

福建土壤有效硅含量及其变化条件研究

蔡阿瑜 薛珠政 彭嘉桂 卢和顶 林炎金

(福建省农业科学院, 福州 350013)

摘要 对福建省耕地和非耕地主要土类 179 个样品的分析和室内模拟试验结果: 80% 供测土样、83.7% 的稻田土样, 其土壤有效硅含量均在临界值以下。并探讨了土壤有效硅含量与土壤母质、pH 值、耕作、施肥条件的关系。指出: 福建省是个土壤缺硅省份, 科学开发和利用硅肥是一项重要的农业措施。

关键词 土壤有效硅; 变化条件

中图分类号 S 158.3

Studies of Available Silica Content in the Soils of Fujian Province and the Prerequisite for its Variation

Cai Ayu, Xue Zhuzheng, Peng Jiagui, Lu Heding and Lin Yanjin

(Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013)

Abstract This paper summarized the available silica (SiO_2) content in the major soil types of Fujian province on the basis of analysing 179 soil samples from both cultivated and uncultivated land and indoor simulant experiments, the results demonstrated that there is silica deficiency in the soil of Fujian province and the variation of available silica content in soil has a close relationship with the condition of soil matrix, pH, farming system and fertilizer application. It is also suggested that exploitation and application of silica fertilizer is an important measure to sustainable agriculture.

Key Words Soil available Silica; Prerequisite for Variation

不少试验研究业已表明, 硅素是许多作物必不可少之元素。它是植物细胞壁的组成成分, 可提高防倒伏抗病虫能力, 并减少水分蒸腾, 促进光合作用。施用硅肥可提高作物产量, 其增产效果主要与土壤有效硅(SiO_2)丰缺有关^[1~2]。因此, 全面了解全省土壤有效硅含量及分布状况, 对开发和合理施用硅肥, 提高作物产量, 促进持续农业发展有重要意义。本文根据全省 179 个土壤样品有效硅含量测定结果, 分析全省主要几种土壤类型有效硅含量状况, 以及土壤母质、pH、耕作、施肥对有效硅含量的影响, 为硅肥开发利用提供参考。

1 材料和方法

1.1 土壤样品采集和分析

采集全省耕地和非耕地土壤样品 179 个, 其中水稻土 80 个。土样经风干、磨碎, 过 1 mm 筛孔。土壤有效硅用 pH 4.0、1 mol/L HOAc-NaOAc 缓冲液提取, 用硅钼兰比色法测定^[3]。郑路等人参照国内多数地区水稻栽培试验结果, 提出土壤有效硅(SiO_2)含量分三级, 含量高于

100 mg/kg 为不缺, 含量 50~100 mg/kg 为较缺, 含量低于 50 mg/kg 为很缺^[4]。据此我们对 179 个样品有效硅含量进行归类。其他需硅作物的分级水平视作物需硅特点另定。

1.2 土壤有效硅含量变化条件研究

土壤有效硅含量变化主要受土壤理化、生物特性和人类耕作活动的影响。本文研究土壤有效硅与土壤类型、母质、pH 和农作方式等关系。

1.2.1 土壤有效硅与土壤类型、母质关系 采集本省主要土类典型土壤样品进行有效硅测定, 然后整理归纳。

1.2.2 土壤有效硅与农作方式关系 采集同一母质(母岩)发育土壤的不同种植类型土壤样品, 进行有效硅测定, 然后归纳比较。

1.2.3 pH 对土壤有效硅影响 用室内模拟试验, 即采集典型红壤性水稻土和冲积性水稻土, 凉干, 过 1 mm 筛孔。加入不同量 CaCO₃, 调节 pH。试验共设 3 个处理(每 100 g 土分别加 CaCO₃ 0、2.5、5.0 g), 3 次重复。淹养 3 个月后测定 pH 和有效硅含量。

2 结果与分析

2.1 不同土类土壤有效硅含量

据全省 179 个土壤样品分析结果, 土壤有效硅(SiO₂, 下同)平均为 80.5 ± 17.2 mg/kg, 有效硅含量在 50 mg/kg 以下的占 41.9%, 50~100 mg/kg 的占 37.4%, 大于 100 mg/kg 的仅占 20.7%。低于 100 mg/kg(缺硅)占 79.3%, 可见福建省是一个土壤缺硅省份。这主要是由于福建地处亚热带气候区, 土壤具有强烈的脱硅富铝化和生物富集为主的形成过程, 土壤有效硅淋失严重。同时, 由于气候、地形、母质、年龄、生物以及人类耕作活动不同, 形成了多种特性不一的土壤类型, 这些不同类型有效硅含量也不尽相同(表 1)。我省主要土类有效硅含量除盐渍土外都在 100 mg/kg 以下, 黄壤还极缺(< 50 mg/kg), 平均仅 38.6 mg/kg。水稻土面积占全省总耕地面积 80%, 80 个土壤样品平均有效硅含量 79.8 mg/kg, 其中低于 100 mg/kg 的占 83.5%, 而低于 50 mg/kg 的又达 39.2%。由此可见, 福建省耕地土壤缺硅是相当广泛而严重的。不同亚类的水稻土因发育条件不同, 有效硅含量高低有别, 长期积水的潜育性水稻土和盐渍性水稻土高于一般水稻土。

