

湖南紫鹊界梯田区森林改良土壤作用研究

段兴凤¹, 宋维峰¹, 曾 珣², 高松奇³

(1. 西南林业大学 环境科学与工程系, 昆明 650224; 2. 湖南新化县水保局, 湖南 新化 417600; 3. 中国东方航空公司云南分公司, 昆明 650200)

摘 要:研究了湖南紫鹊界梯田区林地对土壤理化性质的影响,探讨紫鹊界梯田区森林改良土壤作用,旨在为梯田的可持续发展服务。结果表明:(1)林地表层土壤物理性黏粒($< 0.01\text{ mm}$)含量、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、通气性、最大持水量和毛管持水量均比梯田或荒坡高,林地土壤容重较梯田或荒坡低。紫鹊界梯田区森林对土壤物理性状有明显的改良作用。(2)林地表层土壤有机质、全氮、全钾、水解氮等营养元素贮量及速效性养分供应状况亦比荒坡高。紫鹊界梯田区天然林覆盖下的土壤具有良好的自我培肥功能。湖南紫鹊界梯田区森林对土壤物理化学特性有明显的改良作用。

关键词:紫鹊界梯田区; 土壤改良; 土壤理化性质

中图分类号:S714.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)06-0123-04

Study on Improving Soil Properties of Forest Vegetation in Ziquejie Terrace

DUAN Xing-feng¹, SONG Wei-feng¹, ZENG Xun², GAO song-qí³

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Soil Conservation Service, Xinhua, Hu'nan 417600, China; 3. China Eastern Airlines, Kunming 650200, China)

Abstract: The influence of forest soil on the physicochemical properties of soil in the Ziquejie terrace was studied. Forest in the Ziquejie terrace for soil improvement action was discussed. The purpose is service for sustainable development of the terrace. The result showed that soil physical clay particle content, total porosity, capillary porosity, noncapillary porosity, soil aeration, maximum water holding capacity and capillary moisture capacity were all higher than that of terrace and hillsides. Soil organic matter, total nitrogen, total nitrogen and potassium, hydrolysis nitrogen was all higher than that of hillsides. Protection forest has obvious amelioration on soil.

Key words: Ziquejie terrace; soil amelioration; soil physicochemical property

紫鹊界梯田起源于秦汉,盛于唐宋,至今已有两千余年的历史^[1],是当今世界开垦最早的梯田之一。紫鹊界梯田区总面积 115.5 km^2 ,从 500 m 的山坡向上有 500 多级梯田,约 10 多万丘,共计约 $4\,000\text{ hm}^2$ 。这些梯田内无塘无库,无任何人工水利设施,长久以来却能年年旱涝保收,经查勘,这都源于梯田区上方茂密的森林。紫鹊界梯田区为独特的天然自流灌溉,水储藏于土壤,出自岩石裂隙和土壤孔隙,山顶森林植被蓄水和土壤储水形成了巨大的地下水库^[2],以满足梯田生产需水。本文对梯田区 3 块标准林地、 2 块典型梯田田块及荒坡土壤理化特性进行分析,探讨紫鹊界梯田区森林改良土壤作用,旨在为梯田的可持续发展服务。

1 研究区概况

研究区位于湖南省新化县西南部水车镇金龙村林区和梯田区($110^{\circ}55'50.4''\text{E}$, $27^{\circ}41'26''\text{N}$ — $27^{\circ}41'28.4''\text{N}$)。本区属中低山丘陵地貌,海拔 $557\sim 708\text{ m}$ 。气候属中亚热带季风气候,年均气温 13.7°C ,最高气温 39°C ,最低气温 -5°C ;年降雨量为 $1\,650\sim 1\,700\text{ mm}$;初霜一般在 11 月 15 日前后,终霜一般在 2 月 30 日左右,年均无霜期为 260 d ,年均日照 $1\,488\text{ h}$ 。土壤为花岗岩风化发育的红壤,砂性质地,山地土壤剖面完整,土层厚度 100 cm 以上。本区天然林森林茂密,植物种类繁多,主要乔木树种有楠

收稿日期:2010-05-31

资助项目:国家自然科学基金项目(31070631)

