

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^①

余倩倩¹, 李文涛¹, 邓 烈¹, 何绍兰¹,
郑永强¹, 谢让金¹, 吕 强¹, 杨文杰¹,
易时来¹, 高芳进², 刘巨龙²

1. 西南大学 柑桔研究所/中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712; 2. 忠县果业局, 重庆 忠县 404300

摘要: 为了研究柑橘皮渣有机肥施用对柑橘叶片营养和果实品质及产量效益的影响, 以特洛维塔甜橙 [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] 为试材, 开展了田间小区试验. 结果表明: 较复合肥处理, 柑橘皮渣有机肥可更好地满足甜橙生长过程中对养分的需求、提高柑橘果面亮度. 一次性株施 11.3 kg 处理, 果实的 TSS、TA 和固酸比均高于复合肥处理, 其他柑橘皮渣有机肥处理改善果实品质方面稍弱于复合肥. 不同皮渣有机肥施用量使柑橘每 666.7 m² 产量提高了 7.25%~90.68%, 最高可达 2 482.96 kg; 经济效益增长了 0.15~1.21 倍. 综合比较, 对特洛维塔甜橙株施 11.3 kg 皮渣有机肥量较适宜, 可获得较好的柑橘产量和经济效益, 若配施一定的复合肥可获得较好的品质, 这还有待进一步试验验证.

关键词: 柑橘皮渣有机肥; 特洛维塔甜橙; 叶片养分; 果实品质; 经济效益

中图分类号: S666

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)10-0020-07

科学施肥是实现果树优质丰产的重要保障, 但长期以来大量化肥的施用, 并未实现同步增加施肥效益的目标^[1-2], 反而不同程度地导致了果园土壤肥力和生产力的持续下降, 甚至带来面源污染和产品质量下降等问题^[3]. 据报道, 重庆三峡库区 60.3% 橘园有机质质量分数低, 严重制约了柑橘的生长发育与影响了果实品质的优劣^[4]. 有机肥含有丰富的有机养分, 施用有机肥不但可以提高作物产量和土壤肥力^[5], 减少化肥的施用, 同时有助于提高农产品品质, 是绿色食品生产的肥力基础, 因而有机肥的施用越来越受到人们的关注. 目前施用的有机肥主要以农作物秸秆、绿肥、动物粪便以及农家肥等配制, 商品有机肥的品种不多, 产销较为混乱, 尤以肥效鉴定和市场开拓较为滞后^[6]. 柑橘皮渣是橙汁加工后主要的附产物, 由果皮、残存果肉和果渣等有机物组分构成, 我国柑橘每年产生皮渣 1 000 多万吨^[7], 随着柑橘加工业的不断发展, 皮渣产量还将逐年增长^[8]. 柑橘加工产生的皮渣主要用于废弃物填埋处理, 带来的环境污染问题对柑橘加工业发展形成环境制约. 如何合理利用皮渣、减少排放、变废为宝, 是橙

① 收稿日期: 2016-06-06

基金项目: 国家重点研发计划课题(2016YFD0200104); 县校合作科技项目; 中央高校基本科研业务费专项资金重点项目(XDJK2014B030); 重庆市科技支撑示范工程重点课题(cstc2014zktjccxyyBX0017).

作者简介: 余倩倩(1992-), 女, 江西宜春人, 硕士研究生, 主要从事果树营养与施肥的研究.

通信作者: 易时来, 副研究员.

