

243-246

S<sub>153-61</sub>

## 土壤机械组成和 pH 与有效硅的关系研究

贺立源

王忠良

(华中农业大学土化系 武汉 430070) (湖北省农业厅土肥站)

**摘 要** 对 pH 变幅为 4.96—8.31 的 54 个土壤样品进行研究表明,在酸性土壤中,有效硅含量同时受 pH 和粘粒的影响,在中性和石灰性土壤中,有效硅含量仍受 pH 的显著影响,粉砂和砂粒的影响超过粘粒,反映了土壤质地综合因素的影响大于单一粘粒因素的影响。pH 对土壤有效硅供应强度的影响大于粘粒,而粘粒含量对有效硅供应容量的影响却比 pH 大,有效硅供应强度大的土壤,供应容量也大。本文对导致此现象的原因作了简单分析。

**关键词** 土壤有效硅;土壤 pH;机械组成;有效硅供应

土壤, pH

水稻施用硅肥的增产效果与水稻土有效硅的含量有关,而水稻土有效硅的供应水平直接受土壤理化性质的影响,因此研究土壤性质与有效硅含量的关系、合理评价水稻土的供硅能力,对指导硅肥的有效施用具有实际意义。

目前,已经明确影响有效硅含量的土壤性质主要是 pH 和粘粒含量<sup>[1-4]</sup>,但不同 pH 条件下 pH 和粘粒含量对土壤有效硅的影响是否具有相同规律,现有报道均未见数据说明,这对准确阐述土壤基本性质与有效硅的关系是不利的,有必要作进一步研究。

## 1 材料与方 法

研究分别从土壤机械组成和 pH 对土壤有效硅含量的影响、对土壤有效硅释放特性的影响两个方面进行。

供试土壤均为水稻土,共计 54 个,分别取自湖北省 20 个县(市),样品的母质组成包括:第四纪红土 28 个;近代冲积—湖积物 11 个;花岗片麻岩 5 个;砂页岩 7 个;石灰岩 2 个;石英闪长岩 1 个。土壤 pH 采用 1:1 水土比、电位法测定;机械组成采用国际制、吸管法测定;土壤有效硅用 pH 4.0 的 1 mol/L NaOAc—HOAc 缓冲液提取,硅钼蓝比色法测定<sup>[5]</sup>。

土壤有效硅释放试验采用连续提取法,提取时间分别为 1、2.5、5、20、45h,以第 1 小时可提取的硅含量作为土壤有效硅供应强度指标,第 45 小时提取的硅作为容量指标。有效硅测定方法除提取时间变化外,其它同上。该试验用土壤样品从供试土壤样品总体中选取,共选 12 个,其中第四纪红土,3 个;近代冲积—湖积物,3 个;花岗片麻岩,3 个;砂页岩,2 个;石英闪长岩,1 个。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤 pH 和机械组成对有效硅含量的影响

表 1 是研究数据的基本情况统计,可见供试土壤样品 pH、机械组成和有效硅含量的变幅

足够大,对多数水稻土壤具有代表性。相关分析结果反映,土壤有效硅的含量与土壤 pH 和粘粒含量分别都达到极显著相关,此现象与有关研究结论是一致的。为进一步明确它们相互间的关系,研究作了回归拟合,土壤有效硅与 pH( $X_1$ )和粘粒含量( $X_2$ )间的数学关系式为:

$$\text{SiO}_2(\text{mg/kg}) = 108.47X_1 + 8.18X_2 - 745.37$$

$$(n=54, R=0.862, F=73.70^{**}, F_{0.01(2,51)}=5.06)$$

由此函数绘制的土壤有效硅等含量趋势线分析表明(图1),在 pH4.5-9.0 范围内,土壤 pH 和粘粒含量与土壤有效硅的关系并非一致,它们对有效硅的影响大致可以分为 2 个区段:在 pH 小于约 6.5 时,有效硅等含量线呈不对称峰型,且偏向 pH 轴,反映土壤有效硅含量同时受 pH 和粘粒含量的影响,且 pH 的影响大于粘粒;当 pH 大于 6.5 后,该峰沿 pH 轴展开,似乎反映粘粒含量对土壤有效硅含量的影响逐渐减弱, pH 的影响相对更显著地大于粘粒。