作者简介:段兴凤(1986—),女,云南保山人,硕士研究生,主要从事土壤侵蚀方面的研究。E-mail: dxfeng.86@163.com

通信作者:宋维峰(1967—),男,甘肃省会宁县人,博士,教授,主要从事生态环境工程和森林水文教学和科研工作。E-mail: songwf85@126.com

竹、杉木等, 杂生各种灌草本植物, 草本以蕨类居多。

2 研究方法

2.1 样地及土壤剖面选择

在全面踏勘天然林群落基础上布设 20 m × 20 m 标准林地 3 块, 在该林区下方梯田内上下两个部位布设典型田块 2 块(面积不小于 300 m²), 分别调查各样地的海拔高度、坡度、坡位、坡向、坡形等立地因子, 各

样地基本情况见表 1。在每块样地的代表性地段挖掘土壤剖面, 并调查土壤因子。样地和土壤剖面从上方天然林至下方梯田按序号命名, 分别为: 1– 5, 荒坡为 6。

2.2 样品采集

在挖掘好的土壤剖面内按 0– 20, 20– 40 cm 2 个层次用环刀取原状土样供物理性质分析, 每层取 3 个重复样。按 0– 20, 20– 40 cm 2 个层次用土袋取混合土样供化学性质分析, 每层取 3 个重复样。

表 1 样地基本情况

样地号	经度	纬度	海拔/ m	坡度/(°)	坡向	坡位	土壤类型	备注
1	110° 55′ 50.7″	27° 41′ 26.0″	708	45	SE	上	棕红壤	天然林剖面 1
2	110° 55′ 50.8″	27° 41′ 26.3″	690	43	E	上	黄红壤	天然林剖面 2
3	110° 55′ 50.4″	27° 41′ 27.2″	684	48	SW	上	黄红壤	天然林剖面 3
4	110° 55′ 55.3″	27° 41′ 28.4″	616	15	NW	中	黄红壤	上部梯田
5	110° 56′ 03.0″	27° 41′ 26.0″	557	16	NW	下	黄红壤	下部梯田
6	110° 55′ 52.3″	27° 41′ 26.9″	675	20	NE	中	黄红壤	荒坡

2.3 样品分析

2.3.1 土壤基本理化性质的测定 土壤基本理化性质按常规分析方法测定^[3-5]: 土壤容重、孔隙度测定采用环刀法; 土壤水分测定采用恒温箱烘干法。土壤 pH 值用酸度计电位法测定; 硫酸重铬酸钾法测定有机质; 全氮用浓硫酸消化, 半微量开氏蒸馏法测定; 碱解扩散法测定水解氮; 碱熔融– 钼锑抗比色法测定全磷; 钼锑抗比色法(0.03 mol/L NH₄F– 0.025 mol/L HCl 浸提) 测定速效磷; 碱熔融– 火焰光度计法测定全钾; 火焰光度法(1 mol/L NH₄AC 浸提) 测定速效钾。

2.3.2 土壤通气性的计算 土壤通气性(%)= 总孔隙度(%) – [自然含水率(%) × 容重(g/cm³)]

2.3.3 土壤持水量的计算

$$V=10000\times P\times D\qquad (1)$$

式中: V ——土壤最大毛管持水量(t/hm²); D ——土层深度(m); P ——土壤总毛管孔隙度(%)。

2.4 数据的统计分析

数据采用 Excel 2003 和 SPSS 11.5 进行整理、分析。

3 结果与分析

3.1 土壤机械组成状况

成土母质及土壤的机械组成指的是成土母质及土壤中矿物质颗粒的大小和它们组合的比例^[6]。土壤黏粒含量愈高, 土壤结构体愈牢固^[7], 同时, 土壤黏粒(< 0.001 mm) 是土壤的活动中心。不同土地利用方式土壤机械组成状况见表 2。

从表 2 可知, 紫鹊界梯田区森林土壤(0– 40 cm) 土层的物理性黏粒含量 36.48% ~ 56.19%; 梯田田块(0– 20 cm) 物理性黏粒 23.73% ~ 36.07%; 荒坡土壤(0– 20 cm) 物理性黏粒 41.33%。该区森林土壤(0– 40 cm) 土层的粗粉粒含量 30.61% ~ 46.10%; 梯田田块(0– 20 cm) 粗粉粒 38.38% ~ 40.58%; 荒坡土壤(0– 20 cm) 粗粉粒 30.75%。该区森林土壤(0– 40 cm) 土层的砂粒含量 13.20% ~ 27.86%; 梯田田块(0– 20 cm) 砂粒 23.35% ~ 37.89%; 荒坡土壤(0– 20 cm) 砂粒 27.92%。

