

低丘红壤坡耕地苎麻与花生水土保持效果对比研究^①

廖绵清¹, 李靖¹, 黄欠如^{1,2*}, 叶川^{1,2}, 余喜初^{1,2}, 唐西京³, 章新亮¹, 孙永明¹, 钟义军¹, 吴明庆¹

(1 江西省红壤研究所, 南昌 331717; 2 江西省水土保持野外监测站, 南昌 331717; 3 江西省图书馆, 南昌 330077)

摘要: 通过径流小区试验, 进行了苎麻与花生水土保持效果的对比试验, 重点分析降雨量、作物覆盖度、叶面积指数等农艺性状及冠层截留量与地表径流量的关系。试验从4月份作物种植后开始测定, 7月底作物收获结束。结果表明, 无论是地表拦蓄径流量, 还是泥沙侵蚀量, 苎麻处理都优于花生处理; 与花生处理相比, 苎麻处理的冠层截留量提高了22.9%~908.3% ($p<0.01$), 土壤入渗率增加了16.2%~157.7%; 红壤坡耕地径流量与降雨量呈显著正相关, 与覆盖度和叶面积指数呈显著负相关或指数负相关。

关键词: 红壤坡耕地; 苎麻; 花生; 水土保持

中图分类号: S563.1

红壤是我国长江流域以南各种红色或黄色酸性土壤的总称, 面积2.18亿 hm^2 , 占全国土地面积的22.7%, 丰富的光、热、水条件, 使低丘红壤的综合开发利用成为该区农业可持续发展的突破口^[1], 是我国重要的土壤资源和多种农林产品的主产区^[2-3]。江西省是我国红壤分布的重要省区之一, 面积约占全省土地总面积的64.8%, 成土母质以第四纪红黏土为主, 由于长期不合理开垦利用以及降水分布的不均匀, 季节性暴雨引起的水土流失非常严重。据统计, 年水土流失量达1.64亿t, 占土地面积的20%, 而且还有不断恶化的趋势^[4-5], 极大制约了当地经济的发展^[6]。因此, 水土保持植物的筛选一直是红壤坡耕地水土保持工作的首要任务。花生既是红壤坡耕地的先锋植物, 又是其培肥、改土的首选作物, 在南方红壤区得到广泛应用^[7]。苎麻为多年生经济作物, 卿太明^[8]1991年在四川省大竹县25°以下的缓坡地进行了苎麻与水土保持林水保效益的对比试验, 结果表明, 种植苎麻2年后, 水土流失轻微, 苎麻保持水土的效果相当于种植5~6年的草疏幼林。近期关于苎麻在典型红壤坡耕地水土保持效果研究尚未报道^[9]。本文旨在探讨苎麻和花生在红壤坡耕地上水土保持效果, 分析其农艺性状与水保因子间的动态变化规律, 为构建红壤坡耕地水土流失治理模式和关键技术

术、促进本地区农业和社会经济的持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本研究在江西省红壤研究所的水土流失定位试验基地进行。该试验点的地理位置为116°20'24"N, 28°15'30"E。该区气候温和、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1537mm, 年蒸发量1100~1200mm; 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17.7~18.5℃, 最冷月气温(1月)为4.6℃; 最热月(7月)平均气温一般在28.0~29.8℃。地形为典型低丘(海拔高度25~30m, 坡度5°)。土壤为第四纪红黏土母质发育的红壤旱地, 质地较黏重。肥力中等, 于20世纪70年代平整的梯田, 排灌设施良好。

1.2 试验设计

试验地地形、土壤及种植方式等基本一致, 样地坡度为10°, 小区面积207 m^2 (18m×11.5m), 各处理小区的地表径流出水口用塑胶管连接到分水堰, 每个小区连接4个水桶, 上面加盖防护。设置2个处理, 分别是顺坡花生和顺坡苎麻。

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KSGXI-YW-09)和水利部水土保持植物开发中心示范项目(SWCC200901)资助。

* 通讯作者(qianruhuang@163.com)

作者简介: 廖绵清(1947—), 男, 江西奉新人, 高级农艺师, 主要从事红壤生态工程建设方面的研究。E-mail: jiangxihiunonggongsi@126.com

作物品种：花生选用进贤多粒土花生，苎麻选用赣苎三号。种植密度：花生为 $40\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ，苎麻为 $50\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 。花生于 4 月 11 日播种，8 月 13 日收获。苎麻于 3 月 25 日移栽定植，8 月 7 日收获。试验于 2009 年 4 月开始，7 月底观测结束。重点比较生长期花生与苎麻的水保效果。土壤入渗率、叶面积指数和覆盖度为每 7 天测定 1 次，地表径流量和泥沙量在每次降雨后测定。

