

# 江苏沿江地区水稻土硅素供应力与硅肥施用

马同生 冯亚军 梁永超 华卫 孙斌

(南京农业大学)

王岐山 黄胜海 张炳奎

(南通市农业局)

国内外研究者一致认为,土壤有效硅含量与土壤pH呈正相关。江苏沿江地区起源于灰潮土的水稻土中,含有一定数量碳酸钙,据对481个剖面样分析结果的统计<sup>[1]</sup>,它们耕层的碳酸钙含量为21.9克/千克,土壤pH大多在7.5—7.9,个别的达8.5。其有效硅含量较丰富。此类水稻土,硅素养分是否能满足水稻对硅的需求?施用硅肥有无增产效果?本文对此进行了研究。

## 一、问题的提出

目前国内外测定土壤有效硅<sup>[2,3]</sup>(指土壤中的单硅酸及易转化为单硅酸的盐类,是当季作物可利用的硅素)的方法,多以弱有机酸缓冲液、或有机酸、稀无机酸为提取剂。其中以今泉吉郎的pH4醋酸缓冲液法应用最广,并依据水稻施用熔渣硅肥效果,确定其临界值为105毫克/千克(以SiO<sub>2</sub>计,下同)。我国亦沿用此法及其临界值。在pH<7的酸性和微酸性土壤上得到了较满意的效果<sup>[4,5]</sup>,但在富含钙质的水稻土上,其测定结果偏高,大多>130—200,部分>200毫克/千克。单纯从分析数值上来看,似乎该地区水稻土硅素养分供应充足,施用硅肥不会增产。但笔者从田间调查材料和植株分析数据来看,情况并非如此。尽管土壤的有效硅含量高达195毫克/千克,而生长其上的水稻茎叶(成熟期)SiO<sub>2</sub>含量仅90.5克/千克,且叶片张角较大,茎秆柔软,稍遇风雨即行倒伏,表明水稻明显的缺硅。

含碳酸钙的水稻土硅素养分供应实际情况如何?粮食作物是否需要施用硅肥?为此,从1990年起,我们与南通市农业局土肥站合作,对江苏省沿江地区含碳酸钙的水稻土硅素养分供应力与硅肥施用效果开展了试验研究。

## 二、供硅力的研究

1. 植物吸收土壤中硅素主要是土壤溶液中单硅酸。当植物吸收土壤溶液中硅素后,土壤溶液硅浓度降低,土壤固相表面吸附的硅酸以及土壤中非晶态或结晶较差的组分硅素进入土壤溶液,两者存在着动态关系。

在对沿江含碳酸钙的水稻土研究中,我们发现用pH4醋酸缓冲液法所测出的土壤有效硅含量与土壤的水溶性硅含量并不成正相关。以如皋县灰夹缠土为例,其样点I的有效硅为228毫克/千克;pH7.7;CaCO<sub>3</sub>含量为13.6克/千克;而样点II的有效硅含量为291毫克/千克

H8.4;  $\text{CaCO}_3$  含量为36.0克/千克, 但样点 I 中水溶性硅含量却高于样点 II。为此, 我们又对土壤中硅酸结合形态作了探讨, 对南通市沿江石灰性的水稻土主要土种 11 个样点 (不同 pH 值、 $\text{CaCO}_3$ 、粘粒含量) 的耕层土壤进行了研究, 并以下蜀黄土丘陵地区发育于地带性母土上的水稻土主要土种马肝土(土壤硅素养分不丰、水稻施硅肥增产效果显著)<sup>[6]</sup> 为参比样。结果表明, 沿江含碳酸钙水稻土土壤平均钙结合态硅比铁结合态硅数值高 0.8 倍, 而参比土样则相反, 其铁结合态硅比钙结合态硅高出 0.4 倍。可见, 沿江石灰性水稻土中的硅以钙结合态占主要地位。

我们曾作过南通地区含碳酸钙的水稻土有效硅 (pH4 醋酸缓冲液法) 与土壤 9 项理化性质测定, 经运用逐步回归方法分析其相关显著性, 结果表明, 该地区水稻土耕层有效硅含量与土壤 pH、 $\text{CaCO}_3$  及粘粒含量呈显著正相关。石灰含量越高的土壤, 用 pH4 醋酸缓冲液法测得的有效硅含量也越高。显然, 这是由于石灰性水稻土中含有  $\text{CaCO}_3$ , 它与土壤中硅酸结合形成非活性的硅钙结合物。硅酸钙盐不易水解, 在淹水情况下难以生成单硅酸供给植物吸收, 但却能部分地被 pH4 醋酸缓冲液所提取, 因此, 导致对 pH > 7 含碳酸钙的水稻土中硅素供应力的错误认识。同时, 也由于以往研究者大都用熔渣硅肥( $\text{CaSiO}_3$ )作田间试验, 它属枸溶性缓效硅钙肥, 施用在酸性和微酸性土壤上效果明显, 而施于 pH > 7 含  $\text{CaCO}_3$  的水稻土上则效果极差。可以看出, 对沿江含碳酸钙水稻土, 用 pH4 醋酸缓冲液法所测得土壤有效硅含量, 是不能反映实际土壤供硅能力的。

2. 在水稻生长季节土壤溶液中能提供的单硅酸数量才是真正的土壤供硅能力。水稻一生吸收硅酸十分可观, 据 Imai 和 Yoshida 报告, 日本平均一季水稻吸收硅素 (以  $\text{SiO}_2$  计) 约为 950 千克/公顷。笔者在江苏丘陵地区的试验亦表明, 一季水稻亩产 500 千克, 水稻茎叶从土壤中携走硅素 55 千克左右, 一季小麦亩产 200 千克, 小麦茎叶携走硅素 15 千克左右, 稻麦两熟合计 70 千克之多。因此测定种稻期间土壤能提供水溶性硅酸的数量多寡——硅素养分容量因素, 才能对沿江地区水稻土是否需增施硅肥作出正确判断。

