

铜钼硅营养对苦瓜产量和品质影响的研究^①

王荣萍, 李淑仪*, 蓝佩玲, 廖新荣

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广州 510650)

摘 要: 通过田间试验, 比较研究了在细砂土和粉壤土两种质地的土壤上, Cu、Mo、Si 营养对苦瓜产量和品质的影响。结果表明, 与对照相比, 在细砂土上施 Cu 能显著提高苦瓜产量, 而施 Mo、Si 未表现出明显的增产作用; 在粉壤土上施 Si 显著提高了苦瓜产量, 而施 Cu、Mo 未表现出明显的增产效果。在细砂土上施 Cu、Mo 极显著降低了苦瓜硝酸盐含量, 而施 Si 未降低硝酸盐含量; 在粉壤土上施 Cu、Mo、Si 均使苦瓜硝酸盐含量显著或极显著降低。在两种质地的土壤上施 Cu、Mo、Si 对 Vc 含量没有明显的影响; 在细砂土上施 Cu、Mo、Si 极显著提高了可溶性糖含量, 在粉壤土上施 Cu、Mo 亦极显著提高了可溶性糖含量。本试验结果表明在不同的土壤质地上 Cu、Mo、Si 营养对苦瓜的增产效应和品质改善效应不同。

关键词: 铜; 钼; 硅; 苦瓜; 产量; 品质

中图分类号: S143.7

铜 (Cu) 是作物生长必需的微量营养元素之一, 表现为可以促进叶绿素的合成以及碳水化合物和蛋白质的代谢。一般土壤并不缺 Cu, 但由于 Cu 被土壤有机质固定为稳定的络合物状态, 不易被植物吸收利用, 因此土壤中有效 Cu 的含量较低。Mo 是硝酸还原酶的组分, 通过提高硝酸还原酶的活性, 加速 NO_3^- 的还原, 促进蛋白质合成有关^[1]。缺 Mo 导致植物不能有效利用和转化养分, 造成植物体内营养分布失衡, 抑制 NO_3^- 转化成 NH_4^+ -N 和积累 NO_3^- -N 过多而受害^[2]。Si 是禾本科作物的必需营养元素之一, 也是其他作物的有益元素, Si 对于水稻、甘蔗、柑橘、小麦、玉米、花生、黄瓜、番茄、草莓等许多作物的生长发育具有重要作用^[3]。研究表明, 施 Si 可以提高水稻的产量^[4]。但这些研究多数是围绕作物展开的, 在叶类、瓜类蔬菜方面的研

究鲜见报道^[5]。苦瓜在我国南方普遍栽培; 是一种营养丰富、附加值高的蔬菜。近年来, 由于 N、P、K 肥的大量施用, 忽视了对微肥的投入, 使得土壤肥力下降, 微量元素达到临界值, 病虫害严重, 土质变差, 影响了蔬菜的产量和品质。因此, 本项目以广东省增城当前推广的大顶苦瓜为研究对象, 在两种质地的土壤上研究 Cu、Mo、Si 营养对苦瓜产量和品质的影响, 为微肥的合理施用, 提高苦瓜产量和改善品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验设在广东省增城市镇隆镇。土壤属花岗岩发育的河流冲积物, 质地为细砂土、粉壤土。土壤理化性状见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 The basic physical and chemical properties of experimental soils

土壤 质地	pH	有机质 (g/kg)	有效养分 (mg/kg)											
			N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	Si
细砂土	6.00	9.42	60.61	87.32	87.74	962.75	44.84	0.29	50.48	10.05	1.19	3.79	0.10	17.85
粉壤土	5.55	30.36	93.90	62.41	151.75	1322.75	69.68	0.27	48.38	20.07	2.82	3.96	0.13	27.86

1.2 试验设计

试验设 CK、+Cu、+Mo、+Si 4 个处理, 供试肥料为硫酸铜 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 钼酸铵 ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$),

硅酸 (H_2SiO_3); N 肥为尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, K 肥为氯化钾 (KCl), P 肥为磷铵 ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)。所有处理均施 N 90 kg/hm^2 , P_2O_5 135 kg/hm^2 和 K_2O 195 kg/hm^2 。微肥的用

