

引用格式:

刘敏竹, 易晓瞳, 杨超, 陈香玲, 付行政, 李果果, 彭良志, 陈东奎, 廖慧红, 黄其椿, 淳长品, 赵洪涛, 曹立, 何义仲, 凌丽俐. 桂中南柑橘园区的土壤养分状况分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(4): 460–467.

LIU M Z, YI X T, YANG C, CHEN X L, FU X Z, LI G G, PENG L Z, CHEN D K, LIAO H H, HUANG Q C, CHUN C P, ZHAO H T, CAO L, HE Y Z, LING L L. Soil nutrient status analysis of citrus orchard in south-central Guangxi[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(4): 460–467.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



桂中南柑橘园区的土壤养分状况分析

刘敏竹^{1,2}, 易晓瞳^{1,2#}, 杨超^{1,2}, 陈香玲³, 付行政^{1,2}, 李果果³, 彭良志^{1,2}, 陈东奎³,
廖慧红³, 黄其椿³, 淳长品^{1,2}, 赵洪涛³, 曹立^{1,2}, 何义仲^{1,2}, 凌丽俐^{1,2*}

(1.西南大学柑桔研究所, 重庆 400712; 2.国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712; 3.广西农业科学院园艺研究所, 广西 南宁 530007)

摘 要: 在桂中南柑橘园区武鸣区、德保县、西乡塘区、来宾市、隆安县、马山县、上林县、钟山县等 8 个市(县、区)选取 104 个具代表性的柑橘园采集土壤样本, 定量测定土壤 pH、有机质和矿质元素含量等, 并进行主成分和聚类系统分析, 以探明桂中南柑橘园区土壤养分丰缺状况。结果表明: 桂中南柑橘园土壤 pH 值以酸性为主, 最适宜柑橘生长的微酸性土壤($5.5 \leq \text{pH} < 6.5$)占比仅为 19.2%; 49.0%的橘园土壤有机质含量不足; 土壤碱解氮及有效镁、有效锌、有效铜、有效硼含量普遍不足, 低于适量水平的比例分别为 51.0%、93.3%、93.3%、89.4%、92.3%, 特别是镁和锌缺失严重, 缺失水平占比分别为 59.6%和 63.5%; 有效磷和有效钙主要处于适宜水平, 适量以上水平的占比分别为 76.0%和 71.2%; 土壤有效钾丰缺并存, 不足、适宜、超标的比例分别为 42.3%、24.0%、33.7%; 有效铁、有效锰含量丰富, 处于适量以上水平的比例分别为 83.7%和 89.4%; 主成分和聚类分析表明, 德保县、钟山县和武鸣区果园的土壤养分综合状况要好于其他市(县、区)。可见, 桂中南柑橘产区生产上应当注意调节土壤 pH, 适当补充氮、镁和锌肥及增施有机肥, 减少铜制剂用量, 控制土施硼肥, 并重视磷、钙和钾肥的补充与平衡。

关 键 词: 柑橘; 土壤; pH; 有机质; 矿质养分; 桂中南柑橘园区

中图分类号: S158

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)04-0460-08

Soil nutrient status analysis of citrus orchard in south-central Guangxi

LIU Minzhu^{1,2}, YI Xiaotong^{1,2#}, YANG Chao^{1,2}, CHEN Xiangling³, FU Xingzheng^{1,2}, LI Guoguo³,
PENG Liangzhi^{1,2}, CHEN Dongkui³, LIAO Huihong³, HUANG Qichun³, CHUN Changpin^{1,2},
ZHAO Hongtao³, CAO Li^{1,2}, HE Yizhong^{1,2}, LING Lili^{1,2*}

(1.Citrus Research Insititute, Southwest University, Chongqing 400712, China; 2.National Citrus Engineering Reseach Center, Chongqing 400712, China; 2.Horticultural Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China)

Abstract: In order to investigate the soil nutrient status of citrus orchards in south-central Guangxi, 104 representative

收稿日期: 2021-03-04

修回日期: 2021-03-18

基金项目: 国家重点研发计划专项(2017YFD0202006); 国家现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(CARS-26-01A); 中央高校基本业务费专项(XDJK2019B041); 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2019jscx-gksbX0102)

作者简介: 刘敏竹(1996—), 女, 湖南新化人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培与生理研究, 736214409@qq.com; #并列第一作者, 易晓瞳(1992—), 女, 重庆万盛人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培与生理研究, 329615776@qq.com; *通信作者, 凌丽俐, 博士, 副研究员, 主要从事果树栽培与生理研究, linglili@cric.cn

