

# 水泥窑灰钾肥在红壤及红壤性水稻土 上肥效的初步研究\*

何电源 錢承樑 賈 义 韓玉勤

(中国科学院土壤研究所)

水泥窑灰作钾肥或钾、钙混合肥料施于旱地作物上,在国外,尤其是在缺少天然钾盐资源的国家中,已经得到广泛的利用<sup>1)</sup>。针对我国的具体情况,水泥窑灰的肥效和作用如何?尚需进行广泛的试验研究。1965年初,中央建筑材料部建筑材料研究院希望明确国产水泥窑灰在我国农田上的肥效,为此,我们根据以往关于钾肥的研究资料<sup>1)2)</sup>,确定在红壤区的基点进行大田试验,同时,在南京本所进行了盆栽和室内研究,以下是我们研究的情况和初步结果。水泥窑灰都由建筑材料研究院供给。

## 一、供试作物及试验处理

考虑到我国南方需钾地区的主要农作物是水稻,因此确定以水稻为重点,同时用花生、黄豆和旱稻进行了一些大田和盆栽试验,试验共分以下五个处理:

(1) 对照:田间小区试验按每亩施过磷酸钙 40 斤(早稻)和 30 斤(晚稻)及牛栏粪水 30 担作基肥,硫酸铵 40 斤作耙面肥和追肥。大田对比试验按当地农民施肥量施入绿肥及氮、磷肥。盆栽试验按每盆 6.5 公斤土,加入  $P_2O_5$  0.4 克作基肥,  $N$  1.0 克作基、追肥(分四次施用)。花生和黄豆试验只施磷肥及火烧土。

(2) 石灰:除按对照的肥料用量施用氮、磷肥和有机肥以外,大田对比试验按每亩施用石灰 25 斤(相当于水泥窑灰 75 斤中所含的氧化钙),盆栽试验按每盆施 2.38 克  $CaO$ (相当于琉璃河水泥窑灰 6.86 克所含的氧化钙)。

(3) 钾肥:除施用对照加入的氮、磷肥及有机肥以外,田间小区试验按每亩施硫酸钾 17 斤,大田对比试验按每亩施硫酸钾 20 斤,盆栽试验按每盆施入 0.7 克  $K_2O$  的硫酸钾。

(4) 石灰+钾肥:氮、磷肥及有机肥用量同处理 1,石灰和钾肥用量同处理 2 及 3。

(5) 水泥窑灰<sup>3)</sup>:除按处理 1 施用氮、磷肥和有机肥以外,小区试验按每亩施水泥窑灰 75 斤(相当于含  $K_2O$  8.25 斤)。大田对比试验施 90、96 或 100 斤。盆栽试验根据窑灰中的  $K_2O$  含量,按每盆施入 0.7 克  $K_2O$  计算,琉璃河水泥窑灰每盆用 6.86 克,启新水泥窑灰每盆用 6.67 克。

\* 本项工作由李庆远教授负责指导,在广东的试验由本所湛江工作组负责进行,参加田管的尚有李荫明、王振荣、曹翠玉等同志。在浙江的试验由本所金华工作组负责进行。

1) 建筑材料工业部建筑材料研究院:水泥窑灰钾肥(文献总述)。油印本,1964年。

2) 中国科学院土壤研究所农化室钾素专题组:1962—1964年工作小结。

3) 各批窑灰含  $K_2O$  及  $CaO$  量尚不一致,目前用的窑灰一般含  $K_2O$  10—13.5%,  $CaO$  32—35%。

田间小区试验和盆栽试验就上述五个处理全部进行,大田试验只选择处理 1、3 及 5 进行试验,小区试验重复 3—6 次,盆栽试验重复 4 次,大田对比试验以田块为单位重复 2—5 次或不重复。

我们采用上述这些处理的目的是企图区分水泥窑灰施用在各种土壤上对不同作物产生的肥效究竟是钾的作用还是钙的作用,同时还想了解除钾和钙以外,窑灰中的其他成分对作物是否也有肥效。

## 二、水稻田间试验情况及结果

水稻田间试验分别在广东的化州县、湛江市和吴川县以及浙江的金华县进行,这些地方的土壤农化性质见表 1。化州县的土壤对粤西北部和广西东南部的土壤具有一定的代表性,象这种土壤估计约有 600 万亩。湛江市郊区的土壤对雷州半岛、海南岛北部和福建南部的土壤具有一定的代表性。金华县的土壤在浙西红黄壤丘陵区及江西某些地方具有一定的代表性。

表 1 水泥窑灰钾肥大田试验土壤的一般农化性质

| 地 点         | 土壤名称            | 成土母质       | 土壤<br>代号 | pH<br>(水提) | 有机质<br>(%) | 全氮<br>(%) | 全磷<br>( $P_2O_5$<br>%) | 有效磷<br>(ppm) | 全钾<br>(K %) | 各种形态的钾<br>(毫克/100 克土)* |          |          |          |
|-------------|-----------------|------------|----------|------------|------------|-----------|------------------------|--------------|-------------|------------------------|----------|----------|----------|
|             |                 |            |          |            |            |           |                        |              |             | 无效<br>性钾               | 迟效<br>性钾 | 中效<br>性钾 | 速效<br>性钾 |
| 广东化州<br>县   | 富铝化红壤<br>性水稻土   | 花岗-片<br>麻岩 | C        | 5.34       | 3.37       | 0.175     | 0.015                  | 测不出          | 0.446       | 208                    | 221.6    | 13.6     | 2.8      |
| 广东湛江<br>市郊区 | 砖红壤性水<br>稻土     | 凝灰岩        | B        | 5.18       | 1.46       | 0.106     | 0.024                  | 测不出          | 0.403       | 251                    | 143.6    | 5.4      | 3.0      |
| 浙江金华<br>县   | 红壤性水稻<br>土(淤浆土) | 红色粘土       | E        | 5.11       | 1.85       | 0.120     | 0.032                  | 7.53         | 0.830       | 206                    | 603.6    | 13.0     | 7.4      |

