

红壤坡地不同类型梯田的水土保持效应

张国华¹,张展羽¹,左长清²,李小强²

(1.河海大学农业工程学院,江苏 南京 210098;2.江西省水土保持科学研究所,江西 南昌 330000)

摘要 应用江西省水土保持生态科技园红壤坡地不同类型梯田小区的观测资料,对不同类型梯田的水土保持效应和柑橘生长情况进行分析。分析结果表明 梯壁植草能大大提高梯田的蓄水保土效益和柑橘产量。从蓄水效益来看,采取“前埂后沟+梯壁植草”方式的水平梯田与外斜式梯田相比,其蓄水效益提高 81.4%;从保土效益来看,采取“前埂后沟+梯壁植草”方式的水平梯田与梯壁不植草的对照水平梯田相比,其保土效益提高 98.2%;从柑橘产量来看,外斜式梯田与采取标准方式的梯田相比,其产量提高 45%。不同类型梯田水土流失量与柑橘产量不一致,这表明作物产量不仅与水土流失量有关,而且与农业技术措施关系密切。

关键词 红壤坡地 梯田 水土保持 蓄水效益 保土效益 柑橘产量

中图分类号 S157.2 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2007)02-0077-03

Water and soil conservation effect for different types of terraces on red-soil slope land //ZHANG Guo-hua¹, ZHANG Zhan-yu¹, ZUO Chang-qing², LI Xiao-qiang² (1. College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Soil and Water Conservation Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330000, China)

Abstract : Based on the observed data of different types of terraces on red-soil slope land in Soil Conservation Ecological Science & Technology Demonstration Park of Jiangxi Province, an analysis was made on the effect of water and soil conservation and orange growth in different types of terraces. The result shows that grass planting on terrace wall can greatly improve the efficiency of water and soil conservation and orange yield of different types of terraces. Horizontal terrace with grass planted on the wall and mound before but ditch behind can improve the water storage efficiency by 81.4% as compared with outward inclined terrace, it can also improve the effect of soil conservation by 98.2% as compared with terrace without grass planted on the wall, and the outward inclined terrace can improve the orange yield by 45% as compared with the normal terrace. Furthermore, the differences between water and soil erosion and orange yield of different types of terraces show that the crop yield is of close relationships with the amount of water and soil erosion and agricultural technologies to be adopted.

Key words : red-soil slope land ; terrace ; water and soil conservation ; efficiency of water storage ; efficiency of soil conservation ; orange yield

红壤广泛分布于我国南方地区,红黄壤遍布我国南方 14 个省区,两者总面积约 217.96 万 km²。其中山地丘陵红壤面积约有 106 万 km²,这中间低丘岗地的面积就有 43 万 km²。该区域是我国热带和亚热带经济及粮食作物的重要生产基地^[1-3]。在对这一区域的土地资源研究方面,我国许多学者已从土地属性、时空分布、改良利用和演变规律等方面进行过大量的研究,取得了大量的研究成果^[4-7]。

梯田是指在坡地上沿等高线修建的、断面呈阶梯状的田块,一般以梯面为水平或向内、或向外倾斜而分为水平、内斜、外斜 3 种梯田形式。梯田能有效地防治水土流失,提高作物产量。农作物的产量形成实质上是能量的转化与储存过程,这一过程要依赖一定的基本条件配合必要的物质供应才能完成,

而构成农作物产量形成的基本条件可以分为 4 个方面:即农作物生物体本身的生物、生态学特性;土壤肥力条件;外界气象条件;一定的农业技术措施。其中外界气象条件是非人力可逆转的,而制约旱作农业区作物产量形成的重要因素是降水量和土壤肥力条件,水土流失与其伴随的土壤养分流失量必然带来土壤肥力下降,导致土壤水分和作物产量降低。因此,分析不同立地条件对梯田农作物产量的影响程度,可为旱作农业区的土地生产力和梯田作物产量的预测预报提供基础。

1 材料和方法

1.1 试验小区概况

试验区布设在江西省水土保持生态科技园

(115°23'E ~ 115°53'E, 29°10'N ~ 29°35'N)内。科技园地处鄱阳湖水系的博阳河西岸。成土母质为第四纪红色黏土,地貌类型为浅丘岗地,海拔 30 ~ 100 m 之间,坡度小于 25°,是我国红壤的中心区域,具有典型代表意义。试验小区选择在山坡的中下部,坡面土层厚度在 0.5 ~ 1.5 m 左右,土壤 pH 值为 5.0,有机质含量为 1.55%,全氮为 0.08%,全磷为 0.07%,全钾为 1.7%,C/N 值为 7.5,各项速效养分低。具有酸、黏、板、瘦等不良特性。

