

# 广东省香蕉主产区蕉园土壤的养分限制因子研究\*

杨苞梅<sup>1</sup>, 李敏怀<sup>2</sup>, 姚丽贤<sup>1</sup>, 李国良<sup>1</sup>, 何兆桓<sup>1</sup>, 周昌敏<sup>1</sup>, 涂仕华<sup>3</sup>  
(1. 广东省农业科学院土壤肥料研究所, 广东 广州 510640; 2. 广东省清远市土壤肥料站,  
广东 清远 511518; 3. 国际植物营养研究所成都办事处, 四川 成都 610066)

**摘要:** 为探明广东省香蕉主产区蕉园土壤的养分限制因子及其亏缺程度, 应用系统研究法研究了广州市番禺南沙点、东涌点和灵山点、高州沙田点、博罗长宁点及四会大沙点这6大典型香蕉主产区蕉园土的养分状况, 盆栽试验以巴西香蕉 (Musa AAA Giant Cavendish Brazil) 为指示作物。结果表明: (1) 蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序分别为: 番禺南沙点为  $K > B > P > Mn > Zn > S > Cu$ , 番禺东涌点为  $Mn > K > P > S > Zn > B > Cu$ , 番禺灵山点为  $B > P > K > Zn > S > Cu > Mn$ , 高州沙田点为  $S > K > P > B > Cu > Mn > Zn$ , 博罗长宁点为  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ , 四会大沙点为  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ 。(2) 蕉园土壤的养分限制因子分别为: 番禺南沙点为 N, P, K, 番禺东涌点为 N, 番禺灵山点为 N, 高州沙田点为 N, 博罗长宁点为 N, P, 四会大沙点为 N, P。N 是这6大香蕉主产区蕉园土普遍存在的养分第一限制因子。

**关键词:** 养分限制因子; 蕉园土壤; 香蕉; 系统研究法

**中图分类号:** S 151.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-390X (2008) 05-0818-08

## Study on Soil Nutrient Limiting Factor of Banana Plantation in Guangdong Province

YANG Bao-mei<sup>1</sup>, LI Min-huai<sup>2</sup>, YAO Li-xian<sup>1</sup>, LI Guo-liang<sup>1</sup>,  
HE Zhao-huan<sup>1</sup>, ZHOU Chang-min<sup>1</sup>, TU Shi-hua<sup>3</sup>

(1. Soil and Fertilizer Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Soil and Fertilizer station of Qingyuan, Guangdong Province, Qingyuan 511518, China;

3. International Plant Nutrition Institute Chengdu Office, Chengdu 610066, China)

**Abstract:** The limiting factors of soil nutrient of banana plantation in main production areas of Guangdong were not clear, pot experiment with the systematic approach was conducted to investigate the soil nutrient status in 6 typical banana plantations located in Nansha, Dongchong and Lingshan spots in Panyu Guangzhou, Shatian spot in Gaozhou, Changning spot in Boluo, Dasha spot in Sihui. Seedling of Brazilian banana (Musa AAA Giant Cavendish Brazil) was used as the indicator crop. The results showed that the fixation capability of soil in Nansha spot ranked in the order of  $K > B > P > Mn > Zn > S > Cu$ , that in Dongchong spot in the order of  $Mn > K > P > S > Zn > B > Cu$ , that in Lingshan spot in the order of  $B > P > K > Zn > S > Cu > Mn$ , that in Shatian spot in the order of  $S > K > P > B > Cu > Mn > Zn$ , that in Changning spot in the order of  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ , that in Dasha spot in the order of  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ , respectively. In addition, the limiting factors in Nansha spot were N, P and K, that in Dongchong, Lingshan and Shatian spots was N, those in Changning spot

收稿日期: 2008-01-14    修回日期: 2008-03-04

\* 基金项目: 中-加国际合作项目资助; 广州市国际合作项目资助 (2005Z3-10041); 广东省国际合作项目资助 (2004B50201008); 广东省成果转化启动项目资助 (2005B60201003)。

作者简介: 杨苞梅 (1983-), 女, 江西余人, 研究实习员, 硕士, 主要从事土壤资源利用及果树营养与施肥研究。E-mail: yangbaomei163@163.com

were N and P. N was the prevailing nutrient limiting factor in banana plantations of Guangdong.

