湖南农业大学学报(自然科学版)　2018, 44(4):382–387. DOI:10.13331/j.cnki.jhau.2018.04.008
Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)

投稿网址：http://xb.ijournal.cn

云南冰糖橙果实矿质营养与品质及产量的关系

周先艳，朱春华，李进学，高俊燕，岳建强，李晶，龙春瑞，杨恩聪*

(云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所，云南 瑞丽 678600)

摘　要：以云南玉溪 5 个高产冰糖橙果园、5 个中低产果园、5 个幼龄果园的果实为试材，测定了果实的矿质营养元素含量及果实品质。结果表明：云南不同产量冰糖橙果园果实 N、K、Ca、Mg、Zn 元素含量差异较大，高产果园果实 Ca、Mg、Zn 元素含量较高，与中低产果园、幼龄果园存在显著性差异；幼龄果园 N、K 含量较高，与高产、中低产果园存在显著性差异；高产果园果实大小适中、内部品质最佳。冰糖橙果实 N、P、K 含量与可溶性固形物、固酸比含量呈极显著或显著负相关，与可滴定酸含量呈显著或极显著正相关；果实中 Ca 和 Zn 含量均与可溶性固形物、固酸比呈显著或极显著正相关，与可滴定酸含量呈显著或极显著负相关；N 含量与单果重、纵横径呈显著正相关；果实可食率与 Mg 含量呈显著正相关，与 P 和 Cu 含量呈显著负相关，生产上需要重视补充 Ca、Mg、Zn 肥，控制 N、P、K 肥的施用量。

关　键　词：冰糖橙；矿质营养；产量；果实品质；云南

中图分类号：S666.4；S533　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1007–1032(2018)04–0382–06

The relationship between fruit mineral nutrients and fruit quality and yield of bingtang sweet orange in Yunnan province

ZHOU Xianyan, ZHU Chunhua, LI Jinxue, GAO Junyan, YUE Jianqiang, LI Jing, LONG Chunrui, YANG Encong*

(Institute of Tropical and Subtropical Cash Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Ruili, Yunnan 678600, China)

Abstract: To explore the correlation between fruit mineral element contents and fruit quality of bingtang sweet orange in Yunnan province of china. Nine nutrient elements in fruit and the quality of bingtang sweet orange were investigated in 15 different orchards in Yunnan province. The results showed that the fruit N, K, Ca, Mg and Zn levels differed sharply from different orchards. The fruit Ca, Mg and Zn levels of high yield orchard were maximum and they had significant difference between middle–low yield orchard and young orchard. The fruit N and K levels of young orchard were maximum and they had significant difference between high yield orchard and middle–low yield orchard. The correlation coefficient between the fruit mineral element contents and fruit quality showed that the fruit N element content had a significantly positive correlation with the fruit weight, longitudinal diameter, transverse diameter and titratable acid (TA). And it had a significantly negative correlation with edible rate, fruit total soluble solid (TSS) content and TSS/TA ratio. The fruit P element content had a significantly positive correlation with titratable acid (TA). And it had a significantly negative correlation with the fruit edible rate, total soluble solid (TSS) content and TSS/TA ratio. The fruit K element content had a significantly positive correlation with the fruit titratable acid (TA). And it had a significantly negative correlation with the fruit total soluble solid (TSS) content and TSS/TA ratio. The fruit Ca element content had a significantly positive correlation with the fruit total soluble solid (TSS) content and TSS/TA ratio. And it had a significantly negative correlation with the fruit titratable acid (TA). The fruit Mg element content had a significantly positive correlation with the fruit TSS/TA ratio and it had a significantly negative correlation with the fruit titratable acid

收稿日期：2017–09–11　　修回日期：2017–12–11

基金项目：云南省科技计划项目(2015BB006)；农业部公益性行业(农业)科研专项(201403036)；云南省柠檬产业化技术创新团队项目(2017HC023)

作者简介：周先艳(1987—)，女，云南云县人，博士研究生，助理研究员，主要从事柑橘营养生理与采后生理研究，lyfzhouxianyan@163.com；*通信作者，杨恩聪，研究员，主要从事柑橘栽培示范与推广研究，2679568675@qq.com

(TA). The fruit Zn element content had a significantly positive correlation with the fruit edible rate, fruit total soluble solid (TSS) content and TSS/TA ratio. And it had a significantly negative correlation with the fruit titratable acid (TA). The fruit Cu element content had a significantly negative correlation with edible rate. Furthermore, the fruit quality and yield of bingtang sweet orange were regulated by the synergistic effects of various mineral elements. For the fertilizer practices of bingtang sweet orange in Yunnan province, it should be focused on supplementing Ca, Mg and Zn, decreasing in N, P and K applications.

