

# 重庆市柑橘园土壤养分现状研究<sup>①</sup>

苏婷婷, 周鑫斌\*, 徐墨赤, 吴桃红, 高阿祥, 石孝均

(西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

**摘要:** 采集了重庆市柑橘主产区 104 个柑橘园 0~30 cm 的土壤样品进行土壤养分状况分析。结果表明, 重庆有 90.5% 柑橘园土壤 pH 适合柑橘生长; 有 87.5% 的柑橘园土壤有机质含量偏低; 土壤速效氮和有效磷缺乏的柑橘园分别占到 77.9% 和 55.8%, 土壤速效钾缺乏和过量并存; 柑橘园土壤缺乏有效硫、钙、镁、硼、锰、铜、铁和锌的比例分别为 24.0%、13.5%、44.2%、92.4%、35.6%、45.2%、41.3% 和 72.1%; 部分柑橘园的土壤有效钙、镁、铁、锰和铜含量存在过量现象, 分别占有所有调查柑橘园的 54.8%、6.7%、21.2%、16.4% 和 4.8%; 除土壤 pH 与有效硼外, 大部分柑橘园土壤农化样的有机质与其他有效养分含量均高于土壤背景样。因此, 该区柑橘生产需根据果园所处地形、土壤养分与管理措施等条件合理施肥, 建议在柑橘园增施硼、锌肥, 同时要控制含微量元素的农药施用量。

**关键词:** 重庆; 柑橘园; 土壤 pH; 有机质; 有效养分

中图分类号: S158 文献标识码: A

重庆是柑橘生长的最适宜生态区之一<sup>[1]</sup>, 目前柑橘种植面积达  $1.26 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 柑橘产量约  $1.8 \times 10^6 \text{ t}$ , 成为重庆市经济支柱产业之一<sup>[2]</sup>。但是, 重庆市柑橘的发展主要是依靠扩大种植面积来增加总产, 单产仅  $12 \text{ t/hm}^2$ , 优质果品率不高, 产量和质量低下。大量的研究表明, 柑橘园土壤肥力水平和田间管理措施是影响柑橘生产的重要因素, 而在田间管理措施中合理施肥是其中的重要环节, 柑橘园土壤养分状况是制定柑橘合理施肥方案的重要依据之一。由于气候、地形、成土母质、栽培管理措施的差异<sup>[3]</sup>, 各地区的柑橘园土壤养分问题也有不同。如贵州省柑橘园土壤主要缺乏 N 和 K<sup>[4]</sup>, 湖北省柑橘园土壤主要缺乏 B 和 N<sup>[5]</sup>, 印度柑橘园土壤的主要限制养分因子为 K、N、Cu 和 Zn<sup>[6]</sup>。可见, 只有了解重庆柑橘园土壤养分障碍因子, 才能有目的地进行土壤培肥。柑橘生产发达国家, 如美国、巴西等建立了完整的柑橘土壤和叶片营养诊断技术以及柑橘测土配方施肥技术体系, 我国关于柑橘土壤养分肥力状况长期缺乏相应研究。为了科学地指导重庆地区柑橘园合理施肥, 提高柑橘产量、改善柑橘品质, 于 2012 年开始, 连续两年对重庆柑橘主产区土壤养分状况进行取样调查, 弄清重庆市柑橘园土壤养分丰缺状况, 为制定科学、合理的柑

橘施肥方式提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 土壤采集

选择长寿、江津、万州、开县、忠县、丰都、涪陵 7 个有代表性县区的 104 个柑橘园作为采样点。在 2014 年 9—11 月柑橘成熟期, 自东北向西南方向进行随机采样, 避开施肥穴与滴灌头湿润区, 采集树冠滴水线附近 0~30 cm 土样, 随机选择 8~10 个采样点的土壤等量混合均匀为一个样品, 用四分法取样, 留 1 kg 土样作为土壤农化样; 同时采集柑橘园附近相同土质和肥力的地块土样作为土壤背景样。土壤室内阴干, 去除石块与枯枝落叶后研磨全部过 1 mm 和 0.25 mm 的尼龙筛, 装入干净的塑料袋内保存备用。共采集土壤农化样 104 个和土壤背景样 104 个。