**Key words:** nutrient limiting factor; soil of banana garden; banana; nutrient systematic research method

随着“入世”和《中国—东盟全面合作框架协议》的“零关税”、泛珠三角区域合作的实施,我国香蕉产业既有着良好的机遇又面临着一系列严峻的挑战。如何在发展我国香蕉产业中实现产业增效、农民增收,是目前急需研究解决的问题<sup>[1]</sup>。广东是我国第一大香蕉生产省份,产量居全国首位,目前广东省香蕉业的进一步发展主要是提高单位面积产量和产品质量,提高商品档次<sup>[2]</sup>。广东水、气、热条件优越,是发展香蕉产业的优势区域。国内外的大多数研究结果表明,土壤养分状况系统研究法在平衡施肥、测土施肥上有着良好的应用前景<sup>[3~6]</sup>,但该方法在广东省蕉园土壤上的应用研究至今尚未见有报道。番禺区2005年香蕉种植面积为5 488 hm<sup>2</sup>,总产量为158 765 t,是珠江三角洲高产香蕉的典型代表区;高州市2005年香蕉种植面积和产量约占全省的30%,是广东香蕉种植的优势区域;博罗县和四会市2005年香蕉产量分别为22 830 kg/hm<sup>2</sup>和20 220 kg/hm<sup>2</sup>,是广东省比较有代表性的两个香蕉低产区<sup>[7]</sup>。为此本试验应用ASI法,对广东省这些香蕉主产区蕉园土壤进行了系统研究,为了实现与田间实际栽培作物(香蕉)的吻合一致性,盆栽采用了香蕉作为指示作物,旨在探明广东省主产区蕉园土的养分限制因子,从而指导香蕉平衡施肥、提高香蕉产量和质量、指导和促进广东省香蕉产业的科技进步、协调发展香蕉生产,以期提高肥料的利用率,避免肥料的使用不当及减少肥料资源的浪费,降低对生态环境构成的

潜在威胁,真正实现香蕉的安全环保生产。因此本项目的研究对广东省香蕉产业的发展有着极其重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 土壤样品的采集与制备

在广东省广州市番禺南沙区、东涌镇和灵山镇、高州沙田镇、博罗长宁镇、四会大沙镇6个香蕉主产区有代表性的水稻土蕉园,通过多点随机采样法(15~20个点)各采集耕层土样约70 kg。自然风干后过2 mm筛,充分混合后再从中多点随机取样取出1.5 kg子样品供土壤有效养分状况分析及进行土壤对主要营养元素的吸附试验。其余土样用作盆栽试验。

### 1.2 土壤有效养分含量分析及吸附试验

供试土壤的有效养分含量分析及其吸附试验是采用ASI分析测定方法<sup>[8]</sup>,由中-加合作土壤测试实验室完成。

### 1.3 盆栽试验

根据土壤有效养分含量和吸附试验结果,对照各养分临界值标准,确定土壤各养分的丰缺状况,制定盆栽试验方案,指示作物为巴西香蕉(Musa AAA Giant Cavendish Brazil),选用的是4~5片叶龄、长势基本一致的沙培苗,在移植之前将根系上的沙土清洗干净。盆栽试验均设置了14个处理(见表1),每个处理均重复4次,栽种45~50 d,收获后计产量,并以干重进行分析。各土样OPT处理(Optimum Treatment,最佳养分处理)的推荐养分施用量见表2。

表1 盆栽试验处理设置

Tab. 1 Treatment of pot experiment

土样来源 soil sources	盆栽试验处理 pot experiment processing														
番禺南沙 Nansha Panyu	OPT	-N	-P	-K	+S	+B	+Cu	+Fe	+Mn	+Mo	-Zn	+CaCl <sub>2</sub>	-MgCl <sub>2</sub>	CK	
番禺东涌 Dongchong Panyu	OPT	-N	+P	-K	+S	+B	+Cu	+Fe	+Mn	-Mo	+Zn	-CaCO <sub>3</sub>	-MgCO <sub>3</sub>	CK	
番禺灵山 Lingshan Panyu	OPT	-N	+P	-K	+S	+B	+Cu	+Fe	+Mn	-Mo	+Zn	-CaCO <sub>3</sub>	-MgCO <sub>3</sub>	CK	
高州沙田 Shatian Gaozhou	OPT	-N	+P	-K	+S	+B	-Cu	+Fe	-Mn	-Mo	-Zn	-CaCO <sub>3</sub>	-MgCO <sub>3</sub>	CK	
博罗长宁 Changning Boluo	OPT	-N	-P	-K	+S	+B	+Cu	+Fe	+Mn	-Mo	+Zn	+CaCO <sub>3</sub>	-MgCO <sub>3</sub>	CK	
四会大沙 Dasha Sihui	OPT	-N	-P	-K	+S	+B	+Cu	+Fe	-Mn	-Mo	-Zn	+CaCO <sub>3</sub>	-MgCO <sub>3</sub>	CK	

