

# 三峡重庆库区柑橘园土壤养分丰缺状况研究

周鑫斌<sup>1</sup>, 石孝均<sup>1\*</sup>, 孙彭寿<sup>2</sup>, 李伟<sup>2</sup>, 戴亨林<sup>2</sup>, 彭良志<sup>3</sup>, 淳长品<sup>3</sup>

(1 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2 重庆市农业技术推广总站, 重庆 400020;

3 中国农业科学院柑橘研究所, 重庆 400716)

**摘要:** 采集了三峡重庆库区柑橘主产区 459 个果园 0—30 cm 的土壤样品进行取样分析。结果表明, 库区有 78.7% 柑橘园土壤 pH 值适合柑橘生长; 有 60.3% 的柑橘园土壤有机质含量偏低。土壤速效氮和磷缺乏, 分别占到 72.4% 和 41.7%, 土壤速效钾缺乏和过量并存。库区柑橘园缺乏有效 B、Zn、Fe、Mn 的比例分别为 86.3%、37.9%、27.0%、20.3%; 土壤有效 Fe、Mn 和 Cu 含量在部分果园存在过量现象, 分别占柑橘园的 52.5%、36.4% 和 26.4%。因此, 该区柑橘生产要因地制宜, 建议在柑橘园增施 B、Zn 肥, 石灰和其它碱性肥料, 同时减少喷施含 Cu 杀菌剂。

**关键词:** 柑橘园; 土壤有效养分; 肥力状况

中图分类号: S666; S158.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2010)04-0817-07

## Status of soil fertility in citrus orchards of Chongqing Sanxia Reservoir Area

ZHOU Xin-bin<sup>1</sup>, SHI Xiao-jun<sup>1\*</sup>, SUN Peng-shou<sup>2</sup>, LI Wei<sup>2</sup>, DAI Heng-lin<sup>2</sup>, PENG Liang-zhi<sup>3</sup>, CHUN Chang-pin<sup>3</sup>

(1 College of Resources and Environmental Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2 Chongqing Agricultural Technology Extension Station, Chongqing 400020, China;

3 Citrus Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Science, Chongqing 400712, China)

**Abstract:** Knowing soil nutrient fertility status is a basis to formulate a suitable fertilization strategy. Top soil (0–30 cm) samples collected from 459 citrus orchards in Chongqing Sanxia Reservoir Area were tested and classified in present study. The results showed that the soil pH of 78.7% orchards was suitable for citrus growth, soil organic matter of 60.3% orchards were low, and the deficiency rate of available macro-nutrients N and P was 72.4% and 41.7%, respectively, while soil available K were high in some orchards. The deficiency rate of available B, Zn, Fe and Mn was 86.3%, 37.9%, 27.0% and 20.3%, respectively. The results also indicated that amounts of citrus soils which have excessive available Fe, Mn and Cu accounted for 52.5%, 36.4% and 26.4% of total citrus orchards. Therefore, it was suggested that more B, Zn, lime or other alkaline fertilizer and less Cu fungicide should be used in the tested citrus orchards.

**Key words:** citrus orchard; soil available nutrients; status of soil fertility

三峡重庆库区是我国柑桔的最适宜生态区之一, 历来有种植柑橘习惯。柑橘产业在库区经济发展中占有举足轻重的地位, 柑橘产业已成为当地农业和农村经济的支柱和特色产业<sup>[1]</sup>。柑橘园土壤的营养状况是制定柑橘园土壤管理和果树合理施肥方案的重要依据之一。

由于气候、土壤条件和管理栽培方式的差异, 各

地的柑橘园土壤养分问题不尽相同。如印度柑橘园土壤的主要养分限制因子为 N、K、Zn、Cu<sup>[2]</sup>。国内广东省柑橘园土壤养分主要限制因子为 Mg、B 及 K、Ca、Mg, 养分不平衡<sup>[3]</sup>, 贵州柑橘园土壤主要缺乏元素为 N 和 K<sup>[4]</sup>, 湖北省柑橘园土壤主要缺 N 和 B, 其它元素缺乏和过量存在着明显的地域分布特征<sup>[5]</sup>。可见, 不同柑橘园土壤养分限制因子不同,

收稿日期: 2009-07-09

接受日期: 2009-11-30

基金项目: 公益性行业科研专项“最佳养分管理技术研究与推广”(20080303); 国家科技支撑计划(2006BAD10B08, 2007BAD47B04)资助。