汁加工面临的重要问题。据研究报道,柑橘皮渣中含有有机质达 72%,此外还含有植物生长所需的氮、磷、钾、钙、铁等营养元素^[9],因此,将皮渣开发成有机肥源已成为柑橘皮渣高效利用的新途径^[10]。重庆三峡建设集团忠县柑桔有限公司和重庆圣沛农业科技有限公司分别开发了柑橘皮渣有机肥产品,但由于目前有关柑橘皮渣有机肥的肥效和施用效益的系统研究较少,对于这类有机肥对果树营养效应、使用方法和经济效益缺乏了解,难以有效推动皮渣有机肥的商业化应用。本文通过柑橘皮渣有机肥的施肥效益比较分析,系统研究了施用柑橘皮渣有机肥对柑橘叶片营养吸收、增产提质的效果,评估了皮渣有机肥的综合效益,将为皮渣有机肥开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

柑橘皮渣有机肥(以下简称“皮渣肥”)由重庆圣沛农业科技有限公司提供(市场售价 1.40 元/kg),含水量 40%,有机质质量分数 19%,N:P₂O₅:K₂O 比例为 10:5:6;复合肥从市场购买(售价 4 元/kg),贵州西洋肥业有限公司生产,N:P₂O₅:K₂O 比例为 15:15:15。

试验在重庆忠县东溪镇宝珠村的特洛维塔甜橙园(隶属忠县祥恒农业发展有限公司)进行,供试柑橘植株为枳橙砧(*P. trifoliata* × *C. sinensis*)特洛维塔(Trovita)甜橙[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck],2006 年种植,所选试验树树体生长、结果状况基本一致,无明显病虫害。试验区背景土壤基本理化性质:pH 值为 6.92,有机质为 2.82%,碱解氮为 162.35 mg/kg,有效磷为 78.46 mg/kg,速效钾为 167.06 mg/kg,有效钙为 908.73 mg/kg,有效镁为 118.10 mg/kg。

1.2 试验方法

本试验于 2014 年 7 月—2016 年 3 月进行,共设置 5 个施肥处理,包括处理 A:高量(14.1 kg/株),处理 B:中量(11.3 kg/株),处理 C:低量(8.5 kg/株),处理 D:中量(11.3 kg/株,一次施用)等 4 个皮渣肥处理;对照处理(CK)为施用复合肥(4.5 kg/株)。皮渣肥中量处理与对照(CK)处理的土壤施氮量相同,平均每株每年为 675 g,每次处理 10~15 株树。

除处理 D 在每年的 2 月一次性施入土壤外,其他处理分别于每年 2 月和 7 月两次施入土壤,每次施用量占全年用量的 50%。施肥处理时,沿树冠滴水线挖长 100 cm,宽 30 cm,深 40 cm 的条状沟,将肥料与挖出土混匀后,再回填沟中。果园其他生产管理按常规管理方法统一进行。

1.3 样品采集与测试分析

2015 年 7 月 28 日施肥后,8 月 29 日第一次采集叶片样品,以后每隔 45 d 采集 1 次,共采集 4 次叶片样品。采集树冠四周中部位位置的当年生春梢营养枝顶部第 3 片叶片,每株树采集 12 片叶,3 株为一重复样。将采集的叶片样品立即放入冰盒,并带回实验室洗净、烘干、磨碎过筛备用。分析检测叶片氮(N)、磷(P₂O₅)及钾(K₂O)质量分数^[11]。

2016 年 1 月 14 日采集成熟期果实样品,在每株试验树的树冠四周中部位位置采样,每株树采集 12 个果实,每 3 株试验树果实样品混合为 1 个样本,每处理 3 次重复。将采集的果实样品带回实验室用于品质分析。采用日本产美能达 CR-10 色差仪,在每个样本果实赤道部位 4 个不同方位测定果面亮度(*L* 值,以白板校正,越接近零,亮度越高)、红绿色差(*a* 值,正值表示偏红,负值表示偏绿)和黄蓝色差(*b* 值,正值表示偏黄色,负值表示偏蓝色)^[12]。将果实横剖,榨出全部果汁,混匀,用便携式数显糖度仪 PAL-1(日本产)测定果汁可溶性固形物(TSS)质量分数,用酸碱滴定法测定果实总酸(TA)质量分数,以 2,6-二氯酚酞滴定法测定果汁中维生素 C 质量分数。