表 2 盆栽试验 OPT 处理的养分推荐施用量

Tab. 2 Recommended nutrients application of optimum treatment (OPT) in pot experiment

mg/L

土样来源 soil sources	N	P	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
番禺南沙 Nansha Panyu	50	69.5	191.8	0.0	0.0	11.1	3.3	0	0	0	0.0	0.0	3.9
番禺东涌 Dongchong Panyu	50	0.0	37.6	0.0	30.4	8.1	1.1	0	0	0	0.0	0.0	0.0
番禺灵山 Lingshan Panyu	50	0.0	13.7	0.0	13.4	6.8	1.2	0	0	0	0.0	0.0	0.0
高州沙田 Shatian Gaozhou	50	0.0	35.8	310.6	150.7	15.5	0.6	0	0	0	5.6	1.4	4.2
博罗长宁 Changning Boluo	50	122.4	111.7	0.0	0.0	12.8	0.7	0	0	0	0.0	0.0	0.0
四会大沙 Dasha Sihui	50	84.6	12.3	0.0	86.3	12.0	1.1	0	0	0	7.3	0.0	4.9

1.4 数据分析

数据的处理应用 Excel 软件，显著性分析应用 SAS 9.0 统计软件单方面分类的方差分析。

2 结果与分析

2.1 土壤基本养分状况分析

香蕉土样 ASI 法测定结果见表 3。番禺东涌点、番禺灵山点和高州沙田点蕉园土壤为强酸性，博罗长宁点和四会大沙点蕉园土为弱酸性，番禺南沙点则为弱碱性。番禺区蕉园土壤有机质含量较丰富，高州沙田点和博罗长宁点蕉园土壤有机质含量较低，四会大沙点蕉园土有机质含量则很低。以 ASI 法的 3 倍亏缺临界值为标准可知，番禺南沙点蕉园土壤有效养分状况为：Ca, Fe, Cu

和 S 含量非常丰富，而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , B, Mn, P, K, Mg 和 Zn 缺乏；番禺东涌点蕉园土壤养分状况为：P, S, Fe, Mn, Ca, Cu 和 Zn 含量丰富，而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , K, Mg 和 B 缺乏；番禺灵山点蕉园土壤养分状况为：P, S, Fe, Mn, Cu, Zn 和 B 丰富，而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , K, Ca 和 Mg 缺乏；高州沙田点蕉园土壤养分状况为：P, S, Fe 和 B 含量丰富，而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , K, Ca, Mg, Mn, Cu 和 Zn 缺乏；博罗长宁点蕉园土壤养分状况为：S, B 和 Cu 含量丰富，而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , P, K, Ca, Mg, Zn, Fe 和 Mn；四会大沙点蕉园土壤养分状况为：Fe, Mn, S 和 B 含量丰富，而 P, K, Ca, Mg, Cu 和 Zn 缺乏。因此，广东省 6 大香蕉主产区蕉园土壤 S 含量普遍丰富。

表 3 土壤有效养分状况分析

Tab. 3 Analysis of soil effective nutrient status

项目 items	番禺南沙 Nansha Panyu	番禺东涌 Dongchong Panyu	番禺灵山 Lingshan Panyu	高州沙田 Shatian Gaozhou	博罗长宁 Changning Boluo	四会大沙 Dasha Sihui	亏缺临界值 critical value
土壤质地 soil texture	壤土	壤质粘土	壤质粘土	粉砂壤土	粉砂壤土	砂壤土	—
砂粒 sand /%	44.00	20.00	22.00	40.00	40.00	70.00	—
粉砂 silty sand /%	44.40	44.40	44.40	48.40	46.40	24.40	—
粘粒 clay /%	11.60	35.60	33.60	11.60	9.60	5.60	—
pH	7.75	4.65	4.20	4.50	5.20	6.00	—
活性酸 active acid/(mol · L <sup>-1</sup> )	0.00	1.25	2.45	0.40	0.20	0.05	—
有机质 organic matter/(g · kg <sup>-1</sup> )	19.50	18.50	23.00	13.00	14.00	9.50	—
$\text{NH}_4^+ \text{-N}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	11.40	64.40	16.95	13.00	47.25	83.30	—
P/(mg · L <sup>-1</sup> )	22.20	182.40	180.30	54.85	29.05	11.80	12.0
Ca/(mg · L <sup>-1</sup> )	2 689.35	1 234.45	1150.30	491.00	1 118.25	1 150.30	400.8
K/(mg · L <sup>-1</sup> )	74.30	144.65	140.75	50.85	121.20	86.00	78.2
Mg/(mg · L <sup>-1</sup> )	243.00	151.00	168.00	31.60	87.50	96.00	121.5
S/(mg · L <sup>-1</sup> )	95.15	123.25	193.85	74.15	86.05	46.60	12.0
B/(mg · L <sup>-1</sup> )	0.50	0.35	0.70	4.65	1.10	0.70	0.2
Cu/(mg · L <sup>-1</sup> )	8.20	12.90	15.85	1.70	3.10	2.55	1.0
Zn/(mg · L <sup>-1</sup> )	2.20	6.15	16.85	1.05	5.30	2.50	2.0
Fe/(mg · L <sup>-1</sup> )	85.65	788.90	962.35	376.20	122.10	69.25	12.0
Mn/(mg · L <sup>-1</sup> )	13.15	50.20	116.60	3.90	19.10	16.95	5.0

