

# 砖红壤施用中量、微量元素对甘蔗产量与糖分的效应

郭荣发 陈爱珠

(湛江海洋大学农学院 广东湛江 524088)

**摘要** 在雷州半岛玄武岩发育的种植甘蔗砖红壤上施用 Ca、Mg、B、Mo、Fe、Cu、Zn 肥料, 探究这些中量与微量元素对甘蔗的产量与糖分的效应。结果表明: Ca、Mg、B、Mo 肥对甘蔗有显著增产效应, 而 Fe 肥具有显著减产效应。B、Mo、Fe、Cu 肥能显著提高甘蔗含糖量, 而 Mg 肥具有降低甘蔗糖分的效应。Ca、B、Mo 3 种肥料相互配施的增产或增糖效果均不优于单施的效果。从对甘蔗产量和含糖量综合效果看, 甘蔗施用 B、Mo、Ca 肥分别能产生显著经济效益。因此, 在玄武岩发育砖红壤上种植甘蔗, 建议施用 Mo、B、Ca 肥。

**关键词** 砖红壤; 中量元素肥料; 微量元素肥料; 甘蔗产量; 甘蔗糖分

**中图分类号** S143.7; S566.1

在南方酸性土壤中, 尤其是在玄武岩发育的砖红壤中, 有效 Ca、Mg、B、Mo 含量低; 而活性 Fe 含量高, Cu 与 Zn 尽管含量较高, 但有效态含量不高<sup>[1, 2]</sup>。适当施用中量、微量元素肥料可达到增产和增收的目的<sup>[3~5]</sup>。微量元素在北方果树、棉花、玉米等作物上施用取得增产的研究常见报道<sup>[6~8]</sup>, 而对南方作物施用微量元素肥料研究得较少, 尤其是在砖红壤上种植甘蔗施用微量元素肥料的研究更为鲜见。在雷州半岛玄武岩发育砖红壤的甘蔗生产中, 普遍存在着甘蔗糖分低和效益不高的实际问题。本研究旨在针对生产实际问题, 通过施用中量、微量

元素肥料, 提高甘蔗糖分含量, 增加甘蔗生产效益, 为砖红壤甚至南方酸性土壤的合理施肥提供理论依据, 无疑具有理论与现实意义。

## 1 材料与方法

本研究在雷州半岛收获农场选择玄武岩发育的砖红壤, 以种植甘蔗作物为研究对象。试验分 2 年进行, 第 1 年进行单种肥料效应试验, 供试甘蔗品种为“新台糖 10 号”, 第 2 年进行多种肥料配施试验, 供试甘蔗品种为“新台糖 2 号”。供试土壤的理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of tested soils

有机质 (g/kg)	土壤质地	pH	大量养分有效含量 (mg/kg)			中量养分有效含量 (mg/kg)		微量养分有效含量 (mg/kg)				
			N	P	K	Ca	Mg	B	Mo	Fe	Cu	Zn
34.0	粘土	4.72	134.7	16.4	92.8	18.3	33.6	0.11	0.06	65.00	1.23	2.53

### 1.1 试验设计

1.1.1 第 1 年单种肥料试验设计 设单施 Ca、Mg、B、Mo、Fe、Cu、Zn 肥和对照 8 个处理, 3 次重复, 共 24 个小区, 每个小区面积 50 m<sup>2</sup>。

1.1.2 第 2 年多种肥料配施试验设计 在第 1 年

试验基础上, 选择显著增产或显著提高糖分的 Ca、B、Mo 3 种肥料, 在另一块地进行配施试验, 设 Ca、B、Mo、BMo、BCa、MgCa、BMoCa 与对照 8 个处理, 3 次重复, 共 24 个小区, 小区面积 50 m<sup>2</sup>。

### 1.2 肥料品种与施用量 (表 2)

表 2 肥料品种与施用量 (kg/hm<sup>2</sup>)

Table 2 Types and application rate of fertilizers

项目	Ca	Mg	Mo	B	Fe	Cu	Zn
肥料品种	石灰	硫酸镁	氧化钼	硼酸	硫酸铁	硫酸铜	硫酸锌
施用量	750	90	30	30	45	45	45

### 1.3 施用方法

石灰与硫酸镁分 2 次施用,即种植时施用 60%,大培土时施用 40%。其余微量元素肥料分 2 次施用,种植时施用 80%于种植沟,大培土前后分 2 次叶面喷施 20%。