1.2 试验设计

在同一坡面上共布设 15 个 5 m×20 m 径流试验小区,坡度均为 12°。其中坡改梯共 5 个小区,梯田类型分别为前埂后沟水平梯田、标准水平梯田、对照水平梯田、内斜式梯田和外斜式梯田。每个小区设 3 个台面,每个台面的投影面积为 6 m×5 m,梯壁高 1.45 m,坡比 1:0.27,各小区于 2000 年春种植 2 年生柑橘。为阻止地表径流进出小区,周边设置围埂,其埂高出地表 30 cm,埋深 45 cm,用混凝土砖块砌成。试验小区设计及管理方法均按 SD 239—1987《水土保持试验规范》部颁标准进行(表 1)。另外,按照气象观测手册,还设置了 1 个 16 m×12 m 的气象观测站,站内安装了虹吸式自计雨量计、人工雨量计等必需的气象观测设备,2003 年与 2004 年径流小区月降雨特征对比见表 2。

表 1 试验小区基本情况

小区号	梯田类型	耕作措施
11	前埂后沟水平梯田	田埂高 0.3 m,顶宽 0.3 m 排水沟位于台面内侧,深 0.3 m,宽 0.2 m 梯壁、田埂和沟道植百喜草 治面植柑橘和百喜草。
12	标准水平梯田	梯壁植百喜草 治面植柑橘和百喜草。
13	对照水平梯田	梯壁裸露 治面植柑橘,定期清除地面杂草,为柑橘净耕区。
14	内斜式梯田	梯壁植百喜草 治面内斜,斜率 1°,植柑橘和百喜草。
15	外斜式梯田	梯壁植百喜草 治面外斜,斜率 5°,植柑橘和百喜草。

表 2 2003 年与 2004 年径流小区月降雨特征对比

月份	雨量/mm		占总量/%		平均雨强/(mm·h ⁻¹)	
	2003 年	2004 年	2003 年	2004 年	2003 年	2004 年
1	43.9	64.4	3.1	4.9	0.7	0.6
2	158.8	60.4	11.1	4.6	1.2	1.0
3	137.1	51.8	9.6	4.0	1.2	0.7
4	326.1	120.9	22.8	9.3	2.7	1.6
5	228.8	281.5	16.0	21.6	2.1	2.2
6	283.4	164.0	19.8	12.6	2.3	1.4
7	55.9	135.4	3.9	10.4	21.0	2.6
8	31.3	298.0	2.2	22.9	1.1	3.7
9	61.9	21.4	4.3	1.6	1.9	0.7
10	38.4	0.9	2.7	0.1	1.7	0.2
11	43.3	73.6	3.0	5.7	0.8	1.1
12	24.1	30.1	1.7	2.3	1.0	0.6
全年	1433.0	1302.4	100.0	100.0	1.7	1.5

2 试验结果分析

2.1 蓄水效益比较分析

对第 11 ~ 15 共 5 个小区的径流深和侵蚀量实测数据进行分析,结果见表 3 和表 4。从年径流深可以看出,2003 年梯壁不植草的第 13 小区均比其他 4 个梯壁植草的小区要大得多,径流深达 122.75 cm,是 4 个梯壁植草小区径流深平均值 67.43 cm 的 1.8 倍。2004 年外斜式梯田的第 15 小区的径流深达 179.42 cm,是 4 个梯壁植草小区径流深平均值 67.95 cm 的 1.7 倍,这可能与外斜式梯田台面有一个微小坡度有关。梯壁植草的 4 个梯田小区中,采取前埂后沟方式的第 11 小区,其年径流深和观测期内的径流总量最小 采取梯壁不植草的第 13 小区,观测期内的径流总量则最大 标准水平式梯田的第 12 小区和内斜式梯田的第 14 小区,其径流深差异不大。从观测期内径流总量可以看出,不同类型梯田保水效益的总体趋势是 从 11 小区、14 小区、12 小区、13 小区、15 小区逐渐降低。可见,梯壁植草能拦蓄径流,增加入渗,大大提高蓄水效益 采取‘前埂后沟 + 梯壁植草’方式的水平梯田其蓄水效益尤其显著,与采取外斜式梯田的第 15 小区相比,其蓄水效益提高 81.4%。

表 3 不同类型梯田蓄水保土效益

小区号	径流深/cm			侵蚀泥沙量/kg		
	2003 年	2004 年	合计	2003 年	2004 年	合计
11	33.11	20.26	53.37	0.729	0.593	1.322
12	63.82	68.37	132.19	2.274	8.867	11.141
13	122.75	118.76	241.51	75.039	107.286	182.325
14	65.44	64.42	129.86	2.471	2.450	4.921
15	107.34	179.42	286.76	7.209	18.731	25.940

