

闽东南耕地土壤硫素平衡及有效硫丰缺状况研究

李娟, 林琼, 陈子聪, 章明清, 彭嘉桂

(福建省农科院 土壤肥料研究所, 福建 福州 350013)

摘要: 通过田间试验、土样和雨水、灌溉水采集测定, 以及大气硫沉降和土壤硫淋溶流失有关数据收集, 研究了闽东南耕地土壤硫素平衡与土壤有效硫丰缺状况。结果表明, 早稻—晚稻轮作制和花生—甘薯轮作制每年分别需要 91.86 128.67 kg/hm² 硫素来满足生长需求, 考虑到土壤硫的淋溶和流失以及扣除施肥带入的硫素、大气沉降和灌溉水硫的给源外, 早稻—晚稻轮作制需补充 22.35 kgS/hm² 硫素, 花生—甘薯轮作制需补充 64.89 kg/hm² 硫素, 才能维持土壤硫素输入与输出的平衡。178 个土壤样品有效硫含量测定结果表明, 当前闽东南耕地土壤有效硫平均为 26.2 mg/kg 其中水田为 22.35 mg/kg 旱地则为 28.31 mg/kg, 低于有效硫临界指标的土样数占总数的 69.0%, 有效硫含量属于中等级别的只占 16.3%, 说明硫已成为闽东南耕作土壤的养分限制因子之一。

关键词: 耕地; 硫; 平衡; 丰缺状况

中图分类号: S14 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)增刊-0178-04

Sulphur Balance and Plentiful-lack of Soil Available Sulphur in Southeast of Fujian Province

LI Juan, LIN Qiong, CHEN Zi-cong, ZHANG Ming-qing, PENG Jia-gui

(Soil and Fertilizer Institute, Fujian Academy of Agriculture Science, Fuzhou 350013, China)

Abstract: It was studies sulphur balance and plentiful-lack of soil available sulphur in southeast of Fujian province by farm trials, soil sampled, rainwater and irrigation water collected and tested, and data collected about atmosphere deposition of S and leaching loss of soil S. The results showed that field experiments of main rotation including early rice-later rice rotation and peanut-sweet potato rotation needed 91.86 kg S/ha and 128.67 kg S/ha respectively to meet growth requirement, which needed to add 22.35 and 64.89 kg S/ha respectively to keep sulphur balance except for sulphur input from fertilization, atmospheric deposition and flooding water. It was studied plentiful-lack of soil available sulphur in Fujian province that indicated critical index of available sulphur in rice soil was average 23 mg/kg as well as that in dry soil was average 25 mg/kg. The results showed that average available S was 26.2 mg/kg according to 178 cultivated soil samples of farmland in the southeast of Fujian province, in which average available S of rice soil was 22.35 mg/kg as well as that in dry soil was average 28.31 mg/kg, 45.5% of the total samples was S deficient that S content was lower than 16 mg/kg, 69.0% of total soil sample was S deficient or potential deficient that S content was 16—25 mg/kg, only 16.3% of total samples was middling, which suggested that S was one of nutrient limiting factor in the southeast of Fujian province farmland.

Key words: Farmland; Sulphur; Balance; Plentiful-lack

近年来,随着无硫或低硫高浓度化肥的广泛使用、作物产量的大幅度提高及有机肥用量的逐渐减少,土壤硫的供给越来越不能满足作物生长的需要,硫素供应与作物需硫矛盾日益突出。闽东南是福建高浓度化肥用量最大的地区,探讨该地区农田土壤

硫素平衡状况,进而研究土壤有效硫丰缺状况,对预测作物对硫肥的需求,指导硫肥的合理施用,均具有十分重要的意义。因此,从 1997 年开始,与美国硫肥研究所和中科院南京土壤研究所开展合作研究。本研究是根据近 10 年来对闽东南地区耕地土壤硫

收稿日期: 2008-01-10

基金项目: 福建省科技厅国际合作处计划项目(2001I-011)