2015 年 12 月调查每一单株果实个数, 记载每一单株果实总质量, 计算出平均单果质量。

1.4 数据统计分析

采用 Office excel2010 软件和 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析, 采用 Duncan(邓肯法)进行差异性比较。

2 结果与分析

2.1 施用皮渣肥对叶片养分质量分数的影响

不同施肥处理 30 d 后, 第一次采集叶片样品的氮、磷、钾质量分数差异无统计学意义, 见表 1, 但皮渣肥处理后, 叶片磷和钾质量分数均高于 CK. 至施肥 75 d, 除 A,B 处理外, 其他皮渣肥处理叶片氮、磷、钾养分均高于 CK, 其中 C 处理磷的质量分数最高, D 处理次之, 分别为 0.29%,0.21%; 分别较 CK 增加了 52.63%和 10.53%; 除 D 处理钾质量分数较 CK 差异无统计学意义外, 其他处理均有显著提高, 增幅为 32.26%~64.52%. 施肥第 120 d 结果显示, 各处理叶片氮质量分数差异无统计学意义; 处理 D 叶片磷质量分数达 0.19%, 较 CK 提高了 15.79%, 且显著高于其他皮渣肥处理; 与 CK 相比, 各皮渣肥处理钾质量分数有不同程度的提高, 其中 B 处理钾质量分数最高, 较 CK 达显著水平, 提高了 46.88%. 施肥 165 d 后, 皮渣肥处理的叶片样品氮、磷质量分数均显著高于复合肥处理, 其中氮增长了 19.37%~26.18%, 磷增长了 33.33%, 钾增幅为 2.63%~15.79%.

在整个皮渣有机肥肥料释放过程中, 除施肥 120 d 后, 处理 B 与 D 叶片磷质量分数表现出差异有统计学意义外, 其他时期叶片氮、磷、钾养分差异无统计学意义. 表明皮渣肥一次性施用和两次施用对叶片养分质量分数影响不大。

表 1 皮渣肥和复合肥处理对叶片养分的影响

处理	施肥天数/d											
	30			75			120			165		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A	2.77a	0.26a	1.49a	2.46a	0.15b	1.02a	2.30a	0.11d	1.19ab	2.41a	0.16a	0.43a
B	2.70a	0.28a	1.38a	2.62a	0.18ab	1.00a	2.58a	0.15bc	1.41a	2.38a	0.16a	0.4a
C	2.70a	0.27a	1.49a	2.58a	0.29a	0.93a	2.52a	0.13cd	1.18ab	2.28a	0.16a	0.44a
CK	2.83a	0.25a	1.06a	2.17a	0.19ab	0.62b	2.66a	0.16ab	0.96b	1.91b	0.12b	0.38a
D	2.60a	0.27a	1.09a	2.38a	0.21ab	0.82ab	2.44a	0.19a	0.98ab	2.34a	0.16a	0.39a

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异有统计学意义($p<0.05$).

