

华南红壤中硼钼含量及 硼钼肥对豆科作物的肥效

何电源 欧阳洮 钱承梁

(中国科学院南京土壤研究所)

硼、钼是植物正常生长不可缺少的微量营养元素。作物种类和土壤类型不同,施用硼、钼肥料的效果也不一样。

根据以往的研究资料说明,土壤中有效性(水溶性)硼低于0.5ppm,作物可能缺硼;土壤中有效性钼低于0.15—0.20ppm,豆科作物可能对钼肥有反应。豆科作物对硼、钼的需要量往往比其它作物多。花生是我国南、北方的主要油料作物之一,黄豆的栽培也很普遍。为了了解华南红壤中硼、钼含量及硼、钼肥对豆科作物的肥效,我们选择分布面积比较广的几种红壤进行了分析,并研究了花生、黄豆等作物对硼、钼肥的反应。

一、几种红壤中硼、钼的含量

土壤微量元素含量与成土条件和成土过程有密切关系。在同一生物气候条件下,成土母质对土壤中微量元素的含量影响较大。因此,我们采集了不同成土母质发育的红壤、砖红壤、砖红壤性红壤标本,分析了硼、钼含量,以便了解作物对硼、钼肥的需要性。

土壤全硼用发射光谱分析,以锆作内标;有效性硼用沸水煮沸土样五分钟,用姜黄法比色测定。土壤全钼的测定用 HF 和 H_2SO_4 分解试样;有效性钼用 pH3.3 草酸——草酸铵溶液提取,用 KSCN 法比色。分析结果见表 1。

在所分析的土壤中,全硼含量为13.1—170.6ppm,其中以第四纪红色粘土发育的红壤和石灰岩发育的棕色石灰土含量为最高,这与一般认为沉积物和沉积岩中硼的含量较高的研究结果是一致的;片麻岩、花岗岩母质发育的富铝化红壤和砖红壤性红壤全硼含量最低。土壤中的有效态硼含量均低于0.1ppm,都属于可能缺硼的范围。有效态硼与全硼之比均在0.6%以下。

在所分析的土壤中,全钼含量大部分为2—4ppm,最高的为5.1ppm,最低为1.4ppm,这些结果与已发表的资料大体相似。根据表中有效性钼的含量,我们把供试土壤中钼的供应水平分成三类:凡有效性钼的含量在0.2ppm 以上的土壤,列为钼的供应水平较高;0.15—0.20 ppm 之间的,列为中等水平;在0.15ppm 以下的,列为钼的供应不足。从分析的结果可以看到:大部分土壤的表土中有效性钼都在0.1 ppm 左右,低于缺钼临界值;只有花岗岩母质发育的砖红壤性红壤含量高达0.32ppm。当土壤受到侵蚀后,土壤中全钼和有效性钼含量都显著降低。例如,海南岛那大铺仔的砖红壤性红壤,虽然与热作所三队的林地土一样,都发育在同一种花岗岩母质上,但前者土壤受了严重侵蚀,全钼含量只有1.4ppm,有效性钼为0.10ppm,而后者全钼量达5.1ppm,有效性钼为0.32ppm。至

