

崇明区温州蜜柑园土壤和叶片营养元素丰缺状况分析

刘 静^{1,2,3}, 丰智松⁴, 陈 磊⁵, 安琪琪⁶, 石振昌⁷, 陶裕欧⁷, 张卫峰^{1,2,3,4*}

- (1. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036; 2. 农田生态保育与污染防控安徽省重点实验室, 合肥 230036; 3. 安徽省绿色磷肥智能制造与高效利用工程研究中心, 合肥 230036; 4. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100083; 5. 上海市崇明区生态农业科创中心, 上海 202150; 6. 上海市崇明区农产品质量安全中心, 上海 202150; 7. 上海市崇明区绿华镇农业综合技术推广服务中心, 上海 202151)

摘 要: 为分析上海崇明区温州蜜柑园土壤有效养分、叶片矿质元素含量的测定以及营养状况, 提供科学施肥的理论依据。对研究区 30 个温州蜜柑园进行土壤和叶片调研取样, 测定土壤和叶片矿质营养元素含量, 与推荐指标进行对比, 确认了土壤和叶片营养状况丰缺状况。结果表明: 崇明区温州蜜柑园土壤整体偏碱, pH 平均值为 7.78; 土壤碱解氮、有效磷、以及有效锰处于缺乏或低量水平的温州蜜柑园分别占 83.3%、97.3%、90.0%, 其余土壤营养元素整体处于适宜或高量水平; 温州蜜柑园叶片钾、钙和锌含量缺乏的占比分别为 80.0%、60.0%和 100.0%; 叶片氮含量处于过量水平的温州蜜柑园占比 80.0%, 其余元素含量整体处于适宜水平; 对比土壤养分与叶片养分发现土壤交换性钙、交换性镁的含量情况与叶片中对应元素显著正相关, 其余的营养元素无明显的相关性。针对上海崇明区温州蜜柑园土壤整体缺碱解氮、有效磷以及有效锰的情况, 土壤管理需要考虑增加氮肥、磷肥投入以及锰肥补施, 土壤过量但叶片缺乏的元素例如钙、锌考虑叶面喷施的施肥方式进行补充。

关键词: 温州蜜柑; 崇明区; 土壤养分; 叶片; 矿质元素

中图分类号: S158.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2023)04-0715-06

Analysis of nutrient abundance and deficiency of soil and leaves in Wenzhou mandarin orchard, Chongming district

LIU Jing^{1,2,3}, FENG Zhisong⁴, CHEN Lei⁵, AN Qiqi⁶, SHI Zhenchang⁷, TAO Yuou⁷, ZHANG Weifeng^{1,2,3,4}

- (1. School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 2. Anhui Provincial Key Laboratory of Farmland Ecological Conservation and Pollution Prevention and Control, Hefei 230036; 3. Anhui Engineering Research Center for Intelligent Manufacturing and Efficient Utilization of Green Phosphate Fertilizer, Hefei 230036; 4. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100083; 5. Shanghai Chongming District Ecological Agriculture Science and Technology Innovation Center, Shanghai 202150; 6. Shanghai Chongming District Agricultural Product Quality and Safety Center, Shanghai 202150; 7. Agricultural Comprehensive Technology Extension Service Center, Lühua Town, Chongming District, Shanghai 202151)

Abstract: To provide a theoretical basis for scientific fertilization in Chongming district, Shanghai, by measuring the effective soil nutrients, the measurement of mineral element content of leaves and nutritional status. Soil and leaf survey and sampling were carried out in 30 Wenzhou mandarin orange orchards in Chongming District, Shanghai, and the mineral nutrient content of soil and leaves was determined, and the nutrient status of soil and leaves was confirmed by comparing with the recommended indicators. The results showed that: the soil of Wenzhou mandarin orange garden in Chongming district, Shanghai was alkaline overall, with an average pH of 7.78, and 83.3%, 97.3% and 90.0% of the soil alkali hydrolysis, available phosphorus and effective manganese were at the lack or low levels of Wenzhou mandarin orange garden in Chongming district, Shanghai, and the remaining soil nutrient elements were overall at appropriate or high levels. The proportion of potassium, calcium and zinc deficiency in leaves of Wenzhou mandarin orange orchard was 80.0%, 60.0% and 100.0%, respectively. 80.0% of Wenzhou mandarin orange orchards had excessive nitrogen content, and the content of other elements was at an appropriate level. Comparing soil nutrients