### 1.2 测定方法

土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定; 土壤碱解氮采用碱解扩散法测定; 土壤有效磷采用钼锑抗比色法测定; 土壤速效钾采用火焰光度法测定; 土壤有效钙、镁用  $\text{NH}_4\text{Ac}$  交换-原子吸收分光光度法测定; 土壤有效硫用  $\text{BaSO}_4$  比浊法测定; 土壤有效锰、铁、锌用 HCl 浸提-原子吸收分光光度法测定; 土壤有效

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0200200/2017YFD0200208)和国家自然科学基金项目(31372141、31672238)资助。

\* 通讯作者(zxbissas@swu.edu.cn)

作者简介: 苏婷婷(1991—), 女, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 主要从事植物营养研究。E-mail: 1553738701@qq.com

硼用姜黄素比色法测定<sup>[7]</sup>；土壤 pH 采用土水比(1 : 2.5)pH 酸度计测定。

### 1.3 数据处理及柑橘园养分分级标准

数据分析采用 Excel2010、SPSS18.0 软件进行分析统计。对柑橘园土壤有机质和养分含量的平均值、变异系数及分布频率进行统计,分析土壤 pH 与有机质及各营养元素有效含量的变化情况与相关系数,并探讨有效养分的丰缺程度。

$$\text{养分变化频率} = \frac{N_i}{N} \times 100\% \text{ 或 } \frac{N_j}{N} \times 100\%$$

式中： $N_i$ ：土壤农化样养分含量与背景样养分含量之

差大于 0 的样本个数； $N_j$ ：土壤农化样养分含量与背景样养分含量之差小于 0 的样本个数； $N$ ：土壤样本总数。

柑橘园土壤 pH 标准为：pH<4.5 为强酸性，4.5~5.4 为酸性，5.5~6.5 为酸性至弱酸性，6.6~7.5 弱酸至弱碱性，7.5~8.5 碱性，>8.5 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桔生长，但最适为 5.5~6.5。

有机质分级标准为：含量<5 g/kg 为极低，5~10 g/kg 为低，10~15 g/kg 为偏低，15~30 g/kg 为适宜，>30 g/kg 为丰富。其余养分分级标准参照表 1<sup>[8-9]</sup>。

表 1 柑橘园土壤有效养分丰缺标准  
Table 1 Nutrient grading standards of citrus orchard soil

有效养分	极缺(mg/kg)	缺乏(mg/kg)	适量(mg/kg)	高量(mg/kg)	过量(mg/kg)
碱解氮	<50	50~100	100~200	>200	-
有效磷	<5	5~15	15~80	>80	-
有效钾	<50	50~100	100~200	>200	-
有效钙	<200	200~1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	>3 000
有效镁	<80	80~150	150~300	300~500	>500
有效铁	<5	5~10	10~20	20~50	>50
有效锰	<2	2~5	5~20	20~50	>50
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
有效硼	<0.25	0.25~0.50	0.50~1.00	1.00~2.00	>2.00
有效硫	<12	12~24	24~40	>40	-

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘园土壤 pH、有机质现状

重庆市柑橘园土壤 pH 测试结果(表 2)表明,有 90.5% 的柑橘园土壤 pH 适宜柑橘生长,其中最适宜

柑橘生长的土壤样本(pH 范围 5.5~6.5)比例为 20.2%；pH<4.8 的强酸性样本比例为 6.7%，pH>8.5 的强碱性样本比例为 2.9%，不适宜种植柑橘。目前重庆市柑橘园土壤偏酸性，pH 平均达 6.47，有 53% 的柑橘园土壤 pH 低于 6.5。

表 2 柑橘园土壤 pH 和分布频率  
Table 2 pH value and its frequency distribution in citrus orchard soil

土壤性质	均值	变幅	变异系数(%)	分布频率(%)					
				<4.8	4.8~5.4	5.5~6.5	6.6~7.4	7.5~8.5	>8.5
pH	6.47	1.93~8.70	20	6.7	26.0	20.2	18.3	26.0	2.9

由表 3 可知,重庆市柑橘园土壤的有机质平均含量为 11.0 g/kg,含量范围为 4.64~19.0 g/kg,变异系数高达 33%。土壤有机质含量偏低,在 104 个土壤农化样本中,有 87.5% 的果园土壤有机质含量在 15 g/kg 以下。其中有机质含量偏低(10~15 g/kg)的占 44.2%,有机质含量低(5~10 g/kg)占 40.4%,有机质含量极低(<5 g/kg)占 2.88%。只有 12.5% 的土壤有机质含量超过 15 g/kg,适宜柑橘生长。而土壤有机质含

