

# 红壤缓坡地不同经营模式水土保持效益研究

武琳<sup>1</sup>, 黄欠如<sup>1,2</sup>, 叶川<sup>1,2</sup>, 钟义军<sup>1</sup>, 章新亮<sup>1</sup>, 成艳红<sup>2</sup>, 孙永明<sup>2</sup>

(1. 江西省红壤研究所, 南昌 331717; 2. 江西省红壤改良工程中心, 南昌 331717)

**摘要:**在江西进贤采用径流小区实验,以自然裸露为对照,研究分析果园、农地、草地、农果复合、草果复合等不同利用方式对水土流失的影响,筛选红壤侵蚀区缓坡地水土保持效益最佳的经营模式。结果表明:(1)与自然裸露相比,单独的果园、农地、草地模式地表径流降低幅度为 24.22%~46.83%,农果和草果模式地表径流量分别减少 43.7%和 53.22%,差异显著( $p<0.05$ );(2)与自然裸露相比,果园、农地、草地等经营模式土壤侵蚀量降低幅度为 23.63%~78.30%,而农果和草果复合模式则降低了 66.66%和 76.06%( $p<0.05$ );(3)地表径流和土壤侵蚀量与降雨量具有相关性,且同一雨强降雨量条件下,不同经营模式地表径流和土壤侵蚀量都不同;(4)农果、草果复合模式能有效减轻红壤坡耕地水土流失,是红壤侵蚀区合适的土地经营模式,建议积极推广。

**关键词:**红壤坡耕地; 不同经营模式; 地表径流; 土壤侵蚀; 水土保持

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0132-04

## Study on Soil and Water Conservation Benefit under Different Agro-forest Compound Management Patterns on Red Soil Sloping Land

WU Lin<sup>1</sup>, HUANG Qian-ru<sup>1,2</sup>, YE Chuang<sup>1,2</sup>,

ZHONG Yi-jun<sup>1</sup>, ZHANG Xin-liang<sup>1</sup>, CHENG Yan-hong<sup>2</sup>, SUN Yong-ming<sup>2</sup>

(1. Red Soil Institute of Jiangxi Province,

Nanchang 331717, China; 2. Red Soil Engineering and Technology, Nanchang 331717, China)

**Abstract:** Based on the observation in runoff plots experiment in Jinxian, Jiangxi Province, the effects of orchard, crop land, grass land, crop land and orchard compound model, grass land and orchard compound model compared with naked areas (CK) under different land use patterns on controlling water and soil erosion were analyzed and the best compound models of water and soil conservation profits on red soil sloping land areas were screened. Results showed that: (1) compared with bare areas, runoff decreased by 24.22%~46.83% in orchard, crop land, grass land model, 43.7% and 53.22% in crop land and orchard and grass land and orchard models, respectively; (2) soil erosion was decreased by 23.63%~78.30% in orchard, crop land, grass land model, 66.66% and 76.06% in crop land and orchard and grass land and orchard models, respectively, compared to naked areas; (3) the precipitation was positive correlated with surface runoff and water and soil loss, at the same rainfall, different models of surface runoff and soil erosion are different; (4) crop land and orchard models, grass land and orchard models are some good kinds of water and soil conservation tillage measures. Therefore, it is suggested that proper agro-fruit and agro-grass ecosystems should be established so as to further control soil erosion in red soil sloping land.

**Key words:** red soil sloping land; different compound management patterns; surface runoff; soil erosion; soil and water conservation

收稿日期:2011-06-24

修回日期:2011-07-10

资助项目:国家“十一五”科技支撑项目“红壤水土流失阻控关键技术研究”(2009BAD6B01);水利部行业专项“红壤侵蚀区坡面水土综合整治技术集成与示范(200901049)”;“十二五”国家科技支撑计划重点项目“红壤地区农田水土保持关键技术与示范”(2011BAD31B04)

