

# 湖南省旱地土壤硫素状况及作物施硫效应

黄启为 杨志辉 刘 鹏 黎星辉 葛旦之

(湖南农业大学 长沙 410128)

**摘 要** 对湖南省 127 个旱地表土 (0~20 cm) 和 56 个旱地底土 (20~40 cm) 进行了有效 S 含量分析及花生和油菜施 S 效应的田间试验。结果表明:湖南省旱地土壤有效 S 含量表土低于底土;表土有效 S 含量低于 30mg/kg 的土样所占的比例为 49%, 低于 16mg/kg 的土样所占的比例为 21%;旱地土壤有效 S 含量和缺 S 频率因成土母质而异,河流冲积物发育的土壤有效 S 含量最低(16.4±4.80 mg/kg), S 含量低于 16mg/kg 的频率最高(64%), 其次为紫色砂页岩发育的土壤(有效 S 含量为 28.3±3.21mg/kg, S 含量低于 16mg/kg 的频率为 37%)。花生、油菜施 S 效应因 S 肥类型和 S 肥用量而异,单作时 S 的增产量和经济效益均以 SSP 为好, S 肥用量为 30kg/hm<sup>2</sup> 的经济效益较高;轮作时连续施 S, S 的经济效益以 SSP 最好, S95 和 ES 次之, 最差的数石膏, 花生施 S 效益为油菜的 1.8~11.4 倍; S 肥类型和 S 肥用量不同, S 残效不同。此外, 施用 S 肥还能够增加花生、油菜的吸 N 量和粗脂肪量, 提高 N 肥利用率, 但 S 对花生吸 N 量和粗脂肪的累积效果好于油菜。

**关键词** 有效 S; 土壤; 旱地; 油菜/花生

**中图分类号** S143

硫在作物体内既是构成氨基酸、蛋白质的组分, 又是酶与辅酶的活性物质, 参与细胞内许多重要的代谢过程, 其需求量与 P 相似<sup>[1]</sup>。然而, 近年来随着无 S 或低 S 高浓度化肥的广泛应用, 作物产量的大幅度提高及有机肥用量的逐渐减少, 加上对环境污染的逐步控制, 土壤 S 的供给越来越不能满足作物的生长需求, 缺 S 已逐渐成为限制农业生产发展的重要因素。因此, 对土壤 S 素状况进行调查, 了解土壤有效 S 的状况及作物对硫的反映, 是合理施用 S 肥的重要依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 土壤样品

土壤样品采自湘东、湘西、湘南、湘北、湘中 5 个地区 38 个县市的旱地土壤, 成土母质分别为砂岩、石灰岩、花岗岩、板页岩、第四纪红土、紫色砂页岩等 7 种, 其中 0~20cm 土样 127 个, 20~40cm 土样 56 个。

### 1.2 不同 S 肥类型的肥效试验

田间试验设置 5 个处理: CK、硫磺粉 (ES)、S95 (加拿大产, 含 S 量为 95%, 下同)、石膏、过磷酸钙 (SSP)。S 用量为 30kg/hm<sup>2</sup>, 处理中 Ca 不足部分以无水 CaCl<sub>2</sub> 补充, 重复 3 次, 随机区组排列。供试土壤为红壤、紫色土、潮沙土, 土壤有效 S 含

量为 23.95~28.80mg/kg, 平均 26.34±1.17mg/kg, 供试作物为花生 (中籽花生)、油菜 (湘油 13 号)。

### 1.3 不同 S 肥用量的肥效试验

田间试验设置以下 S 水平: 30、60、90kg/hm<sup>2</sup>, 不施 S 为 CK, 重复 3 次, 随机区组排列。S 源有 S95、ES、石膏。供试土壤为红壤、紫色土、潮沙土, 土壤有效 S 含量为 8.97~29.43mg/kg, 平均 21.16±5.38mg/kg, 供试作物为花生 (中籽花生)、油菜 (湘油 13 号)。

