

# 红壤坡地不同覆盖措施的水土保持效益分析

张展羽<sup>1</sup> 张国华<sup>1</sup> 左长清<sup>1 2</sup> 李小强<sup>2</sup>

( 1. 河海大学现代农业工程系 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的观测资料 ,对不同水土保持措施的效益和柑橘生长情况进行了分析研究 .结果表明 :百喜草全园覆盖措施蓄水保土效果显著 ,而狗牙根带状覆盖措施柑橘产量最高 .百喜草全园覆盖措施与狗牙根全园覆盖措施相比 ,其蓄水效益提高 72.1% ;百喜草全园覆盖措施与阔叶雀稗草全园覆盖措施相比 ,其保土效益提高 98.9% ;狗牙根带状覆盖措施与百喜草带状覆盖 + 黄豆或萝卜套种措施相比 ,其柑橘产量提高 54.9% .虽然红壤坡地种植百喜草能显著控制坡面水土流失量 ,但由于百喜草是高耗水牧草植物 ,耗水耗肥多 ,在需水关键期与柑橘形成竞争关系 ,因而影响了柑橘产量 .

**关键词** 红壤坡地 水土保持 措施 效益

**中图分类号** S157      **文献标识码** :A      **文章编号** :1000-198X( 2007 )01-0001-04

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 ,总面积约 217.96 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup> ,其中山地丘陵的红壤面积占 106 万 km<sup>2</sup> ,低丘岗地的红壤面积占 43 万 km<sup>2</sup><sup>[2-3]</sup> .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 .在对这一区域的土地资源研究方面 ,我国许多学者<sup>[4-7]</sup>已从土地属性、时空分布、改良利用和演变规律等方面进行大量的研究 .本文从不同水土保持措施着手 ,研究红壤坡地水土流失规律及其对柑橘产量的影响 .

## 1 材料和方法

### 1.1 试验小区概况

试验小区布设在江西省水土保持生态科技园( 115°23' ~ 115°53'E ,29°10' ~ 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 ,海拔界于 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 .该区属亚热带季风气候区 ,四季分明 ,气候温和 ,雨量充沛 ,多年平均降雨量在 1 350 mm 以上 ,多年平均气温为 16.7℃ ,年日照时数为 1 650 ~ 2 100 h ,多年平均无霜期 249 d .科技园植物种类繁多 ,植被类型复杂多样 .但由于长期过度开发利用 ,地表植被被破坏 ,水土流失十分严重 ,其流失面积占总土地面积的 42.75% ,中度和轻度侵蚀占 80% 以上 .该区土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主 .

试验小区选择在山坡的中下部 ,坡面土层厚度为 0.5 ~ 1.5 m .土壤 pH 值为 5.0 ,有机质质量分数为 1.55% ,全氮质量分数为 0.08% ,全磷质量分数为 0.07% ,全钾质量分数为 1.7% ,碳、氮质量之比为 7.5 ,各项速效养分低 ,具有酸、黏、板、瘦等不良特性 .试验小区的自然条件在江西省和南方红壤丘陵区极具代表性 .

### 1.2 试验设计

在同一坡面上共布设 6 个 5 m × 20 m 标准径流试验小区 ,其水平投影面积为 100 m<sup>2</sup> ,坡度均为 12° .为阻止地表径流进出小区 ,周边设置围埂 .埂高出地表 30 cm ,埋深 45 cm ,用混凝土砖块砌成 .小区下面筑有矩形集水槽 .集水槽可以承接小区径流及泥沙并将其引入径流池 .径流池根据当地可能发生的最大暴雨和径流量设计成 A ,B ,C 3 种 ,每池均按 1.0 m × 1.0 m × 1.2 m 方柱形构筑 .A 池和 B 池在墙壁两侧装有五分法 60°V 形三角分流堰 ,每个池都进行率定 ,池壁均安装有搪瓷水尺 .