\* 关于钾素形态分级的说明,参考文献[1]。

在广东化州县环城公社的田间小区试验,早稻于 1965 年 4 月 13—14 日插秧,5 月 3 日、13 日和 31 日追施氮肥。前、中期各处理的水稻生长都很正常,施用钾肥和水泥窑灰的稻株一般都比未施的稻株高一些。后期发现未施钾肥或水泥窑灰的水稻叶片都有类似胡麻斑病一样的病斑出现,罹病的植株都有早衰、早熟的现象,植株高度也比施钾肥的低得多(见照片 I),故提前于 7 月 1 日收获。施用钾肥或水泥窑灰的水稻,后期生长仍很健壮,叶片无斑点出现,成熟期较迟,稻穗较大,籽实饱满,故延至 7 月 9 日才收获。晚稻于 8 月 4 日插秧,8 月 18 日、9 月 4 日和 10 月 3 日追施氮肥,水稻生长期内表现出与早稻相似的趋势,由于这个品种已由矮秆退化成高秆,各处理间水稻的生长高度差异没有早稻明显,成熟时大部分稻株都倒伏了,故全部都于 11 月 15 日收获。现将二期水稻的试验结果列于表 2。

试验证明了在土壤钾素供应不足的情况下,对水稻施用钾肥或水泥窑灰可使早稻获得显著的增产。早稻每亩施用 75 斤水泥窑灰,比对照增产 68.7%,平均每斤水泥窑灰增产稻谷 2.87 斤;每亩施用 17 斤硫酸钾,比对照增产 76.0%,平均每斤钾肥增产稻谷 14 斤。晚稻继续施用同量的水泥窑灰,比对照增产 36.0%,平均每斤窑灰增产稻谷 1.92 斤,继续施用同量的钾肥,比对照增产 32.5%,平均每斤钾肥增产稻谷 7.65 斤,虽然,钾肥在



左: 对照;

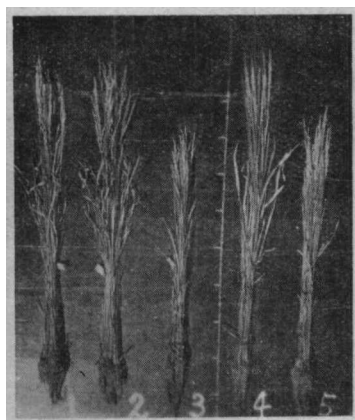
右: 水泥窑灰处理。



左: 石灰处理;

