

Study on Nutrient Status of Soil and Leaves in “Shatangju” Orchards in Red Earth Region

Liwei Hong¹, Mengmeng Liu¹, Juan Li², Shixiong He¹, Jiezhong Chen^{1*}, Qing Yao¹

¹College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong

²Department of Horticulture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

Email: hongliwei07@qq.com, *cjzlx@scau.edu.cn

Received: Oct. 9th, 2017; accepted: Oct. 20th, 2017; published: Oct. 27th, 2017

Abstract

In order to master the nutritional status of “Shatangju” orchards in Guangdong province, 130 samples of soil and leaves were collected in 2015 and 2016 for test and correlation analysis. The results showed that the overall soil was acid and 68.7% of soil sample was strongly acidic with average pH 4.52. The content of soil organic matter was 18.06 g/kg at suitable level. The content of available Zn and B in the optimum level account for 53.44% and 42.31%, respectively. The available N and K were at lower level and the proportions of soil sample below optimum were 76.16% and 56.15%, respectively. The exchange Ca and Mg were in serious shortage in most soil samples and the proportions in extreme deficiency status were 52.31% and 93.08%, respectively. The available P was at higher level with 55.38% of soil sample. The contents of P, K and B in the leaves were at optimum level with 40.77%, 79.23% and 81.54% leaf sample, respectively. The content of N element was at lower level, accounting for 83.08% of leaf sample. The proportions of leaf Ca, Mg and Zn in extreme deficiency status were 48.46%, 51.54% and 78.46%. The correlation analysis showed that there was a certain correlation among the leaf mineral elements or between soil nutrients and the mineral elements of the leaf. In conclusion, the contents of Ca and Mg in “Shatangju” orchards of Guangdong province were largely insufficient, and Zn deficiency was the most serious in leaf. In practical production, the supplying of soil Ca and Mg and spraying of Zn foliar fertilizer are applied with paying attention to the results of soil and leaf nutrition diagnosis, together with adjusting soil pH, to meet the need of “Shatangju” growth.

Keywords

“Shatangju”, Soil, Leaf, Mineral Elements, Correlation

红壤砂糖橘果园土壤和叶片养分状况研究

洪励伟¹, 刘梦梦¹, 李娟², 贺世雄¹, 陈杰忠^{1*}, 姚青¹

*通讯作者。

¹华南农业大学园艺学院, 广东 广州

²仲恺农业工程学院园艺园林学院, 广东 广州

Email: hongliwei07@qq.com, cjzlx@scau.edu.cn

收稿日期: 2017年10月9日; 录用日期: 2017年10月20日; 发布日期: 2017年10月27日

摘要

为掌握广东省砂糖橘产区果园的营养状况, 实现砂糖橘的优质高产。2015和2016年共采集土壤和叶片样品各130份进行检测并做相关性分析。广东省砂糖橘果园强酸性土壤占比68.46%, pH平均值4.52, 土壤整体偏酸; 有机质平均含量18.06 g/kg处于适量水平; 有效锌和有效硼含量处于适量范围的比例分别为53.85%和42.31%; 碱解氮、速效钾低于适量范围的土样分别占比76.16%、56.15%; 交换性钙和交换性镁处于极缺范围的土样占比分别为52.31%、93.08%, 另有55.38%的土样有效磷处于高量水平; 叶片中磷、钾和硼处于适量范围的比例分别为40.77%、79.23%和81.54%; 氮元素含量偏低, 83.08%的叶样低于适量水平; 钙、镁和锌则缺乏严重, 处于极缺范围的叶样分别占比48.46%、51.54%和78.46%。相关性分析显示砂糖橘叶片各矿质元素之间以及土壤养分与叶片矿质元素之间存在一定的相关性。广东省砂糖橘果园土壤和叶片钙、镁大量不足, 且叶片缺锌最为严重, 生产中应注意结合土壤和叶片营养诊断的结果补充土壤钙、镁肥, 同时喷施叶面锌肥, 调整土壤pH, 科学施肥以满足砂糖橘生长的需要。

