

## 柑橘林不同水土保持措施效果研究

汤巧英<sup>1</sup>, 吴虹<sup>2</sup>, 李明<sup>2</sup>, 潘献鸿<sup>2</sup>, 王惠丽<sup>3</sup>, 颜勇<sup>4</sup>, 刘强<sup>4</sup>, 赵淦<sup>4</sup>

(1. 浙江同济科技职业学院, 浙江 杭州 312311; 2. 台州市水利局, 浙江 台州 318000; 3. 安吉县凤凰水库管理处, 浙江 安吉, 313300; 4. 杭州大地科技有限公司, 浙江 杭州 310004)

**摘要:** 2015年6月, 在浙江省临海市选取坡度大于25°柑橘 *Citrus reticulata* 林试验区, 建立不同类型水土保持措施小区。2015年8月至2016年10月, 测定场降雨量大于12.5 mm的径流量和产沙量。结果表明, 从蓄水保土效果来看, 竹节沟+忍冬 *Lonicera japonica* 缓冲带>忍冬>茶 *Camellia sinensis* 缓冲带>不套种。柑橘林下布设不同水土保持措施的地表径流、泥沙量与不套种间差异显著 ( $P<0.05$ ), 且柑橘林下布设竹节沟, 同时栽植忍冬等经济作物, 蓄水保土效益明显, 且增加了经济效益。

**关键词:** 柑橘林; 蓄水保土; 水土保持; 推广应用

**中图分类号:** S714.6; S666 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776(2018)03-0047-06

## Effect of Different Measures for Soil and Water Conservation under *Citrus reticulata* Stands

TANG Qiao-ying<sup>1</sup>, WU Hong<sup>2</sup>, LI Ming<sup>2</sup>, PAN Xian-hong<sup>2</sup>, Wang Hui-li<sup>3</sup>, YAN Yong<sup>4</sup>, LIU Qiang<sup>4</sup>, ZHAO Gan<sup>4</sup>

(1. Zhejiang Tongji Vocational College of Science and Technology, Hangzhou 3112311, China; 2. Taizhou Water Conservancy Bureau of Zhejiang, Taizhou 318000, China; 3. Fenghuang Reservoir Management Department of Anji County, Anji 313300, China; 4. Dadi Technology Co. Ltd of Hangzhou, Hangzhou 310004, China)

**Abstract:** Sample plots were established with different measures for soil and water conservation in June 2015 at *Citrus reticulata* stands on slope larger than 25° in Linhai of Zhejiang province. Determinations were made on runoff and sediment yield on daily rainfall larger than 12.5 mm during August of 2015 to October of 2016. The result demonstrated that runoff and sediment yield of treated plots had significant difference with that of the control, the effect of water and soil conservation was ordered by bamboo-shaped ditch+ interplanting *Lonicera japonica*>interplanting *L. japonica*>Inter planting *Camellia sinensis*>control. The experiment indicated that it had great effect of water and soil conservation and even economic benefit to interplant economic crops with bamboo-shaped ditch.

**Keywords:** *Citrus reticulata*; soil and water conservation; slope; effect

柑橘 *Citrus reticulata* 为芸香科 Rutaceae, 柑橘属 *Citrus* 属植物。性喜温暖湿润气候, 由根、茎、叶、花和果实组成, 属小乔木。柑橘含有丰富的糖分、果酸和多种维生素, 营养价值极高。2016年, 浙江省柑橘林面积  $13 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 山坡柑橘林约占80%, 总产量  $260 \times 60^4 \text{ t}$  左右, 主产区位于台州, 约占全省产量的30%左右, 主要品种有温州蜜桔 *Citrus reticulata* Blanco cv. Unshiu, 黄岩本地早桔 *Citrus reticulata* Blanco cv. Succosa, 玉环柚