### 1.4 NS 交互作用试验

田间试验设置两个 N 水平 (150、300kg/hm<sup>2</sup>), 3 个 S 水平 (0、30、60kg/hm<sup>2</sup>), 共 6 个处理, 重复 3 次, 随机区组排列。供试土壤为红壤, 其有效 S 含量为 18.00mg/kg, 供试作物为油菜 (湘油 13 号)。

### 1.5 花生—油菜轮作时连续施 S 肥肥效试验

田间试验设置 4 个处理: CK、ES、S95、石膏。供试土壤为石灰岩母质发育的红壤 (有效 S 含量为 26.93mg/kg, S 用量为 30kg/hm<sup>2</sup>) 和第四纪红土母质发育的红壤 (有效 S 含量为 28.80mg/kg, S 用量为 30kg/hm<sup>2</sup>, 其中石膏处理的 S 用量为 30 和 60kg/hm<sup>2</sup>), 重复 3 次, 随机区组排列。

### 1.6 花生—油菜轮作 S 肥残效试验

田间试验设置 4 个处理: CK、ES、S95、石膏。S 用量为 30kg/hm<sup>2</sup>, 供试土壤为石灰岩母质发育的

红壤,其有效 S 含量为 23.95mg/kg。S 肥用量设置 3 个水平:30、60、90kg/hm<sup>2</sup>,不施 S 为 CK。供试土壤为第四纪红土母质发育的红壤,其有效 S 含量为 28.50mg/kg。油菜施 S,花生不施 S,重复 3 次,随机区组排列。

### 1.7 室内分析

土壤有效 S 用 0.01M Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 浸提—BaSO<sub>4</sub> 比浊法测定。其它理化测试方法见《土壤农化分析》<sup>[2]</sup>和《土壤农业化学分析方法》<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 湖南省旱地土壤 S 状况

2.1.1 湖南省旱地土壤有效 S 含量状况 湖南省旱地土壤有效 S 含量测定结果(表 1)表明:旱

地表土的有效 S 含量为 48.4±3.92mg/kg,范围为 6.57~210.2mg/kg;旱地底土的有效 S 含量为 90.3±8.24mg/kg,范围为 11.1~235.1mg/kg。旱地土壤因受侵蚀和淋溶作用,有效 S 向剖面下层移动,导致表层土壤 S 素含量低于底土,旱地表土有效 S 平均含量为底土的 53.6%。按土壤有效 S 缺乏的临界值 16mg/kg<sup>[4-9]</sup>为标准,127 个旱地土样中有 27 个土样的土壤有效 S 含量在临界值以下,占总样本数的 21.3%;表层土壤有效 S 含量介于 16~30mg/kg 之间的土样有 35 个,占总样本数的 27.6%,高于 30mg/kg 的土样有 65 个,占总样本数的 51.1%。说明湖南旱地表土有效 S 含量在 30mg/kg 以下和以上的比例几乎各占一半,缺 S 和潜在缺 S 的旱地土壤近一半(其中缺 S 旱土占 21%左右)。

表 1 湖南省旱地土壤有效 S 含量  
Table 1 Soil Available S in upland soils in Hunan

土壤层次 (cm)	样本数	有效 S 含量 (mg/kg)		某一范围土壤有效 S 样本数占旱土总样本数的百分数(%)		
		范 围	平 均	<16mg/kg	6~30 mg/kg	>30 mg/kg
0~20	127	6.57~210.2	48.4±3.92	21.3	27.6	51.1
20~40	56	11.1~235.1	90.3±8.24	7.2	8.9	83.9

2.1.2 不同母质土壤有效 S 含量分布 湖南省 7 种成土母质发育的旱地土壤有效 S 含量分布结果见表 2。从表 2 可知,成土母质是影响土壤有效 S 含量高低的重要因素之一。

从土壤有效 S 含量平均水平看,由河流冲积物发育的土壤有效 S 含量最低(16.4mg/kg),其次是紫色砂页岩发育的土壤(28.3 mg/kg),有效 S 含量平均水平最高的是板页岩、石灰岩、砂岩、花岗岩、第四纪红土母质发育的土壤(46.9~64.8mg/kg)。从土壤缺 S 频率看,大致可以分为 5 类:第 1 类为河流冲积物发育的土壤,缺 S 和严重缺 S 土壤占 64%,

