

# 红壤坡地果园水土保持效应的对比研究

刘士余

(江西农业大学 国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045)

**摘要:** 通过在典型的红壤坡地建立标准径流小区进行试验, 采用统计学方法对不同水土保持措施下地表径流量和土壤侵蚀量的变化情况进行了定量分析。研究表明, 提高植被覆盖度和辅以必要的工程措施是南方红壤坡地水土保持的有效途径, 尤其是在水平梯田裸露的梯壁上植草后, 其拦蓄地表径流和控制土壤侵蚀的能力分别提高 22.5、30.62 倍。

**关键词:** 红壤坡地; 水土保持; 地表径流系数; 土壤侵蚀量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)04-0007-04

中图分类号: S157, S66

## Comparative Study of Effects of Soil and Water Conservation on Sloping Land Orchard of Red Soil

LIU Shi-Yu

(College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China)

**Abstract:** The experiment was conducted with standard runoff treatments. Quantitative analyses of the runoff coefficient and the amount of soil erosion under different soil and water measures were made by means of statistical methods. Results showed that it was an effective approach to raise the level of vegetation coverage with necessary engineering measures supplemented for soil and water conservation in sloping land of red soil. Especially after planting grass on level bench terrace wall, the capability for decreasing runoff and the capability for controlling the amount of soil erosion increased 22.5 and 30.62 times, respectively.

**Keywords:** sloping land of red soil; soil and water conservation; runoff coefficient; the amount of soil erosion

红壤广泛分布于我国南方地区, 红壤坡地是江西省主要的农业土地资源之一, 约占全省土地总面积的 55.8%。但由于在开发成果园时缺乏应有的水土保持技术措施, 造成严重的水土流失, 引发洪涝、干旱灾害, 且影响果树产量及果品品质<sup>[1]</sup>。因此, 红壤坡地果园的经营必须将其置于高度的水土保持基础上, 才能使水土保持与开发利用并重, 实现可持续发展<sup>[2]</sup>。

为此, 在江西农业大学建立红壤坡地果园水土流失观测试验区, 于 1998—2001 年开展不同水土保持措施的水土保持效应对比研究, 旨在为我国南方红壤坡地果园治理水土流失提供科学依据。

## 1 试验设计与研究方法

### 1.1 试验设计

本试验区设在江西农业大学红壤丘陵水土保持试验示范区内。为了观测资料的准确性和应用价值, 选择具有典型代表性的粗质(粗骨性)红壤坡地进行试验。试验区设置了 8 个处理小区作对比试验(每小

区长 25 m, 宽 5 m), 坡度为 25%(表 1)。各处理小区用水泥砖墙围成, 下方构筑观测径流池一组, 于每次降雨产流后取样观测水土流失量。

每组观测池分 A、B 两池, A 池长 1.5 m, 宽 1 m, 深 1 m; B 池长 1.5 m, 宽 1 m, 深 0.9 m。A 池至 B 池隔墙上, 装有一个 90° 不锈钢三角堰, A 池至排水沟墙上装有 5 个相同三角堰, 且堰口在同一水平面上, 故当 A 池有 1/6 水量流入 B 池时, 有 5/6 水量经排水沟排出。小区主作物和覆盖作物、草类均于 1998 年 4 月定植成活, 主作物为桃树, 宽行密植(1 m × 6 m)。

自 1998 年 4 月起每逢产流降雨取样 1 次, 测 A、B 池水深, 记录降雨量。取样时先将池内泥水充分搅拌后, 分上、中、下 3 层采样、称重、烘干, 测得径流量和泥沙含量, 据此求出径流系数和土壤侵蚀量。

