

# 元阳梯田空间分布特征研究

王 妍, 张 超, 宋维峰, 和 弦, 张少东

(西南林业大学, 昆明 650224)

**摘 要:**通过野外调查和 GIS 地形分析,获取元阳梯田的基本分布特征,旨在为进一步明晰元阳梯田的分布和形成格局,为现代梯田的管理和保护提供理论参考和指导。结果表明:元阳梯田现有面积 26 363.02 hm<sup>2</sup>,集中在 1 hm<sup>2</sup> 左右,尤以小于 1 hm<sup>2</sup> 的分布最为常见,梯田常见分布在海拔 1 000~1 300 m,坡度为 15°~25°的西北、东北和北向山地。哀牢山特有的植被垂直分布特征和当地少数民族生存地分布特征,造就了元阳梯田的空间分布特征;低纬度干热河谷区常年出现的高温和高山“阴湿高寒区”受到冷气团的冷却和压迫,进而保障了元阳梯田水源充足,两者的结合造就了哈尼梯田特有的农耕文化景观。

**关键词:**水土保持;坡度分析;元阳梯田;空间分布

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)02-0103-05

## Spatial Distribution Characteristic of Yuanyang Rice Terrace

WANG Yan, ZHANG Chao, SONG Wei-feng, HE Xian, ZHANG Shao-dong

(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The basic spatial distribution and formation pattern of Yuanyang rice terrace were obtained by the field survey and GIS terrain analysis, which is important to reconstruction of degraded ecosystems, sustainable ecosystem benefit development, as well as the establishment of theoretical reference and guidance for modern terrace management and protection. The research results show that the total area of rice terrace is  $2.64 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>, area mostly distributed in 0~1 ha, especially in less than 1 ha, and the centralized distribution of rice terrace from 1 000 to 1 300 m, the slope of 15°~25°, with the northwest, northeast and north exposure field. Special vegetation vertical distribution characteristics on Ailao Mountain and the distribution characteristics of local minority habitats are the mainly reason for the basic spatial distribution. High temperature occurs in dry-hot valley of low latitude and cooling current on high altitude which ensures the abundant water supply of rice terrace, and created the terraced landscape of farming culture for thousands of years.

**Key words:** soil and water conservation; slope analysis; Yuanyang rice terrace; spatial distribution

元阳梯田被文化生态学家盛赞为“江河—森林—村寨—梯田”四度同构的人与自然高度协调的生态系统<sup>[1-3]</sup>,是哀牢山地区哈尼族千百年来的独特的农耕文明景观,也是哈尼族人民物质和精神生活的根本。元阳梯田规模宏大,气势磅礴,绵延整个红河南岸的红河、元阳、绿春及金平等县,元阳县境内的梯田是红河哈尼梯田的核心区。哈尼族人通过挖筑沟渠在山岭之间开垦梯田,种植水稻,依靠高山原始森林和次生林蓄集的山泉、溪水、河流,及人工开沟引水进行自流灌溉,使元阳梯田在 2009—2011 年的西南地区特大

干旱中,元阳梯田所受的影响甚微。目前关于元阳梯田的研究主要集中在梯田周边植被和植物群落分布特征方面<sup>[4-7]</sup>,关于梯田自身的分布特征未见报道。因此,本文以遥感和地理信息技术为手段,通过地形分析和统计分析,研究元阳梯田的空间分布特征,旨在为进一步明晰元阳梯田的分布和形成格局,为现代梯田的管理和保护提供理论参考和指导。

