

新平冰糖橙果园营养水平与产量、品质状况系统分析

张 绩¹, 李俊杰¹, 杨江波¹, 田旺海², 普金安³, 陈 磊³, 郑永强¹,
吕 强¹, 谢让金¹, 马岩岩¹, 邓 烈¹, 易时来^{1*}

(1. 西南大学柑桔研究所 / 中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 北碚 400712; 2. 新平县农田建设与土壤肥料工作站, 云南 新平 653400; 3. 新平县经济作物工作站, 云南 新平 653400)

摘 要: 为全面了解云南省新平县冰糖橙果园营养与产量、品质水平现状, 并为冰糖橙优质丰产栽培施肥技术提供理论依据, 选择新平县主产冰糖橙乡镇 22 个典型果园, 采集果实、春梢叶片和土壤等样品各 105 份, 对果实内在品质指标和所有样品的矿质营养元素含量进行了系统检测分析, 揭示新平冰糖橙产量、品质水平及其与营养状况的关系。结果表明, 新平冰糖橙果园土壤大多为酸性红壤, pH 值平均为 5.73; 土壤整体较为贫瘠, 有机质缺乏占 52%; 土壤碱解 N 缺乏占 96%, 有效 P、速效 K 含量缺乏和过量并存。叶片 P、Zn、Mg 含量普遍缺乏, 其比例分别达 95%、93%、60%, 而叶片 Cu、Mn、Fe 和 N 含量过高, 过量比例分别为 93%、63%、51% 和 36%。新平冰糖橙果园整体产量低、品质较差, 株产平均为 23.1 kg, 果实可食率为 59.96%, 可溶性固形物 (TSS)、可滴定酸 (TA) 和 Vc 含量分别为 10.13%、0.49% 和 40 mg · 100 mL⁻¹, 有较大提升空间。每生产 1 t 冰糖橙果实所需的 N、P₂O₅、K₂O 分别为 2.63 ~ 3.15、0.88 ~ 1.05、4.38 ~ 5.25 kg。土壤、叶片养分含量与产量、品质指标的相关性分析表明, 土壤碱解氮含量与产量显著正相关, 与 Vc 含量极显著正相关; 土壤速效钾含量与 TSS 含量极显著正相关; 叶片 N 含量与 TSS 含量呈显著负相关; 叶片 Mg 含量与 TSS 含量, 叶片 Ca 含量与果皮厚度, 叶片 Zn 含量与 TSS、Vc 含量均呈极显著正相关。综上所述, 新平冰糖橙果实品质低、果园间差异大, 土壤与树体养分波动性较大, 叶片缺 Zn 而 Cu 过量普遍, 部分果园缺 Mg 而 N 过量, 多数果园为酸性红壤导致养分易流失而贫瘠。因此, 施肥管理上建议适当增加施肥次数, 缓效氮肥代替速效氮肥, 重视有机肥深施, 针对性施用中微肥, 尤其是 Mg 和 Zn 营养补充, 为新平冰糖橙提质增效施肥管理提供理论依据与技术支持。

关键词: 新平县; 冰糖橙; 营养水平; 产量; 品质

新平县位于云南省中部偏西南部, 有良好的光热资源条件, 其柑橘主产区的年有效积温为 6 374.3 ~ 8 892.2 °C, 年平均温度在 17.9 ~ 24.4 °C 之间, 全年最高日均温为 27.5 ~ 36.3 °C, 最低日均温在 6.8 ~ 12.8 °C 之间; 新平县是特色柑橘生产基地优势区和云南特早熟柑橘基地的辐射区域。近年来, 新平县委、县政府把柑橘产业作为重要水果产业来发展, 而冰糖橙又属于新平县政府主推的柑橘品种^[1]。

以褚橙等著名品牌为代表的新平冰糖橙, 在果业界乃至全社会各行各业树立了标杆与典范, 因

此, 如何持久保护好有影响力的新平冰糖橙品牌, 打造优质冰糖橙果品, 对新平冰糖橙产业健康与可持续发展具有十分重要的现实意义, 也是当前新平冰糖橙产业面临的机遇与挑战。随着新平冰糖橙基地果园规模化与集约化发展, 全社会面临劳动力资源素质数量不断下降的现实情况下, 新平冰糖橙果园施肥管理技术不到位, 施肥具有经验性、随意性与盲目性, 导致全县冰糖橙果品质量参差不齐, 整体质量偏低。弄清新平冰糖橙果园营养水平状况以及营养水平与产量、质量的关系, 进而针对性采取科学合理施肥管理技术, 是实现新平冰糖橙品质提升的前提和基础^[2]。吴倩等^[3]对湖南麻阳冰糖橙进行了研究, 发现土壤、叶片和果实养分都对果实品质有一定影响; 周先艳等^[4-5]通过云南省高、中、低产冰糖橙果园叶片、果实营养的研究发现, 高产果园 Ca、Mg、Zn 含量较高。目前有关云南新平全县大范围冰糖橙果园营养水平现状及其对产量

收稿日期: 2019-08-29; 录用日期: 2019-11-02

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2016YFD0200104、2018YFD0700602); 中国农业科学院柑桔研究所滇南热区现代柑桔试验站资助。