作者简介: 周鑫斌(1978—), 男, 山西河曲县人, 副教授, 主要从事土壤养分资源管理工作。E-mail: zxbissas@163.com

\* 通讯作者 E-mail: shixj@swu.edu.cn

所以,只有了解柑橘园土壤养分障碍因子,才能有针对性地开展土壤培肥。然而,关于三峡库区柑橘园土壤养分肥力状况,长期缺乏相应的研究。为了科学地指导三峡库区柑橘园合理施肥,提高柑橘产量、改善果品品质、增加果农经济效益及改善柑橘园土壤生态环境,于2006年开始对三峡库区柑橘园土壤养分含量进行了测定,并与已有资料进行对比研究,对三峡库区柑橘园土壤肥力现状进行了评价,为制定科学、合理的三峡重庆库区柑橘施肥策略提供必要的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 土样采集

选择三峡库区柑橘种植有代表性的5个县市:奉节县、万州区、忠县、永川市和江津市的459个柑橘园作为本研究的采样点。在2007年9至11月柑橘成熟期,采用随机多点方法,自北向南分别采集459个柑橘园0—30 cm土样,各园土样混合成一个样品,用四分法留取1 kg土样供分析用;同时采集柑橘园附近且与柑橘园相同土质和肥力的地块土样作为对比样。土样置室内阴干,研磨全部通过0.25 mm筛备用。共采集土壤样459个和对比样109个。柑橘园和对比样土壤类型为紫色土。

### 1.2 测定方法

土壤有机质采用外加热重铬酸钾容量法;土壤碱解氮采用1 mol/L NaOH碱解扩散法;土壤有效磷采用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>浸提—钼锑抗比色法;土壤有效钾采用1 mol/L NH<sub>4</sub>OAc浸提—火焰光度法;土壤有效钙、镁采用1 mol/L NH<sub>4</sub>OAc交换法;有效硫采用磷酸盐—HOAc浸提—BaSO<sub>4</sub>比浊法;有效铁、锰、锌采用0.1 mol/L HCl浸提—原子吸收分光光度法;土壤有效硼采用沸水浸提—姜黄素比色法;土壤pH用pH酸度计测定<sup>[6]</sup>,水土比1:25。

### 1.3 柑橘园土壤有效养分丰缺指标

根据鲁剑巍和Obreza等<sup>[5-9]</sup>的分级标准综合制定出本试验柑橘园土壤有机质和各营养元素有效养分分级指标。其中,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。pH值分级标准为:pH<4.8为偏酸,不适宜柑橘生长;pH在4.8~5.4时为酸性范围内适宜于柑橘生长;pH在5.5~6.5时为最适宜;pH在6.6~8.5为中、碱性范围,适宜于柑橘生长;pH>8.5为偏碱,不适宜于柑橘生长。其它有效养分分级标准见表1。

表1 柑橘园土壤有效养分丰缺标准

Table 1 Standards for classification of the soil nutrient status of citrus orchard

| 有效养分(mg/kg)<br>Avail. nutrient | 极缺<br>Extreme deficiency | 缺乏<br>Deficiency | 适量<br>Optimum range | 高量<br>High range | 过量<br>Excess range |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| 碱解氮 Avail. N                   | <50                      | 50~100           | 100~200             | >200             |                    |
| 有效磷 Avail. P                   | <5                       | 5~15             | 15~80               | >80              |                    |
| 有效钾 Avail. K                   | <50                      | 50~100           | 100~200             | >200             |                    |
| 有效铁 Avail. Fe                  | <5                       | 5~10             | 10~20               | 20~50            | >50                |
| 有效铜 Avail. Cu                  | <0.3                     | 0.3~0.5          | 0.5~1.0             | 1.0~2.0          | >2.0               |
| 有效锌 Avail. Zn                  | <0.5                     | 0.5~1.0          | 1.0~5.0             | 5.0~10.0         | >10.0              |
| 有效硼 Avail. B                   | <0.25                    | 0.25~0.50        | 0.50~1.00           | 1.00~2.00        | >2.00              |
| 有效锰 Avail. Mn                  | <2                       | 2~5              | 5~20                | 20~50            | >50                |

根据评价标准,对调查柑橘园土壤的养分丰缺状况进行归类和统计分析,确定出研究县市的(总)柑橘园土壤(样本)养分丰缺等级所占的百分比,即不同养分等级占总样本的百分比,来评价不同县市柑橘园土壤养分的丰缺状况。

所有数据均采用SPSS软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘园土壤有机质丰缺状况

分析结果(表2和表3)表明,库区柑橘园土壤有机质含量偏低,平均含量为14.8 g/kg,只有23.1%的土壤有机质含量超过15 g/kg,其中超过

30 g/kg 的占 5.2% ; 偏低 ( 10 ~ 15 g/kg ) 的占 60.3% , 有机质低于 10 g/kg 的占 16.6% , 有机质低于 5 g/kg 的果园土壤占 2.2% 。 其中有机质超过 15 g/kg 的土壤,奉节为 40.6%、江津为 32.5%、永川为 31.1%、忠县为 10.6%、万州为 5.0%。