关键词

砂糖橘, 土壤, 叶片, 矿质元素, 相关性

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

砂糖橘(*Citrus reticulata* cv. Shatangju) (又名十月橘), 是国内柑橘最优良的品种之一, 也是广东省的主栽品种, 生产效益好, 砂糖橘生产已成为农村的农业支柱之一, 也是农民增收的重要途径。

在我国南方柑橘产区, 复杂多样的地形(丘陵、山地等)以及生产上氮、磷、钾等肥料的逐年施用, 导致柑橘果园土壤养分严重失衡, 肥料营养施用针对性差, 砂糖橘叶片出现黄化、植株衰退, 产量低, 品质差, 以致阻碍柑橘产业的可持续发展[1]。

柑橘树木具有一定的营养特点和需肥规律, 当果园立地条件确定后, 很难排除自然因素影响, 但通过合理施肥, 可以很大程度的改变柑橘树木营养含量[2] [3]。适宜的养分供应是柑橘生长良好的关键[4]。为提高砂糖橘的产量与品质, 要做到科学施肥, 掌握砂糖橘果园土壤及果树的营养状况是制定合理施肥方案的重要依据。对不同产区的土壤养分含量和对应的树木营养状况进行检测, 根据结果制定施肥方案是配方施肥的重要手段。测土配方施肥在中国已经大面积推广多年, 其依据是土壤养分水平与作物的营养元素含量或者作物产量之间存在的显著相关性[5] [6]。为此本文选择广东省内具有代表性的砂糖橘果园, 采集土壤和叶片样品, 探索广东省砂糖橘产区果园土壤养分与树木营养之间的关系, 进而为砂糖橘果园的土壤管理与科学施肥提供依据。

2. 材料与方法

2.1. 样品采集

2015 年和 2016 年 9 月至 10 月, 在广东省砂糖橘产区选择具有代表性的果园 26 个, 其中肇庆市德庆县 9 个, 广宁县 5 个, 云浮市郁南县 7 个, 阳春、梅州、龙门、从化、增城各 1 个, 用五点取样法挑选长势正常的砂糖橘采集土壤和叶片样品, 各 130 份。

土壤采集: 在砂糖橘树冠滴水线内部、外部各选三个采样点, 共计六个点, 清理地表杂草、枯叶后, 利用取土器采集地表 5~30 cm 的土壤, 在盆内除去树根、砾石等杂物后混匀, 按四分法收集 500~800 g 装入自封袋。待土样风干后, 研磨过 20 目和 100 目(有效硼检测)筛网待测。

叶片采集: 在取土样的同时收集对应砂糖橘的叶片, 选择不同方向的当年生春梢营养枝, 采集从梢顶向下数第 3~4 片叶, 每株 10 片以上。带回实验室, 先用自来水冲去表面污渍, 再用无菌水清洗干净, 用吸水纸擦干后分别放在信封里做好标记, 置于烘箱内 105℃ 杀青 30 分钟, 之后调到 65℃ 直至烘干, 粉碎过筛待测。

2.2. 样品分析方法

2.2.1. 土壤矿质养分检测

土壤矿质元素的测定参考国际农化服务中心的土壤养分状况系统研究法(ASI) [7]。土壤 pH 值采用电位法测定; 有机质采用高温外热重铬酸钾氧化 - 容量法; 碱解氮采用碱解扩散法; 速效磷采用盐酸氟化铵浸提 - 钼锑抗比色法; 速效钾采用醋酸铵浸提 - 原子吸收分光光度法; 交换性钙、交换性镁采用醋酸铵交换 - 原子吸收分光光度法; 有效锌采用 DPTA 浸提 - 原子吸收分光光度法; 有效硼采用沸水浸提 - 姜黄素比色法。

2.2.2. 叶片矿质元素检测

叶片中氮采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 自动定氮仪法、磷采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 钼锑抗比色法; 钾含量用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 原子吸收分光光度法; 钙、镁、锌、硼采用干灰化 - 原子吸收分光光度法检测[2]。

2.3. 养分分级标准

2.3.1. 土壤矿质养分分级标准

砂糖橘果园土壤 pH、有机质分级参考庄伊美[2]的标准, 详见表 1。强酸、强碱土壤不适宜柑橘生长, 其它土壤适合或者基本适合柑橘生长, pH 值 5.5~6.5 为最适环境[8]。其它养分分级参考庄伊美[9]、唐玉琴[10]和鲁剑巍[11]文献中所述标准综合制定, 详见表 2。

