

# 石灰性水稻土的化学组成与微量元素供给状况

欧阳洮 骆国保

龚高实 周建国

(中国科学院南京土壤研究所)

(广西桂林地区农牧渔业局)

## 摘 要

本文着重研究了桂林地区石灰性水稻土的化学组成特征和微量元素的供给状况。研究表明,石灰性水稻土的钙、镁含量较高,且多集聚于剖面的上部;速效性磷、钾偏低;微量元素硼、锌、铜的供应不足;除铜以外,有效态硼、锌、铁等的含量均与土壤pH值呈负相关。

石灰对酸性土壤的有益作用早已为人们所熟知,但在石灰岩土区长期施用石灰的效果,却很少被人们所注意。根据对石灰岩土区的野外考察、室内分析结果来看,长期过度的施用石灰和引灌溶洞水而使该地区形成了一种特殊的土壤——石灰性水稻土。其表土碳酸钙含量为4.48—38.6%。由于受石灰胶结作用的影响,通常在表土10cm以下形成一个3至7cm厚的石灰硬盘,其坚如石,阻碍根系伸展和养分供给。

石灰性水稻土主要分布在广东、广西等省区,其中桂林地区就有85.4万亩,占水田面积的26%。并且有逐年扩大之势,已成为粮食生产的严重障碍因子。本文就石灰性水稻土的化学组成特征及微量元素供给状况作一初步探讨。

## 一、标本的采集及分析方法

1980—1984年对灵川、全州、兴安、平乐、阳朔、荔浦、灌阳等县的石灰性水稻土区进行了考察,在42个样点采集了82个土样(包括剖面12个),植株样15个。

土壤全量分析按“土壤农化分析法”进行,土壤全B、全Mo量用光谱定量法测定;Cu、Zn、Fe、Mn、Ni、Co、V等用氢氟酸、硝酸消化后,用等离子体发射光谱仪测定;土壤有效态铜用pH3.3的草酸—草酸铵溶液提取,极谱催化波方法测定;土壤有效态硼用沸水提取姜黄素比色法测定;土壤有效态Cu、Zn、Fe、Mn用DTPA溶液提取,原子吸收分光光度计测定。

## 二、主要结果

### (一)石灰性水稻土的化学组成特征

石灰性水稻土呈碱性至强碱性反应(pH7.54—8.13),有机质含量变幅很大(1.20—4.28%)。为了比较石灰性水稻土与其它土壤在化学组成上的差异,表1列出了该地区的石灰土、红壤性水稻土等五种土壤的化学组成。现分述如下:

钙 从表1可以看出,石灰性水稻土全钙量(CaO)为1.39—21.64%,平均为9.61%,不仅高于同区红壤(0.13%)、红壤性水稻土(0.39%),而且还远远超过淋溶石灰土(0.40%),和红色石灰土(0.68%)。

\*部分土壤样品由陈平等同志提供。

石灰性水稻土中游离态 $\text{CaCO}_3$ 含量也很高, 含量范围为15.5—31.4%, 平均为25.6%, 高出同区石灰土平均含量(1.13%)20倍以上。

石灰性水稻土剖面中全钙含量及游离态 $\text{CaCO}_3$ 含量, 皆以0—30cm土层内含量最高, 特别是0—20cm左右土层内含量最丰富, 随着土层加深而锐减(表2, 图1)。并且土壤全钙( $\text{CaO}$ )量与游离态 $\text{CaCO}_3$ 含量之间呈明显的正相关,  $r = 0.89^*$ , 达到显著性水准。

