

# 有机肥配施化肥对橘园土壤肥力、果实品质及产量的影响

辛浩然<sup>1</sup>, 雷云辉<sup>1</sup>, 代睿<sup>2</sup>, 曾涛<sup>2</sup>, 李波<sup>3</sup>, 王世海<sup>3</sup>, 沈婷<sup>1\*</sup>

(1. 农业农村部沼气科学研究所, 四川 成都 610000; 2. 荣县农业发展保障中心, 四川 自贡 643100; 3. 荣县养殖业服务中心, 四川 自贡 643100)

**摘要:** 为探究有机肥配施化肥对柑橘园土壤肥力、果实品质及产量的影响,在长期种植柑橘基地开展有机肥及有机肥配施化肥的田间试验,研究橘园土壤养分含量、果实品质和产量的变化,为四川丘陵地区柑橘园土壤合理施用有机肥,减施化肥提供理论基础。以当地习惯施肥为对照(CK),有机肥配施化肥(OF+CF),仅施有机肥(OF),共3个处理。测定不同处理下土壤pH值、养分含量、果实品质(可溶性固形物,有机酸,Vc等)和产量及经济效益的变化。OF+CF处理和OF处理能提高土壤pH值,增加土壤有机质含量,增加土壤全氮含量,而全钾和全磷含量降低。OF+CF处理的土壤碳氮比较CK处理降低18.39% ( $p < 0.05$ )。与CK相比,OF+CF处理和OF处理的果实的可溶性糖含量较CK分别增加29.26%和18.44%,而有机酸分别下降30.52%和22.94%,果实的Vc含量分别增加16.04%和11.19%。OF+CF处理和OF处理的柑橘产量较CK处理增加75.10%和56.32% ( $p < 0.05$ )。田间试验结果表明,有机肥及其配施化肥能够更好地提高土壤pH值,增加有机质含量,改善果实品质,提高柑橘产量,从而减少化肥的施用,提高柑橘种植的经济效益。

**关键词:** 柑橘; 有机肥; 土壤肥力; 果实品质; 经济效益

**中图分类号:** S216.4; X53; X713 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2022)02-0060-07

**DOI:** 10.20022/j.cnki.1000-1166.2022020060

**Effects of Organic Fertilizer Combined with Chemical Fertilizer Amendment on Soil Fertility, Fruit Quality and Yield in Citrus Orchard / XIN Hao-ran<sup>1</sup>, LEI Yun-hui<sup>1</sup>, DAI Rui<sup>2</sup>, ZENG Tao<sup>2</sup>, LI Bo<sup>3</sup>, WANG Shi-hai<sup>3</sup>, SHEN Ting<sup>1\*</sup> / (1. Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610000, China; 2. Rong County agricultural development security center, Zigong 643100, China; 3. Rong County aquaculture service center, Zigong 643100, China)**

**Abstract:** In order to explore the effects of organic fertilizer (OF) or combined application of chemical fertilizer (CF) on the soil fertility, fruit quality and yield of citrus orchard, an experiment based on OF and its combined application of CF were carried out for the long-term planting citrus orchard. Soil nutrient content, fruit quality and yield were studied to provide a theoretical basis for the rational application of organic fertilizers and reduction of chemical fertilizer in Sichuan hilly region of citrus orchards. Comparing local custom fertilization as control (CK), organic fertilizer with chemical fertilizer (OF+CF), and only application of organic fertilizer (OF), and thus formed a total of 3 treatments. The changes of soil pH value, soil nutrient content, orange fruit quality (soluble solids, organic acids, Vc, etc.), as well as yield and economic benefits were determined under the three different treatments. The results showed that OF+CF and OF treatments improved soil pH, increased soil organic matter content and soil total nitrogen content, and decreased soil total potassium and total phosphorus content. Compared with CK, the carbon-nitrogen ratio under the OF+CF treatment was 18.39% lower than that under CK ( $p < 0.05$ ). Compared with CK, the OF+CF and OF treatments increased the soluble sugar content and Vc content, while decreased organic acid by 30.52% and 22.94%, ( $p < 0.05$ ), respectively. Obviously, OF and OF+CF significantly improved the orange yield about 56.32% and 75% ( $p < 0.05$ ) compared to the CK treatment, respectively. The results of field experiments showed that organic fertilizer combined with chemical fertilizer can improve soil pH, in-