Table 1. Standards for classification of the pH and organic matter in citrus orchard

表 1. 柑橘园土壤 pH 值与有机质分级标准

项目	pH 值		有机质(g/kg)	
	范围	分级	范围	分级
分 级 标 准	<4.8	强酸	<5	极低
	4.8~5.4	酸性	5~10	低量
	5.5~6.5	酸性至弱酸	10~15	偏低
	6.6~8.5	弱酸至弱碱	15~30	适量
	>8.5	强碱	>30	丰富

Table 2. Standards for classification of the soil mineral nutrient in citrus orchard
表 2. 柑橘园土壤矿质养分分级标准

养分(mg/kg)	极缺	低量	适量	高量	过量
碱解氮	<50	50~100	100~200	>200	—
有效磷	<5	5~15	15~80	>80	—
速效钾	<50	50~100	100~200	>200	—
交换性钙	<200	200~400	400~1200	1200~4800	>4800
交换性镁	<80	80~120	120~300	300~1460	>1460
有效锌	<0.5	0.5~1.0	1.0~5.0	5.0~10.0	>10.0
有效硼	<0.1	0.1~0.2	0.2~0.5	0.5~8	>8

2.3.2. 叶片矿质养分分级标准

叶片中矿质元素的分级参考庄伊美[12]、唐玉琴[10]的分级标准综合制定，详见表 3。

2.4. DRIS 诊断法分析

根据丘星初[13]所述方法对砂糖橘叶片做 DRIS 诊断；DRIS 的诊断结果不会因作物品种、植物年龄或取样部位的不同而有所差别，能够真实反映出砂糖橘的营养状况[14]。

2.5. 数据分析

试验数据由 Microsoft Excel 和 SPSS 22.0 软件进行处理分析。

3. 结果与分析

3.1. 土壤 pH 值和有机质含量

土壤调查结果显示，广东省砂糖橘果园土壤整体偏酸，pH 值波动较小，范围在 3.45~6.27 之间，平均值 4.52，明显低于柑橘生长的最适环境(pH 值 5.5~6.5)，其中强酸性和酸性土壤分别占总样数的 68.46% 和 23.85%，强酸性土壤占比偏大，而最适砂糖橘生长的土壤占总样品数的 7.7%，占比偏小。表明多数土壤并不适宜砂糖橘生长，应及时采取改良措施，如使用氧化钙、草木灰等碱性肥料调节土壤环境，使土壤 pH 达到最适范围。

砂糖橘果园土壤有机质含量中等，范围在 2.21~80.22 g/kg 之间，平均值 18.06 g/kg，处于有机质适宜(15~30 g/kg)环境。送检样品中有机质含量处于适宜与丰富(>30 g/kg)水平的土壤样品分别占比 46.92% 和 10.00%，表明过半土壤处于有机质含量适合砂糖橘生长的环境，另有 43.08% 的土样有机质低于 15 g/kg，含量较低不适宜砂糖橘生长，且有 3.08% 的样品有机质含量低于 5 g/kg 处于极低水平，有机质是土壤养分的重要来源，要注意补充有机肥予以改善。

3.2. 土壤矿质养分含量

土壤是根系生长的主要环境，土壤的物理性质及矿质元素含量决定或影响砂糖橘地上部营养吸收的效率及种类，从而对砂糖橘果园的长势和产量以及果实品质产生直接的影响。改善根系土壤环境，提高养分含量与种类，促进根系营养吸收以提升砂糖橘品质，掌握果园土壤养分的含量是前提。

砂糖橘果园土壤调查结果如表 4 所示，碱解氮含量范围在 12.54~226.56 mg/kg，平均值 77.52 mg/kg，低于适量范围的土样占比 76.16%，其中 33.08% 的土样呈现严重缺乏状态，处于极缺水平，需要补充氮肥；

Table 3. Standards for classification of leaf nutrient in citrus orchard**表 3.** 柑橘叶片矿质元素分级标准