收稿日期: 2017-12-02; 修回日期: 2018-03-26

基金项目: 水利部公益性行业科研专项“红壤坡地雨洪资源利用水土保持技术研究”(201401051)子课题“红壤丘陵区柑橘林水土流失防治研究”

作者简介: 汤巧英, 讲师, 硕士, 从事网络数据库研究; E-mail: 394189303@qq.com。

*Citrus maxima* 等,主产地在临海、黄岩、玉环等地。近年来,随着浙江省社会经济的发展,城镇居民对农产品的需求不断扩大,山区居民为提高生活水平,经果林种植面积不断扩大。但果园适宜开发面积有限,很多区域不顾土地开发利用的生态成本,将果木栽植到坡度超过  $25^{\circ}$  的山坡地上,有些土层较薄的边坡,经过水平阶整地后,已经出露出砂砾土甚至是基岩,表土资源流失严重。根据浙江省 2014 年水土流失现状复核调查结果,全省水土流失面积  $0.93 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中林地水土流失面积  $0.72 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占总水土流失面积的 77.4%,经果林地水土流失面积  $0.09 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占经果林总面积  $0.64 \times 10^4 \text{ km}^2$  的 14%<sup>[1]</sup>。山坡柑橘 *Citrus reticulata* 林水土流失面积大、范围广,造成土壤肥力流失,影响土地生产力,因此对山丘区柑橘林进行水土流失治理是必要的。

目前,针对茶园、果园水土流失,相关学者开展了草本覆盖、植物篱、蓄排水工程等不同水土流失治理模式方面研究<sup>[2-4]</sup>,但对柑橘林水土流失治理方面研究较少。浙江省橘园进行水土保持应用最多的措施就是“坡改梯”,主要是将柑橘林改造成水平阶,再采取一些排水和蓄水措施<sup>[5]</sup>,已取得一定防治效果,但整地前期投资较大,不合理的土地开垦方式及管护方式对水土流失的影响显著,基于既防治水土流失,又带来一定经济效益的目的,本研究采用蓄水沟、植物篱、植被覆盖等工程、植物措施治理林下水土流失,通过建立临海山坡柑橘林水土流失防治试验区,试验区布设水土保持工程、植物措施与监测设施,研究柑橘林水土保持蓄水保土效果,探讨适合山坡柑橘林保持水土且增产增收的水土保持种植模式,在红壤丘陵区推广应用。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

试验地点设在浙江省台州市临海市小芝镇乌岩村柑橘林,地理位置为  $28^{\circ}53'10'' \text{ N}$ ,  $121^{\circ}42'03'' \text{ E}$ 。气候温和湿润,雨水充沛,多年平均气温  $17.1^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量  $1\,710.4 \text{ mm}$ 。临海素有“江南桔乡”之美誉,为“无核蜜橘之乡”。2016 年,临海全市有柑橘基地  $660 \text{ hm}^2$ ,年产值 3.8 亿元,成为临海经济的一大支柱产业<sup>[6]</sup>。试验区面积约为  $2.8 \text{ hm}^2$ ,海拔  $230 \sim 330 \text{ m}$ ,试验区所在区域的坡度在  $25 \sim 40^{\circ}$ 。试验区土壤以红壤为主,土层厚度  $30 \sim 60 \text{ cm}$ ,pH 值  $5.5 \sim 6.2$ 。试验区柑橘已栽植 5 a,栽植密度  $450 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。现状柑橘林地采用的粗放经营模式:每年 1-2 月,园地修整,清洁桔园,清除枯枝落叶,减少病虫害,并施芽前肥;3 月底至 4 月初,喷洒农药除草,并防治病虫害;7 月 20 号前后,去除所有夏梢,并施壮果肥;8 月抗旱、防台风;10 月早熟品种进行采摘;11 月进入成熟采摘期。试验区山坡柑橘地已修成水平阶形式,较为整齐,且为土质田坎,但桔树下基本无植被覆盖,地表土层裸露,坡面水土流失比较严重。