收稿日期: 2021-12-13

项目来源: 四川省科技计划重点研发项目(2020YFN0147)

作者简介: 辛浩然(1996-),男,山东省沂水县人,硕士,主要从事农业有机固体废弃物的资源化利用及土壤改良研究, E-mail:836241423@qq.com

通信作者: 沈婷, E-mail:574944796@qq.com

crease organic matter content, improve fruit quality, and increase orange yield, thereby reducing the application of chemical fertilizer and improving the economic benefits of citrus.

**Key words:** Citrus; Organic fertilizer; Soil fertility; Fruit quality; Economic benefits

柑橘 (*Citrus reticulata* Blanco) 属于芸香科、柑橘属植物,是世界水果中生产量、贸易量和加工量最大的水果品种之一。近年来,我国柑橘种植业发展迅速,栽培面积迅速扩大,柑橘产业已成为我国南方各省市重要的支柱性产业之一<sup>[1]</sup>。四川是全国重要的水果产区,柑橘是四川主要经济果木,产量约为全国的1/3。但在柑橘的种植过程中,为了追求经济效益,种植户盲目过量施用化肥、喷药,不仅浪费资源、污染环境,而且增加土壤酸化、次生盐渍化等风险<sup>[2]</sup>。对于种植土壤,过量长期单一偏施化肥,土壤肥力降低,理化性质变差,有机质含量下降、土壤板结,极大影响橘树根系生长,导致柑橘产量和品质下降<sup>[3]</sup>。另外,随着生活水平的提高,水果品质和安全生产越来越受到关注,人们对柑橘的需求正由单纯的数量型向质量型转变。因此,改良土壤环境,缓解土壤酸化,提高土壤肥力,对于保障我国柑橘产业的健康、可持续发展具有重要的现实意义。

土壤改良剂被认为是提高土壤 pH 值、土壤微生物活性,增加土壤肥力的重要农艺措施。有机肥作为传统的有机土壤改良剂,富含有机质,养分全面,肥效长;其在改善土壤结构,减少化肥用量,增强土壤生物活性,提高养分有效性,稳定作物产量等方面具有重要作用<sup>[4-5]</sup>。然而,由于有机肥养分含量不均衡以及作物营养需求的特殊性,导致单一施用有机肥对土壤的改良和作物增产效果常不显著。所以,通过有机肥配施化肥是解决柑橘果园化肥使用过量问题的重要途径之一。有机肥的施用不仅能减少化肥的施用量,还能增加果园土壤生产力、维持和提高土壤质量,也是近年的研究热点之一<sup>[6-8]</sup>。近年来,已有较多学者针对橘园有机肥应用开展了研究,显示有机肥施用提高了柑橘产量,改善了果实品质,并进一步从土壤理化性质的改良、树体营养状况的改善等方面探讨了其作用机理<sup>[9]</sup>。目前有机肥在柑橘果园的应用效果研究主要为单施有机肥、有机肥种类及有机肥施用量对柑橘的影响<sup>[10-11]</sup>,针对有机肥替代部分化肥施用后橘园土壤肥力、果实产量及品质的研究则较少。

因此,本研究根据荣县目前柑橘园化肥施用情况,以有机肥替代部分化肥进行田间定位试验,通过

对比单施化肥和有机肥替代部分化肥,分析有机肥对橘园柑橘病害防控效果、土壤的理化性质、果实品质及产量的影响,以期减少化肥使用,利用有机肥改善当地果园土壤环境,为提高柑橘果实品质提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2020年12月~2021年12月在四川省自贡市荣县留佳镇花红村柑橘生产地(29°46'N, 104°13'N)进行。供试材料为生长状态良好、株高和冠幅相对一致的10年生挂果植株,接穗品种为“爱媛38”,株行距2.5 m × 2.5 m,试验面积为2亩(667 m<sup>2</sup> × 2),柑橘种植密度为每亩60棵,该试验地属山地果园,管理水平中等,地处亚热带季风气候,年平均气温17.8℃,年平均日照时间1201小时,年降水量1012 mm。土壤类型为黄壤,质地为砂质土,土壤有机质3.82 g·kg<sup>-1</sup>,全氮1.79 g·kg<sup>-1</sup>,全磷1.83 g·kg<sup>-1</sup>,全钾17.92 g·kg<sup>-1</sup>,有效磷230.19 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量192.21 mg·kg<sup>-1</sup>,pH值为5.52,EC为81.1 us·cm<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验设计