2.2 皮渣肥与复合肥对叶片氮、磷、钾质量分数变化的影响

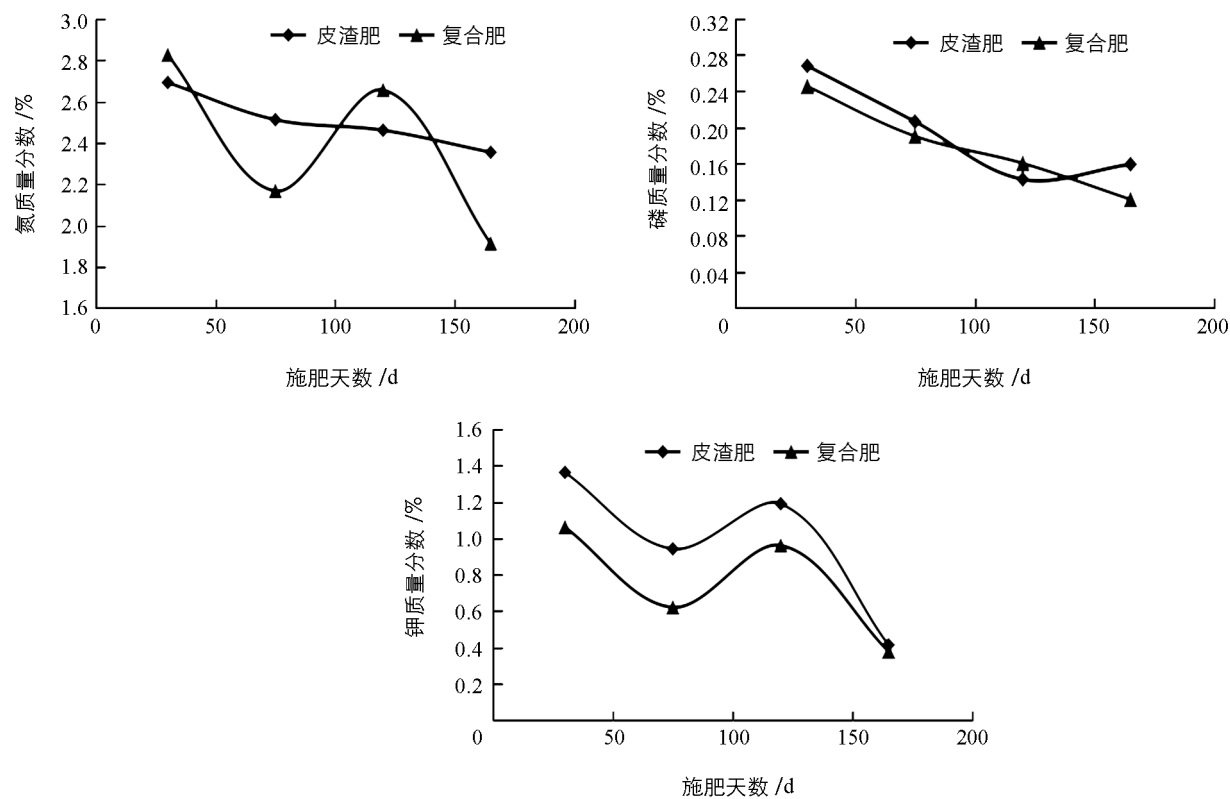
由图 1 可知, 皮渣肥处理叶片养分变化呈现一定的规律, 在施肥后的 30 d 内出现叶片氮、磷养分的积累高峰, 而对钾的叶片积累高峰出现在施肥后的 30 d 和 120 d 左右. 随着施肥后天数的推移, 特洛维塔甜橙叶片中氮、磷质量分数大致均呈下降趋势. 施肥 30 d 后, 皮渣肥处理的叶片氮质量分数略低于复合肥处理; 而磷、钾质量分数分别为 0.27%,1.36%, 比复合肥处理分别高出 8.00%和 28.30%. 随着柑橘的生长, 皮渣肥处理叶片氮、磷质量分数与复合肥处理差异逐渐增大, 特别在施肥 165 d 时, 差值最大, 分别高出 23.04%,33.33%; 说明施入皮渣肥后, 随着养分在土壤中缓慢平稳的释放, 树体叶片养分积累逐渐高于复合肥处理, 这有利于果树生长后期持续供应充足的养分^[13].

2.3 皮渣肥处理对特洛维塔果实品质的影响

2.3.1 施肥对特洛维塔果实外观品质的影响

果面亮度(L)和颜色极大地影响柑橘果实的外观商品性. 与 CK 相比, 皮渣肥处理显著降低了 L 值,

见表 2, 下降了 4.59%~8.75%。除处理 D 外, 其他皮渣肥处理 a 值均低于 CK, 且随着皮渣肥施用量下降, a 值反而上升; D 处理 a 值最大, 为 38.29, 较其他皮渣肥处理有统计学意义。对 b 值结果显示, 各皮渣肥处理 b 值均显著高于 CK。各处理 a/b 由大到小顺序为 CK, D, B(C), A, 且除 D 处理外, 其他处理均显著低于 CK。