表 1 研究参数的描述性统计(n=54)

| 研究参数                          | 平均值及其变化范围 |       |        |        | 相关系数   |       |       |        |
|-------------------------------|-----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
|                               | 平均值       | 极小值   | 极大值    | 范围     | pH     | 砂粒(%) | 粉砂(%) | 粘粒(%)  |
| pH                            | 6.47      | 4.96  | 8.31   | 3.35   | 1      |       |       |        |
| 砂粒, >0.02mm(%)                | 28.38     | 8.20  | 72.50  | 64.30  | 0.28   | 1     |       |        |
| 粉砂, 0.02-0.002mm(%)           | 43.84     | 15.20 | 61.80  | 46.60  | -0.26  | -0.87 | 1     |        |
| 粘粒, <0.002mm(%)               | 27.79     | 6.90  | 51.20  | 44.30  | -0.20  | -0.80 | 0.40  | 1      |
| 有效硅, SiO <sub>2</sub> (mg/kg) | 183.86    | 13.17 | 580.02 | 566.85 | 0.68** | -0.07 | -0.21 | 0.38** |

df=48,  $r_{0.05}=0.29$ ,  $r_{0.01}=0.37$

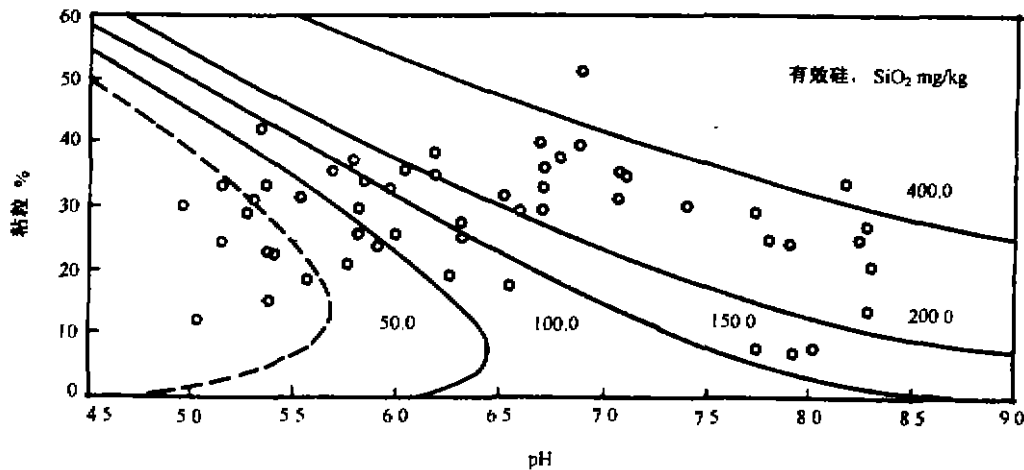


图 1 土壤 pH 和粘粒含量对有效硅等含量趋势线的影响

研究以 pH6.5 作分界,将数据分成 2 组,进行逐步回归分析,结果见表 2。当 pH 小于 6.5 时,能进入回归方程只有 pH 和粘粒 2 项;而在 pH 大于 6.5 时,粘粒未能进入方程, pH、粉砂和砂粒等 3 项参数与土壤有效硅的拟合关系最好。由此可见,在 pH 变幅较大的情况下, pH 对土壤有效硅含量的影响始终存在,而随着 pH 值的增加,粘粒含量对有效硅含量的影响逐渐减少,粉砂和砂粒的影响逐渐上升,因此可以认为:在 pH 大于 6.5 以后,土壤有效硅的含量受 pH 和土壤质地而不仅仅是粘粒含量的影响,本研究的这一发现目前尚未见报道。值得注意的

