

中国南方农业中的硫

刘崇群 曹淑卿 陈国安 吴锡军

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文介绍中国南方土壤缺硫情况。根据土壤硫的收、支和硫肥对作物的效应估计,中国南方在最近的将来不会出现大面积土壤缺硫。在某些特殊情况下,冷浸田或砂土可能缺硫。预言随着化肥工业发展,将减少含硫肥料的使用。

硫在农业上的重要意义,日益受到人们的重视。中国很早就有在稻田施用硫肥的经验。近年来,在中国南方,对不同作物进行了硫肥试验,对土壤硫也进行了初步研究。本文介绍中国南方土壤硫的概况,硫肥效应以及今后对硫肥的需求。

一、中国南方某些土壤硫肥对作物的效应

一般说来,在维持当前作物产量水平的情况下,中国大多数土壤不需要施用硫肥,但是在浙江、江西、福建和江南其它某些省份的一些地区有缺硫土壤(图 1),缺硫土壤大体上可分为两种情况:第一是由质地较粗的花岗岩、砂岩和河流冲积物等母质发育,质地较轻的土壤,它们全硫和有效硫含量皆低;第二是丘陵、山区的冷浸田,这类土壤有时全硫含量并不低,但是,有效硫含量低。由于低温和长期淹水的环境,影响土壤硫的有效性。

据三省硫肥试验统计(表 1),小麦平均增产 15.4%,油菜平均增产 19.2%,紫云英平均增产 14.8%,水稻平均增产 15.7%。据 176 个田间试验说明硫肥对作物有增产效应,增产幅度 5.0—57.0%(表 2)。