图中皮渣肥处理数据是指所有皮渣肥处理的平均值。

图 1 皮渣肥和复合肥处理对叶片养分变化的影响

表 2 皮渣肥和复合肥处理对果实外观的影响

处理	L	a	b	a/b
A	27.96c	32.23d	47.43a	0.69c
B	29.22b	35.51c	45.56ab	0.78b
C	28.14c	36.41bc	47.00a	0.78b
CK	30.64a	37.34ab	43.98c	0.85a
D	28.58bc	38.29a	47.00a	0.82ab

注：同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异有统计学意义($p<0.05$)。

2.3.2 施肥对柑橘果实内在品质的影响

由表 3 可知, 皮渣肥处理果实 TSS, TA 和 Vc 较 CK 差异无统计学意义。D 处理果实 TSS, 固酸比均最高, 显著高于处理 B, 分别提高了 6.36%, 29.39%; 此外 D 处理 Vc 质量分数最高, 每 100 mL 中含 64.26 mg, 高出 B 处理 14.02 个百分点。

2.4 施肥处理对特洛维塔甜橙产量和经济效益的影响

由表 4 可知, 不同皮渣肥处理对果实单果质量差异无统计学意义, 但随着皮渣肥用量的降低, 柑橘果实个数随之降低, 产量、经济效益也随之下降。与 CK 相比, 其他皮渣肥处理(除处理 D 外)单果质量显著提高, 增长了 17.92%~21.54%, 单株果实个数增长了 11.24%~57.54%。不同皮渣肥处理增产效益差异较

大, 处理 A 增产最高, 高出 CK 90.68%; 处理 B 次之, 增产 51.42%; 处理 D 最小, 仅增产 7.25%。施肥成本随皮渣肥施肥量而有所差异, 根据施肥投入、产量与质量售价等测算各皮渣肥处理产生的经济效益, 大小顺序依次为 A,B,C,D, 较 CK 增长幅度为 14.54%~121.20%。

表 3 皮渣肥和复合肥处理对果实内在品质的影响

处理	TSS/%	TA/%	固酸比	Vc
A	9.97ab	0.64a	15.78bc	58.87a
B	9.90b	0.68a	14.70c	56.36a
C	10.07ab	0.67a	15.18bc	61.74a
CK	10.13ab	0.58a	17.44ab	59.95a
D	10.53a	0.56a	19.02a	64.26a

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异有统计学意义($p<0.05$); Vc 以每 100 mL 含多少 mg 计。

表 4 皮渣肥和复合肥处理对柑橘产量和经济效益的影响

处理	单果质量/g	果数/(个·株 ⁻¹)	产量/kg	肥料成本/元	经济效益/元
A	205.00a	302.80a	2 482.96	789.60	4 225.98
B	199.73a	246.80ab	1 971.73	632.80	3 350.10
C	205.87a	213.80ab	1 760.60	476.00	3 080.41
CK	169.83b	192.20b	1 313.82	720.00	1 910.43
D	193.97ab	180.00b	1 396.58	632.80	2 188.30

注: 以柑橘出售价 2.02 元/kg 计算每 666.7 m² 产量的经济效益^[14], 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异有统计学意义($p<0.05$)。

3 讨 论

柑橘作为多年生常绿果树, 不同物候期内叶片养分吸收呈现一定的特点。重庆地区 6—7 月, 其气温相对较高, 树体对氮、磷吸收为高峰期^[15]。本试验结果表明, 施肥 30 d 后, 叶片氮、磷、钾质量分数处于最大值, 随着施肥天数的推移, 质量分数逐步下降, 可能是由于柑橘夏梢大量抽生稀释了叶片养分质量分数以及果实逐渐膨大, 叶片中贮存的养分逐步转移至果实和新生枝条等部位, 至施肥 165 d 后(12 月中旬), 氮、磷、钾质量分数降至最低。随着肥料在土壤中逐步释放, 皮渣肥处理的叶片养分逐渐高于复合肥处理, 提高树体的养分可以缓解果实生长与枝梢生长养分需求矛盾, 且养分持续释放长达 160 d 以上。这与赵佐平等^[16]和王顺建^[17]的研究结果一致, 即有机肥肥效稳定且养分释放持久, 可以达到与作物生理需求同步。