### 1.2 研究方法

采用数学统计分析中的方差分析和多重比较的方法对不同水土保持措施下径流、土壤侵蚀观测的结果进行统计学意义上的定量分析。

表 1 坡面径流处理小区试验设计情况

编号	处理名称	原始坡面	坡面处理
I	水平梯田梯壁植草	荒坡	台湾早期试验结果得知,梯壁裸露引起水土流失,且易破坏梯田结构,于梯壁植草后,能减少冲蚀产生,并可作为传统耕作方式的改进方法,梯壁斜率为 1:0.5
II	水平梯田梯壁裸露	荒坡	为南方红壤开辟梯田最常见的处理方式,可作为传统耕作方式的代表,梯壁斜率为 1:0.5
III	百喜草全园覆盖	荒坡	在果园内,除主作物冠下裸地刈草覆盖外,其余裸地均种植覆盖作物百喜草
IV	百喜草草带间作大豆	荒坡	于两行主作物间种植百喜草(约 50 cm 宽)作为草带,其余裸地种植勤耕作物大豆,增加农民收入,并以草带减缓流速及过滤被冲蚀的土壤
V	百喜草带状覆盖	荒坡	在主作物的行间种植百喜草成带状,而于主作物冠下裸地将刈割下的百喜草覆盖
VI	假俭草全园覆盖	荒坡	在果园内,除主作物冠下裸地刈草覆盖处,其余裸地均种植乡土草种假俭草
VII	香根草草带间作花生	荒坡	于两行主作物间种植香根草(约 50 cm 宽)作为草带,其余裸地种植勤耕作物花生
VIII	全园裸露	荒坡	该处理只种植主作物,作对照用

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理的地表径流分析

2.1.1 地表径流分析 实测 1998 年 1 月 1 日至 2001 年 12 月 31 日各处理小区地表径流,各小区产流次数为 64 次。对 8 个径流小区的观测结果表明(表 2),平均地表径流系数以 VIII 处理小区为最大,达到了 22.23%。试验所采用的水土保持措施都能显著减小地表径流系数,且地表覆盖良好的处理小区地表径流系数可控制在 10.0% 以下,尤其是 I 处理小区的 4a 平均地表径流系数仅为 2.09%。就单场产流降雨而言,1999 年 7 月 4 日降雨量为 84.7 mm, VIII 处理小区的地表径流系数最大,达 59.52%,为各类生物措施处理小区(I, III, IV, V, VI, VII)平均值的 17.6 倍,为水平梯田梯壁裸露处理小区(II)的 2.3 倍。同时,水平梯田梯壁裸露(II)的地表径流系数为水平梯田梯壁植草(I)的 22.5 倍。由此可知,适当的生物措施能大幅度降低地表径流系数,水平梯田梯

壁植草后比水平梯田梯壁裸露处理拦蓄地表径流能力提高 22.5 倍。

由表 2 还可知,只要采取适当生物措施的处理小区,随着时间的推移植被覆盖率增大,地表径流系数呈减小趋势,而 II, VIII 处理小区由于无地表覆盖物,1999 年地表径流系数分别为 19.90%, 40.26%, 比 1998 年分别增长 20.75%, 25.26%。因为地表覆盖物具有减小雨滴的击溅作用、阻缓地表径流的产生和延长汇流时间等作用。同时,腐烂的根系能增加土壤有机质含量和提高土壤的孔隙度,改善土壤的团聚体结构,从而提高土壤的下渗量,达到减少地表径流的目的;而无地表覆盖物的处理随时间推移地表结皮愈严重,故地表径流系数增大。

2.1.2 地表径流系数方差分析 为了进一步确定不同处理间地表径流是否存在差异性或差异性是否显著,我们研究中借助 SPSS 软件对观测期间 8 个处理的地表径流系数作了单因素方差分析<sup>[3]</sup>,其分析结果见表 3—4。

表 2 1998—2001 年各处理地表径流系数

处理	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	%
1998	4.76	16.48	22.39	20.61	22.22	25.72	21.21	32.14	
1999	1.15	19.90	3.25	5.13	3.69	6.37	7.49	40.26	
2000	1.53	3.73	1.94	2.15	1.66	1.69	2.12	11.60	
2001	0.92	3.03	1.34	1.75	1.35	1.68	2.06	4.93	
平均	2.09	10.79	7.23	7.41	7.23	8.87	8.22	22.23	

表 3 各处理地表径流系数方差齐性检验

Levene 统计量	组间自由度 $df_1$	组内自由度 $df_2$	概率 $P$ 值
1.851	7	344	0.077

表4 各处理地表径流系数方差分析结果

变差来源	离均差平方和 <i>SS</i>	自由度 <i>df</i>	均方和 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	概率 <i>P</i> 值
组间	723 976. 307	7	103 425. 187	12. 224	0. 000
组内	2 910 479. 693	344	8 460. 697		
合计	3 634 456. 000	351			