①基金项目: 广东省农业领域重大专项 (2003A20504) 和广东省农业攻关项目 (2006B20601007) 资助。

* 通讯作者

作者简介: 王荣萍 (1976—), 女, 山西忻州人, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤与植物营养研究。E-mail: rpwang@soil.gd.cn

量分别是：硫酸铜为 26.7 kg/hm²，钼酸铵为 0.74 kg/hm²，硅酸为 7.4 kg/hm²。微肥作基肥一次性施入，N、P、K 肥分 6 次追施，每次 1/6。

供试苦瓜品种为“翠绿 2 号大顶苦瓜 (*Momordica charantia* cv.)”，由广东省农业科学院蔬菜研究所提供。试验于 2003 年 3 月 3 日播种，3 月 29 日移栽，每小区植 14 株。小区面积 13.5 m²，随机排列，重复 3 次，其他管理按常规进行。5 月 20 日开始收获，6 月 8 日结束，累计计产。

1.3 样品分析方法

苦瓜硝酸盐采用钼柱还原法，Vc 采用 2,6-二氯酚滴定法，水溶性糖采用氰化盐-碘量法测定；土壤有效 Ca、Mg、Mn 采用乙酸铵交换-原子吸收分光光度法测定，有效 B 用沸水浸提、姜黄素比色法测定，有效 Fe、Cu、Zn 用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定，pH 用水提、电位法测定，有效 N、P、K 和有机质采用常规方法进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对苦瓜产量的影响

表 2 表明，与 CK 相比，在细砂土上单施 Cu 使苦瓜产量显著增加，比 CK 增产 13.38%，而单施 Mo、Si 未表现出明显的增产效果，但产量与 CK 相比并未降低；在粉壤土上单施 Si 有明显的增产效果，且与其他处理间的差异达到极显著水平 ($p<0.01$)，而单施 Cu、Mo 未表现出明显的增产效果，但未减产。可见单施 Cu 肥，在细砂土上的增产效果优于粉壤土，这可能与细砂土原土中较低的微量元素 Cu 含量有关。但单施 Si 肥，在粉壤土上的增产效果则优于细砂土，在两种质地的土壤上单施 Mo 肥均未表现出明显的增产作用。

表 2 不同处理对苦瓜产量的影响 (kg/hm²)

Table 2 Effect of different treatments on yield of balsam pear

处理	细砂土	粉壤土
CK	18651.11 ± 346.39 b	12630.12 ± 272.35 B b
+ Cu	21146.42 ± 438.22 a	12317.78 ± 257.39 B b
+ Mo	19871.61 ± 583.66 ab	12691.11 ± 302.99 B b
+ Si	18775.31 ± 302.33 b	14288.15 ± 376.14 A a
F	7.25*	8.40**
P	0.0114	0.0074

注：LSD 多重比较，同列中不同大、小写字母分别表示 $p<0.01$ 、 $p<0.05$ 水平上差异显著，下同。

2.2 不同处理对苦瓜硝酸盐含量的影响

从表 3 可以看出，在细砂土上单施 Cu、Mo 均降低了苦瓜硝酸盐含量，分别较 CK 下降 19.15% 和

43.35%，且与 CK 的差异达到极显著水平 ($p<0.01$)，而单施 Si 并未显著降低苦瓜硝酸盐含量，但与 CK 相比硝酸盐含量并未提高，且单施 Mo 处理与其他处理的差异均达到极显著水平；在粉壤土上单施 Cu、Mo、Si 均显著或极显著降低了苦瓜硝酸盐含量，较 CK 下降了 9.10%~25.12%，且施 Si 与施 Cu、Mo 的差异亦达到显著或极显著水平。结合表 2 的数据可以看出，在细砂土上施 Cu、Mo 在保证苦瓜不减产的条件下极显著降低了硝酸盐含量，在粉壤土上单施 Si 肥极显著提高了苦瓜产量和极显著降低了硝酸盐含量。

表 3 不同处理对苦瓜硝酸盐含量的影响 (mg/kg)