土体内的石灰硬盘层含钙量接近于表土, 而明显高于心土和底土(表2)。

表1 桂林地区几种土壤的化学组成\*

| 土壤类型   | 大量元素(%)                     |                                |                              |                             |                             |                             |                             |
|--------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|        | $\text{FeO}_3$              | $\text{Al}_2\text{O}_3$        | $\text{CaO}$                 | $\text{MgO}$                | $\text{TiO}_2$              | $\text{K}_2\text{O}$        | $\text{P}_2\text{O}_5$      |
| 石灰性水稻土 | $\frac{5.78(3)}{3.84-8.09}$ | $\frac{17.76(3)}{9.74-14.29}$  | $\frac{9.61(6)}{1.39-21.64}$ | $\frac{0.95(6)}{0.82-1.12}$ | $\frac{10.5(5)}{0.73-1.36}$ | $\frac{1.73(6)}{0.89-2.54}$ | $\frac{0.19(3)}{0.03-0.41}$ |
| 淋溶石灰土  | $\frac{6.42(2)}{4.91-7.93}$ | $\frac{16.25(2)}{13.40-18.70}$ | $\frac{0.40(2)}{0.31-0.48}$  | $\frac{0.66(2)}{0.51-0.80}$ | $\frac{1.19(2)}{0.96-1.41}$ | $\frac{1.33(2)}{1.16-1.50}$ | $\frac{0.18(2)}{0.14-0.22}$ |
| 红壤     | $\frac{5.97(5)}{4.23-7.94}$ | $\frac{13.99(5)}{9.6-17.5}$    | $\frac{0.13(5)}{0.03-0.34}$  | $\frac{0.53(5)}{0.37-0.78}$ | $\frac{0.95(3)}{0.73-1.23}$ | $\frac{1.51(5)}{0.86-3.35}$ | $\frac{0.06(5)}{0.03-0.14}$ |
| 红壤性水稻土 | 3.51                        | 9.50                           | 0.39                         | 0.51                        | 0.87                        | 0.81                        |                             |
| 红色石灰土  | 7.42                        | 16.87                          | 0.68                         | 0.91                        | 1.19                        | 1.08                        | 0.15                        |

| 微量元素(ppm) |                             |                                |                               |                             |                             |                             |                             |                                |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|           | Cu                          | Zn                             | Mn                            | B                           | Mo                          | Co                          | Ni                          | V                              |
| 石灰性水稻土    | $\frac{35.4(3)}{26.2-47.4}$ | $\frac{170.6(3)}{130.0-195.4}$ | $\frac{538.9(3)}{282-731}$    | $\frac{109.8(3)}{91.4-122}$ | $\frac{0.85(3)}{0.56-1.20}$ | $\frac{25.9(3)}{22.3-31.9}$ | $\frac{47.6(3)}{41.0-54.6}$ | $\frac{111.9(3)}{100.0-132.9}$ |
| 淋溶石灰土     | $\frac{41.1(2)}{37.7-44.8}$ | $\frac{155.9(2)}{113.4-198.3}$ | $\frac{1246(2)}{1049-1443}$   | $\frac{119.0(2)}{98.0-140}$ | $\frac{0.73(2)}{0.40-1.06}$ | $\frac{28.1(2)}{19.8-36.4}$ | $\frac{61.5(2)}{48.1-74.8}$ | $\frac{127.4(2)}{87.8-166.9}$  |
| 红壤        | $\frac{26.4(5)}{13.4-34.5}$ | $\frac{77.4(5)}{54.5-117.3}$   | $\frac{169.0(5)}{72.3-240.2}$ | $\frac{143.8(5)}{7.5-290}$  | $\frac{1.48(5)}{0.44-2.54}$ | $\frac{8.2(5)}{5.2-11.1}$   | $\frac{28.1(5)}{19.7-42.8}$ | $\frac{103.9(5)}{74.9-134.0}$  |

\*表中:  $\frac{\text{平均值}}{\text{变幅}}$ , 括号内数字为样品数。

表2 阳朔石灰性水稻土剖面中各种元素的含量

| 深度(cm) | 大量元素(%)      |              |                         |                        |                      |                | 微量元素(ppm) |        |      |       |      |      |      |       |
|--------|--------------|--------------|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------|-----------|--------|------|-------|------|------|------|-------|
|        | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{TiO}_2$ | B         | Mn     | Cu   | Zn    | Mo   | Co   | Ni   | V     |
| 0—12   | 21.64        | 0.96         | 5.21                    | 0.41                   | 1.86                 | 1.36           | 91.4      | 73.1   | 32.6 | 195.4 | 0.56 | 23.5 | 47.2 | 100.0 |
| 12—19  | 19.24        | 0.67         | 5.19                    | 0.33                   | 1.69                 | 1.37           | 133.0     | 1253.0 | 36.0 | 221.3 | 1.30 | 26.9 | 50.5 | 111.8 |
| 19—30  | 7.21         | 0.33         | 2.76                    | 0.26                   | 1.09                 | 0.71           | 108.0     | 855.0  | 32.9 | 212.5 | 0.90 | 30.5 | 54.4 | 127.6 |
| 30—49  | 1.70         | 0.85         | 7.43                    | 0.18                   | 1.16                 | 1.22           | 147.0     | 2653   | 37.4 | 251.0 | 1.40 | 33.5 | 64.6 | 163.6 |
| 49—74  | 1.16         | 1.18         | 13.21                   | 0.21                   | 1.34                 | 1.68           | 70.4      | 575.5  | 41.8 | 247.1 | 2.70 | 51.4 | 78.8 | 231.1 |