表 2 土壤机械组成状况 %

土地利用方式	土层/ cm	物理性黏粒	粗粉粒	砂粒
天然林 1	0– 20	46.66	30.93	22.41
	20– 40	41.37	30.77	27.86
天然林 2	0– 20	56.19	30.61	13.20
	20– 40	51.39	31.74	16.87
天然林 3	0– 20	41.41	40.91	17.68
	20– 40	36.48	46.10	17.42
上部梯田	0– 20	36.07	40.58	23.35
下部梯田	0– 20	23.73	38.38	37.89
荒坡	0– 20	41.33	30.75	27.92

注: 物理性黏粒指粒径小于 0.01 mm, 粗粉粒粒径 0.01~ 0.05 mm, 砂粒粒径 0.05~ 1 mm。

从图 1 可以看出, 物理性黏粒含量: 林地> 荒坡> 梯田; 粉砂粒和砂粒含量: 林地< 荒坡< 梯田。分析结果表明: 紫鹊界梯田区森林土壤胶体含量较高, 胶结能力强, 也由于其树冠削弱了降雨侵蚀力, 防止地表直接受侵蚀, 从而使黏粒得到保持, 有利于良好土体结构的形成。

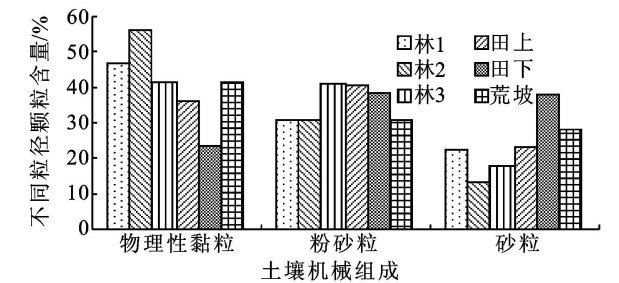


图 1 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤机械组成状况

3.2 土壤孔隙组成状况

容重和孔隙度是判定土壤结构好坏的主要指标。测定结果表明: 林地、梯田、荒坡 3 种土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤容重为林地 (0.90~ 1.00 g/cm³) < 梯田 (1.08~ 1.24 g/cm³) < 荒坡 (1.42 g/cm³)。说明林地土壤疏松, 结构状况较梯田或荒坡都要好; 由图 2 可知, 在紫鹊界梯田区森林土壤中, 容重从表层向下层呈现增加的趋势, 说明表层土壤较深层土壤疏松, 这与林地表面枯枝落叶累积量及其分解速度有关。

从土壤孔隙度和通气性来看(图 3), 总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和通气性都呈现出林地> 梯田> 荒坡的特征。土壤孔隙度越大, 土壤的持水量也越大, 紫鹊界梯田区森林土壤表面凋落物较多, 乔灌木等凋落物富含灰分元素, 所形成的腐殖质、钙是基本的胶结物, 土粒易胶结而形成有结构良好的土壤, 增加了土壤的孔隙度, 进而增强了土壤的蓄水和通透能力。

3.3 土壤水分状况

土壤水分是土壤肥力的基本因素, 不同的土壤水

分类型均受其相应土壤孔隙组成的影响, 不同土地利用方式土壤孔隙组成的变化, 导致不同类型水分含量的相应变化。

从表 3 可以看出, 林地、梯田、荒坡 3 种土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤自然含水率、饱和含水率、毛管含水率: 林地> 梯田> 荒坡; 在紫鹊界梯田区森林土壤中, 含水率从表层向深层呈现减少的趋势, 这主要是由于深层土壤较表层土壤板结, 孔隙度小。由不同土地利用方式土壤持水量状况(图 4)可知, 土壤最大持水量、毛管持水量变化趋势: 林地> 荒坡> 梯田, 紫鹊界梯田区天然林植被茂密, 乔灌木层次丰富, 枯落物较多, 对比荒坡或梯田蓄水、保水能力增强。

