

# 水肥一体化技术在桂柚1号果园应用的效果

林林<sup>1</sup>, 蔡军<sup>1</sup>, 潘家燕<sup>1</sup>, 张社南<sup>2</sup>, 管庆容<sup>1</sup>, 梅正敏<sup>2</sup>, 张晓宇<sup>1</sup>, 刘冰浩<sup>2</sup>, 黄金勇<sup>1</sup>, 玉新爱<sup>1</sup>, 区善汉<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>玉林市农业科学院/广西农业科学院玉林分院, 广西 玉林

<sup>2</sup>广西特色作物研究院/广西柑橘育种与栽培工程技术研究中心, 广西 桂林

收稿日期: 2022年5月5日; 录用日期: 2022年7月18日; 发布日期: 2022年7月28日

## 摘要

为探索山地柚园水肥一体化应用的技术与效果, 以桂柚1号为研究对象, 研究水肥一体化施肥和常规施肥对果实产量、品质及果园经济效益的影响。结果表明: 采用水肥一体化施肥, 可减少浇水与淋肥人工92.14%, 节约喷药人工成本90%, 年节水46.67%、节肥14.45%; 桂柚1号产量提高35.37%, 果实重量比常规施肥增加19.11%, 维生素C、还原糖、转化糖和总糖含量分别提高9.10%、12.14%、2.46%和2.64%, 可溶性固形物含量持平, 可滴定酸含量降低16.67%, 果实风味无明显差异。山坡地桂柚1号果园应用水肥一体化装备与技术能够实现节水减肥、提高果实产量和品质的目标。

## 关键词

桂柚1号, 水肥一体化, 产量, 品质, 成本

# Application Effect of Water and Fertilizer Integration Technology in Guiyou No. 1 Orchard

Lin Lin<sup>1</sup>, Jun Cai<sup>1</sup>, Jiayan Pan<sup>1</sup>, Shenan Zhang<sup>2</sup>, Qingrong Guan<sup>1</sup>, Zhengmin Mei<sup>2</sup>, Xiaoyu Zhang<sup>1</sup>, Binghao Liu<sup>2</sup>, Jinyong Huang<sup>1</sup>, Xinai Yu<sup>1</sup>, Shanhan Ou<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Yulin Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Academy of Agricultural Sciences (Yulin Branch), Yulin Guangxi

<sup>2</sup>Guangxi Institute of Characteristic Crops/Guangxi Citrus Breeding and Cultivation Engineering Research Center, Guilin Guangxi

Received: May 5<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jul. 18<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 28<sup>th</sup>, 2022

\*通讯作者。

文章引用: 林林, 蔡军, 潘家燕, 张社南, 管庆容, 梅正敏, 张晓宇, 刘冰浩, 黄金勇, 玉新爱, 区善汉. 水肥一体化技术在桂柚1号果园应用的效果[J]. 植物学研究, 2022, 11(4): 528-534. DOI: 10.12677/br.2022.114062

## Abstract

To explore the application effects of water and fertilizer integration technology in mountain pomelo orchard, taking Guiyou No. 1 as test material, a comparative study was conducted on fruit yield, quality and orchard economic benefit under water-fertilizer integration and conventional fertilization. The results showed that, water and fertilizer integration could reduce the artificial amount of watering, fertilization and spraying by 92.14% and 90%, saving water by 46.67% and fertilizer by 14.45%. Compared with conventional fertilization, the yield of Guiyou No. 1 was increased by 35.37%, fruit weight was increased by 19.11%, vitamin C, reducing sugar, invert sugar and total sugar contents were increased by 9.10%, 12.14%, 2.46% and 2.64%, respectively; titratable acid content was decreased by 16.67%. But soluble solid content was kept the same, and there was no significant difference in fruit flavor. The integrated equipment and technology of water and fertilizer can achieve the goal of saving water and reducing fertilizer, improving fruit yield and quality in Guiyou No. 1 orchard on hillside land.