设置3个处理:1)对照(CK)为当地习惯施肥,单施化肥即复合肥2.0 kg·棵<sup>-1</sup>;2)有机肥+部分化肥处理,即有机肥5 kg·棵<sup>-1</sup>+复合肥1 kg·棵<sup>-1</sup>;3)单施有机肥处理,即有机肥10 kg·棵<sup>-1</sup>(有机肥+部分化肥处理和单施有机肥处理的施用量均与CK中的N、P、K含量相当计算得出)。选取长势较一致的30棵树,每个处理3个小区,每个小区10棵树,随机区组排列。生物有机肥由农业农村部沼气科学研究所提供,以腐熟的猪粪有机肥为供试肥料,养分总量(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O)≥8%,有机质含量≥40%,复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O,18:8:18)。按照当地施肥习惯,在整个生长周期中,分两次施肥(每年3月中旬基肥和9月中旬追肥),追肥的施肥量为基肥的一半,采用环施法在沿着树枝的滴水线一圈开条状沟,将肥料与土壤混匀后填埋。其他管理按常规进行(见表1)。

### 1.3 样品采集

于2021年10月(果实成熟期),采用挖掘法在

表1 施肥方案 (kg·hm<sup>-2</sup>)

处理组	基肥		追肥	
	有机肥	复合肥	有机肥	复合肥
CK	0	1800	0	900
有机肥+化肥(OF+CF)	4500	900	2250	450
有机肥(OF)	9000	0	4500	0

注:OF+CF为有机肥+化肥;OF为有机肥,下同。

水平方向以距离施肥区 20 cm,垂直方向深度为 30 cm 范围内采集土壤样品,用铁锹将施肥区土体土壤不断翻动、搅拌、混匀,采用四分法收集土体土样。将收集的土壤置于冰盒中带回实验室,过 2 mm 筛除去土壤中可见动植物残体及石砾等杂质后混匀,样品自然风干,过 20 目筛测定土壤理化指标。

#### 1.4 测定方法

##### 1.4.1 土壤理化指标测定

参照鲍士旦<sup>[12]</sup>著土壤农化分析书测定土壤理化指标。采用标准型 PHS-3E pH 计测定土壤 pH 值(水土质量比为 2.5:1);采用重铬酸钾氧化—容量法测定土壤有机碳含量;采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮后,用全氮分析仪(型号 SHIMADZU Total Nitrogen Measuring Unit TNM-1)测定土壤全氮含量;采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub> 消煮-钼锑抗比色法测定土壤总磷含量;采用 HF-HClO<sub>4</sub> 消煮-火焰光度法测定土壤总钾含量。

##### 1.4.2 柑桔果实品质

2021 年 10 月,成熟期采摘各处理无病害、无生理病斑、无机械损伤的柑桔果实,测定柑桔果实的品质<sup>[13-14]</sup>。取样和测定方法均按照柑桔种质资源描述规范(NY/T 2930—2016)进行。果径采用游标卡尺(SL01-1)测定;单果重采用分析天平测定,可溶性固形物用糖度计(LB20T 型)测定;有机酸采用 NaOH 滴定法测定;果实 Vc 含量采用碘酸钾萃取分光光度法测定。

##### 1.4.3 产量测定

于 2021 年 10 月 20 日(果实成熟期)测定柑桔产量。成熟期进行单株测产。每个处理测 15 株树,每棵树重复 3 次。

#### 1.5 经济效益分析

参考吴文利等的梨经济效益计算方法<sup>[15]</sup>,柑桔的经济效益计算方法如下:

$$\text{产值}(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}) = \text{产量}(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}) \times \text{单价}(\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}) \times 1000$$

$$\text{经济效益}(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}) = \text{产值}(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}) - \text{肥料}$$

$$\text{成本}(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}) - \text{管理成本}(\text{元}\cdot\text{hm}^{-2})$$

$$\text{产投比} = \text{产值} / (\text{肥料成本} + \text{管理成本})$$

式中:复合肥(含运费)4000 元·t<sup>-1</sup>;有机肥(含运费)950 元·t<sup>-1</sup>;管理成本包括人工打药、农药、施肥、采摘、修剪、疏花疏果等。

