的生态环境建设工程产生的效益^[5]。

突变理论是法国数学家雷内-托姆(Rene Thom)于1972年创立的一门研究突变的新兴数学,它建立于拓扑动力学、微积分、奇点理论及结构稳定性理论之上,是目前唯一研究由渐变引起突变的理论^[6]。突变理论认为,对连续平滑的变化,控制变量微小的扰动仅仅引起状态变量的微小增量;而位于临界点附近,控制变量的微小变化将导致状态变量的巨变。因此,突变理论的关键便是寻求状态变量发生突变的控制变量的取值,以揭示突变的形式及发生的机制^[7]。突变理论的出现引起各方面的重视,被称为“牛顿和莱布尼茨发明微积分三百年以来数学上最大的革命”^[8]。几十年来,突变理论已在化学^[9]、医学^[10]、计算机^[11]等方面取得了阶段性成果,在地学中的应用也逐渐增多,如地震^[12]、洪水^[13]和断层滑动^[14]等,但目前突变理论应用于土壤肥力质量演变的相关研究鲜见报道。

我国南方红壤地区面积约203.53万 km^2 ,占全国土地总面积的21%,水土流失面积超过60万 km^2 ,是南方面积最大、垦殖指数最高、水土流失最严重的区域,部分地域曾一度成为南方的“红色沙漠”^[15-16]。本文以南方红壤侵蚀区的典型代表长汀县为研究区域,将突变理论应用于土壤肥力质量演变,建立尖点突变模型,分析土壤肥力质量演变的关键影响因子,以期为我国南方红壤侵蚀区土壤肥力质量恢复提供理论依据与技术指导,有助于减少生态建设的盲目性。

1 研究区概况

长汀县位于东经116°00′45″—116°39′20″,北纬25°18′40″—26°02′05″,属中亚热带季风性湿润气候,年均气温为18.3℃,年均降雨量为1730.4mm,降雨年内分配为双峰型,降雨量集中,降雨强度大;地貌以丘陵为主,平地狭小,盆谷相间^[17];土壤类型以红壤为主,占土地总面积的79.81%;中部以河田盆地为中心的低山丘陵区人类活动剧烈,水土流失最为严重,原生植被破坏殆尽,以马尾松、灌丛等次生植被为主,由中部向边缘山区逐步过渡到以常绿阔叶林、竹林和针阔混交林为主^[17];由于地面植被遭到破坏,红色风化壳直接受到流水的强烈侵蚀,坡面呈现千沟万壑的景象。经过多年治理,水土流失强度有所降低,但与全省平均值相比,长汀县仍属福建省水土流失严重地区^[16];长汀县素有“八山一水一分田”之称,土地面积约3099.5 km^2 ,耕地面积约210 km^2 ,对于拥有近50万人口的长汀县来说,人均耕地仅为0.042 hm^2 ,具有人多地少的特点。据有关部门

统计,长汀县 2005 年农民人均劳动纯收入 3369 元,为福建省平均水平(4450.36 元)的 75.70%,尚有贫困人口 1.19 万人,占全省贫困人口数的 9.64%,是比较典型的生态脆弱和经济落后的县份^[18]。因其水土流失的严重性、典型性和治理的长期性,长汀县早在 20 世纪 40 年代就是全国仅有的 3 个设置水土保持试验站的县份之一,学术界已把长汀县作为研究福建省乃至中国南方红壤侵蚀区的典型区,进行了大量相关研究^[19]。

2 研究方法

2.1 土壤肥力质量因子测定与外部因子提取

2002 年 8 月,对长汀县以河田镇为中心的水土流失区进行土壤调查。针对每一种立地条件及土地利用方式布设样点,在每个样点周围随机采集 3 个位置的土壤样品,混合后形成 1 个混合样品;由于水土流失程度较强,相当部分样点土壤的表层甚至心土层已被剥蚀。为使各个样点具备可比性,当存在土壤垂直分层时,对土壤表层进行取样,当不存在垂直分层时取 0—20cm 的表土层;剔除根系、风干土样和分级过筛等处理后,对 90 个样点土壤进行化验^[19]。已有研究表明,红壤土壤肥力质量主要包括两大因素,一是物理因素,主要为有效土层厚度和土壤粘粒含量,二是以有机质为中心的肥力因素^[4]。因此,本研究选取的土壤肥力质量因子及其测定方法包括:有机质采用高温外热重铬酸钾氧化-容量法,全氮采用开氏消煮法,碱解氮采用碱解扩散法,全磷采用氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法,速效磷采用双酸浸提-钼锑抗比色法,全钾采用氢氧化钠熔融-火焰光度法,速效钾采用乙酸铵提取-火焰光度法,容重采用环刀法,pH 值采用 1:2.5 水浸-电位法,<2 μ m 黏粒质量分数采用氢氧化钠分散-吸管法。本研究根据林海明提供的方法,利用 SPSS 17.0 软件的因子分析模块,一步算出土壤肥力质量的主成分得分值,再通过自然断裂法进行分级^[20],将肥力质量分为 6 级,由高到低数值化为 1、2、3、4、5 和 6。

