

## 桂西北环境移民示范区柑橘园土壤营养探析\*

何铁光 肖润林\*\*

石雪晖

(中国科学院亚热带农业生态研究所 长沙 410125) (湖南农业大学园艺园林学院 长沙 410128)

**摘要** 对桂西北环境移民示范区柑橘园土壤营养状况测定结果表明,该区柑橘园有机质含量丰富,全N、全P偏低,水解氮、有效磷基本适宜,K素缺乏,pH偏酸性;且主要土壤养分变异系数均>16%,土壤pH变异系数为4.4%;不同产量级柑橘园土壤养分差异主要表现于水解氮和速效钾含量,丰产园水解氮和速效钾含量分别为106.46mg/kg和76.21mg/kg,低产园分别为96.88mg/kg和59.83mg/kg且显著低于丰产园,水解氮和速效钾与柑橘产量分别呈极显著和显著相关。并提出果园土壤水解氮、速效钾丰缺指标。

**关键词** 环境移民示范区 柑橘园 土壤养分

**Analysis on the soil nutrients of citrus orchards in demonstration area of environmental immigrants, Northwest Guangxi.** HE Tie-Guang, XIAO Run-Lin (Institute of Subtropical Agriculture and Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125), SHI Xue-Hui (College of Horticulture and Landscape Architecture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128), CJEA, 2005, 13(1): 139~142

**Abstract** Soil nutrients of citrus orchards in demonstration area of environmental immigrants, Northwest Guangxi were tested. The results show that the soil fertility in the area is characterized by abundant organic matter, low total N, total P and total K, optimum hydrolyable N and available P, and strong acidity. The major nutrient variable coefficients in different citrus orchard soils are over 16% and pH variable coefficient of the soil is 4.4%. The soil nutrient differences of citrus orchards of different yield grades are mainly shown in the amount of hydrolyable N and available K. The contents of hydrolyable N and available K are 106.46mg/kg and 76.21mg/kg respectively in high-yield citrus orchards and are 96.88 mg/kg and 59.83mg/kg respectively in low-yield citrus orchards. There is an extremely positive correlation between citrus yields and hydrolyable N and a positive correlation between citrus yields and available K. Also, the indexes of abundance and shortage of hydrolyable N and available K in soils are put forward in this paper.

**Key words** Demonstration area of environmental immigrants, Citrus orchards, Soil nutrient

### 1 研究区域概况与研究方法

中国科学院科技扶贫基地肯福示范区地处广西壮族自治区西北部,位于环江毛南族自治县(东经107°51'~108°43',北纬24°44'~25°33')县城北面。该县是由云贵高原向广西丘陵过渡的斜坡坡麓地带,土壤多为砂页岩、板页岩及第四纪红土发育的红壤,属中亚热带南缘季风气候,具有温热湿润、雨热同季、无霜期长(240~330d)等特点,年均气温16.5~19.9℃,≥10℃年积温5500~6539℃,年太阳辐射总量334.4~413.4kJ/cm<sup>2</sup>,年降雨量1389mm且多集中于4~8月份。2002年4月在肯福示范区共选择91个代表性柑橘园,采集土样91个,在株间树冠滴水线附近按S型路线采集0~20cm土层土壤,每样点由20个采样点土壤组成,用四分法取样,最后留约1kg土壤置室内风干、研磨,用重铬酸钾-硫酸氧化法测定有机质含量,用重铬酸钾-硫酸消化法测定全N含量,用扩散法测定水解氮含量,用氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法测定全P含量,用0.5mol/L碳酸氢钠(pH8.5)浸提-钼锑抗比色法测定速效磷含量,用氢氧化钠熔融、水土比10:1、火焰光度法测定全K含量,用1mol/L NH<sub>4</sub>OAc浸提-火焰光度法测定速效钾含量,用水土比25:1、电位法测定pH值<sup>[1]</sup>。并选择33个有代表性不同产量级果园(高、中、低级),按常规方法测定当年产量<sup>[2]</sup>。调查柑橘园产量并分析土壤养分含量,探讨柑橘园养分丰缺程度,为桂西北柑橘产区土壤培肥和合理施肥提供理论依据。