### 1.2 研究方法

1.2.1 试验区设计 2015 年 6 月,实验团队在试验区内选取一个小型汇水区域坡面,试验区及其周边区域柑橘林坡度大部分坡度集中在  $20 \sim 30^{\circ}$ ,因此本试验小区选择有代表性坡度  $25^{\circ}$  布设径流小区,柑橘林现状已整治成水平阶。试验区坡面从右到左依次共设置 4 个试验径流小区,分别为对照试验径流小区(CK)、1 号茶树 *Camellia sinensis* 缓冲带试验小区(1 号)、2 号套种忍冬 *Lonicera japonica* 试验小区(2 号)和 3 号套种忍冬+竹节沟试验小区(3 号)。4 个小区均位于南坡面,CK,1 号,2 号,3 号小区由东至西依次排开,中间用铁皮隔断,4 个试验小区大小一致,小区坡面纵长约  $22 \text{ m}$ ,宽  $7 \text{ m}$ ,面积均为  $150 \text{ m}^2$ 。4 个径流小区地表植被覆盖情况一致,但不同季节植被覆盖情况不一样,一般秋冬季节在地表人工劈除杂草利于柑橘采摘,植被覆盖较差,春夏植被覆盖度良好,林草植被覆盖率约 50%。

#### (1) 试验小区基本情况

CK:空白对照小区保持原有种植模式,纯柑橘,不布设任何水保措施;1 号:茶树苗木选取 2 年生实生苗,植株高  $60 \sim 80 \text{ cm}$ ,株距  $50 \text{ cm}$  左右,栽植茶树 98 株;2 号:每个台阶栽植一排忍冬,选取 2 年生实生苗,株距  $50 \text{ cm}$ ,栽植忍冬 98 株;3 号:小区套种忍冬,株距  $50 \text{ cm}$ ,栽植忍冬 98 株。竹节沟布设在每阶梯田内侧,每节长  $100 \text{ cm}$ ,宽  $25 \text{ cm}$ ,深  $30 \text{ cm}$ ,间距为  $100 \text{ cm}$ ,相邻两节竹节沟中间部分进行开挖,开挖深度  $10 \text{ cm}$ ,宽度  $25 \text{ cm}$ ,竹节沟之间相互连通。在降水量较少时,竹节沟主要发挥蓄水作用;在降水量较大时,竹节沟既发挥蓄水

作用,又可发挥排水功能。为增强竹节沟的蓄水能力,在竹节沟内撒播少量植物草籽,形成天然保水层。

## (2) 试验小区设计

实验监测采用径流小区法,径流小区围埂采用 2.0 mm 镀锌板,地下埋深 30 cm,地上部分高 20 cm。设计标准采用 20 a 一遇 1 h 暴雨强度,采用集流池分流设计,分二级,每级 5 个分流孔,一级和二级分流桶分流孔高度和分流孔数量相同,分流孔为倒三角形(底边长为 10 cm,高 10 cm),分流孔间隔为 5 cm;内分孔出口处安装“V”形引流管,将径流引入下一级集流桶内<sup>[7]</sup>。集流池和分流池上用铁板或塑料板覆盖,消除自然降雨的干扰。

### 1.2.2 测定项目

1.2.2.1 监测频次 本试验区于 2015 年 6 月建成,建成后经 2 个月恢复期后正式观测。试验观测期:2015 年 8—12 月、2016 年 1—10 月。日降雨量大于 12.5 mm 均产生径流,因此本研究仅监测场降雨大于 12.5 mm 的径流、泥沙量。2015 和 2016 年分别选取了 13 场、11 场降雨观测径流、泥沙量。试验区场降雨划分标准:次降雨开始后,如果中间降雨停止时间≤6 h 又继续开始降雨的,仍界定为同一场降雨(降雨量需叠加计算);如果中间降雨停止时间>6 h,则界定为本次降雨结束<sup>[10]</sup>。