Keywords: bingtang sweet orange; mineral element; yield; fruit quality; Yunnan province

矿质元素对果树的生理代谢和果实的营养品质有着重要的作用。大量元素或微量元素的缺失或过多都将影响果树的生长发育、果实品质的改善与产量的提高[1–2]。果实中大量元素 N、P、K 含量与可溶性固形物含量和固酸比均呈极显著或显著负相关，与可滴定酸含量呈极显著正相关[3]；中量元素 Ca 和 Mg 含量的缺乏会使果实变小及果实可溶性固形物降低[4]；微量元素与果实品质也存在一定的相关性[5]。果实中的矿质元素含量受果树种类、砧木类型、品种、土壤质地、土肥水条件和栽培管理技术等多种因素影响[6–8]。不同品种柑橘对矿质营养的吸收和利用能力并不相同，而且不同的矿质营养元素对不同的柑橘果实的品质指标和产量的影响也有差异[9]。目前，云南冰糖橙种植面积不断扩大，已成为中国冰糖橙主栽产地之一，但云南冰糖橙生产上施肥主要凭经验，偏重施用 N、P、K 等化肥，忽视 Ca、Mg 和 Zn 等肥料及有机肥的补充。冰糖橙种植区域土壤理化性状和养分等的差异，直接影响树体对土壤养分的吸收、分配以及果实中矿质元素的含量，并影响果实的产量和品质。本试验中，以 15 个冰糖橙果园的果实为材料，分析其矿质营养元素的含量及果实品质，以探讨果实矿质营养元素含量与产量及果实品质的关系，旨在为云南冰糖橙果园营养诊断与施肥、高效生产提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

2016 年 12 月，在云南省新平县水塘镇、者竜乡、漠沙镇、嘎洒镇选择 15 个种植面积在 33.3 hm^2 以上的果园取样。依据当地冰糖橙投入和产出效益情况，以及果园产量和树龄将冰糖橙园分为 3 级：高产果园(HYO)，产量≥1 500 kg/(667 m^2)，果园的产出效益大于果园投入；中低产果园(MLYO)，1 000 kg/(667 m^2)≤产量＜1 500 kg/(667 m^2)，果园的产出效益与果园投入相当；第 1 年或第 2 年挂果的幼龄果园(YBO)，产量 < 1 000 kg/(667 m^2)，果园的产出效益小于果园投入。每个等级选择有代表性的 5 个果园，每个果园选择树体大小基本一致的 9 株树，在每株树的树冠外围随机采取 8 个果实，每个果园采果实 72 个，将果实随机分成 2 份， 36 个用于果实品质分析，另 36 个切开烘干后，用不锈钢粉碎机粉碎，置于阴凉干燥处，用于矿质元素分析。

1.2　测定项目与方法

采用 HNO_3–$HClO_4$ 消煮法，FLAstar3000 流动分析仪测定 N、P、K 的含量；采用 1 mol/L 中性醋酸铵浸提—原子吸收分光光度法测定 Ca、Mg 的含量；采用 DTPA 浸提—原子吸收分光光度法[10]测定 Fe、Mn、Cu、Zn 的含量。

对果实进行单果重、果实纵径、果实横径及果汁可溶性固形物、可滴定酸含量的测定。可溶性固形物采用 PAL–1 数显折射仪测定，可滴定酸用 PAL–BX 便携式数显糖酸一体机测定。

1.3　数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据统计和作图；用 SPSS 22.0 进行数据处理和显著性分析。

2　结果与分析

2.1　不同产量冰糖橙园果实矿质元素的含量

由表 1 可知，幼龄果园果实的 N 含量最高，中低产果园果实的 N 含量次之，高产果园果实的 N 含量最低。高产、中低产果园果实 N 含量间的差异不显著，与幼龄果园果实 N 含量差异显著；幼龄果园果实 N 含量变异系数最大。3 个等级果园果实的 P 含量均无显著性差异。3 个等级果园果实的 K 含量存在显著性差异，幼龄果园果实的 K 含量最高，中低产果园的次之，高产果园的最低。中量元素 Ca 和 Mg 在高产果园果实中含量最高，与中低产、幼