阮伏水等^[21]认为长汀土壤肥力质量变化的主导影响因子包括水土流失、地质、地貌、气候气象、植被、人类活动等。由于研究区岩石基本为花岗岩,且降水、温度等差异较小,因此,根据研究区实际情况及数据可获得性,选取水土流失强度、坡度和植被覆盖度作为影响土壤肥力质量演变的外部因子。在土壤采样过程中,对水土流失强度信息进行预判,再按照《全国土壤侵蚀动态遥感调查和数据库更新技术规程》,参考研究区第二次土壤侵蚀遥感调查成果(1995 年土壤侵蚀、土地利用图和遥感影像)和 2000 年 TM、SPOT 遥感影像、土地利用图、地形图以及其它相关资料,经综合分析后对野外预判的异常信息进行校正,最终生成各样点水土流失强度,包括微度流失、轻度流失、中度流失、强度流失、极强度流失和剧烈流失,数值化为 6、5、4、3、2 和 1;以研究区 1:1 万地形图为底图,在 ArcGIS9.0 中矢量化等高线,创建不规则三角网 TIN (Triangulated Irregular Network),将 TIN 转成数字高程模型 DEM (Digital Elevation Model),再从中提取坡度信息,将样点所处位置的坡度值赋予样点,坡度分级标准为:0—5°、5—10°、10—15°、15—20° 和 >20°,数值化为 1、2、3、4 和 5;在 ENVI4.5 中,以同期 TM 遥感影像为数据源(前期经过辐射校正、几何精校正、投影转换等处理),根据研究目的,对影像进行重采样、镶嵌和水体掩膜处理等,最后利用线性光谱分离技术提取研究区植被覆盖度。植被覆盖度分级标准为:0—0.1、0.1—0.2、0.2—0.3、0.3—0.4 和 >0.4,数值化为 1、2、3、4 和 5。在 SPSS 17.0 中,对数据进行标准差标准化,使各因子均值为 0,方差为 1,从而消除各因子量纲和自身变异的影响。

2.2 尖点突变模型

突变理论的研究对象之一是势函数,势函数通过状态变量和控制变量来描述系统行为^[6]。

若将内部因子 u 和外部因子 v 作为两个控制变量,把系统功能 x 作为状态变量,则可建立系统变化的尖点突变模型,其势函数为:

$$V(x) = x^4 + ux^2 + vx \quad (1)$$

式中, $V(x)$ 为势,即位置为 x 时的系统状态, u 、 v 为控制变量。当 $V'(x) = 0$ 时,系统处于平衡位置,系统所有临界点构成的平衡曲面方程为:

$$4x^3 + 2ux + v = 0 \quad (2)$$

平衡曲面有切线在满足式(3)的点附近:

$$V''(x) = 12x + 2u \quad (3)$$

由式(2)、式(3)消去 x 项可得到分叉集方程为:

$$\Delta = 8u^3 + 27v^2 \quad (4)$$

分叉集是系统发生突变与否的界限。系统控制变量的坐标落在分叉集内时,系统就会发生突变,否则就是平稳变化。即只有当 $\Delta \leq 0$ 时,系统才可能跨越分叉集发生突变,因此 $\Delta \leq 0$ 为系统突变的判断条件。 Δ 值的大小可以作为系统演化状态与临界状态的距离,称之为突变特征值,值越小则越易发生突变^[12]。就土壤而言,曲面的上叶表示土壤肥力良性循环,肥力质量稳定性较高,脆弱度较低,下叶表示土壤肥力循环受阻,肥力质量稳定性较差,脆弱度较高,功能比上叶差。系统从上叶到下叶或从下叶到上叶的突变表示系统发生突发性变化^[22](图 1)。