表 4 不同类型梯田蓄水保土效益对比分析

年份	径流深	侵蚀泥沙量
2003	13 小区 > 15 小区 > 14 小区 > 12 小区 > 11 小区	13 小区 > 15 小区 > 14 小区 > 12 小区 > 11 小区
2004	15 小区 > 13 小区 > 12 小区 > 14 小区 > 11 小区	13 小区 > 15 小区 > 12 小区 > 14 小区 > 11 小区
2 年合并	15 小区 > 13 小区 > 12 小区 > 14 小区 > 11 小区	13 小区 > 15 小区 > 12 小区 > 14 小区 > 11 小区

2.2 保土效益比较分析

由表 3 和表 4 数据可见,无论是年侵蚀泥沙量还是观测期内的侵蚀泥沙总量,梯壁不植草的第 13 小区均比其他 4 个梯壁植草的小区要大得多,第 13 小区的侵蚀泥沙总量达 182.325 kg,是 4 个梯壁植草小区侵蚀泥沙量平均值 10.83 kg 的 16.8 倍,这是因为百喜草的根系相当发达,有非常好的固土作用。梯壁植草的 4 个梯田小区中,采取前埂后沟方式的第 11 小区,观测期内的侵蚀泥沙总量最小,这是因

为土壤侵蚀量与地表径流量密切相关。大量研究表明,在其他条件都相同的情况下,地表径流越大,势必引起较大的土壤侵蚀,而地表径流量的大小又与植被覆盖度的高低有关,在其他条件一定的情况下,植被覆盖度越高,径流量就越小,百喜草有很好的水土保持效果,采取前埂后沟措施的 11 小区百喜草的覆盖率较梯壁植草小区的其他 3 个小区大约多 1 倍,而年径流量却不到这 3 个小区平均年径流量的 1/3(见表 3),所以第 11 小区的侵蚀泥沙量最小。而外斜式梯田的第 15 小区,观测期内的侵蚀泥沙总量则最大,标准式梯田的 12 小区和内斜式梯田的第 14 小区次之,这是因为 15 小区的年径流量较 12,14 小区都大(由表 3 可知,其年径流量是这两个小区平均年径流量的 2.2 倍),所以其年土壤侵蚀量也较大(由表 3 可知,其年侵蚀量是这两个小区平均年侵蚀量的 3.2 倍)。不同类型梯田保土效益的总体趋势是 前埂后沟水平梯田 > 内斜式梯田 > 标准水平梯田 > 外斜式梯田 > 梯壁裸露的对照水平梯田。可见,坡耕地改梯田后,梯壁植草能保护梯壁免受降雨的溅蚀和径流的冲刷,起到固土护壁的作用,大大提高了梯田的保土效益;采取‘前埂后沟 + 梯壁植草’方式的水平梯田其保土效益特别显著,与梯壁不植草的对照水平梯田相比,其保土效益提高了 98.2%。

2.3 柑橘生长情况及产量比较分析

对 5 个小区柑橘生长情况及产量进行分析,结果列于表 5。从表 5 可见,无论是柑橘地径还是冠幅,外斜式梯田的第 15 小区最大,观测期内年平均地径为 4.90 cm,年平均冠幅为 145.70 cm 标准式梯田的第 12 小区最小,年平均地径为 3.99 cm,年平均

冠幅为 114.40 cm。从柑橘年均总产量来看,也是外斜式梯田的第 15 小区最大,观测期内年平均产量为 104.6 kg 标准式梯田的第 12 小区最小,年平均产量为 72.33 kg。不同类型梯田柑橘产量的总体趋势是:外斜式梯田 > 前埂后沟水平梯田 > 梯壁裸露的对照水平梯田 > 内斜式梯田 > 标准水平梯田。由以上分析可知,柑橘产量的高与低和水土流失量的减与增不完全一致。这是因为作物产量不仅与水土流失量有关,而且与土壤水分含量和土壤肥力有关。一方面,百喜草根系发达,能大量吸收临近柑橘区的养分,影响柑橘的生长,所以采取前埂后沟措施的 11 小区由于百喜草覆盖面较其他小区多(较梯壁植草小区大约多 1 倍),虽然有显著的蓄水保土效益,能在一定程度上起到保肥的作用^[8-9],但与百喜草的大量消耗养分相比是‘得不偿失’的;另一方面,13 小区虽然梯壁无百喜草覆盖,但其水土流失量较其他小区大得多,所以养分流失量也很大^[8-9]。至于外斜式梯田的 15 小区,水土流失量较 12 和 14 小区都大,但柑橘产量反而大,可能是其径流和泥沙中养分含量低,更多养分储存于土壤中的原因。由于未对径流和泥沙中的养分含量进行观测,具体原因尚不清楚。