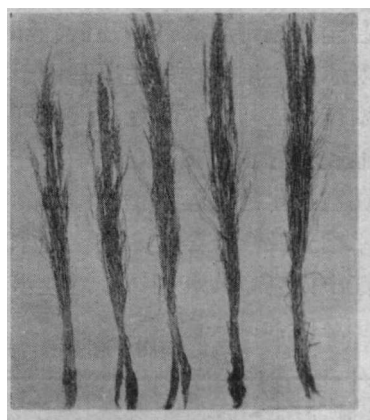
右: 钾肥处理。

照片 1A 水泥窑灰钾肥田间小区试验



早 稻

1. 钾肥+石灰; 2. 水泥窑灰;  
3. 对照; 4. 硫酸钾; 5. 石灰。



晚 稻

由左到右: 对照; 石灰; 硫酸钾;  
钾肥+石灰; 水泥窑灰。

照片 1B 水泥窑灰钾肥田间试验水稻植株照片

表 2 水泥窑灰钾肥田间小区试验水稻农艺性状及产量测定结果

| 土壤名称      | 肥力水平 | 试验地点          | 作物    | 处 理   | 平均株高 | 有效穗数  | 穗长   | 空瘪率   | 千粒重   | 稻谷产量(0.1亩) |        |       | 高秆产量(0.1亩) |        |       | 最小显著平准   |          |
|-----------|------|---------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------------|--------|-------|------------|--------|-------|----------|----------|
|           |      |               |       |       | (厘米) | (穗/穴) | (厘米) | (%)   | (克)   | 小区产量(斤)    | 增产(斤)  | 为对照%  | 小区产量(斤)    | 增产(斤)  | 为对照%  | 稻谷斤/0.1亩 | 高秆斤/0.1亩 |
| 富铝化红壤性水稻土 | 低    | 广东化州市环城公社和化大队 | 早稻珍珠矮 | 对照    | 57.7 | 10.8  | 19.4 | 23.14 | 23.14 | 31.3       | —      | 100   | 56.3       | —      | 100   | 1%:4.83  |          |
|           |      |               |       | 石灰    | 59.7 | 9.9   | 20.1 | 22.63 | 23.75 | 37.2       | 5.9**  | 118.8 | 58.0       | 1.7    | 102.3 | 5%:3.32  |          |
|           |      |               |       | 水泥窑灰  | 77.0 | 8.6   | 21.8 | 7.93  | 26.44 | 52.8       | 21.5** | 168.7 | 60.7       | 4.4    | 107.1 |          | 1%:14.72 |
|           |      |               |       | 硫酸钾   | 79.7 | 8.7   | 22.0 | 8.83  | 27.12 | 55.1       | 23.8** | 176.0 | 66.3       | 10.0   | 117.8 |          | 5%:10.12 |
|           |      |               |       | 钾肥+石灰 | 78.1 | 8.6   | 21.9 | 7.68  | 26.76 | 52.7       | 21.4** | 168.3 | 67.0       | 10.7*  | 126.4 |          |          |
|           |      |               | 晚稻溪南矮 | 对照    | 82.8 | 9.8   | 19.6 | 17.70 | 20.86 | 40.0       | —      | 100   | 64.0       | —      | 100   | 1%:7.68  |          |
|           |      |               |       | 石灰    | 80.4 | 10.5  | 19.5 | 13.82 | 21.34 | 38.2       | -1.8   | 95.5  | 57.0       | -7.0   | 89.1  | 5%:5.28  |          |
|           |      |               |       | 水泥窑灰  | 88.9 | 11.1  | 20.7 | 10.58 | 22.24 | 54.4       | 14.4** | 136.0 | 95.4       | 31.4** | 149.1 |          | 1%:29.59 |
|           |      |               |       | 硫酸钾   | 87.6 | 11.2  | 20.6 | 9.94  | 22.96 | 53.0       | 13.0** | 132.5 | 99.5       | 35.5** | 155.5 |          | 5%:20.34 |
|           |      |               |       | 钾肥+石灰 | 87.7 | 10.8  | 20.4 | 9.68  | 22.06 | 52.3       | 12.3** | 130.8 | 102.2      | 38.2** | 159.7 |          |          |

早稻的增产幅度比水泥窑灰略高,但在晚稻的增产幅度则低于水泥窑灰,说明水泥窑灰的后效较长。

从农艺性状的测定中可以看到,钾肥和水泥窑灰对增加水稻植株的高度虽有一定的作用,但是对水稻的增产作用主要是增加了籽实的饱满度和重量,降低了空瘪率,因而使稻谷产量显著增加。

为了验证小区试验结果,我们在小区临近试验的大田中施用了水泥窑灰钾肥,尽管这块田施用了较多的花生藤,但每亩施用 90 斤水泥窑灰仍比对照增产稻谷 25.9%,折合每亩增产水稻 110.9 斤(对照每亩产稻谷 428.6 斤),平均每斤窑灰增产稻谷 1.23 斤,说明水泥窑灰在一般农家的施肥和管理情况下对水稻的增产仍然是显著的。

对于种在富铝化红壤性水稻土上的水稻来说,施用相当于 75 斤水泥窑灰中所含的石灰,虽然早稻得到了明显的增产(这一点与盆栽试验略有出入),但晚稻产量则比对照还低。再从施钾肥处理的水稻产量与施水泥窑灰的水稻增产幅度相近,石灰加钾肥处理的水稻产量甚至比施钾肥的产量还低(低的原因可能是地力不均匀)这二点来看,可以认为:水泥窑灰对水稻的增产作用主要是由于其中的钾素成分。试验结果还说明:石灰加钾肥的处理其增产幅度与窑灰相近。因此可以设想:对于这类土壤来说,水泥窑灰中除钾、钙以外的其他成分对水稻没有起到增产作用。

除了在富铝化红壤性水稻土得到比较明确的结果以外,在广东的湛江市郊和吴川县的砖红性水稻土及浙江金华的红壤性水稻土上也得到了初步的结果。

在湛江市郊麻章公社的砖红壤性水稻土上,布置了五块田,共 10 亩左右的晚稻大田

表 3 水泥窑灰钾肥大田对比试验水稻产量结果

| 土壤名称        | 成土母质    | 肥力水平 | 试验地点              | 水稻品种    | 试验处理         | 稻谷产量      |           |          | 备 考                              |
|-------------|---------|------|-------------------|---------|--------------|-----------|-----------|----------|----------------------------------|
|             |         |      |                   |         |              | 亩产<br>(斤) | 增产<br>斤/亩 | 为对照<br>% |                                  |
| 砖红壤性水稻土     | 凝灰岩或玄武岩 | 低    | 广东湛江市郊麻章公社        | 晚稻木泉种   | 对 照          | 442.9     | —         | 100      | 本试验布置了五块田,共10亩,结果为平均数            |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 90 斤/亩  | 487.5     | 44.6      | 108.5    |                                  |
|             |         |      |                   |         | 硫酸钾 20 斤/亩   | 494.4     | 51.5      | 111.8    |                                  |
| 砖红壤性水稻土     | 冲积物     | 中偏低  | 广东吴川县吴阳公社         | 晚稻溪南矮   | 对 照          | 445.6     | —         | 100      | 本试验进行一块田,共 2 亩左右                 |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 100 斤/亩 | 507.1     | 61.5      | 113.9    |                                  |
| 红壤性水稻土(赤浆土) | 红色粘土    | 中    | 浙江金华平水殿农场         | 早稻矮脚南特  | 对 照          | 506.2     | —         | 100      | 本试验只进行一块,另用氯化钾在同类土壤上布置了几块,增产幅度相近 |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 96 斤/亩  | 579.4     | 73.2      | 114.5    |                                  |
|             |         |      |                   |         | 硫酸钾 20 斤/亩   | 597.2     | 91.0      | 118.0    |                                  |
|             |         | 低    | 浙江金华杨梅壩大队(属平水殿农场) | 中稻红谷种   | 对 照          | 430.0     | —         | 100      | 本试验只进行一块,无重复                     |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 96 斤/亩  | 430.0     | —         | 100      |                                  |
|             |         |      |                   |         | 硫酸钾 20 斤/亩   | 430.0     | —         | 100      |                                  |
|             |         | 中    | 浙江金华平水殿农场         | 晚稻农垦 58 | 对 照          | 559.0     | —         | 100      | 与早稻不同一块田                         |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 96 斤/亩  | 604.0     | 45.0      | 108.1    |                                  |
|             |         |      |                   |         | 硫酸钾 20 斤/亩   | 630.0     | 71.0      | 112.7    |                                  |
|             |         | 低    | 浙江金华泽口公社泽口大队      | 晚稻农垦 58 | 对 照          | 439.0     | —         | 100      |                                  |
|             |         |      |                   |         | 水泥窑灰 96 斤/亩  | 469.0     | 30.0      | 106.8    |                                  |
|             |         |      |                   |         | 硫酸钾 20 斤/亩   | 494.0     | 55.0      | 112.5    |                                  |