收稿日期: 2022-08-30

基金项目: 上海科技兴农项目 (沪农科推字 (2020) 第 2-2 号) 资助。

作者简介: 刘 静, 硕士研究生。E-mail: ljjunior@163.com

* 通信作者: 张卫峰, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: wfzhang@cau.edu.cn

and leaf nutrients, it was found that the content of soil exchange calcium and exchange magnesium was significantly positively correlated with the corresponding elements in the leaves, while the rest of the nutrients had no obvious correlation. In view of the overall soil deficiency of alkali hydrolysis, available phosphorus and effective manganese in Wenzhou mandarin orange garden in Chongming district, Shanghai, soil management needs to consider increasing nitrogen fertilizer, phosphate fertilizer input and manganese fertilizer supplementation, and the elements such as calcium and zinc lacking in soil but leaf deficiency should be supplemented by foliar spraying.

Key words: Wenzhou mandarin orange; Chongming district; soil nutrients; blades; mineral element

柑橘作为重要的经济作物,在我国 19 个省(自治区、直辖市)均有种植,2007 年中国柑橘面积成为世界第一,2018 年首次超过苹果成为中国第一水果,2019 年中国柑橘面积 4 172 万亩,产量 4 584 万 t,均位居世界第一^[1]。柑橘在我国果树中占有重要的经济地位^[2],崇明区是上海市最主要的柑橘产区,属于我国的柑橘北缘产区^[3],崇明主要种植的温州蜜柑属于宽皮柑橘品类。崇明柑橘产业的发展,对促进当地农民增收、农业增产有着重要意义,同时也积极推动了崇明生态岛建设和生态环境改善^[4]。但近年崇明柑橘出现果实品质下降、大小年严重、产量不稳等问题,农户对于果园的日常管理粗放,施肥以平衡肥为主且忽视有机肥和中微量元素的投入,不利于当地柑橘产业升级和可持续发展^[3],这些问题没有得到很好的解决,导致柑橘生产大幅度衰减,例如 2021 年,崇明区柑橘生产面积仅为 0.387 万 hm^2 ,与柑橘种植面积最高时期相比,减少近 55%^[5]。

崇明土壤类型为滨海潮滩盐土、砂质土壤等,但柑橘园土壤类型主要为黄棕壤、紫色土和石灰(岩)土^[6-7],土壤的母质以及果园管理存在差异,因此不同省份的果园土壤养分含量存在较大差异,为了解决这些问题,了解崇明温州蜜柑园的土壤营养状况是重要途径,但多项研究表明,单单从土壤的营养状况角度并不能很好的分析树体的营养状况,叶片作为树体器官,其对矿质营养元素的丰缺情况很敏感,通过对叶片的营养元素诊断能够在一定程度上反映树体对于营养元素的吸收状况^[8]。多年来,我国各地学者都对当地的柑橘园进行土壤以及叶片营养状况的调查分析,并针对分析结果对当地的土肥管理提出相应的建议,马小川等^[9]和曹胜等^[10]通过对湖南柑橘园土壤、叶片营养状况以及果实品质进行相关分析提出土壤施肥补充氮肥,局部补充磷肥、钾肥,叶面肥也需要多元素的补充;朱攀攀等对云南柑橘园土壤、叶片的 10 种营养元素的测定分析,提出应以叶片诊断为主、配合土壤诊断进行合理的施肥方案^[11];刘东海等对湖北柑橘园进行土壤以及叶片的养分测定提出增施有机肥、套种

绿肥等方案解决当地的缺素状况^[6];余红兵等对桂西北的柑橘园进行土壤以及叶片的矿质元素测定提出土肥管理上应施用有机肥以及对土壤进行相应元素的补充,并发现土壤分析与叶片分析在营养诊断中具有互补作用^[12]。