作者简介: 李娟(1977-),女,福建建阳人,硕士,助理研究员,主要从事植物营养与施肥研究工作。

通信作者: 章明清(1963-),男,福建永春人,研究员,主要从事植物营养与施肥研究。

素平衡及其丰缺状况研究结果的总结, 以期在经济合理施用硫肥提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 早稻—晚稻轮作

试验地设在莆田市东华村。共设4个处理: 即不施S(CK); 每公顷分别施20, 40 kg S(石膏); 每公顷施40 kg S(硫磺)。其中, 石膏含硫18%, 硫磺含硫95%。小区面积25 m², 3次重复, 随机区组排列。试验地土壤为黄泥田, 供试水稻品种为杂优016。氮肥选用尿素、磷肥用复合肥(N P₂O₅ K₂O=15:15:15)代替、钾肥用氯化钾。试验地不施其他含硫化肥及有机肥。各处理氮肥用量为150 kg/hm²折算, 三要素比例为1:0.3:0.6, 硫肥和磷肥做基肥施用, 氮肥和钾肥则30%作基肥, 余下部分做追肥。收获时分别采集秸秆和稻谷样品测定含硫量, 测定方法采用Mg(NO₃)₂灰化法—BaSO₄比浊法^[1]。

1.2 花生—甘薯轮作

试验地设在晋江市内坑村。试验设4个处理: 即不施S(CK), 施S 20, 40 kg/hm²(石膏)和40 kg/hm²(硫磺)。小区面积25 m², 4次重复, 试验地土壤为灰赤沙土。供试花生品种为泉花10号。花生季配施N肥75 kg/hm², 氮磷钾比例为1:0.6:1.2。氮肥选用尿素、磷肥用复合肥(N P₂O₅ K₂O=15:15:15)代替、钾肥用氯化钾。硫肥和磷肥做基肥施用, 氮钾肥在基肥和追肥各占50%。供试甘薯品种为福薯26, 甘薯季配施N肥每150 kg/hm², 氮磷钾比例为1:0.3:1.5。20%N作点头肥, 氮钾肥用量的50%以及全部的磷肥和硫肥都在第一次夹边肥施用, 余下的氮钾肥在第二次夹边肥。试验地不施有机肥。每季作物收获时, 分别取茎叶和农产品样品, 进行全硫含量测定, 测定方法同上。

1.3 土壤样品采集及测定

在闽东南各县市, 根据水田、旱地(农地、菜园、果园)不同耕地利用类型分布状况, 采集代表性耕层(0~20 cm)土壤样品178个, 测定土壤有效硫含量。测定方法采用Ca(H₂PO₄)₂—HOAc浸提, BaSO₄比浊法^[1]。

1.4 水样的采集及测定

在福州、尤溪、古田、平和、晋江和龙海等地区的主要溪流、水库、渠道、池塘等多种农田灌溉用水及雨水分别采集水样, 共50个, 灌溉水直接在不同类型水源采取水样, 雨水采样点主要布置在当地田间。采集后立即以0.45 μm的微孔滤膜抽滤, 滤液分装于聚乙烯塑料瓶, 每瓶250 mL, 过滤后的水样加氯

仿, 置于室温暗处保存。水样有效硫的测定采用BaSO₄比浊法^[1]。

2 结果分析

2.1 土壤硫素平衡

2.1.1 硫的投入

2.1.1.1 大气中的硫沉降 大气沉降是农田生态系统获得硫素的重要途径之一, 包括湿沉降和干沉降两种, 而硫湿沉降占硫总沉降量的60%以上^[3]。福建降水中硫的平均含量为29.1 kg/hm²^[3], 若以地面径流占降雨量的1/2计算^[4], 每年进入土壤的湿沉降硫有14.55 kg/hm², 那么可以推算每年硫素总沉降数量为24.25 kg/hm²。