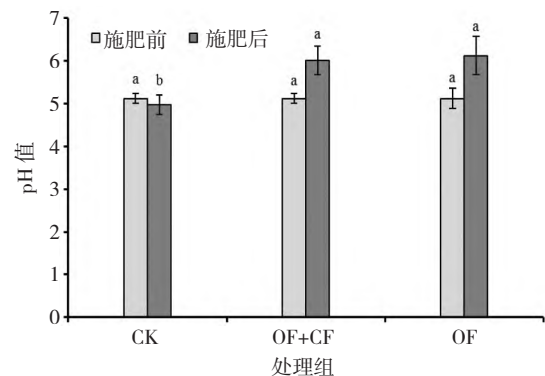
#### 1.6 数据处理与分析

数据统计及分析分别由 Microsoft Excel 2013 和 SPSS 13.0 统计分析软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对橘园土壤理化性质的影响

从图 1~6 可知,柑桔园施肥后,除 CK 处理,各处理土壤的 pH 值高于施肥前。OF+CF 与 OF 处理的柑桔土的土壤有机质含量分别比 CK 处理高 19.08% 和 23.24% ( $p < 0.05$ );OF+CF 处理柑桔土壤全氮含量最高,显著高于 CK 处理,但与 OF 处理相比,无显著差异;柑桔树施肥后不同处理的土壤碳氮比相比于施肥前,均降低,其中,OF+CF 处理的土壤碳氮比比 CK 处理降低 18.39%,差异显著( $p <$