1.3 试验方法

径流量观测：可从水位和径流池面积推求径流总量；叶面积指数测定：方格法^[10]；冲刷量观测：用搅拌法测量^[11]；土壤入渗测定：土壤入渗仪观测法；植被层截留降雨量：雨量筒分级观测法^[12]。

1.4 统计方法

用 Excel2003 进行数据分析及作图，SPSS 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 不同处理的地表径流量与泥沙量

表 1 列出了在花生生长期间，苎麻处理与花生处理的地表径流量和泥沙冲蚀量，花生处理的径流量和泥沙冲蚀量分别是苎麻处理的 2.05 倍和 8.06 倍。这与苎麻的生物性状有关，据阳尧端^[13]研究，在生长期，苎麻处理的泥沙冲蚀量显著低于花生处理是因为苎麻冠幅明显大于花生且覆盖期长，因而能较多地吸附降雨量，更多地削弱降雨动能。方差分析表明（表 2），在花生生长期间，苎麻处理的泥沙冲蚀量显著低于花生处理（ $p < 0.05$ ），说明苎麻的水土保持效果明显强于花生。再从图 1 可看出，红壤坡耕地地表径流量与泥沙冲蚀量呈极显著线性相关，相关系数为 0.712 7。这与罗伟祥等^[14]的研究结果一致。表明红壤坡耕地土壤冲刷量的高低，一方面是受立地条件的影响，另

表 1 两种处理的地表径流量和泥沙量变化

Table 1 Effects of two various treatments on surface runoff and soil loss

观测项目	处理	2009-4-18	2009-4-24	2009-5-12	2009-5-20	2009-5-24	2009-5-26	2009-6-2	2009-6-9	2009-7-2	2009-07-24	2009-07-27
径流量 ($\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)	苎麻	600	325	232.5	57.5	41	149	2 550	140	4 790	104.5	481.5
	花生	600	258	1 506.5	196	105	1 040	5 625	610	8 900	49.5	292.5
泥沙量 ($\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)	苎麻	23.004	238.39	270.515	3.42	16.45	1 337.067	216.15	23.03	1 146.69	226.6	510.39
	花生	23.004	317.34	7 447.4	7.46	51.15	3 041.48	11 036.25	1 327.055	7 209	1 423.3	443.3

一方面也受水的冲力左右。在立地条件相同时，径流量大小就决定了泥沙冲蚀量的高低。

2.2 地表径流量与降雨量的回归分析

为研究地表径流量与降雨量的回归关系，分别拟合各处理降雨量（表 3）与地表径流量（表 1）的回归方程（图 2、3）。从图 2、3 可看出，无论是花生处理还是苎麻处理，降雨量与其径流量之间呈线性回归关系，相关系数分别为 0.826 5 和 0.692 9，均达显著性相关，表明红壤坡耕地地表径流量随降雨量增加而增加，但苎麻处理的径流量与降雨量的相关系数（0.826 5）高于花生处理（0.692 9），其原因有待进一步研究。

2.3 不同处理农艺性状与径流量的回归分析

植被盖度是影响水土流失的重要因素。本试验从 5 月中旬开始测定作物覆盖度，7 月上旬作物覆盖度达到了 100%（表 4）。从图 4 可看出，红壤坡耕地地表径流量与植被盖度呈显著对数负相关，表明植被盖度严重影响径流的产生过程，随着植被盖度的增加，地表径流随之下降，当植被盖度达到一定时，地表径流

表 2 两种处理泥沙量变化的方差分析

Table 2 Variance analysis of the sediment erosion amount under different treatments

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值
处理间	369 523.611 8	1	369 523.612	4.441 [*]
处理内	1 497 741.769	18	83 207.876 1	
总变异	1 867 265.381	19		

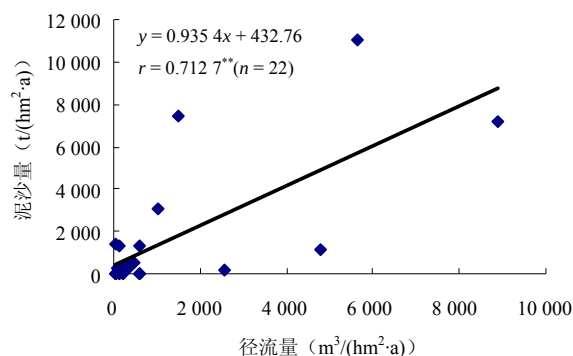


图 1 样地径流量与泥沙冲蚀量的回归关系

Fig. 1 Relationship between surface runoff and soil loss under different treatments