2.2 土壤吸附特性

吸附研究是用来判定加入土壤中的养分的行为特征, 估测施入的养分对土壤中可提取性有效养分的贡献, 从而大致确定使土壤中某一养分元素达到作物最佳生长所需加入的肥料量, 为生物盆栽试验最佳处理中肥料用量的确定提供依据<sup>[9]</sup>。由表4 (吸附曲线  $Y = AX + B$ ,  $A$  为吸附系数, 吸附系数越大, 土壤吸附能力越弱) 可知:

番禺南沙点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $K > B > P > Mn > Zn > S > Cu$ ,  $K$ ,  $B$ ,  $P$ ,  $Mn$ ,  $Zn$ ,  $S$  和  $Cu$  的吸附率分别为 60.90%, 55.87%, 53.33%, 50.06%, 26.27%, 12.70% 和 1.28%, 说明土壤对  $K$ ,  $B$ ,  $P$  和  $Mn$  的吸附能力很强, 对  $Zn$  和  $S$  的吸附能力较弱, 对  $Cu$  的吸附固定能力非常弱。

番禺东涌点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $K > Mn > P > S > Zn > B > Cu$ ,  $K$ ,  $Mn$ ,  $P$ ,  $S$ ,  $Zn$  和  $B$  的吸附率分别为 46.86%, 43.92%, 38.28%, 27.15%, 17.54% 和 2.40%, 说明土壤对  $K$ ,  $Mn$  和  $P$  的吸附能力较强, 对  $S$  和  $Zn$  的吸附能力较弱, 对  $B$  的吸附能力非常弱。 $Cu$  的吸附系数  $> 1$ , 说明土壤不吸附  $Cu$ 。

番禺灵山点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $B > P > K > Zn > S > Cu > Mn$ ,  $B$ ,  $P$ ,  $K$ ,  $Zn$ ,  $S$  和  $Cu$  的吸附率分别为 69.66%,

55.58%, 49.65%, 33.94%, 32.00% 和 6.30%, 说明土壤对  $B$ ,  $P$  和  $K$  的吸附能力很强, 对  $Zn$  和  $S$  的吸附能力较强, 对  $Cu$  的的吸附能力非常弱。 $Mn$  的吸附系数  $> 1$ , 说明土壤不吸附  $Mn$ 。

高州沙田点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $S > K > P > B > Cu > Mn > Zn$ ,  $S$ ,  $K$ ,  $P$  和  $B$  的吸附率分别为 35.20%, 7.79%, 6.05% 和 2.56%, 说明土壤对  $S$  的吸附能力较强, 对  $K$ ,  $P$  和  $B$  的吸附固定非常弱。 $Cu$ ,  $Mn$  和  $Zn$  的吸附系数  $> 1$ , 说明土壤不吸附  $Cu$ ,  $Mn$  和  $Zn$ 。

博罗长宁点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ , 其中  $B$ ,  $P$ ,  $K$  和  $S$  的吸附率分别为 70.42%, 64.38%, 36.81% 和 15.54%, 说明土壤对  $P$  和  $B$  的吸附固定能力非常强, 对  $K$  的吸附较强, 对  $S$  的吸附较弱。 $Cu$ ,  $Zn$  和  $Mn$  的吸附系数  $> 1$ , 说明土壤不吸附  $Cu$ ,  $Zn$  和  $Mn$ 。

四会大沙点蕉园土壤对各养分的吸附固定能力大小顺序为  $B > P > K > S > Cu > Zn > Mn$ , 其中  $B$ ,  $P$  和  $K$  的吸附率分别为 59.31%, 52.37% 和 32.16%, 说明土壤对  $P$  和  $B$  的吸附能力很强, 对  $K$  的吸附能力较强。 $S$ ,  $Mn$ ,  $Cu$  和  $Zn$  的吸附系数  $> 1$ , 说明土壤不吸附  $S$ ,  $Mn$ ,  $Cu$  和  $Zn$ 。

