

# 三峡库区植物篱技术对坡耕地土壤肥力的影响

廖晓勇<sup>1,2</sup>, 罗承德<sup>2</sup>, 陈治谏<sup>1</sup>, 王海明<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 四川农业大学, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 通过三峡库区 25° 紫色土坡耕地的定位试验观测, 探讨了植物篱技术对坡耕地土壤肥力的影响。结果表明, 植物篱技术科学合理地解决了坡耕地用地和养地的问题, 一方面通过植物篱根系吸收土壤深层养分并以刈割茎叶返还土壤, 促进了养分的循环与再分配, 发挥了养分泵的功能; 另一方面通过植物篱的阻滞和坡面覆盖, 减少了由径流与侵蚀泥沙携带的养分损失, 有效地改善了土壤肥力性状。

**关键词:** 三峡库区; 植物篱技术; 坡耕地; 土壤肥力

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2006)06-0001-03

中图分类号: S157.1

## Soil Fertility of Slope Croplands by Applying Technique of Plant Hedgerows in Three Gorges Reservoir Area

LIAO Xiao-yong<sup>1,2</sup>, LUO Cheng-de<sup>2</sup>, CHEN Zhi-jian<sup>1</sup>, WANG Hai-ming<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water

Conservancy, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

**Abstract:** Technique of plant hedgerows is a favorable measure for utilization of slopelands and plays an important role in the sustainable development of eco-environment, resources and economy. Experiments on the purple soil fertility of a plant hedgerows system were conducted on a slope cropland of 25 degree in the Three Gorges Reservoir area. Results show that the plant hedgerow system is effective for soil fertility improvement. The root system of hedgerows is functioned as a "nutrient pump" to uptake soil nutrients from deep soil and return them to topsoil by pruning of hedgerows, which promotes soil nutrient circulation and redistribution. Runoff detention by hedgerows and mulching can effectively reduce soil nutrient loss by controlling soil loss and runoff.

**Keywords:** the Three Gorges Reservoir area; technique of plant hedgerows; slope croplands; soil fertility

举世瞩目的长江三峡水利枢纽工程建设, 涉及的经济、社会和环境生态问题很多, 其中坡耕地土壤侵蚀和肥力退化的有效控制是一个难度很大的问题。三峡库区山多坡陡, 加之不合理开发和不科学耕种, 坡耕地水土流失及其引起的土地退化均十分严重。据测算, 库区坡耕地平均侵蚀模数为 7 500 t/(km<sup>2</sup> a), 坡度 > 25° 的坡耕地占 28%, 土层厚度 < 30 cm 的坡耕地占 41%<sup>[1-3]</sup>。在这样一个脆弱的土壤生态环境系统上要建立稳产高产的旱作农业, 或者退耕还林还草, 在短时间内显然是困难甚至不现实的。因此, 必须努力改善土壤条件, 培肥地力。近 10 a 发展起来的植物篱技术在控制土壤侵蚀和提高土壤肥力方面显示了很大的潜力, 是一种融生态、经济为一体的坡耕地可持续利用技术<sup>[4-6]</sup>, 其研究与推广应用已引起越来越广泛的关注。本文通过定位试验观测, 研究

了植物篱技术对坡耕地土壤肥力的影响, 以期揭示其培肥机制, 从而为植物篱技术在三峡库区的推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于中科院万州典型区生态环境监测站 (108°30' E, 30°46' N), 海拔 265 m, 属亚热带湿润季风气候区, 年均气温 17℃, 年日照时数 1 400 h, 年降雨量 1 100 mm, 年无霜期 320 d, 成土母岩为侏罗系沙溪庙组砂泥岩, 土壤为灰棕紫泥土。

### 1.2 研究方法

2001 年在 2 个标准径流观测场 (坡度 25°, 土层厚 80~100 cm, 面积 20 m × 5 m, 边界为石砌水泥沙浆抹面) 布设试验小区。其中, 植物篱技术试验小区