每个小区栽植 2 年生柑橘 12 株 ,试验小区设计及管理均按 SD239—87《水土保持试验规范》进行 .试验小区基本情况见表 1 .另外 ,按照气象观测手册 ,还设置了一个 16 m × 12 m 的气象观测站 ,站内安装了虹吸式自

记雨量计、人工雨量计等必需的气象观测设备.每天 8 00 ,14 00 和 20 00 观测各种与试验有关的气象因素.2003 年与 2004 年小区月降雨特征对比见表 2.

表 1 试验小区基本情况  
Table 1 Situation of test plots

| 小区号    | 植被类型  | 耕作措施                                                                                                |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 1 小区 | 百喜草   | 全园覆盖 植被覆盖度保持在 95% 以上 植被结构为果树-草                                                                      |
| 第 2 小区 | 百喜草   | 带状覆盖 带宽 1.0m ,带状间隔 1.10m ,最大植被覆盖度 80% 植被结构为果树-草                                                     |
| 第 3 小区 | 百喜草   | 带状覆盖 套种黄豆或萝卜 ,每年夏季(4 月 12 日~8 月 10 日)种黄豆 ,冬季(8 月 12 日~次年 3 月 12 日)种萝卜 ,植被覆盖度保持在 95% 以上 植被结构为果树-草-作物 |
| 第 4 小区 | 阔叶雀稗草 | 全园覆盖 植被覆盖度保持在 95% 以上 植被结构为果树-草                                                                      |
| 第 5 小区 | 狗牙根   | 带状覆盖 带宽 1.0m ,带状间隔 1.10m ,最大植被覆盖度 80% 植被结构为果树-草                                                     |
| 第 6 小区 | 狗牙根   | 全园覆盖 植被覆盖度保持在 95% 以上 植被结构为果树-草                                                                      |

2 结果分析

表 2 2003 年与 2004 年小区月降雨特征

Table 2 Monthly rainfall characteristics of test plots in 2003 and 2004

2.1 蓄水效益分析

对 5 个小区的径流量和侵蚀模数实测数据进行分析 ,结果见表 3 和表 4.

从年径流量可以看出 :2003 年阔叶雀稗草全园覆盖的第 4 小区和狗牙根全园覆盖的第 6 小区年径流深近似相等 ,其中第 4 小区均比其他 5 个采取不同水土保持措施的小区要大 ,径流量达 40.37 m<sup>3</sup> ,是其他小区径流量平均值 25.06 m<sup>3</sup> 的 1.6 倍 ,2004 年狗牙根全园覆盖的第 6 小区的径流量达 20 m<sup>3</sup> ,是

其他小区径流量平均值 11.33 m<sup>3</sup> 的 1.8 倍 .从观测期内径流总量可以看出 :阔叶雀稗草全园覆盖的第 4 小区和狗牙根全园覆盖的第 6 小区年径流量近似相等 ,径流量比其他 4 个小区大得多 ,其年平均径流量为 56.42 m<sup>3</sup> ,是其他 4 个小区年径流量平均值 32.47 m<sup>3</sup> 的 1.7 倍 ;而无论是年径流量还是总的径流量 ,百喜草全园覆盖的第 1 小区比其他 5 个小区都小得多 ,年平均径流量为 8.16 m<sup>3</sup> ,仅占其他 5 个小区年径流量平均值 45.28 m<sup>3</sup> 的 18% ,蓄水效益非常显著 .不同水土保持措施保水效益的总体趋势是 :1 小区的保水效益 > 2 小区的保水效益 > 5 小区的

保水效益 > 3 小区的保水效益 > 4 小区的保水效益 > 6 小区的保水效益 .可见 ,坡地种植百喜草能拦蓄径流 ,增加入渗 ,大大提高蓄水效益 .其中采取百喜草全园覆盖措施的第 1 小区与采取狗牙根全园覆盖措施的第 6 小区相比 ,其蓄水效益提高 72.1% .

