

安徽省主要农用土壤中硫形态组份的初步研究

胡正义 张继榛 竺伟民

(安徽农业大学 合肥 230036)

摘 要

对安徽省6种主要农用土壤耕层(黄潮土、灰潮土、砂姜黑土、黄褐土、黄红壤和水稻土)22个样品中硫形态组份的分析表明:供试土壤中总硫(S)含量为112.4~237.0(均值为205.8) $\mu\text{g g}^{-1}$ 。各土壤的有机硫和无机硫含量有所不同,其中,黄潮土、灰潮土的总S含量相对较高,潜在供硫能力相对较强,但土壤有效硫低;砂姜黑土、水稻土的总硫含量中等,潜在供硫能力较大,土壤有效硫中等;黄褐土、黄红壤的总硫含量小,潜在供硫能力弱,但黄褐土的有效硫中等,黄红壤中有效硫最高。

关键词 农用土壤; 硫形态组份

要全面评价土壤硫的丰缺和了解土壤的潜在供硫能力,必须对土壤硫形态组份进行研究。国内外资料表明:土壤中无机硫占总硫10%左右,主要是水溶性和吸附性 SO_4^{2-} 及难溶性硫酸盐。在透水很好,无盐化土壤表层中90%以上的硫是有机硫^[1]。目前将有机硫分成硫酸酯(C-O-S),碳键硫(C-S)和惰性硫3种形态^[2,3]。早在六、七十年代国外研究者对土壤硫形态组份进行了研究^[4-7]。我国学者着重对土壤总硫、总有机硫和有效硫进行过一些研究^[8,9],而对土壤硫形态组份的研究却较少^[10]。为了全面评价安徽土壤硫状况,为合理施肥和培肥土壤提供理论依据,本研究以安徽省主要农用土壤为材料,研究土壤硫各形态组份,以此评价不同土壤供硫能力和潜在供硫能力。

1 材料与方法

供试土壤采自安徽省面积最大的5个土类6种农用土壤(黄潮土,砂姜黑土,灰潮土,黄褐土,黄红壤和水稻土)。其基本性质见表1。土样风干磨碎过20目筛供测定有效硫、水溶硫和难溶硫;过100目筛的土壤用以测定其他形态硫,具体分析方法按参考文献所述进行^[2,7-11]。分析硫用Johnson-nishita装置,将硫还原为 H_2S 后以对氨基二甲苯胺分光光度法测定^[12](其中 $1\text{mol L}^{-1}\text{HCl}$ 浸提硫用 BaSO_4 比浊法测定)。各组份硫中:水溶硫为 $0.15\%\text{CaCl}_2$ 浸提硫;吸附硫=含磷(P) $500\mu\text{g ml}^{-1}\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 浸提硫- $0.15\%\text{CaCl}_2$ 浸提硫;难溶硫=石灰性土壤和砂姜黑土用 $1\text{mol L}^{-1}\text{HCl}$ 浸提S(非石灰性土壤用 1mol L^{-1} 中性 NH_4OAc 浸提硫)- $0.15\%\text{CaCl}_2$ 浸提硫;C-O-S=HI-S-总无机硫;C-S直接测定;惰性硫=总有机硫-(C-O-S+C-S)。

表 1 供试土壤的主要理化性质

土 壤	样本数	母 质	pH(水/土 1:1)	有机 C(g kg ⁻¹)	CaCO ₃ (g kg ⁻¹)
黄潮土	12	黄泛冲积物	8.17	6	262
灰潮土	1	长江冲积物	8.02	10	258
砂姜黑土	1	黄泛冲积物	7.08	10	—
黄褐土	1	下蜀系黄土	5.62	6	—
黄红壤	1	第四纪红土	5.10	9	—
水稻土	6	下蜀系黄土	6.80	11	—