表3 试验期间径流降雨量变化

Table 3 Change of runoff rainfall during the experiment

日期	2009-4-13	2009-4-18	2009-4-24	2009-5-12	2009-5-20	2009-5-24	2009-5-25	2009-6-2	2009-6-9	2009-7-2	2009-7-24
降雨量 (mm)	71.6	114	61	36.2	28.2	23.5	165	62.7	34.6	254.3	12

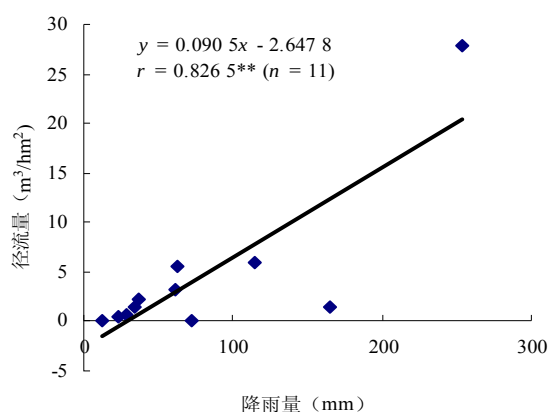


图2 降雨量与苕麻处理径流量的回归关系

Fig. 2 Relationship between surface runoff and precipitation in ramie field

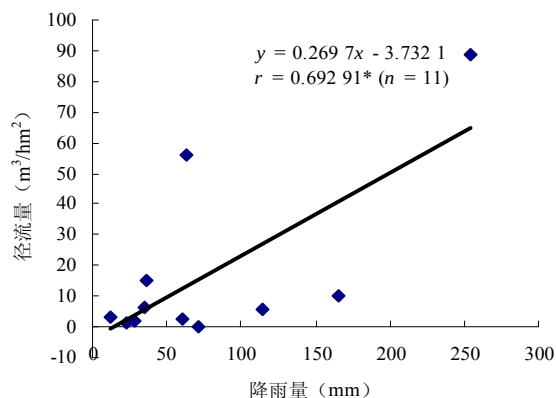


图3 降雨量与花生处理径流量的回归关系

Fig. 3 Relationship between surface runoff and precipitation in peanut field

下降幅度随植被盖度增加而趋于稳定。这与罗伟祥^[14]的研究结果一致。植被盖度影响地表径流大小的原因可能是：随着植被盖度的增加，一方面导致植被截留量增加；另一方面迟滞降雨到达地表的时间。再从植株叶面积指数与径流量的关系来看（图5），植株叶面积指数与径流量呈显著指数负相关，相关系数为0.6526。其原因与植被盖度相似。但从图4、5可看出，植被盖度与径流量的相关系数（0.6974）高于植株叶面积指数的相关系数（0.6526），表明红壤坡耕地上植被盖度对径流量的影响较植株叶面积的影响大。

表4 两种作物的覆盖度变化

Table 4 Coverage changes of two crops

观测时间	植被覆盖度	
	苕麻	花生
2009-5-11	52.81%	32.59%
2009-5-20	75.66%	36.79%
2009-5-24	81.86%	39.66%
2009-5-26	87.70%	42.52%
2009-6-17	99%	85.60%
2009-7-5	100%	100%