作者简介:武琳(1983—),女,硕士,助理研究员,主要研究方向:水土保持。E-mail:zyjwl2004@163.com

通信作者:黄欠如(1966—),男,博士,副研究员,主要研究方向:红壤生态及水土保持科研工作。E-mail:qianruhuang@163.com

我国现有红壤缓坡( $6^{\circ}\sim 15^{\circ}$ )地  $2.1\times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,是我国发展粮食和亚热带经济作物及果、林、草的重要基地<sup>[1]</sup>。降雨是红壤坡地生态系统基本水资源,水土流失是红壤坡地可持续利用的问题之一,坡地集雨是我国南方红壤丘陵地区农田灌溉的依托<sup>[2]</sup>。研究坡地雨水产流及防治水土流失,是持续利用这一部分国土资源的基本依据。农林复合经营系统是指在同一土地管理单元上,人为的把多年生木本植物与其他栽培植物和(或)动物在空间上或按一定的时序安排在一起而进行管理的土地利用模式。对于农村可持续发展,不断克服环境瓶颈效应,提高环境容量,对最终实现人类生活水平的不断提高和自然资源的可持续利用有着重要意义<sup>[3]</sup>。农果复合模式是丘陵红壤开发的重要方式之一,其生态结构、小气候特征以及经济效益已有较多报道<sup>[4]</sup>。本试验通过建立坡面人工径流小区定位观测,对天然降水条件下不同坡地利用模式的产流产沙特征进行研究,为丘陵红壤大面积推广农果、农草复合模式提供重要的参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

本研究在江西省红壤研究所的水土流失定位试验内进行。该试验点的地理位置为  $116^{\circ}20'24''\text{N}$ ,  $28^{\circ}15'30''\text{E}$ ,气候温和、雨量丰富、日照充足、无霜期长,属中亚热带季风气候,年均降雨量 1 537 mm,年蒸发量 1 100~1 200 mm;干湿季节明显,3—6 月为雨季,降雨量占全年雨量 61%~69%;7—9 月为旱季,蒸发量占全年蒸发量的 40%~59%;年均气温  $17.7\sim 18.5^{\circ}\text{C}$ ,最冷月气温(1 月)为  $4.6^{\circ}\text{C}$ ;最热月(7 月)平均气温一般在  $28.0\sim 29.8^{\circ}\text{C}$ 。地形为典型低丘(海拔高度 25~30 m,坡度  $5^{\circ}$ )。供试土壤为第四纪红黏土母质发育的红壤,质地黏重,肥力中等。

### 1.2 试验设计

试验样地坡度为  $10^{\circ}$ 。试验采用径流小区法,建立 18 个小区,小区面积  $64\text{ m}^2$  ( $8\text{ m}\times 8\text{ m}$ ),设 6 个处理。A 自然裸露, B 果树, C 农地, D 草地, E 农地+果树, F 草地+果树。实验各处理设置 3 次重复。

其中农地种植作物为花生,密度  $33\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ ,覆盖度 100%;草地种植百喜草(*Paspalum natatu*),密度  $30\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ ,高度 30~50 cm,覆盖度 100%;果树为 5 年生柑橘树,品种为温州蜜橘,覆盖度 30%,冠径 1.0~1.5 m。试验始于 2010 年 5 月,2010 年 8 月底结束。每次降雨后测定地表径流量和泥沙量。

### 1.3 测定项目

1.3.1 降雨量测定 采用北京澳作 HOBO U30 监测仪测定<sup>[5]</sup>。

1.3.2 径流量观测 从分流池水位和径流池面积推求径流总量<sup>[5]</sup>。

1.3.3 侵蚀量观测 用搅拌法测量<sup>[5]</sup>。

1.3.4 统计分析 用 Excel 2003 进行数据分析及作图,SPSS 16.0 数据处理软件进行方差分析及相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 观察期内降雨次数分布

试验观察期内共降雨 32 次,其降雨分布见图 1。其中,日降雨量在 60 mm 以上的达到 10 次,以 2010 年 6 月 19 日最大,达到 168 mm,日降雨量在 30~60 mm 以内的 4 次,<30 mm 的 18 次。日降雨量在 60 mm 以上的集中于 5—7 月,占试验观察期内总降雨量的 51.25%。