由此可见土壤分析、叶片分析是指导温州蜜柑园合理施肥的重要依据。关于上海崇明区温州蜜柑园的土壤、叶片的营养状况相关研究匮乏,本研究选择崇明区的 30 个代表温州蜜柑园进行调研分析并采集土壤以及叶片样品,测定温州蜜柑园的土壤以及叶片营养状况,为崇明柑橘的科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样地点概况

试验在上海市崇明区(31°27'~31°51'N, 121°09'~121°54'E)进行,温州蜜柑种植面积达 3 100 hm^2 以上,温州蜜柑主要种植区土壤类型为潮土和盐渍土,该区域为亚热带季风气候区,日照充足,年平均气温在 16~17 °C,≥10 °C 积温约 2 699~2 995 °C,无霜期 236 d,雨量丰沛,年平均降雨量 1 129~1 149 mm,降雨呈现明显的季节性,集中在梅雨季,年均日照时数 1 937~2 104 h。

2021 年 9 月在上海市崇明区进行温州蜜柑种植的基本情况调研,具体地点在上海市崇明区,柑橘品种为“温州蜜柑”,砧木为枳壳,选择的果园树龄统一为 20~25 年左右,株行距为 3 m×3 m,每个果园样点按照随机、等量和多点混合原则,采用 S 形布点采样,每个样点采集 9 株树的土壤、叶片分别进行混匀,共采集了 30 份温州蜜柑园土壤和叶片样品。

1.2 样品采集方法

土壤样品:在柑橘树冠滴水线附近或以树干为圆心向外延伸到树冠边缘的 2/3 处,采集 0~30 cm 深度土壤(避开施肥穴、滴灌头湿润区),按照五点取样法每株对角采两点,中心采两点,每个样品取 10 个样点充分混匀,然后按“四分法”取土 1 kg 左右,风干备用。

叶片采集以及前处理: 我国柑橘主产区营养诊断的采叶期以 8—10 月为宜, 这符合 4—7 月龄的叶片采样期, 所以本研究设计 9 月在每个调研农户的温州蜜柑园每株树的东南西北 4 个方位、高 1.5~2.0 m 处, 采摘当年春梢营养枝顶部向下的第 3 片健康叶, 每株采 20 片叶, 每个温州蜜柑园采集叶片样品 180 片形成一个混合样。叶片分别于中性洗涤剂洗涤 30 s、清水清洗、0.2% HCl 洗涤 30 s、去离子水洗净后, 105 °C 杀青 30 min, 75 °C 烘干至恒重, 经研钵中研磨后过 0.5 mm 筛子, 混匀装袋备用。

1.3 样品测定

土壤样品: 有机质采用重铬酸钾容量法测定; 碱解氮含量采用碱解扩散法测定; pH 值按照土水比为 1:2.5 采用 pH 计测定; 有效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定; 速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定; 有效铁、锰、铜、锌含量采用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度计测定; 交换性钙、镁含量

采用乙酸铵浸提-原子吸收分光光度计测定。

叶片样品: $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮后, 全氮采用凯氏定氮法; 全磷采用钒钼黄比色法; 全钾采用火焰光度计法; 钙、镁、铁、锰、铜、锌元素采用原子吸收分光光度法^[13]。

1.4 温州蜜柑土壤营养元素含量分级

本研究选取的土壤营养元素状态为碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效铁、有效锰、有效铁以及有效锌, 温州蜜柑园的土壤营养元素分级参考文献^[14-16]温州蜜柑园养分分级标准, 具体详见表 1, 此外查询资料土壤有机质分级标准为: 5.0~10.0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为缺乏, 10.0~15.0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为低量, 15.0~30.0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为适宜, >30.0 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 为高量; 查阅文献得知宽皮柑橘的土壤 pH 值的分级标准为: pH 值<4.8 为偏酸性, pH 值在 4.8~5.5 范围内为酸性适宜, pH 值在 5.5~6.5 为最适宜, pH 值在 6.5~8.5 为碱性适宜, pH 值>8.5 为偏碱性^[17]。