龄果园果实 Ca、Mg 含量均存在显著性差异，且高产果园果实 Ca、Mg 含量存在较大的变异。对微量元素 Fe、Zn、Mn、Cu 的分析结果(表 2)表明，3 个等级果园果实的 Fe、Zn 含量间的差异均达显著水平，高产果园果实的 Fe 含量最低、Zn 含量最高。所有果园的果实 Mn、Cu 含量均无显著差异，但幼龄果园 Cu 含量变异较大。这表明高产果园施肥较注重 Ca、Mg、Zn 等矿质营养的补充，而中低产、幼龄果园施肥注重 N、P、K 肥的施用，忽略了 Ca、Mg、Zn 等中微量矿质营养的补充。

表 1 冰糖橙果实中的大量元素和中量元素含量及变异系数

Table 1 Variation of contents of major and middle elements in the fruit of bingtang orange collected from different yield orchards

果园	N 含量/%		变异系数	P 含量/%		变异系数	K 含量/%		变异系数	Ca 含量/%		变异系数	Mg 含量/%		变异系数
	平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围	
HYO	1.14 b	1.01~1.33	10.72	0.12	0.10~0.13	13.92	1.19 c	1.04~1.29	9.69	0.44 a	0.35~0.53	18.25	0.13 a	0.09~0.21	34.47
MLYO	1.31 b	1.12~1.53	14.78	0.16	0.12~0.23	29.24	1.51 b	1.34~1.68	10.00	0.34 b	0.26~0.40	16.51	0.09 b	0.08~0.10	7.86
YBO	1.67 a	1.46~2.29	21.04	0.15	0.12~0.22	27.61	1.81 a	1.62~2.31	15.93	0.29 b	0.26~0.32	8.19	0.10 b	0.09~0.11	8.54

同列数据不同字母表示同一元素不同园区分级间差异达 5%显著水平。

表 2 冰糖橙果实中的微量元素含量及变异系数

Table 2 Variation of contents of minor elements in the fruit of bingtang orange collected from different yield orchards

果园	Fe 含量/(mg·kg^{-1})		变异系数	Zn 含量/(mg·kg^{-1})		变异系数	Mn 含量/(mg·kg^{-1})		变异系数	Cu 含量/(mg·kg^{-1})		变异系数
	平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围	
HYO	15.00 b	13.30~17.20	12.58	7.40 a	6.60~8.20	8.81	21.98 b	6.00~36.60	66.00	2.52 b	2.10~3.20	18.05
MLYO	19.88 a	15.10~23.80	16.33	5.26 b	4.00~6.50	17.04	32.66 a	6.70~53.10	67.32	2.50 b	2.10~3.10	14.97
YBO	18.80 a	15.60~24.90	20.13	5.02 b	3.30~6.60	26.25	20.50 b	8.10~44.30	71.20	4.12 a	2.30~7.60	51.81

同列数据不同字母表示同一元素不同园区分级间差异达 5%显著水平。

2.2 不同产量冰糖橙园果实的品质

由表 3 可知，幼龄果园果实单果质量最大，中低产果园的最低，两者存在显著性差异，且中低产果园单果质量变异系数最大；幼龄果园果实平均纵径、横径均最大，与高产果园、中低产果园的果实纵径、横径均存在显著性差异；3 个等级果园果实的果形指数、可食率之间的差异均不显著；高产果园果实可溶性固形物(TSS)含量、固酸比最高，可滴定酸含量最低，与中低产果园、幼龄果园果实均存在显著性差异。

表 3 冰糖橙果实的品质指标

Table 3 Variation of fruit quality of bingtang orange collected from different yield orchards

果园	单果质量/g		变异系数	纵径/cm		变异系数	横径/cm		变异系数	果形指数		变异系数
	平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围	
HYO	186.27 ab	169.90~201.35	6.76	6.93 b	6.50~7.29	4.53	6.95 b	6.55~7.42	4.73	1.00	0.96~1.03	3.00
MLYO	163.53 b	133.08~223.07	23.03	6.62 b	6.16~7.01	5.71	6.73 b	6.29~7.67	8.82	0.99	0.91~1.02	4.57
YBO	218.19 a	178.66~235.43	10.58	7.64 a	6.76~8.00	6.87	7.53 a	7.10~7.72	3.36	1.01	0.95~1.05	3.98