Table 3 Effect of different treatments on nitrate of balsam pear

处理	细砂土	粉壤土
CK	538.47 ± 10.88 A a	588.77 ± 12.78 A a
+ Cu	435.34 ± 19.90 B b	494.98 ± 11.62 BC c
+ Mo	305.03 ± 31.32 C c	535.18 ± 8.27 AB b
+ Si	475.27 ± 12.81 AB ab	440.86 ± 12.50 C d
F	23.44**	29.95**
P	0.0003	0.0001

2.3 不同处理对苦瓜品质的影响

表 4 表明，在两种质地的土壤上单施 Cu、Mo 和 Si 对苦瓜 Vc 含量没有明显的影响 ($p>0.05$)。与 CK 相比，在细砂土上单施 Cu、Mo 和 Si 提高了苦瓜的可溶性糖含量，且与 CK 的差异达到极显著水平，增加幅度为 85.40%~148.68%；在粉壤土上单施 Cu、Mo 苦瓜可溶性糖含量比 CK 极显著提高了 27.72%~65.31%，而单施 Si 可溶性糖含量较 CK 显著降低，且各施肥处理间的差异达到极显著水平。

3 讨论

本研究结果表明，在两种质地的土壤上施 Cu、Mo 和 Si 肥对苦瓜产量影响不同。在细砂土上施 Cu 增产效果明显，而在粉壤土上施 Si 增产效果明显，原因可能是在粉壤土上 Si 的缺乏已经成为限制苦瓜增产的主要因素，所以施用 Si 肥主要改善了苦瓜的 Si 素营养，进而提高了产量；也有可能 Si 在植物中起一种间接的作用，通过其他营养元素而改善了植物的生长，进而使产量增加，或者是在自然条件下作物受多种因素的影响和胁迫，Si 能使作物增强抵抗胁迫的能力而对作物起着重要的保护作用，进而提高了产量。在本研究的结果中并未发现施 Mo 可以提高苦瓜产量，这与有些研究的结论不一致^[6-7]，原因可能与在不同的试验中 Mo 的施用量不同有关，或者与本试验 K 的施用量较高，Mo、K 产生颞抗效应有关。

表 4 不同处理对苦瓜 Vc、可溶性糖的影响

Table 4 Effect of different treatments on Vc and soluble sugar of balsam pear

处理	细砂土		粉壤土	
	Vc	可溶性糖	Vc	可溶性糖
	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)
CK	539.4 ± 41.1 a	38.23 ± 3.27 C c	629.7 ± 29.2 a	82.83 ± 4.33 C c
+ Cu	474.9 ± 21.5 a	70.88 ± 4.43 B b	558.1 ± 14.4 a	136.93 ± 2.61 A a
+ Mo	515.3 ± 46.9 a	95.07 ± 4.32 A a	561.2 ± 73.2 a	105.79 ± 3.82 B b
+ Si	542.5 ± 16.6 a	76.54 ± 6.81 AB b	547.6 ± 13.8 a	67.76 ± 1.53 C d
F	0.84	23.53**	0.85	85.32**
P	0.5085	0.0003	0.5045	0.0001

Mo 是植物体内硝酸还原酶的组分,对 N 代谢产生的影响极大,影响植物体内 NO_3^- -N 的转化。施 Mo 可以降低蔬菜硝酸盐含量^[8],在本研究中两种质地的土壤上施用 Mo 得到了同样的结果。在两种质地的土壤上单施 Cu 同样可以显著降低苦瓜硝酸盐含量。有研究表明^[9],随着有效 Si 含量的增加,硝酸还原酶活性逐渐增大,同化能力逐渐增强,因而降低了硝酸盐的累积,在本试验中粉壤土施用 Si 肥也得到了同样的结论,而在细砂土上施 Si 并未表现出同样的效果。