量比较丰富(>30 g/kg)的果园更是没有。

### 2.2 柑橘园土壤大、中量养分元素丰缺状况

由表 4 可知,重庆市柑橘园土壤氮、磷、钾大量养分有效含量均处于缺乏水平,且空间分布不均匀,变异系数较高。其中以土壤碱解氮缺乏最为严重,平均含量只有 82.6 mg/kg,全区柑橘园土壤碱解氮极缺和缺乏级分别占 7.7% 和 70.2%,只有 22.1% 的土壤适宜柑橘种植。柑橘园土壤有效磷、速效钾缺乏比

碱解氮较轻，分别有 43.3%、39.4% 的柑橘园适宜柑橘种植，而且有个别柑橘园土壤有效磷、速效钾过剩，

但这两种养分的空间分布比碱解氮更不均匀，变异系数高达 72% 以上。

表 3 柑橘园土壤有机质含量和分布频率  
Table 3 SOM content and its frequency distribution in citrus orchard soil

养分	均值 (g/kg)	变幅 (g/kg)	变异系数 (%)	分布频率(%)				
				极低	低	偏低	适宜	丰富
有机质	11.0	4.64 ~ 19.0	33	2.88	40.4	44.2	12.5	-

表 4 柑橘园土壤大、中量养分有效含量和分布频率  
Table 4 Available macroelement and medium-element contents and their frequency distribution in citrus orchard soil

养分	均值(mg/kg)	变幅(mg/kg)	变异系数(%)	分布频率 (%)				
				极缺	缺乏	适量	高量	过量
碱解氮	82.6	38.1 ~ 177	40	7.7	70.2	22.1	-	-
有效磷	18.3	1.17 ~ 84.5	88	16.4	39.4	43.3	1.0	-
速效钾	124	40.0 ~ 800	72	3.9	42.3	39.4	14.4	-
有效硫	45.5	9.69 ~ 167	67	1.9	22.1	35.6	40.4	-
有效钙	3453	270 ~ 7 478	59	-	13.5	14.4	17.3	54.8
有效镁	214	21.3 ~ 898	74	6.7	37.5	36.5	12.5	6.7

柑橘园土壤中量养分有效硫、钙、镁缺乏比大量养分较轻，均存在过量现象，尤其是土壤有效钙含量有 72.1% 的柑橘园偏高，含量超过 3 000 mg/kg 的柑橘园高达 54.8%，适宜柑橘种植的柑橘园仅占所有调查柑橘园的 14.4%，是这 6 种大、中量养分中最低者。柑橘园土壤有效硫两极化比较严重，含量偏高与不足的所占比例分别为 40.4% 与 24.0%，适宜柑橘种植的土壤有效硫含量占 35.6%。柑橘园土壤有效镁含量变异较大，从极缺至过量各阶段均有分布，有 36.5% 的土壤样本适合柑橘种植，极缺和缺乏比例分别占 6.7% 与 37.5%，高量和过量比例分别占 12.5% 与 6.7%。

2.3 柑橘园土壤微量养分元素丰缺状况

重庆市柑橘园土壤有效硼、锰、铜、铁、锌 5

种微量元素含量丰缺等级比例见表 5。重庆市柑橘园土壤微量元素硼、锰、铜、铁和锌有效养分含量范围分别为 0.07 ~ 0.72、0.23 ~ 81.6、0.10 ~ 3.29、1.15 ~ 208 和 0.21 ~ 4.39 mg/kg，各有效养分含量变异较大。从分布频率来看，柑橘园土壤严重缺硼、锌，104 个土壤农化样本中有效硼、锌含量适宜的样本比例只有 7.7%、27.9%，极缺与缺乏的样本比例分别占 46.2%、20.2% 与 46.2%、51.9%；土壤有效锰、铜、铁含量不同地域差异较大，15.4% 与 10.6% 的土壤样本有效锰和有效铁含量适宜，缺乏和过剩的样本比例分别为 35.6%、41.3% 与 49.1%、48.1%；柑橘园土壤铜素适宜种植的有效含量分布比锰素、铁素较广，适宜的样本比例为 28.8%，缺乏和过剩的样本比例为 45.2% 与 26.0%。