上述结果表明, 石灰性水稻土中钙的含量异常高, 而且多集聚于剖面的0—30cm处, 这是石灰性水稻土的一个特征。

镁 石灰性水稻土全镁( $\text{MgO}$ )含量为0.82—1.12%, 平均含量为0.95%, 高于同区的红壤及红壤性水稻土, 也略高于红色石灰土。

游离态 $\text{MgCO}_3$ 含量为0.57—2.39%, 平均为1.23%, 高于本区的石灰土(0.11%)。

在石灰性水稻土剖面中全Mg与游离态 $\text{MgCO}_3$ 含量均以表土含量较高, 游离态 $\text{MgCO}_3$ 与

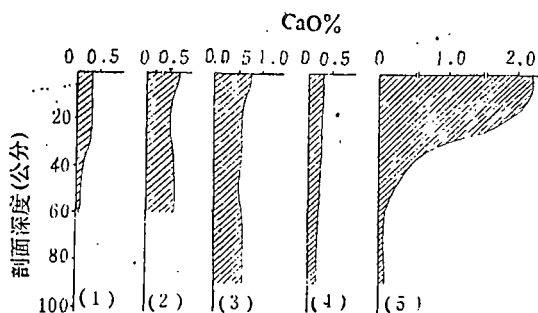


图1 不同类型土壤的剖面中Ca的含量分布

- (1)红壤(兴安) (2)红壤性水稻土(兴安)  
(3)石灰土(阳朔) (4)淋溶石灰土(兴安)  
(5)石灰性水稻土(阳朔)

CaO含量也呈正相关,  $r = 0.99^{**}$  达到极显著水准, 这可能与石灰含Mg有关。与钙一样, 石灰性水稻土的全镁含量亦较高, 并且也集中于剖面表层, 这是石灰性水稻土的另一个特点。

**磷和钾** 石灰性水稻土中全磷含量范围为0.03—0.41%, 平均为0.19%, 与淋溶石灰土近似, 石灰土中速效性磷含量范围为4.36—17.9ppm, 平均为10.5ppm。表明石灰性水稻土全磷含量较高, 但是速效性磷的平均含量(10ppm)则位于一般缺磷临界值边缘。

石灰性水稻土中全钾( $K_2O$ )含量为0.89—2.54%, 平均1.73%, 与本区其它类型土壤相近似。土壤缓效性钾含量为120—239ppm, 平均为180ppm, 速效性钾含量为29.9—83.0ppm, 平均为56.4ppm。看来, 石灰性水稻土属于低钾或缺钾土壤。合理施用钾肥均能取得较好成效。例如, 在全州的大新试验点每亩施用氯化钾15斤作基肥, 每亩可净增稻谷74—128斤(增产8—18%), 在平乐二塘等试验点亦得到了类似的效果。

**铁** 石灰性水稻土中全铁( $Fe_2O_3$ )含量为3.84—8.09%, 平均为5.78%, 与本区淋溶石灰土和红壤近似。有效态铁的含量为20.2—262.0ppm, 平均为77.08ppm, 较缺铁临界值高出2.5—4.5ppm。

土壤剖面中的石灰硬盘层的含铁量与表土近似而明显高于心土和底土。可见, 石灰性水稻土含铁较丰富, 在目前一般情况下不需要施用铁肥。

**铝和钛** 石灰性水稻土中全铝( $Al_2O_3$ )含量为9.74—14.29%, 平均为11.76%略低于同区红壤及淋溶石灰土。石灰性水稻土中全钛( $TiO_2$ )含量为0.73—1.36%, 平均为1.05%, 与淋溶石灰土和红壤极为接近。

## (二)石灰性水稻土中微量元素供应状况

1. 石灰性水稻土中全硼含量为91.4—122ppm, 平均含量为109.8ppm(表1), 高于我国土壤平均含量(64ppm)<sup>[1]</sup>和世界土壤平均含量(20—50ppm)<sup>[2]</sup>。

土壤中有效态硼含量为0.0—0.60ppm, 平均为0.13ppm(表3)。有效态硼占全硼0.2—0.3%。石灰性水稻土的全硼含量有随剖面深度增加而增高的趋势。有效态硼含量, 则随剖面深度增加而降低(表4)。但兴安县的高尚和阳朔的报安一带石灰性水稻土, 在1m深土层内有效态硼含量均极低, 仅为痕迹量。石灰性水稻土全硼含量高而有效态硼含量很低的特点。若以0.5ppm有效态硼作为一般作物缺硼临界值, 那么, 由于石灰性水稻土的有效态硼低于临