作者简介: 张绩 (1994-), 女, 贵州兴仁人, 在读硕士研究生, 研究方向为果树栽培生理与施肥技术。E-mail: 1432743534@qq.com。

通讯作者: 易时来, E-mail: yishilai@126.com。

品质的系统性分析研究鲜见报道,加之近年来以褚橙为代表的新平冰糖橙果品品质出现一年好一年差的不稳定现象。因此,全面弄清新平冰糖橙果园土壤养分现状、产量和品质水平及其相互关系,为新平冰糖橙提质增效标准化施肥管理提供科学理论依据,对促进新平冰糖橙产业健康可持续发展具有十分重要的作用。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

选取云南新平县漠沙镇、嘎洒镇、者竜镇和水塘镇等冰糖橙主产乡镇的22个有代表性的果园进行调研与样品采集。采用“S”形布点对应采集果园土壤、春梢叶片、果实等成套样品各105个,每个果园依据面积大小和地形等情况采集3~7个混合样,每个混合样选取树体中等且树冠大小基本一致的10株树构成。

1.1.1 土壤样品

在所选植株的树冠滴水线处避开施肥点采集0~30 cm土层的土壤,通过四分法获取每个土壤样品1 kg左右,带回实验室,自然晾干,过筛制备(过1和0.25 mm尼龙筛),用于土壤pH值、有机质、营养元素分析。

1.1.2 叶片样品

采集所选植株树冠外围四周当年生春梢枝条的第3片叶片,每株树10片叶,每样品共80~100片叶,迅速带回实验室洗净烘干后用于营养元素分析。

1.1.3 果实样品

在所选植株的树冠四周中部位位置随机采取果实样品,每样品共采集40个果实,并将果实随机分成2份(每份20个果实),一份用于果实品质分析,另一份将果实切片、烘干、粉碎,用于营养元素分析。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 营养元素测定

采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度法分别测定植株样品的氮(N)、磷(P)、钾(K)含量。用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮,ICP-OES测定植株样品钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)含量。采用pH酸度计测定土壤pH值,外加热重铬酸钾法测定土壤有机质(SOM)含量,碱解扩散法测定土壤碱解氮含量, NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法测定土壤

有效磷含量, NH_4OAc 浸提-火焰光度法测定土壤速效钾含量。

1.2.2 果实品质测定

榨汁前,用称重平均值法测定单果重(SFW)和用卷尺测定所有果实纵横径之和再计算出单果的平均纵横径大小,果实纵横径比值即为果型指数,再用游标卡尺测定果皮厚度。榨汁后,采用PAL-1数显糖度仪(日本)测定可溶性固形物(TSS)含量, NaOH 中和滴定法测定可滴定酸(TA)含量,比值法计算固酸比(TSS/TA),2,6-二氯吡啶酚钠滴定法测定Vc含量。

1.2.3 橘园土壤、叶片营养元素与果实内在品质指标分级标准

1.2.3.1 柑橘园土壤pH值和养分分级标准^[6-7]

pH值分级标准:pH值<4.5为强酸性,4.5~5.5为酸性,5.5~6.5为弱酸性,6.5~7.5为中性,7.5~8.5为碱性,>8.5为强碱性;强酸性和强碱性土壤不适于柑橘生长,其余土壤均适合或基本适合柑橘生长,最适pH值为5.5~6.5。

土壤有机质($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)分级标准:<5为极低,5~10为低,10~15为偏低,15~30为适宜,>30为丰富。

土壤碱解氮、有效磷、速效钾丰缺分级标准如表1所示。

表1 柑橘园土壤有效养分丰缺标准 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

土壤养分	极缺	缺乏	适宜	高量
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

1.2.3.2 叶片营养分级标准 参考前人相关研究成果^[3, 8-9],将叶片养分划分为缺乏、低量、适宜、高量和过量5个等级(表2)。

表2 4~6月龄柑橘非结果春梢叶片养分分级标准

元素	缺乏	低量	适宜	高量	过量
N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<20	20 ~ 22	22 ~ 30	30 ~ 35	>35
P ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<1	1 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0	>2.0
K ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<3	3 ~ 9	9 ~ 17	17 ~ 20	>20
Ca ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<20	20 ~ 30	30 ~ 45	45 ~ 70	>70
Mg ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<2	2 ~ 3	3 ~ 6	6 ~ 7	>7
Fe ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<40	40 ~ 50	50 ~ 120	120 ~ 150	>120
Mn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<15	15 ~ 25	25 ~ 100	100 ~ 150	>100
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<4	4 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 20	>20
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<15	15 ~ 25	25 ~ 100	100 ~ 300	>300

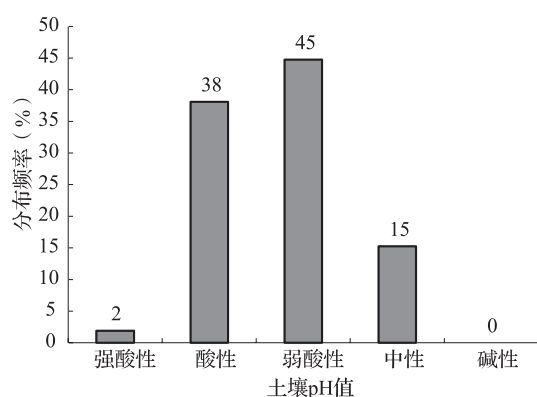
1.2.3.3 果品质量分级标准 按现行新平县冰糖橙优质综合标准 (DB53/T124.9-2010), 将冰糖橙分为特级品、一级品以及二级品 (表 3)。