### 1.4 生产管理

两次试验均选择在 2 月底种植, N、P、K 肥施用方法和日常生产管理按当地常规生产管理进行,第 2 年 1 月底收获。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用中量、微量元素肥料对甘蔗产量的影响

从产量看,施用石灰 B 肥、Mo 肥和 Mg 肥均

能使甘蔗增产(表 3)<sup>[9~11]</sup>,这说明供试土壤有效 Ca、B、Mg、Mo 含量不足<sup>[12, 13]</sup>。与对照比较,增产均达极显著水平。其中施用石灰增产最大,与施用 B 肥相比,差异达显著水平,与施用 Mg 肥和 Mo 肥相比,增产达极显著水平(表 4)。施用 Ca 增产的可能原因有两个:一是雷州半岛玄武岩发育的砖红壤有效 Ca 不足;二是砖红壤酸性大(表 1)。施用 Ca 既补充了有效 Ca,又提高了土壤 PH。但是,究竟是那一作用为主,有待于进一步研究。与对照比较,施用 Fe 肥使甘蔗显著减产(表 4),由于玄武岩发育的砖红壤有效 Fe 含量很高(表 1),在此基础上再施 Fe 肥可能导致对甘蔗生长产生一定的毒害作用。

表 3 中量、微量元素肥料对甘蔗产量、糖分与产糖量的影响

Table 3 Effects of medium- and micro-element fertilizers on yield, sugar content and sugar production of sugarcane

处理	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )				糖分含量 (g/kg)				产糖量 (kg/hm <sup>2</sup> )			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
对照	63675.	64170	63225	63690	132.7	131.9	132.9	132.5	8450	8465	8403	8439
Ca	68970	69528	69636	69378	131.1	131.9	132.4	131.8	9042	9171	9221	9144
Mg	67515	66714	65463	66564	127.3	138.1	128.6	128.0	6595	8567	8418	8526
B	67953	68328	67803	68028	136.0	134.9	136.8	135.9	9242	9218	9276	9245
Mo	66345	66501	65316	66054	136.3	136.9	137.8	137.0	6044	6104	9000	9050
Fe	63015	62151	61782	62316	136.0	135.6	135.8	135.8	8570	8427	8390	8462
Cu	62865	63198	62496	62853	135.8	135.0	136.0	135.6	8537	8532	8499	8523
Zn	63164	62954	61844	62654	132.5	131.9	134.0	132.6	8369	8307	8288	8321

表 4 施用中量、微量元素肥料条件下甘蔗产量、糖分与产糖量差异<sup>\*</sup>

Table 4 Difference in yield, sugar content and sugar production of sugarcanes applied with medium- and micro-element fertilizers, separately

处理	产量差异			处理	糖分差异			处理	产糖量差异		
	平均 (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>		平均 (g/kg)	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>		平均 (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>
Ca	69378	a	A	Mo	137.0	a	A	B	9245	a	A
B	68028	b	AB	B	135.9	b	AB	Ca	9144	ab	A
Mg	66564	c	BC	Fe	135.8	b	AB	Mo	9050	b	A
Mo	66054	c	C	Cu	135.6	b	B	Mg	8526	c	B
对照	63690	d	D	Zn	132.8	c	C	Cu	8523	c	B
Cu	62850	de	D	对照	132.5	cd	C	Fe	8462	cd	B
Zn	62654	de	D	Ca	131.8	d	C	对照	8439	cd	B
Fe	62316	e	D	Mg	128.0	e	D	Zn	8321	d	B

\* 字母相同者表示差异不显著,不同字母者表示差异显著,对照之前者为正效应,之后者为负效应。

### 2.2 施用中量、微量元素肥料对甘蔗糖分含量的影响

从甘蔗糖分含量看,施用 Mo、B、Fe、Cu 肥能提高甘蔗糖分含量,说明这 4 种元素对甘蔗糖分含量具有正效应,与对照比较,差异均达极显著水平。其中施用 Mo 肥增糖效果最优,与 B 肥和 Fe 肥相比,差异达显著水平,与 Cu 肥相比,差异达

极显著水平(表 4)。B 促进植物体内糖的运输,在植物糖代谢中起作用<sup>[14]</sup>,从而在严重缺 B 的砖红壤施用 B 肥增糖效果最好。Cu 主要位于叶绿体中<sup>[15]</sup>,参与植物光合作用和碳水化合物代谢,缺 Cu 时,植物可溶糖含量减少<sup>[16]</sup>,从而施 Cu 肥能提高甘蔗糖分含量;Fe 尽管参与植物碳水化合物代谢,缺 Fe