对比试验, 水稻于 8 月中旬插秧, 11 月下旬收获。在水稻生长期內, 各处理间的水稻高度, 只有一块田可看出明显的差异, 其余四块田均看不出差异; 但在接近收获时期, 凡是施了水泥窑灰和钾肥的田块, 水稻长相都稍好, 稻谷产量全部都比对照高。在吳川县吳阳公社布置了一块大田 (2 亩左右) 对比试验, 对照田除施有氮、磷肥外, 还施有与 100 斤水泥窑灰所含氧化钙相等的石灰, 水稻于 8 月中旬末插秧, 11 月底收获, 施用水泥窑灰的水稻在长相上比对照的水稻青秀老健一些, 在高度上没有差异。在浙江金华平水殿农场的大田对比试验, 早稻于 1965 年 5 月上旬插秧, 8 月初收获, 中稻于 5 月 19 日插秧, 8 月中收获。连作晚稻于 8 月中插秧, 11 月中旬末收获, 在早、晚稻生长期內, 各处理的水稻高度略有差异, 施有钾肥和水泥窑灰的稻穗都大一点。中稻则看不出差异。茲将各地大田对比试验的产量结果列入表 3。

从表 3 可看出, 对水稻施用水泥窑灰 (每亩 90—100 斤) 后, 一般比对照增产 7—14.5%, 折合每亩增产稻谷 30—73 斤, 施用硫酸钾后, 一般比对照增产 12—18%, 折合每亩增产稻谷 51—91 斤。由于田块內上、下水的肥力差异较大, 各块田的肥力也不一致, 无法通过统计来消除土壤肥力的差异。因此必须进一步布置更精确的试验以肯定肥料的作用。

### 三、旱地作物田間試驗經過及結果

为了明确水泥窑灰在旱作土壤上对旱地作物施用的肥效, 我们在三种成土母质发育的红壤上布置了试验。在广东化州县环城公社和化大队的试验, 布置在河流冲积物发育的富铝化红壤上, 花生于 1965 年 3 月 22 日播种, 7 月 21 日收获, 黄豆于 7 月下旬播种, 10 月初收获。在化州县官桥公社朱曲墪生产队的试验, 布置在云母片岩发育的红壤上, 土壤中含云母较多。花生于 3 月 10 日播种, 7 月 2 日收获, 黄豆于 7 月上旬播种, 9 月下旬收获。在湛江市郊麻章公社花村三队的试验, 布置在凝灰岩发育的砖红壤性水稻土 (上半年种旱作, 下半年种水稻) 上, 花生于 3 月 8—9 日播种, 7 月 25 日收获。在种植旱地作物时, 当地农民都有施用火烧土的习惯, 故各试验在播种时都按每亩施 20 担火烧土。在花生生长期內, 三个试验都可看出: 凡是施用水泥窑灰和石灰的处理, 花生植株都比较高。由于 1965 年上半年在湛江地区的雨水特多, 在化县环城公社特别是湛江市郊麻章公社的花生试验都经常被水浸淹, 在被水浸淹的情况下, 花生只长果壳, 不长籽实, 故空壳率极高, 籽实的产量极低。只有朱曲墪生产队的试验位于丘陵坡地上, 故花生生长正常, 试验结果也比较明确。在黄豆生长期內, 天气正常, 在化州的二个试验都可看出: 凡是施用水泥窑灰和石灰的处理, 植株健壮, 较高大, 当对照植株的叶子都已衰黄时, 施用水泥窑灰和石灰的黄豆植株仍有部分叶片现出青绿色, 豆荚也较大且多, 现将三个花生试验和二一个黄豆试验的产量结果列入表 4。

在三个花生试验中, 水泥窑灰对花生茎叶的产量都有极显著的作用, 但对花生果实的增产作用只有在片岩发育的富铝化红壤上的试验达到了显著水平, 平均比对照增产 36%, 折合每亩增产鲜花生 76 斤。其他二个被水淹过的试验, 水泥窑灰对花生果实的增产都未达显著水平。在二个黄豆试验中, 水泥窑灰对黄豆籽实和茎叶都有极显著的作用, 分别比对照增产豆子 53.6% 和 47%, 折合每亩增产黄豆 25 斤和 23 斤。石灰在河流冲积物发育