表 2 柑橘园土壤有机质和大量元素有效含量状况 ( *n* = 459 )  
Table 2 Organic matter and available macroelement contents in citrus orchards

| 项目 Item      | 有机质 (g/kg)<br>Organic matter | 碱解氮 Avail. N | 有效磷 Avail. P<br>(mg/kg) | 速效钾 Avail. K |
|--------------|------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
|              |                              |              |                         |              |
| 含量 Content   | 2.8 ~ 72.3                   | 21.2 ~ 401.2 | 0.5 ~ 271.0             | 30 ~ 630     |
| 平均值 Mean     | 14.8                         | 82.5         | 17.1                    | 136.2        |
| 变异系数 CV( % ) | 46.77                        | 57.5         | 30.4                    | 63.3         |

表 3 柑橘园土壤有机质丰缺等级所占的百分比  
Table 3 Percentage for classification of soil organic matter status in citrus orchards

| 柑橘种植县市<br>Location of citrus orchard | 样本数<br>Sample No. | 有机质分布频率 Percentage for classification of organic matter( % ) |              |        |            |         |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|--------|------------|---------|
|                                      |                   | 极低 Extreme low                                               | 低 Deficiency | 偏低 Low | 适宜 Optimum | 丰富 High |
| 奉节 Fengjie                           | 128               | 0.8                                                          | 4.7          | 53.9   | 30.5       | 10.1    |
| 江津 Jiangjin                          | 83                | 0.0                                                          | 9.6          | 57.8   | 28.9       | 3.6     |
| 万州 Wanzhou                           | 80                | 10.0                                                         | 21.2         | 63.8   | 5.0        | 0.0     |
| 忠县 Zhongxian                         | 123               | 0.8                                                          | 26.8         | 61.8   | 5.7        | 4.9     |
| 永川 Hechuan                           | 45                | 0.0                                                          | 8.9          | 60.0   | 28.9       | 2.2     |
| 合计 Total                             | 459               | 2.2                                                          | 14.4         | 60.3   | 17.9       | 5.2     |

2.2 土壤大量养分元素状况

各主产区柑橘园土壤有效性大量元素含量存在地域性差异。表 4 看出,重庆市柑橘园土壤碱解氮含量变幅大,在 21.2 ~ 401.2 mg/kg 之间,平均为 82.5 mg/kg,变异系数达到 57.5% ,主要受外界环境因素如施肥等的影响。从碱解氮的分布频数看,有 24.8% 的土壤碱解氮含量在适宜柑橘种植范围,有 4% 左右的土壤碱解氮含量偏高。全区橘园土壤碱解氮极缺和缺乏级占 71.4% ,缺氮较为严重的是万州 ( 83.8% ) 和奉节 ( 86.0% ) ,其次为忠县 ( 67.4% ) 、永川 ( 64.4% ) 和江津 ( 53.0% ) ,所以,在缺氮严重的区域均应注意在柑橘生产中施用氮肥。

柑橘园土壤有效磷含量平均值为 17.6 mg/kg,显然是多年来增施磷肥的结果。各柑橘园土壤有效磷丰缺频率存在着较大的差异,约有 41.7% 的柑橘园土壤速效磷处于极缺和缺乏级,其中江津占 67.5% ,永川占 53.4% ; 适量和高量级,忠县达到 68.3% ,奉节达到 67.8% ,万州达到 60.0% ( 表 4 ) 。 各区县之间这种悬殊差异,可能与各地多年来施用

磷肥量的多少有关。

土壤有效钾含量平均值为 136.2 mg/kg,含量在 30 ~ 630 mg/kg 之间,其变幅较大,变异系数为 63.3% ( 表 2 ) 。 约有 28.3% 的柑橘园土壤速效钾处于极缺和缺乏级,万州和永川缺钾柑橘园,分别达到 42.4% 和 46.7% ; 江津为 32.5% ,奉节为 24.9% ,忠县为 14.6% 。 但是库区柑橘园土壤也存在钾素过剩现象,有 26.1% 橘园钾素含量过剩。如忠县柑橘土壤含钾量最高,过剩比率高达 42.3% ; 奉节和江津分别为 28.9% 和 25.3% ,万州和永川所占比重较小。

2.3 土壤微量元素状况

三峡重庆库区柑橘园土壤有效硼、锌、铁、锰、铜等 5 种微量元素含量丰缺等级比例见表 5。

有效硼: 平均含量为 0.25 mg/kg,其中,奉节和永川较高,其次是万州、忠县,江津最低。约有 86.3% 的柑橘园土壤有效硼不足,其中以忠县和江津最为严重,95.1% 和 95.2% 柑橘园土壤有效硼不足或缺乏,其次为万州,约有 82.6% ,奉节有 79.7% ,永川有 71.1% 。