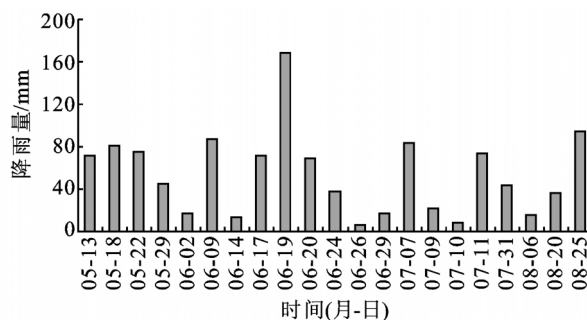


图 1 2010 年试验观察期内日降雨量分布

### 2.2 不同处理对地表径流量的影响

在 32 次降雨事件中共发生 21 次产流事件,其地表径流量统计见表 1。各处理的地表径流量在各时间段均表现出自然裸露>作物>植树>作物+树>植草>植草+树的趋势。处理 E 试验期间地表径流累计量为  $319.03\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,分别较自然裸露、果树、农地减少 43.70%、15.28%、25.71%,均达到显著差异( $P<0.05$ );草地+果树试验期间地表径流累计量为  $265.06\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,比自然裸露、果树、农地、分别减少 53.22%、29.61%、38.28%,达到显著差异( $P<0.05$ ),但仅较草地减少 12.02%,无明显差异( $P>0.05$ ),同时草地+果树较农地+果树减少地表径流量 16.92%,由此可知植草能大幅度降低地表径流量,而无草区随着时间的推移地表结皮严重,故地表径流量较大<sup>[6]</sup>。表明红壤缓坡旱地实施农果、农草复合模式可明显减少地表径流量。

### 2.3 不同处理土壤侵蚀量的变化

21 次降雨产流事件引起的土壤侵蚀量见表 2。由表 2 可知,土壤侵蚀量在试验各时间段由大到小顺

序均为自然裸露>自然裸露+树>作物+树>作物+植草+树>植草。农地+果树试验期间土壤侵蚀累计量为 2 042.33 kg/hm<sup>2</sup>,较自然裸露、果树分别减少 66.66%、56.43%,均达到显著差异( $P<0.05$ );草地+果树试验期间土壤侵蚀累计量为 1 466.46 kg/hm<sup>2</sup>,较自然裸露、果树、农地+果树分别减少

76.06%、68.71%、28.20%,达到显著差异( $P<0.05$ );农地、草地的土壤侵蚀累计量为 1 647.39 kg/hm<sup>2</sup>、1 329.34 kg/hm<sup>2</sup>,与草地+果树相比无明显差异( $P>0.05$ )。表明若地表无其它作物覆盖时,土壤侵蚀严重;农作与植草措施的结合或单纯植草均可以显著减少降水产生的土壤侵蚀。

表 1 观察期内不同处理降雨产流事件地表径流量统计

m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

月份	降雨量/mm	自然裸露	果树	农地	草地	农地+果树	草地+果树
5	309.33	119.36a	87.49b	89.93b	50.40c	64.69c	56.28c
6	486.31	156.46b	128.46b	127.15b	129.66b	132.35b	111.92b
7	230.93	181.59a	116.28c	151.46b	82.28d	88.63d	56.49e
8	145.93	109.25a	44.36c	60.90b	38.94c	33.36c	40.37c
总计	1172.50	566.66a	376.59c	429.44b	301.28de	319.03d	265.06e

表 2 观察期内不同处理降雨产流事件土壤侵蚀量统计

kg/hm<sup>2</sup>

月份	降雨量/mm	自然裸露	果树	农地	草地	农地+果树	草地+果树
5	309.33	806.50a	859.00b	261.05d	257.15d	309.42c	331.16c
6	486.31	2598.47a	1772.19b	892.57cd	646.38d	1128.66c	688.52d
7	230.93	2105.39a	1283.78b	310.97d	294.55d	448.7c	299.58d
8	145.93	615.64b	772.33a	182.79c	131.26d	155.55cd	147.20d
总计	1172.50	6126.00a	4687.30b	1647.39d	1329.34d	2042.33c	1466.46d