由以上分析可知, 不同蕉园土壤对不同养分的吸附固定能力不同。

表4 土壤吸附特征曲线

Tab. 4 Curve of soil adsorption characteristics

元素 element	番禺南沙	番禺东涌	番禺灵山 Lingshan Panyu
	Nansha Panyu	Dongchong Panyu	
P	$y = 0.4667x + 13.752, r = 0.9939^{**}$	$y = 0.6172x + 111.8, r = 0.9988^{**}$	$y = 0.4442x + 123.26, r = 0.9928^{**}$
K	$y = 0.391x + 80.937, r = 0.9985^{**}$	$y = 0.5314x + 136.46, r = 0.9956^{**}$	$y = 0.5035x + 149.25, r = 0.9989^{**}$
S	$y = 0.873x + 80.093, r = 0.9974^{**}$	$y = 0.7285x + 115.08, r = 0.9946^{**}$	$y = 0.68x + 163.01, r = 0.9833^{**}$
B	$y = 0.4413x + 2.69, r = 0.8983^*$	$y = 0.976x + 1.8743, r = 0.9420^{**}$	$y = 0.3034x + 2.3431, r = 0.9326^{**}$
Mn	$y = 0.4994x + 29.013, r = 0.9612^{**}$	$y = 0.5608x + 63.499, r = 0.9832^{**}$	$y = 1.2936x + 184.11, r = 0.9925^{**}$
Cu	$y = 0.9872x + 6.6094, r = 0.9971^{**}$	$y = 1.0257x + 9.4437, r = 0.9960^{**}$	$y = 0.937x + 13.009, r = 0.9960^{**}$
Zn	$y = 0.7373x + 3.1646, r = 0.9985^{**}$	$y = 0.8246x + 7.1454, r = 0.9913^{**}$	$y = 0.6606x + 20.652, r = 0.9952^{**}$
元素 element	高州沙田	博罗长宁	四会大沙
	Shatian Gaozhou	Changning Boluo	Dasha Sihui
P	$y = 0.9395x + 59.74, r = 0.9939^{**}$	$y = 0.3562x + 2.2489, r = 0.9891^{**}$	$y = 0.4763x + 5.7617, r = 0.9975^{**}$
K	$y = 0.9221x + 123.94, r = 0.9944^{**}$	$y = 0.6319x + 85.461, r = 0.9991^{**}$	$y = 0.6784x + 147.78, r = 0.9992^{**}$
S	$y = 0.648x + 111.82, r = 0.9989^{**}$	$y = 0.8446x + 140.14, r = 0.9341^{**}$	$y = 1.0429x + 128.69, r = 0.9679^{**}$
B	$y = 0.9744x + 2.3614, r = 0.9873^{**}$	$y = 0.2958x + 2.9446, r = 0.8925^*$	$y = 0.4069x + 2.1311, r = 0.8833^*$
Mn	$y = 1.3487x + 7.4457, r = 0.9998^{**}$	$y = 1.5895x + 30.421, r = 0.9995^{**}$	$y = 2.1475x + 0.4386, r = 0.9868^{**}$
Cu	$y = 1.162x + 1.3814, r = 0.9973^{**}$	$y = 1.0738x + 2.8986, r = 0.9997^{**}$	$y = 1.1566x + 3.4543, r = 0.9991^{**}$
Zn	$y = 1.3621x + 0.4497, r = 0.9959^{**}$	$y = 1.1462x + 6.602, r = 0.9999^{**}$	$y = 1.7674x - 1.7326, r = 0.9712^{**}$

### 2.3 香蕉生物产量

为了最终明确供试土壤的养分状况,了解影响香蕉增产性的主导影响因子及其亏缺程度,本试验开展了温室生物盆栽试验。由表 5 可知,与 OPT 处理相比较,番禺南沙蕉园土壤盆栽试验的 -N, -P, -K 处理相对产量分别为 44.91%, 57.03%, 70.28%; 不施 N 和 P 减产极显著,不施 K 减产显著;表明该供试土壤极显著缺 N 和 P,显著缺 K。其他辅助处理与 OPT 处理相比,差异不显著,表明供试土壤中其它养分相对较为充足。因此, N, P, K 是该供试土壤的主要限制因子, N 是第 1 限制因子, P 是第 2 限制因子, K 是第 3 限制因子。

番禺东涌蕉园土壤盆栽试验的 -N 处理相对产量为 40.27%, 不施 N 减产极显著,表明供试土壤极显著缺 N; +Cu 和 +Fe 处理产量高于 OPT,其它辅助处理产量都低于 OPT,但差异均不显著,故土壤中的 P, K, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ca 和 Mg 养分相对充足。番禺灵山蕉园土壤盆栽试验的 -N 处理相对产量为 53.32%, 不施 N 减产极显著,表明该供试土壤极显著缺 N。与 OPT 处理相比,其他辅助处理差异不显著,故