矿质元素	极缺	低量	适量	高量	过量
N (%)	<2.20	2.20~2.50	2.50~3.50	>3.50	—
P (%)	<0.08	0.08~0.12	0.12~0.18	0.18~0.30	>0.30
K (%)	<0.42	0.42~1.00	1.00~2.00	>2.00	—
Ca (%)	<1.50	1.50~2.50	2.50~5.50	>5.50	—
Mg (%)	<0.20	0.20~0.30	0.30~0.70	0.70~1.00	>1.00
Zn (mg/kg)	<16	16~20	20~100	100~200	>200
B (mg/kg)	<15	15~30	30~100	100~250	>250

Table 4. The content of soil mineral nutrient in “Shatangju” orchard in Guangdong province**表 4.** 广东省砂糖橘果园土壤矿质养分含量

养分	含量范围 (mg/kg)	平均值 (mg/kg)	各级样品数所占总样百分比(%)				
			极缺	低量	适量	高量	过量
碱解氮	12.54~226.56	77.52	33.08	43.08	22.31	1.54	—
有效磷	0.64~592.00	129.32	12.31	6.92	25.38	55.38	—
速效钾	30.65~468.11	117.24	15.38	40.77	32.31	11.54	—
交换性钙	14.18~3526.83	416.68	52.31	27.69	10.78	9.23	—
交换性镁	3.41~268.60	38.72	93.08	3.08	3.85	—	—
有效锌	0.18~9.87	2.07	9.23	28.46	53.85	8.46	—
有效硼	0.01~0.95	0.24	26.15	21.54	42.31	10.00	—

有效磷含量在 0.64~592.00 mg/kg 之间, 平均值 129.32 mg/kg, 远高于有效磷适量范围(15~80 mg/kg)且有 55.38% 的土样含量偏高; 速效钾含量平均值为 117.24 mg/kg, 适量土样占比 32.31%, 另有 56.15% 的土样含量低于适量水平; 有效磷过量, 碱解氮和速效钾偏低, 三者含量差异悬殊, 说明三者施用量分布不均。肥料的滥用或少用会打破土壤之间的营养平衡, 对砂糖橘果园的生产不利。

从表 4 知, 交换性钙和交换性镁处于适量范围的土样分别占比 10.78% 和 3.85%, 低于适量水平的土样占比分别为 80.00% 和 96.16%, 且多数处于极缺水平, 表明适宜砂糖橘生长的土壤环境较少, 两者缺乏比例大, 分布范围广, 属于严重缺乏, 含量亟待提高。

有效锌和有效硼的含量范围分别为 0.18~9.87 mg/kg 和 0.01~0.95 mg/kg, 两者的含量平均值 2.07 mg/kg 和 0.24 mg/kg 均处于适量范围, 有效锌和有效硼处于适量范围的土样分别占比 53.85% 和 42.31%。

以上砂糖橘果园土壤矿质元素检测均无养分处于过量水平。

3.3. 砂糖橘叶片矿质元素含量

叶片的营养含量影响砂糖橘的生长状态, 多种矿质元素直接或间接的参与了光合作用的进行、光合产物的分配与利用等生理过程, 如氮是氨基酸和叶绿素的重要组成部分, 磷是核苷酸、核酸等的组成元素, 镁是叶绿素分子的中心原子等。

砂糖橘叶片矿质元素检测结果如表 5 所示。叶片氮含量范围在 16.22~30.48 g/kg, 平均值 22.45 g/kg, 属于低量范围, 含量分级中 83.08% 的样品低于适量水平, 且有 43.08% 处于极缺水平。磷和钾的含量平均

Table 5. The content of leaf mineral elements in “Shatangju” orchard in Guangdong province
表 5. 广东省砂糖橘果园叶片矿质元素含量

养分	含量范围	平均值	各级样品数所占总样数百分比(%)					DRIS 指数
			极缺	低量	适量	高量	过量	
N (g/kg)	16.22~30.48	22.45	43.08	40.00	16.92	—	—	0.003
P (g/kg)	0.808~2.870	1.26	—	53.08	40.77	6.15	—	4.47
K (g/kg)	3.57~22.96	13.69	—	18.46	79.23	2.31	—	7.33
Ca (g/kg)	6.21~36.51	15.80	48.46	48.46	3.08	—	—	-14.93
Mg (g/kg)	0.791~3.379	2.00	51.54	36.15	12.31	—	—	-11.42
Zn (mg/kg)	5.12~36.63	13.74	78.46	2.31	19.23	—	—	-21.40
B (mg/kg)	25.44~143.75	62.61	—	5.38	81.54	13.08	—	35.95