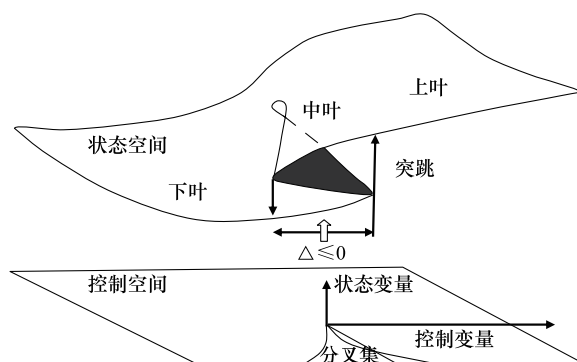


图 1 尖点突变模型

Fig. 1 Cusp mutation model

3 结果与分析

3.1 土壤肥力质量演变的建模与计算

南方红壤侵蚀区土壤肥力质量演变的影响因子可分为内部因子和外部因子。内部因子包括有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾、容重、pH 值和 $<2\mu\text{m}$ 黏粒质量分数,外部因子包括坡度、植被覆盖度和水土流失强度。若将内部因子 u 和外部因子 v 作为两个控制变量,把土壤肥力质量 x 作为状态变量,则可建立土壤肥力质量演变的尖点突变模型。根据林海明提供的方法,利用 SPSS17.0 软件的因子分析模块,一步算出内部因子 u 及外部因子 v 的主成分得分值^[20]。经计算, u 和 v 可以分别反映两组因子信息的 81% 和 79%。

将 u 和 v 代入尖点突变模型,经计算,90 个样点中, $\Delta \leq 0$ 的样点共 27 个,占 30%, $\Delta > 0$ 的样点共 63 个,占 70%。就土壤肥力质量等级而言,发生突变的样点主要集中于等级 1 和等级 2,分别占突变样点总数的 48.15% 和 33.33%,且肥力质量由高到低,发生突变的样点数目呈下降趋势;就水土流失强度而言,发生突变的样点主要集中于微度和轻度,分别占突变样点总数的 37.04% 和 44.44%,强度、极强度和剧烈三级对应的样点数目都为 0 个;就坡度而言,发生突变的样点主要集中于 5—10° 和 10—15°,分别占突变样点总数的 37.04% 和 40.74%,而 $>20^\circ$ 和 $<5^\circ$ 对应的样点数目最少,分别为 0 和 1 个;就植被覆盖度而言,突变样点最多的植被覆盖度为 >0.4 ,占突变样点总数的 48.15%,其次为 0.3—0.4,占 37.04%, <0.1 、0.1—0.2 和 0.2—0.3 三级的突变样点都较少(表 1)。

3.2 土壤肥力质量演变与影响因子的统计关系

采用 SPSS17.0 中的双变量相关对 Δ 与土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度的相关性分别进行分析。由表 2 可知, Δ 与土壤肥力质量等级呈正相关,与水土流失强度、坡度和植被覆盖度都呈负相关, Δ 与四者都呈极显著($P < 0.01$)的相关关系,即土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度都对 Δ 产生显著影响;皮尔逊相关系数绝对值的大小顺序为:水土流失强度 $>$ 植被覆盖度 $>$ 土壤肥力质量等级 $>$ 坡度,可见水土流失强度对 Δ 的影响最大,其次为植被覆盖度,最小为坡度。

3.3 土壤肥力质量演变的影响因子分析

花岗岩发育的土壤表层砂砾含量高而粘粒少,抗侵蚀性弱,加上风化壳中抗侵蚀性极弱的砂土层存在,成为该土壤水土流失特别严重的内在原因。同时,亚热带季风性湿润气候,丘陵、山地为主的地形,历史上乃至当今人类对山地的不合理利用尤其是对山地植被的大面积破坏,致使水土流失成为中国南方红壤侵蚀区尤其是南方花岗岩红壤侵蚀区最主要的制约因素之一^[21]。随着水土流失的发生和加剧,土壤经历了薄层化、养分

失衡、贫瘠化、砂质化和逆向发育等一系列退化过程,最终形成不长植被的“光板地”^[23]。几乎所有土壤肥力质量因子都随着水土流失强度的增强而呈递减趋势。经计算,微度水土流失区的土壤肥力质量因子均高于90个样点的平均值,轻度水土流失区土壤肥力质量因子稍高于平均状况,中度水土流失区土壤肥力质量因子与90个样点平均值较为接近,强度、极强度和剧烈水土流失区均低于平均值。例如,90个样点的全磷含量以39号(自叶岭,剧烈水土流失)最小,50号(五通岭风水林地,微度水土流失)最大,全氮含量以中度以上水土流失的10个样点最小,50号(五通岭风水林地,微度水土流失)最大。