citrus orchards in 8 major citrus production counties(Wuming District, Debao County, Xixiangtang District, Laibin City, Long'an County, Mashan County, Shanglin County, Zhongshan County) in south-central Guangxi were selected for collecting soil samples and quantitative determination of the soil pH, the organic matter and mineral element content, etc, principal component and cluster analysis were performed. The results showed that the soil of citrus orchard in south central Guangxi was mainly acidic, and the rate of the most suitable slightly acidic soil($5.5 \leq \text{pH} < 6.5$) for the growth of citrus was only 19.2%. 49.0% of the citrus orchards were insufficient in organic matter. The contents of available N, Mg, Zn, Cu, B were generally insufficient, and the proportions below the optimum range were 51.0%, 93.3%, 93.3%, 89.4%, 92.3%, respectively. In particular, the deficiency of Mg and Zn were serious, and the proportions of the deficient level were 59.6% and 63.5%, respectively. Available P and Ca were mainly in the optimum range, the proportions above the appropriate range were 76.0% and 71.2%, respectively. The lack of soil available K coexisted with the excess, the proportions in insufficient, appropriate and exceeding level account for 42.3%, 24.0%, 33.7%, respectively. The contents of available Fe and Mn were rich, the proportions above optimum range were 83.7% and 89.4%, respectively. The result of principal component and cluster analysis indicated that the comprehensive soil nutrient status of orchards in Debao County, Zhongshan County and Wuming District were better than the other counties. Therefore, soil pH should be adjusted, and N, Mg, Zn fertilizers and organic fertilizer should be applied appropriately. Furthermore, dosage of copper fungicides should be reduced, and B fertilizer application in a soil manner should be controlled, and the supplement and balance of P, Ca and K fertilizers should also be paid attention to.

Keywords: citrus; soil; pH; organic matter; mineral nutrient; citrus orchards in south-central Guangxi

近年来广西柑橘产业发展迅猛,至 2018 年种植面积已达 38.82 万 hm^2 ,产量达 836.49 万 t,占中国柑橘总产量的 20.21%,成为中国柑橘的第一大产区。沃柑作为晚熟杂柑类品种,在广西的发展尤为迅速,种植面积超出了 13 万 hm^2 ,产量超过了 100 万 t。其中,桂中南产区属亚热带季风海洋性气候,具有雨水丰沛、日照充足、无霜期长等优势,是中国晚熟柑橘沃柑的优势发展区域。

由于种植者栽培水平参差不齐,对土壤营养状况的重视度不够,加上施肥方式普遍依据经验,生产中常常出现缺素黄化、产量不稳定和品质下降等问题^[1]。一般来说,柑橘园土壤的营养状况是制定土壤管理和果树平衡施肥方案的重要依据之一。由于气候、土壤条件和管理模式的不同,各产区柑橘园土壤营养状况存在显著的差异。其中,广东产区土壤主要是低镁、缺硼及钾、钙、镁养分之间的失衡^[2];湖南和湖北产区土壤主要缺氮和硼,其他元素缺乏或过量存在^[3];重庆三峡库区柑橘土壤养分的限制因子是锌、硼和锰^[4];云南产区土壤有机质、氮和硼缺乏,而钾、钙、锰和铜高量以上居多^[5];浙江产区土壤以钙、镁、硼缺乏为主^[6]。目前,关于广西产区柑橘园土壤养分状况的研究较少,且主要集中于桂北柑橘老产区。特别是近年来桂中南产区晚熟柑橘经历

了“井喷式”发展,部分果园由原有的桉树林、稻田、甘蔗地和香蕉种植园改建,土壤养分状况尚不清楚,难以实现合理的平衡施肥。鉴于此,本研究中,以桂中南 8 个柑橘主产市(县、区)的 104 个具代表性的柑橘园为对象,研究其土壤养分状况与分布特征,以期为桂中南柑橘园的平衡施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集及前处理

2017 年 9—10 月,在桂中南 8 个市(县、区)选择 104 个代表性果园并采集土样,其中包括武鸣区(WM)31 个、德保县(DB)9 个、西乡塘区(XXT)9 个、来宾市(LB)24 个、隆安县(LA)9 个、马山县(MS)6 个、上林县(SL)9 个、钟山县(ZS)7 个。果园果树品种以沃柑为主,少量为沙糖橘和茂谷柑。土壤包括红壤、黄壤、红黄壤等,其中红壤为主要土壤类型。

每个柑橘园按“Z”形选取长势较一致的树 15 株,在每株树树冠滴水线外侧 30~40 cm 选择 1 个采样点(避开施肥点),并采集距离地表 0~40 cm 土层土壤 200 g 左右;剔除根、草、碎石等杂质后,将 15 个采样点的土壤充分混匀,采用四分法取土样 500 g 左右作为 1 个样品,登记编号后于实验室

风干、粉碎、过筛,保存于干燥的避光容器内,待测定分析用。

1.2 土壤样品的分析及测定

参照文献[7],采用水浸提电位法、重铬酸钾-硫酸氧化容量法、碱解扩散法、盐酸-氯化铵法、黄素光度法分别测定土壤 pH、有机质、碱解氮、有效磷、有效硼质量分数;采用乙酸铵浸提火焰光度法测定土壤有效钾、有效钙、有效镁质量分数;采用盐酸浸提火焰光度法测定土壤有效铁、

