

水土保持措施对红壤柑橘园土壤水分生产力影响的试验研究

张杰^{1,2}, 沈发兴¹, 徐爱珍¹

(1. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌 330029)

摘要: 南方季节性干旱对于果园的影响非常大, 因此加强对果园土壤水分及不同水土保持措施对于果园抗旱保墒的研究刻不容缓。本研究选取江西水土保持生态科技园的柑橘园径流小区中的三个典型小区(生物措施、耕作措施、工程措施)对其30 cm 土层土壤水分变化进行分析, 对不同月份土壤水分生产力进行计算。结果表明工程措施小区30 cm 土层土壤水分最高, 减流效益及土壤水分生产力最大, 但3种水土保持措施均能保持较好的土壤水分生产力。

关键词: 水土保持措施; 土壤水分; 土壤水分生产力; 柑橘园

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701(2016)05-0379-04

0 引言

江西省水热资源丰富, 是我国重要的名、优、特农产品生产基地^[1]。截至2012年江西省柑橘种植面积达39.28万hm²^[2]。受降水年内分布不均、土壤调蓄能力有限和人类活动等多种因素的影响, 中国南方地区存在着严重的季节性干旱等问题^[3], 并且季节性干旱问题成为果业发展的重大威胁之一。与城镇生活用水和工业用水的优先顺序相比, 农业用水只能屈居其次, 因此, 在水资源日益紧缺、水污染日趋严重的情况下, 如何充分、有效利用天然降水及土壤水分, 克服干旱对植物生长的不利影响, 已成为国内外关注和研究的热点。相关学者从果园土壤水分变化对果树生长情况的影响^[4]、改善果园土壤含水量^[5]、提高果园水分利用效率^[6]、果园水分生产力模拟^[7]等各方面进行了研究。由于北方年降雨量小, 因此各项研究也主要集中在干旱半干旱区, 尤其是黄土高原, 而对于南方季节性干旱对果园的影响则研究较少。南方季节性干旱造成的土壤水分亏缺时间的长短成为果园生产力的决定性因素^[8], 因此加强柑橘园水分高效利用的经营管理及技术研究, 对提高柑橘果树生长、产量和品质具有重要意义。本研究以江西省柑橘园为研究对象, 探寻水土保持措施对柑橘园干旱及土壤水分生产力的影响, 为江西省乃至整个南方红壤区果业发展及提炼柑橘园保墒抗旱的水土保持关键技术提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地设在江西水土保持生态科技园(115°42'38"~115°43'06"E, 29°16'37"~29°17'40"N), 属于德安县燕沟小流域, 海拔30~90 m, 坡度5~12°, 典型的亚热带湿润季风气候, 年均气温16.7℃, 无霜期249 d, 多年平均降雨1350 mm, 降雨年内分配不均, 4~7月降雨量占总降雨量的50%~60%。土壤主要为第四纪红粘土发育的红壤, 土层厚度平均达到1.5 m。科技园位于我国红壤的中心区域, 属全国土壤侵蚀二级类型区的南方红壤区, 在南方红壤区具有典型代表性。原有地表土壤遭受严重侵蚀, 土壤肥力急剧减退, 具有酸、粘、板、瘦等特点。经历长时期水土保持生态建设后, 科技园整体生态景观发生显著变化, 除保留部分裸露坡面之外, 土地利用类型主要有人工草地、灌丛、柑橘(*Citrus. Reticulate Blanco*)果园以及湿地松(*Pinus elliottii*)人工林、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林等。

1.2 试验设计

从柑橘园小区生物措施组、耕作措施组、工程措施组挑选典型径流小区进行观测分析, 小区设置情况见表1。柑橘果园在治理前均为A层土壤流失殆尽, B层出露, 本底条件相似, 治理时间都在2000年。果园按照1335株/hm²的初始密度栽植, 每个径流小区现有12株柑橘, 其基本生长状况具体见表1。