## 1 研究区概况

元阳县位于云南省南部、红河州西南部(102°27'—

103°13'E, 22°49'—23°19'N), 属哀牢山脉南段, 为中山深切割地地貌类型。由于北部受元江水系的侵蚀, 南部受藤条江的切割, 因而形成中部突起, 两侧低下, 由西北向东南倾斜的地形。境内地势陡峻, 几乎无平川坝子, 坡度一般在 20°以上, 25°以上的土地占土地总面积的 59.1%。元阳县属山地季风气候, 具有阴雾寡照、雨热同季、冬无严寒、夏无酷暑及立体气候显著的气候特征, 年平均降雨量为 1 397.6 mm, 年蒸发量为 1 184.1 mm。研究区的土壤类型为红壤, 植被类型在海拔 800~1 400 m 之间为针阔混交林、海拔 1 400~1 800 m 之间为落叶、常绿阔叶林; 海拔 1 800 m 左右为常绿阔叶林; 海拔 1 800 m 以上为暖性方竹林。

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查与基础数据获取

于 2012 年 4 月, 在云南省元阳县新街镇及国道 213 附近元阳梯田主要分布区选取典型梯田地块, 设置 42 个地面控制点, 测定每个控制点的坐标、海拔、坡度、坡向等信息。根据地面控制点的位置信息, 分析典型哈尼梯田在遥感影像上的纹理特征, 建立典型哈尼梯田在 Landsat ETM 及 QuickBird 遥感影像上的解译标志。

在 Google Earth 平台上, 利用建立的解译标志, 对位于云南省元阳县境内的梯田地块进行目视解译。使用 Google Earth 中的“添加多边形”工具, 逐个对梯田地块进行目视勾绘, 共勾绘梯田地块 7 458 个; 将勾绘完毕的 kmz 格式数据转换为 shp 格式数据, 同时进行投影转换及面积量算。

### 2.2 地形分析

基于 ASTER—DEM 数字高程模型数据(空间分辨率为 30 m), 进行地形分析。在 ArcMAP 平台上, 利用 ArcToolbox→Spatial Analyst Tools→Surface 中的 Aspect、Slope 生成坡向及坡度专题图, 最终计算每个梯田斑块的平均海拔、平均坡向和平均坡度。

### 2.3 坡度和坡向的划分

2.3.1 坡向的划分 根据国家林业局《森林资源规划设计调查技术规定》<sup>[8]</sup>, 结合地形分析的结果, 将坡向分布结果划分为 8 个类型, 具体如表 1 所示。

2.3.2 坡度的划分 根据国家林业局《森林资源规划设计调查技术规定》<sup>[8]</sup>, 结合地形分析的结果, 划分为 6 个坡度等级, 即: I 级为平坡: <5°; II 级为缓坡: 5°~14°; III 级为斜坡: 15°~24°; IV 级为陡坡: 25°~34°; V 级为急坡: 35°~44°; VI 级为险坡: ≥45°。

表 1 坡向划分标准

序号	名称	方位角	序号	名称	方位角
1	北坡	338°~360°, 0°~22°	2	东北坡	23°~67°
3	东坡	68°~112°	4	东南坡	113°~157°
5	南坡	158°~202°	6	西南坡	203°~247°
7	西坡	248°~292°	8	西北坡	293°~337°

## 3 结果与分析

### 3.1 元阳哈尼梯田的面积分布特征

元阳梯田在 Google Earth 上纹理特征清晰, 边界分明。本次共绘制梯田多边形 7 458 个, 根据 ArcGIS 的面积统计, 目前梯田的总面积为 26 363.02 hm<sup>2</sup>, 主要分布在哀牢山脉南岸, 云阳境内的全福庄、坝达、麻栗寨、箐口、猛品老虎嘴等地是梯田连片集中分布区。