有效锰、有效锌、有效铜质量分数。

1.3 土壤 pH 和营养元素分级标准

参照文献[8-10],对土壤 pH、有机质和各养分进行分级。土壤 pH 分级标准: $\text{pH} < 4.5$, 强酸性; $4.5 \leq \text{pH} < 5.5$, 酸性; $5.5 \leq \text{pH} < 6.5$, 微酸性; $6.5 \leq \text{pH} < 7.3$ 中性, $\text{pH} \geq 7.3$ 碱性。土壤有机质及各养分分为缺乏(D)、低量(L)、适量(O)、高量(H)、过量(E)共 5 级,具体列于表 1。

表 1 柑橘园土壤养分分级标准

Table 1 Grading standard of soil nutrient in citrus orchard

级别	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效钙/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效镁/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效铁/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效锰/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效锌/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效铜/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效硼/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
缺乏(D)	<5	<50	<3	<50	<100	<50	<5	<2	<2	<0.2	<0.1
低量(L)	$5 \sim 15$	$50 \sim 100$	$3 \sim 15$	$50 \sim 100$	$100 \sim 500$	$50 \sim 100$	$5 \sim 10$	$2 \sim 5$	$2 \sim 5$	$0.2 \sim 2$	$0.1 \sim 0.5$
适量(O)	$15 \sim 30$	$100 \sim 200$	$15 \sim 80$	$100 \sim 200$	$500 \sim 2000$	$100 \sim 200$	$10 \sim 20$	$5 \sim 20$	$5 \sim 10$	$2 \sim 8$	$0.5 \sim 1$
高量(H)	$30 \sim 60$	$200 \sim 300$	$80 \sim 200$	$200 \sim 360$	$2000 \sim 3000$	$200 \sim 300$	$20 \sim 300$	$20 \sim 150$	≥ 10	≥ 8	≥ 1
过量(E)	≥ 60	≥ 300	≥ 200	≥ 360	≥ 3000	≥ 300	≥ 300	≥ 150			

1.4 数据处理

利用 Excel 2019 进行数据汇总与计算;采用 Duncan 法进行差异性比较;运用 SPSS statistics 18.0 进行相关性、主成分和聚类分析;利用 OriginPro 2016 绘制散点图及主成分分析载荷图;运用 R 3.6.3 绘制聚类热图。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 和有机质的变化

由图 1 可知,桂中南柑橘园土壤 pH 以酸性为主,部分为中性和碱性土, $\text{pH} < 5.5$ 的柑橘园占比达 64.4%。适宜柑橘生长的果园土壤($4.5 \leq \text{pH} < 7.3$)占比达 84.6%,其中,德保县和马山县仅 66.7%的果园土壤 pH 处于这一范围,比例最低,而其余市(县、区)处于这一范围的比例达 80%以上,来宾市高达 91.7%;但是,最适宜柑橘生长的微酸性土壤($5.5 \leq \text{pH} < 6.5$)比例较小,占比仅为 19.2%,仅德保县、上林县、钟山县、武鸣区的比例较高,分别为 44.4%、33.3%、28.6%和 22.6%;仅德保县和钟山县的柑橘园无强酸性土壤,其余市(县、区)均有部分果园土壤为强酸性,其中马山县有 33.3%的果

园土壤为强酸性,比例最高;仅德保县和钟山县的部分柑橘园土壤呈碱性,其碱性土壤占比分别为 33.3%和 14.3%。

由图 1 可知,桂中南柑橘园土壤的有机质主要以低量和适量水平为主,低量和适量水平的占比分别为 49.0%和 45.2%。其中,钟山县、隆安县、德保县和西乡塘区果园土壤有机质以适宜水平为主,而武鸣区低量和适宜水平各占一半;马山县、上林县和来宾市果园土壤有机质以低量水平为主,特别是马山县所有果园的土壤有机质均处于低量水平;仅西乡塘区有少量果园(11.1%)的土壤有机质处于缺乏水平;仅武鸣区、德保县和来宾市有少量果园的土壤有机质处于高量水平。

2.2 土壤大中量元素的变化

由图 1 可知,桂中南柑橘园土壤碱解氮主要处于低量和适量水平,低量和适宜水平的占比分别达 51.0%、38.5%。其中,马山县土壤碱解氮均处于低量水平;来宾市、隆安县、山林县和武鸣区的土壤碱解氮以低量水平为主;而钟山县、西乡塘区和德保县的土壤碱解氮以适量水平为主,特别是钟山县的土壤碱解氮均处于适量和高量水平。