3 结 论

a. 由不同类型梯田水土保持效应的比较分析可知,前埂后沟式水平梯田蓄水保土效益最好,而标准水平梯田和内斜式梯田蓄水保土的效果差异不明显。从蓄水效益来看,采取‘前埂后沟 + 梯壁植草’方式的水平梯田与外斜式梯田的第 15 小区相比,其减少径流流失量达 81.4% ;从保土效益来看,采取

表 5 不同类型梯田柑橘生长情况及产量对比分析

年份	小区 编号	树高/m	地径/cm			枝下高/m	冠幅/cm			总产量/kg	锈皮柑 产量/kg	径流深/ cm	侵蚀沙量/ kg
			1	2	均值		EW	SN	均值				
2003	11	1.76	4.40	4.37	4.39	14.40	136.00	141.80	138.90	76.75	8.80	33.11	0.729
	12	1.62	4.06	3.93	4.00	11.00	124.40	133.60	129.00	55.45	9.70	63.82	2.274
	13	1.61	4.52	4.72	4.62	7.60	149.40	147.00	148.20	70.95	8.40	122.75	75.039
	14	1.84	4.47	4.58	4.53	10.40	146.80	130.80	138.80	42.30	7.00	65.44	2.471
	15	1.99	4.84	4.96	4.90	8.20	160.20	160.40	160.30	68.10	6.60	107.34	7.209
2004	11	1.81	4.43	4.43	4.43	18.00	114.60	107.80	111.20	109.80	4.10	20.26	0.593
	12	1.67	4.13	3.83	3.98	17.00	104.40	102.60	103.50	89.20	4.71	68.37	8.867
	13	1.69	4.71	4.84	4.78	12.00	120.40	114.40	117.40	106.90	3.60	118.76	107.286
	14	1.91	4.50	4.45	4.48	17.40	119.20	117.00	118.10	111.20	0.00	64.42	2.450
	15	2.08	5.10	4.68	4.89	14.20	121.60	140.60	131.10	141.10	0.00	179.42	18.731
均值	11	1.79	4.42	4.40	4.41	16.20	125.30	124.80	125.05	93.28	6.45	26.69	0.661
	12	1.65	4.10	3.88	3.99	14.00	114.40	118.10	116.25	72.33	7.21	66.10	5.571
	13	1.65	4.62	4.78	4.70	9.80	134.90	130.70	132.80	88.93	6.00	120.76	91.163
	14	1.88	4.49	4.52	4.50	13.90	133.00	123.90	128.45	76.75	3.50	64.93	2.461
	15	2.04	4.97	4.82	4.90	11.20	140.90	150.50	145.70	104.60	3.30	143.38	12.970

(下转第 84 页)

水户节水意识。⑤建立健全用水定额修订机制,建立健全用水统计制度,考核用水水平和效率,追踪用水定额的变化规律。

致谢 本文得到李作洪总工程师和云南农业大学熊耀湘、李靖两位教授的帮助指导,特此致谢。

参考文献：

[1] 《新编云南省情》编委会. 新编云南省情[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1996 3-12.
[2] 李荣梦, 李作洪, 何春培. 云南水资源及其开发利用[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1981 9-37.
[3] 云南省土地管理局, 云南省土地利用现状调查领导小组办公室. 云南省土地资源[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000 33-40.
[4] 云南省土壤肥料工作站, 云南省土壤普查办公室. 云南土壤[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996 101-121.
[5] 云南省农牧渔业厅. 云南省种植业区划[M]. 昆明: 云南

科技出版社, 1992 123-184.
[6] 云南省水利厅. 2003 年云南省水资源公报[R]. 昆明: 云南省水利厅, 2004 13-25.
[7] 顾世祥, 傅骅, 李靖. 云南省农业灌溉现状及对策研究[J]. 中国农村水利水电, 2001(3) 9-12.
[8] 云南省统计局. 2003 年云南省统计年鉴[R]. 北京: 中国统计出版社, 2004 723-726.
[9] 顾世祥, 傅骅, 高嵩, 等. 低纬度高原区农业灌溉需水规律研究[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(4) 71-74.
[10] 段兴林, 顾世祥, 浦承松, 等. 滇中高原区农业灌溉研究[J]. 节水灌溉, 2005(5) 42-44.
[11] 邱苑梅, 段美英, 付学芬. 云南省灌溉用水定额编制中的几个关键技术问题[J]. 节水灌溉, 2004(5) 40-41.
[12] 王龙, 李靖. 云南省水稻灌溉用水定额等值线图研究[J]. 节水灌溉, 2006(1) 28-30.
[13] 云南省农业厅. 云南再生稻[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1997 24-78. (收稿日期 2005-03-13 编辑 熊水斌)