## Keywords

Guiyou No. 1, Integration of Water and Fertilizer, Production, Quality, Cost

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“桂柚 1 号”源自沙田柚的芽变，自花结果率为 5.43%~8.74%，无需人工授粉，丰产稳产性好，果大形美质优耐贮，果皮橙黄色[1]，2012 年开始推广种植，是广西柚类主栽品种之一。据统计，2019 年广西柚类果园面积 62.6 万亩，主要分布在玉林市、桂林市、柳州市等地，以山地种植为主。丘陵山地地形复杂、灌溉条件相对较差，且存在工程性缺水及季节性缺水等诸多问题[2]，且近年来，随着城镇化进程的推进，农村劳动力不断向城市涌入，果树种植出现请工难、请工贵的问题。因此，探求省时省力省工的水肥管理技术，对于果园控本增效、提高农民种植的积极性具有重要的指导意义。

水肥一体化施肥是将水溶性肥溶解成液肥后，通过滴灌或者微喷灌系统，输送到作物根区的一种施肥方式[3]。在果树、蔬菜等作物上应用越来越普遍，不少研究表明，在果树栽培上应用水肥一体化施肥，可达到节水、节肥、节药、节工、提高果实品质及产量的效果[4]-[9]。张展伟等对山坡地柑橘应用水肥一体化技术的试验表明[10]，水肥一体化技术可节肥 30%以上，增产 16.6%，果实可溶性固形物达 15%。刘传和等的试验表明，山地栽培条件下通过水肥一体化施肥的菠萝可溶性固形物、全糖量更高，风味更浓郁[11]。王锦贵等研究表明[12]，葡萄应用水肥一体化技术，可节水超过 30%，节肥超过 50%。张小东等研究表明[13]，双矮苹果园使用水肥一体化施肥，亩产量比对照增加了 435 Kg，果实可溶性固形物显著高于对照处理。

容县是沙田柚的原产地，2019 年种植面积 1.4 万  $\text{hm}^2$  [14]。但沙田柚园多为丘陵山地，坡度较大，灌溉施肥等农事操作极不方便。水肥一体化技术容易操作、适用各种地形，迄今对沙田柚水肥一体化技术的相关研究较少，节水、节肥、省工效果尚等有待探明。作者以“桂柚 1 号”为材料，2019 年在容县桂柚 1 号果园进行水肥一体化装备、技术与效果试验，调查研究水肥一体化施肥与常规施肥对产量、品

质及果园经济效益的影响,旨在为山地柚园水肥一体化技术的推广应用提供参考,为当地柚树种植探索最适合的灌溉模式。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 供试果园概况

供试果园位于容县石寨镇霄垌村雄安果场,山坡地,坡度 20~40 度,红壤。供试树为 2016 年冬种植的酸柚砧桂柚 1 号,株行距 3~4 m × 5~6 m,总面积 13.33 hm<sup>2</sup>,共有柚树 6000 株,2019 年第 1 年挂果。试验地所在区域年平均气温 21.3℃,月平均气温以 1 月最低,为 12.2℃,7 月最高,达 28.2℃。雨水多集中于 6~8 月,11 月至次年 1 月较干旱少雨,年平均降水量 1737.4 mm。

### 2.2. 试验方法

#### 2.2.1. 试验设计

本试验为大区对比试验,设一个试验区(即采用水肥一体化灌溉施肥的果树区),2019 年春在果园内安装水肥一体化设施,施肥覆盖面积占果园 2.12 hm<sup>2</sup>,以常规灌溉施肥为对照,对照区面积 2.0 hm<sup>2</sup>,两片区域的土壤肥力基本一致。于果树现蕾期开始施肥,参考常规桂柚 1 号栽培管理技术的施肥方法,采取“少量多次”的原则,分别在初花期、坐果前期、坐果期、第一次生理落果期、第二次生理落果期、稳果期和果实膨大期施肥,除水肥管理外,其他田间管理均一致。按照果树需肥期进行灌溉,两个处理各时期施肥种类、施肥量等见表 1。

**Table 1.** Fertilization of two methods at different times

**表 1.** 两种施肥方法各时期施肥情况

施肥时期	肥料名称	试验区化肥施肥量/(kg·株 <sup>-1</sup> )	对照区施肥量/(kg·株 <sup>-1</sup> )	花生麸用量/(kg·株 <sup>-1</sup> )
现蕾期(3月5日)	洋丰复合肥(16-6-24)+腐熟粪水	0.25	0.375	
初花期(3月25日)	洋丰复合肥(16-6-24)+腐熟粪水	0.25	0.375	
坐果前期(4月10日)	洋丰复合肥(16-6-24)+腐熟粪水	0.25	0.375	
坐果期(4月29日)	金钾先锋复合肥(18-8-24)+腐熟粪水+花生麸	0.40	0.6	1
第一次生理落果期(5月15日)	金钾先锋复合肥(18-8-24)+腐熟粪水+花生麸	0.40	0.6	1
第一次生理落果期(5月26日)	金钾先锋复合肥(18-8-24)+粪水+花生麸	0.40	0.6	1
第二次生理落果期(6月6日)	澡益多硫酸钾	0.25	0.375	
稳果期(6月20日)	澡益多硫酸钾+粪水+花生麸	0.25	0.375	1
果实膨大期(7月2日)	澡益多硫酸钾+粪水+花生麸	0.25	0.375	1