从表3—4可知,地表径流系数的方差齐性检验概率 *P* 值为 0. 077 (> 0. 05), 方差一致,符合方差检验前提。方差分析表中的概率 *P* 值为 0. 000 (< 0. 05), 说明 8 个处理小区的地表径流系数存在显著性差异。再采用费歇法(LSD——最小显著差法)进行多重比较,查找变异来源,结果见表5。

相对 II 处理, I 和 V 处理能显著减少地表径流,说明生物措施与工程措施的结合能显著防止水土流

失,百喜草带状覆盖的生物措施也比水平梯田梯壁裸露的工程措施的水土保持效果要好。

而 VII 处理的无水土保持措施小区与 II 处理的工程措施之间又存在显著差异,这说明即使是单一的工程措施也具有明显的水土保持效果,其效果与百喜草全园覆盖、百喜草草带间作大豆、假俭草全园覆盖和香根草草带间作花生处理相当,它们之间的差异并不显著。

表5 各处理地表径流系数多重比较结果

对照小区	参比小区	平均差	概率 <i>P</i> 值	95% 置信区间	
				下限	上限
II	I	116. 170 45 <sup>①</sup>	0. 000	77. 598 60	154. 742 31
	III	37. 511 36	0. 057	- 1. 060 49	76. 083 21
	IV	31. 590 91	0. 108	- 6. 980 94	70. 162 76
	V	43. 920 45 <sup>①</sup>	0. 026	5. 348 60	82. 492 31
	VI	25. 011 36	0. 203	- 13. 560 49	63. 583 21
	VII	23. 852 27	0. 225	- 14. 719 58	62. 424 12
	VIII	- 58. 693 18 <sup>①</sup>	0. 003	- 97. 265 03	- 20. 121 33
	VIII	I	174. 863 64 <sup>①</sup>	0. 000	136. 291 79
II		58. 693 18 <sup>①</sup>	0. 003	20. 121 33	97. 265 03
III		96. 204 55 <sup>①</sup>	0. 000	57. 632 69	134. 776 40
IV		90. 284 09 <sup>①</sup>	0. 000	51. 712 24	128. 855 94
V		102. 613 64 <sup>①</sup>	0. 000	64. 041 79	141. 185 49
VI		83. 704 55 <sup>①</sup>	0. 000	45. 132 69	122. 276 40
VII		82. 545 45 <sup>①</sup>	0. 000	43. 973 60	121. 117 31

注: ①表示在 0. 05 水平平均差具有统计学意义。

## 2.2 不同处理的土壤侵蚀量分析

2.2.1 土壤侵蚀量分析 土壤侵蚀量观测的时间范围与地表径流系数相同,观测次数为 64 次。对 8 个径流小区观测结果表明(表6),总土壤侵蚀量以 VIII 处理小区(对照小区)最大,达 1 675. 39 kg。最小的为 I 处理小区,仅 16. 81 kg,属无明显侵蚀。由于地表结皮, II, VII 处理小区土壤侵蚀量逐年减少。

由表 6 还可以看出,只要采取了植草措施的处理小区,2000 年的土壤侵蚀量均接近于 0。梯田梯壁植草(I)和百喜草带状覆盖处理小区 1999—2001 年连续 3 a 土壤侵蚀量接近于 0,其它植草处理同期的土壤侵蚀量接近于 0 或比 0 稍大。可见草本植物对控制土壤侵蚀的功效之显著。就单场降雨的土壤侵蚀情况而言,一次性降雨土壤侵蚀量以 VIII 处理小区最

大,为 631. 65 kg,占当年土壤侵蚀量的 43. 18%,该场降雨量为 93. 3 mm。水平梯田梯壁裸露(II)的土壤侵蚀量 41. 03 kg,是水平梯田梯壁植草(I)处理 1. 34 kg 的 30. 62 倍。

2.2.2 土壤侵蚀量方差分析 为进一步确定不同处理土壤侵蚀是否存在差异性或差异性是否显著,研究中借助 SPSS 软件对观测期间 8 个处理的土壤侵蚀作单因素方差分析<sup>[3]</sup>,结果见表 7—8。由表 7—8 可知,方差齐性检验概率 *P* 值为 0. 070 (> 0. 05), 方差一致,符合方差检验前提。方差分析表中的概率 *P* 值为 0. 000 (< 0. 05), 说明 8 个处理小区的土壤侵蚀量之间存在显著性差异。再采用费歇法(LSD——最小显著差法)进行多重比较,查找出变异来源。比较结果见表 9。