表 5 柑橘园土壤微量养分有效含量和分布频率  
Table 5 Micronutrient contents and their frequency distribution in citrus orchard soil

养分	均值(mg/kg)	变幅(mg/kg)	变异系数(%)	分布频率(%)				
				极缺	缺乏	适量	高量	过量
有效硼	0.29	0.07 ~ 0.72	48	46.2	46.2	7.7	0	0
有效锰	23.7	0.23 ~ 81.6	97	26.9	8.65	15.4	32.7	16.4
有效铜	0.83	0.10 ~ 3.29	90	23.1	22.1	28.8	21.2	4.81
有效铁	29.3	1.15 ~ 208	118	31.7	9.62	10.6	26.9	21.2
有效锌	0.97	0.21 ~ 4.39	73	20.2	51.9	27.9	0	0

2.4 柑橘园土壤 pH、有机质及有效养分变化情况

将重庆市 104 个柑橘园采集的土壤农化样与背景样的土壤 pH、有机质及有效养分含量作对比分析(图 1)。由图可知，104 个柑橘园中有高达 79.8% 土壤 pH

降低，平均降低了 0.7 个 pH 单位，土壤有酸化趋势；70.2% 的柑橘园土壤有效硼含量也明显降低，柑橘园缺硼问题更加严重化。柑橘园土壤有机质与有效氮、磷、钾、钙、镁、硫、铜、锌、铁、锰这 10 种大中量及微

量元素养分含量都有所增加，大于 53.8% 的柑橘园土壤这几种养分的含量高于土壤背景值，其中以有效磷与

速效钾增加最为明显，分别高达 91.3% 与 80.8%，可见果园补磷补钾的施肥方式起到了显著成效。

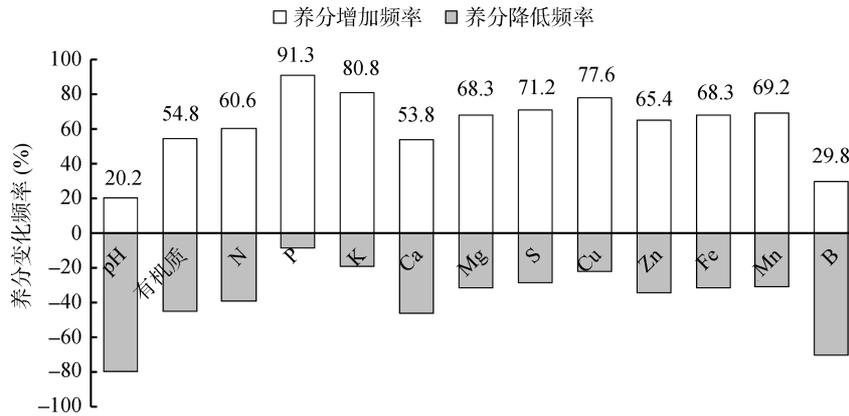


图 1 柑橘园土壤 pH、有机质及有效养分变化频率  
Fig. 1 Change frequencies of pH, SOM and available nutrients in citrus orchard soil

### 2.5 柑橘园土壤 pH、有机质及有效养分间的相关性

从表 6 可以看出，柑橘园土壤 pH 与有效钙含量间呈极显著正相关，与土壤碱解氮、有效磷、有效镁、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰呈极显著负相关，与土壤有效硫、有效硼呈显著负相关；土壤有机质与碱解氮、有效硫、有效铜、有效锌、有效铁之间存在极显著正相关性；土壤碱解氮与有效钙之间呈极显著负相关，与土壤有效磷、有效硫、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰之间呈极显著正相关，与土壤有效镁呈显著正相关；土壤有效磷与有效钙间呈极显著负相

关，与土壤有效硫、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰间呈极显著正相关；土壤速效钾与有效锰间呈显著正相关外与其余养分间相关关系均不显著；土壤有效钙与有效镁、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰、有效硼间呈极显著负相关；土壤有效镁与有效锰、有效铜间呈极显著正相关，与土壤有效硼呈显著正相关；土壤有效硫与有效铜、有效铁间呈极显著正相关，与土壤有效硼间呈极显著负相关；土壤有效铜与有效锌、有效铁、有效锰间呈极显著正相关；土壤有效锌与有效铁、有效锰间呈极显著正相关，与土壤有效硼间呈显著正相关；土壤有效铁与有效锰间呈极显著正相关。