2.1.1.2 灌溉水硫的投入 灌溉水也是硫的重要来源。据国际水稻研究所研究^[5], 水稻可以吸收灌溉水中54%的硫, 只要水中的含硫量达到6 mg/L时, 就能满足水稻生长所需的全部硫。根据采集的50个水样硫含量测定结果, 表明福建省主要江河、水库渠道、山塘水洼等水样硫含量平均为2.91 mg/L, 明显小于6 mg/L。南方双季稻扣除天然雨水外, 每公顷双季稻尚需6 000 t灌溉水^[6], 即硫的携入量为17.46 kg/hm², 按利用率为54%计算, 就能利用灌溉水中的硫9.4 kg/hm²。花生—甘薯—季灌溉按3 000 t/hm²计算^[6], 即硫的携入量为8.73 kg/hm²。

2.1.1.3 无机肥料的硫投入 施肥是耕地硫素的主要来源。我省当前施用的含硫肥料主要为过磷酸钙(含S 12%)和少量的硫酸钾(含S 18%)。根据2000—2004年5年间福建省统计年鉴, 磷肥总用量平均为100.52万t, 过磷酸钙占磷肥用量的40%, 推算出相应硫素施用量平均为每年40.2万t, 则计算得每年带入土壤中的硫素为41.3 kg/hm²。由于有机肥的数量难以计算, 而且硫含量变化大, 因而本研究中硫投入计算并未包括有机肥中的硫。

2.1.2 硫的输出

2.1.2.1 作物带走的硫 随农作物收获带走硫素是土壤硫输出的主要形式, 而且由于作物种类不同, 移走的硫数量也有较大差异^[8]。例如, 每生产1 t油料种子, 将从土壤中带走12 kg的硫, 是水稻、小麦等禾本科作物的2~3倍^[9]; 中国南方省份作物从土壤中移走的硫平均为19.06 kg/hm²^[10]。早稻—晚稻轮作制和花生—甘薯轮作制是闽东南最主要的耕作制度, 表1.2的试验结果表明, 双季稻中晚稻硫素输出量略高于早稻, 2季水稻携硫输出量平均为30.61 kg S/hm²; 在花生—甘薯轮作制中, 甘薯硫素吸收量

高于花生, 2 季硫素总携出量平均为 42.89 kg/hm² (表 3), 明显高于早稻—晚稻轮作制。

表 1 早稻—晚稻轮作制秸秆和稻谷的硫素输出量

Tab. 1 Sulphur output by stalk and paddy in early rice— later rice rotation							kg/ hm ²
处理 Treatments	早稻 Early rice			晚稻 Later rice			总计 Sum
	秸秆 Stalk	稻谷 Paddy	合计 Sum	秸秆 Stalk	稻谷 Paddy	合计 Sum	
CK	6. 13	7. 15	13. 28	10. 08	6. 00	16. 08	29. 36
20(石膏)	7. 35	8. 14	15. 41	9. 99	7. 31	17. 30	32. 71
40(石膏)	5. 86	8. 34	14. 20	9. 00	7. 84	16. 84	31. 04
40(硫磺)	5. 99	7. 01	13. 00	9. 37	7. 00	16. 65	29. 37
平均	6. 54	7. 43	13. 96	9. 61	7. 04	16. 65	30. 62

注: 各处理是 3 个重复样品测定值乘其产量结果的平均值。表 2 同。

表 2 花生—甘薯轮作制 茎秆和农产品的硫素输出量

Tab. 2 Sulphur output by stalk and farm produce in the rotation of peanut-sweet potato							kg/ hm ²
处理 Treatments	花生 Peanut			甘薯 Sweet potato			总计 Sum
	茎秆 Stalk	荚果 Legume	合计 Sum	茎秆 Stalk	荚果 Legume	合计 Sum	
CK	5. 83	9. 32	15. 15	12. 93	10. 28	23. 21	38. 36
20(石膏)	6. 08	10. 09	16. 17	11. 95	13. 03	24. 98	41. 15
40(石膏)	6. 59	10. 65	17. 24	14. 48	14. 24	28. 72	45. 96
40(硫磺)	6. 90	11. 37	18. 27	14. 87	12. 94	27. 81	46. 08
平均	6. 35	10. 36	16. 71	13. 56	12. 62	26. 18	42. 89