值为 1.26 g/kg 和 13.69 g/kg, 均处于适量范围, 磷和钾元素处于适量范围的样品分别占比 40.77% 和 79.23%, 且两者均无叶样处于极缺水平, 另有 53.08% 的叶样磷含量处于低量水平。以上结果表明叶片氮元素含量整体偏低, 这与土壤中碱解氮含量较低相呼应, 需要适量补充氮肥, 磷含量分布不均, 主要处于适量或低量水平, 而钾元素在叶片中的含量基本正常, 不需要补充。

由表 5 可知, 砂糖橘叶片钙和镁的含量范围分别为 6.21~36.51 g/kg 和 0.791~3.379 g/kg, 低于适量范围的叶样分别占比 96.92% 和 87.69%, 其中各有 48.46% 和 51.54% 的叶样处于极缺水平, 处于适量范围的叶样仅占比 3.08% 和 12.31%。以上调查结果说明了广东省砂糖橘果园叶片钙和镁元素缺乏的普遍性, 且较镁而言, 钙的缺乏程度更重, 缺乏面积更广, 同样也表明了管理者在施肥选择上对于平衡施肥与科学施肥的忽视。叶片锌含量在 5.12~36.63 mg/kg, 平均值 13.74 mg/kg, 有 80.77% 的叶样低于适量水平, 且高达 78.46% 的叶样处于极缺范围, 整体含量严重缺乏。叶片硼含量在 25.44~143.75 mg/kg 之间, 平均值 62.61 mg/kg, 处于适量范围的叶样占比 81.54%。

以上砂糖橘植株叶片矿质元素检测均无元素处于过量水平。

DRIS 诊断法能够从数据层面反映出作物营养吸收的需求顺序[14]。表 5 的数据显示氮、磷、钾和硼 DRIS 指数大于零, 钙、镁和锌 DRIS 指数小于零, 按缺乏程度及需求顺序排序即锌 > 钙 > 镁, 而叶片内氮、磷、钾和硼的元素含量相对充足, 不需要补充。

3.4. 元素之间的相关性分析

砂糖橘果园土壤养分与植株叶片矿质元素含量之间的相关系数如表 6 所示。结果显示土壤 pH 值与叶片中的氮、镁含量呈显著正相关, 说明提高 pH 值有利于砂糖橘对氮和镁的吸收。另外土壤有机质与叶片中氮、钙呈显著负相关, 表明丰富的有机质会影响砂糖橘对氮和钙的吸收。碱解氮与叶片钙和硼含量呈显著负相关。土壤中有效磷、速效钾分别与叶片中对应的磷和钾呈现显著正相关, 这表明土壤中有效养分的多寡能够在一定水平上反映出叶片中对应矿质元素的含量高低。土壤中交换性钙与叶片磷元素之间呈极显著正相关, 说明交换性钙的含量对叶片磷的吸收具有重要的影响。土壤有效锌含量与叶片钾元素含量呈极显著正相关, 与镁元素呈显著正相关。有效硼含量与叶片氮、磷元素含量呈极显著负相关, 与叶片钙含量呈显著负相关。

以上元素之间的关系表明土壤有效养分与叶片矿质营养之间关系复杂, 并非土壤中所有的养分均与叶片中对应的矿质元素存在必然的联系, 如本试验叶片中锌、钙和镁元素的缺乏, 虽然土壤中交换性钙和交换性镁含量偏低在叶片中得以体现, 但叶片中处于严重缺乏水平的锌元素却与土壤中含量基本正常

Table 6. Correlation analysis between the contents of soil nutrient and leaf mineral elements for “Shatangju” orchard in Guangdong province**表 6.** 砂糖橘果园土壤养分与叶片矿质元素含量间的相关系数