\* 国家科技攻关重大项目(2001BA606A-8)和中国科学院重点项目(NK十五-D-15)部分研究内容

\*\* 通讯作者

收稿日期:2003-10-27 改回日期:2003-11-30

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘园土壤营养状况

由表 1 可知肯福示范区柑橘园土壤多呈强酸性,土壤 pH 变幅为 3.75~4.65,均值 4.23,而柑橘土壤 pH 值最适宜范围为 5.00~6.50<sup>[3]</sup>。建议今后施用石灰和碱性肥料控制其土壤酸化程度,以利于柑橘优质高产。肯福示范区柑橘园土壤有机质含量 13.6~34.0g/kg,均值 21.1g/kg,土壤有机质含量大于适量指标下限 15.0g/kg 的样品 88 个,占样品总数的 96.7%,表明近年该柑橘园重视有机肥的施用和土壤覆盖,今后应继续增施有机肥并种植绿肥。肯福示范区柑橘园土壤全 N 含量较低,变幅为 0.35~1.08g/kg,均值 0.62 g/kg。其中土壤全 N 含量小于适量指标下限 1.0g/kg 的样品 88 个,占样品总数的 96.7%,这可能与目前柑橘园单位面积产量大幅增加,所消耗的养分增加有关。此外该柑橘园大都建立在红壤丘陵山地,对土壤养分流失有一定影响,造成全 N 含量较低。肯福示范区柑橘园土壤水解氮含量变幅为 86.1~187.4mg/kg,均值 118.1mg/kg。据庄伊美等<sup>[4]</sup>报道柑橘园土壤营养元素水解氮适量范围为 100~200mg/kg,供试柑橘园有 12 个样品水解氮含量低于 100mg/kg,占总数的 13%。造成部分柑橘园土壤水解氮含量低的原因可能是 N 肥施用不足或 N 肥施入土壤后经微生物作用迅速变成硝酸盐,除部分被果树利用外大部分通过 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 淋失、反硝化、NH<sub>3</sub>挥发以及 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 化学分解等途径从土壤中损失所致。肯福示范区柑橘园土壤全 P 含量

表 1 柑橘园土壤养分状况 \*

Tab. 1 Nutrient situation in the soil of citrus orchards

项 目 Items	调查样品含量范围 Content range of sample	小于适宜指标样品数 Samples less than optimum indexes	处于适宜指标样品数 Samples in the optimum indexes	超过适宜指标样品数 Samples exceeding optimum indexes	适宜指标 Optimum indexes
pH	3.75~4.65	91(4.23)	0(0)	0(0)	5.0~6.5
有机质 / g · kg <sup>-1</sup>	13.60~34.00	3(14.3)	85(20.9)	3(32.9)	15~30
全 N / g · kg <sup>-1</sup>	0.35~1.08	88(0.61)	3(1.05)	0(0)	1.0~1.5
水解氮 / mg · kg <sup>-1</sup>	86.10~187.4	12(93.9)	79(121.8)	0(0)	100~200
全 P / g · kg <sup>-1</sup>	0.17~0.62	91(0.35)	0(0)	0(0)	1.0~1.8
有效磷 / mg · kg <sup>-1</sup>	4.46~48.11	13(7.25)	77(16.12)	1(48.11)	10~40
全 K / g · kg <sup>-1</sup>	2.40~14.40	86(6.9)	5(13.6)	0(0)	13~20
速效钾 / mg · kg <sup>-1</sup>	20.50~136.50	85(61.1)	6(114.7)	0(0)	100~150