表 4 不同水土保持措施蓄水保土效益对比分析

Table 4 Comparison of benefits of different measures for soil and water conservation

| 年 份       | 径流量 $Q$ 从大到小的排序                                                                                       | 侵蚀泥沙量 $S$ 从大到小的排序                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2003      | $Q_{4\text{小区}} > Q_{6\text{小区}} > Q_{3\text{小区}} > Q_{5\text{小区}} > Q_{2\text{小区}} > Q_{1\text{小区}}$ | $S_{4\text{小区}} > S_{6\text{小区}} > S_{3\text{小区}} > S_{5\text{小区}} > S_{1\text{小区}} > S_{2\text{小区}}$ |
| 2004      | $Q_{6\text{小区}} > Q_{3\text{小区}} > Q_{4\text{小区}} > Q_{5\text{小区}} > Q_{2\text{小区}} > Q_{1\text{小区}}$ | $S_{4\text{小区}} > S_{6\text{小区}} > S_{5\text{小区}} > S_{3\text{小区}} > S_{2\text{小区}} > S_{1\text{小区}}$ |
| 2003~2004 | $Q_{6\text{小区}} > Q_{4\text{小区}} > Q_{3\text{小区}} > Q_{5\text{小区}} > Q_{2\text{小区}} > Q_{1\text{小区}}$ | $S_{4\text{小区}} > S_{6\text{小区}} > S_{3\text{小区}} > S_{5\text{小区}} > S_{2\text{小区}} > S_{1\text{小区}}$ |

表 3 不同水土保持措施蓄水保土效益

Table 3 Benefits of different measures for soil and water conservation

| 小区号    | 径流量/m <sup>3</sup> |        |       | 侵蚀量/( kg·( 100 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ) |        |        |
|--------|--------------------|--------|-------|-------------------------------------------------|--------|--------|
|        | 2003 年             | 2004 年 | 合计    | 2003 年                                          | 2004 年 | 合计     |
| 第 1 小区 | 12.91              | 3.41   | 16.32 | 0.561                                           | 0.424  | 0.985  |
| 第 2 小区 | 15.46              | 10.54  | 26.00 | 0.474                                           | 0.515  | 0.989  |
| 第 3 小区 | 33.35              | 15.45  | 48.80 | 0.617                                           | 0.525  | 1.142  |
| 第 4 小区 | 40.37              | 13.88  | 54.25 | 2.36                                            | 90.271 | 92.631 |
| 第 5 小区 | 25.42              | 13.35  | 38.77 | 0.57                                            | 0.564  | 1.134  |
| 第 6 小区 | 38.16              | 20.42  | 58.58 | 1.068                                           | 3.511  | 4.579  |

2.2 保土效益比较分析

分析表 3 和表 4 可知 ,无论是年侵蚀泥沙量还是观测期内的侵蚀泥沙总量 ,阔叶雀稗草全园覆盖的第 4 小区均比其他 5 个小区要大得多 ,第 4 小区的侵蚀泥沙总量达 92.631 kg/100 m<sup>2</sup> ,是其他 5 个小区侵蚀泥沙量平均值 1.766 kg/100 m<sup>2</sup> 的 52.5 倍 .从坡地牧草种植情况来看 ,坡地种植百喜草的 3 个小区侵蚀模数相当 ,观测期内平均侵蚀泥沙量为 1.039 kg/100 m<sup>2</sup> ,分别仅占坡地种植狗牙根和阔叶雀稗草的 36.4% 和 1.1% ,保土效益非常显著 ;从坡地不同耕作措施来看 ,坡地种植百喜草的第 1 ~ 第 3 小区差异不明显 ,而坡地种植狗牙根的第 5 和第 6 小区差异显著 ,观测期内采取带状覆盖耕作措施的第 5 小区侵蚀泥沙量为 1.134 kg/100 m<sup>2</sup> ,仅占采取全园覆盖耕作措施的第 6 小区 4.579 kg/100 m<sup>2</sup> 的 25% .采取不同水土保持措施的坡地保土效益的总体趋势是 :百喜草全园覆盖坡地的保土效益 > 百喜草带状覆盖坡地的保土效益 > 狗牙根带状覆盖坡地的保土效益 > 喜草带状覆盖 + 套种黄豆或萝卜坡地的保土效益 > 狗牙根全园覆盖坡地的保土效益 > 阔叶雀稗草全园覆盖坡地的保土效益 .可见 ,坡地采取百喜草全园覆盖的水土保持措施能大大提高坡地的保土效益 ,与坡地采取狗牙根带状覆盖的水土保持措施相比 ,其保土效益提高 98.9% .