#### 2.2.2. 水肥一体化设施

建立蓄水池(6 m × 12 m × 2.5 m)、药池、安装抽水机、增压泵、施肥器、喷药转接器等设备。装置的主水管外直径 50 mm,主水管与树干距离 1 m,每株树安装 1 个喷头,喷头与主管间的连接管外直径 33.3 mm。

## 2.3. 研究方法

果实采样：果实成熟时，试验区和对照区分别选树势基本一致的 6 株树，在每株树的东、南、西、北、中 5 个方向各随机采摘 1 个无机械损伤、无病虫害的果实，共 30 个果带回实验室混合均匀，然后随机取 10 个果进行可溶性固形物、平均单果重测定，其余果实取果肉混合，然后按四分法取样进行 VC、还原糖、转化糖、全糖、可滴定酸等品质指标测定。

测定内容及方法：果实成熟时，测定总产量、单株产量；单果重量用电子天平测定(0.1 g)。可溶性固形物(TSS)用手持式糖量计直接测定，糖类测定用斐林氏容量法，可滴定酸测定用碱中和法，VC 测定采用 2,6-二氯酚靛酚(2,6-二氯吲哚酚钠)滴定法。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 水肥一体化对桂柚 1 号产量的影响

从表 2 可知，采用水肥一体化施肥后，平均单果重比对照增加了 11.9%，666.67 m<sup>2</sup> 产量比对照增加了 402.68 kg，增产 35.37%。

Table 2. Effects of two fertilization methods on fruit yield of Guiyou No. 1

表 2. 两种施肥方法对桂柚 1 号产量的影响

处理	平均单果重/kg	株产量/kg	产量/(kg·666.67m <sup>2</sup> )	比对照增产/%
水肥一体化	1.152	51.36	1540.88	35.37
常规	0.967	37.94	1138.20	-

### 3.2. 水肥一体化对桂柚 1 号果实品质的影响

表 3 的结果表明，采用水肥一体化灌溉施肥后，果实的维生素 C、还原糖、转化糖和总糖含量分别比对照提高了 9.10%、12.14%、2.46% 和 2.64%，可滴定酸含量比对照下降了 16.67%，而可溶性固形物含量两者相当，果实风味没有差异，两者均甜脆。

Table 3. Effects of two fertilization methods on fruit quality of Guiyou No. 1

表 3. 两种施肥方法对桂柚 1 号果实品质的影响

处理	可溶性固形物含量/%	VC/(mg·100ml <sup>-1</sup> )	还原糖/(g·100ml <sup>-1</sup> )	转化糖/(g·100ml <sup>-1</sup> )	全糖/(g·100ml <sup>-1</sup> )	可滴定酸/(g·100ml <sup>-1</sup> )	风味
水肥一体化	14.40	119.25	4.34	11.23	10.89	0.30	甜脆
常规	14.40	109.30	3.87	10.96	10.61	0.36	甜脆

### 3.3. 水肥一体化对果园经济效益的影响

#### 3.3.1. 水肥一体化对灌溉施肥人工成本的影响

试验区单次浇水、淋肥需 1 人工作 0.5 d，对照区单次浇水、淋肥需 6 人耗时 1 d，以 80.0 元/人/d(当地果园劳力均价)计算，人工成本分别为 40.0 和 480.0 元。从表 4 的对比可看出，试验区比对照区单次灌溉施肥节约人工费 440 元，折合节约人工费 221.13 元/hm<sup>2</sup>，单位面积节省率高达 92.14%。供试果园全年灌溉施肥 9 次，试验区累计节约灌溉施肥人工成本 468.80 元。

**Table 4.** Comparison of artificial irrigation fertilization cost between two methods**表 4.** 两种施肥方法灌溉施肥人工成本的比较

农事操作	处理	工时/d	人工费用/元	单价/(元·hm <sup>-2</sup> )	比对照节约费用 (元·hm <sup>-2</sup> )	节省/%
灌溉施肥	水肥一体化	0.5	40.0	18.87	221.13	92.14
	常规	6	480.0	240	-	-

### 3.3.2. 水肥一体化对喷药人工成本的影响

从表 5 可看出, 试验区单次喷药仅需 2 人工作 1 d, 对照区需 10 人耗时 2 d 才能完成, 试验区单次喷药可节约人工费 1440 元, 人工成本减少了 90%。