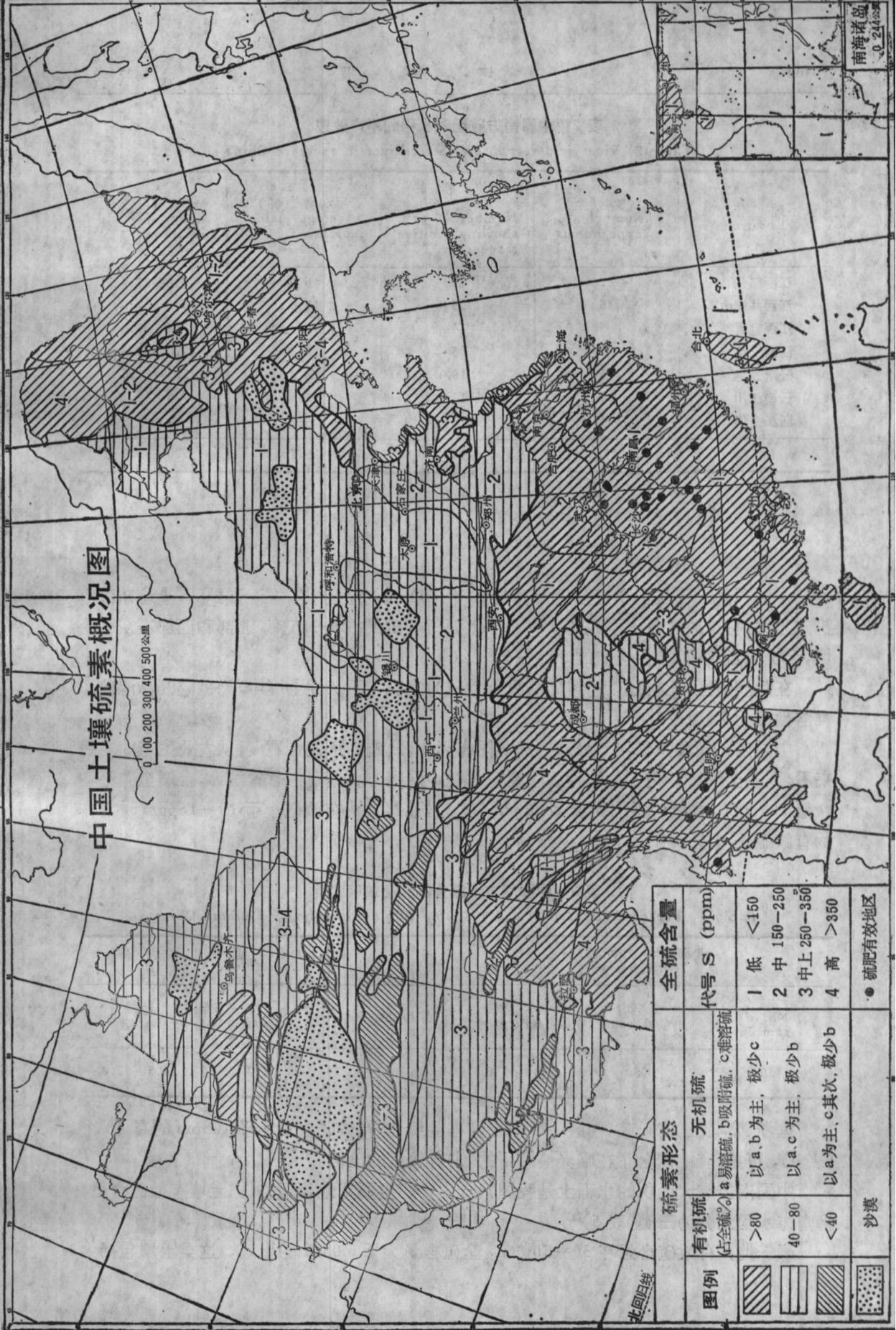
表 1 中国南方硫肥对作物的增产效应

Table 1 Crop response to S fertilizer in southern China

作物 Crops	地区 Location	试验数(个) Number of experiments	平均增产(%) Average yield increase	增产幅度(%) Range of yield increase
小麦	浙江	9	15.4	5.5—38.1
油菜	江西,浙江	8	19.2	5.0—39.1
紫云英	浙江	6	14.8	7.9—20.9
水稻	江西,云南	95	15.7	5.0—57.0

中国土壤硫素概况图

0 100 200 300 400 500 公里



硫素形态		全硫含量
有机硫 占全硫%	无机硫 a 易溶硫, b 吸附硫, c 难溶硫	代号 S (ppm)
>80	以 a, b 为主, 极少 c	1 低 <150
40-80	以 a, c 为主, 极少 b	2 中 150-250
<40	以 a 为主, c 其次, 极少 b	3 中上 250-350
沙漠		4 高 >350
		● 硫肥有效地区

南海诸岛
0.24/公里

表 2 中国南方硫肥对水稻的增产效应

Table 2 Rice yield response to S fertilizer in southern China

地 区 Location	试验数(个) Number of experiments	有增产效应的 试验数(个) Number of exp. showing positive response	平均增产(%) Average yield increase	增产幅度(%) Range of yield increase
江西赣州	61	31	16.0	5.0—57.0
江西井冈山	46	25	12.5	5.3—31.0
江西宜春	5	4	19.4	7.4—27.0
江西上饶	5	5	19.1	9.0—33.3
云南楚雄	43	18	13.3	5.3—28.0
云南江川	12	12	22.4	9.6—45.2
浙江金华	4	0	—	—
总计	176	95	15.7	5.0—57.0

二、土 壤 硫

中国不同土壤类型全硫含量大致在 100—500ppm 范围内^[4],在湿润地区,土壤硫以有机硫为主,有机硫含量占全硫的 85—94%,而无机硫仅占 6—15%,北部和西部石灰性土壤,无机硫含量较高,占全硫的 39.4—61.8%(见图)。

在湿润地区,无机硫以易溶硫和吸附性硫为主。在石灰性土壤中,无机硫以易溶硫和难溶性硫为主。

中国南方高温多雨,土壤硫易分解淋失,因此,缺硫的可能性最大,从农业生产的实践来看,缺硫土壤和使用硫肥的地区主要分布在中国南方。据南方七省统计,土壤全硫平均含量 280ppm,有效硫平均含量 18.0ppm(表 3),通常土壤有效硫小于 10—16ppm 时,作物有缺硫的可能。

表 3 中国南方土壤全硫和有效硫含量

Table 3 The contents of total and available sulphur in soils of southern China

全硫 (S, ppm) Total S			有效硫 (S, ppm) Available S		
标本数(个) No. of samples	平均 Mean	范围 Range	标本数(个) No. of samples	平均 Mean	范围 Range
202	280	10—720	193	18.0	4.5—62.0

据浙、赣、闽三省丘陵、山区 100 个土壤样品统计,有效硫含量小于 10ppm 的有 48 个(表 4),可见,有效硫含量在临界值以下的,占有较大的比例。

中国南方有大面积的水稻土是我国粮食生产的主要基地,我们根据土壤有效硫含量,将南方水稻土分为三类(表 5)^[5]。

第一类,有效硫含量在 30—50ppm,全硫含量大于 0.03% 的土壤,这类土壤包括太

表 4 浙、赣、闽三省土壤有效硫含量

Table 4 Soil available S content in Zhejiang, Jiangxi, and Fujian provinces

有效硫 (S, ppm) Available S	标本数(个) No. of samples
<10	48
10—30	40
>30	12

表 5 中国南方水稻土耕层中硫的平均含量*

Table 5 Mean values of the sulphur content in the cultivated layer of paddy soils of south China