2.3 柑橘产量分析

6 个小区柑橘生长情况及产量对比分析结果如表 5 所示 .

表 5 不同水土保持措施小区柑橘产量对比分析

| Table 5 Comparison of orange yields of test plots by adoption of different measures for soil and water conservation |          |          |       |       |      |           |        |        |        |            |              |                        |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------|-------|------|-----------|--------|--------|--------|------------|--------------|------------------------|-----------------------------------------------------|
| 年份                                                                                                                  | 小区<br>编号 | 树高/<br>m | 地径/cm |       |      | 枝下<br>高/m | 冠幅/cm  |        |        | 总质量/<br>kg | 锈皮柑<br>质量/kg | 径流<br>量/m <sup>3</sup> | 侵蚀量/<br>( kg·( 100 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ) |
|                                                                                                                     |          |          | 第 1 次 | 第 2 次 | 均值   |           | EW 向   | SN 向   | 均值     |            |              |                        |                                                     |
| 2003                                                                                                                | 1        | 2.24     | 4.53  | 4.71  | 4.62 | 13.80     | 135.60 | 164.40 | 150.00 | 70.00      | 2.20         | 12.91                  | 0.561                                               |
|                                                                                                                     | 2        | 1.87     | 4.34  | 4.48  | 4.41 | 15.00     | 150.40 | 158.60 | 154.50 | 89.20      | 22.10        | 15.46                  | 0.474                                               |
|                                                                                                                     | 3        | 1.85     | 4.36  | 4.45  | 4.40 | 12.60     | 172.40 | 149.00 | 160.70 | 61.90      | 21.30        | 33.35                  | 0.617                                               |
|                                                                                                                     | 4        | 1.70     | 4.36  | 4.45  | 4.40 | 12.60     | 172.40 | 149.00 | 160.70 | 68.60      | 1.80         | 40.73                  | 2.360                                               |
|                                                                                                                     | 5        | 2.15     | 4.99  | 5.72  | 5.35 | 14.20     | 170.40 | 158.40 | 164.40 | 86.30      | 1.60         | 25.42                  | 0.570                                               |
|                                                                                                                     | 6        | 1.99     | 5.03  | 4.81  | 4.92 | 16.40     | 158.20 | 164.80 | 161.50 | 59.20      | 0.60         | 38.16                  | 1.068                                               |
| 2004                                                                                                                | 1        | 2.34     | 4.62  | 4.73  | 4.67 | 18.20     | 115.20 | 117.20 | 116.20 | 127.70     | 20.40        | 3.41                   | 0.424                                               |
|                                                                                                                     | 2        | 2.01     | 4.33  | 4.65  | 4.49 | 18.80     | 105.40 | 123.40 | 114.40 | 99.50      | 21.00        | 10.54                  | 0.515                                               |
|                                                                                                                     | 3        | 1.73     | 4.30  | 4.50  | 4.40 | 18.20     | 119.40 | 110.60 | 115.00 | 78.10      | 8.70         | 15.45                  | 0.525                                               |
|                                                                                                                     | 4        | 1.86     | 4.79  | 4.88  | 4.84 | 21.20     | 119.20 | 112.00 | 115.60 | 144.90     | 5.60         | 13.88                  | 90.271                                              |
|                                                                                                                     | 5        | 0.49     | 1.03  | 1.24  | 1.14 | 1.40      | 27.40  | 26.40  | 26.90  | 130.60     | 18.20        | 13.35                  | 0.564                                               |
|                                                                                                                     | 6        | 0.39     | 1.04  | 0.95  | 0.99 | 2.40      | 24.60  | 22.00  | 23.30  | 136.70     | 3.60         | 20.42                  | 3.511                                               |
| 2003 ~<br>2004                                                                                                      | 1        | 2.29     | 4.58  | 4.72  | 4.65 | 16.00     | 125.40 | 140.80 | 133.10 | 98.85      | 11.30        | 8.16                   | 0.493                                               |
|                                                                                                                     | 2        | 1.94     | 4.34  | 4.57  | 4.45 | 16.90     | 127.90 | 141.00 | 134.45 | 94.35      | 21.55        | 13.00                  | 0.495                                               |
|                                                                                                                     | 3        | 1.79     | 4.33  | 4.48  | 4.40 | 15.40     | 145.90 | 129.80 | 137.85 | 70.00      | 15.00        | 24.40                  | 0.571                                               |
|                                                                                                                     | 4        | 1.78     | 4.58  | 4.67  | 4.62 | 16.90     | 145.80 | 130.50 | 138.15 | 106.75     | 3.70         | 27.31                  | 46.316                                              |
|                                                                                                                     | 5        | 1.32     | 3.01  | 3.48  | 3.25 | 7.80      | 98.90  | 92.40  | 95.65  | 108.45     | 9.90         | 19.39                  | 0.567                                               |
|                                                                                                                     | 6        | 1.19     | 3.04  | 2.88  | 2.96 | 9.40      | 91.40  | 93.40  | 92.40  | 97.95      | 2.10         | 29.29                  | 2.290                                               |