表1 土壤肥力质量演变与影响因子的关系

Table 1 Relationship between soil fertility quality evolution and influence factors															
土壤肥力质量等级 Soil fertility quality grade	样点数目 Sample number (比例 Percentage/%)		总数 Total number	水土流失强度 Soil and water loss	样点数目 Sample number (比例 Percentage/%)		总数 Total number	坡度 Slope	样点数目 Sample number (比例 Percentage/%)		总数 Total number	植被覆盖度 Vegetation cover	样点数目 Sample number (比例 Percentage/%)		总数 Total number
	突变 Mutation	稳定 Stability			突变 Mutation	稳定 Stability			突变 Mutation	稳定 Stability			突变 Mutation	稳定 Stability	
1	13 (65.00)	7 (35.00)	20	微度	10 (58.82)	7 (41.18)	17	<5°	1 (5.56)	17 (94.44)	18	<0.1	0 (0)	36 (100.00)	36
2	9 (56.25)	7 (43.75)	16	轻度	12 (63.16)	7 (36.84)	19	5—10°	10 (26.32)	28 (73.68)	38	0.1—0.2	2 (12.50)	14 (87.50)	16
3	4 (14.81)	23 (85.19)	27	中度	5 (17.86)	23 (82.14)	28	10—15°	11 (44.00)	14 (56.00)	25	0.2—0.3	2 (33.33)	4 (66.67)	6
4	1 (6.67)	14 (93.33)	15	强度	0 (0.00)	14 (100.00)	14	15—20°	5 (83.33)	1 (16.67)	6	0.3—0.4	10 (76.92)	3 (23.08)	13
5	0 (0.00)	9 (100.00)	9	极强度	0 (0.00)	9 (100.00)	9	>20°	0 (0.00)	3 (100.00)	3	>0.4	13 (68.42)	6 (31.58)	19
6	0 (0.00)	3 (100.00)	3	剧烈	0 (0.00)	3 (100.00)	3								

表2 Δ与土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度的相关性

Table 2 Correlations between Δ and soil fertility quality grade, soil and water loss, slope and vegetation cover				
项目 Item	土壤肥力质量等级 Soil fertility quality grade	水土流失强度 Soil and water loss	坡度 Slope	植被覆盖度 Vegetation cover
皮尔逊相关系数 Pearson correlation	0.501 **	-0.699 **	-0.495 **	-0.507 **
假设检验 Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000
样本数 N	90	90	90	90

* * 在显著性水平 0.01 下相关性显著 Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

研究区面蚀主要集中在10—30°的坡地上,沟蚀和崩岗侵蚀集中在20—40°坡地上,滑坍等重力侵蚀集中在30—60°的坡地上,因此,在>20°的坡地上,面蚀、沟蚀、崩岗侵蚀等最为严重^[21],即随着坡度增加,水土流失不断加剧。坡度通过影响人为活动,也对水土流失分布规律产生影响。<5°的平地区,除已被开发成农地的区域外,因坡度较缓且水热等自然条件较好,容易开发利用,加之人口密度大,人类活动强度大,如工矿开采、铁路及高速路修建等,使自然植被受到破坏,导致土壤肥力质量出现较低级别;在>20°的坡地上,人类活动频繁,植被破坏较严重,重力梯度也较大,所以水土流失特别严重;处于5—15°坡地的土壤肥力质量因子一般高于上述两种坡地,如0—5°、5—10°、10—15°、15—20°、>20°的全氮分别为0.04、0.07、0.04、0.07、0.03 g/kg,全钾分别为17.23、28.79、29.72、45.32、18.50 g/kg。

随着土壤肥力质量恢复,植被覆盖度增加,植物生长产生的枯枝落叶和根系腐解物在土壤中积累和矿化,一方面把大部分无机营养元素归还土壤,另一方面改善了土壤的物理性质,土壤质地和通气状况变好^[24]。当土壤肥力质量恢复到一定阶段之后,植被群落稳定性增加,恢复速度应趋于变缓^[25]。随着植被覆盖度的增加,土壤肥力质量因子都随之呈现增大趋势。植被覆盖度<0.1区域土壤肥力质量因子明显低于90个样点平

均状况;植被覆盖度 0.1—0.2 及 0.2—0.3 区域的土壤肥力质量因子,除个别指标差异较明显外,绝大多数与平均状况非常接近;植被覆盖度 0.3—0.4 和 >0.4 区域的土壤肥力质量因子明显大于平均值。

未经治理的严重水土流失区,植物覆盖度极低,土壤极端贫瘠,土壤肥力质量要自然恢复的可能性很小。因而,水土流失为强度、极强度和剧烈,土壤肥力质量等级为 5 和 6,坡度 >20° 和坡度 <5°,植被覆盖度小于 0.3 的区域,土壤肥力质量发生突变的数目很少;经过生物和工程措施进行治理或通过封禁消除人为干扰,减轻了水土流失,改善了植物生存的小生境,地表覆盖先锋植物后,土壤肥力质量恢复才就此开始^[25]。由此可见,突变主要发生于土壤肥力质量等级较高、水土流失强度较轻、坡度中等、植被覆盖较好的地点。