收稿日期: 2005-05-27

资助项目: 中科院知识创新工程项目 (KZCX2-316); 国务院三建委办公室资助项目 (SX2001-021); 中科院成都山地所成果转化基金

作者简介: 廖晓勇 (1971—), 男 (汉族), 四川自贡人, 副研究员, 在读博士生, 主要从事土壤学、农业生态学研究。E-mail: liaozouxy@126.com。

(T)以皇竹草为篱笆植物,育苗等高移栽,按株行距 30 cm × 30 cm 双行错栽,篱带间距 6 m,在小区内 95% 的皇竹草株高达 80 ~ 100 cm 时,刈割至距地面 10 cm,割下的茎叶覆盖于篱间。同时布设纯粮作物对照小区(CK),为麦—玉—苕顺坡轮作。这 2 个试验小区施肥管理相同。2004 年在植物篱小区的篱带内(T<sub>a</sub>)、篱间距篱带 3m 处(T<sub>b</sub>)挖掘剖面,分层 0—15 cm,15—30 cm,30—60 cm 采取 3 次重复的混合土样;在对照小区随机布点挖掘 2 个剖面,分层采取 3 次重复的混合土样。室内采用环刀浸水法测定土壤容重、孔隙度,用比重计速测法测定土壤颗粒组成(国际制),用常规土壤农化分析方法测定土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物篱技术对土壤物理性状的影响

土壤容重、孔隙度和颗粒组成是土壤物理性质的

重要指标,反映了土壤的水、气、质地和结构等综合物理性状,对土壤肥力影响大,直接影响到土壤中根系穿插、动物和微生物活动及物质转化过程。坡耕地营建皇竹草植物篱后,篱带(T<sub>a</sub>)由于皇竹草篱基部密集茎节的挡土、发达根系的穿插与固土作用,显著改善了篱带土壤物理性质;而篱间(T<sub>b</sub>)因大量刈割茎叶的覆盖,减小了土壤侵蚀,加之茎叶的枯腐、分解,增加了土壤有机质,亦在一定程度上大大改善了土壤物理性质。

由表 1 可见,篱带(T<sub>a</sub>)、篱间(T<sub>b</sub>)土壤容重分别比对照(CK)减小 12.41% 和 2.76%,总孔度分别增大 15.04% 和 3.61%,毛管孔隙度分别增加 12.55%, 3.77%,土壤颗粒组成中 < 0.02 mm 的粉黏粒含量分别提高 13.20% 和 6.30%。这均反映了植物篱技术对土壤保肥能力的提高,因为土壤容重与有机质含量呈负相关关系<sup>[8]</sup>,而 < 0.02 mm 土壤颗粒含量与有机质含量呈正相关关系<sup>[9]</sup>。

表 1 土壤物理性状

小区	采样点	容重/ (g cm <sup>-3</sup> )	总孔度/ %	非毛管孔度/ %	毛管孔度/ %	颗粒组成/ %		
						2 ~ 0.02 mm	0.02 ~ 0.002 mm	< 0.002 mm
T	T <sub>a</sub>	1.27	51.95	13.75	38.20	33.89	27.78	38.34
	T <sub>b</sub>	1.41	46.79	11.57	35.22	37.90	25.99	36.10
CK		1.45	45.16	11.22	33.94	41.59	24.09	34.32

### 2.2 植物篱技术对土壤养分状况的影响

土壤养分是植物生长发育所必需的物质基础,也是土壤易被控制和调节的因子。植物篱技术对土壤养分状况的改善主要体现在 3 个方面,其一通过篱笆植物根系从深层土壤吸收养分,扩大了复合系统中养分循环的范围,提高了系统的养分含量、利用率及有效性;其二通过每年多次的植物篱修剪,提供大量的新鲜枝叶作为绿肥还田,分解后可有效地向土壤归还营养元素,同时有效地改善土壤环境,提高土壤动物和微生物活性,从而有利于土壤养分的积累,对恢复和重建坡耕地土壤养分库具有相当大的作用;其三通过篱间覆盖和篱带拦蓄减小水土流失,从而减少了侵蚀泥沙和坡面径流携带的养分流失。