土壤中的 P, K, S, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg 和 Mo 养分相对充足。高州沙田蕉园土壤盆栽试验的 -N 处理相对产量为 48.99%, 不施 N 减产显著,表明供试土壤显著缺 N; 而 P, K, S, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg 和 Mo 养分则相对充足(见表 5)。因此, N 是番禺东涌、番禺灵山及高州沙田点蕉园土壤的唯一养分限制因子。

博罗长宁蕉园土壤盆栽试验的 -N, -P 处理相对产量分别为 51.97%, 59.94%, 不施 N 和 P 减产极显著,表明供试土壤极显著缺 N 和 P; 同理推断, K, S, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg 和 Mo 养分相对充足; +Fe 处理相对产量仅为 73.96%, 极显著低于 OPT 处理,这是由于 Fe 过多造成营养毒害而严重减产。四会大沙蕉园土壤盆栽试验的 -N, -P 处理相对产量分别为 45.91%, 65.49%, 不施 N 减产极显著,不施 P 减产显著,表明土壤极显著缺 N, 显著缺 P; 同理分析可知,该蕉园土壤 K, S, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg 和 Mo 养分相对充足(见表 5)。因此, N 和 P 是博罗长宁和四会大沙点蕉园土壤的两个主要养分限制因子, N 是第一养分限制因子, P 是第二养分限制因子。

表 5 供试土壤香蕉盆栽试验结果

Tab. 5 Result of banana pot experiment of supplying soil

处理 treatment	番禺南沙 Nansha Panyu			处理 treatment	番禺东涌 Dongchong Panyu		
	平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status		平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status
OPT	5.30	100.00		OPT	9.33	100.00	
-N	2.38**	44.91	土壤缺 N N-deficient in soil	-N	3.76**	40.27	土壤缺 N N-deficient in soil
-P	3.02**	57.03	土壤缺 P P-deficient in soil	+P	8.78	94.05	土壤不缺 P enough P in soil
-K	3.73*	70.28	土壤缺 K K-deficient in soil	-K	8.44	90.43	土壤不缺 K enough K in soil
+S	3.95	74.43	土壤不缺 S enough S in soil	+S	9.16	98.20	土壤不缺 S enough S in soil
+B	5.21	98.30	土壤不缺 B enough B in soil	+B	8.93	95.74	土壤不缺 B enough B in soil
+Cu	4.95	93.40	土壤不缺 Cu enough Cu in soil	+Cu	9.39	100.67	土壤不缺 Cu enough Cu in soil
+Fe	5.09	95.99	土壤不缺 Fe enough Fe in soil	+Fe	10.30	110.42	土壤不缺 Fe enough Fe in soil
+Mn	4.59	86.56	土壤不缺 Mn enough Mn in soil	+Mn	8.65	92.66	土壤不缺 Mn enough Mn in soil