收稿日期: 2016-09-26

项目来源: 江西省科技计划项目(20132BBF60074)。

作者简介: 张杰(1983-), 女, 硕士, 工程师。

径流小区坡度均为 10°,宽 5 m(与等高线平行),长 20 m(水平投影)。为阻止地表径流进出,每个小区的周边设置围埂。小区下修筑集水槽承接小区径流泥沙,并通过 PVC 管引入径流池。在每个小区的中坡位随机埋设三根 TDR 水分探管,探管与柑橘树之间的径距为 60 cm。探管埋深为 1 m,可以测量 30 cm 土层深度土壤水分含量。每天在同一时间段对各小区进行土壤水分测量。

根据柑橘树生长过程,选择 2015 年三个时间段的监测数据进行分析(也是柑橘树需水量较大的三个时期,坐果抗逆期 4 月下旬到 5 月下旬;壮果增糖期 6 月下旬到 7 月下旬;果实成熟期 7 月下旬到 9 月下旬)。

表 1 径流小区设置

小区编号	名称	措施处理	技术参数
CK 小区	对照	柑橘清耕	
I 小区	生物措施	狗牙根带状覆盖 + 柑橘树	条带总宽 10.1 m
II 小区	耕作措施	横坡间种 + 柑橘树(套种黄豆和萝卜)	条带总宽 4.8 m
III 小区	工程措施	梯田(前埂后沟 + 梯壁植草 + 柑橘树)	梯田台面裸露

1.3 研究方法

(1)降雨量。径流小区旁建有固定雨量监测点,采用虹吸式自计雨量计记录大气降水过程,以此量算降雨量、降雨历时和降雨强度等。

(2)径流量。在果园小区下建有径流池。根据当地可能发生的次降雨最大径流量设计成 A、B 和 C 三个径流池(1.0 m×1.0 m×1.2 m),并通过五分法薄壁三角分流。径流池装有 QYSW-301 型自记水位计(西安清远测控技术有限公司),并通过搪瓷水尺校正。根据自记水位计记录、水池面积、三角堰出水高度,以一次降雨过程为单位,测定逐次降雨的径流历时和径流量。

(3)土壤水分生产力计算。根据物质和能量守恒定律,通过分析研究柑橘园水量的收支、储存和转化的规律,就可以得到柑橘园土壤水分简化模型—柑橘园水量平衡模型,以此来计算土壤水分生产力(本研究未考虑地下水及其他水分进入及损失)。

$$f(x) = P_t + S_{t-1} - Q_t - K_c \times ET_t \tag{1}$$

式中: $f(x)$ —土壤水分生产力,mm; P_t —平衡时段(t)的降水量,mm; t —对应于作物生育期的月份序数; S_{t-1} —平衡时段前期的土壤水含量,mm; Q_t —平衡时段(t)的产流量,mm,由降水—径流关系得到; ET_t —平衡时段(t)的参考蒸散量,mm; K_c — t 时段的作物系数,作物的需水量由 $K_c \times ET_t$ 得到。其余指标计算公式参考《参考

作物蒸散计算方法及其评价》^[9]。

采用 Microsoft Excel 2010 电子表格和 SPSS(14.0)统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 降雨特征

研究区柑橘树采取常规的管理措施,降雨是其唯一的水分补给来源,但同时也是坡面产汇流和水力侵蚀的源动力。研究区 2014 年监测期间降雨特征如图 1 所示。结果表明,降雨量变化较大,没有明显的规律,降雨主要分布在 3~7 月份,占年降雨量的 60% 以上,这一时段也是该区域的汛期和防洪期,而 8~9 月份为该区域的季节性干旱期。结合柑橘树全年生长过程,8 月份为柑橘树生长旺盛期,需水量较大,而降雨量则较少,土壤水分最易成为影响柑橘树生长的制约因素,因此本研究选择 8 月份开展柑橘园土壤水分变化分析。