土壤养分	叶片矿质元素						
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	B
pH 值	0.351*	0.017	0.235	0.121	0.387*	0.303	0.135
有机质	-0.420*	-0.032	0.144	-0.391*	-0.138	0.102	-0.174
碱解氮	-0.124	0.027	0.27	-0.422*	0.002	-0.075	-0.361*
有效磷	0.029	0.408*	0.089	-0.001	0.234	0.048	-0.288
速效钾	0.115	0.154	0.365*	0.154	0.215	-0.235	-0.231
交换性钙	0.099	0.486**	0.263	0.219	0.165	-0.019	-0.144
交换性镁	-0.147	0.12	0.191	-0.031	0.102	-0.112	-0.164
有效锌	0.134	0.079	0.543**	-0.228	0.362*	0.122	0
有效硼	-0.563**	-0.472**	-0.152	-0.370*	-0.296	-0.109	-0.262

注：上标*和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关，下表同。

的有效锌无显著联系。这与唐玉琴等[10]在江西甜橙园做的土壤与叶片营养相关性分析结果相一致。

表 7 为砂糖橘叶片矿质元素含量之间的相关系数。叶片中磷与氮呈极显著正相关。钙与氮、磷呈显著正相关。镁与氮、磷呈极显著和显著正相关，与钾呈极显著负相关。叶片硼与镁呈显著正相关。说明各个元素之间关系较为紧密，元素之间的平衡依赖且制约着其它的元素，这与刘秀红[15]在南丰和衢州柑橘园营养调查得出的结果相似。

4. 讨论

土壤酸化是土壤退化的重要形式之一，由此会导致盐基离子的耗竭和养分的淋失、造成土壤保蓄能力下降[16]。同时土壤酸化还会降低植物所需养分的有效性，对微生物的活力也具有显著的影响[17]。本试验中砂糖橘果园土壤整体偏酸，采取调节措施时，可施用一定量的石灰等碱性肥料调整 pH，而部分偏碱的果园可以施用酸性肥料。管理者也要注意不同的耕作方式和水分管理措施也会造成土壤的酸化，影响酸化趋势[18]。有机质是植物生长所需养分的主要来源，它不仅能够促进土壤的形成和土壤矿物的风化，而且对养分的转化循环、短期储存、调节土壤中养分的流动性、加强生态系统土壤养分的有效性有重要影响[19][20]。本试验中土壤有机质含量中等，肥水管理中应注意控制土壤肥力，保持有机质含量，以利于砂糖橘生长。

土壤和叶片的检测结果显示，土壤中碱解氮与速效钾含量偏低、有效磷偏高，交换性钙和交换性镁含量严重不足，而有效锌和有效硼含量分布较为分散，但就平均值而言均处于适量范围。叶片中对应的矿质元素除钾和硼两者的整体含量基本正常外，氮属于含量偏低状态，磷则主要处于适量或低量水平，而钙、镁和锌则极度缺乏，DRIS 诊断结果也显示叶片中急需补充的元素顺序为锌、钙和镁。

所采土样中有效锌含量正常，叶片中对应的锌元素却处于极缺水平，究其原因，可能是施肥或者地形导致的土壤中养分分布不均造成的，也有可能是因为叶片中存在未检测的某种元素(表 7 显示不存在与锌相关性达显著水平的元素)与锌处于拮抗状态影响了锌的吸收，全月澳[21]在苹果树上的试验证明磷、锌之间的相互作用也是影响叶片锌营养状况的重要原因。柑橘缺锌的矫正有叶面喷施和土施锌肥两种方法[22]，叶面喷施多在春梢抽发期喷施 0.2%~0.3%硫酸锌，10 天喷 1 次，连续喷施 2~3 次，土壤施肥一般

Table 7. Correlation analysis among the contents of leaf mineral elements in “Shatangju” orchard
表 7. 砂糖橘果园植株叶片各矿质元素含量间的相关系数

元素	N	P	K	Ca	Mg	Zn
P	0.497**					
K	0.339	0.32				
Ca	0.346*	0.395*	-0.333			
Mg	0.684**	0.429*	-0.465**	0.156		
Zn	0.192	0.232	0.186	0.203	0.02	
B	0.314	0.255	0.091	0.318	0.396*	0.122