表 3 新平县冰糖橙鲜果分级标准

项目	特级品	一级品	二级品
最小横径 (mm)	≥ 70	≥ 65	≥ 60
固形物含量 (TSS, %)	≥ 14	≥ 13	≥ 12
柠檬酸 (TA, %)	≤ 0.4	≤ 0.5	≤ 0.6
固酸比 (TSS/TA)	35:1	26:1	20:1
可食率 (%)	≥ 85	≥ 80	≥ 75

1.3 数据处理

采用 Excel 2007、SPSS 19.0 进行分析统计, 相



关性分析采用 Pearson 直线相关性分析。

2 结果与分析

2.1 新平冰糖橙果园养分现状

2.1.1 果园土壤养分基本情况

对采集的新平县 22 个冰糖橙果园土壤样品进行理化性质检测分析, 土壤 pH 值和有机质含量分布频率如图 1 所示。新平冰糖橙果园土壤大多为弱酸性、酸性红壤, 土壤 pH 值平均为 5.73, 有 45% 的样品 pH 值在适宜范围 (5.5 ~ 6.5), 有 40% 的样品 pH 值低于适宜值。土壤有机质含量平均为 $15.47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有 52% 的土壤有机质含量低于适宜水平。

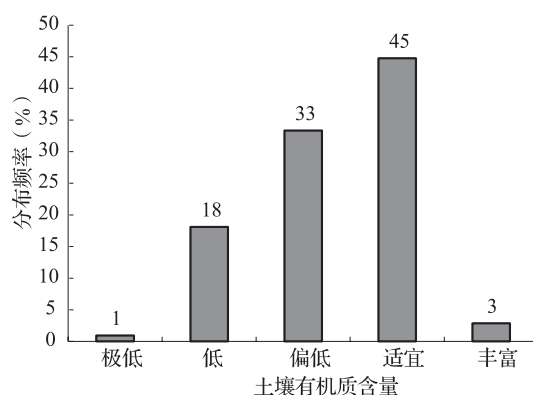


图 1 新平冰糖橙果园土壤 pH 值和有机质含量频数分布

新平冰糖橙果园土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量检测结果如表 4 所示。土壤碱解氮含量平均为 $56.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 整体含量偏低, 缺乏比例为 96%, 其中有 38% 处于极缺水平。土壤有效磷的变异系数为 0.98, 各果园间差异较大, 土壤有效磷含量不足和过量比例分别达 26% 和 29%。土壤速效钾含量平均为 $161.57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 整体处于适宜水平, 但不足和过量样品的比例分别达 24% 和 28%。由此说明, 新平县大部分冰糖橙果园土壤碱解氮含量较低, 需要少量多次予以补充, 而土壤有效磷和速效钾养分变异较大, 需采取针对性施肥策略。

表 4 新平县冰糖橙果园土壤有效养分现状

土壤养分	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	CV (%)	分布频率 (%)			
			极缺	缺乏	适宜	高量
碱解氮	56.40 ± 20.52	36.38	38	58	4	0
有效磷	61.01 ± 60.00	98.35	7	19	46	29
速效钾	161.57 ± 81.86	50.66	3	21	49	28

2.1.2 春梢叶片养分基本情况

新平县 22 个冰糖橙果园春梢叶片大量元素氮、磷、钾含量检测结果如图 2 所示。由图 2 可见, 有 36% 的春梢叶片 N 含量超过适宜范围; 春梢叶片 P 含量低, 有 95% 的样品处于缺 P 水平; 分别有 28% 和 12% 的春梢叶片 K 含量处于不足和过量水平。由此说明, 新平县冰糖橙果园施肥管理上应重视磷肥的施用。

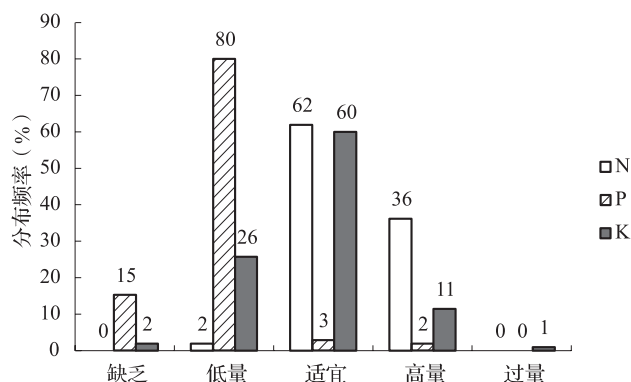


图 2 新平冰糖橙春梢叶片氮、磷、钾含量频数分布

新平县 22 个冰糖橙果园春梢叶片中量元素钙、镁含量频数分布如图 3 所示, 分别有 9% 和 18% 的春梢叶片 Ca 含量处于较低和较高水平; 有 60% 的春梢叶片 Mg 含量处于较低水平。由此说明, 新平冰糖橙果园植株缺 Mg 情况十分严重, 施肥管理上应重视镁肥的补充。