于象广东化州的富铝化红壤,一方面因为成土母质受到强烈风化淋溶,另方面土壤又受到严重片蚀,因此,全铝含量只有 1.4ppm,有效性铝则低达 0.03ppm。

表1 华南几种红壤中硼、铝的含量

土壤名称及利用情况		采样地点	成土母质	土层深度 (厘米)	土壤 代号	硼含量 (ppm)		有效性 占全 硼%	铝含量 (ppm)		有效性 占全 铝%	铝的 供应 水平	备 注
						全硼	有效 硼		全铝	有效 铝			
砖红壤性红壤	森 林 地	华 南 热 作 所 三 队	花 岗 岩	0—10					5.1	0.32	6.0	较	高
	农 地	华南热作所	花 岗 岩	0—20	I	18.8	0.10	0.53	4.9	0.24	4.8		
	经 济 林 地	海 南 洛 南	云 母 片 岩	0—10					3.0	0.23	7.7		
				80—90					4.1	0.29	7.1		
	经 济 林 地	海 南 联 昌	花 岗 岩	0—10					2.0	0.19	9.5		
				85—95					2.4	0.32	13.3	中	
红 壤	早 作 农 地	江 西 刘 家	第 三 纪 红 砂 岩	0—20	VIII	49.5	0.06	0.12	3.7	0.21	5.7		
	荒 地	江 西 进 贤	第 四 纪 红 色 粘 土	0—20	VI	170.6	0.10	0.06	4.0	0.16	4.0		
砖红壤性红壤	草 地 种 热 带 作 物	广 西 龙 州	石 灰 岩	0—10						0.15			等
				80—100						0.17			
棕色石灰土(农地)		广 西 桂 林	石 灰 岩	0—20	V	128.8	0.04	0.03	3.8	0.10	2.6		
砖红壤	香 茅 地	广 东 海 山	玄 武 岩	0—20	IV		0.08		4.7	0.07	1.5		
	早 作 地	广 东 湛 江	凝 灰 岩	0—20	III	26.2	0.09	0.34	2.3	0.13	5.6		
砖红壤性黄色土		广 东 遂 溪	浅海沉积物	0—20	VII	73.8	0.08	0.11	2.6	0.12	4.6	不	
砖红壤性红壤 (经济林苗圃)		海 南 那 大 铺 仔	花 岗 岩	0—7					1.4	0.10	7.1		土壤受 侵蚀
				64—74					2.4	0.25	10.4		
富铝化红壤	经 济 林 地	广 东 化 州 县	片 麻 岩	0—20	II	13.1	0.02	0.15	1.6	0.03	1.9		土壤受 严重片 蚀
		广 东 高 州 县	片 麻 岩	0—10					2.8	0.10	3.6		
				70—80					2.8	0.14	5.0		
		广 东 高 州 县	片 岩	0—10					3.7	0.10	2.7		
				68—80					3.8	0.14	3.7		
砖红壤性红壤	经 济 林 地	海 南 儋 县 西 联	砂 质 片 岩	0—8					2.2	0.11	5.0		足
		100—110						2.2	0.27	12.3			
		海 南 儋 县 西 庆	砂 质 片 岩	0—10					2.0	0.05	2.5		
		65—75						3.7	0.09	2.4			

土壤中有效性铝一般占全铝的2.5—7.0%。占全铝百分之几的有效性铝究竟以什么形态存在于土壤中?我们用pH3.3—8.0的草酸——草酸铵溶液,提取了八种成土母质发育的红壤中的铝和铁,其中以中性溶液提取出来的铝量最低,大部分土壤中只有0.01ppm,这说明土壤中的水溶态和代换态铝含量是很低的。当提取液的pH值自7.0逐步降低到3.3,提取出来的铝和铁量都增多了,表明土壤中部分被铁铝氧化物吸附固定的铝酸盐

也被溶解出来了。当提取液的 pH 值自 7.0 升高到 8.0 时,提取出来的钼量增多,而铁量却减少了,说明此时部分可溶性铁成为氢氧化铁而沉淀,但部分高价钼氧化物却被提取出来。以上结果表明,在华南的红壤中,有相当一部分可溶性钼被活性氧化铁、铝吸附固定成较难溶解的钼化物。

二、硼、钼肥对豆科作物的肥效

为了初步明确在红壤上种植豆科作物对硼、钼肥的需要性,1963—1964年我们选用八种成土母质发育的红壤、砖红壤及砖红性红壤进行盆栽试验。土壤中的硼、钼含量见表 1,土壤的一般农化性质见表 2 (本文所用土壤代号与表 1 中相同)。