续表5

处理 treatment	番禺南沙 Nansha Panyu			处理 treatment	番禺东涌 Dongchong Panyu		
	平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status		平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status
+ Mo	4.43	83.49	土壤不缺 Mo enough Mo in soil	- Mo	9.22	98.79	土壤不缺 Mo enough Mo in soil
- Zn	5.24	98.82	土壤不缺 Zn enough Zn in soil	+ Zn	8.31	89.07	土壤不缺 Zn enough Zn in soil
+ CaCl <sub>2</sub>	5.17	97.45	土壤不缺 Ca enough Ca in soil	- CaCO <sub>3</sub>	9.23	98.90	土壤不缺 Ca enough Ca in soil
- MgCl <sub>2</sub>	5.83	109.95	土壤不缺 Mg enough Mg in soil	- MgCO <sub>3</sub>	8.64	92.60	土壤不缺 Mg enough Mg in soil
CK	2.39**	45.05		CK	3.61**	38.72	
处理 treatment	番禺灵山 Lingshan Panyu			处理 treatment	高州沙田 Shatian Gaozhou		
	平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status		平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status
OPT	7.97	100.00		OPT	10.13	100.00	
- N	4.25**	53.32	土壤缺 N N-deficient in soil	- N	4.96*	48.99	土壤缺 N N-deficient in soil
+ P	8.04	100.82	土壤不缺 P enough P in soil	+ P	10.10	99.65	土壤不缺 P enough P in soil
- K	7.09	88.99	土壤不缺 K enough K in soil	- K	9.12	90.03	土壤不缺 K enough K in soil
+ S	9.38	117.63	土壤不缺 S enough S in soil	+ S	9.43	93.07	土壤不缺 S enough S in soil
+ B	6.61	82.87	土壤不缺 B enough B in soil	+ B	8.70	85.86	土壤不缺 B enough B in soil
+ Cu	7.65	95.95	土壤不缺 Cu enough Cu in soil	- Cu	9.08	89.63	土壤不缺 Cu enough Cu in soil
+ Fe	8.08	101.34	土壤不缺 Fe enough Fe in soil	+ Fe	8.86	87.49	土壤不缺 Fe enough Fe in soil
+ Mn	7.06	88.55	土壤不缺 Mn enough Mn in soil	- Mn	9.06	89.39	土壤不缺 Mn enough Mn in soil
- Mo	7.14	89.52	土壤不缺 Mo enough Mo in soil	- Mo	8.06	79.52	土壤不缺 Mo enough Mo in soil
+ Zn	8.93	112.05	土壤不缺 Zn enough Zn in soil	- Zn	9.83	97.06	土壤不缺 Zn enough Zn in soil
- CaCO <sub>3</sub>	9.02	113.21	土壤不缺 Ca enough Ca in soil	- CaCO <sub>3</sub>	9.37	92.47	土壤不缺 Ca enough Ca in soil
- MgCO <sub>3</sub>	6.55	82.12	土壤不缺 Mg enough Mg in soil	- MgCO <sub>3</sub>	8.67	85.61	土壤不缺 Mg enough Mg in soil
CK	4.29**	53.83		CK	4.09**	40.40	
处理 treatment	博罗长宁 Changning Boluo			处理 treatment	四会大沙 Dasha Sihui		
	平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status		平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status
OPT	4.83	100.00		OPT	10.51	100.00	
- N	2.51**	51.97	土壤缺 N N-deficient in soil	- N	4.83**	45.91	土壤缺 N N-deficient in soil

续表 5

处理 treatment	博罗长宁 Changning Boluo			处理 treatment	四会大沙 Dasha Sihui		
	平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status		平均产量/(g · pot <sup>-1</sup> ) mean yield	相对产量/% relative yield	养分状况评价 nutrient status
- P	2.90 **	59.94	土壤缺 P P-deficient in soil	- P	6.88 *	65.49	土壤缺 P P-deficient in soil
- K	4.27	88.41	土壤不缺 K enough K in soil	- K	8.87	84.37	土壤不缺 K enough K in soil
+ S	5.58	115.58	土壤不缺 S enough S in soil	+ S	9.19	87.39	土壤不缺 S enough S in soil
+ B	5.32	110.04	土壤不缺 B enough B in soil	+ B	9.94	94.55	土壤不缺 B enough B in soil
+ Cu	4.26	88.25	土壤不缺 Cu enough Cu in soil	+ Cu	9.86	93.79	土壤不缺 Cu enough Cu in soil
+ Fe	3.57 **	73.96	土壤不缺 Fe enough Fe in soil	+ Fe	10.02	95.29	土壤不缺 Fe enough Fe in soil
+ Mn	6.64	137.47	土壤不缺 Mn enough Mn in soil	- Mn	8.90	84.68	土壤不缺 Mn enough Mn in soil
- Mo	4.28	88.66	土壤不缺 Mo Enough Mo in soil	- Mo	9.76	92.86	土壤不缺 Mo enough Mo in soil
+ Zn	5.33	110.35	土壤不缺 Zn Enough Zn in soil	- Zn	9.62	91.51	土壤不缺 Zn enough Zn in soil
+ CaCO <sub>3</sub>	4.28	88.51	土壤不缺 Ca Enough Ca in soil	+ CaCO <sub>3</sub>	9.92	94.41	土壤不缺 Ca enough Ca in soil
- MgCO <sub>3</sub>	4.63	95.76	土壤不缺 Mg enough Mg in soil	- MgCO <sub>3</sub>	9.36	89.06	土壤不缺 Mg enough Mg in soil
CK	2.72 **	56.21		CK	4.41 **	41.96	

注: \* 表示与 OPT 相比差异显著 ( $P < 0.05$ ); \*\* 表示与 OPT 相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。下表同。

Note: \* meant significant difference ( $P < 0.05$ ) and \*\* meant extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), compared with OPT.