2 结果与分析

2.1 土壤总硫、总有机硫和总无机硫状况

测定结果(表 2、3)表明, 6 种土壤的总 S、总有机 S 和总无机 S 有一定差异; 其含量分别为: 112.4—237.0(均值: 205.8)、85.0—179.5(均值: 155.1)、24.4—144.9(均值: 50.8) $\mu\text{g g}^{-1}$ 。不同土壤之间总 S 和总有机 S 含量依次为: (灰潮土、黄潮土)>(水稻土、砂姜黑土)>(黄褐土、黄红壤)。总无机 S 依次为: 黄红壤>灰潮土>黄潮土>水稻土>砂姜黑土>黄褐土。黄红壤中总有机 S 占总 S 的 89.8%; 其他 5 种土的总有机 S 占总 S 则为 22%左右。灰潮土、黄潮土和砂姜黑土中有机 S 较多, 可能与其母质有关, 而水稻土中有机 S 较高可能是水田有机 S 矿化较慢的缘故。

2.2 土壤 S 形态组份

表 2 直接测定的土壤硫(S, $\mu\text{g g}^{-1}$)

土 壤	总 S	H ₂ O-S	C-S	HCl-S	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ -S	CaCl ₂ -S	NH ₄ OAc-S
黄潮土(平均值)	229.9	133.7	12.6	42.9	12.2	3.5	
灰 潮 土	237.0	157.9	16.0	48.5	16.4	3.6	
砂姜黑土	176.5	120.7	15.2	14.0	22.4	0	
黄 褐 土	112.4	45.5	9.6		21.7	0	5.7
黄 红 壤	161.3	144.0	11.8		84.0	0	60.9
水稻土(平均值)	180.3	117.0	17.3		28.6	8.3	20.0

2.2.1 无机 S 形态组份

供试土壤中主要是水溶 S、吸附 S 和难溶 S, 未发现无机非硫酸盐形态硫和 S²⁻。土壤水溶性 S 含量 0—8.3(均值 5.0) $\mu\text{g g}^{-1}$, 占其总 S 0—4.6%(均值 2.4%)(表 3)。水稻土中水溶 S 含量最高为 8.3 $\mu\text{g g}^{-1}$; 砂姜黑土、黄褐土和黄红壤中几乎无水溶 S。土壤吸附 SO₄²⁻形态 S 含量为 7.6—8.4(均值: 16.1) $\mu\text{g g}^{-1}$, 占其总 S 3.3—52.1%(均值 8.95%)(表 3)。不同土壤吸附 S 含量和占总 S 百分数有一定差异, 黄红壤中吸附 S 含量最高, 黄潮土中最低(表 3)。据研究, 土壤吸附 S 与土壤 pH、矿物类型、水化氧化铁铝含量以及土壤有机质等因素有关^{〔13〕}。

土壤难溶性无机 S 含量(S)5.7—60(均值 29.8) $\mu\text{g g}^{-1}$, 占其总 S 5.1—37.8%(均值 14.0%)。不同土壤之间有一定差异(表 3); 灰潮土、黄潮土和黄红壤相对较高; 而黄褐土, 水稻土和砂姜黑土相对较低。石灰性土壤难溶性 S 主要是 CaSO₄ 和 CaCO₃ 形成共沉淀物^{〔14〕}。非石灰性土壤难溶性 S 可能是施普钙带入的 CaSO₄。