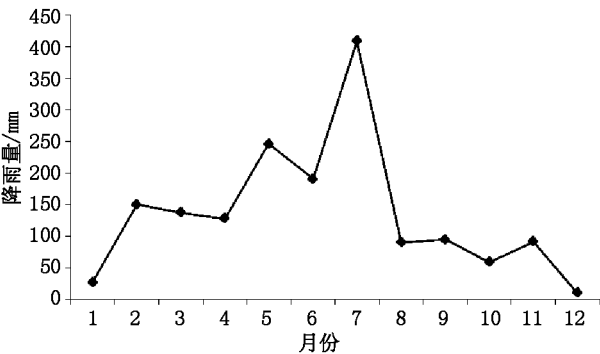


图 1 柑橘园降雨量季节分布

2.2 产流特征及减流效益

不同措施下径流系数研究结果(表 2)表明,柑橘树下清耕处理产路明显,径流系数达到 9.3,要远远大于其他采取了水土保持措施的小区。柑橘树下带状撒播狗牙根草籽和前埂后沟 + 提笔植草式反坡梯田处理之间径流系数较为接近,与清耕对照小区相比减流效益最好,达到 84% 左右。但柑橘树下进行农作物间作处理,其减流效益则不如采取狗牙根条带处理,其径流系数仍然达到 6.2,分析原因有可能是因为狗牙根条带的覆盖度达到 90%,而大豆/萝卜轮作其覆盖度则只有 50%。

同时本研究对比了观测期内每个月不同措施小区的减流效益。通过图 2 可知,以 CK 小区为对照,对比 I、II、III 小区的减流效益,可以发现搭配水保措施的 3 个小区均有一定的减流效益。I 小区、III 小区不同月份的减流效益相差不大,均在 50% 以上,尤其在降雨量较

大的 7 月份及降雨量较小的 8 月份,其减流效益为Ⅱ小区的 4 倍以上。

表 2 8 月份不同措施小区月均径流系数

降雨量/mm	CK 小区	I 小区	Ⅱ 小区	Ⅲ 小区
15.4	9.3	1.4	6.2	1.5

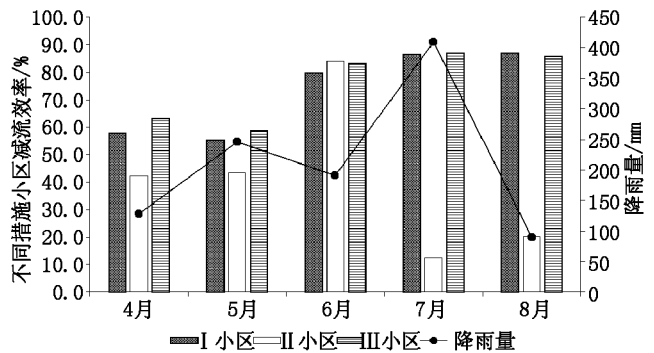


图 2 不同措施小区减流效益月均值图

2.3 土壤水分

相关研究表明 30 ~ 40 cm 土层的干旱阈值与 0 ~ 60 cm 土层的干旱阈值均值相近^[10],也就是 30 cm 土层深土壤水分状况可以近似表征根系所在土体的土壤水分状况。因此选取柑橘树 60 cm 径距处 30 cm 土层深度植物根系分布较为密集的部位进行土壤水分分析。