是,土壤质地是众多土壤理化性质的基础,因而导致这一现象的原因比较复杂,有待进一步研究。

表2 pH分组数据的逐步回归分析

| 分组             | 回归     | 系数      | 标准误*   | t值    | 回归及其检验                            |
|----------------|--------|---------|--------|-------|-----------------------------------|
| pH<6.5<br>n=28 | 截距     | -562.48 | 133.14 | -4.22 | R=0.740, F=15.10**                |
|                | pH     | 95.27   | 23.51  | 4.05  | df=2, 25, F <sub>0.01</sub> =5.57 |
|                | 粘粒(%)  | 4.02    | 1.32   | 3.05  | df=25, t <sub>0.01</sub> =2.79    |
| pH>6.5<br>n=26 | 截距     | 646.12  | 198.03 | 3.26  | R=0.836, F=16.96**                |
|                | pH     | 83.91   | 24.85  | 3.38  | df=3, 22, F <sub>0.01</sub> =4.82 |
|                | 粉砂粒(%) | -15.36  | 2.49   | -6.17 | df=22, t <sub>0.01</sub> =2.82    |
|                | 砂粒(%)  | -11.02  | 1.56   | -7.04 |                                   |

\*回归系数的标准误;设y=有效硅(SiO<sub>2</sub>, mg/kg), 回归方程分别为:

$$\text{pH}<6.5, y=95.27 \times \text{pH} + 4.02 \times \text{粘粒}(\%) - 562.48;$$

$$\text{pH}>6.5, y=83.9 \times \text{pH} - 15.36 \times \text{粉砂}(\%) - 11.02 \times \text{砂粒}(\%) + 646.12$$

## 2.2 土壤pH和机械组成对土壤有效硅供应强度和容量的影响

不同提取时间处理土壤有效硅的释放量见表3,表4是有关数据的描述性统计结果。由释放数据可见,随着提取时间延长,不同母质土壤测得有效硅的绝对数量均呈持续上升的趋势,若分别以第1小时和第45小时的提取量作强度和容量指标,则有效硅供应强度高的土壤供应容量也大。

表3 不同母质土壤有效硅的释放速率 (SiO<sub>2</sub>mg/kg)

| 样号 | 1h    | 2.5h  | 5h    | 20h   | 45h   | 来源与母质     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1  | 18.4  | 22.8  | 29.2  | 51.5  | 63.6  | 咸宁,砂页岩冲积物 |
| 2  | 25.1  | 29.4  | 36.8  | 69.8  | 88.7  | 大冶,Q2     |
| 3  | 41.2  | 47.7  | 64.7  | 124.4 | 167.3 | 黄冈,花岗岩麻岩  |
| 4  | 43.6  | 51.8  | 66.4  | 120.8 | 150.1 | 黄梅,花岗岩    |
| 5  | 52.1  | 61.2  | 76.9  | 144.0 | 177.9 | 京山,Q3     |
| 6  | 100.4 | 128.0 | 161.4 | 256.6 | 305.8 | 随州,花岗岩冲积物 |
| 7  | 140.8 | 188.1 | 241.6 | 326.4 | 366.9 | 大冶,石英闪长岩  |
| 8  | 180.5 | 237.4 | 282.4 | 362.0 | 409.4 | 潜江,湖积物    |
| 9  | 181.1 | 198.1 | 232.7 | 295.8 | 317.3 | 江陵,长江冲积物  |
| 10 | 226.2 | 347.4 | 409.9 | 522.4 | 719.8 | 武汉,汉江冲积物  |
| 11 | 356.9 | 403.2 | 476.0 | 602.0 | 624.0 | 房县,钙质红砂岩  |
| 12 | 402.9 | 472.7 | 584.7 | 738.8 | 785.0 | 枣阳,Q3     |

相关分析结果反映(表4),土壤性质对土壤有效硅供应强度和容量的影响具有明显的规律,尽管pH和粘粒含量与不同提取时间的有效硅含量均达到极显著水平,但随着提取时间延长,前者对有效硅提取量的影响逐步减少,而後者的影响与此相反,表现为逐步增加。砂粒和粉砂的影响虽未达显著水平,但是也表现出明显趋势性,粉砂的影响类似于粘粒,砂粒的影响则与pH相仿。由此可见土壤有效硅供应强度主要受pH的影响,粘粒含量则对有效硅的供应容量影响较大。