## 2.4 日降雨量对不同处理地表径流量、土壤侵蚀量的影响

在红壤水土流失区,影响土壤流失量的因素很多,如雨强、地质、土壤、坡度、坡长、植被覆盖度和经营措施等<sup>[7]</sup>。在地质、土壤、坡度、坡长基本相同的条件下,选取日降雨量分别为 21.73、68.53、94.00、168 mm 为代表,分析不同降雨量条件下各处理地表径流量与土壤侵蚀量之间的变化,结果见表 3。

### 2.4.1 日降雨量对地表径流量的影响

(1)随着降雨量增大,各个处理的径流量总体上呈现增长趋势,降雨量多,则地表径流量多。降雨初期,降雨强度小,土壤干燥,雨水大部分被土壤吸收下渗,地表产生径流小;当雨强进一步增大时,表层结构破坏,透水能力下降,土壤含水量也达到了饱和状态,因此大部分降雨变成地表径流,且随着雨强增大而增

大<sup>[8]</sup>。(2)同一降雨量条件下,不同处理的径流量也不同。

### 2.4.2 日降雨量对土壤侵蚀量的影响

(1)降雨量和土壤侵蚀量之间的相关性与降雨量和产流量之间的相关性表现一致。随降雨量的增大,各处理的土壤侵蚀量呈现上升趋势。(2)在同一雨强下,不同处理侵蚀量不同。说明不同利用模式对红壤缓坡地的径流与土壤侵蚀量有很大的影响。

E(作物+树)处理在 4 种降雨量条件下分别减少径流量 58.91%、33.02%、33.70%、10.91%,减少土壤侵蚀量 57.98%、32.51%、32.87%、49.09%;F(植草+树)处理在 4 种降雨量条件下分别减少径流量 73.84%、47.64%、45.46%、34.81%,减少土壤侵蚀量 64.10%、48.16%、58.23%、51.86%,表明随降雨量的增大各处理的水土保持效果呈下降趋势。

表 3 不同处理在同一降雨量条件下地表径流量和土壤侵蚀量统计

处理	21.73 mm		68.53 mm		94 mm		168 mm	
	径流量/	侵蚀量/	径流量/	侵蚀量/	径流量/	侵蚀量/	径流量/	侵蚀量/
	(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )	(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )	(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )	(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )
自然裸露	9.37a	77.30a	25.71a	185.85a	29.35a	288.58a	47.12a	1498.26a
果树	7.28b	42.27b	23.82ab	143.87ab	21.28bc	258.22ab	47.06a	1242.76b
农地	7.49b	23.44c	19.53abc	110.62ab	26.37ab	152.87bc	44.52a	837.03d
草地	3.19cd	27.10c	10.09d	74.87b	17.44c	109.05c	36.64ab	642.06f
农地+果树	3.85c	32.48bc	17.22bc	125.44ab	19.46c	193.73abc	41.98a	923.72c
草地+果树	2.45d	27.75c	13.46d	96.35b	16.01c	120.55c	30.72b	721.29e

### 3 讨论

降雨是产生径流和土壤侵蚀的先决条件,径流量和侵蚀量的大小与降雨强度及降雨量非常密切,并且与土地利用也有一定的关系<sup>[9]</sup>。不同利用模式对红壤缓坡地的径流与土壤侵蚀量有很大的影响。自然裸露的地区,持水能力最小,径流量最大,同时抗蚀力最小,侵蚀量最大。地表覆盖物具有减小雨滴击溅,阻缓地表径流的产生和延长汇流时间等作用,使得土壤持水能力和抗蚀能力最强,径流量和侵蚀量最小,因此地面覆盖物能十分有效地减少侵蚀,覆盖层没有必要完整无缺,裸露土壤表面有60%的覆盖物,就能把侵蚀程度减少到原来的几分之一<sup>[10]</sup>。相反,树冠不能作为直接有效的地面覆盖物,除非它很低、很密。树冠本身只能减小大约10%的降雨侵蚀能力,因此单纯的种植果树并不能在很大程度上减少水土流失。由于雨水产生地表径流受多因素影响,要准确地量化描述出雨水产生地表径流过程,还需要大量的多类型区的长期定位实验研究的成果集成<sup>[11]</sup>。