潜在缺 S 土壤占 27%;第 2 类为紫色砂页岩发育的土壤,缺 S 和严重缺 S 土壤占 37%,潜在缺 S 土壤占 42%;第 3 类为板页岩、石灰岩发育的土壤,缺 S 和严重缺 S 土壤占 14%~20%,潜在缺 S 土壤占 33%~36%;第 4 类为第四纪红土、砂岩发育的土壤,缺 S 和严重缺 S 土壤占 12%~17%,潜在缺 S 土壤占 22%左右;第 5 类为花岗岩发育的土壤,潜在缺 S 频率在 12%以下。第 1 类和第 2 类成土母质发育的土壤是当前急需施用 S 肥的土壤,其次是第 3 类成土母质发育的土壤。

表 2 湖南省不同成土母质发育的旱地土壤有效 S 含量 (0~20cm)  
Table 2 Soil available S in upland soils derived from different parent materials in Hunan Province

成土母质 (cm)	样本数	有效 S 含量 (mg/kg)		某一范围土壤有效 S 样本数占旱土总样本数的百分数(%)		
		范 围	平 均	<16mg/kg	6~30 mg/kg	>30 mg/kg
第四纪红土	41	12.5~210.2	64.8±7.59	12.3	21.9	65.8
砂 岩	18	8.56~142.7	50.2±9.00	16.7	22.3	61.0
石 灰 岩	15	9.17~145.6	48.1±10.5	20.0	33.4	46.6
花 岗 岩	9	26.3~97.7	59.4±8.10	0	11.1	88.9
板 页 岩	14	12.2~106.8	46.9±10.9	14.3	35.7	50.0
紫色砂页岩	19	8.56~87.0	28.3±3.21	36.9	42.1	21.0
河流冲积物	11	6.57~31.5	16.4±4.80	63.6	27.3	9.1

## 2.2 作物施 S 效应

2.2.1 S 肥不同类型对作物产量的影响 S 肥不同类型对作物产量的影响结果 (表 3) 表明: 不同 S 肥类型对油菜、花生的增产效应不同。从平均增产量看, 油菜的效应依次是: SSP > S95 > 石膏 > ES, 花生的效应依次是: SSP > 石膏 > S95 > ES。从施 S 的经济效益看, 油菜或花生的 VCR 依次是: SSP >

S95 > ES > 石膏, 对于油菜和花生而言, 施用 SSP 效果最好, 其次是 S95、ES, 最差的是石膏。两种作物比较, 施用 S 肥后, 增产效应为: 花生 ( $234\text{kg}/\text{hm}^2$ ) 高于油菜籽 ( $145\text{kg}/\text{hm}^2$ ), S 的经济效益为  $VCR_{\text{花生}} (9.5) > VCR_{\text{油菜}} (6.0)$ , 两者表现趋于一致, 花生施 S 效果好于油菜。

表 3 不同 S 肥类型对作物产量的影响 (1997~2001)

Table 3 Effect of different types of S fertilizers on crop yield

作物	S 源	田间 试验数	有增产效应 的田间试验	增加的产量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) (%)		经济效益(产/投比)*	
				平均	范围	平均	范围
油菜	硫磺粉 (ES)	14	14	118 (12.9%)	29~227 (2.2~37.9%)	5.9	1.4~11.4
	过磷酸钙 (SSP)	4	4	177 (21.1%)	140~209 (10.6~35.9%)	8.9	7.0~10.5
	S95	9	9	158 (19.0%)	51~431 (8.0~42.8%)	7.9	2.6~21.6
	石膏	4	3	127 (9.7%)	20~262 (1.5~19.1%)	1.3	0.2~2.6
	合计	31	30 (97%)	145 (15.7%)	20~431 (2.2~42.8%)	6.0	0.2~21.6
花生	硫磺粉 (ES)	5	5	165 (6.6%)	33~307 (1.6~11.9%)	11.0	2.2~20.0
	过磷酸钙	1	1	360 (16.3%)		12.0	
	S95	2	2	178 (6.2%)	107~250 (5.0~6.9%)	11.9	7.1~16.6
	石膏	3	3	232 (8.7%)	150~300 (6.8~11.7%)	3.1	2.0~4.0
	合计	11	11 (100%)	234 (9.5%)	33~300 (1.6~16.3%)	9.5	2.2~20.5