由于元阳梯田是随山势地形变化而进行开垦的, 坡缓地开垦大田, 坡陡地开垦小田, 因此梯田面积分布变化较大, 从地形分析结果来看, 单块梯田分布面积一般不大, 集中在 0~2 hm<sup>2</sup> 之间, 面积 <0.5 hm<sup>2</sup> 的单块梯田占梯田总数的 31.27%, >10 hm<sup>2</sup> 的单块梯田分布较少, 图 1 为梯田面积分布的频率直方图, 从统计结果来看, 梯田分布的最小面积为 0.01 hm<sup>2</sup> (统计的最小有效单位), 最大分布面积为 49.45 hm<sup>2</sup>, 平均面积为 3.53 hm<sup>2</sup>。0~0.5 hm<sup>2</sup> 的面积所占比重大, 为总面积的 31.27%, 说明梯田分布的面积一般不大, 小面积梯田分布较多。梯田面积频度分布的 Skewness 指数为 3.614, 其分布频率不符合正态分布, 且面积分布有一个较长的右尾。Kurtosis 指数为 14.802, 远大于 0, 说明面积分布要高于正态峰值。综合以上分析可以进一步看出, 面积的分布频率集中在小面积斑块。

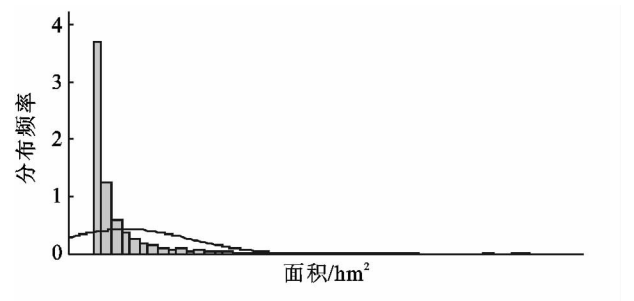


图 1 元阳梯田面积分布频度

将 7 458 个梯田斑块以 1 hm<sup>2</sup> 为单位划分为 1~20 hm<sup>2</sup> 及 >20 hm<sup>2</sup> 的 21 个区间, 将每个区间内的梯田面积和斑块数进行统计, 结果如图 2 所示。由图 2 可知, 梯田分布面积主要集中在 0~4 hm<sup>2</sup>, 占总斑块数的 80% 以上, 但由于其单个斑块面积较小, 使斑块面积只占总梯田面积的 23%; 单个斑块面积较大的梯田个数较少, 面积在 10 hm<sup>2</sup> 以上的斑块个数占总

梯田斑块数的 5% 左右,且每个  $>10\text{ hm}^2$  面积区间的斑块数均小于 1%。

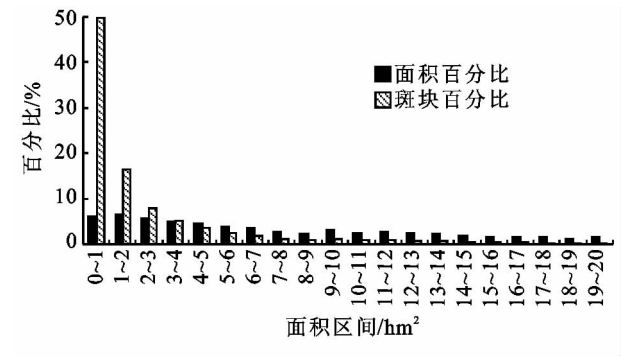


图2 元阳梯田面积分布与斑块分布

3.2 海拔分布特征

图3为梯田海拔分布的频率直方图,从统计结果来看,梯田分布的最低海拔为217 m,最高海拔为2 388 m,平均海拔为1 132.68 m。25%以上的梯田分布在海拔836 m以下的区域,75%以上的梯田分布在海拔1 122 m的区域。梯田海拔频度分布的Skewness指数为0.06,说明梯田面积的分布频率近似正态分布,稍偏右。Kurtosis指数为-0.422,小于0,说明面积分布要低于正态峰值。综合以上分析可以进一步看出,梯田斑块的海拔分布近似于正态分布,集中分布在峰值左右,频率分布的峰值要低于正态分布。