表 6 柑橘园土壤 pH、有机质及有效养分间的相关关系(n = 208)  
Table 6 Correlation coefficients between pH value, SOM content and available nutrient contents in citrus orchard soil

	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	有效钙	有效镁	有效硫	有效铜	有效锌	有效铁	有效锰	有效硼
pH	0.076	-0.411**	-0.365**	-0.115	0.840**	-0.201**	-0.147*	-0.344**	-0.352**	-0.698**	-0.775**	-0.139*
有机质		0.516**	0.080	0.056	-0.016	0.133	0.245**	0.556**	0.328**	0.314**	-0.002	-0.121
碱解氮			0.210**	0.066	-0.386**	0.137*	0.223**	0.504**	0.305**	0.522**	0.369**	0.038
有效磷				0.098	-0.226**	0.091	0.261**	0.197**	0.216**	0.394**	0.357**	-0.031
速效钾					-0.055	-0.015	-0.008	0.103	0.101	0.102	0.160*	-0.135
有效钙						-0.174*	0.063	-0.301**	-0.311**	-0.614**	-0.690**	-0.266**
有效镁							-0.051	0.192**	-0.020	-0.027	0.179**	0.177*
有效硫								0.272**	0.086	0.350**	0.100	-0.273**
有效铜									0.512**	0.441**	0.276**	-0.111
有效锌										0.474**	0.310**	0.140*
有效铁											0.527**	0.033
有效锰												0.113

注：\*代表相关性达显著水平(P<0.05)；\*\*代表相关性达极显著水平(P<0.01)。

### 3 结论与讨论

土壤有机质是农田土壤质量的重要指标<sup>[10]</sup>, 柑橘园土壤有机质含量越丰富, 柑橘越高产稳产, 果实品质也好。据研究, 丰产柑橘园土壤有机质含量均高于 15 g/kg<sup>[11]</sup>, 国外丰产园甚至高达 20~60 g/kg。重庆地区柑橘园土壤有机质含量偏低, 虽然经过耕作 54.8% 的柑橘园土壤有机质含量有所上升, 但平均含量也只有 11.0 g/kg, 仅 12.5% 的土壤有机质含量超过 15 g/kg, 适宜柑橘种植。这一方面是由于土壤有机质与海拔、坡度、起伏度等环境因子呈显著负相关<sup>[12]</sup>, 而重庆大部分柑橘园地处丘陵山地区<sup>[13]</sup>, 园地坡陡、起伏大、海拔相对较高; 另一方面因为重庆大部分柑橘园土壤为紫色土, 一般旱地紫色土有机质平均含量仅为 4.49 g/kg<sup>[14]</sup>; 除此之外, 还与农民的施肥习惯密切相关, 据调查重庆地区果农常年少施或者不施有机肥, 亦有部分果农习惯性使用复合肥<sup>[15]</sup>, 进一步导致柑橘园土壤有机质偏低。土壤有机质与多种有效养分含量呈显著相关, 其含量的多少会直接影响土壤有效营养元素的丰缺。因此在柑橘园的田间管理中, 应注重有机肥的施用, 提高土壤有机质含量, 以利柑橘优产多产。

调查研究的柑橘园中有 60.6%~91.3% 的土壤农化样有效氮、磷、钾含量高于背景样, 分别增加 6.8、13.1 和 46.1 mg/kg, 这与多年来增施氮、磷、钾肥有关, 也可能是因为土壤 pH 降低增加了氮、磷、钾肥的有效性<sup>[16]</sup>, 但这 3 种有效养分含量仍然偏低, 46.2%~77.9% 的柑橘园处于缺乏状态。紫色土富含钾矿物, 其全钾含量与全国土壤全钾分级指标比较属于中上水平<sup>[17]</sup>, 且柑橘园多施用等氮、磷、钾复合肥(15-15-15), 因而部分柑橘园土壤钾素并不缺乏。柑橘园土壤速效磷平均含量 18.3 mg/kg, 较第二次土壤普查时有明显增加, 但仍有 55.8% 的柑橘园土壤有效磷含量偏低, 且变异较大。这一方面与磷肥施入土壤后, 易被土壤固定, 难以被植物吸收利用有关<sup>[18]</sup>; 另一方面是因为不合理的施肥与耕作措施导致部分磷素随地表径流流失<sup>[19]</sup>。柑橘园土壤有效氮平均仅有 82.6 mg/kg, 缺乏严重, 这主要是因为氮肥多为表施, 易挥发和径流损失, 且土壤氮素受季节影响<sup>[20]</sup>, 重庆地区夏季降雨丰富, 造成坡地硝酸盐大量淋失<sup>[21-22]</sup>, 加速氮肥损失。