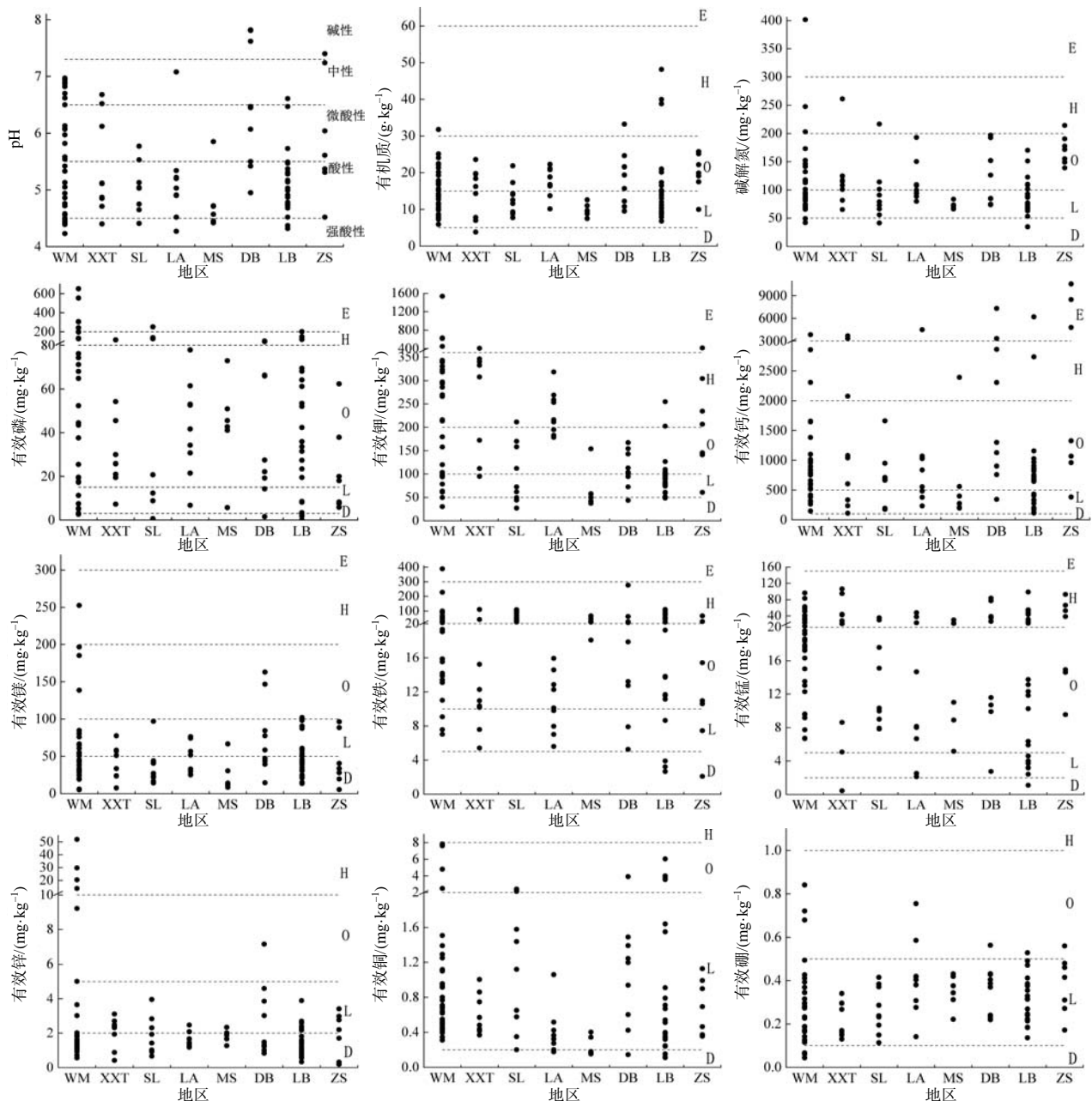


图 1 桂中南柑橘园区土壤的养分质量分数

Fig.1 The mass fractions of soil nutrient of citrus orchards in south-central Guangxi

由图 1 可知, 桂中南柑橘园土壤有效磷和有效钙主要处于适量以上水平, 适量以上水平的占比分别为 76.0% 和 71.2%。其中, 西乡塘区、隆安县、马山县、武鸣区、德保县和来宾市多数果园的土壤有效磷处于适量以上水平, 而上林县和钟山县分别有 44.4% 和 42.9% 的果园土壤有效磷处于低量以下水平, 特别是上林县有 22.2% 的果园土壤有效磷处于缺乏水平。马山县有 66.7% 果园的土壤有效钙处于低量水平, 比例最大; 其次为来宾市、西乡塘区和隆安县, 分别有 37.5%、33.3% 和 33.3% 果园的土壤有效钙处于低量水平; 随后为武

鸣区和上林县, 分别有 22.6% 和 22.2% 的果园土壤有效钙处于低量水平; 钟山县和德保县的果园土壤有效钙处于低量水平的比例最小。

由图 1 可知, 桂中南柑橘园土壤有效钾总体上丰缺并存, 不足、适宜、超标的占比分别为 42.3%、24.0%、33.7%。其中, 隆安县土壤有效钾均处于适量和高量水平; 马山县、来宾市和上林县多数果园的土壤有效钾处于低量以下水平, 占比分别为 83.3%、75.0% 和 55.6%, 特别是马山县和上林县分别有 50.0% 和 33.3% 果园的土壤有效钾处于缺乏水平; 隆安县、武鸣区、西乡塘区和钟

