

# 三峡库区紫色土坡耕地不同利用方式的水土流失特征

廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 王海明

(中国科学院, 水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘 要:** 紫色土坡耕地水土流失已成为三峡库区生态环境和农业可持续性发展所面临的一个重大问题。研究通过15°、25°坡耕地不同利用方式的定位试验, 探讨了三峡库区紫色土坡耕地的水土流失状况、侵蚀泥沙的颗粒组成及养分特征。结果表明紫色土坡耕地流失的泥沙中 $< 0.02\text{ mm}$ 的颗粒大量富集, 是养分流失的主要载体。不同土地利用方式中以果—植物篱复合、粮经果复合垄作模式的水土保持效果理想。

**关键词:** 坡耕地; 紫色土; 利用方式; 水土流失; 三峡库区

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0159-03

## Study on Soil Losses in Different Land Use Types of Purple Slope Cropland in the Three Gorges Reservoir Area

LIAO Xiao-yong, CHEN Zhi-jian, LIU Shao-quan, WANG Haiming

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Soil losses of purple slope cropland are serious problems on both eco-environment and sustainable agricultural development in the Three Gorges Reservoir area. Soil losses of five kinds of land use types were studied through observing soil erosion, analysing nutrient losses and particle compositions of the eroded soil. The results showed that plant hedge-rows, agro-forestry and contour tillage were the most suitable land use types in conserving soil and water. The sediments of eroded soil richly gathered  $< 0.02\text{ mm}$  particles which were the main carriers of nutrient losses.

**Key words:** slope cropland; purple soil; land use type; soil loss; the Three Gorges Reservoir area

三峡库区地跨川、鄂中低山峡谷和川东平行岭谷低山丘陵地区, 地质地貌复杂, 降雨相对集中、强度大。在现有耕地资源中紫色土耕地占78.70%, 是库区粮食经济作物的主产载体, 亦是库区水土流失的主要源地和入库泥沙的主要来源。三峡水库建成后, 农业人均耕地面积将由 $0.073\text{ hm}^2$ 下降到 $0.063\text{ hm}^2$ , 耕地超负荷运行的矛盾日益突出。同时, 受自然条件及大量的移民迁建工程建设等因素的影响, 库区水土流失将呈加剧趋势<sup>[1~3]</sup>。因此, 研究库区紫色土坡耕地的水土流失特征, 探讨如何科学治理与保护紫色土, 提高土壤潜在生产力, 促进农业可持续发展, 已成为人们日益关注的问题。

### 1 试验区概况

试验区位于重庆万州中科院万县生态环境实验站(E108°30', N30°46'), 海拔265 m, 属亚热带湿润季风气候区, 年均气温17℃, 日照时数1400 h, 降雨量1100 mm, 无霜期320 d, 成土母岩为侏罗系沙溪庙组砂泥岩, 土壤棕紫泥。

### 2 研究方法与内容

#### 2.1 试验处理

在3个面积 $20\text{ m} \times 5\text{ m}$ 、坡度15°的标准径流场( $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ )和2个面积 $12\text{ m} \times 5\text{ m}$ 、坡度25°的标准径流场( $T_4$ 、 $T_5$ )中, 分别布设不同利用方式的试验小区:

(1) 粮经果复合垄作( $T_1$ ): 小麦—花生—柚复合垄作。1.52 m为垄, 1.0 m为沟聚土筑垄, 沟内等高密植柚树(株行距 $2.0\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ ), 树下覆盖玉米秸秆, 垄上复合种植小麦—花生粮经作物。小麦10月播种(行窝距 $60\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ), 行间预留花生行, 翌年5月收割; 花生3月播种(行窝距 $30\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ), 8月收挖。

(2) 粮经果复合平作( $T_2$ ): 小麦—花生—柚复合平作。柚树栽植规格与时间、粮经作物种植结构与播种期同试验小区 $T_1$ , 作物种植带距柚树50 cm。

(3) 粮经平作( $T_3$ ): 小麦—花生粮经作物平作。作物播

收稿日期: 2004-04-22

基金项目: 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)

作者简介: 廖晓勇(1971-), 男, 四川自贡人, 副研究员, 硕士, 主要从事土壤学、农业生态学研究。

种、收获期同试验小区 T<sub>1</sub>。

(4) 果—植物篱复合(T<sub>4</sub>): 柚—皇竹草植物篱复合。以皇竹草为篱笆植物, 育苗等高双行移栽(株行距 30 cm × 30 cm) 营建植物篱, 带间距 3 m; 篱间等高种植柚树(株行距 2 0 m × 2 5 m), 同时将刈割的皇竹草茎叶覆盖于篱间。