表 4 水泥窑灰和钾肥对花生及黄豆的效应

| 试验地点            | 土壤名称  | 成土母质  | 试验时间        | 作物品种    | 测定项目           | 处 理  |       | 硫酸钾或(氯化钾) | 水泥窑灰   | 钾 肥 + 石 灰 | 最小显著平准 |      | 备 考     |
|-----------------|-------|-------|-------------|---------|----------------|------|-------|-----------|--------|-----------|--------|------|---------|
|                 |       |       |             |         |                | 对照   | 石灰    |           |        |           | 1%     | 5%   |         |
| 广东化州环城公社和化大     | 富铝化红壤 | 河流冲积物 | 3月20日—7月21日 | 花生(狮头企) | 果实产量(干)斤/0.1亩  | 11.9 | 12.7  | 11.4      | 13.2   | 11.7      | 4.0    | 3.2  | 本试验重复3次 |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    | 0.8   | -0.5      | 1.3    | -0.2      |        |      |         |
|                 |       |       | 7月—10月      | 黄豆      | 茎叶产量(鲜)斤/0.1亩  | 91.0 | 109.0 | 95.2      | 111.3  | 108.3     | 21.7   | 14.9 | 本试验重复3次 |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    | 18.0* | 4.2       | 20.3*  | 17.3*     |        |      |         |
| 广东化县官社圩大曲塘生产队   | 富铝化红壤 | 云母片岩  | 3月10日—7月2日  | 花生(珠豆)  | 果实产量(鲜)斤/0.05亩 | 10.5 | —     | 10.7†     | 14.3   | —         | 2.09   | 1.77 | 本试验重复6次 |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    |       | 0.2       | 3.8**  |           |        |      |         |
|                 |       |       | 7月—9月       | 黄豆      | 茎叶产量(鲜)斤/0.05亩 | 53.1 | —     | 53.4      | 65.5   | —         | 5.48   | 3.85 | 本试验重复6次 |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    |       | 0.3       | 12.4** |           |        |      |         |
|                 |       |       |             |         | 子实产量(干)斤/0.05亩 | 2.33 | —     | 2.34      | 3.58   | —         | 0.55   | 0.39 |         |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    |       | 0.01      | 1.25** |           |        |      |         |
| 广东湛江市郊区麻章公社花村三队 | 砖红壤   | 凝灰岩   | 3月—7月       | 花生(狮头企) | 茎秆产量斤/0.05亩    | 3.83 | —     | 3.82      | 5.45   | —         | 0.78   | 0.55 | 本试验重复5次 |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    |       | -0.01     | 1.62** |           |        |      |         |
|                 |       |       |             |         | 果实产量(干)斤/0.05亩 | 2.68 | 3.27  | 2.84      | 3.21   | 2.90      | 未统计    | 未统计  |         |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    | 0.59  | 0.16      | 0.53   | 0.22      |        |      |         |
|                 |       |       |             |         | 茎叶产量(鲜)斤/0.05亩 | 3.61 | 32.9  | 41.3      | 50.8   | 40.2      | 12.03  | 8.73 |         |
|                 |       |       |             |         | 与对照相比          | —    | -3.2  | 5.2       | 14.7** | 4.1       |        |      |         |

† 本季试验每亩用 25 斤氯化钾, 第二季用硫酸钾 17 斤。

的富铝化红壤上,对花生茎叶有明显的增产作用,对果实的增产都未达显著程度;对黄豆籽实和茎叶都有极显著的增产作用,平均比对照增产豆子 31%,折合每亩增产黄豆 15 斤。单施钾肥无论对花生或黄豆的茎叶和籽实都未产生明显的作用。石灰和钾肥混施对花生和黄豆的效果与单施石灰的差不多,但都比水泥窑灰的作用小,这些情况说明水泥窑灰在这三种土壤上对花生和黄豆的肥效是由于其中所含石灰和其他成分的作用而不是钾的作用。关于钾肥为什么对花生和黄豆没有产生明显的增产,以及窑灰中除钙以外究竟哪些成分还对花生和黄豆有作用,在今后工作中将继续试验研究。但是,如果窑灰对旱作花生和黄豆的主要作用是其中的钙,那么,在石灰供应比较容易的地区,将窑灰作为石灰施用,在经济上是不够合理的。

#### 四、盆栽试验和室内分析结果

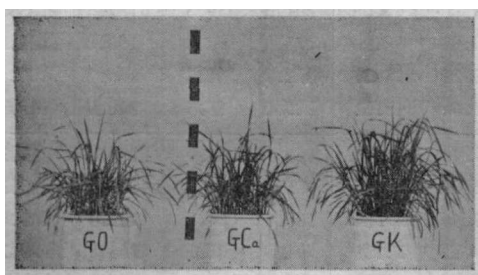
为了比较正确的阐明水泥窑灰施用在不同土壤上对水、旱稻的作用和有效性,我们选择富铝化红壤、砖红壤及富铝化红壤性水稻土等三种土壤进行了盆栽试验。富铝化红壤性水稻土与田间小区试验的土壤农化性质一致,二种旱作土壤的一般农化性质列入表 5。