2.2.1 土壤有机质 土壤有机质是土壤养分的重要来源,其质量和数量直接影响土壤潜在的生产力,是衡量土壤肥力水平的基础。由图 1 可见,皇竹草植物篱对土壤有机质的改善效果非常明显,篱带(T<sub>a</sub>)、篱间(T<sub>b</sub>)各层土壤有机质含量均高于对照,其中 0—15 cm 土层分别高 29.76% 和 18.70%,15—30 cm 土层分别高 35.09% 和 8.62%,30—60 cm 土层分别高 19.61% 和 4.84%。比较植物篱小区中不同位置土

壤有机质含量,篱带高于篱间。篱带土壤有机质含量的提高,不仅与其基部密集茎节拦截 < 0.02 mm 土壤颗粒密切相关,与皇竹草发达根系的腐解及对土壤团聚体的改善也密不可分;而篱间土壤有机质的改善,则主要源于皇竹草植物篱每年所提供的 209.2 t/hm<sup>2</sup> 鲜茎叶和土壤侵蚀的减少<sup>[10]</sup>。

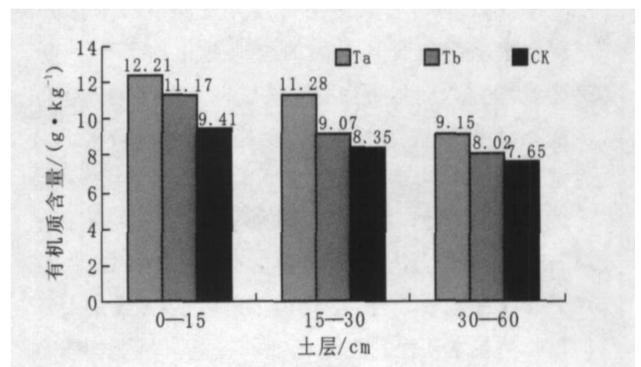


图 1 土壤有机质状况

2.2.2 土壤氮 土壤全氮含量是衡量土壤氮素供应状况的重要指标,主要决定于有机质的积累和分解作用的相对强度。植物篱小区土壤全氮含量变化趋势与有机质变化一致,二者呈显著正相关,篱带(T<sub>a</sub>)、篱间(T<sub>b</sub>)各层土壤全氮含量均高于对照(CK),其中

0—15 cm 土层分别高 23.81% 和 15.87%, 15—30 cm 土层分别高 33.33% 和 14.04%, 30—60 cm 土层分别高 30.61% 和 6.12%; 植物篱小区中篱带土壤全氮含量高于篱间, 并且随土层加深篱带全氮含量的递减率小于篱间。土壤碱解氮养分易淋失和被植物吸收利用。土壤碱解氮的变化与有机质、全氮变化一致但略有差异。篱带、篱间各土层碱解氮含量均高于对照, 其中 0—15 cm 土层分别高 6.11% 和 2.34%, 15—30 cm 土层分别高 10.11% 和 4.99%, 30—60 cm 土层分别高 5.10% 和 2.90%。这主要是由于篱间覆盖和有机质增加改善了土壤渗透性能, 一方面减少了坡面径流而增加了土壤碱解氮含量; 另一方面篱带阻滞了坡面径流和拦截了侵蚀泥沙而使得土壤碱解氮富集。

**2.2.3 土壤磷** 从植物篱技术对土壤全磷的影响来看, 皇竹草植物篱小区中篱带 ( $T_a$ )、篱间 ( $T_b$ ) 0—30 cm 土层全磷含量均高于对照 (CK), 其中 0—15 cm 土层分别高 23.73% 和 10.17%, 15—30 cm 土层分别高 13.64% 和 4.55%。由于全磷的移动主要依靠泥沙中最易流失的粉黏粒带动<sup>[9]</sup>, 所以试验中全磷的空间分异实际上说明了 2 个问题: 一是植物篱间由于坡度的存在, 水土流失依然存在, 但刈割茎叶的覆盖减小了土壤侵蚀; 二是植物篱带对粉黏粒的流失具有显著的阻拦作用<sup>[11]</sup>。由于紫色土的磷素营养继承了母岩特性, 因此在 30—60 cm 土层篱带、篱间和对照的全磷含量相近。土壤中速效磷的含量主要受土壤温度、酸度和水分等因素的影响。植物篱技术对土壤速效磷的提高作用比较显著, 植物篱小区的篱带、篱间各土层速效磷含量均高于对照, 其中 0—15 cm 土层分别高 29.98% 和 29.90%, 15—30 cm 土层分别高 10.37% 和 13.90%, 30—60 cm 土层分别高 9.44% 和 2.97%。这不仅与植物篱技术的水土保持作用减少速效磷的损失密切相关, 与有机质含量提高对磷有效性提高的贡献也密不可分, 此外, 皇竹草根在生命活动中分泌的有机酸和呼吸产生的  $CO_2$  使土壤酸化, 对缓效磷的活化有一定作用, 亦在一定程度上增加了速效磷含量。