1.2.2.2 降雨量测定 采用 JLC-YLZ1 型自动雨量站测定。

1.2.2.3 径流量测定 从集流池、分流池水位和面积推求径流总量。各个试验小区次径流量计算公式如下:

$$Q_{\text{小区}} = S h_{\text{分}1} + 5S h_{\text{分}2} + 25Sh \quad (1)$$

$$S = l \times b \quad (2)$$

式中,  $Q_{\text{小区}}$  为径流试验小区次降雨径流量,单位:  $\text{m}^3$ ;  $h_{\text{分}1}$  为一级分流池集水深度,单位: m;  $h_{\text{分}2}$  为二级分流池集水深度,单位: m;  $h$  为集流池集水深度,单位: m;  $S$  为集流池(分流池)底面积,单位:  $\text{m}^2$ ;  $l$  为集流池(分流池)内壁长度,单位: m;  $b$  为集流池(分流池)内壁宽度,单位: m。

1.2.2.4 泥沙观测 采用搅拌法测定:场降雨后,量取径流小区集水池中的水沙总量,然后将集水池中的水沙搅拌均匀,用量筒取 500 mL 水样,静置过滤,烘干称重,测定泥沙含量,含沙量与水的体积乘积则为产沙量<sup>[8-9]</sup>。

1.2.2.5 数据处理 所有的数据分析工作用 Excel 结合 SPSS 16.0 软件,对柑橘林径流、产沙量作相关分析,并用方差分析检验采用不同水土保持措施小区土壤流失量差异的显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 降雨分析

观测期内统计的日(场)降雨量大于 12.5 mm 的降雨情况,结果见图 1,图 2。由图可知,2015 年场降雨≥12.5 mm 共计 14 次,其中日降雨量 12.5~25.0 mm 计 7 次,25.0~50.0 mm 计 6 次,>50.0 mm 计 1 次;2016 年试验区场降雨量≥12.5 mm 共计 28 次,其中场降雨量 12.5~25.0 mm 之间共计 14 次,场降雨量在 25.0~50.0 mm 之间共计 10 次,场降雨量≥50.0 mm 共计 4 次。

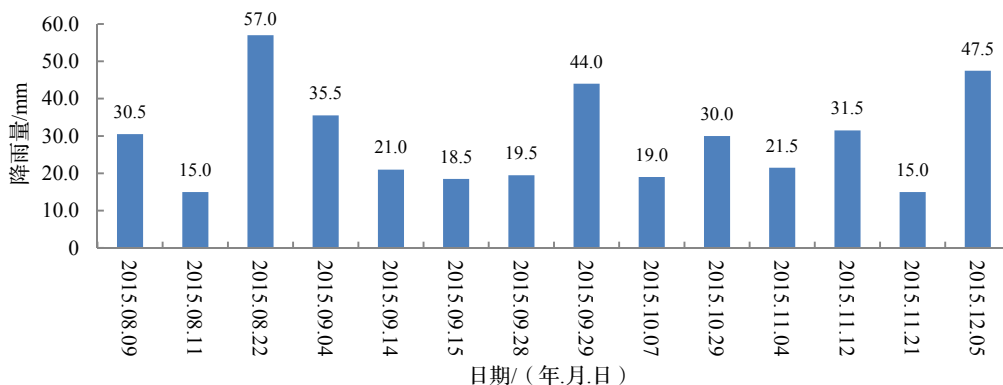


图 1 2015 年 8—12 月日降雨量≥12.5 mm 分布图

Figure 1 Distribution of daily rainfall greater than 12.5 mm during August and December of 2015