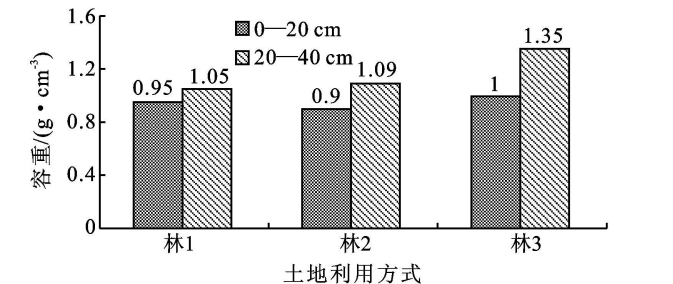


图 2 林地土壤不同土层深度容重变化

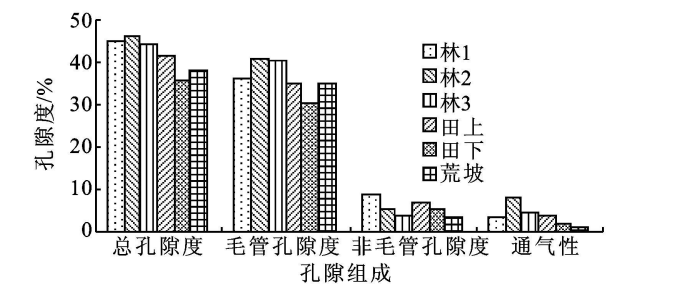


图 3 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤孔隙组成状况

表 3 土壤水分物理性质						
土地利用方式	土层/ cm	自然含水率/ %	饱和含水率/ %	毛管含水率/ %	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	毛管持水量/ (t·hm ⁻²)
天然林 1	0- 20	43.20	46.96	37.82	896	722.0
	20- 40	38.69	38.70	34.23	809	715.6
天然林 2	0- 20	42.65	51.54	45.47	923	813.9
	20- 40	36.08	35.92	31.84	787	697.3
天然林 3	0- 20	39.92	44.53	39.28	887	807.0
	20- 40	32.08	32.00	31.00	862	835.0
上部梯田	0- 20	30.56	33.65	28.15	673	563.0
下部梯田	0- 20	31.26	32.98	28.05	660	561.0
荒坡	0- 20	25.99	26.90	24.57	765	698.2

3.4 土壤养分含量

由于树木种类、组成结构及林下植被及凋落物数量、质量等方面的差异, 直接影响土壤养分贮藏及供应状况^[8]。由表 4 可以看出, 紫鹊界梯田区森林、梯田、荒坡土壤(0- 40 cm)土层的 pH 值在 4.59~ 5.67 之间变动, 紫鹊界梯田区都为酸性土壤。该区土壤有

机质、水解氮随土层深度的增加而递减; 全氮、全磷、速效磷含量垂直变化不明显; 全钾、速效钾含量随土层深度变化各异, 有增有减。

图 5- 7 显示了不同土地利用方式土壤养分含量变化, 由图可知, 天然林、梯田、荒坡三种土地利用方式下, 土壤有机质、氮、磷、钾养分含量各不相同; 而相

同土地利用方式,天然林剖面之间、梯田田块间则差异不显著。其有机质含量、氮素含量变化趋势:林地>梯田>荒坡;全钾含量变化趋势:梯田>林地>荒坡;全磷含量三者相差不大;速效磷含量变化趋势:梯田>荒坡>林地;速效钾含量荒坡>林地>梯田。不同土地利用方式养分产生差异的原因是多方面共同作用的结果,包括土壤质地差异、施肥作用、人为干扰、土壤侵蚀等的不同,其中以施肥作用和人为干扰最为严重。不同利用方式施肥、抚育程度参差不齐,施肥的种类、数量各不相同,这势必造成养分之间的差异。该区林地土壤有机质、全氮、全钾、水解氮含量均比荒坡高,这是因为紫鹊界梯田区林地表面凋落物的数量多,同时其凋落物分解速度快,以此来增加土壤养分,促进林地养分的良性循环。该区林地土壤速效钾、速效性磷含量均比荒坡低,这与不同森林植被对养分的选择吸收特性有关^[9-10]。