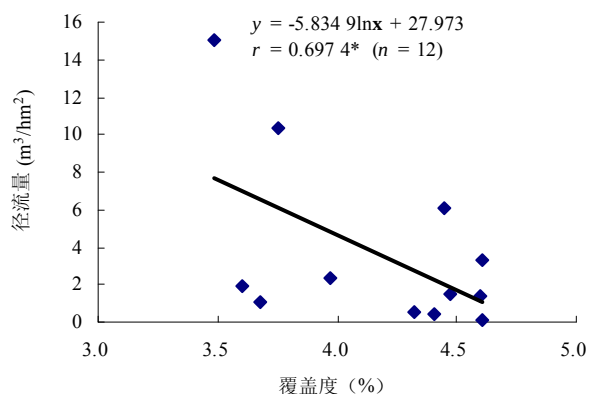


图4 植株覆盖度与径流量的回归关系

Fig. 4 Relationship between plant coverage and surface runoff

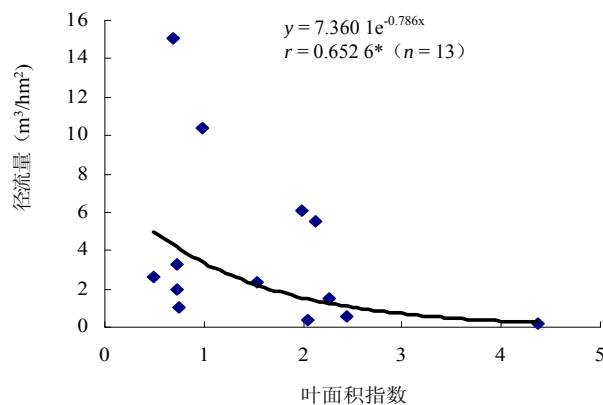


图5 植株叶面积指数与径流量的回归关系

Fig. 5 Relationship between leaf area index and surface runoff

2.4 不同处理的冠层截流量及土壤入渗率

表 5 列出了不同时期不同处理的冠层截留量, 从表 5 可看出, 各时期苎麻处理的冠层截留量较花生处理的高 22.9%~908.3%, 方差分析表明(表 6), 差异均达到了极显著水平($p<0.01$)。这是由于苎麻冠层明显大于花生, 冠层截留降雨作用, 不但在数量上减少枝下雨量, 减免并削弱了雨滴对土壤的溅击侵蚀力, 而且延缓了冠下降雨和产流的时间, 缩短了土壤的侵蚀过程, 减小了地表径流量。另外, 在同一时期, 两

种作物的覆盖度也明显不同(表 4)。再从土壤入渗率来看(表 7), 供试期苎麻处理土壤入渗率较花生处理高 16.2%~157.7%, 但差异不明显($p>0.05$)。这与苎麻的根系膨大有关。此外, 苎麻枯落物比较多, 由于枯落物的存在, 避免了雨滴对地表的直接打击, 从而可保护地表的结皮, 防止土壤结皮。土壤结皮是农耕地土壤普遍存在的一种表层致密现象, 与土壤质地密切相关, 它具有减少降雨入渗、促进产流、改变侵蚀等作用^[15]。

表 5 两种处理的植被截留量变化 (mm)

Table 5 Changes of vegetation interception under two various treatments

植被	2009-5-14	2009-5-22	2009-5-27	2009-6-4	2009-6-17	2009-6-24	2009-7-7	2009-7-15
苎麻	0.240 52	0.556 98	0.064 38	0.121 04	0.481 6	0.461 62	0.446 71	0.278 51
花生	0.030 4	0.027 48	0.065 2	0.012 41	0.177 64	0.072 11	0.133 44	0.226 66

表 6 两种处理植被截留量的方差分析

Table 6 Variance analyses of the vegetation interception under different treatments

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值
处理间	241 252.88	1	241 252.88	12.098**
处理内	279 182.45	14	19 941.604	
总变异	520 435.33	15		

表 7 两种处理的土壤入渗率变化 (mm/min)

Table 7 Change of soil permeability under the two various treatments

植被	2009-4-13	2009-4-30	2009-5-14	2009-5-22	2009-6-4	2009-7-8	2009-7-15	2009-7-23
苎麻	3.43	4.8	17.86	12.4	14.8	31.67	40.8	19.17
花生	4.9	9.57	13.75	10.67	15	24.67	15.83	14.84

3 结论与讨论

(1) 降雨是水土流失的原动力, 与坡面径流及产沙有密切关系^[16], 是土壤侵蚀的重要组成部分。植被影响坡面径流过程, 加剧了坡面水文水力过程的复杂性, 改变了坡面流的水力特性, 从而影响了坡面的产流产沙^[14]。本试验结果表明, 红壤坡耕地地表径流量与降雨量之间呈显著的正相关, 与植被盖度呈显著的对数负相关, 与叶面积指数呈显著的指数负相关。

(2) 本试验条件下, 苎麻处理的地表径流量和泥沙冲刷量均显著地低于花生处理, 表明苎麻是红壤坡耕地上的优良水土保持植物。其原因: 一是提高了土壤入渗率。土壤入渗是土壤重要的理化特征之一。现行水土保持措施大多是以提高土壤入渗性能来完成其保持水土的作用^[17-18]。本试验结果表明, 苎麻处理的