表3 石灰性水稻土中有效态微量元素含量\* (ppm)

| B      |              | Mn         |              | Cu        |              | Zn        |              | Mo        |             |
|--------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------------|
| 范围     | 平均           | 范围         | 平均           | 范围        | 平均           | 范围        | 平均           | 范围        | 平均          |
| 0—0.60 | 0.13<br>(19) | 0.20—18.30 | 8.30<br>(16) | 1.20—5.54 | 2.53<br>(20) | 0.29—2.36 | 0.88<br>(28) | 0.01—0.05 | 0.03<br>(7) |

\* 括号内数字为样品数

表4

石灰性水稻土剖面中有效态微量元素含量分布

| 土壤编号采集地点           | 深度(cm) | pH   | 有效态微量元素含量(ppm) |      |      |      |      |      |
|--------------------|--------|------|----------------|------|------|------|------|------|
|                    |        |      | B              | Mn   | Cu   | Zn   | Mo   | Fe   |
| 桂 Ca18<br>平乐二塘     | 0—13   | 7.83 | 0.09           | 12.6 | 5.54 | 1.68 | 0.05 | 70.0 |
|                    | 13—22  | 7.96 | 0.04           | 12.4 | 3.95 | 0.72 |      | 50.0 |
|                    | 22—42  | 8.03 | 痕迹             | 11.1 | 4.30 | 0.73 |      | 50.0 |
|                    | 42—68  | 8.03 | 痕迹             | 8.00 | 4.90 | 0.81 |      | 68.0 |
| 桂 Ca18<br>兴安高岗     | 0—20   | 7.86 | 痕迹             | 12.8 | 2.14 | 0.70 | 0.02 | 51.2 |
|                    | 20—32  | 8.03 | 痕迹             | 10.4 | 1.20 | 0.37 |      | 47.0 |
|                    | 32—43  | 8.03 | 痕迹             | 5.2  | 1.20 | 0.23 |      | 34.0 |
|                    | 43—63  | 7.23 | 痕迹             | 3.6  | 1.02 | 0.22 |      | 37.0 |
| 桂 Ca 6<br>灌阳文市瑶上大队 | 0—13   | 8.0  | 0.30           | 18.8 | 1.82 | 0.57 |      | 30.5 |
|                    | 13—24  | 8.0  | 0.12           | 12.0 | 1.67 | 0.46 |      | 21.5 |
|                    | 24—43  | 8.0  | 0.20           | 14.8 | 0.83 | 0.31 |      | 6.0  |
|                    | 68—78  | 7.8  | 0.24           | 16.3 | 0.20 | 0.18 |      | 3.7  |
| 桂 Ca 7<br>阳朔人荷报安   | 0—12   | 7.83 | 0.28           | 11.1 | 2.62 | 0.80 | 0.04 | 58.6 |
|                    | 12—19  | 8.23 | 0.22           | 4.10 | 1.50 | 0.54 |      | 26.7 |
|                    | 19—30  | 8.32 | 0.14           | 2.70 | 0.70 | 0.63 |      | 4.2  |
|                    | 30—49  | 8.27 | 0.16           | 10.0 | 0.56 | 0.43 |      | 2.8  |
|                    | 49—74  | 8.12 | 0.16           |      |      |      |      |      |

界值,因而属于缺硼土壤。

2. 钼 全钼含量为0.56—1.20ppm,平均为 0.85ppm,低于我国土壤的平均含量(1.70 ppm)<sup>[1]</sup>,亦低于世界土壤平均含量(2.0ppm)<sup>[2]</sup>。即使与本区土壤相比,石灰性水稻土含钼量亦低于红壤而接近于淋溶石灰土。

有效态钼含量为0.01—0.05ppm,平均为0.03ppm。有效态钼占全钼的7%。全钼及有效态钼含量有随剖面深度的增加而增高的趋势。若以0.15—0.20ppm作为判断土壤有效钼的供给丰缺标准,石灰性水稻土则属于有效钼供应极贫乏的土壤。

3. 锰 全锰含量变幅较大,在282—731ppm之间,平均为538ppm,低于我国土壤的平均含量(710ppm)<sup>[1]</sup>,而位于世界土壤平均含量(500—1000ppm)<sup>[2]</sup>的范围内。

有效态锰含量变幅为0.20—18.80ppm,平均为8.30ppm,高于国内外一般缺Mn临界值(1—5ppm)<sup>[3,4]</sup>。有效态锰占全锰的比例为2%—3%。