山县有部分果园的土壤有效钾处于过量水平, 占比分别为 66.7%、54.8%、55.6%、57.2%。

由图 1 还可知, 桂中南柑橘园土壤有效镁主要处于低量以下水平, 低量以下水平的占比为 93.3%, 特别是缺失水平的占比达 59.6%, 而适量水平的占比仅占 5.8%。其中, 西乡塘区、隆安县、马山县、上林县和钟山县果园土壤的有效镁不足情况严重, 全部处于低量和缺乏水平; 其后依次为来宾市、武鸣区和德保县, 低量以下水平的占比分别为 95.8%、87.1 和 77.8%。

2.3 土壤微量营养元素的变化

由图 1 可知, 桂中南柑橘园土壤有效铁和有效锰主要处于适量以上水平, 适量以上水平的占比分别为 83.7%、89.4%。其中, 仅钟山县和来宾市有少量果园的土壤有效铁处于缺乏水平, 而西乡塘区和来宾市也有少量果园土壤有效锰处于缺乏水平。

由图 1 可知, 桂中南柑橘园土壤有效锌和有效铜主要处于低量以下水平, 占比分别为 93.3%和 89.4%。其中, 土壤有效锌严重不足, 缺失比例达

63.5%, 仅武鸣、德保地区有少数果园处于适量或高量水平; 仅武鸣、德保、来宾、上林地区有少数柑橘园土壤有效铜处于适量水平, 其余地区土壤有效铜含量严重不足。

由图 1 还可知, 桂中南柑橘园土壤有效硼均主要处于低量以下水平, 占比达 92.3%。其中, 西乡塘区、马山县和上林县果园的土壤有效硼含量均处于低量水平, 而来宾市、武鸣区、德保县、钟山县和隆安县土壤有效硼处于低量以下水平的果园比例分别为 95.8%、90.3%、88.9%、85.7%和 77.8%, 总体上有效硼也严重不足。

2.4 土壤 pH 和有机质与营养元素的相关性

由表 2 可知, 土壤 pH 与碱解氮、有效钾、有效锌、有效铜和有效硼质量分数间具有显著正相关性, 与有效钙、有效镁、有效锰和有效硼质量分数间具有极显著正相关性; 有机质质量分数与有效钾质量分数间具有显著正相关性, 与碱解氮、有效钙、有效镁、有效锰和有效铜质量分数间具有极显著相关性。

表 2 桂中南柑橘园土壤 pH 和有机质与营养元素的相关系数

项目	相关系数										
	有机质	碱解氮	有效磷	有效钾	有效钙	有效镁	有效铁	有效锰	有效锌	有效铜	有效硼
pH	0.121	0.231*	0.186	0.194*	0.684**	0.393**	0.157	0.341**	0.195*	0.212*	0.255**
有机质		0.537**	-0.023	0.209*	0.380**	0.265**	0.019	0.257**	0.190	0.291**	0.172

、*、* 分别示相关性显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$)。

2.5 土壤 pH 和有机质与营养元素的主成分和聚类分析结果

将各市(县、区)土壤养分采用主成分分析进行降维处理后, 可提取 4 个主成分, 其特征值分别

为 5.039、3.412、1.544 和 1.076, 累积贡献率为 92.0%, 基本保留了 12 个土壤养分参数的全部信息, 因此, 选择前 4 个主成分作为分析的依据。由图 2 可知, 主成分 1 的贡献率为 42.0%, 在 0.6~

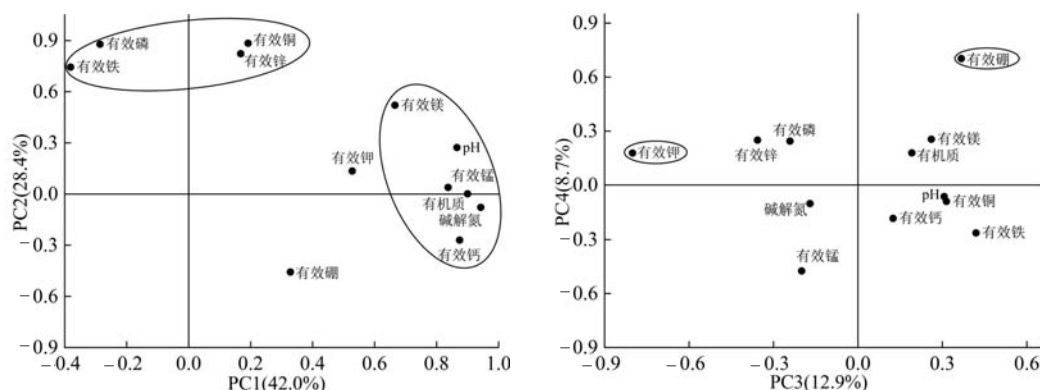


图 2 桂中南柑橘园土壤养分主成分分析的载荷

Fig.2 Principal component analysis load diagram of soil nutrients of citrus orchards in south-central Guangxi