表 6 1998—2001 年各处理土壤侵蚀量

kg

处理	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1998	16.81	154.05	153.94	433.11	292.59	182.73	565.57	1462.7
1999	0	70.09	0	1.91	0	1.25	10.18	171.25
2000	0	16.17	0	0	0	0	0	29.75
2001	0	6.72	0	1.39	0	0.54	2.88	11.69
合计	16.81	240.73	153.94	436.41	292.59	184.52	578.63	1675.39

表 7 各处理土壤侵蚀量方差齐性检验

Levene 统计量	组间自由度 $df_1$	组内自由度 $df_2$	概率 $P$ 值
18.942	7	344	0.070

表 8 各处理土壤侵蚀量方差分析结果

变差来源	离均差平方和 $SS$	自由度 $df$	均方和 $MS$	$F$ 值	概率 $P$ 值
组间	761315.295	7	108759.328	14.022	0.000
组内	2668144.205	344	7756.233		
合计	3429459.500	351			

表 9 各处理土壤侵蚀量多重比较结果

对照小区	参比小区	平均差	概率 $P$ 值	95% 置信区间	
				下限	上限
II	I	118.39773 <sup>①</sup>	0.000	81.46658	155.32888
	III	90.26136 <sup>①</sup>	0.000	53.33021	127.19251
	IV	64.18182 <sup>①</sup>	0.001	27.25067	101.11297
	V	80.37500 <sup>①</sup>	0.000	43.44385	117.30615
	VI	78.01136 <sup>①</sup>	0.000	41.08021	114.94251
	VII	41.86364 <sup>①</sup>	0.026	4.93249	78.79479
	VIII	-32.09091	0.088	-69.02206	4.84024
	VIII	I	150.48864 <sup>①</sup>	0.000	113.55749
II		32.09091	0.088	-4.84024	69.02206
III		122.35227 <sup>①</sup>	0.000	85.42112	159.28342
IV		96.27273 <sup>①</sup>	0.000	59.34158	133.20388
V		112.46591 <sup>①</sup>	0.000	75.53476	149.39706
VI		110.10227 <sup>①</sup>	0.000	73.17112	147.03342
VII		73.95455 <sup>①</sup>	0.000	37.02339	110.88570

注: ①表示在 0.05 水平平均差具有统计学意义。

表 9 显示, 相对 II 处理或 VIII 处理, I, III, IV, V, VI, VII 处理小区的土壤侵蚀量与之存在显著性差异, 而 VIII 处理小区与 II 处理小区无明显差异, 说明水土保持工程措施与生物措施的结合或单纯的生物措施均可以显著减少降雨产生的土壤侵蚀, 而单纯的水土保持工程措施则不能显著减少土壤侵蚀。

### 3 结论

(1) 在地表径流方面, 本试验所采用的水土保持措施都能显著减小地表径流系数, 且随着时间的推移

植被覆盖率增大, 地表径流系数呈减小趋势, 可控制在 10.0% 以下。尤其是水平梯田梯壁植草处理的 4a 平均地表径流系数仅为 2.09%。同时, 水平梯田梯壁裸露 (II) 的地表径流系数为水平梯田梯壁植草 (I) 的 22.5 倍。即适当的生物措施能大幅度降低地表径流系数, 水平梯田裸露的梯壁植草后拦蓄地表径流能力可提高 22.5 倍。

(2) 在土壤侵蚀方面, 只要采取了植草措施的处理小区, 2000 年的土壤侵蚀量均接近于 0。

(下转第 78 页)