表 1 主要土类土壤有效硅(SiO₂)含量

(单位: mg/kg)

土类	样品数	含量范围	$\bar{x} \pm s$	不同等级土样数(%)		
				< 50	50~100	> 100
全 省	179	5.8~49.0	80.4 ± 17.2	41.9	37.4	20.7
赤红壤	25	9.3~227.0	77.8 ± 10.1	48.0	28.0	24.0
红 壤	34	5.8~228.0	62.8 ± 13.2	50.0	35.5	14.5
黄 壤	8	13.9~82.8	38.6 ± 6.7	75.0	25.0	0.0
紫色土	9	29.2~147.0	71.5 ± 9.7	33.3	56.6	11.1
潮 土	10	14.1~144.0	77.2 ± 7.1	20.0	50.0	30.0
盐渍土	13	47.3~419.0	189.0 ± 29.1	15.4	7.7	76.9
水稻土	80	14.0~449.0	79.8 ± 16.4	40.0	43.7	16.3

2.2 不同母质发育土壤有效硅含量

土壤有效硅主要来源之一是土壤母岩化学风化所释放。福建土壤全硅量在35.80%~88.80%^[4],但有效硅却很低,且不同母质发育土壤有效硅含量不同。其高低顺序为海积物>冲洪积物>第四纪红土>紫色岩>花岗岩>凝灰岩(表2)。由于江河流入大海,在淤泥中伴积、吸附大量可溶性有效硅,滩涂围垦后,又多为中性至微碱性盐渍土,也有利硅的有效化,因此,起源于海积物母质的土壤有效硅含量丰富,平均高达 $187.2 \pm 26.2 \text{ mg/kg}$ 。其次为冲洪积物母质发育土壤,有效硅含量平均 $87.2 \pm 9.5 \text{ mg/kg}$,花岗岩、凝灰岩、紫色岩发育的土壤风化较彻底,且在炎热多雨的情况下,硅的淋失强烈,所以有效硅含量低。

表2 不同母质发育土壤有效硅(SiO_2)含量(单位: mg/kg)

母 质	样品数	含量范围	$\bar{x} \pm s$	不同等级土样数(%)		
				< 50	50~100	> 100
花岗岩	39	9.3~228.0	67.5 ± 13.1	59.0	23.1	17.9
凝灰岩	35	5.8~141.0	63.0 ± 10.8	37.1	51.5	8.6
第四纪红土	4	31.0~145.0	72.4 ± 16.8	50.0	25.0	25.0
紫色岩	9	29.2~147.0	71.5 ± 9.7	33.3	56.6	11.1
冲洪积物	22	14.1~150.0	87.2 ± 9.5	22.7	40.9	36.4
海积物	16	47.3~449.0	187.7 ± 26.2	25.0	6.4	68.6

2.3 土壤pH与有效硅含量

土壤pH影响硅的存在形态^[5],在酸性条件下,硅多呈 H_2SiO_4 或 $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 形态,容易失水,成为无定形 SiO_2 ,有效性低。据化验结果,按pH不同将土壤分为四类:pH<5.5为酸性土壤,pH5.5~6.5为弱酸性土壤,pH6.5~7.5为中性土壤,pH>7.5为碱性土壤。结果(表3)土壤有效硅含量随pH值上升而增加。许多学者的研究也都证实:随着土壤碱性增加, H_2SiO_4 解离度增加,硅的有效性提高。为进一步验证这一结论,我们在室内开展模拟试验,结果(表4)表明,在酸性环境里,有效硅含量低于碱性环境,但在碱性环境里,并非pH值越高,有效硅含量越高,相反,有减少的趋势。这是否可以说明,土壤中性和微碱性条件有利于有效硅的形成,随着碱性增加,有效硅有减少的趋势。这有待进一步研究。

表3 不同pH范围土壤有效硅(SiO_2)含量(单位: mg/kg)

pH	样品数	含量范围	$\bar{x} \pm s$	不同等级土样数(%)		
				< 50	50~100	> 100
< 5.5	99	5.8~228.0	50.1 ± 12.1	64.6	29.3	6.1
5.5~6.5	64	27.3~390.0	97.9 ± 15.1	25.0	50.0	25.0
6.5~7.5	14	26.8~419.0	187.5 ± 19.1	0.0	8.3	91.7
> 7.5	2	121.6~449.0	285.0 ± 231.5	0.0	0.0	100.0

表 4 稻田土壤 pH 与有效硅(SiO_2)含量关系

土壤类型	每 100 g 土加入 CaCO_3 量 (g)	pH					有效硅(mg/kg)		
					\bar{x}		\bar{x}		\bar{x}
红壤性 水稻土	0(Ck)	5.20	5.25	5.20	5.22	125.0	127.8	126.5	126.4
	2.5	7.60	7.80	7.80	7.73	256.0	240.6	248.5	248.4
	5.0	7.95	7.95	7.95	7.95	222.9	226.8	224.9	224.9
冲积性 水稻土	0(Ck)	5.11	5.15	5.15	5.14	117.9	125.0	121.9	121.6
	2.5	7.65	7.71	7.70	7.69	192.0	184.0	188.5	188.2
	5.0	7.85	7.83	7.75	7.81	154.7	156.0	152.0	154.2