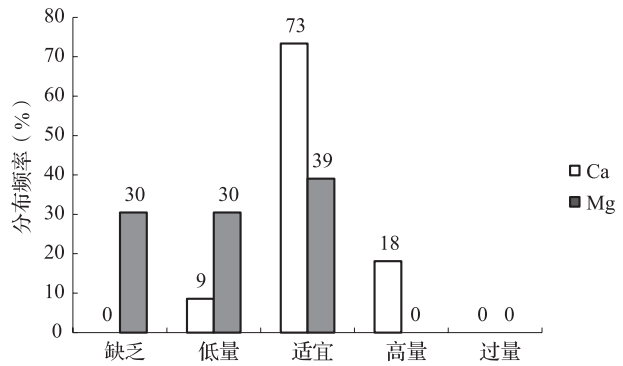


图 3 新平冰糖橙春梢叶片钙、镁含量频数分布

新平冰糖橙春梢叶片微量元素铁、锰、铜、锌含量频数分布如图 4 所示。春梢叶片 Cu 含量过量现象严重, 过量水平的样品比例达到了 93%, 春梢叶片 Fe 和 Mn 含量也分别有 51% 和 63% 的样品超出适宜水平, 而春梢叶片 Zn 缺乏现象严重, 低量和缺乏的比例达 93%。由此可知, 新平冰糖橙果园应注意微肥的施用, 为保证树体内各元素含量平衡, 尤其重视锌肥的补充和控制含 Cu、Fe、Mn 等肥料与农药的带入。

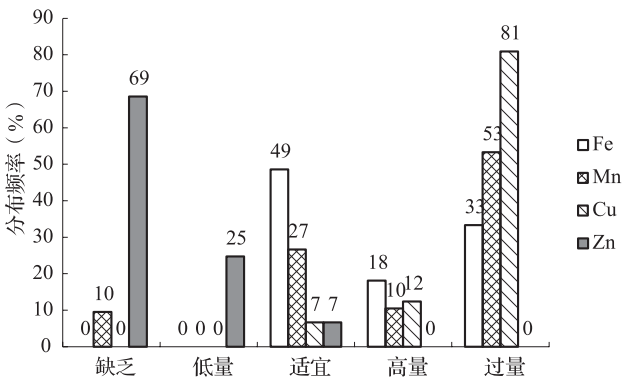


图 4 新平冰糖橙春梢叶片铁、锰、铜、锌含量频数分布

2.2 新平冰糖橙果园产量和果实品质

新平县所调查的 22 个冰糖橙果园的产量、果实品质结果如表 5 所示。新平冰糖橙株产在 1.41 ~ 34.85 kg 之间, 平均株产为 23.10 kg, 各果园间产量水平差异较大。单果重平均为 179.07 g, 果实纵、横径分别为 68.64、70.03 mm, 果实平均

大小达到新平县冰糖橙特级品水平指标要求。果皮厚在 3.00 ~ 6.70 mm 之间, 可食率平均为 59.96%; 果实 TSS 含量在 8.20% ~ 12.90% 之间, 平均为 10.13%; 果实 TA 含量在 0.29% ~ 1.22% 之间, 差异较大; 果实 TSS/TA 值为 8.00 ~ 42.30, 平均值为 23.07; 果实 Vc 含量平均为 40 mg · 100 mL⁻¹。由此可见, 新平冰糖橙整体品质较差, 可食率、TSS 含量、TSS/TA 值均仅有少量样品能达到二级品水平要求, 并且各个果园间果实产量和内在品质指标的差异较大, 说明新平冰糖橙果园在产量和品质方面都有较大提升空间。

表 5 新平县冰糖橙产量和果实质量指标

项目	平均值	CV (%)	最小值	最大值
株产 (kg)	23.1 ± 7.6	58.00	1.41	34.85
单果重 (g)	179.07 ± 19.58	10.94	142.14	208.33
纵径 (mm)	68.64 ± 3.96	5.77	56.82	76.34
横径 (mm)	70.03 ± 3.43	4.89	59.29	75.13
果型指数	0.98 ± 0.03	3.06	0.91	1.05
果皮厚度 (mm)	4.96 ± 0.76	15.33	3.00	6.70
可食率 (%)	59.96 ± 0.05	7.93	53.06	71.74
TSS (%)	10.13 ± 1.23	12.10	8.20	12.90
TA (%)	0.49 ± 0.20	40.24	0.29	1.22
TSS/TA	23.07 ± 7.24	31.41	8.00	42.30
Vc (mg · 100 mL ⁻¹)	40 ± 6.16	15.40	27.26	50.76

2.3 新平冰糖橙果实养分带走量

新平县 22 个冰糖橙果园果实养分含量结果如表 6 所示。果实大量元素中, N 含量相对最高 (1.24%), 其次是 K (1.19%), P 含量最低 (0.18%)。果实 Ca 含量平均为 0.47%, 分别为果实 P、Mg 含量的 2.6、5.9 倍。果实微量元素中, Fe、Mn、Cu、Zn 含量分别为 41.50、16.24、5.37、1.49 mg · kg⁻¹。

表 6 新平冰糖橙果实养分含量 (干基) 和果实带走养分量

元素	含量		果实带走养分量	
	单位	平均值	单位	平均值
N	%	1.24 ± 0.24	kg	1.05 ± 0.27
P	%	0.18 ± 0.06	kg	0.15 ± 0.06
K	%	1.19 ± 0.22	kg	1.01 ± 0.26
Ca	%	0.47 ± 0.14	kg	0.56 ± 0.19
Mg	%	0.08 ± 0.01	kg	0.09 ± 0.02
Fe	mg · kg ⁻¹	41.50 ± 30.22	g	4.95 ± 3.77
Mn	mg · kg ⁻¹	16.24 ± 10.93	g	1.89 ± 1.24
Cu	mg · kg ⁻¹	5.37 ± 3.76	g	0.63 ± 0.41
Zn	mg · kg ⁻¹	1.49 ± 1.96	g	0.17 ± 0.24