**Table 5.** Comparison of artificial spraying cost between two methods**表 5.** 两种施肥方法喷药人工成本的比较

农事操作	处理	工时/d	人工费用/元	比对照节约/(元·次 <sup>-1</sup> )	成本减少/%
喷药	水肥一体化	2	160	1440	90
	常规	20	1600	-	-

### 3.3.3. 水肥一体化对果园灌溉用水量的影响

从表 6 可知, 试验区单次灌溉用水量 36 t/hm<sup>2</sup>, 全年用水量 360 t/hm<sup>2</sup>, 对照区单次灌溉用水量 112.5 t/hm<sup>2</sup>, 全年用水量 675 t/hm<sup>2</sup>, 年节水率 46.67%, 节水效果显著。

**Table 6.** Comparison of irrigation amount between two methods**表 6.** 两种施肥方法灌溉用水量的比较

农事操作	处理	单次灌溉用水量 (t·hm <sup>-1</sup> )	灌溉次数	年用水量(t·hm <sup>-1</sup> )	年节水/%
灌溉用水	水肥一体化	36	10	360	46.67
	常规	112.5	6	675	-

### 3.3.4. 水肥一体化对肥料成本的影响

从表 7 可看出, 水肥一体化施肥与常规施肥对比, 三种肥料的施用量分别减少了 0.375 kg、0.6 kg、0.375 kg/株, 每株总施肥量减少 1.35 kg。按当前的市场价格计算, 水肥一体化施肥的肥料成本 77.35 元/株, 对照区的肥料成本 88.525 元/株, 前者每年可节约肥料成本 11.175 元/株, 折合 5028.75 元/hm<sup>2</sup>, 节肥率为 14.45%。

**Table 7.** Comparison of fertilizer consumption and cost between two methods**表 7.** 两种施肥方法肥料的用量和成本的比较

肥料名称	水肥一体化		常规	
	施肥量/(kg·株 <sup>-1</sup> )	肥料成本/(元·株 <sup>-1</sup> )	施肥量/(kg·株 <sup>-1</sup> )	肥料成本/(元·株 <sup>-1</sup> )
洋丰复合肥(16-6-24)	0.75	3.75	1.125	5.625
金钾先锋复合肥(18-8-24)	1.20	9.60	1.800	14.400
澡益多硫酸钾	0.75	9.00	1.125	13.500
花生麸	5.00	20.00	5.000	20.000
基肥		35.00		35.000
成本合计/元		77.35		88.525

## 4. 结论与讨论

试验结果表明,采用水肥一体化灌溉施肥后减少灌溉施肥人工成本 92.14%,节约喷药人工成本 90%,年节水 46.67%、节肥 14.45%。桂柚 1 号产量提高了 35.37%,单果重量比常规灌溉施肥增加了 19.11%,维生素 C、还原糖、转化糖和总糖含量分别提高了 9.10%、12.14%、2.46% 和 2.64%,可溶性固形物含量持平,可滴定酸含量降低了 16.67%。

邓兰生等[15]试验表明,水肥一体化灌溉施肥比常规灌溉施肥节肥 38.9%、节约 20.0%,增产 49.2%,节约生产成本 4425 元/hm<sup>2</sup>,其中节约灌溉施肥成本 3000 元/hm<sup>2</sup>;韩庆忠等[16]在奈维琳娜脐橙上试验结果表明,水肥一体化技术增产 18.1%~44.4%,节约肥料 65.4%~70.4%,增加产值 1196~2747 元/666.7 m<sup>2</sup>;张中华等[17]在柑橘上的试验结果表明,智能水肥一体化技术节肥 25%,节水 30%以上,产量提高了 10%~15%,节约农药 15%以上,节省人工 60%以上。水肥一体化施肥的金柚果实各项品质指标均优于其他处理[18],葡萄采用水肥一体化技术,其可溶性固形物含量比对照增加了 2.0%,总糖增加了 20.7% [19]。从本试验结果看,采用水肥一体化灌溉施肥后,人工、水、肥成本减少,产量提高,果实品质提升。与前人研究结果一致。

本试验的水肥一体化设施建立时一次性投入的成本较高,主体装置成本约 380 元/666.67m<sup>2</sup>,总费用 12,084 元,喷灌装置成本约 100 元/666.67m<sup>2</sup>,总投资 3180 元,但投入使用后,施肥灌溉不需开沟,可大幅度减少人工的投入,节省大量的人工成本。因此,水肥一体化设施投入使用后 2~3 年,基本可以收回成本。试验过程中结合桂柚 1 号栽培管理技术的进行施肥设计,有利于该品种的保质稳产。从本试验的结果来看,水肥一体化灌溉施肥可以取代常规灌溉施肥方法,受不同年份的气候条件、土壤条件、树势等因素的影响,应该根据果园实际情况适当调整肥、水用量。