地区 Locality	有效硫 S(ppm) Available S	全硫(%) Total S	有机硫(%) Organic S	类型 Category
太湖地区 贵州 洞庭湖区	51(12) 38(8) 35(17)	0.029(12) 0.058(9) 0.034(16)	0.024 0.054 0.031	高
云南 广东	27(12) 22(10)	0.021(12) 0.025(10)	0.018 0.023	中
闽北 浙江 江西 四川	16(36) 14(15) 13(33) 11(9)	0.024(36) 0.021(12) 0.020(34) 0.019(9)	0.023 0.020 0.019 0.018	低
平均	22(152)	0.026(150)	0.026	

* 有效硫用 $0.03\text{mol NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{OAc}$ 提取^[2]。全硫用燃烧碘量法。括号指标本数。

湖、洞庭湖地区的水稻土以及贵州由石灰岩母质发育的水稻土,它们全硫和有效硫含量皆高,供硫潜力大。

第二类,土壤有效硫含量在 16—30ppm 之间,全硫含量小于南方水稻土的平均值 0.03%。这类水稻土分布在我国热带砖红壤和红壤地区,它的特点是全硫含量低,土壤中高岭石和氧化铁、铝含量高,对 SO_4^{2-} 的吸附能力强,因而有效硫含量较高,这类稻田硫素营养可以维持当前产量的需要,因土壤全硫含量低,供硫潜力不大,如水稻产量进一步提高,需要的硫素增加,有可能发生缺硫,是潜在的缺硫土壤。

第三类,土壤有效硫含量接近常见作物的临界值,小于 16ppm,全硫含量低于平均值。这类水稻土主要分布在中国东南部丘陵和山区,使用硫肥已有较长的历史。

三、中国南方土壤硫素平衡

(一) 土壤硫的输入

水稻土硫的来源有化肥、有机肥、降雨和灌溉水等,目前在中国大量施用的普钙(含硫 14%)和少量的硫酸(含硫 24%)是土壤硫的主要来源,近 30 年来化肥用量逐年增加,随化肥带入土壤的硫逐年增加。1960 年仅 19.2 万吨硫,到 1980 年已增加至 126.6 万吨,增加 6.6 倍多,因此每年有相当多的硫随化肥加入土壤(表 6)。

表 6 中国化肥产量和含硫量(千吨)

Table 6 S content of chemical fertilizer produced in China

年 份 Year	化肥产量 N + P ₂ O ₅ + K ₂ O Chemical fertilizer	含硫量(S) S content
1950	15	27
1960	405	192
1970	2435	483
1980	12321	1266
1983	13789	1414

表 7 1983 年中国人畜粪尿含硫量(千吨)

Table 7 S content of animal and human excreta in China(1983)

粪尿类型 Type of excreta	粪 尿 量 Excreta	含 硫 量 S content
大牲畜	6779	95
猪	2836	91
羊	417	25
人	3880	194
总计	13912	405
平均(吨/公顷)	9.7	2.8

中国常用的有机肥如厩肥、绿肥和秸秆,由于人口的增长,大部份农村缺乏燃料,归还农田的秸秆减少,因此,人畜粪尿是主要的有机肥料(表 7),据统计每年每公顷约施用 10 吨人畜粪尿,相当于每年每公顷加入 2.9 公斤硫。

据闽、赣、滇几省测定,每年随降雨带至地面的硫 13.1—28.4 公斤 S/公顷(表 8)。若以径流占降雨量的 1/2 计算,每年进入土壤的硫有 6.5—14.2 公斤 S/公顷。

据 650 个河水样品的平均值看,河水平均含硫量为 1.67ppm,如果每季每公顷水稻灌水 7500m³,那么每公顷加入 12.5 公斤硫。

表 8 中国南方降雨中的硫

Table 8 S content of the rainfall in southern China

地 区 Location	硫(公斤/公顷·年) S(kg/ha·a)
浙江	13.1—26.9
江西	22.5
云南	14.6—23.2
福建	19.2—28.4

(二) 土壤硫的输出

土壤硫的消耗通过不同途径,主要有作物吸收和淋失(表 9)。

若以每公顷粮食产量 5—10 吨计算,则土壤硫的消耗量为 7.5—15 公斤/公顷。在中国,秸秆除一部份用作饲料外,大部份作为燃料,直接归还土壤的甚少,每年每公顷秸秆产