表 4 各柑橘园土壤速效氮、磷、钾养分丰缺等级所占的百分比 (%)  
Table 4 Percentage for classification of soil N, P and K status in citrus orchards

| 养分<br>Nutrient  | 地点(样本数)<br>Location( sample No. ) | 极缺<br>Extreme deficiency | 缺乏<br>Deficiency | 适量<br>Optimum | 高量<br>High |
|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|------------|
| 碱解氮<br>Avail. N | 平均 AVERAGE(459)                   | 12.4                     | 59.0             | 24.8          | 3.7        |
|                 | 江津 Jiangjin(83)                   | 6.0                      | 47.0             | 39.7          | 7.2        |
|                 | 万州 Wanzhou(80)                    | 15.0                     | 68.8             | 13.8          | 2.5        |
|                 | 忠县 Zhongxian(123)                 | 14.6                     | 52.8             | 28.4          | 4.1        |
|                 | 永川 Yongchuan(45)                  | 2.2                      | 62.2             | 26.7          | 8.9        |
|                 | 奉节 Fengjie(128)                   | 10.2                     | 75.8             | 13.3          | 0.8        |
| 速效磷<br>Avail. P | 平均 AVERAGE(459)                   | 11.8                     | 29.9             | 53.5          | 5.0        |
|                 | 江津 Jiangjin(83)                   | 24.1                     | 43.4             | 31.3          | 1.2        |
|                 | 万州 Wanzhou(80)                    | 5.0                      | 35.0             | 56.2          | 3.8        |
|                 | 忠县 Zhongxian(123)                 | 5.7                      | 26.0             | 62.6          | 5.7        |
|                 | 永川 Yongchuan(45)                  | 26.7                     | 26.7             | 46.6          | 0          |
|                 | 奉节 Fengjie(128)                   | 9.4                      | 22.8             | 59.1          | 8.7        |
| 速效钾<br>Avail. K | 平均 AVERAGE(459)                   | 4.6                      | 23.7             | 45.5          | 26.1       |
|                 | 江津 Jiangjin(83)                   | 7.2                      | 25.3             | 42.2          | 25.3       |
|                 | 万州 Wanzhou(80)                    | 6.2                      | 36.2             | 47.5          | 10.0       |
|                 | 忠县 Zhongxian(123)                 | 0.8                      | 13.8             | 43.1          | 42.3       |
|                 | 永川 Yongchuan(45)                  | 6.7                      | 40.0             | 48.9          | 4.4        |
|                 | 奉节 Fengjie(128)                   | 2.3                      | 22.6             | 46.1          | 28.9       |

有效锌: 平均含量为 1.31 mg/kg, 但各点间变异较大, 变异系数为 96.60%, 有效锌缺乏的柑橘园占 37.9%。其中永川有效锌含量平均高达 3.54 mg/kg, 适宜柑橘园约到 88.9%; 忠县最低, 有效锌含量仅为 0.92 mg/kg, 缺乏柑橘园约占 55.3%。

有效铁: 平均含量为 34.50 mg/kg, 含量偏高, 变异系数为 96.60%, 约有 36.4% 柑橘园有效铁过量, 27% 有效铁不足。其中永川、江津、万州有效铁含量较高, 过量柑橘园分别占到 77.3%、73.5%、66.0%; 而奉节含量平均为 10.9 mg/kg, 含量适中。

有效锰: 平均含量为 20.83 mg/kg, 含量偏高, 变异系数为 94.22%, 约有 36.4% 过量, 20.3% 缺乏。其中以江津最高, 达 42.13 mg/kg, 适量的柑橘园占 4.5%; 奉节含量适中, 平均为 8.38 mg/kg, 适量的柑橘园占 32.8%。

有效铜: 平均含量为 1.25 mg/kg。受地域性影响较小, 有效铜含量丰缺状况基本一致, 缺乏占 8.1%; 适量占 26.8%, 高量和过量达 65.2%。

总的看来, 三峡重庆库区柑橘园均不同程度地存在土壤有效硼、锌、铁、锰、铜缺乏的现象, 在一些地区还存在一定比例的铁、锰、铜过量。库区柑橘园缺乏有效硼、锌、铁、锰的比例分别为 86.3%、27.0%、20.3%。表明三峡重庆库区柑橘园微量元