4 讨论

长期以来,众多学者把突变理解成事物从状态的一种形式突然地跳跃到根本不同的另一种形式的不连续变化,包含着突然变化的瞬间过程^[26]。近年来,众多学者将突变理论应用于作用力或动力的渐变导致状态突变的现象,如地震、滑坡、围岩失稳等^[27],取得令人满意的结果。与地震、滑坡、围岩失稳等相比,生态系统对外部条件及环境压力的响应也常常是以非线性变化过程为特征,在明显事件的诱发下,生态系统有可能从一种状态转变为另一种形成强烈对比的稳定状态。土壤作为一个特殊的生态系统,其变化也遵循非线性特征,土壤的各单一因子或过程,“如土壤的养分含量和形态、土壤的生物学特性、土壤的生产力等会呈现突变的现象在许多试验研究中都可以见到。”^[28]。然而,与地震等现象相比,土壤肥力质量演变的时间相对较长。已有学者指出,小气候环境(如地表最高温度)在短时间内就可发生明显变化,而植物群落特征及土壤养分的改变却要相对缓慢得多,且土壤的形成远远落后于植被的演化^[19]。从长汀八十里河和水东坊 20a 的恢复与重建的历史来看,恢复森林生态系统的结构需 40a 左右,而恢复其土壤肥力则需 140a 左右^[19]。强度红壤水土流失区治理 24a 后,土壤的结构、渗透性、蓄水性能、养分特征、微生物性质及其抗侵蚀能力得到了改善,但土壤养分的恢复程度不高,土壤肥力质量要恢复到顶级群落的土壤水平还需漫长的时间^[16]。根据突变理论,判断转变方式是否为突变,不能用中间过渡态变化的快慢来决定,而必须根据转变过程中事物所经历的中间过渡状态是否稳定。若中间过渡状态为稳定,则转变属渐变过程;若为非稳定,则转变属突变过程^[26]。本研究中,长汀县从 40 年代即开展了一系列生态恢复与重建工作,经过 60 余年的时间,90 个样点中仅有 27 个样点产生突变,说明了土壤肥力质量恢复的艰巨性和时间上的漫长性。

由于土壤本身的高度复杂性以及干扰体系的多样性,土壤演变所表现出的类型、阶段、过程及其响应机理也各不相同^[28]。包维楷等^[29]把生态系统的退化过程归纳为:突变过程、渐变过程、间断不连续过程及复合退化过程。土壤肥力质量演变过程也可分为:①突变过程。如吴蔚东等认为江西省红壤地区杉木人工林从造林阶段到 5—8a 的幼林期,包括林地凋落物层、土层厚度、有机质、全氮、CEC、BS、pH 和速效氮、速效磷、速效钾在内的主要土壤质量性状大幅度退化^[30];传统的炼山造林可使杉木林地枯枝落叶和养分库呈突变形式退化^[31];吕春花等认为黄土高原子午岭地区植被自然恢复 1—140a 阳坡梁坡地土壤质量演变过程中,植被恢复初期土壤质量综合指数呈快速增长^[32];②渐变过程。如郝文芳等通过分析黄土丘陵沟壑区退耕 2、6、9、13、16、19、25、30、40a 的弃耕地土壤性质的演变,认为随着演替时间的延续,土壤有机质等都呈逐渐增加的趋势^[33];③间断不连续变化过程。如戴全厚等研究认为黄土丘陵区坡耕地退耕撂荒后,植被逐渐恢复其自然面貌,土壤理化性状逐渐改善,但如继续干扰破坏,则会引起植被和土壤恢复受阻甚至土壤退化和植被逆行演替^[34];④复合变化过程。即上述多种变化的组合。

相对稳定的生态系统退化的过程,大体可分为四个阶段:轻度干扰阶段,退化程度较轻,自然恢复较易成功;中度干扰阶段,人为调控结合自然恢复能力可以恢复,但所需时间较长;强度干扰阶段,相对短时间内难以自我修复,须先改变非生物环境如水土流失;剧烈干扰阶段,该阶段生态恢复与重建的难度最大,须通过多种措施进行综合治理^[19]。根据阮伏水等在长汀河田、南安美林、安溪官桥等地的研究,不同花岗岩坡地生态系统其恢复能力不同,植被覆盖率低于 0.3,土壤有机质低于 0.4%,土壤 B 层被剥蚀殆尽的坡地系统,已无法通过封禁得到恢复,系统已出现逆向演替,必须人工加以干预;而植被覆盖率在 0.35 以上,土壤剖面 B 层尚残

存,有机质在 0.5% 以上的坡地系统,通过封禁后基本可以靠系统本身能力恢复,如继续遭受破坏,系统将出现逆向演替^[21]。因此,土壤肥力质量演变不同阶段具有不同特点,治理方式、治理投入和产出也不相同。在南方红壤侵蚀区,人们往往把治理重点放在强度及其以上水土流失区,也就是放在水土流失稳定区,在那里投放了大量的人力、物力和财力,而忽视了微度、轻度和中度水土流失区的治理,也就是忽视了对易发生突变的区域的治理,这无论从科学或经济角度来说都是不正确的^[26]。本研究结果显示,发生突变的样点所对应的水土流失强度为微度和轻度,而强度、极强度和剧烈三级都处于较为稳定状态。如果及时预先获知区域的突变状态,并据此进行针对性治理,控制突变走向,采用终止、引导、加速等不同方式,促进土壤肥力质量正向演变,则可用最小投入获取最大效益。