表 2 供 试 土 壤 的 基 本 性 质

土 壤 名 称	成 土 母 质	土壤 代号	采 样 地 点	pH		有机质 (%)	全 氮 (%)	速效磷 (ppm)	土壤质地
				盐 提	水 提				
砖红壤性红壤	花 岗 岩	I	海南那大热作所	4.03	4.65	1.21	0.086	19	砂壤土
富铝化红壤	片 麻 岩	II	广东化州县	4.10	4.50	1.55	0.069	17	壤 土
砖 红 壤	凝 灰 岩	III	广东湛江市	4.65	5.45	1.85	0.105	10	轻粘土
砖 红 壤	玄 武 岩	IV	海南澄迈福山	4.20	4.75	3.90	0.112	10	中粘土
棕色石灰土	石 灰 岩	V	广西桂林	7.50	8.15	3.87	0.297	15	中粘土
红 壤	第四纪红色粘土	VI	江西进贤下埠集	4.80	5.50	0.44	0.082	痕 量	粘 土
砖红壤性黄色土	浅海沉积物	VII	广东湛江麻章	4.90	5.40	1.44	0.054	痕 量	砂壤土
红 壤	第三纪红砂岩	VIII	江西余江刘家	5.10	5.80	0.44	0.037	痕 量	粘壤土

盆栽试验用白瓷盆,内套聚乙烯塑料套。每盆装土 3 公斤,按每公斤土施入 0.2 克 P_2O_5 (用 K_2HPO_4)、0.2 克 K_2O (用 KNO_3) 和 0.1 克 N (用 NH_4NO_3) 作底肥,同时用 $CaCO_3$ 调节土壤 pH 值达 6.5 左右。施硼的处理按每公斤土加入 0.5 毫克 B (用 $Na_2B_4O_7$),施钼的处理按每公斤土加入 0.5 毫克 Mo (用 Na_2MoO_4),在作物生长过程中,均用通过离子交换树脂的水浇灌。

第一次盆栽试验于 1963 年 4 月进行,用 I—VI 六种土壤(见表 2),种植直立品种花生,于九月底收获,结果列入表 3。

从试验结果(表 3)可以看到,几种土壤施用钼肥或硼肥后,花生果实都有增产的趋势。经统计,花岗岩发育的砖红壤性红壤(I)施用钼和硼+钼处理及第四纪红色粘土发育的红壤(VI)施硼处理,花生果实的增产都达到了显著水平。而且,所有施硼的处理都明显地降低了空瘪率。从植株地上部分含氮量的分析结果来看,III、IV、V 三种土壤,施钼和钼+硼的处理,茎叶含氮量都有明显提高。一般来说,植物体内的钼含量与土壤中有效性钼含量有一定的相关性,但未达到显著相关的程度。

为了进一步明确硼、钼的肥效,同时了解供试土壤的硼、钼供应能力,1964 年 5 月,我们又继续利用 1963 年用过的六种土壤,另外加上浅海沉积物发育的砖红壤性黄色土(VII)和第三纪红砂岩发育的红壤(VIII)共八种土壤进行盆栽试验,种植黄豆。试验方法与第一次盆栽试验相同。

黄豆于 1964 年 9 月下旬先后收获完毕,各项测定结果列入表 4。从测定的结果可以看到:I、III、IV、VI 四种土壤,施钼肥的处理,茎叶重量都比对照有所增加,更重要的是叶片中的含氮量都有明显的提高。VII、VIII 号土壤施钼的植株,虽然茎叶增重不明显,但含氮量却