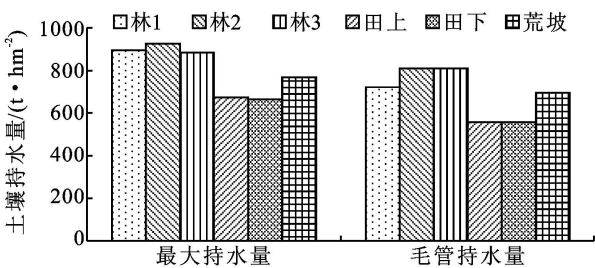


图 4 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤持水量

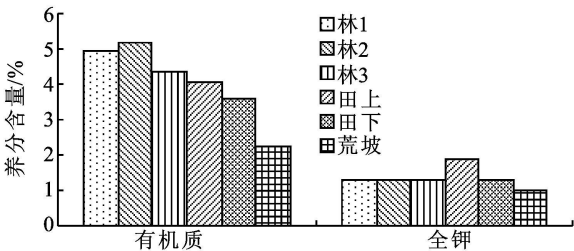


图 5 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤有机质、全钾含量

表 4 土壤主要化学性质和养分含量

土壤剖面	土层/cm	pH	有机质/%	全氮/%	全磷/%	全钾/%	水解氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
1	0- 20	4.68	4.965	0.161	0.05	1.272	162.54	1.327	31.30
	20- 40	4.78	1.597	0.080	0.05	2.005	82.30	0.564	36.01
2	0- 20	4.59	5.171	0.165	0.04	1.289	180.62	1.764	65.34
	20- 40	4.78	2.240	0.097	0.04	1.301	107.30	0.110	43.74
3	0- 20	4.76	4.351	0.140	0.05	1.280	171.05	1.927	42.87
	20- 40	4.67	1.005	0.080	0.04	1.676	46.32	0.490	34.70
4	0- 20	5.32	4.057	0.139	0.09	1.907	128.55	23.910	35.27
5	0- 20	5.67	3.605	0.115	0.06	1.295	89.97	22.060	40.43
6	0- 20	5.11	2.259	0.121	0.05	1.010	140.09	15.750	116.70

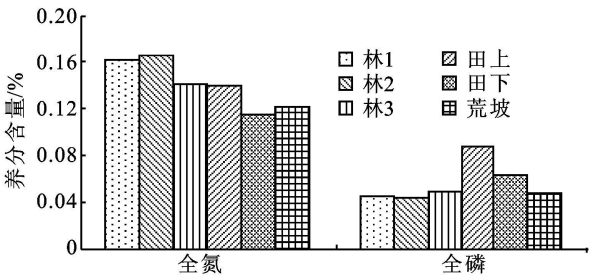


图 6 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤全氮、全磷含量

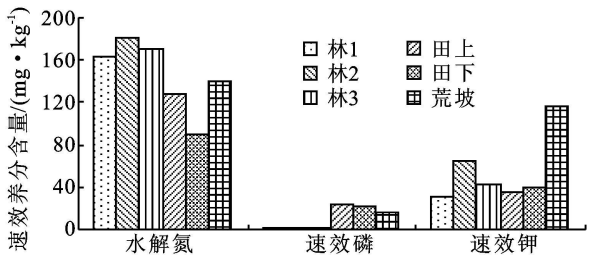


图 7 不同土地利用方式 0- 20 cm 土层土壤速效养分

很大的影响,能较好地改良土壤理化特性:

(1) 紫鹊界梯田区森林表层土壤物理性黏粒 (< 0.01 mm) 含量、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、通气性、最大持水量和毛管持水量均比梯田田块或荒坡高,林地土壤容重较梯田或荒坡低。表明紫鹊界梯田区内天然林的存在,大大改变了土壤结构状况,使得土壤疏松,增加了土壤的孔隙度,提高了土壤的持水、贮水能力,调节土壤水、气的相应变化,从而改良了土壤物理性状,增强了土壤抗蚀性能。

(2) 该区林地表层土壤有机质、全氮、全钾、水解氮等营养元素贮量及速效性养分供应状况亦比荒坡高。由于林下植被及枯枝落叶较多,土壤有机质高,土壤肥力水平高,说明紫鹊界梯田区天然林覆盖下的土壤具有良好的自我培肥功能。该区林地土壤速效钾、速效磷含量均比荒坡低,这可能与不同森林植被对养分的选择吸收特性有关。