土壤入渗较花生处理高 16.2%~157.7%, ;二是提高了冠层截留量。冠层截留是冠层对降水的截拦, 在改变降水的形式和水量的分配上起着重要的作用^[19-20]。与花生处理相比, 苎麻处理的冠层截留量增加 22.9%~908.3% 达显著水平。此外, 还可能与苎麻处理的枯落物数量较花生处理多有关。

参考文献:

- [1] 席承藩. 南方山区的出路. 北京: 科学出版社, 1990.:1-2
- [2] 《中国农业土壤概论》编委会. 中国农业土壤概论. 北京: 农业出版社, 1982
- [3] 赵其国. 我国红壤的退化问题. 土壤, 1995, 27(6): 281-286
- [4] 肖荣诒. 江西省水土流失现状及其防治对策. 水土保持学报, 1994, 14(3): 39-43
- [5] 梁音, 张斌, 潘贤章, 李德成, 史德明, 穆欢, 杨轩. 南方红壤

- 区水土流失动态演变趋势分析. 土壤, 2009, 41(4): 535
- [6] 梁音, 史学正, 史德明. 水蚀对生态环境的影响 // 赵其国. 土壤圈物质循环与农业和环境. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 210-218
- [7] 黄毅斌, 郑仲登. 花生在红壤果园的水土保持作用与综合利用研究. 水土保持学报, 2004, 18(6): 31-33
- [8] 卿太明. 苕麻保持水土效益初步研究. 中国水土保持, 1991: 28
- [9] 卿太明. 四川水土保持优良植物苕麻的开发利用. 中国水土保持科学, 2008, (6): 70-72
- [10] 谭一波, 赵仲辉. 叶面积指数的主要测定方法. 林业调查规划, 2008, 6(3): 45-46
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [12] 袁正科, 欧阳惠. 洞庭湖水系防护林树冠截留研究. 应用生态学报, 1996, 7(S1): 11-15
- [13] 阳尧端. 苕麻机械剥制试验与工艺参数优化. 农业工程学报, 2009, 25(8): 93-94
- [14] 罗伟祥. 不同覆盖度林地和草地的净流量和冲刷量. 水土保持学报, 1990, 4(1): 30-31
- [15] 鲁淑艳, 蔡强国. 容重对土壤结皮形成及侵蚀效应的影响. 生态环境, 2008, 17(增刊): 14-19
- [16] 张光辉. 植被盖度对水土保持功效影响的研究综述. 水土保持研究, 1996, 3(2): 105-109
- [17] 李香云, 王玉杰. 不同植被类型对地表径流影响的灰色关联度分析. 水土保持通报, 2007, 27(2): 84-86
- [18] Peterjohn WT, Correll DL. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. Ecology, 1984, 65: 1 466-1 475
- [19] 穆环珍, 郑涛. 降雨入渗与地表径流污染减量模拟试验研究. 环境污染治理技术与备, 2006, 7(5): 7-29
- [20] Entry JA, Vance NC. Polyacrylamide preparations for protection of water quality threatened by agricultural runoff contaminants. Environmental Pollution, 2002, 120: 191-200

A Comparative Study on Soil and Water Conservation of Ramie and Peanut Fields in Red Soil Sloping Land

LIAO Mian-qing¹, LI Jing¹, HUANG Qian-ru^{1,2}, YE Chuan^{1,2}, YU Xi-chu^{1,2}, TANG Xi-jing³,
ZHANG Xin-liang¹, SUN Yong-ming¹, ZHONG Yi-jun¹, WU Ming-qing¹

(1 Red Soil Institute of Jiangxi Province, Nanchang 331717, China; 2 Field Monitoring Station for Soil and Water Conservation of Jiangxi Province, Nanchang 331717, China; 3 Jiangxi Province Library, Nanchang 330077, China)

Abstract: Soil and water conservation of ramie and peanut were studied in red soil sloping land. The relationships between the rainfall, leaf area index, vegetation coverage and surface runoff or canopy interception were given in this study. This experiment began in April and ended in July. The results showed that both for the surface runoff and soil loss, the ramie treatment was superior to the peanut treatment. Compared with the peanut treatment, the canopy interception of the ramie treatment was increased by 22.9% - 908.3% and soil infiltration rate was increased by 16.2% - 157.7%. The runoff and rainfall had significantly positive correlation, while had significantly negative logarithm correlation with the coverage and negative exponential correlation with the leaf area index in red soil sloping land.

Key words: Red soil sloping land, Ramie, Peanut, Soil and water conservation