2.1.2.2 淋溶和径流的硫损失 淋溶和径流是土壤硫素输出的另一主要方式。当降雨量超过土壤水分蒸腾蒸发量、植物吸收及饱和土壤剖面所需水分的总和时, 就会产生淋溶和径流现象。这种土壤水分运动可导致高降雨量地区和地势不平地带营养元素的亏缺或积累^[1]。对淋溶损失的硫定量化是比较困难的, 目前, 已报道几个国家通过排水采集器测定的每年淋溶硫的数量估计值从 1~60 kg/hm² 不等^[2, 13]。刘崇群对中国南方土壤硫的现状和对硫肥的需求分析表明, 在中国南方省份土壤硫(S)由渗漏水淋失的量平均为 10.5 kg/hm²^[14]。

2.2 耕地土壤有效硫丰缺状况

自 1997 年以来, 福建耕地土壤有效硫临界指标研究表明, 水稻土有效硫临界指标为 23 mg/kg, 旱地土壤则为 25 mg/kg^[14]。在此基础上, 将土壤有效硫

含量划分成 4 级丰缺指标(表 3), 即极缺级: 旱地和水田土壤有效硫低于 16 mg/kg; 缺乏级: 水田土壤有效硫 16~23 mg/kg, 旱地土壤则为 16~25 mg/kg; 中等级: 水田土壤有效硫为 23~35 mg/kg, 旱地土壤则为 23~40 mg/kg; 丰富级: 水田土壤有效硫大于 35 mg/kg, 旱地土壤则为大于 40 mg/kg。结果表明, 闽东南耕地土壤 178 个耕层样品有效硫含量平均为 26.2 mg/kg, 其中水田土壤的有效硫含量平均 22.35 mg/kg, 旱地土壤平均 28.31 mg/kg, 旱地比水田高 5.96 mg/kg。而低于 16 mg/kg 的极缺级样品数占总样品数的 45.5%, 连同 16~25 mg/kg 缺乏级样品数共占总数高达 69.0%, 而含硫丰富的仅占样品总数的 24.7%。有效硫含量占中等级别的只有 16.3%, 其中水田的为 13.6%, 旱地只有 8%, 这类土壤虽然可维持目前产量水平的硫素需求, 但供硫潜力不高。

表 3 闽东南地区有效硫含量及其分级状况

Tab. 3 Available sulphur content and its grading in the Southeast of Fujian							
耕地类型 Field types	样品数 / 个 Samples	X±S / (mg/ kg)	CV / %	丰缺指标/ % Sufficiency and deficiency index			
				极缺 Exceeding deficiency	缺乏 Deficiency	中等 Medium	丰富 Rich
				水田 旱地	< 16 mg/ kg < 16 mg/kg	16~ 23 mg/ kg 16~ 25 mg/kg	23~ 35 mg/ kg 25~ 40 mg/ kg
旱地	112	28. 31±2. 60	97. 32	43. 8	22. 3	8. 0	25. 9
水田	66	22. 35±2. 25	81. 74	47. 0	16. 7	13. 6	22. 7
合计	178	26. 2±24. 6	94. 01	45. 5	13. 5	16. 3	24. 7