表 1 温州蜜柑园土壤有效养分分级标准

有效养分	Table 1 Standard for soil nutrient grading in citrus orchards (mg·kg ⁻¹)				
	缺乏	低量	适量	高量	过量
碱解氮	<50	50~<100	100~<200	>200	-
有效磷	<5.0	5.0~<15.0	15.0~<80.0	>80	-
有效钾	<50	50~<100	100~<200	>200	-
交换性钙	<200	200~<1 000	1 000~<2 000	2 000~3 000	>3 000
交换性镁	<80	80~<150	150~<300	300~500	>500
有效铁	<5.0	5.0~<10.0	10.0~<20.0	20.0~50.0	>50.0
有效锰	<2.0	2.0~<5.0	5.0~<20.0	20.0~50.0	>50.0
有效铜	<0.3	0.3~<0.5	0.5~<1.0	1.0~2.0	>2.0
有效锌	<0.5	0.5~<1.0	1.0~<5.0	5.0~10.0	>10.0

注: 数据参考文献^[14]编制。

表 2 柑橘叶片营养状况分级标准

元素	Table 2 Standard for soil nutrient grading in citrus orchards				
	缺乏	低量	适量	高量	过量
w (N) /%	<2.2	2.2~<2.5	2.5~<2.8	2.8~3.0	>3.0
w (P) /%	<0.09	0.09~<0.13	0.13~<0.16	0.16~0.30	>0.30
w (K) /%	<0.7	0.7~<1.3	1.3~<1.8	1.8~2.4	>2.4
w (Ca) /%	<1.5	1.5~<3.3	3.3~<5.0	5.0~7.0	>7.0
w (Mg) /%	<0.2	0.2~<0.27	0.27~<0.45	0.45~0.7	>0.7
w (Fe) /(mg·kg ⁻¹)	<35	35~<60	60~<120	120~200	>200
w (Mn) /(mg·kg ⁻¹)	<15	15~<25	25~<100	100~300	>300
w (Cu) /(mg·kg ⁻¹)	<3	3~<5	5~<15	15~20	>25
w (Zn) /(mg·kg ⁻¹)	<15	15~<25	25~<100	100~300	>300

注: 数据参考文献^[17]编制。

1.5 温州蜜柑叶片营养元素含量分级

本研究选取的叶片营养元素状态为氮、磷、钾、钙、镁、铁、锰、铁以及锌, 温州蜜柑园的叶片营养元素分级参考文献^[14-16]温州蜜柑园养分分级标

准, 具体详见表 2, 将叶片营养元素分为缺乏、低量、适量、高量以及过量 5 个等级。

1.6 数据处理

数据采用 Excel 2017 整理后, 运用 SPSS 22

进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤营养状况

崇明区温州蜜柑园土壤 pH 值状况见表 3。土壤 pH 均值 7.78, 且根据温州蜜柑园土壤 pH 分级标准, 100.0%的温州蜜柑园土壤 pH 处于偏碱性及碱性, 说明崇明区整体土壤情况偏碱, 并不处于最适柑橘生长 5.5~6.5 范围^[14]。根据表 4 可知土壤有机质平均含量为 17.62 g·kg⁻¹, 土壤有机质变异系数为 23.3%, 说明温州蜜柑园中土壤有机质含量差异较大, 仅 36.7%的温州蜜柑园土壤有机质含量处于适宜水平, 土壤碱解氮含量均值为 30.81 mg·kg⁻¹, 变异系数为 121.4%, 其中 83.3%处于低量以及缺乏水平; 土壤有效磷含量均值为 2.56, 变异系数为 138.2%, 其中 96.7%处于低量以及缺乏水平; 土壤速效钾含量均值为 97.74 mg·kg⁻¹, 变异系数为