**2.2.4 土壤钾** 植物篱技术对土壤全钾的影响与对全磷的影响相似, 篱带 ( $T_a$ )、篱间 ( $T_b$ ) 0—30 cm 土层全钾含量均高于对照 (CK), 其中 0—15 cm 土层分别高 12.86% 和 5.86%, 15—30 cm 土层分别高 12.88% 和 3.32%; 而在 30—60 cm 土层篱带、篱间和对照的全钾含量相近。由于全钾的移动主要依靠泥沙带动<sup>[9]</sup>, 因此篱带对泥沙的拦截作用显著影响土壤的全钾状况; 而因紫色土钾素水平较高, 所以篱间覆盖

减少土壤侵蚀对土壤全钾的影响不及篱带显著。土壤速效钾保持在有机无机复合体和溶解于土壤溶液中, 与土壤质地、pH、化学风化程度有关。植物篱技术对土壤速效钾的影响显著, 植物篱小区中篱带、篱间各土层速效钾含量均高于对照, 其中 0—15 cm 土层分别高 16.86% 和 9.55%, 15—30 cm 土层分别高 23.10% 和 10.98%, 30—60 cm 土层分别高 7.27% 和 1.46%。土壤速效钾在篱带、篱间 0—30 cm 土层的大幅度提高, 不仅与皇竹草根系吸收下层土壤钾素并归还表土密切相关, 而且与植物篱阻滞了坡面径流、减少了土壤侵蚀而改变了速效钾的化学移动特性密切相关。

### 3 结 论

与传统纯粮顺坡种植相比, 植物篱技术能显著改善土壤物理性质, 维持并提高坡耕地土壤有机质及氮、磷、钾素养分含量。植物篱技术模式中土壤养分呈现水平和垂直分异, 篱带土壤养分状况好于篱间; 随着土层加深土壤有机质、全氮含量递减, 而全磷、全钾及速效养分则以中层土壤含量最高。植物篱技术作为一种保护性耕作措施, 可实现坡耕地资源的有效改良与持续利用, 具有巨大的应用推广潜力。

#### [参 考 文 献]

- [1] 陈国阶, 徐琪, 杜榕桓, 等. 三峡工程对生态与环境的影响及对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 15—25.
- [2] 席承藩, 徐琪, 马毅杰, 等. 长江流域土壤与生态环境建设[M]. 科学出版社, 1994. 87—107.
- [3] 钟冰, 唐治诚. 三峡库区水土流失及其防治[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 147—149.
- [4] 刘学军, 李秀彬, 等. 高线植物篱提高坡地持续生产力研究进展[J]. 地理科学进展, 1997, 16(3): 69—78.
- [5] 申元村. 三峡库区植物篱坡地农业技术提高土地生产潜力的研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(1): 56—59.
- [6] 施迅. 坡地改良利用中活篱笆的种类选择和水平空间结构初步研究[J]. 生态农业研究, 1995, 3(2): 49—53.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 15—87.
- [8] 李仲明, 张先婉, 唐时嘉, 等. 中国紫色土(上篇)[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 127—128.
- [9] 黄丽, 丁树文, 董舟, 等. 三峡库区紫色土养分流失的试验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 8—13.
- [10] 廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 等. 陡坡地皇竹草水土保持效益研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 34—36.
- [11] 陈治谏, 廖晓勇, 刘邵权, 等. 坡地植物篱农业技术效益评价[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 125—127.