综合以上分析可知,广东省番禺南沙区、番禺东涌镇、番禺灵山镇、高州沙田镇、博罗长宁镇、四会大沙镇 6 个香蕉主产区的蕉园土壤的中、微量元素含量相对丰富, N 是这 6 大香蕉主产区蕉园土壤普遍存在的第 1 养分限制因子。

### 3 讨论

土壤养分分析结果与香蕉盆栽试验结果并不完全吻合,按照 ASI 法三倍临界值标准(主要是根据高粱在北方土壤上多年来应用确定的)来评价,供试土壤的很多养分是缺乏的,如番禺南沙点蕉园土 N, P, K, B, Mn, Mg 和 Zn 被诊断为缺乏,而盆栽试验表明土壤只缺 N, P, K, 说明单纯以土壤养分分析结果来判断土壤养分盈亏并不精确,从而验证了盆栽试验的必要

性,这是由于土壤养分分析结果只能判断养分限制因子存在的一种可能性而不能确定养分丰缺<sup>[10]</sup>,因为土壤养分状况不是一个孤立因素,而是受土壤其它理化性状、气候、环境和作物营养特性等多种因素的综合影响<sup>[11]</sup>。另一方面,说明 ASI 法养分亏缺临界值应用在广东省主产区香蕉上明显偏高(这是由于香蕉生长期长,株型大,产量高,需要养分量,临界值可能与一般作物有很大差别,而盆栽试验仅在香蕉苗期进行),表明在香蕉上应用 ASI 推荐的统一养分亏缺临界值进行养分限制因子的初步确立存在一定的局限性,需要适当降低以矫正及改进,方能完全适用于香蕉园土壤养分限制因子确定。

## [参考文献]

- [1] 舒肇甦. 我国香蕉产业现状 [J]. 世界热带农业信息, 2005, (6): 1-4.
- [2] 邱继水, 黄秉智, 杨护, 等. 广东香蕉产业发展现状与趋势 [J]. 中国果业信息, 2005, (9): 4-6.
- [3] 朱静华, 王正祥, 黄峰. 土壤养分状况系统研究法在土壤诊断施肥中的应用 [J]. 天津农业科学, 1999, 5 (3): 36-41.
- [4] 王宏庭, 白大鹏, 陈明昌. 土壤养分系统研究在平衡施肥中的应用 [J]. 山西农业科学, 2001, (4): 31-36.
- [5] 李娟, 赵良菊, 郭天文. 土壤养分状况系统研究法在兰州灌淤土平衡施肥中的应用研究 [J]. 甘肃农业研究, 2002, (6): 39-41.
- [6] 杨苞梅, 林电, 吴多能, 等. 海南岛香蕉园砖红壤养分限制因子的研究 [J]. 中国农学通报, 2007, 23 (1): 359-362.
- [7] 广东农村统计年鉴编辑委员会. 广东农村统计年鉴 [M]. 中国统计出版社, 2006.
- [8] 加拿大钾磷研究所北京办事处. 土壤养分状况系统研究法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2005.
- [9] 刘平, 张仁绥, 卢益武, 等. 土壤养分系统研究法的改进及应用 [J]. 西南农业学报, 2001, (1): 65-69.
- [10] 崔云玲, 郭天文, 李娟, 等. 甘肃高寒阴湿区几种土壤养分限制因子研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, (3): 58-62.
- [11] 韩文炎, 许允文. 低丘红壤茶园土壤养分限制因子及平衡施肥研究 [J]. 浙江农业学报, 1995, (7): 387-391.

## (上接第805页)

- [14] 苏传福, 罗莉, 文华, 等. 日粮铁对草鱼生长、营养成分和部分血液指标的影响 [J]. 淡水渔业, 2007, 37 (1): 48-52.
- [15] 苏传福, 罗莉, 文华, 等. 硒对草鱼生长、营养组成和消化酶活性的影响 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16 (2): 124-129.
- [16] 萩野珍吉. 鱼类的营养与饲料 [M]. 台北: 养鱼世界杂志出版社, 1980.
- [17] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准食品卫生检验方法理化部分 (一) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [18] BIELMYER G K, GATLIN D, ISELY J J, et al.. Responses of Hybrid Striped Bass to Waterborne and Dietary Copper in Freshwater and Saltwater [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2005, 140: 131-137.
- [19] 雷志洪, 徐小清, 惠嘉玉, 等. 鱼体微量元素的生态化学特征研究 [J]. 水生生物学报, 1994, 18 (2): 309-315.
- [20] BERNTSEN M H G, LUNDEBYE A K, MAAGE A. Effects of Elevated Dietary Copper Concentrations on Growth, Feed Utilisation and Nutritional Status of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fry [J]. Aquaculture, 1999, 174: 167-181.
- [21] IKUNO N, SODA H, WATANABE, et al.. Irinotecan (CPT-11) and Characteristic Mucosal Changes in the Mouse Ileum and Cecum [J]. Cancer Inst, 1995, 87: 1976-1983.
- [22] 闻芝梅, 陈君石. 现代营养学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998.