表4 土壤有效硅释放研究有关数据的描述性统计 (n=12)

|       | 平均值及其变化范围 |       |       | 相关系数   |        |        |        |        |
|-------|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 平均        | 最小值   | 最大值   | 1h     | 2.5h   | 5h     | 20h    | 45h    |
| pH    | 6.49      | 5.15  | 8.31  | 0.735  | 0.709  | 0.692  | 0.673  | 0.631  |
| 砂粒(%) | 26.88     | 8.20  | 57.20 | -0.067 | -0.167 | -0.168 | -0.168 | -0.243 |
| 粉砂(%) | 42.88     | 20.00 | 52.40 | -0.397 | -0.359 | -0.357 | -0.371 | -0.354 |
| 粘粒(%) | 30.32     | 17.50 | 51.20 | 0.561  | 0.664  | 0.663  | 0.679  | 0.769  |

$$df = 10, r_{0.05} = 0.576, r_{0.01} = 0.708$$

### 3 小结与讨论

综上所述,土壤性质对土壤有效硅的影响以 pH 为主,在不同 pH 条件下土壤质地因素对土壤有效硅含量的影响有所差异。在酸性土壤中,有效硅含量同时受 pH 和粘粒的影响;在中性和石灰性土壤中,pH 仍显著影响有效硅含量,但粘粒作为单独变量,其影响已不再显著,粉砂和砂粒的影响超过粘粒,反映了土壤地质的综合影响大于单一粘粒因素的影响。pH 对土壤有效硅供应强度的影响大于粘粒,而粘粒含量对有效硅供应含量的影响却比 pH 大,有效硅供应强度大的土壤,供应容量也大。

上述试验现象估计与土壤粘粒矿物的种类和提取方法有关。土壤酸碱性影响土壤粘粒矿物的形成<sup>[6]</sup>,一般认为粘粒矿物中,以含蒙脱石、水云母类矿物的硅有效性高<sup>[1,2]</sup>。在 pH 较低的情况下,粘粒矿物以高岭石类矿物为主,硅有效性不如蒙脱类矿物,盐基离子较少、脱硅作用强,因而有效硅的基础含量低,但酸性土壤溶液能溶解粘粒表面较多的铁、铝包被,促使其表面吸附的硅酸较易释放,因此粘粒对土壤有效硅的影响大。在 pH 较高的情况下,粘粒矿物以水云母和蒙脱类矿物为主,盐基离子较多,土壤脱硅作用又较弱,所吸附的硅有效性高,故土壤有效硅的基础含量高,但由于土壤溶液由中性向碱性发展,碱金属、碱土金属离子对提取剂的中和作用加强,提取剂对粘粒包膜的溶解必然减弱,限制了有效硅的释放,若粘粒含量不相应增加则有效硅的含量也不会进一步提高,而砂粒和粉砂却制约着粘粒含量的增加,因而它们便以与有效硅负相关的形式进入了回归方程,反映出地质的综合影响。有报道认为,土壤有机质与有效硅的含量成负相关<sup>[2]</sup>,就以上分析推论,是有可能的。这是因为粉砂与有机质的结合最为稳定,粉砂对有效硅含量的负效应必然会转嫁到有机质上,使有机质表现为对有效硅含量的负相关。

### 参 考 文 献

- 1 臧惠林. 土壤有效硅含量变化的初步研究. 土壤, 1987, 19(8): 123~125
- 2 向万胜, 何电源, 廖先苓. 湖南省土壤中硅的形态与土壤性质的关系. 土壤, 1993, 25(3): 146~151
- 3 贺立源, 李孝良. 几种有效硅测定方法对不同母质水稻土的适宜性研究. 热带亚热带土壤科学, 1996, 5(1): 37~41
- 4 申义珍, 潘卫群, 徐俊斌等. 扬州市十年来土壤有效硅的动态演变及水稻硅肥施用技术研究. 土壤肥料, 1994, (5): 23~26
- 5 周鸣铮. 土壤肥力测定与测土施肥, 1988, 350~358
- 6 朱祖祥. 土壤学(上册). 农业出版社, 1989, 33~34