Mo 对 Vc 的合成也有良好的作用,能提高 Vc 的含量。但在本试验两种质地的土壤上,施用 Cu、Mo 和 Si 对提高苦瓜 Vc 含量均未表现出明显的效果。在细砂土上 Cu、Mo 和 Si 均可以极显著提高可溶性糖含量,改善苦瓜的品质,在粉壤土上施用 Cu、Mo 同样可以显著提高苦瓜的可溶性糖含量,而施用 Si 肥可溶性糖含量显著降低。说明了 Si 在土壤中变化多样,不同土壤类型、不同种类的肥料及土壤肥力状况不同等因素都可能对其产生影响。另外 Si 与 N、P 和 K 等其他营养元素的复杂关系有待今后进一步深入研究。

不同气候和土壤生态条件下苦瓜施用 Cu、Mo 和 Si 表现出的产量和品质效应差异较大,因此苦瓜施用微肥要因地制宜。

参考文献:

- [1] 喻敏,王运华,胡承孝.种子钼对冬小麦硝酸还原酶活性、干物质重及产量的影响.植物营养与肥料学报,2000,6(2): 220-226
- [2] 魏文学,谭启玲,王运华.冬小麦钼营养与无机养分平衡关系初步研究.华中农业大学学报,1996,15(5): 437-441
- [3] 刘鸣达,张玉龙,陈温福.土壤供硅能力评价方法研究的历史回顾与展望.土壤,2006,38(1): 11-16
- [4] 杨良金,唐宗阳,韦德海,夏晓进.水稻施用硅肥的增产效果.土壤,2001,33(3): 166-168
- [5] 陈钢,年夫照,徐芳森,王运华.硼、钼营养对甘蓝型油菜产量和品质影响的研究.植物营养与肥料学报,2005,11(2): 243-247
- [6] 施木田,陈如凯.锌钼营养对苦瓜产量、品质及叶片氮素代谢的影响.热带作物学报,2003,24(4): 57-60
- [7] 施木田,陈如凯.锌钼营养对苦瓜产量、叶片多胺、激素含量与活性氧代谢的影响.热带亚热带植物学报,2004,12(3): 247-251
- [8] 余光辉,张杨株,万大娟.喷施稀土和微肥对小白菜硝酸盐和亚硝酸盐含量及其他品质的影响.农业环境科学学报,2005,24(增刊): 9-12
- [9] 李清芳,马成仓,李韩平,萧云丽,刘雪艳.土壤有效硅对大豆生长发育和生理功能的影响.应用生态学报,2004,15(1): 73-76

Effect of Copper, Molybdenum, Silicon Nutrition on Balsam Pear (*Momordica charantia*) Yield and Quality

WANG Rong-ping, LI Shu-yi, LAN Pei-ling, LIAO Xin-rong

(Guangdong Institute of Eco-Environmental and Soil Science, Guangdong Key Laboratory

of Agricultural Environment Integrated Control, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Effect of Cu, Mo and Si fertilizers on balsam pear (*Momordica charantia*) yield and quality were studied in two different textural soils. The results showed that compared with CK, Cu fertilizer had significant effect on the yield in fine sand soil but no evident effect with application of Mo and Si fertilizers. Cu or Mo fertilizers in silt loam soil had not significant effect on the yield compared with CK, however, the yield increased obviously when Si fertilizer applied in silt loam soil. The content of nitrate nitrogen significantly decreased by 19.15% ~ 43.35% with application of Cu or Mo fertilizers but no evident effect with Si fertilizer applied in fine sand soil. The content of nitrate nitrogen decreased when Cu, Mo, Si fertilizers applied in silt loam soil. The diversity of nitrate content between microelement fertilizer treatment and comparison was significant in the silt loam soil ($p < 0.01$). Application of microelement fertilizer had no significant effect on the content of vitamin C in the two textural soils. The water-soluble sugar contents increased in the two textural soils with Cu or Mo fertilizers. The contents of water-soluble sugar in fine sand soil and silt loam soil increased by 85.40% ~ 148.68% and 27.72% ~ 65.31%, respectively. However the sugar content decreased significantly with application of Si in silt loam. The results showed that application of Cu, Mo, and Si fertilizers in different textural soils had different effect on yield and quality of balsam pear.

Key words: Copper, Molybdenum, Silicon, Balsam pear, Yield, Quality