\* 表中括号内数值为养分平均值。

为 0.17~0.62g/kg,均值 0.35g/kg,大大低于岳仁芳等<sup>[5]</sup>报道的广西柑橘园土壤营养元素全 P 范围 1.0~1.8g/kg。造成柑橘园全 P 含量低的原因可能与南方酸性土壤质地、成土作用和耕作施肥有关。柑橘所需要的 P 主要来自土壤中有有效态磷。肯福示范区柑橘园土壤有效磷含量为 4.46~48.11mg/kg,均值 15.20 mg/kg,据庄伊美等<sup>[4]</sup>报道柑橘园土壤有效磷适宜指标为 10~40mg/kg,供试柑橘园有效磷含量低于 10mg/kg 的样品 13 个,仅占总数的 14.3%,大于指标上限 40mg/kg 的样品 1 个,占总数的 1.1%,表明该柑橘园有效磷含量基本适宜。部分柑橘园土壤有效磷含量较低的原因可能是土壤中富含铁铝氧化物,其残留的肥料 P 大多被土壤表面固定。由于该柑橘园土壤 pH 呈酸性,对部分含有有效磷低的柑橘园今后应注意施用钙镁磷肥,以减缓 P 素在土壤中的积累,保持较为适宜的 P 素水平。柑橘对 K 需要量较大,仅次于 N。柑橘园土壤全 K 含量低于 5.0g/kg、速效钾含量低于 50mg/kg 时柑橘将出现缺 K 症状。肯福示范区柑橘园土壤全 K 含量为 2.4~14.4g/kg,均值 7.3g/kg。按岳仁芳等<sup>[5]</sup>报道广西柑橘园土壤营养元素全 K 含量适量范围为 13.0~20.0g/kg,供试柑橘园大于全 K 含量指标下限的样品 5 个,占总数的 5.5%,大部分柑橘园处于低 K 水平。肯福示范区柑橘园速效钾含量 20.5~136.5mg/kg,均值 64.6mg/kg。按岳仁芳等<sup>[5]</sup>报道广西柑橘园土壤营养丰缺分级指标衡量,供试柑橘园速效钾含量适量(100~150mg/kg)的样品 6 个,占总数的 6.6%,速效钾含量 < 100mg/kg 的样品 85 个,占总数的 93.4%。该柑橘园建立在丘陵、山地,土壤流失严重、淋溶作用强,故土壤 K 素背景值低。由土壤养分性质统计结果可知,肯福示范区柑橘园土壤 pH 值、有机质、全 N、水解氮、全 P、有效磷、全 K、速效钾的变异系数分别为 4.4%、19.4%、30.7%、16.3%、24.8%、42.7%、42.3% 和 35.4%,土壤 pH 值变异系数最小,其他土壤养分变异系数均 > 16%,有机质、水解氮变异系数相对较小,全 N、有效磷、全 K、速效钾变幅较大,表明柑橘园间土壤肥力很不一致。有研究表明土壤 pH 的变异性相对较低<sup>[8,9]</sup>,Chien Y. J.<sup>[10]</sup>等报道土壤有效磷变异系数可高达 199%。柑橘园土壤养分差异大

与柑橘园土地利用、施肥、侵蚀等过程不同而导致土壤养分不均一性和有效养分较易流失及固定有关。

2.2 柑橘园土壤养分间相关关系

表 2 表明肯福示范区柑橘园土壤全 N 与水解氮间极密切正相关,有机质与全 N、水解氮、有效磷、速效钾间均呈极显著相关关系。其中土壤全 N 含量与有机质含量呈正相关,土壤有机质与土壤有效磷呈极显著正相关,今后该柑橘园施肥应以有机肥为主,辅以化肥,保持良好熟化度,满足柑橘稳产高产优质对营养的要求。有研究表明<sup>[6]</sup>土壤有机质含量提高可增加土壤 P 的有效性,本研究结果符合这一规律。柑橘园土壤速效钾与有机质含量相关达极显著水平,此结果与杨振强等<sup>[7]</sup>报道一致。土壤 pH 值与水解氮和速效钾呈负相关,表明土壤施用酸性肥料是导致土壤酸化的原因之一。柑橘园土壤全 N 与速效钾含量存在相关性,今后在柑橘园土壤营养诊断中可根据某种养分的测定值,粗略估算另一养分含量。

表 2 柑橘园土壤主要营养元素间相关关系

Tab.2 Correlation relations among major nutrition elements in citrus orchards soil