表3 盆栽花生试验结果

土壤代 号	测 定 项 目 处 理	株 高 (厘米)	茎 叶 重 克/盆	果 实 产 量		空 瘪 率 (%)	地 上 部 含 N 量 (%)	地 上 部 含 B 量 (ppm)	地 上 部 含 Mo 量 (ppm)
				克/盆	为对照 %				
I	对 照	75	75.2	17.6	100	31.2	1.48	14	0.53
	硼 肥	74	70.8	21.6	122	24.1	1.52		
	钼 肥	74	76.4	23.5*	133	32.5	1.34		
	硼 肥 + 钼 肥	77	71.6	23.6	133	25.7	1.31		
II	对 照	60	52.8	7.8	100	67.9	0.90	13	0.14
	硼 肥	59	54.6	8.0	103	50.0	0.97		
	钼 肥	58	50.1	8.1	104	66.6	0.96		
	硼 肥 + 钼 肥	59	48.9	10.2*	131	68.4	1.01		
III	对 照	62	50.1	19.6	100	19.2	1.09	16	0.12
	硼 肥	65	48.8	20.5	105	12.5	1.13		
	钼 肥	62	47.1	20.0	102	24.0	1.25		
	硼 肥 + 钼 肥	56	44.1	20.7	105	—	1.09		
IV	对 照	53	37.4	22.0	100	15.4	1.03	20	0.28
	硼 肥	54	38.3	22.4	102	11.1	0.97		
	钼 肥	52	37.3	23.6	107	16.0	1.11		
	硼 肥 + 钼 肥	48	38.8	26.5	120	16.0	1.23		
V	对 照	65	39.1	15.3	100	27.3	1.12	12	0.40
	硼 肥	61	38.8	15.8	103	26.1	1.04		
	钼 肥	61	41.3	18.0	111	21.8	1.04		
	硼 肥 + 钼 肥	64	40.5	16.8	110	17.4	1.01		
VI	对 照	48	34.2	12.3	100	28.6	0.92	10	0.13
	硼 肥	50	36.5	15.7*	128	19.0	0.86		
	钼 肥	44	36.8	14.0	114	26.7	1.17		

* 为经统计达到显著水平者。

有明显的提高。V号土壤,无论施钼与否,植株都没有明显的差异。

钼对黄豆种籽产量的影响,只有凝灰岩和玄武岩发育的砖红壤(Ⅲ、Ⅳ)表现出显著作用,施钼植株的豆荚产量几乎比对照高出50%—100%以上。

供盆栽试验的八种土壤,除棕色石灰土(V)外,凡施硼的处理,都明显提高豆荚产量。据统计结果(见表4),Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅵ和Ⅶ五种土壤,施硼处理豆荚的增重都达到显著或极显著水平。籽实的增重表现出同样的情况,甚至更为明显。除了Ⅷ号土,其余七种土壤中,施硼的植株都降低了豆荚的空瘪率。

各种土壤的对照处理植株叶片中硼、钼含量的分析结果表明,叶片中硼和钼的含量与硼、钼肥效的大小有一定的相关。例如,钼肥对籽实增产作用不够明显的几种土壤(如Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅶ、Ⅷ)叶片中含钼量就较高。硼肥的增产作用不明显的土壤(V)叶片中的含硼量也较高。

盆栽前后土壤中钼的含量变化情况列于表5。从测定结果可以看到:盆栽后,八种土壤中有五种土壤的有效性钼都有增加,而全钼含量则有所降低。这说明土壤中一部分

表4 盆栽黄豆试验结果

土壤代 号	测定项目 处 理	茎 叶 总 量 (干重)		豆 荚 重 (干重)		籽 实 重 (干重)		空瘪 率 (%)	茎叶 含N 量 (%)	叶片(干) 含B量 (ppm)	叶片(干) 含Mo量 (ppm)
		克/盆	为对照 照%	克/盆	为对照 %	克/盆	为对照 %				
I	对 照	34.0	100	15.2	100	10.4	100	1.8	1.42	18	0.47
	硼 肥	37.0	109	19.0*	125	13.4*	129	1.5	1.34		
	钼 肥	38.0	113	15.2	100	9.9	95	1.7	1.72		
	硼 肥 + 钼 肥	37.7	111	17.8	117	12.2	117	0	1.39		
II	对 照			11.5	100	6.7	100	7.2		22	0.60
	硼 肥			15.6	135	9.7	145	3.0			
	钼 肥			9.9	86	5.4	81	13.7			
	硼 肥 + 钼 肥			16.4	143	10.6	158	0.9			
III	对 照	32.8	100	8.0	100	4.5	100	4.1	0.95	33	0.30
	硼 肥	32.6	99	9.4	117	5.5	122	3.0	0.89		
	钼 肥	34.8	106	11.3*	141	6.8*	151	1.4	1.29		
	硼 肥 + 钼 肥	32.5	99	11.4**	142	7.2**	160	1.1	1.31		
IV	对 照	28.6	100	7.2	100	4.0	100	4.6	0.96	57	0.27
	硼 肥	33.9	118	9.2**	128	5.0**	125	4.2	1.05		
	钼 肥	34.7	121	13.7**	190	8.4**	210	0.7	1.40		
	硼 肥 + 钼 肥	33.9	118	15.0**	208	9.5**	237	0.3	1.28		
V	对 照	38.9	100	13.1	100	7.2	100	5.8	1.36	72	0.47
	硼 肥	38.1	98	13.2	101	7.4	103	5.0	1.26		
	钼 肥	38.0	98	13.4	102	7.7	107	4.1	1.33		
	硼 肥 + 钼 肥	37.8	97	13.6	104	7.8	108	4.2	1.41		
VI	对 照	27.9	100	4.9	100	2.0	100	30.0	1.66	10	0.49
	硼 肥	21.7	78	10.5**	214	5.9**	295	3.3	1.06		
	钼 肥	32.0	115	4.7	96	1.8	90	23.2	2.49		
VII	对 照	42.3	100	8.5	100	4.7	100	11.1	1.19	27	0.60
	硼 肥	37.4	88	14.0**	165	9.1**	193	0.7	1.26		
	钼 肥	43.0	101	9.4	110	5.4	115	6.9	1.93		
VIII	对 照	40.0	100	7.4	100	4.5	100	4.1	2.12	35	0.60
	硼 肥	38.9	97	8.7	117	5.6	124	7.0	2.16		
	钼 肥	41.4	103	6.4	86	3.7	82	11.1	2.26		