果园	可食率/%		变异系数	可溶性固形物含量/%		变异系数	可滴定酸含量/%		变异系数	固酸比		变异系数
	平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围		平均值	范围	
HYO	74.79	70.84~77.00	3.14	10.30 a	9.77~10.67	3.25	0.64 b	0.49~0.84	24.61	16.87 a	11.63~21.93	26.34
MLYO	74.57	72.43~77.07	2.71	9.45 b	8.87~10.07	5.82	0.90 a	0.80~0.99	9.26	10.65 b	8.96~12.59	14.98
YBO	71.36	61.93~75.33	7.75	8.85 b	8.27~9.37	5.46	1.02 a	0.92~1.14	9.24	8.75 b	7.46~10.18	14.42

同列数据不同字母表示同一元素不同园区分级间差异达 5%显著水平。

2.3 冰糖橙果实矿质元素的相关性

由表 4 可知，冰糖橙果实中的 N 与 K 呈显著正相关，与 Cu 呈极显著正相关，与 Zn 呈极显著负相关；P 与 Cu 呈显著正相关；K 与 Ca、Zn 呈显著负相关；Mg 与 Zn 呈显著正相关。其他元素间均表现出不同的正负相关性，但未达到显著水平。

表 4　冰糖橙果实矿质元素间的相关系数

Table 4　Correlation coefficient among bingtang orange fruit peel nutrients

矿质元素	相关系数							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
P	0.408							
K	0.588*	0.301						
Ca	–0.470	–0.245	–0.579*					
Mg	–0.355	–0.443	–0.448	0.096				
Fe	0.112	0.158	0.121	–0.480	–0.277			
Zn	–0.673**	–0.478	–0.585*	0.465	0.543*	–0.461		
Mn	0.103	–0.130	0.278	0.062	–0.298	0.060	–0.290	
Cu	0.732**	0.571*	0.253	–0.322	–0.110	0.142	–0.396	–0.236

“*” “**”分别表示在 0.05 和 0.01 水平下差异显著。

2.4　冰糖橙果实矿质元素与品质的相关性

由表 5 可知，冰糖橙果实 N 含量与果实单果质量、纵径、横径均呈显著正相关，与可滴定酸含量呈极显著正相关，与果实可食率、可溶性固形物含量呈极显著负相关，与固酸比呈显著负相关。果实中 P 含量与果实可食率、TSS 含量、固酸比呈显著负相关，与可滴定酸含量呈显著正相关。果实中 K 含量与果实 TSS 含量、固酸比呈极显著负相关，与可滴定酸含量呈极显著正相关。Ca 含量与 TSS 含量呈极显著正相关，与可滴定酸含量呈显著负相关，与固酸比呈显著正相关。Mg 含量与可滴定酸含量呈显著负相关，与固酸比呈极显著正相关。Zn 含量与果实可食率呈显著正相关，与 TSS 含量、固酸比呈极显著正相关，与可滴定酸含量呈显著负相关。Cu 含量与果实可食率呈极显著负相关。果实中其他元素含量与果实品质指标间均呈一定的相关性，但未达到显著水平。

表 5　冰糖橙果实矿质元素与果实品质的相关系数

Table 5　Correlation coefficient between fruit nutrients and fruit quality indexes

矿质元素	相关系数							
	单果质量	纵径	横径	果形指数	可食率	可溶性固形物含量	可滴定酸含量	固酸比
N	0.544*	0.617*	0.637*	0.094	–0.764**	–0.679**	0.691**	–0.624*
P	–0.206	0.041	–0.114	0.293	–0.607*	–0.520*	0.572*	–0.518*
K	0.331	0.430	0.365	0.204	–0.323	–0.790**	0.784**	–0.750**
Ca	–0.207	–0.315	–0.291	–0.118	0.232	0.651**	–0.629*	0.598*
Mg	0.101	0.125	0.032	0.246	0.127	0.474	–0.586*	0.671**
Fe	–0.145	–0.238	–0.044	–0.449	0.040	–0.066	0.242	–0.278
Zn	–0.121	–0.219	–0.222	–0.029	0.569*	0.682**	–0.794**	0.763**
Mn	0.044	–0.164	0.032	–0.405	0.017	–0.044	0.194	–0.290
Cu	0.223	0.426	0.270	0.373	–0.781**	–0.357	0.399	–0.199