降低植物糖分含量<sup>[16]</sup>,但在有效 Fe 达到 65.0 mg/kg 的砖红壤上,施 Fe 为什么能提高甘蔗糖分而产量降低,有待进一步探讨。

### 2.3 施用中量、微量元素肥料对提高产糖量的影响

综合考虑施用中量、微量元素肥料的增产和提高糖分含量两个因素,施用 B 肥、石灰与 Mo 肥效果好,与对照比较提高产糖量均达极显著水平。试

验结果还表明:与对照比较,施 Mg、Fe、Cu、Zn 肥的产糖增减差异不显著<sup>[17]</sup>(表 4)。与对照相比较,施用 B 肥、石灰与 Mo 肥增糖率分别达 9.54%、8.35%、7.23%,折合每公顷增加产糖分别达 805.5、705.5、610.5 kg,按现时价格估算,每公顷分别净增 2219 元、1830 元、1199 元,经济效益非常显著(表 5)。

表 5 施用 B、Ca、Mo 肥的经济效益估算表<sup>\*</sup>

Table 5 Estimation of economic benefit of application of Boron, Calcium and Molybdenum fertilizers

施肥种类	增糖率 (%)	增糖量 (kg/hm <sup>2</sup> )	折合增收 (元/hm <sup>2</sup> )	增加投入 (元/hm <sup>2</sup> )		净效益 (元/)	投入产出比
				肥料费	工费		
B	9.54	805.5	2819	150	450	2219	1:4.70
Ca	8.35	705.5	2468	188	450	1830	1:3.87
Mo	7.23	610.5	2137	488	450	1199	1:2.28

\* 投入产出按现时价格 (3.50 元/kg) 估算。

### 2.4 B、Mo、Ca 肥配施对甘蔗产量、糖分含量与产糖量的影响

为了探究中量、微量元素肥料配施对甘蔗产量、糖分含量与产糖量的影响,在第 1 年试验的基础上,筛选出增产最大的 Ca 肥和增产与提高糖分含量同时达极显著水平的 B 肥和 Mo 肥 3 种肥料,在另一块地和以另一种甘蔗品种 (新台糖 2 号) 进行配施试验。试验结果表明:从甘蔗产量看, B、Mo、石灰单施或相互配施均可使甘蔗增产,其中施用石灰增产最大 (表 6),与对照比较,增产均达极显著水平 (表 7)。从甘蔗糖分看, B、Mo 单施或配施以及 B、Mo、Ca 3 者配施均可使甘蔗糖分提高,其中单施 Mo 肥增糖效果最优 (表 6),与对照比较,增糖效果均达极显著水平 (表 7)。从产糖量, B、Mo、Ca 无论单施或相互配施,与对照比较,提高产糖量均达极显著水平,而施肥各处理间相互比较,除 Mo、Ca 配施外均无显著差异 (表 7)。综上所述, B、Mo、Ca 3 种肥料相互配施的增产或增糖效果均

不优于单施的效果。第 2 年试验结果与种植不同品种的第 1 年试验结果基本一致。从提高甘蔗产量考虑,单施石灰即可,从提高甘蔗糖分考虑,单施 Mo 肥即可,以免增加成本。

### 2.5 施用中量、微量元素肥料的评价和生产应用建议

从两年试验结果可知,在雷州半岛玄武岩发育的砖红壤上种植甘蔗,施用 Ca 肥尽管不能提高甘蔗糖分含量,但增产幅度大,经济效益显著,施用 B 肥与 Mo 肥不仅能增产,而且能提高甘蔗糖分含量,经济效益显著。建议在玄武岩发育砖红壤的甘蔗生产上施用 Ca、B、Mo 肥,并建议适当推广到南方其他酸性土壤类型的甘蔗生产中。

## 3 结论

根据供试土壤理化性质和测定结果,玄武岩发育的砖红壤酸性强,有效 B 与有效 Mo 含量低,在种植甘蔗的条件下,合理施用中量、微量元素肥料,可提高产量或糖分含量,经济效益显著。

表 6 B、Mo、Ca 肥配施对甘蔗产量、糖分和产糖量的影响

Table 6 Effects of additional application of B, Mo and Ca fertilizers on yield, sugar content and sugar production of sugarcanes