由冰糖橙鲜果果实养分含量和含水量,可计算出新平冰糖橙果实养分带走量。通过新平 22 个典型冰糖橙果园果实样品采集与养分、水分含量等检测结果计算,1 t 冰糖橙鲜果所带走的养分含量为: N 1.05 kg、P 0.15 kg、K 1.01 kg、Ca 0.56 kg、Mg 0.09 kg、Fe 4.95 g、Mn 1.89 g、Cu 0.63 g 和 Zn 0.17 g。根据前人的研究,柑橘的施 N 量可通过果实带走 N 量的 2.5 ~ 3 倍来计算^[10],同时,新平冰糖橙果实氮、磷、钾养分的吸收比例为 3:1:5 (N:P₂O₅:K₂O)^[11],由此计算出新平冰糖橙果园每生产 1 t 鲜果需要的养分量为: N 2.63 ~ 3.15 kg、

P₂O₅ 0.88 ~ 1.05 kg、K₂O 4.38 ~ 5.25 kg。

2.4 新平冰糖橙产量、品质与养分含量的相关性

新平冰糖橙果园产量、果实品质与养分(果实、叶片、土壤)的相关性结果如表 7 所示。研究发现新平冰糖橙产量和品质与多个项目指标及养分含量呈显著相关。从表 7 新平冰糖橙果园土壤养分与产量、品质的相关性结果分析可知,土壤有机质(SOM)含量和土壤碱解氮含量均与单果重呈极显著负相关关系,土壤碱解氮含量与 Vc 含量呈极显著正相关关系;土壤速效钾含量与果实可溶性固形物(TSS)含量呈极显著正相关关系。

表 7 新平县冰糖橙产量、品质与养分的相关性分析

项目	指标	产量	单果重	TSS	TA	Vc	可食率	果皮厚度
土壤	pH 值	-0.099	0.177	-0.018	-0.026	0.162	0.067	0.229
	SOM	0.124	-0.272**	0.049	0.018	0.132	0.249	-0.181
	AN	0.230*	-0.335**	0.133	0.135	0.333**	0.347	-0.332
	AP	-0.072	-0.183	-0.002	-0.048	0.152	0.327	0.175
	AK	0.065	-0.136	0.316**	0.142	-0.025	0.208	0.115
春梢叶片	N	0.119	-0.161	-0.213*	-0.171	-0.017	0.542**	-0.359
	P	0.177	-0.027	0.022	-0.146	0.054	-0.081	0.219
	K	-0.082	-0.133	-0.165	0.028	0.052	0.538**	-0.202
	Ca	0.045	0.035	0.049	-0.096	-0.165	-0.623**	0.440*
	Mg	-0.117	0.251*	0.363**	0.003	0.168	-0.511**	0.088
	Fe	0.002	-0.032	-0.185	-0.057	-0.282**	0.421*	0.094
	Mn	-0.299**	0.051	-0.142	0.173	-0.033	-0.035	-0.005
	Cu	-0.226**	0.149	0.258*	-0.048	0.124	0.007	0.000
	Zn	-0.194	0.057	0.282**	0.204*	0.501**	-0.136	-0.027

注: * 表示显著相关 ($P<0.05$); ** 表示极显著相关 ($P<0.01$)。

从表 7 新平冰糖橙春梢叶片养分与产量、品质的相关性分析结果看出,春梢叶片养分与果实产量、品质的相关性较好,呈极显著正相关关系的有: 叶片 Mg、Zn 与 TSS 含量,叶片 N 与可食率,叶片 Zn 与 Vc 含量;呈极显著负相关关系的有: 叶片 Cu、Mn 与产量,叶片 Fe 与 Vc 含量,叶片 Ca、Mg 与可食率。

3 讨论

尽管新平柑橘产业取得了长足发展,尤其在规模化、集约化建园实践上取得了重要进展,但全县冰糖橙生产管理技术相对较为落后,施肥具有盲目性、随意性,大多果园施肥依靠经验,缺乏营养诊

断、评价与科学配方施肥技术,整体果品质量亟待提升。众所周知,科学合理施肥是影响果实产量和品质的重要因素,而且还能提高果园的土壤肥力^[7]。

3.1 新平冰糖橙果园土壤、叶片营养水平相关分析

矿质营养元素是影响柑橘生长发育的重要因素,养分丰缺直接影响到柑橘果实品质的好坏^[12],植株养分吸收利用主要依靠根系从土壤中获取,因此,土壤理化条件对柑橘养分吸收利用十分重要。

3.1.1 土壤 pH 值与 SOM

本调查采样分析发现,新平冰糖橙果园土壤大多为酸性红壤,pH 值偏低,影响了根系养分的吸

收利用, 建议通过施用石灰与碱性肥料等技术措施进行酸性土改良。新平冰糖橙果园 SOM 缺乏或偏低的比例占 52%, 与果园长期单施化肥而不重视有机肥的投入或有机肥表面撒施有关; 进一步相关性统计分析发现, SOM 含量与果实 TSS 含量呈正相关。因此, 针对新平冰糖橙果园有机质普遍缺乏情况, 建议加强有机肥的科学施用, 改善土壤理化性质和结构, 形成良好的土壤微生物环境, 活化土壤中难以利用的矿质元素, 促进根系对养分的吸收利用, 从而提高冰糖橙果实品质。