5 结论

(1)发生突变的样点主要集中于土壤肥力质量等级 1 和等级 2,水土流失微度和轻度,坡度 5—10° 和 10—15°,植被覆盖度 0.3—0.4 和 >0.4 的区域;土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度对土壤肥力质量演变都有较大影响, Δ 与土壤肥力质量等级、水土流失强度、坡度和植被覆盖度都呈极显著相关关系,皮尔逊相关系数绝对值的大小顺序为:水土流失强度>植被覆盖度>土壤肥力质量等级>坡度;发生突变的样点基本集中在土壤肥力质量等级较高、水土流失强度较轻、坡度中等、植被覆盖较好的地区。

(2)土壤肥力质量演变的时间相对较长,应根据转变过程中事物所经历的中间过渡状态来判断是否产生突变;土壤肥力质量处于突变状态时可用较小投入产生较大效益,在关注严重水土流失区生态恢复与重建的同时,不应忽视突变区的治理。

(3)在生态恢复与重建过程中,应定量确定土壤肥力质量演变所处的阶段,研究各种生态恢复与重建途径应在何时介入才能达到最大效益,何时退出才不会导致土壤肥力质量停止恢复甚至退化,从而保持最小风险并获得最大效益。突变模型可以确定土壤肥力质量所处的状态,较好地揭示外部因子引起土壤肥力质量演变的规律,从而为生态恢复与重建提供新的思路与方法。

(4)尖点突变模型是一个确定性模型,可根据 Δ 是否小于等于 0 分为稳定与突变两种状态,但 Δ 并非为二值型数值,其大小代表突变的程度。因此,如何根据 Δ 的数值细分土壤肥力质量演变状态,确定演变的方向如正向抑或逆向即土壤肥力质量由差转好还是由好转差,还需结合土壤肥力质量及研究区特点进行深入研究。同时,如何将土壤肥力质量突变状态与各土壤肥力质量因子有机联系,求取各土壤肥力质量因子的突变临界值,仍需进一步探讨。

References:

- [1] De Deyn G B, Raaijmakers C E, Van Der Putten W H. Plant community development is affected by nutrients and soil biota. *Journal of Ecology*, 2004, 92(5): 824-834.
- [2] An S Q, Wang Z F, Zhu X L, Liu Z L, Hong B G, Zhao R L. Effects of soil factors on the secondary succession of forest community. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 45-50.
- [3] Wu Y H, Li Z, Zhang X B, Wang Y C. Study on ¹³⁷Cs method used in soft erosion and sediment delivery on sloping fields in gully area on Loessal Plateau. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1994, 14(2): 22-25.
- [4] Zhang M K. Fertility resilience of degraded red soils in relation to soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(3): 52-56.
- [5] Li S B, Wang Z J, Wang Y L, Ji B. Effect of different ecological restoration measures on soil environment in Ningnan hilly area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(4): 20-22.
- [6] Luo X M. Study of the complexity evaluation method of battle field electromagnetic environment based on catastrophe theory. *Journal of the Academy of Equipment Command & Technology*, 2009, 20(1): 7-11.
- [7] Weng G M, Lu C N. Research on tourism industry competitive power evaluation based on CPM—Take the five provinces in northwestern China as an example. *Soft Science*, 2009, 23(6): 57-61.
- [8] Li S F, Sun S H, Wang X Y. Application of catastrophe theory to risk assessment of ground water environment for river basin. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2007, 38(11): 1312-1317.
- [9] Polo V, Navarrete P G, Silvi B, Andres J. An electron localization function and catastrophe theory analysis on the molecular mechanism of gas-