1.0 涉及的参数主要为碱解氮、有机质、pH、有效钙、有效锰和有效镁，主要反映了土壤有机物质、酸碱性及营养元素氮、钙、镁、锰的水平；主成分 2 的贡献率为 28.4%，在 0.6~0.9 涉及的参数主要为有效磷、有效铜、有效锌和有效铁，主要反映了大量元素磷和微量元素铜、锌、铁的水平；主成分 3 的贡献率为 12.9%，在-0.9~-0.6 涉及的参数主要为有效钾，主要反映了土壤大量元

素钾的水平；主成分 4 的贡献率为 8.7%，在 0.6~0.9 之间涉及的参数主要为有效硼，主要反映了土壤微量元素硼的水平。

以每个主成分所对应的特征值占总特征值之和的比例作为权重，结合前 4 个主成分分值计算每个市(县、区)的综合主成分值(F 值)，进行排序(表 3)。由表 3 可知，德保县、钟山县和武鸣区果园土壤养分的 F 值高于其他市(县、区)。

表 3 桂中南柑橘园土壤养分主成分分析的综合得分

Table 3 Principal component analysis comprehensive score of soil nutrients of citrus orchards in south-central Guangxi						
市(县、区)	F_1	F_2	F_3	F_4	F	排序
武鸣区	0.171 62	1.860 80	-1.136 53	0.846 62	0.478 95	3
德保县	1.044 98	0.553 16	1.640 78	0.051 28	0.909 29	1
西乡塘区	0.150 97	-0.273 04	-1.363 12	-1.504 01	-0.178 71	5
来宾市	-0.481 56	0.011 97	0.852 98	-0.268 21	-0.210 73	6
隆安县	0.070 76	-0.976 50	-0.378 55	1.802 98	-0.146 03	4
马山县	-1.470 67	-0.929 77	0.057 70	0.189 81	-1.075 30	8
上林县	-1.032 22	0.685 47	0.502 85	-0.690 32	-0.426 17	7
钟山县	1.546 13	-0.932 10	-0.176 11	-0.428 15	0.648 69	2

对 8 个市(县、区)果园的土壤养分含量进行聚类系统分析。由图 3 可知，8 个市(县、区)可分为 4 类。结合图 3 和表 3 可知，德保县和钟山县为 1 类，土壤养分综合状况最好，其中德保县果园土壤镁最为丰富，有机质和氮、钙、铁、锰、铜、硼均较为丰富，仅 pH 适宜度较差和钾缺乏；而钟山县果园土壤氮、钙丰富度最大，有机质、钾、锰、硼丰富度也较大，但是磷、镁、铁、锌、铜含量低，特别是磷、铁缺乏严重。武鸣区单独为 1 类，土壤养分综合状况较好，其果园土壤的磷、锌丰富度最高，钾、镁、铁、铜也较为丰富。隆安县和西乡塘区为 1 类，土壤养分综合状况也较

好，其中隆安县果园土壤的硼丰富度最大，有机质、钾、镁较为丰富，但是磷、钙、铁、锰、锌、铜含量低，特别是铁、锰、铜缺乏严重；而西乡塘果园土壤的锰丰富度最大，氮和钾丰富度也较丰富，但是有机质、磷、镁、铁、铜、硼缺乏，其中硼严重缺乏。来宾市、上林县和马山县归为 1 类，土壤养分综合状况较差，特别是马山县的综合状况最差，其中来宾市果园土壤的有机质、铁、铜丰富度较好，但是氮、磷、钾、钙、锰、锌、硼含量低，pH 适宜度差，尤其是氮、钾、锌缺乏严重；上林县的铁丰富度最大，磷、铜较为丰富，但是有机质、氮、钾、钙、镁、

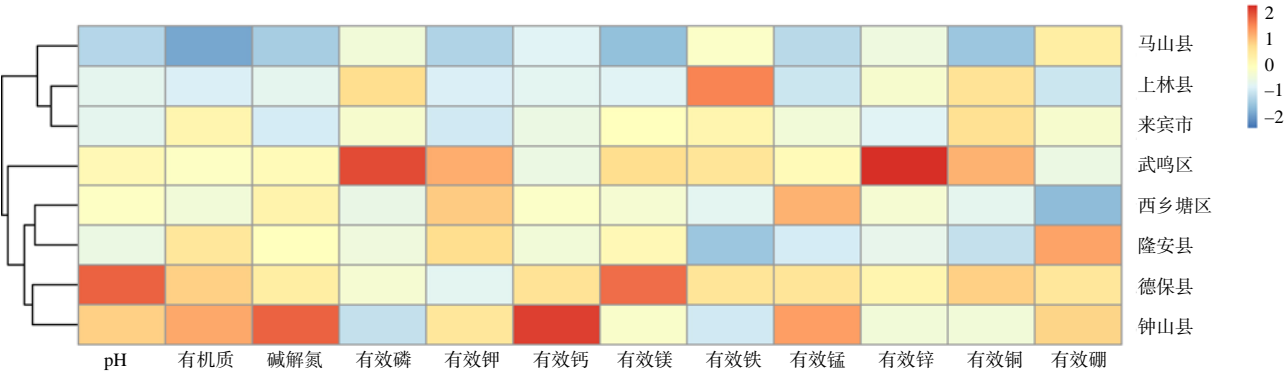


图 3 桂中南柑橘园土壤养分的聚类热图

Fig.3 Heat map of cluster analysis of soil nutrients of citrus orchards in south-central Guangxi