注 2003 ~ 2004 年中的各项为 2 年的年均值 .

从柑橘地径来看 ,采取百喜草全园覆盖措施的第 1 小区和阔叶雀稗草全园覆盖耕作措施的第 4 小区较其他 4 个小区都大 ,观测期内年平均地径分别为 4.65 cm 和 4.62 cm ;从柑橘冠幅来看 ,第 1 ~ 第 4 小区年平均冠幅较大且差异不明显 ,分别为 133.10 cm ,134.45 cm ,137.85 cm 和 138.15 cm ;从生长状况来看 ,第 4 小区最好 ;从柑橘年均总质量来看 ,采取阔叶雀稗草全园覆盖耕作措施的第 4 小区和狗牙根带状覆盖措施的第 5 小区最大 ,分别为 106.75 kg 和 108.45 kg ,第 1 2 6 小区次之 ,分别为 98.85 kg ,94.35 kg 和 97.95 kg ,采取百喜草带状覆盖 + 套种黄豆或萝卜措施的第 3 小区柑橘总质量最小 ,为 70 kg .采取不同水土保持措施的坡地柑橘产量的总体趋势是 :狗牙根带状覆盖坡地的产量 > 阔叶雀稗草全园覆盖坡地的产量 > 百喜草全园覆盖坡地的产量 > 狗牙根全园覆盖坡地的产量 > 百喜草带状覆盖坡地的产量 > 百喜草带状覆盖 + 套种黄豆或萝卜坡地的产量 .从以上分析可知 ,作物产量不仅与水土流失量有关 ,而且与作物在各个生育期能从土壤中实际获取水分和肥力的多少直接有关 .虽然红壤坡地种植百喜草能显著控制坡面水土流失量 ,但由于百喜草是高耗水牧草植物 ,耗水耗肥量相当大 ,足以抵消其保水保土量 ,而且与柑橘在需水关键期形成竞争关系<sup>[8]</sup> ,从而导致柑橘产量下降 .由于对柑橘、狗牙根和阔叶雀稗草在各个生育期的耗水机理缺乏研究 ,对集水槽中的径