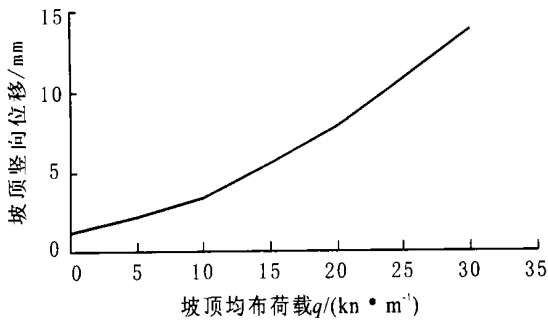


图 3 坡顶超载与竖向位移的关系

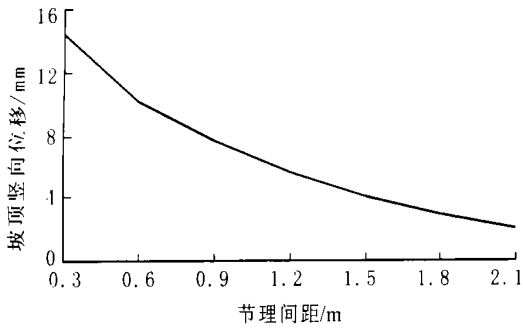


图 4 节理间距与坡顶变形的关系

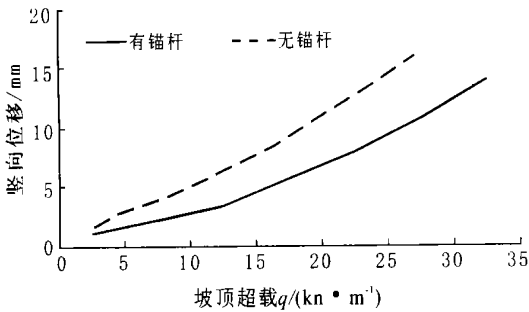


图 5 锚杆对坡顶变形的影响

### 3 结 论

(1) 通过对上述计算模型的分析得出, 利用锚杆加固膨胀性岩体边坡有一定的工程应用价值。计算所得结果除了符合一般的力与位移关系外, 也明确了膨胀性岩体边坡的变形与岩体节理的关系, 同时也说明将膨胀性岩体节理用薄层单元来模拟是可行的。

(2) 本文从膨胀性岩体的机理出发, 应用 Huder - Amberg 提出的膨胀性岩体的本构关系、Desai 提出的薄层单元以及锚杆的本构关系分析了锚杆对这类膨胀性边坡的加固效果, 为膨胀性岩质边坡加固措施的选取提供了科学有效的方法。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 张加桂, 曲永新. 三峡库区膨胀土的研究[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(3): 724—727.
- [ 2 ] 孔德坊. 全国首届膨胀土科学研讨会论文集序言[M]. 西南交通大学出版社, 1990. 4—6.
- [ 3 ] 何沛田, 张仕光. 岩石膨胀特性和机理研究[C]. 武汉: 第六次全国岩石力学与工程学术大会论文集, 2000. 218—224.
- [ 4 ] 曲永新, 等. 中国东部膨胀性岩体的研究[R]. 中国科学院地质研究所会议资料, 1991. 83—87.
- [ 5 ] 吴德伦. 岩石力学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002. 248—272.
- [ 6 ] 何满潮, 刘成禹, 武雄. 延吉盆地强膨胀性软岩边坡加固对策研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(4): 496—500.
- [ 7 ] 杨文礼. 膨胀性岩土边坡稳定性分析及加固方案设计[J]. 岩土工程学报, 2004, 8(7): 66—68.
- [ 8 ] 潘家铮. 水工建筑物的有限元分析[M]. 北京: 水力电力出版社, 1991. 372—379.
- [ 9 ] 王勖成, 邵敏. 有限单元法基本原理和数值方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997. 443—482.

(上接第 10 页)

梯田梯壁植草(I)和百喜草带状覆盖处理小区 1999—2001 年连续 3 a 土壤侵蚀量接近于 0, 其它植草处理同期的土壤侵蚀量接近于 0 或比 0 稍大。可见草本植物对控制土壤侵蚀的功效之显著。试验还得知水平梯田裸露的梯壁植草后控制土壤侵蚀的能力可提高 30.62 倍。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 张贤明, 董闻达, 李德荣, 等. 江西红壤坡地果园水土保持措施效益之研究[J]. 水土保持学报, 2001(2): 102—104.
- [ 2 ] 刘士余, 管日顺, 何长高. 台湾水土保持技术考察综述[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(3): 423—426.
- [ 3 ] 张文彤. SPSSII 统计分析教程基础篇[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002. 230—239.