广西柚类果园多分布在山地,坡度大,地形复杂,不利于施肥灌溉等农事操作。柚树进入丰产期后,由于株行间交叉,农机具及劳动工人进入果园不方便,施肥灌溉难度增大,劳动强度随之增加,严重影响果园管理和生产成本控制。在山地、大面积柚园,如何解决交通、劳力和水源不便、季节性干旱、人力成本不断提高等问题,水肥一体化施肥、灌溉装备与技术是最佳选择。采用水肥一体化技术后,果园肥、水、喷药成本明显下降,生产效率显著提高,产量和果实品质也呈上升趋势。在山坡地桂柚 1 号果园采用水肥一体化装备与技术具有明显的节本增效作用,可以进一步推广应用。

## 基金项目

广西重点研发计划项目(桂科 AB16380145);广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA17204097-2);广西柑橘创新团队桂东站点项目(nycytxgxcxtd-2021-05-04);广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA18118046-8)。

## 参考文献

- [1] 区善汉,廖奎富,肖远辉,等. 自花结果沙田柚品种“桂柚 1 号”选育初报[J]. 广西农业科学, 2010, 41(1): 4-6.
- [2] 吴欣珂. 柑橘种植与水肥一体化节水灌溉技术分析[J]. 南方农业, 2021, 15(20): 36-37.
- [3] 区善汉. 图说柚类优质高效栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020: 102.
- [4] 王晓荣,唐万鹏,付甜,等. 不同管理措施对三峡库区柑橘园土壤养分和径流氮磷流失的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(11): 95-102.
- [5] 陆利珍,陆玉英,阮经宙,等. 柑橘简便水肥一体化应用及主要配套技术[J]. 南方园艺, 2016, 27(5): 36-38.
- [6] 蒋亭亭,吕名礼,吴竹,等. 徐闻县香蕉水肥一体化应用及效果调查[J]. 南方农业, 2019, 13(21): 18-20+23.
- [7] 韩庆忠,姜飞雄,王功明,等. 秭归县柑橘水肥一体化试验示范初探[J]. 中国农技推广, 2017, 3(3): 56-58.



- 
- [8] 张瀚, 李晗, 陈奇, 等. 海南省槟榔水肥一体化应用模式及配套技术[J]. 南方农业, 2021, 15(22): 106-108+129.
- [9] 张伟强. 水肥一体化施肥对山地果园‘油棕’生长及果实品质的影响[J]. 农学学报, 2021, 11(8): 48-52.
- [10] 张展伟, 阮贤聪, 陈健, 等. 省工省力省时节水栽培技术在山坡地柑橘生产中的应用研究[J]. 中国热带农业, 2014(6): 52-54.
- [11] 刘传和, 陈少华, 黎锦洪. 水肥一体化对山地栽培菠萝生长及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(1): 102-106.
- [12] 王锦贵, 王永杰, 王金生, 等. 水溶性肥料结合水肥一体化技术在葡萄上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2018(20): 65+69.
- [13] 张小东, 杨亚丽, 邢瑜, 等. 不同施肥方式对苹果生长发育的影响及经济效益分析[J]. 果树资源学报, 2020, 1(2): 4-6.
- [14] 黄丽萍, 黄智刚. 短视频盛行影响下的农产品营销现状及对策——以容县沙田柚为例[J]. 南方农机, 2021, 52(18): 112-114.
- [15] 邓兰生, 涂攀峰, 张承林, 等. 水肥一体化技术在丘陵地区的应用模式探析[J]. 广东农业科学, 39(9): 67-69.
- [16] 韩庆忠, 王功明, 姜飞雄, 等. 4种水溶性肥料在柑橘上的施用试验示范[J]. 中国农技推广, 2017, 33(7): 44-45.
- [17] 张中华, 蒋亭亭, 张东滨, 等. 柑橘智慧灌溉水肥一体化应用及效果调查[J]. 热带农业工程, 2019, 43(2): 69-75.
- [18] 曾志, 郭翠红, 胡贤勇, 等. 沙田柚水肥一体化示范应用效果[J]. 农业与技术, 2018, 38(8): 16-18.
- [19] 孙晓硕, 谢同俊, 蔡新华, 等. 水肥一体化管理对葡萄产量及品质的影响[J]. 农村科技, 2017(6): 22-25.