- phase identity SN2 reactions. *Theoretical Chemistry Accounts*, 2008, 120(4): 341-349.
- [10] Cerf R. Catastrophe theory enables moves to be detected towards and away from self-organization; the example of epileptic seizure onset. *Biological Cybernetics*, 2006, 94(6): 459-468.
- [11] Kuijper A, Florack L M J. Using catastrophe theory to derive trees from images. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 2005, 23(3): 219-238.
- [12] Zhang F K, Wu H N, Xia L Y, Bai G J, Zhang L. Application of catastrophe theory in identifying geological anomalous bodies with seismic data. *Progress in Geophysics*, 2009, 24(2): 634-639.
- [13] Tang J, Lin N F, Huang Y L. The application of needle mutation model to the study of environmental mutation for flood. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2002, 22(4): 443-447.
- [14] Sun Q, Ma P, Ye X P, Liu T B. Coattail catastrophe model of sliding instability. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2008, 30(7): 1024-1028.
- [15] Zheng H, OuYang Z Y, Wang X K, Miao H, Zhao T Q, Peng T B. Effects of forest restoration types on soil quality in red soil eroded region, Southern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1994-2002.
- [16] Jiang F S, Huang Y H, Lin J S, Zhong B L, Yue H, Li D C. Changes of soil quality in severely-eroded region of red soil under different restoration measures. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2011, 40(3): 290-295.
- [17] Cao S X, Zhong B L, Yue H, Zeng H S, Zeng J H. Development and testing of a sustainable environmental restoration policy on eradicating the poverty trap in China's Changting County. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(26): 10712-10716.
- [18] Huang W J, Cheng Z B, Cai Y C. Energy analysis of agro-ecological system in red eroded soil of south China — A case study in Changting County of Fujian Province. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(9): 401-406.
- [19] Cheng Z B, Zhu H J. The physical and chemical characteristics of soil under the different control measures of soil and water loss. *Journal of Fujian Teachers University (Natural Science)*, 2006, 22(4): 5-9, 29.
- [20] Lin H M. How to use SPSS software calculate the value of the principal component scores in one step. *Statistics & Information Forum*, 2007, 22(5): 15-17.
- [21] Ruan F S, Zhu H J. Soil erosion and control in granite region in Fujian Province. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [22] Peng Y, Fan H. An initial discussion of application of catastrophe theory in analyzing and assessing frangibility of mountain eco-environment. *Journal of Southwest University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2004, 30(5): 633-637.
- [23] Shi D M, Wei Q P, Liang Y. Eroded soil degradation and its mechanism. *Soils*, 1996, 28(3): 140-144.
- [24] Lu S H, Li X K, Lv S H, Xiang W S, Ou Z L, Tan J K, Wang X Y, Ye W P. Soil change of physical and chemical characteristic during vegetation restoration in eroded area of red soil in Guilin. *Guangxi Sciences*, 2006, 13(1): 52-57.
- [25] Zheng B N, Yang Y S, Xie J S, Zheng S Q, He Z M, Cheng G S. Biodiversity restoration of severely degraded ecosystem after closed hillside and management in eroded red soil of subtropic. *Research of Soil and Water Conservation*, 2002, 9(4): 57-60, 63.
- [26] Shen W. Dissipative structure, self-organization, catastrophe theory and their application in geosciences. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 90-114.
- [27] Xu J C. Research on grey-cusp-catastrophic destabilization prediction model of tunnel surrounding rock and primary support system. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2008, 27(6): 1181-1187.
- [28] Zhang T L, Li Z P, Wang X X. Soil degradation and its eco-environmental impact under highly-intensified agriculture. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(5): 843-850.
- [29] Bao W K, Chen Q H. The degraded processes and features of ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(2): 36-42.
- [30] Wu W D, Zhang T L, Gao C, Sun B, Peng B Z, Zhao Q G. Changes of soil fertility quality properties under artificial Chinese fir forest in red soil region. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(3): 285-294.
- [31] Wu W D, Zhang T L, Sun B, Zhao Q G. Degradation and control of soil organic matter and nutrient pool under artificial Chinese fir forest. *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(1): 41-49.
- [32] Lv C H, Zheng F L. Evaluation of soil quality during vegetation restoration in the Ziwuling Area of Loess Plateau. *Science of Soil and Water Conservation*, 2009, 7(3): 12-18.
- [33] Hao W F, Liang Z S, Chen C G, Tang L. Study of the different succession stage community dynamic and the evolution of soil characteristics of the old-field in Loess hills gully. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(8): 226-231.
- [34] Dai Q H, Xue S, Liu G B, Lan X, Yu N, Yang Z. The synergistic effect between vegetation recovery and soil quality on abandoned arable land in eroded hilly Loess Plateau. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(5): 1390-1399.