50.4%, 其中 76.7%处于适宜水平。

崇明区温州蜜柑园地土壤中交换性钙含量均值为 3 525.74 mg·kg⁻¹, 96.6%处于高量以及过量水平; 土壤交换性镁含量均值为 117.43 mg·kg⁻¹, 变异系数为 57.8%, 其中 20.0%处于低量水平, 10.0%处于高量水平; 土壤有效铁含量均值为 44.4 mg·kg⁻¹, 其中 80.0%处于高量以及过量水平; 土壤有效锰含量均值为 2.71 mg·kg⁻¹, 变异系数为 68.9%, 其中 96.7%处于低量以及缺乏水平; 土壤有效铜含量均值为 2.08 mg·kg⁻¹, 变异系数为 72.8%, 100.0%处于高量以及过量水平; 土壤有效锌含量均值为 4.04 mg·kg⁻¹, 100.0%处于适宜水平。

可见温州蜜柑园土壤有机质含量不均衡, 土壤矿质元素中, 镁、铁、锰、铜的变异系数都偏高, 且土壤碱解氮、有效磷、有效锰含量低, 所以有机无机需要合理进行配施, 同时增施锰肥, 提高土壤肥力水平。

表 3 温州蜜柑园土壤 pH 值状况
Table 3 Soil pH value of citrus orchard

指标	范围	均值	标准差	变异系数/%	酸性/%	偏酸性/%	最适宜/%	偏碱性/%	碱性/%
pH	7.13~8.05	7.78	0.21	2.7	-	-	-	13.3	86.7

表 4 温州蜜柑园土壤营养物质含量状况
Table 4 Nutrient content of soil in Wenzhou Mandarin Orchard

指标	范围	均值	标准差	变异系数/%	缺乏/%	低量/%	适宜/%	高量/%	过量/%
有机质/(g·kg ⁻¹)	8.53~25.13	17.62	4.11	23.3	6.7	23.3	36.7	33.3	—
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	11.39~177.69	30.81	37.39	121.4	40.0	43.3	16.7	—	—
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	1.08~16.83	2.56	3.54	138.2	46.7	50.0	3.3	—	—
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	38.86~323.68	97.74	49.30	50.4	—	20.0	76.7	3.3	—
交换性钙/(mg·kg ⁻¹)	1 928.45~4 047.02	3 525.74	557.99	15.8	—	—	3.3	23.3	73.3
交换性镁/(mg·kg ⁻¹)	96.25~348.18	117.43	67.84	57.8	—	20.0	70.0	10.0	—
有效铁/(mg·kg ⁻¹)	15.50~67.00	44.39	14.63	33.0	—	—	20.0	63.3	16.7
有效锰/(mg·kg ⁻¹)	1.85~12.84	2.71	1.87	68.9	6.7	90.0	3.3	—	—
有效铜/(mg·kg ⁻¹)	1.25~7.75	2.08	1.51	72.8	—	—	-	16.7	83.3
有效锌/(mg·kg ⁻¹)	1.14~4.93	4.04	1.00	24.8	—	—	100.0	—	—

表 5 温州蜜柑园叶片营养元素含量
Table 5 Nutrient elements content in citrus orchard leaves

指标	范围	均值	标准差	变异系数/%	缺乏/%	低量/%	适宜/%	高量/%	过量/%
氮/%	2.82~3.37	3.10	0.13	4.3	—	—	—	20.0	80.0
磷/%	0.13~0.21	0.17	0.02	14.2	—	3.3	40.0	56.7	—
钾/%	0.40~1.69	1.00	0.29	29.1	10.0	70.0	20.0	—	—
钙/%	2.17~4.87	4.27	0.63	14.6	—	60.0	40.0	—	—
镁/%	0.21~0.46	0.38	0.06	16.3	—	30.0	66.7	3.3	—
铁/(mg·kg ⁻¹)	43.46~203.05	80.13	35.12	43.8	—	16.7	66.7	13.3	3.3
锰/(mg·kg ⁻¹)	17.50~58.48	23.51	10.89	46.3	—	16.7	83.3	—	—
铜/(mg·kg ⁻¹)	2.03~44.59	4.35	9.43	216.8	20.0	23.3	40.0	6.7	10.0
锌/(mg·kg ⁻¹)	7.26~18.51	16.97	2.68	15.8	76.7	23.3	—	—	—