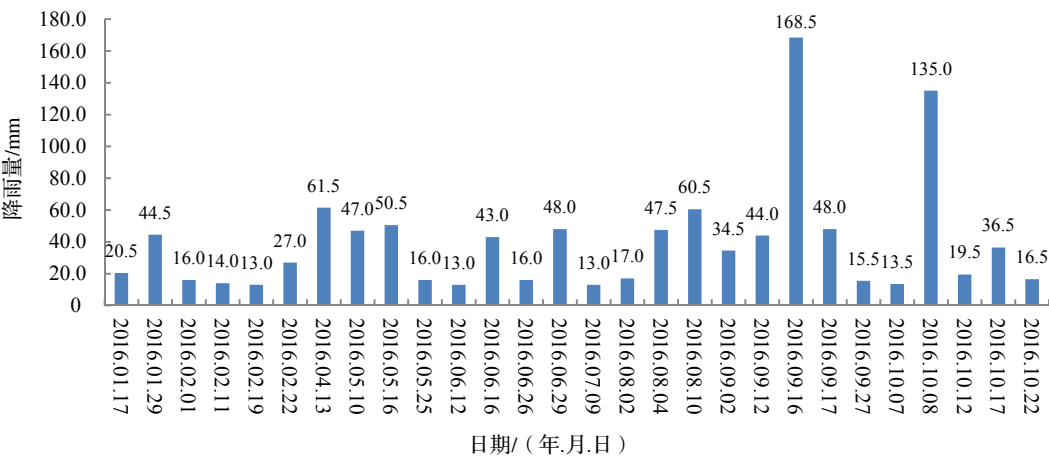


图2 2016年1-10月日降雨量≥12.5 mm分布图

Figure 2 Distribution of daily rainfall greater than 12.5 mm during January to October of 2016

2.2 不同水土保持模式柑橘林蓄水效果分析

考虑到小区面积较大,一般持续降雨1~3 d,使监测结果对比明显,对4个径流小区的径流结果进行分析,降雨径流量结果分别见表1,表2。

表1 径流小区2015年8-12月场降雨径流量分配情况  
Table 1 Runoff at different sample plots during August to December of 2015

测定日期/(月.日)	降雨量/mm	单场降雨径流/m <sup>3</sup>				备注
		CK	1号	2号	3号	
08.11	51.0	0.200 0	0.180 0	0.190 0	0.165 0	08.09-8.11 径流
08.22	57.0	0.225 0	0.200 0	0.187 5	0.172 5	08.22 径流
09.05	38.5	0.155 0	0.142 5	0.150 0	0.135 0	09.04-09.05 径流
09.15	39.5	0.150 0	0.137 5	0.152 5	0.122 5	09.14-09.15 径流
09.29	63.5	0.250 0	0.180 0	0.170 0	0.165 0	09.28-09.29 径流
10.07	19.0	0.095 0	0.085 0	0.090 0	0.085 0	10.07 径流
10.29	30.0	0.120 0	0.215 0	0.180 0	0.180 0	10.29 径流
11.04	23.0	0.090 0	0.085 0	0.087 5	0.089 0	11.03-11.04 径流
11.13	39.0	0.135 0	0.127 5	0.131 3	0.133 5	11.12-11.13 径流
11.21	15.0	0.045 0	0.042 5	0.043 0	0.043 5	11.21 径流
12.05	47.5	0.180 0	0.170 0	0.175 0	0.178 0	12.05 径流
合计	423.0	1.645 0	1.565 0	1.556 8	1.469 0	
比CK减少比例/%		/	4.86	5.36	10.70	

表2 径流小区2016年1-10月场降雨径流量分配情况  
Table 2 Run off at different sample plots during January to October of 2016