旱稻盆栽于 4 月初播种,7 月下旬收获。种在富铝化红壤上的旱稻在真叶出现后不久,施用钾肥和水泥窑灰的植株即表现出粗壮,叶色深绿;至分蘖盛期,施用钾肥及钾、钙肥的植株都有披叶现象,而施用水泥窑灰的植株则生长挺拔,无披叶,叶色特别浓绿,至抽穗扬花期旱稻在颜色上的差异即逐渐消失,但施用钾肥及窑灰的植株都比施用石灰及对

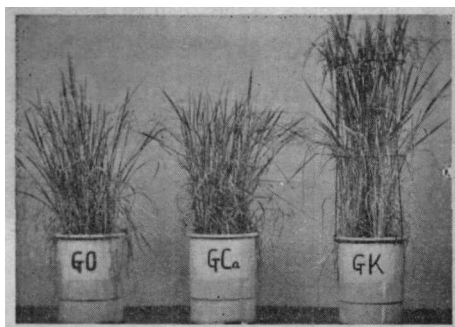
表 5 水泥窑灰钾肥早稻盆栽试验的土壤农化性质

| 土壤名称            | 成土母质   | pH<br>(水提) | 有机质<br>(%) | 全氮<br>(N%) | 全磷<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %) | 有效磷<br>(ppm) | 全钾<br>(K%) | 各种形态的钾<br>(K 毫克/100克土) |       |     |     |
|-----------------|--------|------------|------------|------------|-----------------------------------------|--------------|------------|------------------------|-------|-----|-----|
|                 |        |            |            |            |                                         |              |            | 无效钾                    | 迟效钾   | 中效钾 | 速效钾 |
| 富铝化红壤<br>(广东化州) | 花岗-片麻岩 | 5.00       | 1.39       | 0.076      | 0.017                                   | 测不出          | 0.346      | 90.0                   | 250.0 | 4.6 | 1.4 |
| 砖红壤<br>(广东徐闻)   | 玄武岩    | 5.45       | 2.38       | 0.134      | 0.12                                    | 6.9          | 0.275      | 93.0                   | 169.6 | 3.9 | 8.5 |

照的植株高得多(见照片 II)。种在砖红壤上的早稻,生长初期也有类似在富铝化红壤上出现的现象,但是没有那样明显,后期在各种处理间都无明显差异。



照片 IIA 早稻水泥窑灰钾肥盆栽试验(分蘖盛期)



照片 IIB 早稻水泥灰钾肥盆栽试验(灌浆期)

GO: 对照; GCa: 石灰; GK: 硫酸钾; GCaK: 硫酸钾+石灰; GK<sub>1</sub>: 琉璃河水泥窑灰; GK<sub>2</sub>: 启新水泥窑灰。

水稻盆栽于 5 月下旬自苗床移栽(插秧)入盆钵中。生长期內各处理的水稻叶色无明显差别,植株高度有明显差别,施用水泥窑灰和钾肥的植株都比较高,分蘖也比较多,穗子也比较大。

盆栽试验的结果(见表 6)进一步证明了水泥窑灰和钾肥施用在富铝化红壤及水稻土上对稻谷的增产是极为明显的(水稻盆栽钾肥和水泥窑灰处理的种子增产幅度小于田间试验的稻谷增产幅度,可能是由于苗床已施了足够的草木灰,秧苗已吸收了较多的钾素),水泥窑灰对水、旱稻的肥效主要是由于其中的钾素作用。砖红壤上施用钾肥和水泥窑灰对早稻的植株和穗重都无显著作用,可能与这种土壤中含速效性钾较高有关。