锰在剖面中有向下迁移的趋势,并在一定层次集聚。例如阳朔报安石灰性水稻土剖面中的硬盘层,含锰高达1253ppm,既超过心土含量(855ppm),亦超过表土(730ppm)一倍以上。

石灰性水稻土中锰的供应一般较充裕,只有个别样点土壤含锰量很低,例如灵川甘棠的石灰性水稻土中有效态锰含量仅0.20ppm,在0—100cm土层内含锰量均在3ppm以下。

4. 铜 石灰性水稻土全铜含量为26.2—47.4ppm,平均为35.4ppm。高于我国土壤平均含量(22.0ppm)<sup>[1]</sup>,而与世界土壤平均含量(15—40ppm)<sup>[2]</sup>较为接近。

有效态铜含量为1.3—5.54ppm,平均为2.53ppm。几乎所有样点含铜量均高于缺铜临界值(0.20ppm)。有效态铜占全铜的比率为6.9%—8.0%。

铜在剖面中分布较均匀,未见有明显移动的迹象。有效态铜则以表土高于心土和底土。在0—50cm土层内通常含铜量较丰富。就目前而言,一般不需要施用铜肥。

5. 锌 石灰性水稻土全锌含量为130.0—195.4ppm, 平均为 170.6ppm, 高于我国土壤平均含量(100ppm)[1], 比世界土壤平均含量(50—100ppm)[2]高出1—2倍。

有效态锌含量较低在0.29—0.36ppm之间, 平均为0.85ppm。低于一般缺锌临界值(0.5—1.0ppm)的样点占82%, 而>1.0ppm的样点仅占18%。有效态锌占全锌的比率为0.3—0.6%, 平均为0.5%。

全锌在剖面中分布较均匀, 没有明显的移动。有效态锌的含量一般以表土最高, 随着剖面深度增加而锐减, 这是一个普遍的规律, 并且对同一剖面而言, 有机质与有效态锌含量之间呈正相关。

石灰性水稻土的有效态锌供应量偏低, 合理施用锌肥可以取得良好的效应。例如灵川公平乡1200亩石灰性水稻土上, 施硫酸锌2斤/亩作基肥, 增产稻谷104斤/亩(增产15.8%); 用0.2%硫酸锌溶液喷施增产稻谷72斤/亩(增产9.1%); 硫酸锌作追肥增产稻谷40斤/亩(增产5.1%)。

(三)施用石灰对土壤和植物体内微量元素的影响

影响土壤中微量元素可给性的因素甚多, 其中最重要的因素是土壤pH。由于施用石灰引起土壤pH值的变化, 进而影响到土壤中微量元素的可供性, 现按元素分述如下:

硼 土壤的pH和有效态B含量的关系十分密切。根据对石灰性水稻土的19个样点的测试, 在pH7.6—8.1的情况下, 土壤有效态硼含量与土壤pH值之间呈负相关, 相关系数达到极显著水准,  $r = -0.63^{**}$ (表5)。说明随着石灰用量的增加, pH值的升高, 土壤中有有效态硼含量减少。

表5 石灰性水稻土的 pH 值与有效态微量元素含量的相关性

| 相 关 项 目     | 相 关 系 数                 | 回 归 方 程 式             |
|-------------|-------------------------|-----------------------|
| pH值与有效态B含量  | $r = -0.63^{**}$ (n=16) | $y = 1.04 - 0.12x$    |
| pH值与有效态Zn含量 | $r = -0.76^{**}$ (n=15) | $y = 3.41 - 0.34x$    |
| pH值与有效态Fe含量 | $r = -0.90^{**}$ (n=17) | $y = 679.83 - 79.74x$ |
| pH值与有效态Cu含量 | $r = -0.37$ (n=17)      | $y = 4.72 - 0.31x$    |
| pH值与有效态Mo含量 | $r = 0.66$ (n=6)        | $y = -0.95 + 0.13x$   |