(上接第 72 页)

参考文献：

[1] 武汉市水务局. 武汉市水资源规划[R]. 武汉: 武汉市水务局, 2001 5-13.
[2] 王浩, 秦大庸, 王建华. 黄淮海流域水资源合理配置[M]. 北京: 科学出版社, 2003 7-31.
[3] 姜涛. 对区域水资源优化配置多目标规划的模型[J]. 黑龙江水利科技, 2004(2) 95.
[4] 翁文斌, 蔡喜明, 史慧斌, 等. 宏观经济水资源规划多目标决策分析方法研究与应用[J]. 水利学报, 1995(2) 1-11.
[5] 吴险峰, 王丽萍. 枣庄城市复杂多水源供水优化配置模

型[J]. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(1) 30-32.
[6] 赵丹, 邵东国, 刘丙军. 西北灌区水资源优化配置模型研究[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(4) 5-7.
[7] 袁宏源, 邵东国, 郭宗楼. 水资源系统分析理论与应用[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 2000 218-232.
[8] 冯尚友. 多目标决策理论与应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990 81-82.
[9] 陈宝林. 最优化理论与算法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002 57-69.
[10] 徐士良. C 语言程序设计集[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 1994 261-265. (收稿日期 2005-11-22 编辑 高建群)

(上接第 79 页)

“前埂后沟+梯壁植草”方式的水平梯田与梯壁不植草的对照水平梯田相比, 其减少土壤流失量达 98.2%; 从柑橘产量来看, 外斜式梯田的第 15 小区与标准式梯田的第 12 小区相比, 其产量提高 45%。所以在修筑土坎梯田的区域, 要更加注重植物措施的水土保持作用, 大力推广梯壁植草, 既能有效地保护梯壁, 又能起到良好的水土保持效果。

b. 不同类型梯田水土流失量的减与增和柑橘产量的高与低不完全一致, 这表明作物产量不仅与水土流失量有关, 而且与土壤水分含量和土壤肥力密切相关。百喜草虽然有很好的蓄水保土效应, 但其根系发达, 能大量吸收临近柑橘区的养分, 对柑橘产量有一定的影响。由于未对径流和泥沙中养分含量进行观测, 其影响程度尚待进一步研究。

参考文献：

[1] 贺湘逸. 红壤坡地利用中的水分问题[C]//杨言生, 信詮. 中国红黄壤地区农业综合发展与对策. 北京: 中国农业科技出版社, 1995 107-111.
[2] 谢开云. 中国南方红壤区种草养畜的潜力及问题[C]//

张马祥. 中国红壤与牧草. 北京: 中国农业科技出版社, 1993 19-26.
[3] 赵其国, 何园球, 张桃林. 红壤低丘岗地的优化农业生态模式[C]//王明珠, 张桃林, 何园球. 红壤生态系统研究. 南昌: 江西科学技术出版社, 1993 88-91.
[4] 陈斌飞, 陈鸿昭, 曹锦铎. 红壤土地资源持续利用与管理的研究方法[C]//王明珠, 张桃林, 何园球. 红壤生态系统研究. 南昌: 江西科学技术出版社, 1993 27-32.
[5] ZUO Chang-qing, ZHANG Xian-ming, WU Chia-chun. Preliminary report on technical for soil and water conservation, flood control and natural disaster reduction on red-soil hilly and sloping lands [C]//Proceedings of 12th International Soil Conservation Organization Conference (Volume 1). Beijing: Tsinghua University Press, 2002 160-165.
[6] 左长清, 胡根华, 张华明. 红壤坡地水土流失规律研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6) 89-91.
[7] 胡建民, 胡欣, 左长清. 红壤坡地坡改梯水土保持效应分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4) 271-273.
[8] 徐明岗, 文石林, 高菊生. 红壤丘陵区不同种草模式的水土保持效果与生态环境效应[J]. 水土保持学报, 2001, 15(1) 77-80.
[9] 陈旭晖, 周长华, 周丕东. 贵州山区水土保持实验研究[J]. 贵州农业科学, 1994(1) 3-8. (收稿日期 2005-09-30 编辑 冯敏峰)