表 3 土 壤 硫 形 态 组 份

土 壤		有 机 硫				无 机 硫			
		C—O—S	C—S	惰性 S	总有机 S	难溶 S	吸附 S	水溶 S	总无机 S
黄 潮 土 (均 值)	1	86.0	12.6	83.7	179.5	38.3	7.6	4.6	50.4
	2	37.6	5.5	36.4	78.1	16.6	3.3	2.0	21.9
灰 潮 土	1	96.6	16.0	63.1	175.7	44.9	12.8	3.6	61.3
	2	42.0	6.8	26.6	74.1	18.9	5.4	1.5	25.8
砂姜黑土	1	48.3	15.2	40.6	140.1	14.0	22.4	0	36.4
	2	44.8	8.6	23.0	79.4	7.9	12.7	0	20.6
黄 褐 土	1	18.1	9.6	57.3	85.0	5.7	21.7	0	27.4
	2	16.1	8.5	51.0	75.6	5.1	19.3	0	24.4
黄 红 壤	1	-0.9	11.8	4.6	17.3	60.0	84.0	0	144.9
	2		7.3	2.9	10.7	37.8	52.1	0	89.8
水 稻 土	1	76.6	17.3	46.0	139.8	11.7	20.3	8.3	40.3
	2	42.5	9.6	25.5	77.6	6.5	11.3	4.6	22.4
平 均 值	1	77.1	14.0	65.7	155.1	29.8	16.1	5.0	50.8
	2	36.8	7.7	31.5	72.4	14.0	9.0	2.4	25.4

注: 1——S 含量 $\mu\text{g g}^{-1}$ (土); 2——S 组份占总 S%。

2.2.2 有机 S 形态组份

C—O—S 形态 S 是指能被 HI 还原的有机 S 化物, 它较易转化为 SO_4^{2-} 供植物利用, 是植物利用土壤有机 S 主要来源^[2,3]。供试土壤中 C—O—S 形态 S 含量(S)为 0—96.6(均值: 77.13) $\mu\text{g g}^{-1}$ 。试验还发现不同土壤间差异非常大, 黄红壤中未检测出 C—O—S, 除黄褐土外, 其他 4 种土壤 C—O—S 形态 S 高达 77—97 $\mu\text{g g}^{-1}$ 。供试土壤中 C—O—S 形态 S 均值比美国 Iowa 土壤中的低, 但比巴西 Brazilian 土壤高^[5,6]。从 C—O—S 形态 S 占总 S 百分数来看, 本研究的土壤为 0—44.8%(均值 36.8%)(表 3), 其均值比 Iowa 和 Brazilian 土壤都低^[5,6]。说明安徽省土壤中可供作物利用的 C—O—S 有机 S 不丰富, 在黄褐土中, 尤其是黄红壤中 C—O—S 形态 S 是极缺乏的。

C—S 形态 S 是指不被 HI 还原, 但能为 Raney-Ni 还原的一类有机 S 化物, 主要是含 S 氨基酸, 也较易为植物所利用^[4,7]。供试土壤中 C—S 形态 S 含量为 9.6—17.3(均值: 14.0) $\mu\text{g g}^{-1}$ (表 3), 其均值比巴西 Brazilian 土壤高, 但比美国 Iowa 土壤低^[5,6]。由于其占总 S 仅为 5.5—9.6%(均值: 7.7%)(表 3), 比 Iowa 和 Brazilian 土壤都低^[5,6], 它在生产上的利用价值不如 C—O—S。供试土壤中的 C—S 含量, 水稻土中最高, 其次是灰潮土、砂姜黑土、黄潮土, 黄红壤和黄褐土中最低。这种形态 S 占其总 S 的百分数, 也以水稻土最高, 而灰潮土和黄潮土中最低(表 3)。

惰性 S 指既不为 HI、也不为 Raney-Ni 还原的含 S 有机化合物, 作物较难利用。供试土壤惰性 S 含量为 4.6—83.7(均值 65.7) $\mu\text{g g}^{-1}$ (表 3), 均值与 Brazilian 土壤近似, 但比 Iowa 土壤低^[5,6]。其占总 S 2.9—51.0%(均值 31.5%)(表 3), 其均值与 Iowa 土壤相当, 但比 Brazilian 土壤低^[5,6]。供试土壤中惰性 S 含量, 黄潮土>灰潮土>黄褐土>水稻土>砂姜黑土>黄红壤; 而其占总 S 百分数则为: 黄褐土>黄潮土>灰潮土>水稻土>砂姜黑土>黄