2.2 叶片营养元素含量

崇明区温州蜜柑园叶片营养元素含量详见表

5。调查的温州蜜柑园中叶片氮含量均值为 3.10%, 高量及过量水平的温州蜜柑占比为 100.0%; 叶片磷

含量均值为 0.17%，其 56.7% 处于高量水平；叶片中钾含量均值为 1.00%，其中 80% 处于低量以及缺乏水平；叶片中钙含量均值为 4.27%，其中 60% 处于低量水平；叶片镁含量均值为 0.38%，其中 66.7% 处于适宜水平；叶片铁含量均值为 80.13 mg·kg⁻¹，其中 66.7% 处于适宜水平；叶片锰含量均值为 23.51

mg·kg⁻¹，其中 83.3% 处于适宜水平；叶片铜含量均值为 4.35 mg·kg⁻¹，其中 43.3% 处于低量以及缺乏水平，40.0% 处于适宜水平，变异系数高达 216.80%；叶片锌含量均值为 16.97 mg·kg⁻¹，处于低量以及缺乏水平达到 100%。由此可知叶片钾、钙和锌含量整体缺乏，叶片镁、铁、锰含量整体处于适宜水平。

表 6 土壤 pH 值及有机质、有效营养元素含量与叶片营养元素含量的相关性分析

项目	pH 值	SOM	N-s	P-s	K-s	Ca-s	Mg-s	Fe-s	Mn-s	Cu-s	Zn-s
N-L	-0.22	-0.41	-0.09								
P-L	0.47**	-0.54**		-0.35							
K-L	-0.03	-0.06			0.24						
Ca-L	0.45*	-0.44*				0.38*					
Mg-L	0.36*	-0.22					0.61**				
Fe-L	-0.01	-0.11						0.31			
Mn-L	0.19	-0.16							-0.29		
Cu-L	-0.02	-0.07								-0.18	
Zn-L	0.25	-0.23									-0.19

注：*在 0.05 水平（双侧）上显著相关；**在 0.01 水平（双侧）上显著相关；-S 代表土壤营养元素，-L 代表叶片营养元素。

2.3 土壤 pH 值、有机质及土壤与叶片相应营养元素的相关性分析

土壤 pH 值、有机质及土壤与叶片相应营养元素含量的相关性分析详见表 6。由表 6 可知土壤 pH 与叶片磷含量 ($R^2=0.47$) 存在极显著正相关关系，与叶片钙含量 ($R^2=0.45$)、镁含量 ($R^2=0.36$) 存在显著正相关关系；土壤有机质与叶片磷含量 ($R^2=-0.54$) 存在极显著负相关关系，与叶片钙含量 ($R^2=-0.44$) 存在显著负相关关系；土壤钙含量与叶片钙含量 ($R^2=0.38$) 存在显著正相关关系；土壤镁含量与叶片镁含量 ($R^2=0.61$) 存在极显著正相关关系；土壤氮、磷、钾、铁、锰、铜以及锌含量与叶片对应元素均无明显的相关性。

3 讨论与结论

上海市崇明区温州蜜柑园的土壤 pH 均值为 7.78，土壤整体呈碱性，这跟孙玉冰等取样发现的崇明岛全岛土壤 pH 值大部分处于 7.5~8.1 范围的结论一致^[18]。土壤有机质处于低量以及缺乏水平的占比为 30.0%，处于适宜以及高量水平的占比为 70.0%，相关研究表面崇明三岛的主要土壤类型为盐土、盐化土、河口沙岛的灰潮土等，均属有机质含量偏低的土壤类型^[18]，前人大量研究均发现橘园施用有机肥并配合绿肥种植能够对土壤的有机质含量产生有效提升^[19-22]，所以在针对缺乏有机质橘园的施肥管理中可以考虑施用有机肥并配以绿肥种植来提高土壤有机质含量。土壤碱解氮、有效磷处于