重庆柑橘园土壤的 8 种中、微量元素的有效含量均存在不同程度的缺乏或过量。土壤中的钙、镁、硫等中量元素养分主要来自人为施用的肥料, 调查中有

53.8%~71.2% 的柑橘园土壤农化样有效钙、镁、硫含量高于土壤背景样, 平均分别增加 44.8、18.9 和 13.9 mg/kg, 其缺乏程度相比于大量养分与微量养分较轻, 但分布很不均匀, 且均存在部分地区偏高现象, 尤其土壤有效钙过量严重。有研究表明, 果实钙与土壤钙并不存在明显相关性, 在土壤钙含量丰富情况下果实仍可能出现缺钙症状<sup>[23]</sup>, 而且土壤钙积累可能对其他营养元素的吸收和利用产生副作用。有超过 65% 的柑橘园土壤微量元素铁、锰、铜、锌有效养分含量比背景值增高, 但也存在大面积的缺乏现象, 尤其是土壤有效锌含量缺乏地区高达 72.1%, 其中 20.2% 的园区达到极缺乏状态; 70.2% 的果园土壤有效硼含量低于土壤背景值, 仅有 7.7% 的果园适合柑橘生长, 46.2% 的果园有效硼含量处于极缺乏水平。导致柑橘园土壤的中、微量养分有效含量出现这种丰缺分布的原因可能有以下几点: 首先, 除与成土母质本身的养分含量高低有直接关系外<sup>[24-25]</sup>, 还与柑橘园所处地理位置和农民的施肥习惯密不可分<sup>[26-28]</sup>。据冯洋等人<sup>[15]</sup>调查, 重庆农户很少单独施用微肥, 微量元素主要是在病虫害防治过程中得以补充, 如波尔多液(主要成分含有 CuSO<sub>4</sub>)杀菌剂; 其次, 土壤 pH 也是影响元素有效性的主要因素, pH 与 8 种中、微量养分有效含量之间相关关系均达到显著水平, pH 过高或者过低会影响养分元素在土壤中的存在形态, 而且土壤中的养分元素之间存在相互拮抗或协同作用, pH 的变化会影响这些机制<sup>[29]</sup>; 另外, 柑橘的落花落果以及修剪枝条也会带走部分养分, 研究显示, 柑橘单株脱落的花、蕾和幼果损耗的养分量分别为 24.0~81.5 mg, 硼为 65.5~170.2 mg<sup>[30]</sup>。因此, 应根据果园实际情况, 适度调整土壤酸碱度, 补充中、微量元素, 同时部分柑橘园土壤中存在有效钙、镁、锰、铜与铁含量过高的现象, 也要引起高度重视, 避免过量施肥造成毒害或者环境污染, 此外, 还需合理控制柑橘的开花量, 并在花期及时补充养分。

#### 参考文献:

- [1] 李峦松, 熊晓山, 夏仁学, 等. 三峡库区柑橘产业发展的科技问题研究[J]. 西南农业大学学报: 社会科学版, 2005, 3(2): 10-12
- [2] 王秀英, 石孝均. 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
- [3] 胡芸芸, 杨世琦, 陈志军, 等. 基于 GIS 技术的重庆市巴南区柑橘种植气候区划[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2011, 27(6): 79-82
- [4] 陈家龙, 张兴元, 解文贵. 贵州山地柑桔园营养特性研究[J]. 西南农业学报, 1995, 8(2): 75-82