果实的色泽、可溶性固形物、固酸比、维生素 C 质量分数等品质都可能直接影响柑橘的商品性。本试验结果显示, 皮渣肥在改善柑橘的果实品质方面稍弱于复合肥, 仅以一次性株施皮渣肥 11.3 kg 处理效果较好。一次性皮渣肥处理较其他皮渣肥处理 a/b 值更大, 使果面颜色更趋向于橙红色; 可溶性固形物质量分数最高, 可滴定酸最低, 固酸比升高, 使果实酸甜适宜, 增加风味。此外所有皮渣肥处理结果表明, 施入皮渣肥后, 果面 L 值降低了, 越接近于零值, 提高了果皮亮度。与范美蓉等^[18]的报道相似, 即有机无机复混肥可以改善果实的内外品质, 提高果实大小和单果质量, 从而提高商品价值。

施用皮渣有机肥后, 柑橘单株果数和单果质量均提高了, 使特洛维塔甜橙每 666.7 m² 产量提高了 7.25%~90.68%, 最高可达 2 482.96 kg; 经济效益增长了 0.15~1.21 倍, 最高达 4 225.98 元, 与李卫东等^[19]的研究结果一致。此外有调查表明, 施用有机肥可以提高柑橘售价^[14], 届时将进一步增加经济效益。

施入皮渣有机肥增产的原因可能与有机—无机复混肥提高了作物生育期功能叶片质量,有利于光合产物的生成与积累^[19-20];也与张福锁等^[21]研究结果相似,增施有机肥可以提高果园土壤肥力缓冲性,有利于果树高产稳产.

皮渣肥一次性施用与两次施用处理结果显示,不同的施用方式对柑橘叶片氮、磷、钾无明显影响,表明每年的 2 月一次性株施皮渣肥 11.3 kg,即可满足特洛维塔甜橙 1 年中各时期的养分需求.此外一次性施用处理可使柑橘果面颜色更趋近于橙红色,接近成熟期的果实颜色;提高可溶性固形物,显著提高固酸比,果实风味更佳;这可能是由于结果量较低,所以果实品质较高.

4 结 论

施用柑橘皮渣有机肥可以较好地改善柑橘树体氮、磷、钾营养,与作物生长协调一致,持续供给树体营养;同时具有提高果面亮度和降低酸度,改善果实风味,提高果实品质的作用;促进柑橘园高产优质,增加经济效益.综合比较,本试验以特洛维塔甜橙年株施 11.3 kg 皮渣肥表现较好,适当配施一定量的复合肥将获得更好的柑橘品质.今后还可从土壤肥力长期定位观测、其他果树作物以及皮渣有机肥加化肥的施用技术等方面进一步研究皮渣有机肥的肥效特点,促进皮渣有机肥的推广与应用.

参考文献:

- [1] 肖新成,谢德体.农户对过量施肥危害认知与规避意愿的实证分析——以涪陵榨菜种植为例[J].西南大学学报(自然科学版),2016,38(7):138—148.
- [2] 栾江,仇焕广,井月,等.我国化肥施用量持续增长的原因分解及趋势预测[J].自然资源学报,2013,28(11):1869—1878.
- [3] 廖育林,郑圣先,聂军,等.长期施用化肥和稻草对红壤水稻土肥力和生产力持续性的影响[J].中国农业科学,2009,42(10):3541—3550.
- [4] 叶荣生,石孝均,周鑫斌.有机肥对柑橘苗期生物学特性的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(10):12—18.
- [5] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3133—3139.
- [6] 杨帆,李荣,崔勇,等.我国有机肥料资源利用现状与发展建议[J].中国土壤与肥料,2010(4):77—82.
- [7] 单杨.我国柑橘工业现状及发展趋势[J].农业工程技术:农产品加工业,2014(4):13—17.
- [8] 张放.2014 年我国水果生产统计分析(一)[J].中国果业信息,2015,32(12):22—29.
- [9] 赵建,袁玲,黄建国,等.柑橘皮渣高温堆肥生产有机肥[J].农业工程学报,2011,27(10):270—276.
- [10] 孙建华,袁玲,张翼.利用食用菌菌渣生产有机肥料的研究[J].中国土壤与肥料,2008(1):52—55.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2005.
- [12] 陈婷,王日葵,周炼,等.柑橘贮藏期间色差指数变化规律的研究[J].农产品加工,2010(3):4—7.
- [13] 罗华,李敏,胡大刚,等.不同有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(4):955—964.
- [14] 代文才,周鑫斌,黄兴成.重庆市奉节县柑橘施肥现状调查与评价[J].贵州农业科学,2014,42(8):175—178.
- [15] 王成秋,王树良,邹俊渝,等.柑桔营养特性与柑桔专用有机复合肥[J].中国南方果树,2000,29(5):18—22.
- [16] 赵佐平,高义民,刘芬,等.化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J].园艺学报,2013,40(11):2229—2236.
- [17] 王顺建.增施有机肥对爱甘水梨果实产量和品质的影响[J].山西果树,2008(2):6—7.
- [18] 范美蓉,汤海涛,廖育林,等.有机无机复混肥对柑橘产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2009(4):71—73.

[19] 李卫东, 贺建华, 黄国林, 等. 不同施肥方式对柑桔树生长及生理特性的影响 [J]. 湖南农业科学, 2005(6): 36—38.

[20] 范美蓉, 刘 强, 谢桂先, 等. 有机无机复混肥对小白菜作用效果和机理的研究 [J]. 土壤通报, 2006, 37(4): 732—736.

[21] 张福锁, 陈新平, 陈 清. 中国主要作物施肥指南 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009.

Effect of Citrus Peel Residue-Based Organic
Fertilizer (COF) on Leaf Nutrition, Fruit Quality
and Economic Benefit of Terovita Orange

YU Qian-qian¹, LI Wen-tao¹, DENG Lie¹, HE Shao-lan¹,
ZHENG Yong-qiang¹, XIE Rang-jin¹, LV Qiang¹,
YANG Wen-jie¹, YI Shi-lai¹, GAO Fang-jin², LIU Ju-long²

1. Citrus Research Institute / the Chinese Academy of Agricultural Science, Southwest University, Chongqing 400712, China;
2. Zhongxian Fruit Industry Council, Zhongxian, Chongqing 404300, China

Abstract: A field plot experiment was conducted with Terovita sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] to study the effect of citrus peel residue-based organic fertilizer (COF) on its leaf nutrition, fruit quality and economic benefit. The results showed that COF could well satisfy the nutrient demand of sweet orange during its growth and improve its fruit surface brightness compared with the chemical fertilizer (CF). A single application of COF at 11.3 kg per plant gave higher TSS, TA and solid acid ratio than the CF treatment, while the improvement of other quality indicators of the fruit by COF was a bit inferior to that by CF. The yield of citrus was improved by various COF treatments in the range from 7.25% to 90.68%, the highest being 2 482.96 kg per mu (1 ha=15 mu), and the economic benefit was increased by 0.15~1.21 times per mu. The results of this experiment showed that 11.3 kg per plant was an appropriate rate of COF application for satisfactory fruit yield and economic benefit from Terovita sweet orange. Whether a certain compound fertilizer involving COF can further improve fruit quality needs to be verified in future study.

Key words: citrus peel residue-based organic fertilizer; Terovita orange; leaf nutrition; fruit quality; economic benefit

责任编辑 周仁惠
崔玉洁