“*” “**”分别表示在 0.05 和 0.01 水平下差异显著。

2.5　冰糖橙果实矿质元素、品质与产量的相关性分析

从表 6 可以看出，果实中 N、K 和 Cu 元素含量与产量呈极显著或显著负相关，Ca 和 Zn 含量与产量呈极显著或显著正相关，其余元素与产量无显著相关性。将冰糖橙果实品质与产量进行相关性分析，结果(表 7)表明，果实单果质量、纵径、横径、可滴定酸含量与产量呈极显著或显著负相关，可食率、TSS 含量和固酸比均与产量呈显著或极显著正相关。

表 6 冰糖橙果实矿质元素含量与产量的相关系数

Table 6 Correlation coefficient between fruit nutrients and fruit yield

指标	相关系数								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
产量	–0.778**	–0.250	–0.774**	0.650**	0.283	–0.202	0.580*	0.078	–0.586*

“*” “**”分别表示在 0.05 和 0.01 水平下差异显著。

表 7 冰糖橙果实品质与产量的相关系数

Table 7 Correlation coefficient between fruit quality indexes and yield

指标	相关系数							
	单果质量	纵径	横径	果形指数	可食率	可溶性固形物含量	可滴定酸含量	固酸比
产量	–0.584*	–0.699**	–0.628*	–0.272	0.537*	0.790**	–0.738**	0.658**

“*” “**”分别表示在 0.05 和 0.01 水平下差异显著。

3 结论与讨论

矿质营养是果树生长发育、产量和品质形成的物质基础，对果树生长发育、果实品质、果树产量、抗性有较大的影响[11–13]。本研究结果表明，幼龄果园果实 N、K 含量最高，高产果园果实 N、K 含量最低。中量元素 Ca 和 Mg 在高产果园冰糖橙果实中含量均最高，与中低产、幼龄果园果实 Ca、Mg 含量均存在显著性差异。高产果园果实 Zn 含量最高，Ca 和 Zn 含量均与产量呈极显著或显著正相关，这与凌丽俐等[15]对纽荷尔脐橙的研究结果一致。对于中低产、幼龄冰糖橙果园应合理使用 N、P、K 肥，同时应注重 Ca、Mg、Zn 等中微量肥的补充。

赖九江等[17]研究表明，赣南纽荷尔脐橙产果初期果实单果质量、果实纵径、横径、果形指数等较大，可溶性固形物和固酸比较小。本研究中，幼龄果园冰糖橙果实较大，可食率低，TSS 含量、固酸比低，可滴定酸含量高；高产果园果实大小适中，可食率高，TSS 含量、固酸比高，可滴定酸含量低；中低产果园果实居中。这可能与果园冰糖橙树龄、园区栽培管理及施肥模式不同有关。果实中的 N 含量与可滴定酸含量呈极显著正相关，与 TSS 含量呈极显著负相关，与固酸比呈显著负相关；P 与果实的 TSS 含量、固酸比呈显著负相关，与可滴定酸存在显著正相关。这与闫忠业[18]对富士苹果的研究结论相一致。果实中 K 含量与果实 TSS 含量、固酸比呈极显著负相关，与可滴定酸含量呈极显著正相关。钾肥用量过多不仅使果实着色推迟，而且使酸度增加、TSS 含量减少[19]；而中微量元素 Ca 与 TSS 含量呈极显著正相关，与可滴定酸呈显著负相关，与固酸比呈显著正相关。柑橘缺 Ca 会导致果实畸形、味酸、TSS 含量偏低[20]。Mg 含量与可滴定酸呈显著负相关，与固酸比呈极显著正相关。由于 K 与 Mg 间具有显著的拮抗作用，因此 K 对果实 TSS 含量的影响，不仅体现在其对 TSS 形成的直接抑制作用上，而且也体现在其通过抑制 Mg 吸收间接导致 TSS 含量的减少[21]。果实 Zn 含量与果实可食率呈显著正相关，与 TSS、固酸比呈极显著正相关，与可滴定酸呈显著负相关。现有研究表明，缺 Zn 会导致柑橘酸和维生素 C 下降[22]，而且，柑橘植株缺 Mg 时会加重锌的缺乏。因此，在进行 Mg、Zn 的缺乏矫治时，还应注意 Mg 肥和 Zn 肥间的合理增施。综上所述，为了提高冰糖橙的产量和果实品质，生产上需要重视补充 Ca、Mg、Zn 肥，同时控制 N、P、K 肥的施用量。