(5) 纯粮平作(T<sub>5</sub>): 小麦—玉米—甘薯单一粮食作物平作。小麦 10 月播种(行窝距 60 cm × 15 cm), 行间预留玉米行, 翌年 5 月收割; 玉米 4 月育苗移栽(行窝距 60 cm × 30 cm), 7 月收获; 甘薯 6 月移栽于小麦行, 10 月收挖。

2 2 试验观测方法

2003 年采用虹吸雨量计观测降雨量和降雨时间, 计算降雨强度。观察记录每次降雨产生的径流量, 并均匀采集水样于室内过滤、烘干并称重, 测定单位体积径流的含沙量, 换算成单位面积土壤侵蚀量。采用常规土壤理化分析方法测定雨前表土和侵蚀泥沙的颗粒组成、有机质、全氮、速效氮、全钾、速效钾、全磷、速效磷。

3 结果与分析

3 1 不同利用方式的水土流失状况

受植被、坡度、土壤性质等诸因素的影响, 坡耕地不同利用方式的水土流失状况各异(表 1)。

果—植物篱复合(T<sub>4</sub>)中, 地面坡度尽管为 25°, 但全年免耕, 覆盖与刈割茎叶覆盖度达 95% 以上, 增加了坡地径流的渗透量; 植物篱及堆置在篱底的茎叶截断连续坡面, 减小了坡地坡长, 使篱带间坡度变缓, 土壤颗粒在篱前淤积, 层层直

接阻滞拦蓄、分散地表径流, 降低其泥沙携带搬运能力; 皇竹草植物篱根系发达, 须根密集, 增强了土壤抗蚀力<sup>[4, 5]</sup>。与纯粮平作(T<sub>5</sub>)比较, 侵蚀量和径流量分别减少 92 45% ~ 98 81%、71 39% ~ 94 25%, 与粮经平作(T<sub>3</sub>)相比较, 则分别减少 81 46% ~ 95 50%、42 13% ~ 84 36%。

粮经果复合垄作(T<sub>1</sub>)变顺坡翻耕耕作为等高垄作, 以立体的连续植被替代种收相间的断续植被, 在垄上留茬免耕, 沟内深耕秸秆覆盖, 以垄护沟, 并采用垄沟相间、沟内筑挡所形成的网格状体系, 变坡面汇流为垄沟分散截流, 从而建立了一个因地制宜的坡地综合防蚀体系<sup>[6]</sup>。与粮经平作(T<sub>3</sub>)比较, 侵蚀量与径流量减幅分别为 74 17% ~ 89 02%、28 93% ~ 91 74%, 与纯粮平作(T<sub>5</sub>)比较, 则分别减少 82 44% ~ 98 59%、71 77% ~ 97 50%。

对粮经果复合平作(T<sub>2</sub>)而言, 由于农林复合, 果树繁茂的枝叶减小了裸露的地表面积, 截留了降雨, 降低了雨滴的击溅侵蚀, 而果树发达的根系穿插、固持了土体, 减小了地表径流的冲刷。与粮经平作(T<sub>3</sub>)比较, 侵蚀量与径流量分别减少 23 73% ~ 62 50%、4 18% ~ 55 09%, 与纯粮平作(T<sub>5</sub>)比较, 则分别减少 48 15% ~ 94 95%、55 56% ~ 82 32%, 表明了植被覆盖对水土保持作用的贡献。

粮经平作(T<sub>3</sub>)地表覆盖相对较少, 尤其在雨季的 5 月、8 月作物刚好收割, 耕地刚好翻耕, 土壤结构松散, 因而水土流失程度较大。但与坡度 25°种植结构类似的纯粮平作(T<sub>5</sub>)比较, 由于坡度小, 其侵蚀量与径流量分别减少 32 02% ~ 87 15%、50 55% ~ 72 20%。