在低丘红壤的开发利用中,通过复合农林业技术达到植树种草、增加地面覆盖率、发展当地经济植物促进畜牧业发展,探索低丘红壤开发利用的新模式,科学合理地开发红壤资源,实现开发中保护。

长期径流观测结果表明,由于每年4—8月土壤含水量高且降雨集中,为径流产生的高峰期,该时段植被覆盖良好,所以需要通过改善土壤结构,提高土壤贮水能力,构建合理的农林复合生态系统才能进一步防治南方地区的水土流失<sup>[12]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 何电源. 南方土壤类型及分布[M]//中国南方土壤肥力及栽培作物施肥. 北京:科技出版社,1994:3-18,19-27.
- [2] 谢小立,王凯荣. 环洞庭湖丘岗地区水资源平衡及其管理[J]. 水土保持学报,2001,15(4):92-95.
- [3] 李文华,赖世登. 中国农林复合经营[M]. 北京:科学出版社,1994:66-88.
- [4] 黄欠如,贺湘逸,周慕卿,等. 红壤丘陵果农复合系统的小气候效应初步观察[J]. 江西农业学报,1998,10(2):76-83.
- [5] 李伟,胡庭兴,宫渊波,等. 川西低山区几种林(竹)一草复合经营模式水土保持能力对比研究[J]. 四川农业大学学报,2005,23(1):61-65.
- [6] 马祥庆,俞新妥,何智英,等. 不同林地清理方式对杉木幼林生态系统水土流失的影响[J]. 自然资源学报,1996,11(1):33-40.
- [7] 张成梁,程冬兵,刘士余. 红壤坡地果园植草的水土保持效应[J]. 草地学报,2006,14(4):365-369.
- [8] 李建生,何增化. 不同雨强下红壤坡地径流及土壤侵蚀研究[J]. 环境,2006(S1):10-11.
- [9] 李广,黄高宝. 模拟降雨与水土流失试验研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2008,24(4):463-465.
- [10] 安东尼·杨格,谢明. 农林措施在控制水土流失中的作用[J]. 中国水土保持,1990(9):38-42.
- [11] 谢小立,王凯荣. 湘北红壤坡地雨水过程的水土流失及其影响研究[J]. 山地学报,2003,21(4):466-472.
- [12] 胡实,谢小立,王凯荣. 红壤坡地不同土地利用类型地表产流特征[J]. 生态与农村环境学报,2007,23(4):24-28.
- [13] 舒英格,何腾兵. 喀斯特山区旱耕地土壤环境质量评价:以贵阳市乌当区为例[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3):1100-1106.
- [14] 袁菊,刘元. 贵州喀斯特生态脆弱区土壤质量退化分析[J]. 山地农业生物学报,2004,23(3):230-233.
- [15] 刘元生,何腾兵,罗海波,等. 贵阳市乌当区耕地土壤重金属污染现状及其评价[J]. 重庆环境科学,2003,25(10):42-45.
- [16] 全国农业技术推广服务中心. 耕地地力调查与质量评价[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [17] 顾志权,绍学新,钱卫费. 江苏省张家港市耕地地力定量评价及其意义[J]. 土壤学报,2007,44(3):354-359.
- [18] 农用地分等规程(TD/T 1004-2003)[S]. 北京:中国标准出版社,2003:1-3,9-11.
- [19] 农用地定级规程(TD/T 1005-2003)[S]. 北京:中国标准出版社,2003:1-2.
- [20] 农用地估价规程(TD/T 1006-2003)[S]. 北京:中国标准出版社,2003:1-3.
- [21] 贵州省国土资源厅. 贵州省农用地分等报告[R]. 2007.
- [22] 国土资源部,贵州省国土资源勘测规划院. 贵州省农用地分等定级与估计资料汇编[Z]. 2006:35-38,82,128-131,148-149,165-185.
- [23] Hudson G. A method land of evaluation including year to year weather variability[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2001,101:203-216.
- [24] Kirkby M J, Bissonais Y L, Coulthard T J, et al. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2000,81:125-133.
- [25] 韩敏,张慧,陈旭晖,等. 贵州省农用地(耕地)质量评价与应用研究[J]. 贵州农业科学,2010,38(4):88-91.

(上接第131页)