\*经济效益计算的依据如下: 肥料中 S 的价格如下: ES, S95, SSP 为 1 元/kg 石膏为 5 元/kg。油菜籽价格为 1.5 元/kg, 壳花生价格为 2.0 元/kg。

2.2.2 S 肥不同用量对作物产量的影响 S 肥不同用量对作物产量的影响结果 (表 4) 表明: S 肥用量不同, 不论何种 S 肥类型, 其增产效应及经济效益均有差异。从平均产量看, 油菜、花生均以  $60\text{kg}/\text{hm}^2$  施 S 量的增产量最高, 从经济效益来看, S 在两种供试作物上的 VCR 均以施 S 量为  $30\text{kg}/\text{hm}^2$  的值较高 (石膏除外)。据此, 湖南省旱地土壤 S

用量建议以  $30\text{kg}/\text{hm}^2$  为宜。

2.2.3 NS 交互作用对油菜产量的影响 不同 NS 水平对油菜产量的影响结果 (表 5) 表明: 2 种施 N 水平下, 施 S 均表现出增产效果, 均以施  $60\text{kg}/\text{hm}^2$  的产量最高, 而 S 的 VCR 却以  $30\text{kg}/\text{hm}^2$  的施用量为好。在 3 种施 S 水平下, 油菜籽粒在高 N 水平下产量较高, 亦即 S 的增产作用在高 N 水平下发挥得更好, 每千克 S 增加油菜籽的量分别为  $3.86\text{kg}$  (N 用量  $300\text{kg}/\text{hm}^2$ )、 $2.86\text{kg}$  (N 用量  $150\text{kg}/\text{hm}^2$ )。方差分析表明: 2 种 N 用量和 3 种 S 用量之间的差异均达 5% 的显著水平, 但 NS 交互作用不明显。尽管如此, 在油菜施肥中照样应注意 NS 的平衡供应。

表 5 还表明 施用 S 肥能够增加菜籽的吸 N 量, 提高 N 肥利用率。但 S 肥用量不同, 菜籽的吸 N 量及 N 肥利用率的增加幅度不同。

2.2.4 花生-油菜轮作时 S 肥肥效 花生-油菜轮作时连续施用 S 肥能够增加作物产量, S 肥增产效应见表 6。表 6 表明: S 肥类型不同, S 在两种供试作物上的肥效不同, 经济效益也不同。从产量看, 施 S 对花生的增产量高于油菜的增产量。从 S 的经济效益看, S 在花生上效益好于 S 在油菜上的效益,

表 4 S 肥不同用量对作物产量的影响

Table 4 Effect of S fertilizer application rate of crop yield

作物	S 源	S 用量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	作物增加的产量平均		经济效益 (产/投比)
			( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	(%)	
油 菜	硫磺粉(ES)	30	85	9.3	4.2
		60	140	15.4	3.5
	硫 95	30	63	12.8	3.2
		60	124	23.7	3.1
		90	53	9.9	0.9
石 膏	30	20	1.5	0.2	
	60	60	4.6	0.3	
花 生	硫磺粉(ES)	30	110	4.9	7.3
		60	128	5.7	4.3
	石 膏	30	150	6.8	2.0
		60	312	14.1	2.1

前者为后者的 1.8~11.4 倍。花生和油菜不论谁先施用的是石膏;ES 在花生上先施比在油菜上先施效果似用 S 肥, SSP 施用效果都好, ES 和 S95 次之, 最差乎要好一些。

表 5 不同 NS 水平对油菜产量的影响 (河流冲积物, 1998, 浏阳)

Table 5 Effect of N and S levels on yield of rapeseed (alluvial deposits, 1998, Liuyang)