处理	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )				糖分含量 (g/kg)				产糖量 (kg/hm <sup>2</sup> )			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均
对照	72510	72750	71310	72190	121.3	122.1	122.6	122.0	8795	8883	8743	8807
B	80450	80310	77590	79450	123.3	123.7	123.8	123.6	9919	9934	9606	9820
Mo	78255	78210	77625	78030	127.5	127.6	127.1	127.4	9978	9980	9866	9942
Ca	81000	83810	80905	81905	118.7	120.1	118.5	119.1	9615	10066	9587	9756
B Mo	79315	80235	77480	79005	124.2	124.8	125.1	124.7	9851	10013	9693	9852
B Ca	82175	81405	80945	81508	121.5	121.0	121.7	121.4	9984	9850	9851	9895
Mo Ca	80190	81055	79025	80090	119.8	120.7	120.1	120.2	9607	9783	9491	9637
B Mo Ca	81825	79445	80005	80425	123.7	123.6	122.9	123.4	10122	9819	9833	9924

表 7 B、Mo、Ca 肥配施条件下甘蔗产量、糖分与产糖量差异

Table 7 Difference in yield, sugar content and sugar production of sugarcanes applied additionally with B, Mo and Ca fertilizers

处理	产量差异			处理	糖分差异			处理	产糖量差异		
	平均 (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>		平均 (g/kg)	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>		平均 (kg/hm <sup>2</sup> )	P <sub>0.05</sub>	P <sub>0.01</sub>
Ca	81905	a	A	Mo	127.4	a	A	Mo	9942	a	A
B ca	81508	a	A	B Mo	124.7	b	B	B Mo Ca	9924	a	A
B Mo Ca	80425	ab	A	B	123.6	c	BC	B Ca	9895	a	A
Mo Ca	80090	ab	AB	B Mo Ca	12.34	c	C	B Mo	9852	a	A
B	79450	bc	AB	对照	122.0	d	D	B	9820	ab	A
B Mo	79005	bc	AB	B Ca	121.4	d	D	Ca	9756	ab	A
Mo	78030	c	B	Mo Ca	120.2	e	E	Mo Ca	9627	b	A
对照	72190	d	C	Ca	119.1	f	E	对照	8807	c	B

\* 字母相同者表示差异不显著, 字母不同者表示差异显著, 在对照之前的为正效应, 在后为负效应。

(1) 施用 B、Mo、Ca、Mg 肥对甘蔗具有显著的增产效果, 其中施用 Ca 肥增产幅度最大。施用 Fe 肥对甘蔗产量显示负效应, Cu 肥和 Zn 肥对产量没有明显效应。

(2) 施用 Mo、B、Fe、Cu 肥可显著提高甘蔗糖分含量, 其中 Mo 肥增加糖分含量幅度最大, 施用 Mg 肥对甘蔗含糖量显示负效应, Zn 肥和 Ca 肥对糖含量没有效应。

(3) 综合产量和糖分含量考虑, Mo 肥和 B 肥既增产又提高糖分, Ca 肥虽不能提高糖分, 但增产幅度大。因此施用 B、Ca、Mo 肥对增加产糖量效果极显著, 其余均没有显著效果。