注:不同小写字母表示不同处理间的差异显著性(Duncan 检测,  $p < 0.05$ )。下同。

图1 不同处理对柑桔园土壤 pH 值的影响

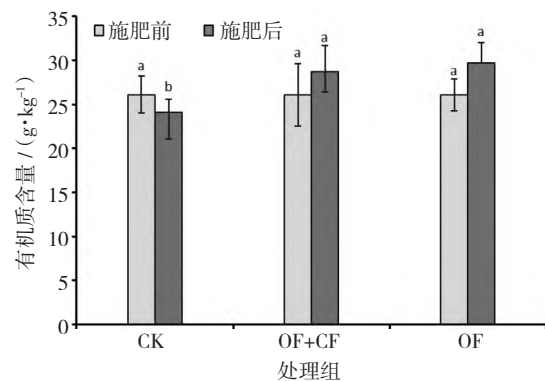


图2 不同处理对柑桔园土壤有机质含量的影响

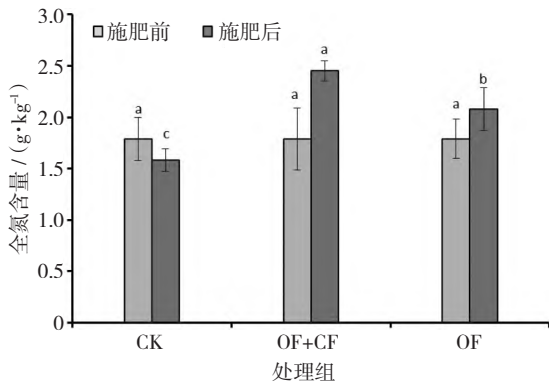


图3 不同处理对柑橘园土壤全氮含量的影响

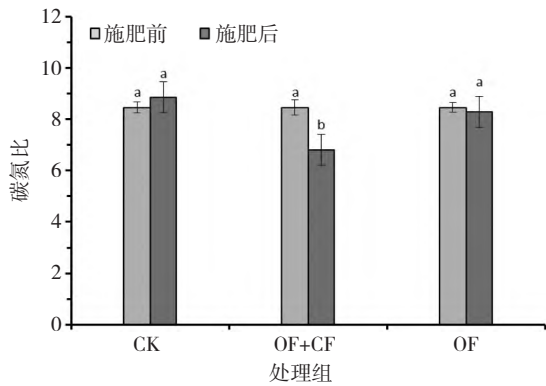


图4 不同处理对柑橘园土壤碳氮比的影响

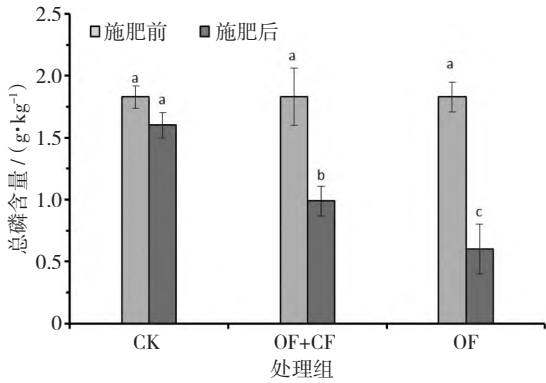


图5 不同处理对柑橘园土壤总磷含量的影响

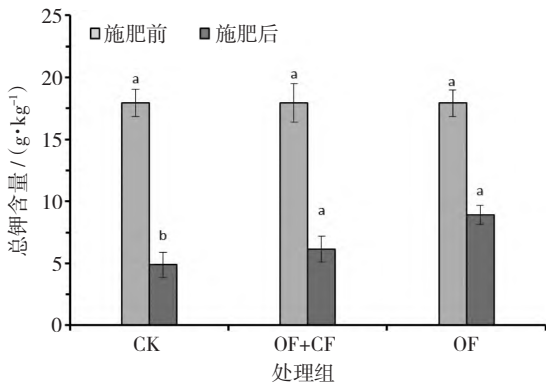


图6 不同处理对柑橘园土壤总钾含量的影响

0.05),但OF与CK差异不显著。施肥后各处理柑橘树土壤的总磷含量比施肥前处理均降低,并且OF+CF与OF处理的柑橘土总磷含量分别比CK处理降低44.38%和60.62% ( $p < 0.05$ );施肥后的总钾含量比施肥前均显著降低,但OF+CF与OF处理的柑橘土总钾含量分别比CK处理增加26.03%和82.00%,OF+CF与CK处理差异显著。

### 2.2 不同施肥处理对柑橘果实品质的影响

果实成熟期采摘各处理柑橘果实,检测不同处理对柑橘果实品质的影响。由图7~10可知:OF+CF和OF处理与对照CK相比,可溶性糖含量分别增加29.26%和18.44%,有机酸含量较对照下降30.52%和22.94%,说明有机肥的施用能提高柑橘果实的糖酸比,改善果实的口感,且OF+CF处理效果更显著。与CK处理相比,OF+CF处理和OF处理能增加果实的Vc含量,分别增加16.04%和11.19%,但差异不显著。OF+CF处理和OF处理能明显提高柑橘的干物质含量,分别增加38.02%和32.35%,差异显著( $p < 0.05$ )。