相关项目		相关式	相关系数
Correlation items		Correlation formula	Correlated coefficient
x	y		
有机质	全 N	$y = 0.02x + 0.22$	$r = 0.411^{**}$
有机质	水解氮	$y = 1.85x + 79.11$	$r = 0.391^{**}$
有机质	有效磷	$y = 0.94x - 4.52$	$r = 0.588^{**}$
有机质	速效钾	$y = 2.40x + 13.99$	$r = 0.428^{**}$
全 N	水解氮	$y = 47.56x + 88.61$	$r = 0.468^{**}$
全 N	速效钾	$y = 66.10x + 23.65$	$r = 0.549^{**}$
pH	水解氮	$y = 24.37x + 221.16$	$r = -0.232^*$
pH	速效钾	$y = 28.15x + 183.71$	$r = -0.227^*$

\*、\*\* 分别表示相关式 t 检验达 0.05 及 0.01 显著水平。

2.3 不同产量级柑橘园土壤养分状况

为探明不同产量级柑橘园的土壤养分状况,将柑橘园产量分为 3 种类型,即高产型,每株产柑橘 36kg 以上;中产型,每株产柑橘 18~36kg;低产型,每株产柑橘 <18kg。不同产量级柑橘园土壤养分见表 3。由表 3

表 3 不同产量级柑橘园土壤养分状况 \*

Tab.3 Nutrient situation of soil in different production grades citrus orchards

产量/kg·株 <sup>-1</sup>	果园类型	pH	有机质/g·kg <sup>-1</sup>	全 N/g·kg <sup>-1</sup>	全 P/g·kg <sup>-1</sup>	全 K/g·kg <sup>-1</sup>	水解氮/mg·kg <sup>-1</sup>	有效磷/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup>
Yield	Types of orchard		Organic matter	Total N	Total P	Total K	Hydrolysable N	Available P	Available K
>36	丰产	4.28a	21.91a	0.80a	0.41a	9.29a	106.46a	16.35a	76.21a
18~36	中产	4.18a	20.33a	0.68a	0.38a	7.70a	101.78ab	15.76a	69.76ab
<18	低产	4.15a	20.13a	0.64a	0.33a	8.55a	96.88b	15.61a	59.83b

\* 表中不同字母表示显著差异水平(P<0.05)。

表 4 柑橘园土壤水解氮与速效钾初步分级

Tab.4 The primary grades of hydrolysable N and available K in citrus orchards soil

肥力级别	产量/kg·株 <sup>-1</sup>	水解氮/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup>
Fertility grades	Yield	Hydrolysable N	Available K
高	>36	>114	>100
中	18~36	90~114	38~100
低	<18	<90	<38

可知,土壤有机质、全 N、全 P 及水解氮、速效钾含量及 pH 丰产园最高,其次为中产园,而低产园含量最低,水解氮、速效钾在高、低产类型果园土壤中的差异达显著水平,表明水解氮和速效钾是造成产量差异的主要因素之一。有效磷在各类型柑橘园土壤间差异未达显著水平。不同产量级柑橘园土壤养分与产量相关

分析结果仅水解氮、速效钾与产量分别呈极显著和显著正相关,其相关方程为:

$$y = 0.74x_1 - 48.34 \quad (r = 0.523^{**}) \quad (1)$$

$$y = 0.29x_2 + 7.12 \quad (r = 0.394^*) \quad (2)$$

式中,  $x_1$  为水解氮,  $x_2$  为速效钾。供试条件下土壤水解氮和速效钾含量每提高 1mg/kg,可分别提高柑橘产量 0.74kg/株和 0.29kg/株。影响柑橘产量的因素很多,加之供试果树处于初果期,产量不稳,故本研究中产量与土壤诸有效养分显著相关者较少,且相关系数较小,式(1)、(2)通过 5% 和 1% 的检验标准,表示其代表生产实际,以株产 >36kg 为高肥力级别, <18kg 为低肥力级别,分别代入方程(1)、(2),初步划分供试地区土壤水解氮和速效钾的丰缺级别见表 4。