锰、锌、硼均有不同程度的缺乏, pH 适宜度也较差;而马山县果园土壤的硼较为丰富, pH 适宜度最差,有机质和氮、钾、钙、镁、锰、铜均含量最低,缺乏严重。

3 结论与讨论

广西柑橘园土壤多数为红壤。红壤土酸性强,保肥能力差,长期偏施氮、磷、钾肥而轻有机肥也会加重土壤酸化^[11],加速盐基性阳离子的淋失及大量铝离子、重金属离子活化,影响柑橘生长^[12-13]。本研究中,桂中南柑橘园区的土壤有机质含量偏低,低于适量值的柑橘园比例高达 49.0%;土壤酸性也较强, pH < 5.5 的柑橘园占比达 64.4%。对于有机质含量低的橘园,在生产上应增施厩肥或生草栽培,以增加土壤有机质含量,改善土壤结构,提高土壤养分有效性和稳定土壤水分条件^[14],同时结合有机肥和生理碱性肥料(如氢氧化镁、钙镁磷)的施加,适量施用生石灰,以调整土壤缓冲性能和 pH 值^[15]。

土壤矿质营养元素对柑橘的生长发育至关重要。其中,大中量元素含量的丰缺是影响树体生长发育、果实产量与品质的重要因素之一,其过量或不足均会产生不利影响。本研究中,桂中南柑橘园土壤大中量元素主要存在镁、氮不足问题,93.3%的果园土壤镁含量不足,特别是缺失比例高达 59.6%;除钟山县外其余桂中南柑橘园均存在土壤氮不足问题,特别是马山县所有果园土壤氮均为低量水平;虽然桂中南柑橘园区土壤磷、钙含量主要处于适量以上水平,但仍有不同市(县、区)存在一定程度的磷、钙不足问题,特别是上林县和钟山县的磷不足果园比例高达 44.4%和 42.86%,马山县 66.7%的果园及来宾市、西乡塘区和隆安县分别有 37.5%、33.3%和 33.3%的果园土壤钙含量处于低量水平;此外,土壤钾的不足和超标问题并存,马山县、来宾市和上林县分别有 83.3%、75.0%和 55.6%的果园存在钾不足问题,其中马山县和上林县分别有 50.0%和 33.3%果园的土壤钾含量甚至处于缺乏水平,而隆安县、钟山县、西乡塘区和武鸣区半数以上(66.7%、57.2%、55.6%、54.8%)的果园存在土壤钾超量问题。这一方面与建园立地条件和保肥能力差有关,另一方

面产区果园土壤主要为红壤土,酸化严重,易导致磷、钾、镁不足。此外,桂中南产区主栽沃柑、砂糖橘和茂谷柑等宽皮柑橘,树势强、产量高,对营养元素的需求量大,极易造成营养元素的缺乏^[16-17]。针对此状况,在生产上一方面宜配合富磷、钾化肥施加腐熟有机肥,改良土壤,提高土壤营养元素含量,以利于根系吸收利用,解决营养元素不足问题;另一方面宜采用叶面喷施、雨前撒施或滴灌的方式施加无机氮、磷、钾、镁肥,少量多次,减少肥效流失,提高肥料利用率。

微量元素对柑橘生长发育、开花结果和果实品质有着不可替代的作用^[18],其不足不仅会直接影响果实产量和品质,还会影响大中量元素的吸收和利用^[4,19]。而成土母质、土壤 pH 值、有机质含量等都会影响土壤微量营养元素的含量和有效性^[20-21]。本研究中,桂中南柑橘果园土壤铁、锰超标严重,这主要与其土壤多为红壤、酸性较强有关。前期研究^[22]发现广西柑橘园叶片的铁、锰含量主要处于适量与超标水平。桂中南柑橘果园土壤锌、铜、硼普遍不足,特别是锌缺乏严重。在广西、重庆、江西、湖北、浙江等地柑橘普遍缺 Zn 严重^[23-25],前期对广西柑橘叶片营养元素的调查也发现,叶片缺锌比例高达 84.1%(缺乏水平占 39.6%)^[22],这一方面与土壤锌不足有关,另一方面也与生产上不重视有机肥施用和锌肥的补充有很大关系。但是,前期对叶片的调查表明,桂中南产区柑橘叶片铜、硼含量主要处于适量甚至超标水平。其中叶片铜超标主要与生产上频繁使用铜制剂防治溃疡病有关,而叶片硼超标主要与近年来柑橘生产上硼肥的推广应用得到较好普及有关^[26-27]。可见,桂中南柑橘产区生产上一方面要重视锌肥的增施;另一方面也要尽量避免频繁、大量施用氢氧化铜、波尔多液、噻菌铜等含铜杀菌剂及土施硼肥的方式,于柑橘花期喷施 1~2 次叶面硼肥即可。