### 2.3 不同施肥处理对柑橘产量的影响

由表2可知,与CK处理相比,OF+CF处理和OF处理的柑橘果径分别增加27.66%和20.63%,

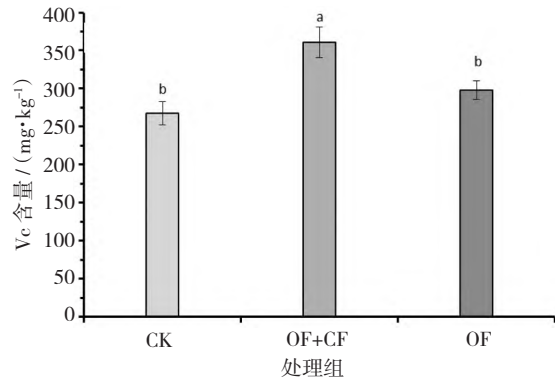


图7 不同处理对柑橘果实Vc含量的影响

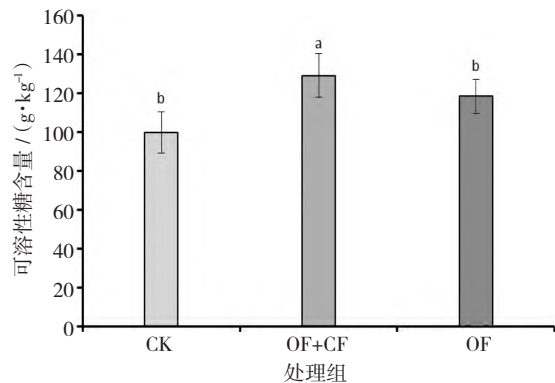


图8 不同处理对柑橘果实可溶性糖含量的影响

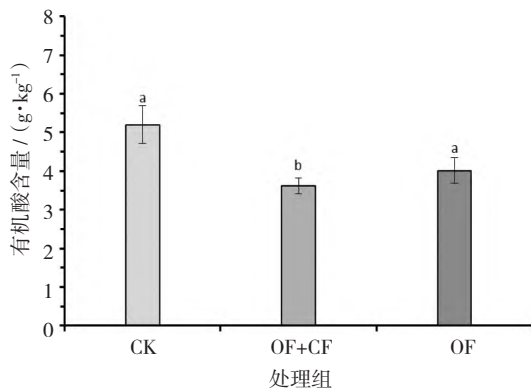


图9 不同处理对柑橘果实有机酸含量的影响

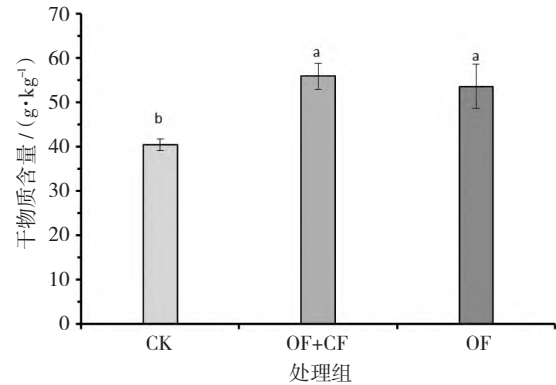


图10 不同处理对柑橘果实干物质含量的影响

但各处理间差异不显著。OF + CF 处理和 OF 处理的单果重分别比 CK 增加 54.36% 和 43.00%，并与 CK 处理呈显著差异，但 OF + CF 处理和 OF 处理差

异不显著。OF + CF 处理和 OF 处理的柑橘产量分别为  $26.30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $23.48 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，较 CK 处理分别增加 75.10% 和 56.32% ( $p < 0.05$ )。

表2 不同处理对柑橘产量的影响

处理组	果径 mm	TE %	单果重 g	TE %	产量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	TE %
CK	62.44a	—	139.83b	—	17.02b	—
OF + CF	79.71a	27.66	215.84a	54.36	26.30a	75.10
OF	75.32a	20.63	199.96a	43.00	23.48a	56.32

#### 2.4 不同施肥处理的经济效益分析

由表3可知:OF + CF 处理柑橘产值和经济效益最高,是 CK 处理的 1.55 和 1.84 倍,产投比最大

为 3.21;OF 处理柑橘产值和经济效益次之,产投比为 2.85;可见,OF + CF 处理下果农能获得最佳的经济效益。

表3 不同处理对柑橘经济效益的影响

处理组	产量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	单价 ( $\text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	产值 ( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	肥料成本 ( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	管理成本 ( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	经济效益 ( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	产投比
CK	17.02	5	85100	10800	25000	49300	2.38
OF + CF	26.30	5	131500	10462.5	30500	90537.5	3.21
OF	23.48	5	117400	10125	31000	76275	2.85

### 3 讨论与结论

有机肥施入土壤后,在土壤-植物-微生物系统内发生一系列复杂的化学、生理、生态反应,对土壤 pH 值、土壤养分等理化性质有重要的影响<sup>[16]</sup>。土壤 pH 值是影响土壤微生物活性和土壤养分有效性的重要因子,施用有机肥等土壤改良剂都会影响土壤 pH 值<sup>[17]</sup>。本研究发现,OF + CF 和 OF 处理柑橘树土壤 pH 值增加 0.89 ~ 1.0,使土壤 pH 值趋近柑橘树根系最适宜生长的酸碱度,可能有利于柑橘树根系生长并提高吸收土壤养分的效率,说明有机肥