表 9 中国土壤硫素平衡(公斤/公顷·年)
Table 9 Sulphur balance in soils of China (kg/ha·a)

硫素来源 Type of S balance	输入 Input	输出 Output	
化学肥料	10.0	作物收获	7.5—15.0
人畜粪尿	2.8	秸秆	6.0—12.0
降雨	6.5—13.5	(燃料, 饲料)	
灌溉水	6.7—12.5	渗漏损失	3—5.3

量约 5—10 吨, 消耗土壤硫 6—12 公斤。

据测定, 南方稻田渗漏淋失的硫为 3—5.3 公斤 S/公顷。

(三) 中国需硫的预测

中国目前是局部地区缺硫, 施用硫肥尚不普遍, 从随化肥、有机肥施入土壤的硫和降雨、灌溉水中的硫来看, 当前可以满足作物对硫的需要。

中国潜在的缺硫因素是: 当前普钙在磷肥中占有相当大的比重, 普钙中的硫是土壤硫的主要来源, 从 1983 年计算, 全国化肥产量 1378.9 万吨。含硫 141.4 万吨, 其中 90% 含于普钙, 自 60 年代以来, 我国普钙产量占磷肥总产量的比例变化不大, 维持在 62.5—71.9%。今后随着化肥工业的发展重钙、磷铵将代替普钙。

我国主要粮食作物的产量都低于发达国家(表 10)^[1], 随着农业技术的改善, 作物产量将进一步提高, 因而, 土壤硫的消耗将进一步增加。

表 10 中国和世界水稻和小麦产量比较(吨/公顷)
Table 10 Yields of rice and wheat in China and the world(t/ha)

	水稻 Rice	小麦 Wheat
中国平均(1980)	4.1	1.9
发达国家平均(1977—1979)	5.5	2.1
世界纪录(1977)	14.4	14.5

表 11 施硫对土壤硫的影响
Table 11 The effect of S fertilization on soil sulphur

	江苏 Jiangsu			湖南 Hunan	
	砂壤土 Sandy loam	壤土 Loam	粘壤土 Clay loam	粘壤土(1) Clay loam(1)	粘壤土(2) Clay loam(2)
	全硫(ppm) Total S				
试验前	285	215	286	526	383
五年不施硫	165	167	283	565	370
占试验前的%	59	78	99	107	97
五年施硫	170	183	283	592	482
(总计 600 公斤 S/公顷)					
占试验前的%	61	85	99	113	126

当前施肥仅考虑作物对氮、磷、钾营养元素的需要,而对硫肥的重要性认识不足,据5个地区的试验说明,5年不施硫土壤全硫含量有明显的下降,即使每年施用硫肥120公斤S/公顷,某些土壤全硫含量也有明显的下降(表11)。

目前从磷肥品种和土壤性质考虑,在南方推广钙镁磷,在北方推广普钙,今后将形成含硫肥料着重施在北方,从而引起南方缺硫。

当前中国以煤和作物秸秆为主要燃料,随着能源的变化和治理大气污染,空气中的含硫量将下降。

由于以上原因,在考虑中国化肥发展规划时,应考虑到南方土壤硫的平衡。

参 考 文 献

- [1] Cooke G. W., 1982: *Fertilizing for Maximum Yield*. 3rd ed. Richard Clay Ltd., pp. 9—10.
- [2] Cooper M., 1986: "A Comparison of Five Methods for Determining the Sulphur Status of New Zealand Soil." *Transaction of the 9th International Congress of Soil Science*, Vol. 2, pp. 263—271.
- [3] Liu Chongqun, Chen Guoan, and Cao Shuqing, 1981: "Sulphur Content and Distribution on Paddy Soils of South China." *Proceedings of Symposium on Paddy Soils*, pp. 628—634.
- [4] Liu Chongqun. 1984: "The Preliminary Studies on the Soil Sulphur Status and Crop Response to Sulphur Fertilizer in China." *Proceedings of Sulphur-84* pp. 808—816.

SULPHUR IN THE AGRICULTURE OF CHINA

Liu Chongqun, Cao Shuqing, Chen Guoan and Wu Xijun

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

Sulphur deficiency in soils of China was estimated and indicated by a map (Fig. 1).

Based on estimation of input and output of soil sulphur and crop response to sulphur fertilizers, it was stated that sulphur deficiency would not occur in large areas of China in the near future.

Under certain special conditions, however, paddy soils submerged under cold water, or some sandy soils might become sulphur deficient.

The decreasing use of sulphur containing fertilizers, as a consequence of developing the chemical fertilizer industry, is predicted.