3 小结与讨论

肯福示范区柑橘园绝大部分土壤呈强酸性,土壤有机质、水解氮、有效磷含量基本适宜,速效钾供应水平低,全 N、全 P、全 K 含量普遍偏低,应在柑橘园施生石灰并在施肥中避免滥用 N 肥和 P 肥,注意各营养元素间的施用配比,提倡增施有机肥,使柑橘园向施专用肥、有机与无机复合肥方向发展。不同产量级柑橘园

土壤肥力差异主要表现于土壤水解氮、速效钾含量,水解氮和速效钾含量分别为 90~114mg/kg 和 38~100mg/kg 为该柑橘园的中等肥力。许多研究认为,对柑橘营养诊断研究中分析土壤最好结合叶和果汁分析进行综合诊断<sup>[11~13]</sup>,且柑橘生长过程中除需 N、P 和 K 外,对 B、Zn、Cu 和 Fe 等微量元素也十分敏感,有关这方面柑橘营养诊断尚需进一步深入研究。

### 参 考 文 献

- 1 南京农业大学.土壤农化分析(第二版).北京:中国农业出版社,1986.33~107
- 2 北京农业大学园艺系果树矿质营养研究室.果树文集(5).北京:北京农业大学出版社,1988.16~39
- 3 谢志南,庄伊美,王仁玗等.福建亚热带果园土壤 pH 值与有效态养分含量的相关性.园艺学报,1997,26(3):1~7
- 4 庄伊美,王仁玗,谢志南等.柑橘、龙眼、荔枝营养诊断标准研究.福建果树,1995(1):6~9
- 5 岳仁芳,以农乐,邓崇岭等.广西柑橘园氮磷钾营养状况调查研究.广西农业科学,1990(5):18~22
- 6 袁可能.植物营养元素的土壤化学.北京:科学出版社,1983.261~544
- 7 杨振强,林成谷.晋中淡褐土中有机质对阳离子交换量的影响.土壤学报,1988,25(1):49~54
- 8 Tsegayc T., Hill R. L. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurement. Soil Sci., 1998, 163:155
- 9 Yost R. S., Uehara G., Fox R. L. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas. 1. semivariograms. Soil Sci. Soc. Am. J., 1982, 46:1028~1032
- 10 Chien Y. J., Lee D. Y., Gua H. Y. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. Soil Sci., 1997, 162:291~298
- 11 Du plessis S. F. Soil analysis as a necessary complement to leaf analysis for fertilizer advisory purpose. Proc Int. Soc. Citriculture, 1977, 1:15
- 12 Anderson C. A., et al. Seasonal changes in the relationships between macronutrients in orange leaves and soil analytical date in Florida. Ibid, 1997. 20
- 13 Gallasch P. T., et al. The use of juice analysis to define the fertilizer requirement of citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1984. 140

### 欢迎订阅 2005 年《农业现代化研究》

《农业现代化研究》是由中国科学院农业研究委员会和中国科学院亚热带农业生态研究所主办的综合性农业学术刊物,科学出版社出版,系全国中文核心期刊,并编入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据系统、中国科学引文数据库、中国科技期刊数据库和 CABI 文摘库、Agrindex 等国际权威检索系统,被评为中国科学院优秀期刊和湖南省优秀期刊。主要刊登农业发展战略和农业基础科学及其交叉学科的理论研究、基础研究和应用研究方面的学术论文、科研报告、研究简报和文献综述等,包括农业发展战略、农业可持续发展、区域农业、生态农业、农业生物工程、信息农业、农村生态环境、农业经济、农业产业化、农业系统工程、农业机械化、高新技术应用、资源利用与保护、国外农业等,适于广大农业科技工作者、农业院校师生、各级领导干部和管理人员、农业工作者阅读。本刊为双月刊,逢单月出版,国际标准大 16 开本,每册定价 6.80 元,全年 40.80 元,国内外公开发行,国内邮发代号:42-46,全国各地邮局(所)均可订阅,国外发行代号:BM6665。漏订者也可直接汇款至编辑部补订,地址:(410125)长沙市马坡岭中国科学院亚热带农业生态研究所。电话:(0731)4615231。