3.1.2 大量元素 N、P、K

本研究发现不同果园的养分含量差异非常大, 其中超过 90% 的土壤碱解氮缺乏, 而与春梢叶片 N 含量较高相矛盾, 这可能与新平高温高湿频繁预防溃疡病喷药的同时补充了一定量的叶面氮肥所致, 亦或是高温高湿生长环境下树体从土壤中吸收了大量的氮, 从而导致土壤碱解氮暂时亏缺。进一步相关性分析表明, 土壤碱解氮含量与果实 Vc 含量呈极显著正相关, 与前人研究结果一致^[13], 与单果重呈极显著负相关。因此, 要控制速效氮肥 (如尿素) 等的施入, 可采取少量多次施氮或通过缓效 N 肥等方式保证土壤持久供氮能力, 避免植株氮奢侈吸收。新平冰糖橙春梢叶片严重缺 P 而果园土壤有效磷缺乏与过量并存, 郭延平等^[14]研究发现, 缺 P 限制光合作用的正常进行, 因此, 建议针对性进行土壤集中近根补充磷肥和通过叶面喷施含磷肥料, 保证植株对磷素的高效吸收利用。新平冰糖橙果园叶片 K 和土壤速效 K 含量缺乏和过量并存, 土壤速效 K 与 TSS 含量呈极显著正相关, 建议根据各果园具体情况适当调控钾肥施用量。

3.1.3 中量元素 Ca、Mg

本研究调查与采样分析可知, 60% 的春梢叶片存在缺 Mg 和部分叶片 Ca 过量问题, 而叶片 Ca 与可食率呈极显著负相关, 叶片 Mg 与 TSS 含量呈极显著正相关。前人研究发现, 施 Ca 基本被果皮吸收^[15], 含量过高增加果皮厚度, 而施 Mg 对果皮变薄有利^[16]。说明过高的 Ca 含量以及缺 Mg 影响果实优质发育, 因此, 生产管理上应重视 Mg 肥的施用, 科学合理补充钙尤其是酸性土改良时注意含 Ca 物质的调控。

3.1.4 微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn

新平冰糖橙春梢叶片 Zn 缺乏和 Cu 过量情况十分严重, 比例均达 90% 以上; 有过半或近半的春

梢叶片 Fe、Mn 过量。叶片缺 Zn 可能是由于长期未施用含 Zn 肥料, 大量果实生产带走了大量 Zn, 导致土壤有效 Zn 不足; 加之 Zn 在植株树体内难以转移和再利用, 缺 Zn 症状通常出现在新叶, 早期无明显外观症状往往易被忽视, 导致不能及时发现和及时补充^[17]。新平冰糖橙春梢叶片 Cu 过量可能与防治溃疡病大量喷施了铜制剂有关。进一步相关性分析表明, 叶片 Zn 与果实 TSS 和 Vc 含量呈极显著正相关, 与前人在脐橙上的研究结果一致^[18]; 叶片 Cu、Mn 与产量, 叶片 Fe 与 Vc 含量均呈极显著负相关关系, 说明缺 Zn 和 Cu、Fe、Mn 含量高均不利于冰糖橙果实品质的形成。建议针对性通过叶面高效追肥或与有机肥混合等方式补充所缺微量元素, 同时注意防止 Cu 过量产生毒害作用。

3.2 新平县冰糖橙果园产量、果实品质水平与营养元素含量相关分析

3.2.1 果园产量

新平冰糖橙果园整体产量较低, 平均株产仅为 23.1 kg。产量由单果重和结果量决定, 而调查发现各果园单果重的差异远小于产量的差异, 可见, 影响新平冰糖橙果园产量的主要因素是结果量。黎旭荣等^[19]研究认为 K、Mg 缺乏会加重落花落果, 秦焯南^[20]研究得出施 Zn 能提高坐果率。本研究结果显示, 新平冰糖橙果园缺 Mg、Zn 严重以及 Ca、Cu 含量超标, 而产量与叶片 Cu 含量呈极显著负相关关系, 与土壤有效 N 含量呈显著正相关关系, 与周先艳等^[4-5]的研究结果基本一致。而前人^[21]研究发现叶片 Cu 含量会影响花器官的发育, 即高浓度的 Cu 抑制新根生长、花粉萌发和花粉管伸长。因此, 新平县冰糖橙果园要实现高产应重视 Cu 过量的问题, 同时在萌芽开花期及时补充 Mg、Zn 等中微量养分, 减少因养分不平衡导致大量落花落果发生。

3.2.2 果皮厚度、果实可食率

果皮厚度是影响果实质量和外观商品与销售的重要因素, 决定了果实耐储运程度和可食率。新平冰糖橙果皮厚度平均为 4.96 mm, 比唐帅等^[22]提出的兼顾可食率和耐储运能力优质冰糖橙 (果皮厚度为 4 mm) 果皮厚 24%, 果皮厚度改善提升空间较大。新平冰糖橙可食率平均仅为 59.96%, 远低于目前玉溪市地方标准规定的二级果果实可食率标准 ($\geq 75\%$), 仍有较大差距与提升空间。本研究显示, 果皮厚度与春梢叶片 Ca 含量呈显著正相关;