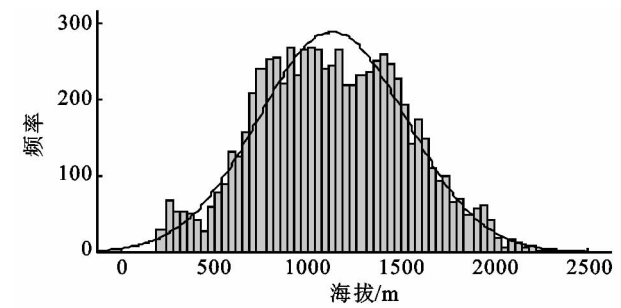


图3 元阳梯田海拔分布频度

将7 458个梯田斑块以100 m为单位划分为: $<300\text{ m}$ , $300\sim2\,000\text{ m}$ 及 $>2\,000\text{ m}$ 的19个海拔区间,将每个区间内的梯田面积和斑块数进行统计,结果如图4所示。由图4可知,梯田的海拔分布特征呈现出先增加后减少的特征,随着海拔的增加,梯田的斑块数和面积均呈增加的趋势,在海拔700~1 500 m之间斑块数没有显著变化,而后随着海拔升高而降低。斑块的面积分布在海拔1 000~1 100,1 100~1 200,1 200~1 300 m区间内的梯田斑块面积均超过了10%,在海拔200~1 300 m区间内的斑块面积达到峰值,而后随着海拔的升高而降低。

3.3 坡度分析特征

图5为元阳梯田坡度分布的频率直方图,从统计

结果来看,梯田分布的最小坡度为 $0.7^\circ$ ,最大坡度为 $58.6^\circ$ ,平均坡度为 $20.40^\circ$ ,25%以上的梯田分布在坡度小于 $14.6^\circ$ 的区域,75%以上的梯田分布在坡度小于 $26^\circ$ 的区域。梯田坡度频率分布的Skewness指数为0.155,说明梯田面积的分布频率近似正态分布,稍偏右。Kurtosis指数为-0.171,小于0,说明坡度分布的峰值要低于正态峰值。综合以上分析可以进一步看出,梯田斑块的坡度分布近似于正态分布,集中分布在峰值左右,频率分布的峰值要低于正态分布。

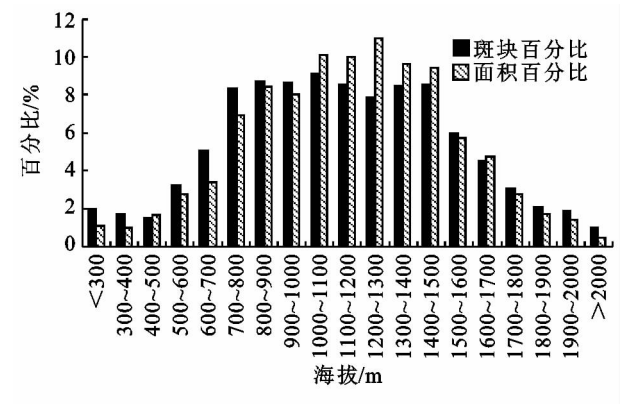


图4 元阳梯田海拔面积分布与斑块分布

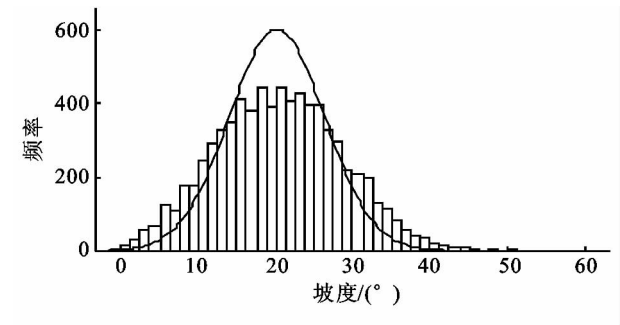


图5 元阳梯田坡度分布频率

将7 458个梯田斑块以“2.3.2 坡度划分”的方法,划分为6个坡度等级,将每个坡度等级内的斑块数进行统计,结果如图6所示。由图6可知,在平坡和险坡分布的梯田较少,大部分梯田分布集中在缓坡、斜坡和陡坡,分布在这3个坡度等级的梯田斑块数占梯田总斑块数的95%以上,而在这3个等级中,斑块的分布数量和面积成尤以斜坡的分布为最多,分别占总梯田斑块数的44%和总梯田面积的46%。