测定日期/(月.日)	降雨量/mm	单场降雨径流/m <sup>3</sup>				备注
		CK	1号	2号	3号	
01.29	44.5	0.160 0	0.140 0	0.150 0	0.130 0	01.29 径流
02.22	40.0	0.114 8	0.108 4	0.111 6	0.113 5	02.19-2.22 径流
04.13	61.5	0.212 5	0.153 0	0.144 5	0.140 3	04.13 径流
05.10	47.0	0.153 0	0.144 5	0.148 8	0.151 3	05.10 径流
05.16	50.5	0.137 7	0.130 1	0.133 9	0.136 2	05.16 径流
06.16	43.0	0.130 1	0.122 8	0.126 4	0.128 6	06.16 径流
06.29	64.0	0.223 1	0.160 7	0.151 7	0.147 3	06.28-6.29 径流
08.04	64.5	0.225 0	0.160 0	0.147 5	0.145 0	08.02-08.04 径流
08.10	60.5	0.200 0	0.145 0	0.140 0	0.135 0	08.10 径流
09.12	44.0	0.140 0	0.125 0	0.100 0	0.075 0	09.12 径流
09.17	216.5	1.115 0	0.987 5	0.860 0	0.732 5	09.16-09.17 径流
09.27	15.5	0.047 5	0.042 5	0.045 0	0.039 0	09.27 径流
10.08	148.5	0.759 9	0.641 9	0.563 9	0.515 8	10.07~10.08 径流
合计	475.5	3.618 5	3.061 3	2.823 3	2.589 4	
比CK减少比例/%		/	15.40	21.98	28.44	

通过单因素分析, 降雨量与径流量之间差异显著 ( $P<0.05$ ), 降雨量对小区径流影响显著。从表 1 与表 2 来可看出, 不同年份总体上试验观测期不同小区径流: CK>1 号>2 号>3 号, CK 径流最大, 3 号径流最小, 1 号、2 号次之。

通过 2015 年径流数据对比分析, 3 号、2 号、1 号较 CK 地表径流平均分别减少 10.7%, 5.36%, 4.86%。分析 2016 年径流数据, 3 号、2 号、1 号较 CK 地表径流平均分别减少 28.44%, 21.98%, 15.4%。对比 2016 年与 2015 年径流数据, 2016 年水土保持效果更加明显, 且以布设了竹节沟+忍冬措施的 3 号蓄水效果最佳。竹节沟可以拦蓄部分径流, 植被缓冲带可以增加地面覆盖, 增加水分入渗率, 减少地表径流形成。

2.3 不同水土保持模式柑橘林保土效果分析

2015 和 2016 年试验小区径流产沙情况分别见表 3, 表 4。通过单因素分析, 不同套种模式间的产沙量差异显著 ( $P<0.05$ )。因此, 不同水土保持措施对试验小区产沙量影响。

表 3 径流小区 2015 年 8—12 月场降雨产沙量分配情况  
Table 3 Sediment yield at different sample plots on tested days in 2015

测定日期/(月.日)	降雨量/mm	不同雨强单位面积平均产沙量/( t.km <sup>-2</sup> )				合计
		CK	1 号	2 号	3 号	
08.11	51.0	600.00	533.33	560.00	480.00	2 224.33
08.22	57.0	640.00	533.33	506.67	480.00	2 217.00
09.05	38.5	426.67	400.00	416.00	373.33	1 654.50
09.15	39.5	480.00	426.67	458.67	384.00	1 788.84
09.03	63.5	746.67	533.33	506.67	480.00	2 330.17
10.07	19.0	213.33	186.67	202.67	186.67	808.34
10.29	30.0	373.33	346.67	320.00	320.00	1 390.00
11.04	23.0	266.67	240.00	245.33	250.67	1 025.67
11.13	39.0	330.67	298.67	304.00	309.33	1 281.67
11.21	15.0	160.00	133.33	128.00	122.67	559.00
12.05	47.5	533.33	480.00	437.33	448.00	1 946.16
小区产沙量		4 770.67	4 112.00	4 085.34	3 834.67	
比 CK 减少比例/%		/	13.79	14.36	19.62	