为了阐明窑灰中钾、钙、镁等成分对植株的可给性,我们分析了各处理的稻谷和蒿秆

表 6 水泥窑灰钾肥肥效研究盆栽水、旱稻试验结果

| 土壤名称及代号      | 成土母质   | 作物     | 试验处理    | 平均株高<br>(厘米) | 有效分蘖数<br>(个/盆) | 穗重<br>(克/盆) | 种子重   |          | 蒿 秆 重 |          | 植株总重<br>(克/盆) |
|--------------|--------|--------|---------|--------------|----------------|-------------|-------|----------|-------|----------|---------------|
|              |        |        |         |              |                |             | (克/盆) | 为对照<br>% | (克/盆) | 为对照<br>% |               |
| 富铝化红壤性水稻土(C) | 花岗岩片麻岩 | 水稻矮脚南特 | 对照      | 54.8         | 49.0           | 34.88       | 30.42 | 100      | 24.0  | 100      | 58.88         |
|              |        |        | 石灰      | 56.0         | 46.0           | 33.02       | 28.94 | 95.1     | 22.8  | 95.0     | 53.32         |
|              |        |        | 石灰+钾肥   | 59.0         | 56.2           | 50.13       | 48.89 | 160.7    | 27.2  | 113.2    | 77.33         |
|              |        |        | 硫酸钾     | 61.0         | 51.5           | 46.80       | 42.85 | 140.8    | 25.9  | 108.0    | 72.70         |
|              |        |        | 琉璃河水泥窑灰 | 59.8         | 52.0           | 47.88       | 44.38 | 145.9    | 26.5  | 110.4    | 74.38         |
|              |        |        |         |              |                |             |       |          |       |          |               |
| 富铝化红壤(G)     | 花岗岩片麻岩 | 旱稻矮脚博  | 对照      | 67.2         | 53.5           | 15.69       | 14.10 | 100      | 32.6  | 100      | 48.29         |
|              |        |        | 石灰      | 63.0         | 53.8           | 15.69       | 14.30 | 101.4    | 31.8  | 97.5     | 47.49         |
|              |        |        | 石灰+钾肥   | 100.5        | 55.0           | 43.80       | 41.08 | 291.3    | 59.5  | 182.5    | 103.30        |
|              |        |        | 硫酸钾     | 91.2         | 52.2           | 40.92       | 38.90 | 275.9    | 62.0  | 190.0    | 102.92        |
|              |        |        | 琉璃河水泥窑灰 | 97.7         | 56.0           | 40.21       | 38.37 | 272.1    | 61.7  | 189.2    | 101.91        |
|              |        |        | 启新水泥窑灰  | 97.5         | 54.5           | 42.64       | 40.33 | 286.0    | 65.5  | 200.9    | 108.14        |
| 砖红壤(H)       | 玄武岩    | 旱稻矮脚博  | 对照      | 110.5        | 54.5           | 39.44       | 35.45 | 100      | 62.4  | 100      | 99.32         |
|              |        |        | 石灰      | 102.2        | 51.2           | 32.66       | 30.80 | 86.9     | 62.5  | 100.1    | 93.33         |
|              |        |        | 石灰+钾肥   | 101.8        | 54.5           | 40.44       | 37.88 | 106.8    | 64.6  | 103.5    | 105.04        |
|              |        |        | 硫酸钾     | 104.2        | 56.8           | 34.11       | 32.38 | 91.3     | 66.1  | 105.9    | 100.23        |
|              |        |        | 琉璃河水泥窑灰 | 97.0         | 54.5           | 36.46       | 34.05 | 97.1     | 63.0  | 101.0    | 99.46         |
|              |        |        | 启新水泥窑灰  | 102.0        | 58.0           | 43.22       | 40.62 | 114.6    | 67.5  | 108.2    | 110.72        |

中的钾、钙、镁含量,同时计算了植株地上部分吸收的钾、钙、镁总量,分析和计算结果列入表 7,从这些结果中可以计算出种在富铝化红壤上的旱稻,从启新水泥窑灰吸收的钾相当于从纯硫酸钾及硫酸钾加石灰处理的 108% 或 111.4%;从琉璃河窑灰中吸收的钾相当于纯硫酸钾或硫酸钾加石灰处理的 97.1% 或 100.2%。种在砖红壤上的旱稻,从启新窑灰吸收的钾相当于从硫酸钾或硫酸钾加石灰处理的 99.85% 或 102.64%;从琉璃河窑灰吸收的钾相当于硫酸钾或硫酸钾加石灰处理的 82.32% 或 84.61%。种在富铝化红壤性水稻土上的水稻,从琉璃河窑灰吸收的钾仅相当于硫酸钾或硫酸钾加石灰处理的 78.07% 或 79.3%。从这些资料中可以看到:启新生产的水泥窑灰施用在旱作土壤上,其中钾素的可供性与硫酸钾相当;由于窑灰中其它成分的有利作用,使作物的产量提得更高,因此从启新窑灰中吸收的钾量甚至比从纯硫酸钾吸收的钾还略高。琉璃河生产的窑灰施在缺钾的旱作土壤上,其中钾素的可供性也与硫酸钾相当。但施在缺钾的水稻土或含速效钾稍高的旱作砖红壤上,其中钾素成分的可给性就比较差了,这是否由于琉璃河生产的这批水泥窑灰中的钾并不全都是以硫酸钾及碳酸钾的形态存在,其中还有一部分是以非水溶性的形态存在的?因此当速效性钾供应比较充分的情况下,这部分钾的可给性就差一些。有关各种窑灰中钾素的有效性可以在今后的工作中逐一研究。

一般说来,植物自水泥窑灰中吸收的钙、镁量大部分都高于自纯硫酸钾处理所吸收的钙、镁总量。可见窑灰中的钙、镁氧化物是能被植物利用的。但是,从施石灰处理的水、旱稻产量并不比对照好(稻谷产量甚至比对照还低),我们可以设想施用水泥窑灰的旱稻叶色特别深绿并不是钙的作用。是否就是镁或其他成分的作用呢?可以在今后的工作中进一步阐明。