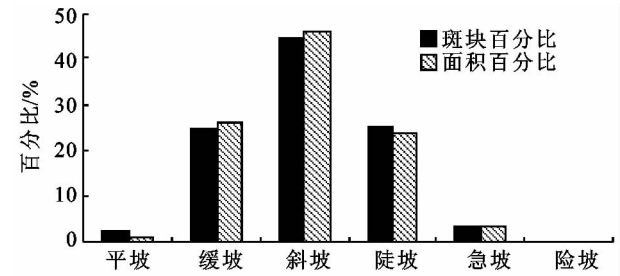


图6 元阳梯田坡度面积分布与斑块分布

### 3.4 坡向分布分析

图7为梯田坡向分布的频率直方图,由图7可以看出,梯田坡向频度分布的Skewness指数为0.03,说明梯田面积的分布频率近似正态分布,稍有右偏;Kurtosis指数为-1.4,小于0,说明坡度分布的峰值要低于正态峰值。综合以上分析可以进一步看出,梯田斑块的坡向分布近似于正态分布,集中分布在峰值左右,频率分布的峰值要低于正态分布。

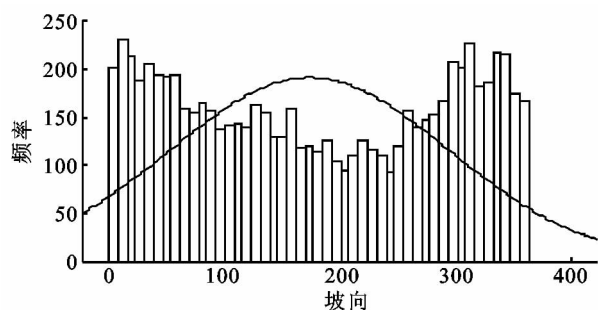


图7 元阳梯田坡向分布频率

将7458个梯田斑块以“2.3.1 坡向划分”的方法,划分为8个坡向等级,具体结果如图8所示。图8表明,在南坡和西南坡分布的梯田斑块个数和梯田面积均较少。从分布的面积百分比来看,北坡和东北坡分布的较多;而从分布的斑块百分比来看,北坡、东北坡分布的梯田个数较多,西北坡分布的梯田斑块数较多,也即是说西北坡分布的梯田面积比较破碎,斑块面积比较小,北坡、东北坡分布的梯田个数虽然小于西北坡,但分布的面积并不少,即在北坡、东北坡分布的斑块平均面积较大,分布较为集中。

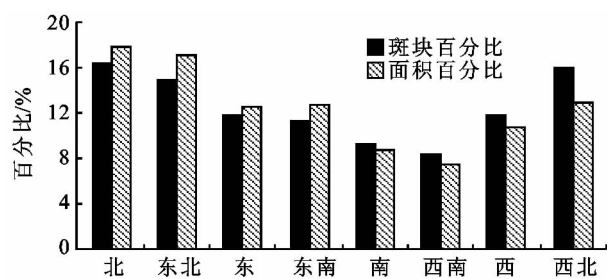


图8 元阳梯田坡向面积分布与斑块分布百分比

## 4 结论与讨论

元阳梯田位于哀牢山南部,此地受元江、藤条江水系的深度切割,地形呈V字形发育,不易耕作。但经哈尼人千百年的垦殖,现有梯田面积达26363.02 hm<sup>2</sup>。由于元阳梯田随山势地形变化,沟边坎下石隙也能开田,因而梯田面积大小不一,分布面积一般不大,集中在1 hm<sup>2</sup>左右,尤以小于1 hm<sup>2</sup>的梯田分布最为常见,面积在0~4 hm<sup>2</sup>的斑块占总斑块数的80%以上。