低量以及缺乏水平的比例分别为 83.3%、97.3%，这与可能与崇明岛的降雨特征有关，在农户施肥的重要月份 5—7 月，崇明区的降雨量大，崇明温州蜜柑园的沙土类型导致果园氮磷养分流失严重，相关研究表明果园生草对于减少养分流失有着一定的作用^[21]，同时绿肥替代化学氮肥均明显促进了土壤微生物增殖，提高柑橘根系活力，促进柑橘氮素吸收和干物质积累^[22]，所以农户可以通过果园生草配合化肥施用的方式来降低土壤氮磷养分的流失量。土壤有效锰处于低量以及缺乏水平的比例为 90%，崇明土壤整体 pH 值偏高，属于碱性，且崇明地下水位偏高，前人研究发现 pH 大于 6.5 的土壤容易缺锰或诱发缺锰^[23]，且土壤锰含量由于高水位发生溶解、还原或淋溶现象而显著降低^[24]，这就导致可供植株吸收的二价锰减少，转化为植株不易吸收的易还原态锰，但锰元素在植物中是维持叶绿体结构的必需元素，所以在施肥中需要考虑锰肥的补充。

所调研的温州蜜柑园中，叶片氮、磷含量处于高量以及过量水平的温州蜜柑园占比为 100.0%、56.7%，同时叶片钾、钙、镁、铜和锌含量处于低量以及缺乏水平的温州蜜柑园分别占 80.0%、60.0%、30.0%、43.3%和 100.0%，对比土壤缺素情况发现叶片的缺素情况与其并不一致。调研过程中发现农户对于中微量元素的补施并不重视，有学者研究表明，在砂质土壤种植柑橘，有可能导致柑橘缺钙且土壤镁淋失严重^[25]，而绿华镇很大部分的温州蜜柑种植于沙质土中，所以要重视柑橘补钙、

镁元素,以叶面喷施为主。柑橘树体中铁、锰、锌元素缺乏均直接或间接影响植株光合作用^[26],其中的锌含量严重不足,其原因可能是由于碱性土壤中有效锌的含量偏低且移动性差,因此植物根系难以汲取相关养分^[5],所以要对果树以叶面肥的形式补充相应元素。比较土壤以及叶片营养元素含量状况,发现某些元素含量状况在两者中呈现出对立趋势,这跟前人对于柑橘园土壤以及叶片元素含量分析一致^[6,9-11]。比如土壤碱解氮含量处于低量以及缺乏水平的温州蜜柑园占比 83.3%,但叶片氮含量处于过量水平的占比为 80.0%,其原因可能为上海市 6—9 月降水量偏多,多为大雨、暴雨等强降水^[7],导致施用的氮肥产生淋洗损失以及挥发损失。前人研究表明温州蜜柑代表宫川在九月即果实膨大期中,对于氮、钾、钙元素的需求处于较高水平^[27],所以含量处于低量以及缺乏水平的果园要及时补充。

通过进一步分析土壤与叶片相关元素之间的相关性,土壤钙含量与叶片钙含量存在显著正相关关系;土壤镁含量与叶片镁含量存在极显著正相关关系;土壤氮、磷、钾、铁、锰、铜以及锌含量与叶片对应元素均无明显的相关性,由此可知叶片与土壤相关元素的显著性并不明显,这跟前人对于温州蜜柑园土壤以及叶片相关元素分析一致^[9-12],所以单纯的温州蜜柑园土壤相关检测并不能很好的反映叶片营养状况^[18],在针对性的设计施肥方案时应考虑以叶片营养诊断为主,配合土壤检测进行方案的制定。

上海市崇明区温州蜜柑园土壤普遍呈碱性,有机质含量部分缺乏,土壤碱解氮、有效磷、有效锰处于整体缺乏状况,叶片钾、钙、锌含量整体缺乏。崇明土壤类型整体偏砂质,且降雨集中,养分流失现象严重,建议果园管理采用有机肥与绿肥结合的方式,提高根系活力,促进树体对于养分的吸收,同时增加氮肥、磷肥投入以及锰肥的补施,针对土壤过量但叶片缺乏的元素需例如钙、锌考虑叶面喷施的施肥方式进行补充。

参考文献:

- [1] 莫星煜,毛玲莉,王梓,等.国内外柑橘产业发展现状综述[J].农村实用技术,2021(2):9-10.
- [2] 祁春节,顾雨檬,曾彦.我国柑橘产业经济研究进展[J].华中农业大学学报,2021,40(1):58-69.
- [3] 骆军,张学英,徐芳杰,等.上海崇明柑橘生产若干问题调查及提高柑橘效益措施[J].上海农业科技,2014(2):69-71.
- [4] 任节红.崇明柑橘产业现状和发展思路[J].上海农业科技,2017(5):13-15.
- [5] 陶裕欧.浅谈绿华镇柑橘产业发展现状与建议[J].上海农业科技,2021(5):7-9.
- [6] 刘东海,郑守会,陈云峰,等.丹江口柑橘园土壤和叶片营养状况调查分析[J].中国土壤与肥料,2020(4):95-100.
- [7] 孟菲,康建成,王甜甜,等.上海市近百年来夏季降水时空分布特征及影响因素[J].气象与环境科学,2007(3):14-19.
- [8] 闫帅,宋良,仇服春,等.辽宁省'南果梨'园土壤、叶片营养状况调查及施肥建议[J].中国果树,2020(4):109-111.
- [9] 马小川,卢晓鹏,张子木,等.湖南省不同纬度温州蜜柑园土壤和叶片营养及果实品质分析[J].果树学报,2018,35(4):423-432.
- [10] 曹胜,欧阳梦云,周卫军,等.湖南省柑橘园土壤营养状况及其对叶片养分的影响[J].土壤,2019,51(4):665-671.
- [11] 朱攀攀,李有芳,邱洁雅,等.云南玉溪柑橘园土壤养分水平和叶片营养状况相关性分析[J].果树学报,2019,36(12):1658-1666.
- [12] 余红兵,王仁才,肖润林,等.桂西北环境移民示范区柑橘园土壤和叶片营养状况[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2007(3):341-344,357.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 庄伊美.柑橘营养与施肥[M].北京:中国农业出版社,1994.15-16,270-281.
- [15] CAMERON H. The mineral nutrition of citrus[M]// REUTHER W, BATCHELOR L D, WEBBER H J. The citrus industry, Anatomy, physiology, genetics, and reproduction. Vol 2. University of California, Division of Agricultural Sciences, Berkeley, 1968: 127-289.
- [16] 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.
- [17] 韩健,赵宜波,李先信,等.湖南省宽皮柑橘主产区土壤及柑橘叶片和果实营养元素状况分析[J].南方农业学报,2020,51(11):2747-2756.
- [18] 孙玉冰,邓守彦,李德志,等.崇明县土壤主要理化指标的空间分布与变异特征[J].生态与农村环境学报,2010,26(4):306-312.
- [19] ZHANG H, XU M, ZHANG F. Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China[J]. J Agric Sci, 2009, 147(1): 31-42.
- [20] HUANG S, RUI W Y, PENG X X, et al. Organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a subtropical paddy soil[J]. Nutr Cycl Agroecosyst, 2010, 86(1): 153-160.
- [21] 李太魁,张香凝,寇长林,等.丹江口库区坡耕地柑橘园套种绿肥对氮磷径流流失的影响[J].水土保持研究,2018,25(2):94-98.
- [22] 方林发,谢军,孔萌,等.豆科绿肥替代化学氮肥促进柑橘幼苗生长和氮素吸收[J].植物营养与肥料学报,2021,27(11):1959-1970.
- [23] 吴名宇,李顺义,张杨珠.土壤锰研究进展与展望[J].作物研究,2005,19(2):137-142.
- [24] 张杨珠,吴名宇,李顺义,等.稻作制、有机肥和地下水位对红壤性水稻土全锰及不同形态有效锰含量的影响[J].农业现代化研究,2008,29(3):357-360.
- [25] 石健泉.柑橘营养元素的缺乏与矫治[J].果农之友,2007(9):27-28.
- [26] 周高峰,李碧娴,付燕玲,等.'南丰蜜橘'缺铁、锰、锌的症状及其光合特性和营养状况研究[J].园艺学报,2019,46(4):691-700.
- [27] 马进川,邹平,俞巧钢,等.宫川蜜橘成年果树的营养需求特征[J].浙江农业科学,2019,60(8):1435-1438,1443.