株施硫酸锌 50~100 g，在树下环状沟施，但劳动力消耗较大且易对果树根部造成伤害，稍过量施用就会引起缺铁失绿[23]。

砂糖橘果园土壤数据分析结果显示砂糖橘果园土壤交换性钙、镁严重不足，钙不仅能够增强柑橘叶片的光合速率，同样对柑橘细胞壁中果胶质成分的构成发挥着重要的作用[24] [25]。田间可通过施用石灰 150 kg/亩改善土壤环境，叶面喷洒 0.3% 硝酸钙或磷酸二氢钙补充果树钙含量[26]，Verreynne 和 Phiri [27] 在南非的研究显示经过喷钙(葡萄糖螯合钙或硝酸钙)处理的甜橙果实能够有效减少陷痕果的发生；Tam 等[28]人在华盛顿脐橙上的研究得到了相似的结果，同时还发现钙素施用能够提升果肉的品质。镁是绿色植物的光合色素，缺镁胁迫会导致光合作用效率降低，叶片失绿，黄化面积增加。土壤中交换性镁严重不足，直接阻碍了果树对镁的吸收，从而影响砂糖橘的产量和品质。针对不同的缺镁状况，可采用土施、叶面喷施或者两者结合进行矫治，土壤施肥可用氢氧化镁 30~40 kg/亩或者硝酸镁 25~50 kg/亩、也可用 1% 硝酸镁或硫酸镁进行叶面喷施[29]。

叶片是对土壤矿质营养反应最为敏感的器官[30]。由以上结果可发现，除钾外，叶片中的矿质元素均等于或者低于土壤中对元素所处的丰缺状态，如叶片中的钙、镁与土壤中的交换性钙、镁都普遍缺乏，叶片硼和土壤有效硼含量均为适量水平，土壤有效磷含量偏高而叶片磷含量主要处于适量或低量水平；这可解释为树体在从地下部向地上部运输养分的过程中，部分营养元素被根部、枝条吸收利用以生长发育，导致叶片的积累量较少[31]。至于叶片钾含量的营养分级高于对应土壤中速效钾所处的丰缺状况，则有可能是叶面肥喷布过度的结果。另外，管理者的施肥深度、砂糖橘的根系分布以及树体对营养的吸收能力都会影响砂糖橘叶片的营养含量。所以，虽然叶片能够在一定程度上反映出土壤的养分丰缺，但是仅根据叶片的营养状况指导施肥还存在很大缺陷。赵志国[30]等人在桂北丰水梨园的研究得出叶片虽能部分反映土壤的养分状况，但若单纯通过分析叶片的营养来判断施肥很难满足树体的需要。

唐将[32]等人研究显示，土壤中元素分布除受土壤类型控制外，还受地形坡度、高度、植被条件等其他因素的影响，只是对不同元素影响程度不一样。在进行施肥管理中，应采用土壤和叶片营养诊断相结合的方式，综合分析后合理施肥。

基金项目

国家自然科学基金项目(31372008)；广东省科技计划(2014A020209081、2014A020208085、2015A020209110)；广东省农业厅(2016LM3174)项目；广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目(Yq2013095)资助，表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] 李松伟. 三峡库区丘陵柑橘园土壤营养状况与变量施肥技术研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2013.