可食率与叶片 Ca、Mg 含量呈极显著负相关,与叶片 N、K 含量呈极显著正相关。研究表明,N 过量会使果皮变厚^[23];喷施 Ca 由于被果皮大量吸收而增加果皮厚度^[15]。由此可见,目前新平冰糖橙叶片 N、Ca 含量过高和 Mg 缺乏均不利于果实果皮的良好发育,使果皮增厚和可食率降低,因此,施肥管理上要调控 N、Ca 的奢侈吸收,增加 Mg 肥补充。

3.2.3 果实内在品质

冰糖橙果实糖、酸含量决定了其果品风味,Vc 是柑橘类水果中最重要营养成分之一。新平冰糖橙 TSS 含量平均为 10.13%,远低于目前玉溪市地方标准规定的冰糖橙二级果 TSS 含量要求($\geq 12\%$),果实内在品质还有较大提升空间。本研究结果显示,果实 TSS 含量与叶片 Mg、Zn 含量呈极显著正相关,与前人^[18]在脐橙上的研究结果一致,且果实 Vc 含量与叶片 Zn 含量呈极显著正相关,而新平冰糖橙叶片 Mg、Zn 缺乏情况严重,因此,生产管理上应重视 Mg、Zn 的补充来提高果实品质。赵智中等^[24]研究发现,过量的 N 使光合产物向果皮分配增多,果肉中 ABA/IAA 比值降低致果实成熟延迟,糖分积累时间减少,同时果肉中糖代谢消耗增加,从而导致果肉中糖累积减少。本研究显示,新平冰糖橙春梢叶片 N 含量较高而土壤碱解氮含量偏低,而果实 TSS 与叶片 N 含量呈显著负相关,这与前人^[5, 23]的研究结果类似,而果实 Vc 含量与土壤碱解氮含量呈极显著正相关,说明施肥管理上应调控 N 肥使用,建议以缓效氮肥持久供肥保证品质的形成。研究还发现,果实 TSS 含量与土壤速效钾含量呈极显著正相关,与前人^[13, 18]认为钾会降低果实 TSS 含量的结论有异,这可能是与所调查果园钾过量现象并不严重有关。因此,新平县冰糖橙果园应重视钾肥的科学合理施用,尤其防止在膨大后期大量追施钾肥而导致果皮增厚和提高果实酸含量。

4 结论

新平冰糖橙果园土壤酸化严重,土壤有机质偏低和碱解氮缺乏;春梢叶片 P、Mg、Zn 缺乏普遍且较严重,而叶片 Fe、Mn、Cu 含量超标现象严重,部分果园春梢叶片存在 N、Ca 含量超标。新平冰糖橙果园整体产量低,果实 TSS、Vc 含量较低、果皮偏厚、可食率低等问题突出且品质不稳

定;因此,建议施肥管理上注重有机肥的施用与酸性土改良,调控 N、Ca 使用,采用缓效氮肥或少量多次施氮增加土壤供氮水平,同时防止树体氮的奢侈吸收;通过叶面追肥、添加或深施有机肥等方式适量补充 Mg、Zn 肥;采用农业防治与生防制剂等技术措施防治溃疡病,以减少含铜制剂的投入,降低树体 Cu 吸收量。每生产 1 t 新平冰糖橙鲜果,建议氮磷钾投入量分别为:N 2.63 ~ 3.15 kg、 P_2O_5 0.88 ~ 1.05 kg、 K_2O 4.38 ~ 5.25 kg。

参考文献:

- [1] 张翠英. 新平县柑橘产业发展现状及思路对策[J]. 南方农业, 2013, 7(10): 64-68.
- [2] 张自荣. 洪江市优质冰糖橙产地环境与土壤特性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [3] 吴倩, 付威宾, 胡成, 等. 麻阳冰糖橙果园营养状况与果实品质状况分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(6): 97-103.
- [4] 周先艳, 朱春华, 李进学, 等. 云南冰糖橙果实矿质营养与品质及产量的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(4): 382-387.
- [5] 周先艳, 朱春华, 高俊燕, 等. 云南冰糖橙叶片矿质元素含量与果实品质关联性分析[J]. 江西农业学报, 2018, 30(6): 12-16.
- [6] 王秀英. 重庆地区柑橘园土壤养分现状及优化施肥研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [7] 庄伊美, 俞立达, 周学伍, 等. 柑桔营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992. 70-80.
- [8] 欧阳逃, 俞立达. 柑橘营养失调诊断与防治[M]. 上海: 上海科技出版社, 1990. 52-67.
- [9] 易晓瞳, 张超博, 李有芳, 等. 广西产区柑橘叶片大中微量元素营养丰缺状况研究[J]. 果树学报, 2019, 36(2): 153-162.
- [10] Thomas A O, Kelly T M. Nutrition of Florida Citrus Trees[M]. Florida University of Florida, 2008. 50-57.
- [11] 庄伊美. 柑桔营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 7-8.
- [12] 何天富. 柑橘学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 308-313.
- [13] 鲁剑巍, 陈防, 王运华, 等. 氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 413-418.
- [14] 郭延平, 陈屏昭, 张良诚, 等. 缺磷胁迫加重柑橘叶片光合作用的光抑制及叶黄素循环的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 359-363.
- [15] 聂赞. 喷钙对温州蜜柑果实不同形态钙含量及品质的影响[J]. 中国南方果树, 1994, (3): 16-17.
- [16] 廖育林, 郑圣先, 戴平安, 等. 钾镁锌硼钼肥对椪柑产量和品质的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1158-1161.