表 1 紫色土坡耕地不同利用方式的水土流失状况

观测时间	雨强/ (mm · min <sup>-1</sup> )	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>4</sub>		T <sub>5</sub>	
		径流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	侵蚀量 /(t · hm <sup>-2</sup> )	径流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	侵蚀量 /(t · hm <sup>-2</sup> )	径流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	侵蚀量 /(t · hm <sup>-2</sup> )	径流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	侵蚀量 /(t · hm <sup>-2</sup> )	径流量/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	侵蚀量 /(t · hm <sup>-2</sup> )
18/4	0 16	3 25	0 0126	5 95	0 0328	9 05	0 0590	3 93	0 0107	30 98	0 3161
19/4	0 05	1 20	0 0013	2 50	0 0034	4 60	0 0081			12 86	0 0298
13/5	0 08	0 72	0 0017	5 82	0 0092	8 72	0 0240			28 76	0 0430
15/5	0 07	1 62	0 0149	4 32	0 0236	9 62	0 0601	1 54	0 0051	20 07	0 1816
2/6	0 11	3 01	0 0096	7 00	0 0250	12 40	0 0446	3 90	0 0064	31 4	0 2613
5/6	0 08	1 93	0 0032	6 83	0 0100	8 53	0 0266			26 27	0 1084
4/7	0 08	1 89	0 0019	3 88	0 0068	5 24	0 0173	2 82	0 0016	18 85	0 1346
12/7	0 08	2 29	0 0020	5 19	0 0066	6 49	0 0176			20 36	0 0561
17/7	0 46	11 71	0 0554	21 31	0 2365	23 71	0 3159	13 72	0 0462	47 95	0 9246
19/7	0 06	6 51	0 0102	7 21	0 0171	9 16	0 0422	2 77	0 0019	23 06	0 1608
11/8	0 09	3 54	0 0057	9 17	0 0268	9 57	0 0479	2 17	0 0022	25 50	0 2081
15/8	0 08	3 12	0 0061	4 67	0 0150	9 72	0 0362	1 52	0 0035	26 42	0 1601
7/9	0 06	3 35	0 0031	8 80	0 0113	10 20	0 0151	3 14	0 0028	27 14	0 1543
19/9	0 13	2 09	0 0665	7 59	0 1964	8 39	0 2575	1 99	0 0286	22 36	0 3788

3 2 不同利用方式侵蚀泥沙的颗粒及养分特征

测定侵蚀土壤的颗粒组成(表 2)可见, 降雨侵蚀后流失泥沙中 2~ 0 02 mm 的颗粒含量低于< 0 02 mm 的颗粒含量, 表明紫色土流失的颗粒主要为粉黏粒(< 0 02 mm), 要保持水土, 必须从防止这部分颗粒的流失着手。比较不同利用方式的侵蚀土壤颗粒组成, 果—植物篱复合(T<sub>4</sub>)、粮经果

复合垄作(T<sub>1</sub>)流失泥沙以细小土粒为主, 粉黏粒含量分别高达 77 79%、71 54%, 这主要是由于植物篱与茎叶覆盖、复合垄作与秸秆覆盖拦截了大颗粒泥沙的流失; 粮经果复合平作(T<sub>2</sub>)、粮经平作(T<sub>3</sub>)、纯粮平作(T<sub>5</sub>)侵蚀泥沙中颗粒组成状况大体一致, 粗砂、粉黏粒均有明显的流失, 这表明三者受降雨侵蚀的破坏是全方位的, 流失土粒无选择性。

表 2 侵蚀泥沙的颗粒组成(%)

小区	2~ 0.02 mm	0.02~ 0.002 mm	< 0.002mm
T <sub>1</sub>	28.46	42.87	28.67
T <sub>2</sub>	38.02	36.17	25.81
T <sub>3</sub>	48.80	33.66	17.54
T <sub>4</sub>	22.21	37.03	40.76
T <sub>5</sub>	46.77	32.27	20.96