素养分缺乏较为严重。因此, 在柑橘园施肥的过程中, 根据微量元素养分丰缺情况, 合理配施。柑橘园土壤缺硼较为突出, 尤应重视, 锌肥也要注意配施。

#### 2.4 土壤 pH 状况及其与有效养分的相关关系

三峡重庆库区柑橘园土壤 pH 测试结果(表 6)表明, 大部分柑橘园土壤 pH 值适宜柑橘生长, pH 值 4.8~8.5 的占 78.7%, pH < 4.8 的强酸性土壤占 20.0%, 不适合种植柑橘。但是目前库区柑橘土壤酸化已较严重, pH 平均达 6.05, pH < 6.5 的酸性土壤占 60.3%, 应予注意。

相关分析表明, 土壤 pH 与土壤有效养分间相关关系显著。土壤 pH 与土壤有效锌和锰存在极显著正相关( $r=0.543^{**}$  和  $0.632^{**}$ ), 与土壤有效铁有显著负相关( $r=-0.486^{*}$ )。土壤有机质与土壤碱解氮呈极显著相关( $r=0.612^{**}$ ), 与土壤速效钾和有效硼达显著正相关( $r=0.424^{*}$  和  $0.453^{*}$ ); 土壤碱解氮与土壤有效锰、铁、锌、硼之间为显著正相关( $r=0.342^{*}$ 、 $0.342^{*}$ 、 $0.343^{*}$ 、 $0.421^{*}$ ); 土壤速效磷与土壤有效锌和铁呈极显著正相关( $r=0.732^{**}$  和  $0.411^{**}$ ), 与土壤有效硼呈显著相关( $r=0.321^{*}$ ); 土壤速效钾与土壤速效硼有极显著正相关( $r=0.432^{**}$ )。土壤有效硼与有效锌存在显著正相关( $r=0.354^{*}$ ); 土壤有效锌与土壤有效铁、

表 5 柑橘园土壤微量元素有效养分含量及丰缺等级比例  
Table 5 Contents and percentage for classification of soil micro-nutrients status in citrus orchards