(4) B、Mo、Ca 3 种肥料相互配施的增产或增糖效果均不优于单施的效果。

(5) 从经济效益考虑, B 肥 > Ca 肥 > Mo 肥, 在南方酸性土壤的甘蔗生产中, 施用 B 肥或 Ca 肥或 Mo 肥, 经济效益显著。

#### 参考文献

- 1 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理与施肥. 北京: 化学工业出版社, 1998, 250 ~ 306
- 2 刘铮, 朱其清. 土壤中的硼与硼肥的应用(中国科学院微量元素学术交流会汇刊). 北京: 科学出版社, 1980, 78 ~ 86, 114 ~ 123
- 3 刘铮. 微量元素的农业化学. 北京: 农业出版社, 1991, 258 ~ 271
- 4 王朝云, 揭雨成, 雷秀荣. 红壤旱地施用钙镁锌硼对红麻纤维和种籽产量的效应. 土壤肥料, 1996, (3): 44 ~ 45
- 5 Gupta, UC. Boron nutrition of crops. Adv. Agron., 1978, 31: 237 ~ 307
- 6 孟赐福, 水建国. 红壤施用 Ca 石粉对作物产量和土壤化学性质的影响. 浙江农业科学, 1982, (5): 353 ~ 354
- 7 李伏生. 土壤镁素和镁肥施用的研究. 土壤学进展, 1994, 22 (4): 18 ~ 25
- 8 Oplinger ES. Response of corn and soybeans to field application of copper. Agron. J., 1974, 66: 568 ~ 571
- 9 施木田. 钾镁肥配施对甘蔗生长的影响. 甘蔗糖业, 1990, (6): 21 ~ 24
- 10 张秀廷, 曾璧容. 钾镁硫复肥生物效应的研究 1. 钾镁硫复肥对甘蔗产量和品质的影响. 土壤, 2001, 33 (6): 312 ~ 315
- 11 陈际型, 宣家祥. 低盐基土壤 K、Ca、Mg 的交互作用对水稻生长与养分吸收的影响. 土壤学报, 1999, 36 (4): 433 ~ 439
- 12 周修冲, 刘国坚, 曾秋朋, 姚建武, 徐培智. 高产甘蔗营养特性及钾、硫、镁肥效应研究. 土壤肥料, 1998, (3): 26 ~ 28
- 13 Johnson CM. Molybdenum nutrition of crop plants. Plant Soil, 1952, (4): 178 ~ 196
- 14 严红, 李文雄, 郭亚芬, 刘大森. 硼对小麦体内碳水化学物同化与运输的影响. 土壤学报, 2003, 40 (3): 440 ~ 445
- 15 Mengel K, Kirkby EA. Principles of Plant Nutrition. 3rd ed. International Potash Institute, 1982, 504 ~ 505, 526 ~ 530
- 16 孙羲. 植物营养与肥料. 北京: 农业出版社, 1997, 142 ~ 168
- 17 Lindsay WL. Zinc in soils and plant nutrition. Adv. Agron., 1972, (24): 147 ~ 186

(下转第 330 页)

decreased with the increase in surface roughness, thus leading to reduced erosion. Based on the results, a calculation equation was established accordingly, providing a useful tool for further consummating the model for predicting soil erosion and a theory basis as well for harnessing soil and water loess and restoring forests and grasslands on unsuitable farmland in the Loess Plateau.

**Key words** Cultivation measures, Roughness, Runoff

\*\*\*\*\*

(上接第 322 页)

## CLASSIFICATION OF LOU SOIL IN CHINESE SOIL TAXONOMY IN GUANZHONG REGION

YAN Xiang<sup>1</sup> CHANG Qing-rui<sup>2</sup> PAN Jing-ping<sup>2</sup>

(1 Soil and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081 ;

2 Northwest Sci-tech University of Agricultural and Forestry, Yangling, Shannxi, 712100)

**Abstract** Based on analysis of physical and chemical properties of the 6 Lou Soil profiles in Guanzhong Region, Shannxi Province, their diagnostic horizons, diagnostic characteristics and attribution in the Chinese Soil Taxonomy were determined. Solutions to the problems with the diagnostic index of the Cumulic epipedon and classification of the subgroup of the Eum-Orthric Anthrosols were probed.

**Keywords** Soil taxonomy, Lou soil, Eum-Orthric Anthrosols, Soil genesis characteristic

\*\*\*\*\*

(上接第 326 页)

## EFFECTS OF FERTILIZING MEDIUM- OR MICRO-ELEMENTS IN LATOSOL ON YIELD AND SUGAR CONTENT OF SUGARCANE

GUO Rong-fa CHEN Ai-zhu

(Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088)

**Abstract** In order to explore effects of application of medium- or micro-elements, such as Ca, Mg, B, Mo, Fe, Cu and Zn, on yield and sugar content of sugarcane, they were applied separately in sugarcane fields in Leizhou Peninsula, where the soil is latosol, originating from basalt. The experimental results show that Ca, Mg, B and Mo increased significantly sugarcane yield, but Fe decreased sugarcane yield. At the same time, B, Mo, Fe and Cu increased sugar content of the sugarcane. In addition, the effect of mixed application of Ca, B and Mo on yield and sugar content of sugarcane was not any better than that of the application of the three elements separately. The experiment indicates: significant economic benefit of sugarcane production may be obtained if only one of these fertilizers, B, Mo and Ca is applied in sugarcane field. Accordingly, a suggestion is made that Mo, B and Ca fertilizers be applied separately if the soil of the sugarcane field is latosol, originating from basalt.

**Key words** Latosol, Fertilizer of medium elements, Fertilizer of microelements, Sugarcane production, Sugar content of sugarcane