- of mesquite-dominated desert grasslands: changes in time and space[J]. *Geoderma*, 2005, 126(3/4): 301-315.
- [5] 张成娥, 陈小利. 黄土丘陵区不同撂荒年限自然恢复的退化草地土壤养分及酶活性特征[J]. *草地学报*, 1997, 5(3): 195-200.
- [6] 焦菊英, 焦峰, 温仲明, 等. 黄土丘陵沟壑区不同恢复方式下植物群落的土壤水分和养分特征[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(5): 667-674.
- [7] McGrath D, Zhang C. Spatial distribution of soil organic carbon concentrations in grassland of Ireland[J]. *Applied Geochemistry*, 2003, 18(10): 1629-1639.
- [8] Wang G, Qian J, Cheng G, et al. Soil organic carbon pool of grassland soils on the Qinghai-Tibetan Plateau and its global implication[J]. *Science of the Total Environment*, 2002, 291(1/3): 207-217.
- [9] Evrendilek F, Celik I, Kilic S. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey[J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59(4): 743-752.
- [10] Goberna M, Schez J, Pascual J A, et al. Surface and subsurface organic carbon, microbial biomass and activity in a forest soil sequence[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(8): 2233-2243.
- [11] 韦兰英, 上官周平. 黄土高原不同退耕年限坡地植物比叶面积与养分含量的关系[J]. *生态学报*, 2008, 28(6): 2526-2535.
- [12] 祝美俊, 牛建忠, 薛建国, 等. 施钾对草地早熟禾根部可溶性碳水化合物及叶片氮、磷和钾含量的影响[J]. *草原与草坪*, 2008(3): 1-6.
- [13] 刘世海, 余新晓. 密云水库流域油松水源保护林主要养分元素的生物循环[J]. *北京林业大学学报*, 2008, 30(3): 51-56.
- [14] 刘广全, 土小宁, 赵士洞. 秦岭松栎林带生物量及其营养元素分布特征[J]. *林业科学*, 2001, 37(1): 28-36.
- [15] 刘增文, 李雅素. 黄土残塬沟壑区刺槐人工林生态系统的养分循环通量与平衡分析[J]. *生态学报*, 1999, 19(5): 630-634.
- [16] 张硕新, 雷瑞德, 刘广全. 秦岭火地塘林区主要森林类型的营养循环[J]. *西北林学院学报*, 1996, 11(增): 115-120.
- [17] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [18] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 2版. 北京: 农业出版社, 1986.
- [19] 曾洪光. 牧草品质综合评定概述[J]. *四川畜牧兽医*, 2001, 28(9): 40-40.
- [20] 张治国, 王仁卿. 黄河三角洲牧草品质及其利用价值的综合评价模型[J]. *山东大学学报: 自然科学版*, 1994, 29(2): 210-216.
- [21] 刘俊华, 常庆瑞, 贾科利. 黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(4): 39-41.
- [22] 山仑, 徐炳成. 黄土高原半旱地区建设稳定人工草地探讨[J]. *草业学报*, 2009, 8(2): 1-2.

(上接第 126 页)

参考文献:

- [1] 何丽芳. 打造与哈尼梯田媲美的观光胜号: 论湖南紫鹊界梯田文化资源的旅游开发[J]. *农村经济与科技*, 2006(3): 39-40.
- [2] 许志方, 聂芳容, 张硕铺, 等. 湖南紫鹊界梯田自流灌溉体系[J]. *中国农村水利水电*, 2006(4): 73-74.
- [3] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1987.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [5] 森林土壤全氮的测定. GB/ 7848-1987 [S].
- [6] 胡振宇, 马钦彦, 王金锡. 川中丘陵区防护林改良土壤作用研究[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(3): 15009-15013.
- [7] 罗札诺夫 B F. 土壤形态学[M]. 王浩清, 郑军, 译. 北京: 科学出版社, 1988.
- [8] 杨玉盛, 李振向, 俞新妥, 等. 南平溪后杉木林取代杂木林后土壤肥力变化的研究[J]. *植物生态学报*, 1994, 18(3): 236-242.
- [9] 康贻军, 胡健, 杨小兰, 等. 盐碱地土壤微生物对不同改良方法的响应[J]. *微生物学杂志*, 2008, 28(5): 102-105.
- [10] 杨海儒, 宫伟光. 不同土壤改良剂对松嫩平原盐碱土理化性质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(20): 8715-8716.