| 养分<br>Nutrient   | 地点(样本数)<br>Location( Sample No. ) | 养分含量<br>Nutrient<br>( mg/kg ) | 丰缺等级比例 Percentage for classification( % ) |                  |               |            |              |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|------------------|---------------|------------|--------------|
|                  |                                   |                               | 极缺<br>Extreme deficiency                  | 缺乏<br>Deficiency | 适量<br>Optimum | 高量<br>High | 过量<br>Excess |
| 有效硼<br>Avail. B  | 平均 Aerage( 459 )                  | 0. 25 ± 0. 21                 | 0                                         | 86. 3            | 13. 1         | 0. 7       | 0            |
|                  | 江津 Jiangjin( 83 )                 | 0. 16 ± 0. 19                 | 0                                         | 22. 9            | 75. 9         | 1. 2       | 0            |
|                  | 万州 Wanzhou( 80 )                  | 0. 27 ± 0. 29                 | 0                                         | 85. 6            | 13. 4         | 1. 0       | 0            |
|                  | 忠县 Zhongxian( 123 )               | 0. 21 ± 0. 14                 | 0                                         | 95. 1            | 4. 9          | 0          | 0            |
|                  | 永川 Yongchuan( 45 )                | 0. 37 ± 0. 17                 | 0                                         | 71. 1            | 28. 9         | 0          | 0            |
|                  | 奉节 Fengjie( 128 )                 | 0. 38 ± 0. 20                 | 0                                         | 79. 7            | 19. 5         | 0. 8       | 0            |
| 有效锌<br>Avail. Zn | 平均 Aerage( 459 )                  | 1. 31 ± 1. 69                 | 8. 5                                      | 29. 4            | 58. 4         | 3. 5       | 0. 2         |
|                  | 江津 Jiangjin( 83 )                 | 2. 26 ± 2. 78                 | 0                                         | 7. 2             | 80. 7         | 10. 8      | 1. 2         |
|                  | 万州 Wanzhou( 80 )                  | 1. 30 ± 1. 27                 | 5. 2                                      | 28. 9            | 64. 9         | 1. 0       | 0            |
|                  | 忠县 Zhongxian( 123 )               | 0. 92 ± 0. 70                 | 0                                         | 55. 3            | 44. 7         | 0          | 0            |
|                  | 永川 Yongchuan( 45 )                | 3. 54 ± 1. 38                 | 0                                         | 2. 2             | 88. 9         | 8. 9       | 0            |
|                  | 奉节 Fengjie( 128 )                 | 1. 00 ± 0. 98                 | 11. 7                                     | 44. 5            | 42. 2         | 1. 6       | 0            |
| 有效铁<br>Avail. Fe | 平均 Aerage( 459 )                  | 34. 50 ± 70. 5                | 17. 6                                     | 9. 4             | 7. 4          | 13. 1      | 52. 5        |
|                  | 江津 Jiangjin( 83 )                 | 68. 10 ± 76. 41               | 8. 4                                      | 3. 6             | 3. 6          | 10. 8      | 73. 5        |
|                  | 万州 Wanzhou( 80 )                  | 60. 20 ± 54. 09               | 0                                         | 2. 1             | 13. 4         | 18. 6      | 66. 0        |
|                  | 忠县 Zhongxian( 123 )               | 36. 84 ± 64. 41               | 14. 6                                     | 8. 9             | 9. 8          | 13. 0      | 53. 7        |
|                  | 永川 Yongchuan( 45 )                | 79. 02 ± 82. 78               | 4. 4                                      | 6. 7             | 0. 0          | 15. 6      | 73. 3        |
|                  | 奉节 Fengjie( 128 )                 | 10. 95 ± 42. 32               | 42. 2                                     | 18. 8            | 7. 0          | 9. 4       | 22. 7        |
| 有效锰<br>Avail. Mn | 平均 Aerage( 459 )                  | 20. 83 ± 37. 89               | 4. 6                                      | 15. 7            | 21. 4         | 22. 0      | 36. 4        |
|                  | 江津 Jiangjin( 83 )                 | 42. 13 ± 49. 63               | 6. 0                                      | 1. 2             | 12. 0         | 54. 5      | 26. 3        |
|                  | 万州 Wanzhou( 80 )                  | 32. 67 ± 26. 19               | 0                                         | 2. 1             | 17. 5         | 54. 6      | 25. 8        |
|                  | 忠县 Zhongxian( 123 )               | 20. 78 ± 35. 26               | 7. 3                                      | 16. 3            | 18. 7         | 16. 3      | 41. 5        |
|                  | 永川 Yongchuan( 45 )                | 34. 28 ± 33. 05               | 0                                         | 4. 4             | 20. 0         | 24. 4      | 51. 1        |
|                  | 奉节 Fengjie( 128 )                 | 8. 38 ± 21. 34                | 5. 5                                      | 36. 7            | 32. 8         | 13. 3      | 11. 7        |
| 有效铜<br>Avail. Cu | 平均 Aerage( 459 )                  | 1. 25 ± 0. 93                 | 1. 3                                      | 6. 8             | 26. 8         | 38. 8      | 26. 4        |
|                  | 江津 Jiangjin( 83 )                 | 1. 53 ± 1. 17                 | 4. 8                                      | 6. 0             | 13. 3         | 30. 1      | 45. 8        |
|                  | 万州 Wanzhou( 80 )                  | 1. 96 ± 0. 75                 | 0                                         | 0                | 24. 7         | 38. 1      | 37. 1        |
|                  | 忠县 Zhongxian( 123 )               | 1. 40 ± 0. 98                 | 1. 6                                      | 10. 6            | 27. 6         | 43. 1      | 17. 1        |
|                  | 永川 Yongchuan( 45 )                | 1. 66 ± 0. 73                 | 0                                         | 4. 4             | 13. 3         | 46. 7      | 35. 6        |
|                  | 奉节 Fengjie( 128 )                 | 1. 21 ± 0. 71                 | 0                                         | 8. 6             | 39. 8         | 39. 1      | 12. 5        |

表 6 柑橘园土壤 pH 现状  
Table 6 The status of pH in citrus orchards

| 地点<br>Location | 样本数( No. )<br>Sample | pH 分布频率 Frequency( % ) |             |             |             |             |        |
|----------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
|                |                      | < 4. 8                 | 4. 8 ~ 5. 4 | 5. 5 ~ 6. 5 | 6. 6 ~ 7. 4 | 7. 5 ~ 8. 5 | > 8. 5 |
| 奉节 Fengjie     | 128                  | 7. 0                   | 8. 6        | 9. 4        | 22. 6       | 42. 2       | 10. 2  |
| 江津 Jiangjin    | 83                   | 24. 1                  | 34. 9       | 18. 1       | 16. 9       | 6. 0        | 0. 0   |
| 万州 Wanzhou     | 80                   | 16. 2                  | 26. 2       | 41. 2       | 12. 5       | 3. 8        | 0. 0   |
| 忠县 Zhongxian   | 123                  | 30. 9                  | 17. 1       | 17. 9       | 24. 4       | 9. 8        | 0. 0   |
| 永川 Yongchuan   | 45                   | 57. 8                  | 11. 1       | 17. 8       | 13. 3       | 0. 0        | 0. 0   |
| 合计 Total       | 459                  | 20                     | 21. 1       | 19. 2       | 20. 5       | 17. 9       | 1. 3   |

锰存在显著和极显著正相关(  $r = 0. 308^*$ 、 $0. 576^{**}$  ); 与黄玉溢等人在研究广西柑橘园得出的 pH、有机质  
土壤有效铁和土壤有效锰相关显著(  $r = 0. 301^*$  )。这 及有效养分之间的关系结论相似<sup>[10]</sup>。