\* 显著性水准,      \*\* 极显著水准。

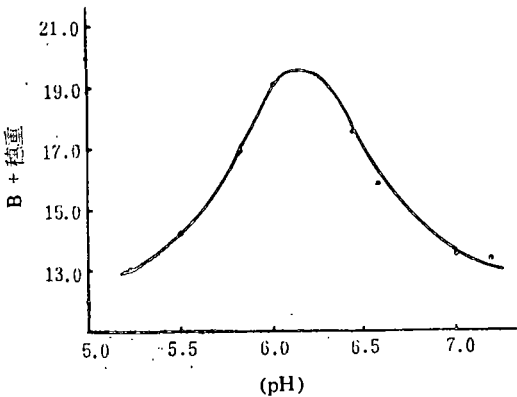


图2 土壤pH与大麦产量和植株体内含B量的关系

为了观察施用石灰对水稻吸收硼的影响, 我们选用了江西第四纪红色粘土发育的水稻土盆栽水稻, 用碳酸钙调节土壤酸度至pH6.5和8.5两级, 当土壤pH值为6.5时, 硼浸种的水稻植株与对照相比差异并不显著, 而当土壤pH值为8.5时, 硼浸种的植株无论在株高、干重、有效分蘖等经济性性状方面皆超过对照处理[4,5]。为了进一步研究不同石灰用量对植物体内含硼量的影响, 使用了第四纪红色粘土发育的壤性水稻土盆栽大麦, 用碳酸钙调节土壤酸度分成五级, 成熟期称穗部、茎叶重量, 并测定土壤pH。在pH5.3—6.0的范围内, 随着石灰用量的增加植株

体内含硼量和产量亦逐渐增高,当土壤pH值达到6.0附近时,植株体内含硼量达到最大值,大麦产量亦最高,随着石灰用量继续增加,植株体内含硼量及大麦产量又复而下降,经正态方程式 $(B + \text{穗重}) = y = 19.1e^{(pH-6.10)^2/8.72 \times 10^{-4}}$ 运算(图2),在pH6.0—6.3之间,大麦穗重和植株体内含硼量皆达到最大值。

从以上的研究结果说明当土壤pH值位于酸性范围内(pH5.3—6.0),水稻吸收硼量随着石灰用量增加而增加,但在碱性范围内(pH7.5—8.13)随着石灰用量的增加植物吸收硼量则减少。虽然不同作物生长的最适pH值范围不一致,但过量施用石灰均会导致“诱发性缺硼”特别是在石灰性水稻土区,土壤中有效态硼含量均很低,水稻植株含硼量亦很低,其上生长的肥田萝卜菜(绿肥)含硼量为19.8ppm,低于一般缺硼临界值。因而在石灰性水稻土区应重视施用硼肥。

**锌** 石灰性水稻土的pH值与有效态锌含量之间呈负相关,相关系数达到极显著水准( $r = -0.76^{**}$ )。随着石灰用量的增加,土壤有效态锌含量下降。例如阳朔报安的石灰性水稻土在连续施用两年石灰200斤/亩·年后,土壤pH从7.9上升至8.1,而土壤中有效态锌含量则从0.92ppm下降至0.82ppm。

石灰性水稻土上生长的水稻,其茎叶含锌量为18.75—38.76ppm,常低于缺锌临界值,说明土壤锌的供应量偏低。

**钼** 钼是微量元素中因施用石灰反而提高其有效性的唯一元素。根据对六个样点土样的测试,石灰性水稻土的pH值与土壤中有效态钼含量之间具有一定的正相关。施用石灰提高了土壤pH值,也相应地改善了土壤有效态钼的供应状况,提高了植物对钼的吸收量。正如表6所示,随着石灰用量的增加,稻株含钼量亦增加,当石灰用量达200斤/亩时,稻株含钼量从0.19ppm提高到0.28ppm,吸收量几乎提高了50%。但是石灰性水稻土区的全Mo含量

表6 施用石灰对水稻茎叶某些营养元素含量的影响

| 处 理      | B<br>(ppm) | Mo<br>(ppm) | Cu<br>(ppm) | Ca<br>(%) | Mg<br>(%) | P<br>(%) | K<br>(%) |
|----------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
| CK(不施石灰) | 0.68       | 0.19        | 2.50        | 0.21      | 0.20      | 0.096    | 2.22     |
| 100斤石灰   | 0.66       | 0.21        | 2.29        | 0.40      | 0.23      | 0.096    | 1.43     |
| 200斤石灰   | 0.66       | 0.28        | —           | 0.50      | 0.25      | 0.100    | 1.51     |
| 300斤石灰   | 痕迹         |             |             |           |           |          |          |