2.4 施肥对土壤有效硅的影响

耕地土壤由于受人类耕作、栽培、灌溉、施肥等措施的影响，土壤有效硅含量不尽相同。10年不同施肥小区定位试验，耕作层土壤有效硅含量差异明显(表5)：有机肥处理区>化肥处理区>无肥处理区，许多有机肥如稻草、绿肥、厩肥等都含丰富的硅素，施用这些有机肥，不仅可以增加土壤有机质含量，还可以提高有效硅含量，而单施N、P、K化肥处理区，土壤有效硅含量比无肥区高出14%，这可能是一些磷肥含有一定量硅素，长期施用，无疑也可以增加土壤有效硅含量。

2.5 不同利用方式对土壤有效硅含量的影响

同一成土母岩发育的土壤，由于利用方式不同，土壤有效硅含量也不尽相同，这不仅由于不同种植作物类型耕作栽培技术，特别是施肥种类和数量差异较大，而且作物自身对硅的吸收也是有差别的，因此，土壤有效硅累积也就不一样。如顺昌县农技推广中心几种不同利用类型土壤都分布在同一山坡上，成土母岩为黑云母石英片岩，土壤有效硅除树木苗圃表土有效硅含量低于荒坡外，其他柑桔园、稻田、菜园有效硅含量都高于荒坡地。其中蔬菜园地由于施用有机肥料较多，蔬菜需硅量低，所以残留土壤有效硅含量最高。福建省农科院茶科所农场也有类似结果(表6)。这说明人类栽培、施肥、耕作等活动对土壤有效硅变化影响较大。

3 小结和讨论

3.1 我省主要几种土类179个样品分析结果，有80%土壤其有效硅含量在100 mg/kg(临界值)以下，其含量高低顺序是盐渍土>水稻土>潮土>赤红壤>紫色土>红壤>黄壤。占全省耕进面积80%的水稻土缺硅样品占83.7%，足见我省是一个土壤缺硅省份。

3.2 土壤有效硅转化与母质、pH 和人类耕作栽培、灌溉、施肥有密切关系，海积物、冲洪

表 5 不同施肥种类对稻田
有效硅(SiO_2)累积影响

处 理	pH	有效硅 (mg/kg)
无肥区	4.4	58.0
N、P、K 化肥	4.7	66.2
有机肥	4.7	83.6

注：本院土肥所肥力定位试验研究课题组提供土样(定位试验第10年样品)。

积物和第四纪红土发育的土壤有效硅含量高于花岗岩、凝灰岩、紫色岩发育的土壤, 土壤有效硅含量在酸性至中性环境中, 与 pH 是成正相关的, 但在中性至碱性环境中, 却有下降趋势, 但碱性环境比酸性环境含量高, 这些都值得进一步探讨。

表 6 不同利用方式对土壤有效硅(SiO_2)累积影响

地 点	母 岩	土 类	利用方式	pH	有效硅 (mg/kg)
福建省顺昌县农技推广中心	黑云母石英片岩	红 壤	荒坡地	4.8	48.6
			柑桔园	5.0	65.6
			稻 田	4.8	69.4
			菜 园	5.0	76.4
			树苗圃	5.6	28.3
福建省农科院茶科所农场	花 岗 斑 岩	红 壤	毛竹林	5.4	73.0
			茶 园	4.4	30.0
			稻 田	4.8	57.0
			菜 园	5.8	95.0

3.3 从 80 年代以来, 我们不断开展多种作物施用硅肥田间和盆栽试验, 从累积的大量数据来看, 在我省土壤条件下, 施用硅肥对水稻、甘蔗、甘薯、芦笋等多种作物有极显著或显著的增产效果。因此, 尽快开发、引进硅肥, 如利用工业炉渣、煤粉灰、稻壳和利用某些矿物生产硅钙肥、硅镁肥等, 已到应认真考虑的时候。

致 谢 福建省农业厅化验室、福建林学院土壤教研室、泉州市农业局土肥站提供部分土壤样品, 在此一并致谢。

参考文献

- 彭嘉桂, 罗涛, 卢和顶, 等. 福建省主要耕地土壤有效硅含量及硅肥施用效果研究. 福建省农科院学报, 1994, 9(3): 36~41
- 马同生. 我国水稻土硅素养分与硅施用研究现状. 土壤学进展, 1990, 31(4): 1~5
- 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983
- 郑路, 何文斌, 邵建国, 等. 安徽省土壤有效硅含量分布. 安徽农业大学学报, 1993, 20(4): 287~291
- 福建省土壤普查办公室. 福建土壤. 福州: 福建科学技术出版社, 1991, 69~214
- 袁可能. 植物营养元素的土壤化学. 北京: 科学出版社, 1983
- Dhoore J. 土壤硅与植物营养. 土壤学进展, 1980, 21(2): 23~27