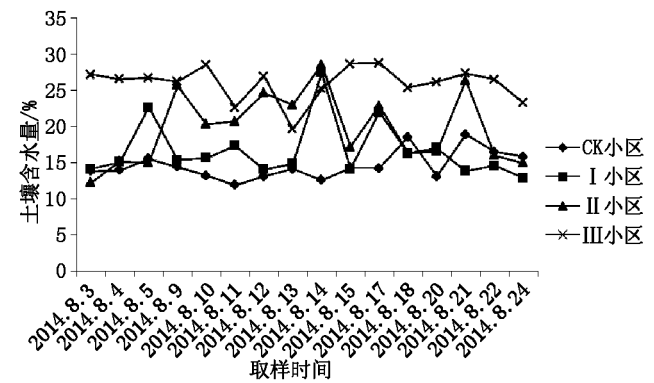


图 3 不同措施小区 30 cm 土层土壤含水量变化曲线图

通过图 3 可以发现在本研究时段无降雨情况下,土壤水分含量主要趋势为:Ⅲ小区>Ⅱ小区>Ⅰ小区>CK 小区。不同水土保持措施对于柑橘园土壤水分影响较为明显,尤其是Ⅲ小区,与其他小区相比土壤水分整体变化平缓,一直维持在 25%~30% 较高的土壤含水量,对照表 2、图 2 小区的减流效益,说明梯田工程措施可以更好的拦截水分、减少径流,使降雨充分入渗,提

高土壤含水量;而Ⅱ小区作为耕作小区,虽然其径流系数较大,但翻耕的农作方式导致降雨较其他小区更易向下入渗。因此Ⅱ小区土壤水分也维持在一个较高水平仅次于Ⅲ小区。

2.4 土壤水分生产力

通过表 3 可以发现,4 个不同措施的小区的土壤水分生产力均为正值,说明本研究时段内各小区土壤水分均能满足植物生长需求。详细分析计算土壤水分生产力的每个指标可以发现,水分的进项降雨量远大于其出项径流及作物需水。虽然不同水土保持措施小区之间其径流深有所差距,但由于降雨量远大于径流量,作物需水量与土壤含水量相近,可以互相抵消。由此可以发现土壤水分生产力受降雨量的影响较大。不同措施小区土壤水分生产力月均值中Ⅲ小区最大,为 229.4 mm,高出Ⅰ小区 18%,而Ⅰ、Ⅱ小区土壤水分生产力值则比较接近。CK 小区由于未搭配任何水保措施,因此其由于植物蒸腾作用而导致的土壤水分的损失要小于其他小区,同时降雨量对于各小区的影响远大于其它因素,因此反而导致 CK 小区土壤水分生产力要大于Ⅰ、Ⅱ小区。虽然 CK 小区单纯从水文角度来讲其土壤含水量及土壤水分生产力较高,但是各小区由于径流导致的水土流失仍不可忽视,尤其是在降雨较集中,单场降雨量较大的时段。

表 3 观测时段(4~8 月份)土壤水分生产力月均值 mm

	降雨量	土壤含水量	径流深	作物需水量	土壤水分生产力
CK 小区	213.0	29.4	16.8	10.2	215.3
Ⅰ 小区		28.4	3.2	44.1	194.2
Ⅱ 小区		22.9	12.1	28.1	195.6
Ⅲ 小区		34.2	3.0	14.8	229.4

通过表 4 可知,各不同月份土壤水分生产力差距较大,8 月份土壤水分生产力最小,7 月份土壤水分生产力最大。Ⅰ小区土壤水分生产力最大的 7 月份为最小的 8 月份的 4.2 倍,其它小区也近 4 倍。联合对比表 4 和图 2 可以发现土壤水分生产力主要受降雨影响,降雨量最大的 7 月,各小区土壤水分生产力也最大。同时可以发现不同措施小区在降雨量较大的 7 月份,土壤水分生产力相差较小,在 15% 左右;降雨量较小的 4 月份,土壤水分生产力相差近 56%。因此可以看出在降雨量较大时土壤水分生产力主要受降雨量影响,而在降雨量较小时作物需水量及小区径流量对土壤水分生产力的影响则不容忽视。

表4 不同措施小区月均土壤水分生产力 mm

土壤水分生产力	4月	5月	6月	7月	8月
CK小区	140.3	258.7	194.1	379.8	103.7
I小区	91.2	226.2	155.2	401.7	96.5
II小区	107.8	233.2	172.5	371.1	93.4
III小区	142.1	265.3	200.4	426.7	112.3