哀牢山位于云南省中部,其走向为西北至东南,是云岭向南的延伸,也是云贵高原和横断山脉的分界线,其独特的地形、气候条件决定了元阳梯田的壮丽景观与独特分布。由于山体相对高差大,气候垂直分布明显,从山麓至山顶植被具有明显的垂直分布特征,西南坡垂直分布由墨江河谷开始:海拔1100~1800 m为普洱松林及季风常绿阔叶林带,1800~2200 m为云南松林及半湿性常绿阔叶林带,2200~2800 m为中山湿性常绿阔叶林带,2800 m以上为山顶常绿阔叶矮曲林及灌丛带。东北坡植被垂直系列从元江河谷起:海拔500~1000 m为干热河谷植被带,1000~2400 m为云南松林及半湿性常绿阔叶林带,2300~2900 m为中山湿性常绿阔叶林,2900 m以上为山顶常绿阔叶矮曲林及灌丛带<sup>[7-9]</sup>。不同的气候植被带分布着不同的民族,哀牢山元阳县境内共居一山的有7个民族,大致以海拔分层而居,1400~2000 m的上半山即为哈尼族居住地,这里气候温和,雨量充沛,年均气温在15℃左右,全年日照1670 h,非常适宜水稻生长。哈尼族先民自隋唐之际进入此地区后在大山上挖筑了水沟干渠,将沟水分渠引入田中进行灌溉,据统计,目前现存骨干沟渠4653条,其中灌溉面积达3.33 hm<sup>2</sup>以上的有662条。加之低纬度干热河谷区常年出现的高温使江河大量蒸发,水蒸汽随着热气团层层上升,在高山“阴湿高寒区”受到冷气团的冷却和压迫,形成该地年均180 d雾期和年均1397.6 mm降雨量,进而保障了元阳梯田充足的水源,使得元阳梯田的分布中心集中在海拔1000~1300 m。

一般而言,坡度大于18°就不利于发展种植业,我国的《退耕还林技术规范》规定,>25°林地不适合耕种,而哈尼梯田坡度为0.7°~60°,坡度在5°~15°的区域面积有6862.16 hm<sup>2</sup>,15°~25°的有12112.67 hm<sup>2</sup>;坡度在25°~35°的区域面积有6220.08 hm<sup>2</sup>,35°~45°的有844.43 hm<sup>2</sup>。这些数字进一步说明了元阳哈尼梯田壮观与险峻的程度,以一坡而论,少则上百级,最高级数达3000~5000级。

坡向对于山地生态有着较大的作用,山地的方位影响着日照时数和太阳辐射强度。辐射收入南坡最多,其次为东南坡和西南坡,再次为东坡与西坡及东北坡和西北坡,北坡最少。据对元阳梯田坡向的分析结果,梯田斑块数量分布由少到多依次为:西南<南<东南<东<西<东北<西北<北,面积分布由少到多依次为:西南<南<西<东<东南<西北<东北<北。由此可以看出,西南坡向和南坡向的梯田分布相对较少,西北、东北和北向的梯田分布较多,这与哀牢

山西南和南向为向光坡,东北、北和西北为背光坡有关。同海拔条件下,南坡、西南坡温度较高,蒸发量较大,种植水稻的水梯田只有在海拔较高的区域局部存在,在海拔稍低的区域种植有香蕉、芭蕉等经济作物的旱梯田较为常见,而在同海拔的东北、西北、北向,蒸发量相对较小,加之元江、滕江河谷的大量水蒸气在半山腰形成的雾团,使得在海拔小于 500 m 的背光坡还有水梯田的分布。因此,在元阳梯田中,北坡、东北坡分布较多。