从表 3、表 4 可以看出, 同一降雨量不同布设水土保持措施小区产沙总体规律如下: 径流小区单位面积产沙量 CK>1 号>3 号>3 号, 说明 CK 号保土效果最差, 3 号布设了植被缓冲带与竹节沟的小区保土效果最好, 1 号与 2 号次之。2015 年 3 号、2 号、1 号分别较 CK 产沙量平均减少 19.62%, 14.36%, 13.79%, 而 2016 年 3 号、2 号、1 号分别较 CK 产沙量平均减少 39.52%, 31.27%, 15.80%。对比 2015 年与 2016 年泥沙监测数据, 保土效果最好的 3 号减沙效果从 19.62%提高到 39.52%, 试验小区水土保持措施发挥效果越来越明显。

表 4 径流小区 2016 年 1—12 月场降雨产沙量分配情况  
Table 4 Sediment yield at different sample plots on tested days in2016

测定日期/(月.日)	降雨量/m	平均产沙量/( t.km <sup>-2</sup> )				合计
		CK	1 号	2 号	3 号	
01.29	44.5	469.33	426.67	448.00	384.00	1 728.00
02.22	40.0	334.40	253.87	258.40	262.93	1 109.60
04.13	61.5	544.00	453.33	408.00	408.00	1 813.33
05.10	47.0	474.67	408.00	371.73	380.80	1 635.20
05.16	50.5	408.00	367.20	334.56	342.72	1 452.48
06.16	43.0	385.33	346.80	315.97	323.68	1 371.78
06.29	64.0	571.20	476.00	428.40	428.40	1 904.00
08.04	64.5	480.00	426.67	400.00	373.33	1 680.00
08.10	60.5	533.33	426.67	373.33	320.00	1 653.33
09.12	44.0	426.67	400.00	346.67	320.00	1 493.34
09.17	216.5	1 653.33	1 360.00	800.00	533.33	4 346.66
09.27	15.5	138.67	106.67	96.00	80.00	421.34
10.08	148.5	1 108.33	885.80	592.40	394.93	2 981.46
小区产沙量		7 527.26	6 337.68	5 173.46	4 552.12	
比 CK 减少比例/%		/	15.80	31.27	39.52	

### 3 结论

(1) 从各个试验小区观测结果来看,不同降雨量,以及采用了不同水土保持措施的柑橘林相对没有套种对径流量和产沙量效果差异显著( $P<0.05$ ),布设了水土保持措施的柑橘林均具有很好的蓄水保土效果,且布设了植被缓冲带、竹节沟等综合措施蓄水保土效果尤其显著,蓄水、保土效果较空白对照小区分别高出 28.44%, 39.52%。

(2) 从蓄水保土效果来看,竹节沟+忍冬缓冲带>忍冬>茶树缓冲带>不套种,因此,在红壤丘陵区已整地成水平阶的柑橘林布设套竹节沟措施,同时栽植忍冬等经济作物,经济作物可按“适地适树”原则选取,保留林下植被,提高林下植被覆盖率,既可以防治水土流失,又增加经济效益,建议大力推广。

#### 参考文献:

- [1] 临海市水利局. 临海市水土保持规划[Z]. 2015, 10-11.
- [2] 吴全, 姚永宏, 李中林. 山地茶园中不同种植模式对水土保持效果研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 252-254.
- [3] 廖晓勇, 罗承德, 陈治谏, 等. 三峡库区坡地果园间植草篱的水土保持效应[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 152-156.
- [4] 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.
- [5] 苏增建. 浙江省几种生态型商品林水土保持技术研究与应用现状[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(4): 440-445.
- [6] 何华志. 临海市经济林水土流失现状分析及治理对策[J]. 水土保持应用技术, 2009(6): 30-33.
- [7] 赵淦, 刘强, 颜勇, 等. 临安市桃树岭小流域水土保持监测试验区的设计与观测[J]. 浙江水利科技, 2016, 6: 1-3.
- [8] 向治安. 水文测验[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985, 23.
- [9] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993, 44.
- [10] 颜勇, 刘强, 赵淦, 等. 红壤丘陵区坚果林不同水土保持措施的效果——以浙江省临安山核桃林为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 200-203.