- [17] 付行政, 彭良志, 邢飞, 等. 柑橘缺锌研究进展与展望 [J]. 果树学报, 2014, 31 (1): 132-139.
- [18] 凌丽俐, 彭良志, 淳长品, 等. 赣南脐橙叶片营养状况对果实品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (4): 947-954.
- [19] 黎旭荣, 朱鑫, 张高强, 等. 广东四会优质沙糖桔产地生态地球化学特征 [J]. 现代地质, 2012, 26 (1): 125-130.
- [20] 秦煊南. 喷施硼镁锌对提高锦橙产量和果实品质的影响 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 1996, 18 (1): 40-45.
- [21] 郑重禄. 过量铜胁迫对柑橘影响的研究进展 (2) [J]. 浙江柑橘, 2018, 35 (4): 8-13.
- [22] 唐帅, 易自力, 李娜, 等. 冰糖橙果实品质综合评价量化模型的建立及应用 [J]. 果树学报, 2018, 35 (7): 889-897.
- [23] Nakahara I. Nitrogen fertilization programs in Satsuma mandarin groves in Japan [J]. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1983, (2): 571-574.
- [24] 赵智中, 张上隆, 刘拴桃, 等. 高氮处理对温州蜜柑果实糖积累的影响 [J]. 核农学报, 2003, 17 (2): 119-122.

Study on the relationship between yield, fruit quality and nutrient level of Bingtang sweet orange (*Citrus sinensis*) orchards in Xinping county

ZHANG Ji¹, LI Jun-jie¹, YANG Jiang-bo¹, TIAN Wang-hai², PU Jin-an³, CHEN Lei³, ZHENG Yong-qiang¹, LV Qiang¹, XIE Rang-jin¹, MA Yan-yan¹, DENG Lie¹, YI Shi-lai^{1*} (1. Citrus Research Institute of Southwest University / National Citrus Engineering Research Center, Beibei Chongqing 400712; 2. Xinping Farmland Construction and Soil Fertilizer Station, Yunnan Xinping 653400; 3. Xinping Cash Crops Station, Yunnan Xinping 653400)

Abstract: The research systematically studied fruit quality and yield and nutrient status of Bingtang sweet orange (*Citrus sinensis*) orchards in Xinping county, Yunnan Province, in order to provide a theoretical basis for scientific and rational fertilization and improve the fruit quality and produce higher economic benefits 105 samples (including fruits, spring shoot leaves, and soil) were collected from 22 representative Bingtang sweet orange orchards of the main towns in Xinping county. The intrinsic quality index of the fruit and the mineral nutrient contents of all samples were measured and analyzed. Then the relationship between yield, quality and nutritional content of Bingtang sweet orange were analyzed. The results showed that most orchards were acidic soil, the average pH value was 5.73; the soil nutrient was generally poor, the deficiency percentages of soil organic matter (SOM) and available N (AN) were 52% and 96%, respectively; the deficiency of available P (AP) and available K (AK) contents coexisted with the excess. The leaf phosphorus (P) Zinc (Zn), and magnesium (Mg) contents were generally low, and the percentages in low level accounted for 95%, 93% and 60%, respectively. The percentages of leaf copper (Cu), manganese (Mn), iron (Fe) and nitrogen (N) with high contents accounted for 93%, 63%, 51% and 36%, respectively. Bingtang sweet orange in Xinping county had a low yield and poor quality. The average yield per tree was 23.1 kg. The contents of total soluble solid (TSS), titratable acid (TA) and vitamin C (Vc) were 10.13%, 0.49% and 40 mg · 100 mL⁻¹, respectively. The amount of N, P₂O₅ and K₂O required for per ton of Bingtang sweet orange fruit was 2.63 ~ 3.15 kg, 0.88 ~ 1.05 kg, 4.38 ~ 5.25 kg, respectively. The correlation analysis between nutrient content (soil and leaf) and yield, quality indicators showed that there was a significantly positive correlation between soil AN content and yield, and a highly significantly positive correlation with Vc content. There was a highly significantly positive correlation between soil AK content and TSS content. There was a highly significant negative correlation between leaf N content and TSS content. There was a highly positive significant correlation between leaf Mg content and TSS content, a highly positive significant correlation between leaf Ca content and peel thickness, a highly positive significantly correlation between leaf Zn content and TSS, Vc content. In summary, Bingtang sweet orange orchards in Xinping county has a low quality of fruit and great differences between the orchards in many aspects. The nutrient contents varied greatly for leaf and soil samples. Most orchards had leaf Zn deficiency and Cu excess, some orchards had leaf Mg deficiency and N excess. Most orchards were acid soil, soil fertility was poor and soil nutrients were easily lost. Thus, it is recommended to appropriately increase the frequency of fertilization, apply slow-release nitrogen fertilizer instead of fast-effective nitrogen fertilizer, and increase the depth of organic fertilizer application. Moreover, a supplement of middle and micro elements fertilizers is needed, especially for Mg and Zn.

Key words: Xinping county; Bingtang sweet orange (*Citrus sinensis*); nutrition level; yield; fruit quality