### 3 讨论与结论

土壤有机质含量是衡量柑橘园土壤肥力的重要指标,有机质可使土壤疏松,形成团粒结构,改善土壤的物理性状,可缓和化肥施用不当造成的不良反应,提高化肥的肥效<sup>[11]</sup>。柑橘园土壤有机质含量与柑橘树基础产量有密切关系,有机质含量高,柑橘树基础产量也高且稳定,柑橘果实品质也好。据报道,丰产柑橘园土壤有机质均在 15 g/kg 以上,国外丰产园则高达 20~60 g/kg<sup>[5]</sup>。三峡重庆库区柑橘园土壤总体有机质含量偏低,平均为 14.8 g/kg,只有 23.1% 的土壤有机质含量超过 15 g/kg,但不同主产区情况有所不同,如奉节县有机质含量超过 15 g/kg 的橘园的比例占 40.6%,而万州仅为 5.0%。其原因主要是库区大部分柑橘园处于丘陵山地,地处丘陵山区的柑橘园给有机肥施用带来很大的困难,有的柑橘园常年少施或不施有机肥;而且库区柑橘园土壤为紫色土,紫色土有机质本底含量低,一般紫色土旱地有机质平均含量为 4.49 g/kg<sup>[12]</sup>;同时因开垦年限和施用有机肥状况的差异,也是造成柑橘园有机质含量较低和存在差异的原因。有机质的多寡,直接影响着土壤有效营养元素的丰缺,所以,生产中应增施有机肥,提高土壤肥力,以利柑橘优质生产。

三峡库区部分橘园氮肥施用量较少,氮肥多为表施,容易挥发和径流损失,导致土壤速效氮含量偏低。三峡重庆库区柑橘园以旱坡地为主,紫色土为土层浅、土壤下伏透水性极弱的紫色泥页岩,同时库区夏季降雨丰富,造成坡地硝酸盐随壤中流大量淋失,每年硝态氮流失的量达 27.98 kg/hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>,因此合理施用氮肥,开展测土配方和推荐施肥技术,同时采用开沟覆土,施用控释肥,有条件的可以采用灌溉施肥,改善橘园氮素供应,以提高氮素利用率。

库区柑橘园土壤速效磷平均值为 17.6 mg/kg,较第二次土壤普查时有明显的增加<sup>[14]</sup>,这与多年来增施磷肥有关<sup>[15]</sup>。但是库区有一部分橘园土壤速效磷含量明显偏低,已成为柑橘生长的重要制约因素。这与磷肥施入土壤后,易被土壤固定,不易被植物吸收利用有关<sup>[16]</sup>。是否需要施用磷肥,需结合其它营养诊断方法来判定。柑橘根系着生有菌根,丛枝菌根真菌与柑橘共生能增强根系对水分、矿质营养特别是磷吸收而促进植株的生长<sup>[17]</sup>。

紫色土继承母岩特性,富含钾矿物,所以紫色土有效钾含量高于我国土壤平均值<sup>[18]</sup>。柑橘园种植

在紫色土上,且多施用等氮、磷、钾的复合肥(15-15-15),因而部分柑橘园土壤钾素并不十分缺乏。但是,三峡库区部分柑橘园种植在黄壤上,土壤中 K、P、S、Cl、Fe 均较紫色土低<sup>[11]</sup>,而且部分柑橘园长期的重氮、磷,轻钾肥,使得部分柑橘园土壤处于钾亏缺状态。

三峡重庆库区柑橘园均有不同程度地存在缺乏土壤微量元素铁、锰、铜、锌、钼、硼有效成分,这与成土母质本身的含量高低有直接的关系;另外,土壤 pH 和有机质也是影响元素有效性的主要因素。土壤 pH 的过高或过低,都会加剧元素间的拮抗或促进作用<sup>[19]</sup>。因此,对于 pH 值过高的柑橘园宜施用一些酸性肥料,而对于 pH 偏低的柑橘园适当施用石灰或碱性肥料,来调节土壤酸度,以利柑橘的生长。

橘园有些元素含量还与人为活动有关,如 Cu 相对不缺乏与橘农习惯用波尔多液(主要成分含有 CuSO<sub>4</sub>)杀菌防病有关,土壤硼含量普遍低与农民不施用硼肥有关。调查发现,三峡重庆库区柑橘大部分土壤严重缺硼,施硼明显改善了柑橘的生长发育和硼营养状况,施硼增产 23.3%<sup>[20]</sup>,所以,柑橘施硼应成为库区柑橘园一项重要的丰产措施。