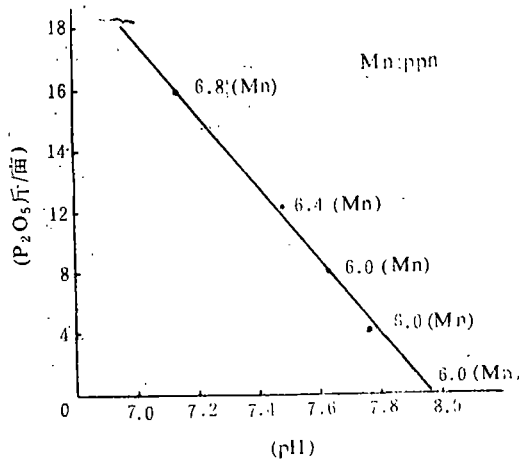


图3 过磷酸钙用量对土壤pH和有效态Mn的影响

很低(平均0.85ppm),只及全国土壤平均含量(1.7ppm)的一半,有效态Mo含量也很低(平均0.03ppm)属于含Mo量低的土壤类型,所以其上生长的水稻茎叶含Mo量亦偏低(0.13—0.19ppm)。即使施用石灰,也很难从根本上改善Mo的供应状况。

**锰** 石灰性水稻土的pH值与有效态锰含量之间亦有一定的负相关。随着石灰用量增加,pH的升高,有效态锰有减少的趋势。相反,施用过磷酸钙(生理酸性肥料),土壤pH值将有所下降,有利锰的溶解,使土壤中有效态锰含量增加(图3)。

铜 在阳朔报安的试验表明,石灰性水稻土在连续施用石灰(200斤/亩·年)两年,土壤中的有效铜从2.89ppm下降至2.72ppm,当连续施用石灰(100斤/亩·年)两年,水稻茎叶含Cu量从2.50ppm下降至2.29ppm(表6),在以玄武岩发育的砖红壤上进行的大麦盆栽试验也得到了相似的结果,如用石灰调节土壤酸度,当土壤pH从4.9上升至7.4时,大麦叶片含Cu量亦从7.48ppm下降至6.36ppm,说明该土壤Cu的有效性仍与土壤pH的变化有关。

铁 根据对石灰性水稻土区17个样点的测定,土壤pH值与有效Fe含量之间亦呈负相关, $r = -0.90^{**}$ 达到极显著水准。通常在pH高的碱性和石灰性土壤上容易出现缺铁症。但据野外考察和室内化学分析结果来看,石灰性水稻土中有效态铁含量均在临界值以上,稻株含Fe量(121.7—289.3ppm),亦处于正常范围之内,目前尚未发现有明显的缺铁迹象。

还应该提及的是,施用石灰在提高土壤pH的同时,还增加了土壤中钙离子的浓度。稻株体内含钙量亦随石灰用量增加而增高。例如阳朔报安点的田间试验表明,生长在不施石灰的土壤中的水稻植株含钙量为0.2%,生长在施用石灰100斤/亩土壤上的稻株为0.4%,施用石灰200斤/亩的为0.50%。由于石灰常含有Mg,在连续大量施用石灰的同时,Mg亦进入土壤,因而稻株体内含Mg量亦有增多的趋势。特别值得注意的是,随石灰用量的增加,稻株体内含钾量却从2.22%下降至1.43—1.51%,较原含量下降了32—36%,特别是在有效态钾供应不足的石灰性水稻土区对这一现象应给予足够的注意。

### 三、小 结

1. 石灰性水稻土是一种呈碱性至强碱性反应,含钙量很高的土壤类型。土壤中CaCO<sub>3</sub>含量4.48—38.64%,并且集中于剖面上部0—30cm,特别是0—20cm处。土壤中游离态CaCO<sub>3</sub>(含量范围为15.48—31.36%)和MgCO<sub>3</sub>(含量范围0.57—2.39%)含量亦高,比同区石灰土高出10—20余倍以上,也是集中于剖面上部。

2. 土壤全K含量并不丰富,速效性K及缓效性K含量却常低于缺钾临界值,属于低K区。土壤中微量元素(B、Mn、Cu、Zn、Co、Ni、V)的全量比较丰富,但其有效性B、Zn含量却较低,并且他们与全量的比率很小,说明B、Zn的有效性低。土壤中全Mo及有效态Mo含量均很少,因而石灰性水稻土区属于B、Zn、Mo供应不足的土壤类型。

3. 石灰性水稻土的pH值与有效态B、Zn、Fe、Mn等元素呈负相关,而与有效态Mo呈正相关。若在石灰性水稻土上施用石灰,则降低水稻对K以及对B、Zn、Cu等元素的吸收量,而增加对Mo及Ca、Mg的吸收量。

4. 对于石灰性水稻土区,除了应停止施用石灰外,还应注意经济合理地施用K肥及微量元素(B、Zn、Mo)肥料,以及重视选择适合的肥料品种和进行轮作晒田<sup>[6,7]</sup>等,以利于提高石灰性水稻土自身供应养分的能力。