综上所述,桂中南柑橘园土壤有机质含量偏低、酸性较强,氮、镁、锌、铜、硼含量普遍不足,特别是镁和锌缺失严重;多数果园的磷、钙含量较为适宜,但是部分市(县、区)有较大比例的果园存在磷、钙不足问题;钾丰缺并存,其中马

山县、来宾市和上林县大量果园存在钾不足问题,而隆安县、钟山县、西乡塘区和武鸣区半数以上的果园存在土壤钾超量问题;铁和锰含量丰富,上林县、马山县、来宾市、武鸣区半数以上的果园存在铁超标问题,而西乡塘区、钟山县和德保县半数以上果园存在锰超标问题;因此,桂中南柑橘产区生产上应当注意调节土壤pH,适当补充氮、镁、锌肥及增施有机肥,减少铜制剂用量,控制土施硼肥,并重视磷、钙和钾肥的补充与平衡,以利于树体生长发育,确保果实产量与品质。

参考文献:

- [1] 范七君,牛英,陈传武,等. 叶片黄化金柑植株的叶片及土壤矿质营养含量分析[J]. 南方农业学报, 2017, 48(3): 470-474.
- [2] 姚丽贤,周修冲,彭智平,等. 广东省柑桔园土壤养分肥力研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 41-44.
- [3] 陶梦铭,应虹,孙强,等. 湖北与湖南柑橘园土壤及树体养分状况[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(13): 3289-3292.
- [4] 王彤,朱攀攀,习建龙,等. 重庆柑橘园土壤微量营养元素养分状况分析[J]. 果树学报, 2018, 35(12): 1478-1486.
- [5] 李有芳,张超博,易晓瞳,等. 云南玉溪柑橘园土壤养分状况与分布特征[J]. 土壤, 2020, 52(3): 487-493.
- [6] 温明霞,鹿连明,王鹏,等. 浙江省柑橘园土壤养分调查[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(2): 208-211.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [9] 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.
- [10] 苏婷婷,周鑫斌,徐墨赤,等. 重庆市柑橘园土壤养分现状研究[J]. 土壤, 2017, 49(5): 897-902.
- [11] 姬钢. 不同土地利用方式下红壤酸化特征及趋势[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [12] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327: 1008-1010.
- [13] 杨甲华,张杨珠,高菊生,等. 不同种植模式下丘岗红壤的酸性和交换性能研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(5): 526-529.
- [14] 潘学军,张文娥,樊卫国,等. 自然生草和间种绿肥对盆栽柑橘土壤养分、酶活性和微生物的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(8): 1235-1240.
- [15] 夏刚,张义明. 城固丘陵区柑橘园土壤酸化状况调查及治理对策[J]. 江西农业, 2017(13): 33-34.
- [16] 王甜,黄志霖,曾立雄,等. 三峡库区柑橘园施肥量对土壤氮淋失及残留量的影响[J]. 环境科学, 2019, 40(3): 1468-1474.
- [17] 易晓瞳,张超博,李有芳,等. 广西产区柑橘叶片大中量元素营养丰缺状况研究[J]. 果树学报, 2019, 36(2): 153-162.
- [18] 刘桂东,姜存仓,王运华,等. 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.
- [19] 马芳骥. 大田生产要重视中微量元素[J]. 农家参谋, 2015(8): 37.
- [20] GARCÍA-MARCO S, GÓMEZ-REY M X, GONZÁLEZ-PRIETO S J. Availability and uptake of trace elements in a forage rotation under conservation and plough tillage [J]. Soil and Tillage Research, 2014, 137: 33-42.
- [21] WANG H, LIU Y M, QI Z M, et al. The estimation of soil trace elements distribution and soil-plant-animal continuum in relation to trace elements status of sheep in Huangcheng area of Qilian mountain grassland, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(1): 140-147.
- [22] 张超博,易晓瞳,李有芳,等. 广西柑橘叶片微量营养元素含量状况研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(9): 1514-1522.
- [23] 凌丽俐,彭良志,淳长品,等. 赣南纽荷尔脐橙叶片微量元素含量状况[J]. 园艺学报, 2010, 37(9): 1388-1394.
- [24] 邢飞,付行政,彭良志,等. 重庆三峡库区柑橘叶片锌营养状况及其影响因子分析[J]. 果树学报, 2014, 31(4): 602-609.
- [25] 占旭,刘秀红,应介官,等. 江西南丰和浙江衢州柑桔产区土壤及叶片锌含量分析[J]. 中国南方果树, 2015, 44(3): 56-58.
- [26] 姜存仓,王运华,刘桂东,等. 赣南脐橙叶片黄化及施硼效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(3): 656-661.
- [27] 杨惠栋. 枳和资阳香橙等4种柑橘砧木的耐盐耐碱性差异及其生理研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳 正