3 讨论与结论

3.1 讨论

综合分析土壤水分、小区减流效益及土壤水分生产力得出工程措施小区整体效益最佳。由于降雨量对土壤水分生产力的影响较大,因此研究时段内不同水土保持措施小区的土壤水分生产力均为正值。由于采取任何水土保持措施均能有效的保持水土,保证一定的土壤水分生产力,因此,在果园开发及管理过程中在注意控制径流及泥沙的前提下,可选择当地较为常见的乡土植物,并搭配一定的耕作措施以提高生态效益及经济效益。

对照组柑橘清耕小区已经稳定,小区水土流失并不明显,而本文缺少对刚开发的果园土壤水分的研究;由于实验条件限制,本研究缺少对不同干旱程度柑橘园小区土壤水分及水分生产力的研究。

3.2 结论

降雨量最小的8月份,不同水土保持措施小区土壤水分趋势为工程措施小区>耕作措施小区>生物措施小区>对照小区;生物措施及工程措施减流效益最好,

在50%以上,且两者相差不大;不同措施小区土壤水分生产力趋势为工程措施小区>对照小区>耕作措施小区>生物措施小区。总体来说工程措施小区30cm土层土壤水分最高,减流效益及土壤水分生产力最大,但3种水土保持措施均能保持较好的土壤水分生产力。

参考文献:

- [1]汪邦稳,方少文,宋月君,等.赣北第四纪红壤区侵蚀性降雨强度与雨量标准的确定[J].农业工程学报,2013,29(11):100~106.
- [2]许晶晶,周军,管珊红,等.江西省橘类地理标志农产品发展现状与对策[J].南方农业学报,2014,45(8):1514~1518.
- [3]杨艳昭,张伟科,封志明,等.干旱条件下南方红壤丘陵地区水分平衡[J].农业工程学报,2013,29(12):110~119.
- [4]张露,王益权,石宗琳,等.干旱季节渭北果园土壤水分时空变化特征[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):83~89.
- [5]冉伟,谢永生,郝明德.黄土高原沟壑区不同种植年限果园土壤水分变化[J].西北农业学报,2008,17(4):229~233.
- [6]李国怀,伊华林.生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响[J].中国生态农业学报,2005,13(2):161~163.
- [7]张丽娜,李军,范鹏,等.黄土高原半干旱区不同密度山地苹果园水分生产力模拟[J].应用生态学报,2013,24(10):2878~2887.
- [8]黄荣珍,李燕燕,雷梦杨,等.红壤果园土壤水库及其水资源研究[J].南昌工程学院学报,2011,30(4):1~5.
- [9]杜尧东,刘作新,张运福.参考作物蒸散计算方法及其评价[J].河南农业大学学报,2001,35(1):57~61.
- [10]陈家宙,王石,张丽丽,等.玉米对持续干旱的反应及红壤干旱阈值[J].中国农业科学,2007,40(3):532~539.

编辑:张绍付

Impacts of soil erosion control measurements on the soil water productivity of citrus orchard

ZHANG Jie^{1,2}, SHEN Faxing¹, XU Aizhen¹

(1. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Provincial Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Nanchang 330029, China)

Abstract: The negative influence caused by the seasonal drought was serious in the citrus orchard in Southern China. Therefore, there was an emergency need for the research of soil moisture management and soil erosion control measurements in the citrus orchard. In this paper, three citrus orchard plots with typical soil erosion control measurements such as biological measurement, tillage measurement and engineering measurement were employed as the subjects, which located in the Jiangxi Provincial Soil and Water Conservation Eco-science Park. The soil moisture of 30 cm soil layer was analyzed, and the soil water productivity vary months were calculated. The results show that the plot of engineering measurement presented the highest soil moisture of 30 cm soil layer, and also the highest capability in runoff trapping and soil water productivity. And the point that all the three soil erosion measurements show high capability in soil water productivity, which was important in citrus orchard water management.

Key words: Soil erosion control measurement; Soil moisture; Soil water productivity; Citrus orchard

翻译:刘窑军