我们设计了淹水模拟试验, 并选用了不同 pH 和石灰含量的土壤作试样:

土样编号	土种名称	土壤 pH	$\text{CaCO}_3$ (克/千克)
通州 9 号	夹沙土	8.3	40.5
如皋 3 号	次夹纆土	7.9	21.0
南京 2 号	马肝土	6.7	-

土样经培育 60 天 (相当于大田水稻生长期), 采取连续浸提方法以模拟水稻吸硅条件, 即将土样用蒸馏水 (1:5) 浸泡, 置于 25℃ 恒温箱中培养, 定期用离心机 (10000 × G) 分离出上清液, 测定清液中的含硅量, 然后再加蒸馏水, 连续培养提取; 如此总计提取 14 次。结果示于图 1。

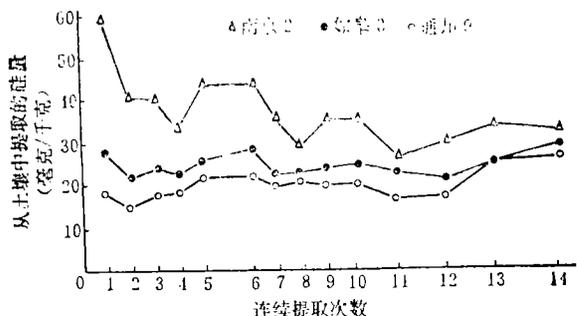


图1 从几种土壤中提取出的硅量

从图 1 可见, 淹水培育第 1 次 (3 天) 提取的水溶性硅酸含量以南京 2 号土样最多, 是如皋 3 号土样的 1.1 倍, 而如皋 3 号土样又较通州 9 号土样高 0.4 倍。经培养 60 天后即连续提取至第 14 次时, 南京 2 号土样提取出的硅量仅为第 1 次提取量的一半, 但仍略高于通州 9 号和如皋 3 号土样。

土壤经连续 14 次提取后, 其所提取的水溶性硅酸累积量, 可以视为种稻期

间土壤所能提供硅素养分的容量。据此，南京2号土样为501毫克/千克，如皋3号土样为336.2毫克/千克，通州9号土样为271.6毫克/千克。从累积数值不难看出，如皋3号样供硅容量为南京的67%，通州9号样则仅为54%，通州9号为如皋3号样的81%，图2显示了3种土壤淹水培育期间累积供硅量的变化。

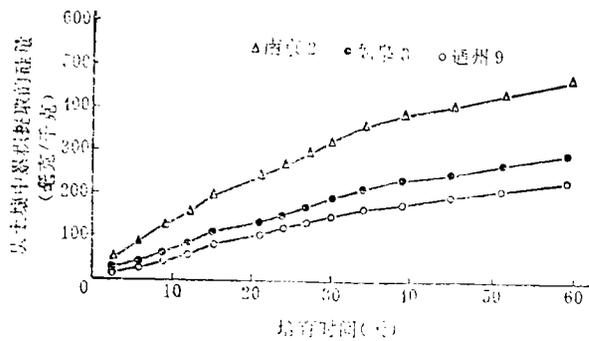


图2 从几种土壤中累积提取出的硅量

从图2可以看出，通州9号土样的供硅量既低于如皋3号样(有效硅228毫克/千克)，也低于南京2号土样，而南京2号土样有效硅含量最低，仅为通州9号样的12%，说明沿江含碳酸钙的水稻土“有效硅”含量虽高于丘陵地区的马肝土，而它的供硅力却低于后者。我们在海安、如东等地进行的类似试验，也得到了相同的结果。

### 三、施硅增产效果

南通市土肥站曾在所辖6(市)县进行了硅肥大面积试验示范和应用研究，取得显著的增产效果。

1990—1991年在6(市)县16个乡镇2124亩水稻上进行施硅肥的试验示范，1991年冬又在小麦上进行了同样的试验。结果表明，在当地相等的施肥水平下，增施硅肥，水稻增产幅度在5—10%，小麦亦有相同的效果。例如，在通州市刘桥镇试验示范点上，增施高效硅素化肥5千克，水稻产量674千克/亩，比对照616千克/亩增产58千克，小麦增施硅肥产量345.3千克/亩，比对照316.0千克/亩增产29.3千克/亩。

1992年进一步扩大试验示范面积，现以千亩以上的7个乡镇(不包括农场)结果统计，共15386.5亩，平均水稻增产43.9千克/亩。1993年应用硅肥面积15.8万亩，为了降低农本，推广施用多效硅肥和含硅复合肥，经市(县)、乡总结达到了预期效果，计增产稻谷790万千克。

综上所述，在沿江地区含碳酸钙的水稻土上，施用硅肥是保持该地区农业持续发展的一项有效措施。

#### 参 考 文 献

- [1] 朱克贵等，中国土种志一卷，农业出版社，1993。
- [2] 马同生，土壤学进展，18(4):1—5，1990。
- [3] 张效朴、臧惠林，土壤，14(5):188—192，1982。
- [4] 臧惠林、张效朴等，土壤学报，19(2):131—139，1982。
- [5] 马同生、钱在仁等，南京农业大学学报，(4):64—70，1985。
- [6] 马同生、钱在仁等，江苏资源与环境，江苏教育出版社，109—110，1989。