N 用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	S 用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增加的产量		产/投比	菜籽吸 N 量 (kg/hm <sup>2</sup> )	N 肥利用率 (%)	肥料效应方程
			(kg/hm <sup>2</sup> )	(%)				
150	0	830				23.8	15.9	
	30	955	125	15.1	6.2	28.4	18.9	Y=843+2.86X
	60	1000	170	20.5	4.2	29.3	19.5	
30	0	975				30.0	10.0	
	30	1115	140	14.4	7.0	32.1	10.7	Y=984+3.81X
	60	1205	230	23.6	5.8	34.3	11.4	

表 6 花生—油菜轮作时连续施用 S 肥后 S 肥肥效 (1998~2000 邵阳, 1997~1998 桃江)

Table 6 Effect of continuous application of S fertilizer on peanut-rapeseed rotation (1998~2000 Shaoyang, 1997~1998 Taojiang)

S 源	S 用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增加的产量 (kg/hm <sup>2</sup> )(%)				总增产量 (kg/hm <sup>2</sup> )		产/投比	
		油菜	花生	油菜	花生	油菜	花生	合计	花生/油菜
S95	30	121 (9.3%)	250 (6.9%)	10 (8.0%)	107 (5.0%)	221	357	8.7	2.2
硫磺粉 (ES)	30	29 (2.2%)	307 (8.4%)	227 (18.1%)	33 (1.6%)	256	340	8.9	1.8
石膏	30	-34 (-2.6%)	300 (8.2%)	98 (7.8%)	247 (11.7%)	64	547	2.0	11.4
硫磺粉 (ES)	30		264 (11.9%)	60 (4.6%)		10.3	10.3	5.9	
过磷酸钙 (SSP)	30		360 (16.3%)	140 (10.6%)		15.5	15.5	3.4	
石膏	30		150 (6.8%)	20 (1.5%)		1.0	1.0	10.0	
	60		312 (14.1%)	60 (4.6%)		1.0	1.0	6.9	

2.2.5 花生—油菜轮作时 S 肥残效 花生—油菜轮作时, 油菜施用 S 肥, 花生停施 S 肥, 以观其残效, 其结果见表 7。表 7 表明: S 肥类型不同, S 残效不同。ES 已无残效, S95 和石膏的残效也低。从两季作物看, S 的经济效益以 S95 最好, ES 次之,

最差的是石膏。S 肥用量不同, S 残效亦不同, 花生的增产量和增产率以 S 用量为 90kg/hm<sup>2</sup> 的残效最高, 但从 S 对两季作物的经济效益来比较, 却以 30kg/hm<sup>2</sup> 的 S 用量为好。

表 7 花生—油菜轮作时 S 肥残效 (红壤, 1998~1999)

Table 7 Residual effect of S fertilizer in peanut-rapeseed rotation (red soil, 1998~1999)

S 源	S 用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增加的产量 (kg/hm <sup>2</sup> )(%)		产/投比	备注
		油菜 (施 S)	花生 (S 残效)		
S95	30	234 (17.0%)	15 (0.5%)	12.7	
硫磺粉 (ES)	30	190 (14.3%)	-75 (-2.6%)	4.5	邵阳
石膏	30	262 (19.7%)	40 (1.3%)	3.2	
S95	30	60 (9.2%)	200 (12.3%)	16.3	
	60	105 (16.2%)	60 (3.7%)	4.6	常德
	90	50 (7.7%)	235 (14.4%)	6.0	

### 2.3 S 对作物品质及吸 N 量的影响

施用 S 肥对油菜、花生品质及吸 N 量的影响结果 (表 8) 表明: 增施 S 肥, 能够增加油菜、花生的 N 吸收量和粗脂肪量, 施用 S 肥能够提高 N 的利用率。S 肥类型不同, 两种作物吸 N 量和粗脂肪的

增加量不同。在增加 N 积累量上油菜以 ES 和 S95 较好, 花生以 S95 为好; 在增加籽粒粗脂肪积累量上, 油菜以 SSP 为好, 而花生则以石膏为好。两种作物比较, 不论是籽粒的 N 增加量还是粗脂肪增加量, 施 S 肥后, 花生的效果好于油菜。