表 7 水泥窑灰钾肥盆栽旱稻及水稻植株中钾、镁、钙的含量

| 土壤名称    | 水稻品种  | 处理项目    | 钾的含量(干物质) |       |           | 镁的含量(干物质) |       |           | 钙的含量(干物质) |       |           |
|---------|-------|---------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|
|         |       |         | 种子(%)     | 茎叶(%) | 总吸收量(克/盆) | 种子(%)     | 茎叶(%) | 总吸收量(克/盆) | 种子(%)     | 茎叶(%) | 总吸收量(克/盆) |
| 富铝化红壤   | 旱稻矮脚白 | 对照      | 0.490     | 0.135 | 11.525    | 0.130     | 0.631 | 23.407    | 0.109     | 0.814 | 29.368    |
|         |       | 石灰      | 0.488     | 0.144 | 11.757    | 0.109     | 0.657 | 23.365    | 0.107     | 0.941 | 32.762    |
|         |       | 石灰+钾肥   | 0.396     | 0.853 | 69.342    | 0.062     | 0.473 | 31.977    | 0.085     | 0.956 | 62.974    |
|         |       | 钾肥(硫酸钾) | 0.450     | 0.844 | 71.538    | 0.055     | 0.401 | 27.812    | 0.088     | 0.819 | 55.855    |
|         |       | 琉璃河水泥窑灰 | 0.436     | 0.820 | 69.467    | 0.075     | 0.420 | 29.565    | 0.152     | 0.885 | 62.065    |
|         |       | 启新水泥窑灰  | 0.446     | 0.874 | 77.263    | 0.083     | 0.461 | 34.607    | 0.095     | 0.901 | 64.928    |
| 砖红壤     | 旱稻矮脚白 | 对照      | 0.420     | 0.470 | 46.092    | 0.218     | 1.077 | 79.236    | 0.132     | 1.007 | 71.534    |
|         |       | 石灰      | 0.452     | 0.481 | 44.879    | 0.127     | 0.997 | 68.079    | 0.133     | 1.014 | 69.257    |
|         |       | 石灰+钾肥   | 0.388     | 1.267 | 99.386    | 0.103     | 0.833 | 59.846    | 0.137     | 0.866 | 63.349    |
|         |       | 钾肥(硫酸钾) | 0.417     | 1.307 | 102.156   | 0.226     | —     | —         | 0.138     | 0.960 | 69.585    |
|         |       | 琉璃河水泥窑灰 | 0.397     | 1.079 | 84.095    | 0.081     | 0.836 | 57.441    | 0.137     | 0.906 | 63.926    |
|         |       | 启新水泥窑灰  | 0.418     | 1.213 | 102.010   | 0.072     | 0.759 | 56.131    | 0.126     | 0.859 | 65.334    |
| 富铝化砖红壤土 | 矮脚南特  | 对照      | 0.396     | 0.394 | 23.259    | 0.101     | 0.643 | 21.372    | 0.072     | 0.828 | 25.755    |
|         |       | 石灰      | 0.353     | 0.380 | 20.430    | 0.099     | 0.659 | 20.579    | 0.074     | 0.967 | 28.407    |
|         |       | 石灰+钾肥   | 0.381     | 1.876 | 71.980    | 0.097     | 0.632 | 22.715    | 0.080     | 0.972 | 31.555    |
|         |       | 钾肥(硫酸钾) | 0.412     | 1.871 | 73.503    | 0.106     | 0.584 | 21.974    | 0.077     | 0.919 | 31.627    |
|         |       | 琉璃河窑灰   | 0.265     | 1.521 | 57.391    | 0.094     | 0.507 | 19.382    | 0.092     | 0.983 | 33.573    |

## 五、初步结论

通过田间试验、盆栽试验和室内分析,初步得到如下四点意见:

1. 水泥窑灰钾肥施用在富铝化红壤性水稻土上,对水稻有显著的增产作用。旱稻比对照增产 68.7%,连作晚稻比对照增产 36%。

水泥窑灰施在富铝化红壤及水稻土上,对水、旱稻的显著效果主要是由于其中所含钾素的作用。

2. 水泥窑灰施用在含钾矿物较多的红壤旱作地上,在施有足够火烧土的情况下,水泥窑灰可以使花生果实增产 36%,使黄豆籽粒增产 42—46.7%。施用硫酸钾对花生和黄豆都无明显的增产作用。水泥窑灰对花生和黄豆的增产作用主要是其中所含钙及其他成分的作用。

3. 水泥窑灰钾肥施用在红壤及砖红壤性水稻土上,对稻谷也有增产作用,值得进一步研究。

4. 不同水泥厂出产的各批窑灰施在不同的土壤上,其钾素的可给性略有不同,在施用时必须加以分析,以便确定适宜的用量。

## 参 考 文 献

- [1] 李庆远等: 我国红壤区某些主要土类钾的含量、状态以及含钾矿物的转化规律。土壤学报 9 卷 1—2 期, 1961 年。

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ В КАЧЕСТВЕ КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ НА КРАСНОЗЁМАХ И КРАСНОЗЁМНЫХ РИСОВЫХ ПОЧВАХ

Хэ Дянь-юань и др.

(Почвенный институт АН Китая)

### Резюме

В полевых, вегетационных и лабораторных исследованиях было установлено:

1. Цементная пыль на аллитных краснозёмных рисовых почвах даёт заметную прибавку урожая риса. Для ранеспелого сорта она составляет 68.7 %, а для позднеспелого — 36 %. Важным фактором в повышении урожая риса служит калий, содержащийся в цементной пыли.

2. Цементная пыль на краснозёмных почвах пашни (богара), богатых минералами, содержащими калий, при применении достаточного количества удобрения “жжёной земли” оказывает положительное действие на урожай плода земляного ореха и бобов культурной сои. Прибавки для них соответственно составляют 36 % и 46 %. Калиевая селитра на этих почвах и для тех же культур заметного эффекта не показывает, следовательно нужно считать, что положительное действие на культуры принадлежит главным образом кальцию и другим компонентам, содержащимся в цементной пыли.

3. Цементная пыль на краснозёмах и латеритных рисовых почвах также имеет хороший эффект в повышении урожая риса.

4. При применении цементной пыли, получаемой от разных цементных заводов, на различных почвах доступность калия оказывается различными, следовательно перед их применением необходимо проводить анализ и установить оптимальные дозы.