参考文献:

- [2] 安树青, 王峥峰, 朱学雷, 刘志礼, 洪必恭, 赵儒林. 土壤因子对次生森林群落演替的影响. 生态学报, 1997, 17(1): 45-50.
- [3] 吴永红, 李倬, 张信宝, 汪阳春. 黄土高原沟壑区谷坡农地侵蚀及产沙的¹³⁷Cs 法研究. 水土保持通报, 1994, 14(2): 22-25.
- [4] 章明奎. 退化红壤肥力恢复性能与土壤性质的关系. 水土保持学报, 2000, 14(3): 52-56.
- [5] 李生宝, 王占军, 王月玲, 季波. 宁南山区不同生态恢复措施对土壤环境效应影响的研究. 水土保持学报, 2006, 20(4): 20-22.
- [6] 罗小明. 基于突变理论的战场电磁环境复杂性评价方法研究. 装备指挥技术学院学报, 2009, 20(1): 7-11.
- [7] 翁钢民, 鲁超年. 基于突变级数法的旅游产业竞争力评价研究——以西北五省为例. 软科学, 2009, 23(6): 57-61.
- [8] 李绍飞, 孙书洪, 王向余. 突变理论在海河流域地下水环境风险评价中的应用. 水利学报, 2007, 38(11): 1312-1317.
- [12] 张凤奎, 吴汉宁, 夏玲燕, 柏冠军, 张林. 突变理论在地震资料解释异常地质体中的应用. 地球物理学进展, 2009, 24(2): 634-639.
- [13] 汤洁, 林年丰, 黄奕龙. 尖点突变模型在研究洪水引起环境突变中的应用. 环境科学学报, 2002, 22(4): 443-447.
- [14] 孙强, 马平, 冶小平, 刘天霸. 斜坡演化的燕尾突变模型研究. 岩土工程学报, 2008, 30(7): 1024-1028.
- [15] 郑华, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 赵同谦, 彭廷柏. 不同森林恢复类型对南方红壤侵蚀区土壤质量的影响. 生态学报, 2004, 24(9): 1994-2002.
- [16] 蒋芳市, 黄炎和, 林金石, 钟炳林, 岳辉, 李德成. 不同植被恢复措施下红壤强度侵蚀区土壤质量的变化. 福建农林大学学报(自然科学版), 2011, 40(3): 290-295.
- [18] 黄文娟, 陈志彪, 蔡元呈. 南方红壤侵蚀区农业生态系统的能值分析——以福建长汀县为例. 中国农学通报, 2008, 24(9): 401-406.
- [19] 陈志彪, 朱鹤健. 不同水土流失治理模式下的土壤理化特征. 福建师范大学学报(自然科学版), 2006, 22(4): 5-9, 29.
- [20] 林海明. 如何用 SPSS 软件一步算出主成分得分. 统计与信息论坛, 2007, 22(5): 15-17.
- [21] 阮伏水, 朱鹤健. 福建省花岗岩地区土壤侵蚀与治理. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [22] 彭越, 樊宏. 突变理论在山地生态环境脆弱性分析评价中的应用初探. 西南民族大学学报(自然科学版), 2004, 30(5): 633-637.
- [23] 史德明, 韦启蟠, 梁音. 关于侵蚀土壤退化及其机理. 土壤, 1996, 28(3): 140-144.
- [24] 陆树华, 李先琨, 吕仕洪, 向悟生, 欧祖兰, 覃家科, 王晓英, 叶文培. 桂林红壤侵蚀区植被恢复过程的土壤理化性质变化. 广西科学, 2006, 13(1): 52-57.
- [25] 郑本暖, 杨玉盛, 谢锦升, 郑世群, 何宗明, 陈光水. 亚热带红壤严重退化生态系统封禁管理后生物多样性的恢复. 水土保持研究, 2002, 9(4): 57-60, 63.
- [26] 申维. 耗散结构、自组织、突变理论与地球科学. 北京: 地质出版社, 2008: 90-114.
- [27] 许建聪. 隧道围岩—初支系统灰色突变失稳预测模型研究. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(6): 1181-1187.
- [28] 张桃林, 李忠佩, 王兴祥. 高度集约农业利用导致的土壤退化及其生态环境效应. 土壤学报, 2006, 43(5): 843-850.
- [29] 包维楷, 陈庆恒. 生态系统退化的过程及其特点. 生态学杂志, 1999, 18(2): 36-42.
- [30] 吴蔚东, 张桃林, 高超, 孙波, 彭补拙, 赵其国. 红壤地区杉木人工林土壤肥力质量性状的演变. 土壤学报, 2001, 38(3): 285-294.
- [31] 吴蔚东, 张桃林, 孙波, 赵其国. 人工杉木林地有机物和养分库的退化与调控. 土壤学报, 2000, 37(1): 41-49.
- [32] 吕春花, 郑粉莉. 黄土高原子午岭地区植被恢复过程中的土壤质量评价. 中国水土保持科学, 2009, 7(3): 12-18.
- [33] 郝文芳, 梁宗锁, 陈存根, 唐龙. 黄土丘陵沟壑区弃耕地群落演替与土壤性质演变研究. 中国农学通报, 2005, 21(8): 226-231.
- [34] 戴全厚, 薛箴, 刘国彬, 兰雪, 余娜, 杨智. 侵蚀环境撂荒地植被恢复与土壤质量的协同效应. 中国农业科学, 2008, 41(5): 1390-1399.

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