参考文献：

[1] AULAR J，CÁSARES M，NATALE W．Factors affecting citrus fruit quality：emphasis on mineral nutrition[J]. Científica，2017，45(1)：64–72．

[2] ALVA A K，PARAMASIVAM S，OBREZA T A，et al. Nitrogen best management practice for citrus trees：I. Fruit yield，quality and leaf nutritional status[J]. Scientia Horticulturae，2006，107(3)：233–244．

[3] 黄霄，姚丹，陆爱华，等．江苏不同产地‘白玉’枇杷果实品质与果实和土壤中矿质元素含量的相关性分析[J]．植物资源与环境学报，2018，27(2)：85–92．

[4] MISRA A，SRIVASTAVA A K，SRIVASTAVA N K，et al．Zn–acquisition and its role in growth，photosyn–thesis，photosynthetic pigments，and biochemical changes in essential monoterpene oil(s) of *Pelargonium graveolens*[J]．Photosynthetica，2005，43(1)：153–155．

[5] 李金强，樊卫国，吴传明，等．均衡施肥对脐橙产量

和品质的影响[J]．贵州大学学报(农业与生物科学版)，2002，21(3)：182–185．

[6] 关军锋，魏邵冲，徐迎春，等．不同中间砧对‘金冠’苹果果实品质及矿质营养的影响[J]．河北农业情报，2004，8(4)：19–21．

[7] 王涛，冯先桔，林媚，等．大棚栽培对翠冠梨叶片和果实矿质元素吸收与积累的影响[J]．浙江农业学报，2008，20(3)：190–194．

[8] KUMAR J，KUMAR R，RAI R，et al．Influence of foliar application of mineral nutrients at different growth stages of guava[J]．Journal of Plant Nutrition，2016，40(5)：656–661．

[9] 郭雁君，吉前华，蒋惠，等．肇庆特色柑橘品种汶朗蜜柚品质评价及其相关性分析[J]．安徽农业科学，2014，42(13)：4065–4068．

[10] 鲍士旦．土壤农化分析[M]．3 版．北京：中国农业出版社，2000．

[11] BLANCO A，FERNÁNDEZ V，VAL J．Improving the performance of calcium–containing spray formulations to limit the incidence of bitter pit in apple (*Malus* × *domestica* Borkh.)[J]．Scientia Horticulturae，2010，127(1)：23–28．

[12] BENAVIDES A，RECASENS I，CASERO T，et al. Multivariate analysis of quality and mineral parameters on Golden Smoothee apples treated before harvest with calcium and stored in controlled atmosphere[J]. Food Science and Technology International，2002，8(3)：139–146．

[13] FALLAHI E，FALLAHI B，NEILSEN G H，et al．Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples[j]．Acta Horticulturae，2010，868：49–60．

[14] 杨光蓉．不同树龄脐橙次生果黄化与树体矿质营养关系初探[J]．四川农业大学学报，1993，11(2)：242–245．

[15] 凌丽俐，彭良志，淳长品，等．赣南不同产量纽荷尔脐橙园叶片养分状况分析[J]．中国南方果树，2010，39(5)：30–32．

[16] 王翠翠，樊小林．不同树龄砂糖橘幼果期果实养分的变化研究[J]．福建果树，2009(1)：11–14．

[17] 赖九江，马小焕，钟莉华，等．赣南纽荷尔脐橙果实品质比较研究[J]．中国南方果树，2012，41(5)：5–7．

[18] 闫忠业，伊凯，刘志，等． 富士苹果果实主要营养元素含量变化与品质的关系[J]．江苏农业科学，2018，46(6)：167–169．

[19] REITZ H J，KOO R C J．Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield and fruit quality of Valencia orange on calcareous soil[J]．Florida State Horticulture Society，1959，72：12–16．

[20] 谢玲超．桔园常见缺素症的鉴别及防治方法[J]．江西柑桔科技，1993(4)：10–11．

[21] 董燕，王正银．矿质营养对柑橘品质的影响[J]．土壤肥料，2004(6)：37–40．

[22] 徐春丽，肖家欣，齐笑笑，等．锌胁迫对“不知火”和“椪柑”的生理指标及锌分布的影响[J]．生态学杂志，2010，29(2)：319–323．

责任编辑：毛友纯
英文编辑：雷东阳