对于偏酸性土壤环境有明显改良作用。而 CK 处理的土壤 pH 值降低 0.15,说明长期施用化肥会导致土壤酸化,不利于作物的正常生长<sup>[18]</sup>。有机肥配施化肥或者单独施用有机肥都能使酸性柑橘土 pH 值增加,是因为有机肥在矿化过程中发生有机阴离子脱羧基化并释放碱性物质,同时由于其本身含有大量的官能团(如-OH 和-COOH),可强化对  $\text{H}^+$  的吸附,从而降低土壤溶液中  $\text{H}^+$  的浓度<sup>[19-20]</sup>。温明霞<sup>[21]</sup>等研究结果表明柑橘园施用有机肥可以增加土壤有机质、大中量营养元素含量。本研究发现,施用有机肥(OF + CF 和 OF 处理)增加柑橘园土壤有

机质含量和全氮含量,而降低全磷含量和全钾含量。原因可能是因为有有机肥可以影响土壤氮素的持留、转化以及循环,进而提高全氮含量;而全磷、全钾含量显著降低,其原因是施用有机肥能促进微生物在根系表面的定殖,刺激根系生长,提高养分吸收能力,从而使土壤中的剩余磷、钾含量降低<sup>[22]</sup>。土壤碳氮比增加意味着微生物与作物对无机氮的竞争,限制作物对氮素吸收,不利于作物产量形成<sup>[23-24]</sup>。本研究结果表明,与CK处理相比,有机肥配施化肥(OF+CF)降低了土壤碳氮比,从而减少土壤与作物对无机氮的竞争和增加柑橘树氮素限制,促进柑橘树对氮素吸收,提高产量。因此,施用有机肥(OF+CF处理和OF处理)不仅能缓解土壤酸化,增加土壤肥力,而且能及时补充柑橘园土壤流失的矿质元素,从而实现柑橘树生长所需养分的可持续性。

柑橘的果实品质直接关系到经济效益的高低。有机肥长期施用对果树果实产量及品质的提升作用已有较多的报道<sup>[25-27]</sup>。裴宇<sup>[2]</sup>等研究表明在化肥减量配合有机肥替代试验中,饼肥施用配合化学氮肥减量改善了果实品质,提升了果实口感。本研究中,施用有机肥(OF+CF和OF处理)增加果实Vc含量,显著降低可滴定酸含量,增加固酸比,但OF+CF处理的效果更显著,说明有机肥完全替代化肥的投入满足不了高产橘园养分需求,需要根据作物对养分的特异需求配施一定量的化肥。

本研究发现,OF+CF处理显著增加柑橘产量。前人研究发现,施用有机肥能增加梨、苹果、芒果、葡萄等水果的产量<sup>[3, 28-29]</sup>。可能是因为有机肥中含有大量的有益微生物,能够定殖在根系表面,刺激根系生长,提高养分吸收能力,还能增加土壤酶活性,从而增加产量<sup>[30]</sup>;再者是有机肥属于缓释肥,经矿化作用释放的速效养分被柑橘树吸收和利用,保证柑橘树生长所需养分的可持续供应,从而增加产量。从产投比看,有机肥配施化肥和单施有机肥二者相当,但从经济效益角度看,有机肥配施化肥为最佳选择。因此,有机肥配施化肥是有效改良四川丘陵地区柑橘产区酸性土壤的重要施肥措施,这对减少化肥,保证柑橘产业绿色可循环发展具有重要现实意义。

#### 参考文献:

[1] 胡友,陈昕,祁春节. 中国柑橘生产布局变迁驱动

机制研究—基于农户决策视角[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 1-10.