### 参考文献:

- [1] 晏承泉,吴涛,邓烈,等. 三峡重庆库区柑桔产业发展存在的问题及对策探讨[J]. 中国南方果树, 2006, 35(6): 21-25.  
Yan C Q, Wu T, Deng L *et al.* On the issues of the development of citrus industry in Sanxia Reservoir Area[J]. South. China Fruit, 2006, 35(6): 21-25.
- [2] Srivastava A K, Shyam Singh, 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.
- [3] 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.  
Yao L X, Zhou X C, Peng Z P *et al.* Soil nutrient fertilizer in citrus orchards of guangdong province[J]. Chin. J. Soil Sci., 2006, 37(1): 41-44.
- [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.  
Chen J L, Zhang X Y, Xie W G. A study on the nutrient status of the citrus orchard in mountainous areas of Guizhou[J]. Southwest China J. Agric. Sci., 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.  
Lu J W, Chen F, Wang F H *et al.* Study of classification of the soil nutrient status of citrus orchard in Hubei province[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2002, 8(4): 390-394.

- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.  
Bao S D. Soil agro-chemical analyze[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [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, 270-280.  
Zhuang Y M, Yu L D, Zhou X W *et al.* The nutrient and fertilizer of citrus[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999, 270-280.
- [8] Obreza A T, Morgan T K. Nutrition of Florida citrus trees(2nd Edition)[M]. Florida: Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, 2008, 60-90.
- [9] 刘铮, 邹邦基, 朱其清, 等. 微量元素的农业化学[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 125.  
Liu Z, Zou B J, Zhu Q Q *et al.* The agrochemistry of micronutrient[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1991. 125
- [10] 黄玉溢, 刘斌, 陈桂芬. 广西柑桔园土壤有效养分含量研究[J]. 西南农业学报, 2006, 19(5): 863-865.  
Huang Y Y, Liu B, Chen G F. Study on content of soil available nutrients in citrus orchards in Guangxi[J]. Southwest China J. Agric. Sci., 2006, 19(5): 863-865.
- [11] 唐将, 李勇, 邓富银, 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.  
Tang J, Li Y, Deng F Y *et al.* Distribution characteristics of nutrition elements in the three gorges reservoir district[J]. Acta Pedol. Sin., 2005, 42(3): 473-478.
- [12] 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.  
Li D, Wang Z F, Zheng J B *et al.* Contents of soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium under different land-use patterns in purple hill area[J]. Chin. J. Soil Sci., 2009, 40(2): 310-314.
- [13] 朱波, 汪涛, 况福虹. 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.  
Zhu B, Wang T, Kuang F H. Characteristics of nitrate leaching from hilly crop land of purple soil[J]. Acta Sci. Circumst., 2008, 28(3): 525-533.
- [14] 全国土壤普查办公室. 中国土种志(第六卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996, 110-716.  
Office of General Survey on Soil. China soil(Vol. 6)[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1996, 110-716.
- [15] 淳长品, 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.  
Chun C P, Peng L Z, Jiang C L *et al.* Preliminary study on soil nutrient status of some citrus orchards in Three Gorges Reservoir District[J]. South. China Fruit, 2009, 38(2): 1-6.
- [16] 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.  
Pang R L, Jie X L, Tan J F *et al.* Effect of low-molecular-weight organic acids on the release of P from synthetic phosphate compounds[J]. Chin. J. Soil Sci., 2006, 37(5): 941-944.
- [17] 吴强盛, 夏仁学, 邹英宁. 柑橘丛枝菌根真菌生长与根际有效磷和磷酸酶活性的相关性[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 685-689.  
Wu Q S, Xia R X, Zou Y N. Arbuscular mycorrhizal fungal growth on citrus roots and its correlations with soil available phosphorus content and phosphates activity[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(4): 685-689.
- [18] 唐时嘉, 孙德江, 罗有芳, 等. 四川盆地紫色土肥力与母质特性的关系[J]. 土壤学报, 1984, 21(2): 123-126.  
Tang S J, Sun D J, Luo Y F. The fertility of purple soil in relation to the characteristics of parent material in Sichuan Basin[J]. Acta Pedol. Sin., 1984, 21(2): 123-126.
- [19] 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.  
Xie Z N, Zhuang Y M, Wang R J *et al.* Correlation between soil pH and the contents of available nutrients in selected soils from three kinds of orchards at subtropical zone in Fujian[J]. Acta Hort. Sin., 1997, 24(3): 209-214.
- [20] 姜存仓, 王运华, 刘桂东, 等. 赣南脐橙叶片黄花及施硼效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(3): 656-661.  
Jiang C C, Wang Y Y, Liu G D *et al.* Effect of boron on the leaves etiolation and fruit fallen of Newhall Navel Orange[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2009, 15(3): 656-661.