- [2] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 270-281.
- [3] 刘桂东, 姜存仓, 王运华, 彭抒昂, 鲁剑巍. 柑橘对不同矿质营养元素效应的研究进展[J]. 土壤通报, 2010, 41(6): 1518-1523.
- [4] 淳长品, 彭良志, 江才伦, 等. 三峡库区部分柑桔园土壤营养状况的初步研究[J]. 中国南方果树, 2009, 38(2): 1-6.
- [5] Meets, P. (1997) Foliar Macronutrient Concentration of Forest Understorey Species in Relation to Ellenberg's Indices and Potential Relative Growth Rate. *Plant and Soil*, **189**, 257-265.
- [6] 李娟, 章明清, 孔庆波, 等. 福建早稻测土配方施肥指标体系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 938-946.
- [7] 加拿大钾肥研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1992.
- [8] 陈伟立, 陈意, 崔航, 等. 广东省砂糖桔主产区果园土壤与树体养分状况分析[J]. 中国南方果树, 2013, 42(1): 5-7.
- [9] 庄伊美. 柑橘营养诊断指导施肥的实践[J]. 浙江柑桔, 1996(2): 8-11.
- [10] 唐玉琴, 彭良志, 淳长品, 等. 红壤甜橙园土壤和叶片营养元素相关性分析[J]. 园艺学报, 2013, 40(4): 623-632.
- [11] 鲁剑巍, 陈防, 王富华, 等. 湖北省柑橘园土壤养分分级研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 390-394.
- [12] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[J]. 福建果树, 1992(4): 32-37.
- [13] 丘星初. 温州蜜柑营养诊断的 DRIS 初步标准[J]. 亚热带植物通讯, 1989(2): 5-8.
- [14] 黄宗玉. 诊断综合施肥法(DRIS)的原理与应用问题[J]. 土壤学进展, 1990(1): 22-26.
- [15] 刘秀红. 南丰和衢州柑橘园土壤与树体营养状况的分析[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [16] Duan, L., Huang, Y., Hao, J. and Zhou, Z. (2004) Vegetation Uptake of Nitrogen and Base Cation in China and Its Role in Soil Acidification. *Science of the Total Environment*, **330**, 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.035>
- [17] 蒋实, 徐争启, 张成江. 四川省万源市土壤 pH 值测定及土壤酸碱度分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(25): 12105-12108.
- [18] Xu, R., Zhao, A., Li, Q., et al. (2003) Acidity Regime of the Red Soils in a Subtropical Region of Southern China under Field Conditions. *Geoderma*, **115**, 75-84. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00077-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00077-6)
- [19] Qualls, R.G., Haines, B.L. and Swank, W.T. (1991) Fluxes of Dissolved Organic Nutrients and Humic Substances in a Deciduous Forest. *Ecology*, **72**, 254-266. <https://doi.org/10.2307/1938919>
- [20] 谢志南, 许文宝, 庄伊美, 王仁玠. 柑橘、龙眼园土壤有机质与有效性养分质量分数的相关性[J]. 福建农业大学学报, 2001, 30(1): 36-39.
- [21] 仝月澳, 杨儒林, 张桂芬, 李明强. 苹果树锌营养的磷锌比指标[J]. 中国果树, 1984(1): 15-18.
- [22] 沈兆敏. 柑橘缺锌、缺硼的症状、原因及其矫治措施[J]. 科学种养, 2015(4): 34-35.
- [23] Chapman, H.D. (1968) *The Mineral Nutrition of Citrus*. Berkeley: University of California Division of Agricultural Science, **2**, 127-289.
- [24] 夏杏洲, 吴雪彪, 梁振全, 等. 钙处理对红江橙采后生理的影响[J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1462-1467.
- [25] Easterwood, G.W. (2002) Calcium's Role in Plant Nutrition. *Fluid Journal*, **10**, 16-19.
- [26] 石健泉. 柑橘营养元素的缺乏与矫治[J]. 果农之友, 2007(9): 27-28.
- [27] Verreyne, J.S. and Phiri, Z.P. (2006) Evaluation of Alternative Means Controlling Creasing (Albedo Breakdown). CRI Group Annual Research Report for January 2007 to March 2008, Citrus Research International, Nelspruit, 464-469.
- [28] Tam, T.M.P., Zora, S. and Behboudian, M.H. (2012) Different Surfactants Improve Calcium Uptake into Leaf and Fruit of 'Washington Navel' Sweet Orange and Reduce Albedo Breakdown. *Journal of Plant Nutrition*, **35**, 889-904. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.663442>
- [29] 温明霞, 石学根, 吴韶辉, 王鹏. 柑橘缺镁原因及矫治技术[J]. 浙江柑橘, 2015, 32(1): 18-20.
- [30] 赵志国, 唐凤鸾, 李顺辉, 等. 桂北丰水梨园土壤养分与叶片营养的相关性分析[J]. 广西植物, 2013, 33(2): 171-176.
- [31] 刘红弟, 宋杨, 张红军. 越桔园土壤有效养分和叶片营养状况分析[J]. 中国南方果树, 2016, 45(6): 32-38.
- [32] 唐将, 李勇, 邓富银, 付绍红. 三峡库区土壤营养元素分布特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 473-478.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2329-7255，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjss@hanspub.org