- [2] 裴宇,伍玉鹏,张威,等. 化肥减量配合有机替代对柑橘果实、叶片及橘园土壤的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021, 294(04): 88-95.
- [3] 赖多,匡石滋,肖维强,等. 有机无机配施减量化肥对蕉柑产量、品质及土壤养分的影响[J]. 广东农业科学, 2021, 48(06): 23-29.
- [4] 李欣,石春芳,韩龙. 沼渣对土壤理化性质和糜子品质的影响[J]. 中国沼气, 2019, 37(3): 80-86.
- [5] 宁川川,王建武,蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181.
- [6] 龚雪蛟,秦琳,刘飞,等. 有机类肥料对土壤养分含量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(04): 1403-1416.
- [7] 胡小璇,江尚焘,安祥瑞,等. 有机无机肥配施对芒果产量与品质及经济效益的影响[J]. 南京农业大学学报, 2020, 43(6): 1107-1115.
- [8] 刘红艳,胡涵,王昌梅,等. 沼肥对水果产量、品质和土壤理化性质影响的研究现状[J]. 中国沼气, 2019, 37(6): 65-69.
- [9] 臧小平,周兆禧,林兴娥,等. 不同用量有机肥对芒果果实品质及土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(1): 98-101.
- [10] 刘文欢,邱芳颖,王娅,等. 枯草芽孢杆菌液态肥对柑橘养分吸收和果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2021: 1-10.
- [11] 温明霞,王鹏,吴韶辉,等. 有机肥培肥方式对‘红美人’柑橘园生态效应的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 610(31): 86-90.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 柑橘鲜果检验方法: GB/T 8210-2011. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [15] 吴文利,康亚龙,曾少敏,等. 生物有机肥配施硅钾钙改良剂对酸性红壤梨园土壤肥力及产量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2021, 193(02): 305-314.
- [16] 沈婷,杨华,戴乐天,等. 吸水链霉菌(*Streptomyces hygroscopicus*) B04 固体菌剂对草莓生长及果实品质影响的研究[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 155(01): 49-54.
- [17] 徐聪,张辉,唐忠厚,等. 减量氮肥配施有机肥及硝

- 化抑制剂对土壤 pH 值、甘薯产量及构成的影响[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2021, 136(02): 26-30.
- [18] 张凯, 陈咄圳, 张 亿. 长期施用化肥对不同树龄苹果品质及土壤养分的影响[J]. 环境生态学, 2021, 3(03): 54-59.
- [19] Dai Z, Zhang X, Tang C, et al. Potential role of biochars in decreasing soil acidification-A critical review[J]. *Science of The Total Environment*, 2017: 601-611.
- [20] 田善义, 王明伟, 成艳红, 等. 化肥和有机肥长期施用对红壤酶活性的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(15): 4963-4972.
- [21] 温明霞, 王 鹏, 吴韶辉, 等. 不同时期喷晒对‘本地早’柑橘养分吸收和果实品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021:1-7.
- [22] Chen B Q, Pan L Q, Xing Y, et al. Study on the activation effect of fermented organic fertilizers on selenium in the soil of southern dragon fruit orchards[J]. *Agricultural Biotechnology*, 2021, 10(05): 83-85.
- [23] 尹嘉德, 侯慧芝, 张绪成, 等. 半干旱区增施有机肥对全膜覆土穴播春小麦土壤碳氮比及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(02): 47-55.
- [24] 李 涛, 何春娥, 葛晓颖, 等. 秸秆还田施氮调节碳氮比对土壤无机氮、酶活性及作物产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 146(12): 1633-1642.
- [25] 余倩倩, 李文涛, 邓 烈, 等. 柑橘皮渣有机肥对特洛维塔甜橙树体营养、果实品质和经济效益的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 274(10): 20-26.
- [26] 何风杰, 徐小菊, 金 伟, 等. 不同有机肥对大棚葡萄土壤理化性质及果实品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021: 1-11.
- [27] 刘红明, 龙春瑞, 潘艳华, 等. 化肥减量配施有机肥对柠檬树体生长、果实产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 567(24): 42-46.
- [28] 范晓晖, 陈慕松, 刘文婷, 等. 化肥减量配施有机肥对葡萄产量、品质及土壤质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021: 1-7.
- [29] 杨莉莉, 王永合, 韩稳社, 等. 氮肥减量配施有机肥对苹果产量品质及土壤生物学特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 307(03): 631-639.
- [30] 杨德廉, 周 昕, 李更新, 等. 有机肥施用对烟田土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36(15): 60-67.