表 3 侵蚀泥沙与雨前表土养分比较

小区	项目	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全N/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全P/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全K/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效N/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效P/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效K/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	侵蚀泥沙	16.24	0.96	0.82	28.89	95.03	28.97	104.53
	雨前表土	11.51	0.66	0.66	22.42	62.59	19.94	66.94
	富集比	1.41	1.45	1.24	1.29	1.52	1.45	1.56
T <sub>2</sub>	侵蚀泥沙	14.06	0.86	0.74	27.31	84.31	26.89	97.27
	雨前表土	10.55	0.63	0.62	21.46	57.09	19.01	63.76
	富集比	1.33	1.37	1.19	1.27	1.48	1.41	1.53
T <sub>3</sub>	侵蚀泥沙	12.14	0.71	0.69	26.69	81.30	27.07	88.53
	雨前表土	9.60	0.55	0.59	21.37	56.88	17.80	59.17
	富集比	1.26	1.29	1.17	1.25	1.43	1.52	1.50
T <sub>4</sub>	侵蚀泥沙	15.28	0.94	0.82	27.32	87.04	30.12	118.57
	雨前表土	10.10	0.70	0.69	22.00	64.94	20.96	72.55
	富集比	1.51	1.34	1.19	1.24	1.34	1.44	1.63
T <sub>5</sub>	侵蚀泥沙	10.81	0.67	0.69	25.26	71.60	24.14	94.72
	雨前表土	8.43	0.56	0.62	19.96	58.22	17.72	65.51
	富集比	1.28	1.20	1.10	1.27	1.23	1.36	1.45

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]. 北京: 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] 陈治谏, 廖晓勇, 刘邵权, 等. 坡地植物篱农业技术生态经济效益评价[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 125- 127.

[5] 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.

[6] 廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 等. 三峡库区粮经果复合垄作技术效益评价[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 37- 40.

[7] 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.

[8] 白红英. 坡地土壤侵蚀与养分流失过程的研究[J]. 水土保持通报, 1991, 11(3): 14- 19.

(上接第 109 页)

表 9 贴近度值

类型	特征指标					
	$R_{i1}$	$R_{i2}$	$R_{i3}$	$R_{i4}$	$R_{i5}$	$S_i$
I	0.106615	0.091968	0.992373	0.04488	0.003668	0.003668
II	0.162008	0.517582	0.89623	0.044881	0.104359	0.044881
III	0.699281	0.566291	0.30995	0.9523	0.915929	0.30995
IV	0.106615	0.091968	0.30995	0.148242	0.931278	0.091968
V	0.106615	0.091968	0.30995	0.044988	0.003668	0.003668
待识别 $x$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$S_{i0}=0.30995$

参考文献:

[1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

[2] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000.

[3] 李育枢. 深挖路堑公路边坡岩体力学参数及其获取方法体系研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2003.

坡面土壤侵蚀伴随着养分流失, 比较不同利用方式侵蚀泥沙的养分含量可见(表 3), 果—植物篱复合(T<sub>4</sub>)、粮经果复合垄作(T<sub>1</sub>)> 粮经果复合平作(T<sub>2</sub>)> 粮经平作(T<sub>3</sub>)、纯粮平作(T<sub>5</sub>)。这与侵蚀泥沙的颗粒组成密切相关, 因为土壤养分主要吸附于< 0.02mm 的颗粒<sup>[7]</sup>。降雨过程中流失的泥沙养分含量均高于雨前表土, 具有富集的特征。以富集比(流失泥沙与雨前表土养分含量之比)<sup>[8]</sup>来说明侵蚀导致的养分含量变化特征。果—植物篱复合(T<sub>4</sub>)、粮经果复合垄作(T<sub>1</sub>)> 粮经果复合平作(T<sub>2</sub>)> 粮经平作(T<sub>3</sub>)、纯粮平作(T<sub>5</sub>)。从不同养分的富集比来看, 速效钾流失变化最大, 养分富集比为 1.45~ 1.63, 全磷的变化最小, 富集比为 1.10~ 1.24, 这与紫色土富钾缺磷的特性有关, 也与磷、钾在土壤中移动的化学行为不同相关。

4 结 语

三峡库区紫色土坡耕地的利用, 果—植物篱复合、粮经果复合垄作是水土保持效果理想的土地利用方式。坡耕地流失泥沙中< 0.02mm 的颗粒大量富集, 是养分流失的主要载体, 防止这部分颗粒的流失是减少养分流失的关键。在治理上, 可采用植物篱、农林复合、垄作免耕等措施增加植被覆盖度, 固持土壤, 拦截泥沙颗粒, 以达到减少水土流失, 可持续利用坡耕地的目的。

由上表所求数据可知此处的岩石属于第三等级, 即岩石质量中等。

5 结 语

由于影响工程岩体的因素很多很复杂, 加之测试技术的不完善, 以及评判标准的非惟一性, 要精确地确定岩体质量是很困难的, 本文采用定量的模糊识别作为岩体等级划分的计算方法, 来对岩体进行分级, 效果是满意的。文中关于隶属度函数和模糊子集的确定方法还可以进一步研究与改进。