注 1. II号土黄豆后期落叶较严重,茎叶重量未列入表内,也未作显著性测定。

2. * 表示经统计达到显著水平;

** 表示经统计达到极显著水平。

有效态钼被植物吸收后,原来属于迟效性的钼化物在新的条件下又转化为有效性钼。

从1963—1964年两年盆栽花生和黄豆的连续试验结果,可以明显地看出,除Ⅶ号土外,1963年,盆栽施硼或施钼处理,花生果实有增产趋势的土壤,在1964年盆栽黄豆时均有同样的增产效果。

为了在田间验证盆栽试验的结果,我们于1964年在广东省湛江市粤西试验站凝灰岩发育的砖红壤上,布置了花生施用硼、钼肥的田间小区试验。小区面积为0.1亩,重复三次,随机排列。每亩施用30斤过磷酸钙作底肥,各种处理的每亩肥料用量为:钙——石灰

100 斤，氮——硫酸 10 斤，钼——钼酸钠 ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.5 斤，硼——硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 0.5 斤。硼、钼肥先用 2 公斤细土混合均匀，然后拌种。花生于 8 月 11 日播种，11 月 8 日收获。在生长期，凡是施钼肥的处理，花生叶色特别深绿。收获后果实产量统计结果见表 6。试验结果表明，花生施钼肥后，果实显著增产，钼与硼或钙配合施用也得到同样的结果。但钼与钙之间及钼与硼、钙之间的相互效应都没有达到统计上的显著水平。在这种土壤上施用硼肥的作用也未达到统计上的显著程度。

表 5 盆栽前后八种土壤中钼的含量变化

土壤代号	全量钼 (ppm)		有效性钼 (ppm)	
	盆栽前	盆栽后	盆栽前	盆栽后
I	4.9	4.8	0.24	0.16
II	1.6	1.0	0.03	0.04
III	2.3	2.0	0.13	0.12
IV	4.7	4.6	0.07	0.08
V	3.8	3.0	0.10	0.33*
VI	4.0	3.2	0.16	0.17
VII	2.6	2.3	0.12	0.13
VIII	3.7	2.8	0.21	0.13

* 表示统计达显著水平

表 6 花生果实产量统计结果 (小区试验)

测定项目	处理	对照	硼	钼	钙	钙、硼	钙、钼	钙、氮	钙、氮、硼	钙、氮、钼	钙、氮、硼、钼	最小显著差	
												5%	1%
平均产量 (斤/小区)		7.1	7.7	8.4	8.5	7.9	9.0	8.5	7.9	9.4	7.8	1.22	1.67
差数	—	0.6	1.3*	1.4*	0.8	1.9*	1.4*	0.8	2.3**	0.7			
相对产量 (%)		100	108	118	120	111	141	120	111	132	110	17.2	23.5