- [5] 鲁剑巍, 陈防, 王富华, 等. 湖北省柑桔园土壤养分分级研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 390-394
- [6] Srivastava A K, Shyam S, Huchche A D, et al. Yield based leaf and soil test interpretations for nagpur mandarin in Central India[J]. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 2001, 32(3/4): 585-599
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [8] 淳常品, 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
- [9] 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: 270-280
- [10] 凌辉. 重庆市柑橘果园生产环境研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008
- [11] Erner Y, Cohen A, Magen H. Fertilizing for high yield citrus[M]. Basel, Switzerland: International Potash Institute, 1999: 31-35
- [12] 黄兴成, 颜家均, 刘洪斌, 等. 低山丘陵区农田土壤有机质预测性制图[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(5): 142-148
- [13] 马杰, 刘涓, 魏朝富. 三峡库区柑橘园种植地块立地条件及其改造工程设计[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 35(3): 124-132
- [14] 李东, 王子芳, 郑杰炳, 等. 紫色丘陵区不同土地利用方式下土壤有机质和全量氮、磷、钾含量状况[J]. 土壤通报, 2009, 40(2): 310-314
- [15] 冯洋, 李伟, 王伟. 重庆市新建柑橘园土壤养分现状调查[J]. 现代农业科技, 2010(24): 292-296
- [16] 陈伟, 魏虹, 李昌晓, 等. 三峡库区不同土地利用方式土壤肥力变化[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38(1): 96-100
- [17] 何毓蓉. 中国紫色土(下篇)[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 36-37
- [18] 庞荣丽, 介晓磊, 谭金芳, 等. 低分子量有机酸对不同合成磷源的释放效应[J]. 土壤通报, 2006, 37(5): 941-944
- [19] 何丙辉, 黄巍, 郭甜, 等. 不同施肥处理对紫色土坡耕地地表径流磷素流失的影响[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2012, 29(3): 42-47
- [20] 汪小兰, 蒋先军, 曹良元, 等. 季节变化对不同形态氮素在土壤团聚体中分布的影响[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(3): 133-139
- [21] 张果. 我国可持续发展与水土流失治理[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 1997, 20(4): 140-144
- [22] 朱波, 汪涛, 况福虹, 等. 紫色土坡耕地硝酸盐淋失特征[J]. 环境科学学报, 2008, 28(3): 525-533
- [23] Saure M C. Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control[J]. Sci. Hortic., 2005, 105: 65-89
- [24] 王振健, 张保华, 李如雪, 等. 四川典型紫色土肥力特征及可持续利用研究[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(6): 918-921
- [25] 唐将, 李勇, 邓福银, 等. 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
- [26] 温明霞, 石孝均. 重庆柑橘园钙素营养研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1218-1223
- [27] 温明霞, 石学根, 吴韶辉, 等. 柑橘缺镁原因及矫正技术[J]. 浙江柑橘, 2015, 32(1): 18-20
- [28] 戴平安, 刘崇群, 郑圣先, 等. 湖南省柑橘园土壤硫素及施硫效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 687-693
- [29] 谢志南, 庄伊美, 王仁玕, 等. 福建亚热带果园土壤 pH 值与有效态养分含量的相关性[J]. 园艺学报, 1997, 24(3): 209-214
- [30] 王男麒, 彭良志, 邢飞, 等. 柑橘落花落果的营养元素含量及其脱落损耗[J]. 园艺学报, 2013, 40(12): 2489-2496

## Study on Nutrient Status of Citrus Orchard Soil in Chongqing

SU Tingting, ZHOU Xinbin\*, XU Mochi, WU Taohong, GAO Axiang, SHI Xiaojun

(College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** Top soil (0—30 cm) samples were collected from 104 citrus orchards in Chongqing, and pH, SOM content and available nutrient contents were measured. The results showed that, for citrus growth, pH values of 90.5% samples were suitable, SOM contents of 87.5% samples were low, and the deficiency rates of available N and P were 77.9% and 55.8%, respectively, the deficiency rates of available S, Ca, Mg, B, Mn, Cu, Fe and Zn were 24.0%, 13.5%, 44.2%, 92.4%, 35.6%, 45.2%, 41.3% and 72.1%, respectively. Meanwhile 54.8%, 6.7%, 21.2%, 16.4% and 4.8% of samples were excessive in available Ca, Mg, Fe, Mn and Cu contents, respectively. Except soil pH and available B, SOM and other nutrient contents of agricultural soil were higher than those of background soil in most citrus orchards. Therefore, more B and Zn fertilizers but less fungicide containing microelements should be used in the citrus orchards.

**Key words:** Chongqing; Citrus orchard; Soil pH; SOM; Available nutrients