如水稻产量进一步提高,就有可能发生缺硫问题,应注意硫营养的补充施用。

3 结论

农田土壤硫的输入主要靠有机肥、含硫化肥、大气沉降和灌溉水等,而输出主要是作物携带、淋溶和径流损失。通过对福建省闽东南地区主要作物轮作制即早稻—晚稻轮作制和花生—甘薯轮作制的研究结果表明,双季稻随 2 季作物收获物而输出硫量为 30.62 /hm² 硫肥利用率 33.3%^[13] 计算,需要硫素 91.86 g/hm² 加上淋失 10.50 g/hm² 扣除施用过磷酸钙带入的硫素、大气沉降和灌溉水硫的给源 41.30, 24.25 和 17.46 kg/hm² 外,还需补施 22.35 kg/hm² 的硫素,才能满足作物需求。而花生—甘薯耕作制作物 2 季收获物而输出硫量为 42.89 kg/hm²,按 33.3%利用率计算,则需 128.67 kg/hm² 硫素,加上淋失 10.50 kg/hm²,扣除施用过磷酸钙带入硫素、大气沉降和灌溉水硫给源 41.30, 24.25, 8.73 kg/hm² 外,还需补施 64.89 kg/hm² 的硫素,才能达到输入与输出硫的平衡。

表 4 闽东南地区土壤硫素平衡

Tab. 4 Sulphur balance in soil in the southeast of Fijian					
kg/hm ²					
输入 Input	水田 Water farmland	旱地 Dry farmland	输出 Output	水田 Water farmland	旱地 Dry farmland
化肥 Fertilizer	41.30	41.30	作物吸收	91.86	128.67
有机肥 Organic fertilizer	0	0	淋失	10.5	10.5
硫沉降 Sulphur deposition	24.25	24.25			
灌溉水 Irrigation water	14.46	8.73			
合计 Total	80.01	74.28		102.36	139.17
输入—输出 Input-outpiut	22.35	64.89			

闽东南耕地 178 个土壤样品有效硫含量平均为 26.2 mg/kg, 其中水田土壤的平均 22.35 mg/kg, 旱地土壤的平均 28.31 mg/kg。而低于 16 mg/kg 的极缺级样品数占总样品数的 45.5%, 连同 16~25 mg/kg 缺乏级样品数共占总数高达 69.0%, 占中等级别的

只有 16.3%, 说明硫已成为闽东南地区耕作土壤的养分限制因子之一。

参考文献:

[1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 1—292.

[2] M R J. Sulphur in world Agriculture[J]. Sulphur in Indian Agriculture, New deibi. KS/ 1(1—14), 1989.

[3] 刘崇群, 徐俊祥, 曹淑卿. 南方某些省份降水和灌溉水的含硫量及其对土壤供硫的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2000, 27(增刊): 114—118.

[4] 刘崇群, 曹淑卿, 陈国安, 等. 中国南方农业中的硫[J]. 土壤学报, 1990, 27(4): 398—403.

[5] Wang C H, Liem T H Mikkelsen. Developoment of Sulfur deficiency as a limiting factor for rice production [J]. IRT Tech, Bull, 1976: 47.

[6] 中国农科院. 中国稻作学[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 505—546.

[7] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[8] 曹志洪, 胡正义. 江淮丘陵地区农田生态系统循环研究 [C] //中国农业硫肥研究进展和需求展望. 南京: 江苏科技出版社, 1997: 20—23.

[9] 王才斌, 迟玉成, 郑亚萍, 等. 花生硫营养研究综述[J]. 中国油料, 1996, 18(3): 76—78.

[10] 刘崇群. 中国南方土壤硫的现状和对硫肥的需求[C] //中国硫肥的需求和发展国际学术讨论会论文集. 1995: 3—10.

[11] Mc Lachhn K D . Handbook on Sulphur in Agriculture[M]. CSIRO. Australia, 1974.

[12] Garwood E A, Tyson K C. Losses of nitrogen and other plant-nutrients to drainage from soll under grass[J]. J Agric Sci Camb, 1973, 80: 303—312.

[13] Mc Lachlan R G, Cameren K C, Fraser P M. A Comparison of the effects of sub-soiling on plant uptake and leaching losses of sulphur and nitrogen in a simulated urine patch [J]. Plant and Soil, 1993, 156: 375—378.

[14] 林 琼, 李 娟, 陈子聪, 等. 福建耕地土壤硫肥效应及其临界指标研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 966—969.

[15] 刘崇群. 硫肥的重要性和我国对硫肥的需求趋势[J]. 硫酸工业, 1995, 5: 20—23.