表 8 S 对作物品质及吸 N 量的影响  
Table 8 Effect of S on crop quality and N uptake

作物	S 源	作物吸 N 的增加量 (kg/hm <sup>2</sup> ) (%)		粗脂肪增加量 (kg/hm <sup>2</sup> ) (%)	
		平均	范围	平均	范围
油菜	硫磺粉 (ES)	7.3 (28.6%)	2.0~25.0 (8.5~47.0%) (11*)	60.8 (16.3%)	4.6~104.7 (1.8~34.9%) (8)
	过磷酸钙 (SSP)	4.8 (33.3%)	4.4~5.6 (23.7~41.4%) (3)	82.1 (32.3%)	66.1~111.6 (29.6~35.8%) (3)
	S95	7.0 (26.7%)	1.8~16.7 (11.4~50.6%) (9)	63.4 (17.0%)	21.7~188.6 (5.4~54.4%) (8)
	石膏	2.5 (5.6%)	-8.0~17.7 (-17.6~40.8%) (4)	39.3 (6.7%)	0~112.2 (0~19.0%) (3)
	合计	5.4 (23.6%) (27)		61.4 (18.1%) (22)	
花生	硫磺粉 (ES)	5.5 (5.7%)	1.0~11.2 (1.2~11.4%) (4)	26.1 (2.6%) (1)	
	S95	8.6 (6.6%)	2.4~14.8 (3.0~8.2%) (2)	65.7 (6.6%) (1)	
	石膏	6.7 (5.4%)	5.1~7.9 (4.0~9.7%) (3)	119.6 (12.0%) (1)	
	合计	6.9 (5.9%) (9)		70.5 (7.1%) (3)	

\* 括号内数字表示田间试验数

### 3 小结

1. 湖南省旱地土壤有效 S 状况为:表土(0~20 cm)平均为 48.4±3.92 mg/kg;底土(0~20 cm)平均为 90.3±8.24 mg/kg。表层土壤有效 S 含量低于 30 mg/kg 土样所占的比例为 49%,低于 16mg/kg 土样所占的比例为 21%,说明湖南省缺 S 和潜在缺 S 的旱地土壤将近一半,其中缺 S 和严重缺 S 的旱地土壤为 1/5 左右。

旱地土壤有效 S 含量和土壤缺 S 频率受成土母质的影响较大。由河流冲积物和紫色砂页岩发育的土壤为当前急需施用 S 肥的土壤,其次是板页岩、石灰岩发育的土壤。

2. 油菜、花生的增产效应因 S 肥类型和 S 肥用量而异。单作时不同 S 肥类型在油菜或花生上 S 的经济效益为 SSP > S95 > ES > 石膏;不同 S 肥用量在两种供试作物上均以 60kg/hm<sup>2</sup> S 用量的增产产量最高,经济效益却以 30kg/hm<sup>2</sup> S 用量较好,据此,湖南省旱地土壤 S 用量建议以 30kg/hm<sup>2</sup> 为宜。轮作时连续施用 S 肥以 SSP 的经济效益最好,S95 和 ES 次之,最差的数石膏,ES 在花生上先施较在油菜上先施的经济效益稍高,花生施 S 效益为油菜的 1.8~11.4 倍。S 肥类型和 S 肥用量不同,S 残效不同。

3. 不同 NS 水平对油菜产量的影响不同。尽管 NS 交互作用不明显,但在不同 N 水平下施用 S 肥和不同 S 水平下施用 N 肥均能增加油菜产量。在 2 种 N 水平下施用 S 肥,S 的经济效益以 30kg/hm<sup>2</sup> S 用量为好。在 3 种 S 水平下施用 N 肥,高 N 水平下油菜的产量较高,S 的增产作用在高 N 水平下发挥得更好。因此,在油菜施肥中,应注意 NS 的平衡

供应。

4. 施用 S 肥能够增加花生和油菜的吸 N 量和粗脂肪量,提高 N 肥的利用率。在增加 N 积累量方面,油菜以 ES 和 S95 较好,花生以 S95 表现较好。在增加粗脂肪积累量上,油菜以 SSP 较好,花生以石膏较好。S 对花生粗脂肪和吸 N 量的累积效果好于油菜。