* 表示统计达到显著水平， ** 表示统计达到极显著水平。

田间试验的初步结果与盆栽试验得到的结果趋势是一致的，这使我们有可能在一定条件下，根据盆栽试验和土壤分析结果，作出某些合理的预测。当然，以上这些试验结果仅仅是初步的资料，还有待于今后进行更多的工作，以明确微量元素肥料在作物增产中的作用。

三、摘 要

1. 在所研究的华南某些砖红壤和红壤中，多数土壤的硼钼供应都不充足。
2. 在花岗岩、片麻岩、浅海沉积物和第四纪红色粘土等母质发育的砖红壤性红壤及红壤上，盆栽花生和黄豆，施用硼肥对增产果荚、种籽都有明显作用，而且降低了果荚的空瘪率。对豆科作物施用钼肥，能使茎叶增重并提高茎叶中的含氮量。因此，在这些土壤上种植豆科绿肥作物，施用钼肥是值得重视的。
3. 在凝灰岩和玄武岩发育的砖红壤上，种植豆科作物，施用钼肥对提高种籽产量和茎叶含氮量都有明显作用。在凝灰岩发育的砖红壤上，单施硼肥，无论对种籽和茎叶都无

明显作用,只有与钼肥配合施用,才表现出一定的效应。

4. 在石灰岩发育的棕色石灰土上种植豆科作物,无论施用硼肥或钼肥,都无明显的作用。在第三纪红砂岩发育的红壤上,种植豆科作物,施用硼肥有一定的作用,但未达到统计上的显著水平。

微量元素在农业生产中的作用

刘 锋

(中国科学院南京土壤研究所)

微量元素又叫痕量元素,指土壤中含量很低的化学元素,含量一般不超过千分之一。植物正常生长所不可缺少的微量元素有硼、钼、锰、锌、铜、铁等。近年来又证实钴和钒也是一些植物所必需的,但还没有证实是所有植物所必需。

生物体中的微量元素多属酶、辅酶或一些维生素的组成成分,它们是生物正常生活和生长所不可缺少和不可互相代替的。微量元素在生物体内含量虽少,所起的作用却很大。土壤中微量元素的供给不足时,农作物出现缺乏症状,产量减少,质量降低,严重时颗粒无收;同时,如果这些元素过多,又会发生中毒现象,影响农作物的产量和质量。近年来,全国各地的试验证明,微量元素肥料对农作物有明显的增产作用。微量元素肥料用量很小,施用简便,省工省费。为了全面地迅速地提高我国农作物产量,微量元素肥料应得到足够的重视和广泛推广。但是,微量元素肥料不是对任何作物任何土壤都有效,所以施用之前要先了解土壤情况,预作试验,以免造成浪费。

一、微量元素的增产作用

微量元素与光合作用和碳水化合物的运转和积累有密切的关系,例如硼、锰都能增强光合作用。某些微量元素供给不足时,植物中叶绿素将减少而发生失绿现象,削弱光合作用。

微量元素在植物的氮素营养中也起着重要作用。微量元素除了参与氮的代谢和蛋白质合成外,还与生物固氮有关。例如,钼除参与含氮物质代谢的最初过程——硝态氮还原作用外,还可以促进固氮作用。钼是固氮酶的组成成分,钼的供给充足,根部结瘤良好,固氮能力提高,缺钼则固氮能力显著下降,有时几乎不能固氮。硼也是共生固氮所必需的元素,缺硼时不只减弱固氮能力,有时完全不能结瘤。

除上述与碳氮代谢有关的功能外,有些微量元素还可以促进磷及其他矿质养分的代谢,有助于保持养分平衡,有助于农作物产量和质量的提高。例如,硼可使谷类作物籽实饱满和提高蛋白质含量,可增加甜菜含糖量和油料作物的含油量。

但是,各种微量元素因作物种类不同,增产作用也不相同。豆科和十字花科需钼最多,钼肥的效果最大。从东北到海南岛的大量试验,都证实钼肥可使花生、大豆、豌豆、