红壤(表 3)。

2.3 土壤硫肥力评述

供试土壤总 S 含量并不高(表 2); 仅黄潮土、灰潮土总 S 含量与全国土壤均值相当, 而其他 4 种土壤则比全国土壤均值低(全国土壤总 S 平均为 $237.2\mu\text{g g}^{-1}$, $n=2360^{\text{①}}$), 水稻土中总 S 含量比全国土壤的低, 但略高于全国水稻土中总 S 均值($162.2\mu\text{g g}^{-1}$, $n=422^{\text{①}}$), 这可能与供试土壤水稻田施普钙有关。供试土壤有效 S 均值低于全国土壤均值($26.5\mu\text{g g}^{-1}$, $n=2365^{\text{①}}$)。

供试土壤中除黄红壤外, 土壤 S 以有机 S 为主(表 3)。有机 S 必须矿化为 SO_4^{2-} 作物才能利用。而供试土壤中易转化为 SO_4^{2-} 有机形态 S(C—O—S+C—S)的顺序为: 灰潮土>黄潮土>砂姜黑土>水稻土, 其含量在 $93\text{—}112\mu\text{g g}^{-1}$ 之间, 占其总 S 43—53%。而黄褐土和黄红壤中含量则为 28 和 $11.8\mu\text{g g}^{-1}$; 占其总 S 仅 24%和 7.3%。

供试土壤难溶性 S 在灰潮土和黄潮土中占有相当比重, 可达其总 S 16%左右(表 3)。这部分 S 作物能否利用尚未见报道。作者认为, 作物根分泌的酸可能使难溶性 S 转化为作物可利用的 SO_4^{2-} , 这方面有待进一步研究。

综合各种形态 S 来看, 黄潮土、灰潮土的总 S 相对较高, 潜在供 S 能力大, 但土壤有效 S 低, 种植作物须注意前期施 S 肥。砂姜黑土、水稻土的总 S 含量中等, 潜在供 S 能力大且土壤有效 S 较高。黄褐土、黄红壤的总 S 相对较少, 潜在供 S 能力小, 但土壤有效 S 高, 必须注意在作物生长的中后期施 S 肥。

参 考 文 献

- [1] Wainwright, M., Advance in Agronomy, 1984, 37: 349—396.
- [2] Freney, J. R., Aust. J. Agric. Res., 1961, 12: 424—432.
- [3] Williams, C. H., The chemical nature of sulfur compounds in Australian agriculture, Australian CSIRO, Academic press, 1975, 21—30.
- [4] Freney, J. R., Melville, G. E. and Williams, C. H., Soil Biol. Biochem., 1975, 7: 217—221.
- [5] Tabatabai, M. A. et al., Soil Science, 1972, 14(5): 380—386.
- [6] Nepture, A. M. I. et al., Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1975, 39: 51—55.
- [7] Lowe, L. E. et al., Can. J. Soil. Sci., 1963, 43: 151—155.
- [8] Tabatabai, M. A. et al., Soil Sci. Soc. Am. proc. 1970, 34: 62—65.
- [9] Simittenberg, J. et al., plant and soil. 1951, 3: 353—360.
- [10] 李香真等, 退化草场围栏封育对粟钙土中硫形态的影响, 干旱区研究, 1994, 11(1): 14—18.
- [11] 刘崇群等, 土壤 S 素和 S 肥施用问题, 土壤学进展, 1981, 4: 11—19.
- [12] Johnson, C. M. et al., Anal. Chem., 1954, 24: 736—742.
- [13] 刘崇群等, 中国南方农业中的硫, 土壤学报, 1990, 27(4): 398—404.
- [14] 刘崇群等, 中国土壤 S 素状况和对 S 的需求, 见: 胡思农编, 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会文集, 成都科技大学出版社, 1993, 10—18.

^①胡正义等, 中国农业 S 循环及与土壤肥力关系(内部资料)。