### 参考文献

- 1 张宜春,刘同仇,谢振翅等译.植物营养原理.北京:农业出版社,1987
- 2 南京农业大学主编.土壤农化分析.第二版.北京:农业出版社,1992
- 3 中国土壤学会编.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社,1999
- 4 刘崇群,韩文炎.茶园硫的状况.见:国际硫研究所等汇编.中国农业硫肥研究进展和需求展望国际研讨会论文集.南京,1997,76~81
- 5 刘崇群,曹淑卿,陈国安等.中国南方农业中的硫.土壤学报,1990,27(4):398~401
- 6 刘崇群,陈国安,曹淑卿等.中国南方土壤中的硫和硫肥施用.土壤学报,1981,18(2):185~193
- 7 赵宏孺,王德芳.天津市土壤硫状况及硫肥效果初报.天津农业科学,1996,2(2):1~3
- 8 张继榛,竺伟民,章力干等.安徽省土壤有效硫状况研究.土壤通报,1996,27(25):222~225
- 9 陶其骥,罗奇祥,刘光荣等.江苏土壤硫素状况和硫肥施用研究.江西农业科学,1999,11(增刊):91~98

(下转第 135 页)

## HEAVY METALS IN AGRICULTURAL SOILS OF ZHANGZHOU

Guo Yilong Lin Yibing Hu Shaoyi

(Zhangzhou Soil and Fertilizer Station, Fujian Province 363000)

**Abstract** The background value of heavy metals in agricultural soils is low, as is exposed in the investigation of soil heavy metals, Mercury, Arsenic, Chrome, Cadmium and Lead and their pollution. The status of heavy metal pollution is that the content of Mercury, Arsenic, Cadmium and Lead in the soil is 1~4 times higher than the background value, respectively (except Chrome). Mercury and Arsenic are the major contaminants in the soil. In terms of content of heavy metals (except for Mercury) paddy soils > lateritic red earth, according to soils type; and paddy field > vegetables soil > orchard soil, according to the ways of land utilization; and agricultural soil in the Jiulong River basin > others (except for Chrome), according to the basin. The pollutants come mainly from agricultural sources rather than industrial ones.

**Key Word** Agricultural soils, Heavy metals, Pollution, Prevention and cure

\*\*\*\*\*

(上接第 130 页)

## SULPHUR STATUS IN UPLAND FIELD AND CROP RESPONSES TO SULPHUR FERTILIZER IN HUNAN PROVINCE

Huang Qiwei Yang Zhihui Liu Peng Li Xinghui Ge Danzhi

(Hunan Agricultural University, Changsha 410128)

**Abstract** Contents of available sulphur in the surface soil and subsoil of upland field in Hunan province were analyzed, and responses to sulphur fertilizers were studied on peanut and rapeseed from 1997 to 2000 in Hunan province, China. The experiments indicated that contents of available sulphur in the surface soil were lower than that in the subsoil of upland field in Hunan province. About 49% of the soil samples had available sulphur in the surface soil lower than 30mg/kg, and 21% lower than 16mg/kg. Soil available S content and S deficient percentage vary with soil parent material. Soils (0~20cm) derived from river alluvium were the lowest available sulphur content, being 16.4±4.80 mg/kg and 64% of the soil samples had available sulphur content lower than 16mg/kg. The content of available sulphur in the soils derived from purple sandy shale was 28.3±3.21 mg/kg and 37% of the soil had available sulphur content lower than 16mg/kg. Responses to sulphur fertilizers varied with type and application rate of sulphur fertilizer used on peanut and rapeseed. Response to SSP (single superphosphate) was the best in monoculture crop system, and so was the rate of 30kg/hm<sup>2</sup>. But when S fertilizing was used continuously in the rotation system, the fertilizer was in the order of SSP > S95 > ES (elemental sulphur) > Gyp (gypsum) in terms of crop response. The economic profit of sulphur fertilizer on peanut was 1.8~11.4 times that on rapeseed. Residual effect of sulphur fertilizer also varied with type and rate of the fertilizer. Besides, sulphur fertilizer increased oil content and N uptake of rapeseed and peanut and the response from peanut was higher than that from rapeseed.

**Key words** Available sulphur, Soil, Upland field, Peanut/rapeseed