本文主要根据遥感影像和统计学方法对梯田的基本空间分布进行概括和总结,对梯田的更深层的形成机制和维护机制,以及梯田水分来源等问题没有作更深层的研究。根据目前在自然与社会方面对梯田研究的积累<sup>[9-11]</sup>,关于元阳梯田进一步的研究主要有以下几方面:(1) 哈尼梯田形成时代的地质年代测定。目前确定哈尼梯田形成时代的依据是历史文献,可以根据<sup>14</sup>C 同位素测年法或其他含碳物质的放射性<sup>14</sup>C 和稳定性<sup>12</sup>C 的比值,来确定土壤绝对年龄,精确测定梯田的形成时间,这对进一步深入了解梯田的维护与形成机制具有重要意义。(2) 从定量景观指数、梯田景观垂直格局特征、景观内部结构变化和生态系统功能等方面来研究元阳梯田的景观稳定性问题<sup>[12-14]</sup>。千百年来,元阳梯田景观基本稳定,维持不变,“森林—村庄—梯田—河流”四位一体的垂直空间结构形成了梯田景观内独特的能量和物质流动,进一步明晰哈尼梯田景观的稳定性机制对在全球气候变化下农耕梯田文化景观的可持续发展具有重要意义。(3) 梯田景观的遗产价值及其保护研究。元阳梯田正在申报 2013 年的世界文化和自然遗产,这对梯田景观的多重价值及其保护研究具有多方面的社会和科学意义。如何在社会经济处于飞速发展之中寻找适于传统梯田稻作农业的梯田维系问题亟待解决。(4) 全球气候变化背景下梯田景观的适应性管理机制研究。全球气候变化已导致云南省出现多次干旱危机,虽然目前情况下对哈尼梯田的影响不大,但在极端条件下是否还能维系梯田的可持续性,及时寻找

应对气候变化的对策是维系梯田景观可持续的关键措施。

#### 参考文献:

- [1] 姚敏,崔保山. 哈尼梯田湿地生态系统的垂直特征[J]. 生态学报,2006,26(7):2116-2124.
- [2] 文波龙,任国,张乃明. 云南元阳哈尼梯田土壤养分垂直变异特征研究[J]. 云南农业大学学报,2009,24(1):78-81.
- [3] 段兴凤,宋维峰,李健,等. 云南省元阳梯田水源区森林土壤入渗特性研究[J]. 水土保持通报,2011,21(4):35-40.
- [4] 角媛梅,程国栋,肖笃宁. 哈尼梯田文化景观及其保护研究[J]. 地理研究,2002,21(6):733-739.
- [5] 段兴凤,宋维峰,李英俊,等. 湖南紫鹊界、云南元阳及广西龙脊古梯田研究进展[J]. 亚热带水土保持,2011,23(1):31-35.
- [6] 黄忠良,孔国辉,余清发,等. 南亚热带季风常绿阔叶林水文功能及其养分动态的研究[J]. 植物生态学报,2000,24(2):157-161.
- [7] 许圆圆,祖艳群,李元,等. 元阳梯田周围不同群落 P 元素背景值特征及其元素循环[J]. 中国农学通报,2011,27(22):28-31.
- [8] 国家林业局. 森林资源规划设计调查主要技术规定林资发[S]. [2003]61 号,2003.
- [9] 刘秀花,李林. 庄浪县梯田化建设对生态—经济—社会协调发展的作用分析[J]. 水土保持研究,2007,14(2):65-67.
- [10] 角媛梅,杨丽萍. 基于遥感和 GIS 的元阳梯田分形美的多尺度研究[J]. 山地学报,2008,26(3):339-346.
- [11] 角媛梅,杨有洁,胡文英,等. 元阳梯田景观空间格局与美学特征分析[J]. 地理研究,2006,25(4):624-632.
- [12] 马博虎,薛学选,刘毅,等. 梯田、坝地在黄土高原生态恢复中的地位与作用[J]. 水土保持研究,2007,14(4):27-30.
- [13] 张超,刘国彬,薛莲,等. 黄土丘陵区坡改梯田土壤碳库组分演变特征[J]. 水土保持研究,2010,17(1):20-23.
- [14] 王龙,宋维峰,杨寿荣,等. 广西龙脊梯田区森林枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究,2011,18(6):84-88.