流和泥沙中的养分含量未进行观测,具体原因有待于进一步研究。

### 3 结 论

a. 采取百喜草全园覆盖水土保持措施蓄水保土效果显著,而采取阔叶雀稗草全园覆盖和狗牙根全园覆盖措施的效果均不及百喜草全园覆盖模式的效果。狗牙根带状覆盖和阔叶雀稗草全园覆盖坡地柑橘产量最高,而百喜草带状覆盖+套种黄豆或萝卜坡地产量最低。

b. 百喜草全园覆盖坡地与狗牙根全园覆盖坡地相比,其蓄水效益提高72.1%;百喜草全园覆盖坡地与阔叶雀稗草全园覆盖坡地相比,其保土效益提高98.9%;狗牙根带状覆盖坡地与百喜草带状覆盖+套种黄豆或萝卜坡地相比,其柑橘产量提高54.9%。

c. 红壤坡地种植百喜草能显著控制坡面水土流失量,但由于百喜草是高耗水牧草植物,耗水耗肥量相当大,足以抵消其保水保土量,而且与柑橘在需水关键期形成竞争关系,从而导致柑橘产量下降。

#### 参考文献:

- [1] 贺湘逸.红壤坡地利用中的水分问题[G]/杨言生,信诤.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[G]/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,何圆球,张桃林.红壤低丘岗地的优化农业生态模式[G]/王明珠,张桃林,何圆球.红壤生态系统研究.南昌:江西科学技术出版社,1993:88-91.
- [4] 张展羽.美国的水土保持及小流域治理[J].水利水电科技进展,1998,18(5):6-10.
- [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 land[C]//Proceedings of 12th International Soil Conservation Organization Conference( Volume1 ). Beijing :Tsinghua University Press 2002 :160-165.
- [6] 左长青,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] 汤立群,陈国祥.水土保持减水减沙效益计算方法研究[J].河海大学学报:自然科学版,1999,27(1):79-84.
- [8] 廖绵浚,张贤明.现代陡坡地水土保持[M].北京:九州出版社,2004:279-282.

## Benefits of soil and water conservation in red-soil slope land by adoption of different coverage measures

ZHANG Zhan-yu<sup>1</sup>, ZHANG Guo-hua<sup>1</sup>, ZUO Chang-qing<sup>1,2</sup>, LI Xiao-qiang<sup>2</sup>

(1. Department of Modern Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Soil and Water Conservation Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330000, China)

**Abstract** :An analysis was made on the benefits of different measures for soil and water conservation and their influences on the growth of oranges based on the observed data of red-soil slope land in Soil Conservation Ecological Science & Technology Demonstration Park in Jiangxi Province. The results showed that the effect of soil and water conservation in red-soil slope land was significant when it was fully covered with *Paspalum notatum flügge*, while the orange yield of red-soil slope land when it was zonally covered with *Cynodon dactylon* was the highest. The benefit of water conservation in test plots fully covered with *Paspalum notatum flügge* was improved by 72.1% as compared with that of the plots fully covered with *Cynodon dactylon*, the benefit of soil conservation in test plots fully covered with *Paspalum notatum flügge* was improved by 98.9% as compared with that of the plots fully covered with *Paspalum wettsteinii hackel*, and the orange yield of test plots zonally covered with *Cynodon dactylon* was improved by 54.9% as compared with that of the plots zonally covered with *Paspalum notatum flügge* and inter-planted with soybean or radish. Although *Paspalum notatum flügge* planted in red-soil slope land can effectively control water and soil erosion, it consumes much water and fertilizer, hence reduces the orange yield.

**Key words** :red-soil slope land; soil and water conservation; measure; benefit