### 参 考 文 献

- [1]中国科学院南京土壤研究所主编,中国土壤。405—416页,科学出版社,1978。
- [2] Aubert H. and M. Pinta., Trace elements in soil. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam—Oxford—New York 1977。
- [3] 袁可名著,植物营养元素的土壤化学。381—416页,科学出版社,1983。
- [4] 刘铮、欧阳洮、朱其潜、孙秀廷、徐俊祥、邢光焱,华中丘陵地区红壤中微量元素的供给状况与作物生长的关系。土壤,第2期,76—85页,1975。(下转第254页)

表3

石灰用量对作物生长的影响

| 处 理             | 株 高<br>(厘米) | 第一次分枝数<br>(个) | 根瘤状况  | 作 物 长 势             |
|-----------------|-------------|---------------|-------|---------------------|
| L <sub>0</sub>  | 28.2        | 2.5           | 少量、小  | 茎上部粗、老化卷缩、叶淡紫、叶尖枯黄。 |
| L <sub>3</sub>  | 26.3        | 3.8           | 较多、较大 | 叶色正常、长势较好。          |
| L <sub>6</sub>  | 29.0        | 4.8           | 多、大   | 叶色正常、长势良好。          |
| L <sub>9</sub>  | 28.3        | 2.7           | 少量、小  | 心叶淡紫，下部叶暗绿          |
| L <sub>12</sub> | 24.3        | 2.4           | 少量、小  | 叶严重紫色，枯黄、直立。        |
| L <sub>15</sub> | 24.2        | 2.0           | 很少、小  | 心叶枯萎、卷缩、直立。         |

处理增加了46.4%，比L<sub>0</sub>处理的增加升了29.5%。而L<sub>15</sub>处理的作物根系生长最差，根系短而较粗，根量也最低，较L<sub>0</sub>处理的根重降低了43.7%。Barher认为，作物根系是影响磷素吸收的最为重要的参数。但随石灰用量的增加，土壤吸附磷量增加，严重地限制了磷肥效果的发挥，减少作物可利用的磷素。

根据我们的试验，石灰用量似以使土壤pH调节在6.1左右为宜，当石灰施用量使土壤pH上升至6.9时，磷肥效果大大降低。

表4 石灰用量对作物根系重量的影响

| 处 理       | L <sub>0</sub> | L <sub>3</sub> | L <sub>6</sub> | L <sub>9</sub> | L <sub>12</sub> | L <sub>15</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 根系干重(克/盆) | 1.348          | 1.974          | 2.119          | 1.524          | 1.048           | 0.759           |

### 三、小 结

旱地红壤施用石灰在湿润状态下，土壤吸磷强度随石灰用量的增加而增大；土壤有效磷含量则随石灰用量的上升而下降。旱地红壤施用石灰后，经过干湿交替过程再施用磷肥，土壤吸磷量较未施石灰处理明显下降，土壤有效磷含量显著上升。

旱地红壤施用适量石灰，可中和土壤酸度，改善作物根系生长环境条件，扩大根系吸收面积，增加了作物根系对土壤磷素的吸收能力，提高了磷肥效果。石灰施用量以使土壤pH调节至6.1左右为宜，用量过大，土壤pH达到中性时，作物产量和磷肥利用率都显著下降。

### 参 考 文 献

- [1] Haynes, 酸性土壤施用石灰与磷酸盐的有效性(评述), 国外农学-土壤肥料, (2):39-43页, 1984。
- [2] Kamprath 等, 施石灰对土壤养分有效性的影响。土壤农化(参考资料), (6):29-40页, 1976。
- [3] K. 门格尔, 植物营养与施肥原理, 65-68页。农牧渔业部教育司、西北学院, 1983。
- [4] Haynes, Sil Science, Vol. 135, No. 4:22 :-227, 1983。
- [5] 刘淑欣, 熊德中, 福建省主要土类固磷强度的研究, 福建农学院学报, 21-33页, 1期, 1983。

(上接第238页)

- [5] 龚子同第著, 华中亚热带土壤。163-169页, 湖南出版社, 1983。
- [6] 欧阳洮、钱承樑、李贵, 湖南衡阳盆地土壤中锌的地球化学特征及其与植物生长的关系。土壤学报, 21卷1期45-57页, 1984。
- [7] N. S. Randhawa and J. C. Katyal, Transaction of 12TH International Congress of Soil Science Symposia Paper II. Vol. 3, 192-211, New Delhi India, 1982。