

# 碳酸氢铵粒肥的肥效和机械造粒

中国科学院南京土壤研究所长效肥工作组

碳酸氢铵(以下简称碳铵)是我国当前氮肥的一个重要品种,是贯彻党的社会主义建设总路线,执行“两条腿走路”的方针,根据国内具体条件发展起来的,它在我国化肥工业中占有重要地位,为支援农业做出了重大的贡献。但是碳铵在运输贮存和施用过程中往往引起大量挥发,农作物对它的利用率便不如等氮量的其它化肥高。根据华东、华南等地区水稻施用化肥肥效的统计,通常硫酸铵对当季水稻的利用率不超过50%。而碳铵由于挥发损失较大,在撒施土表的情况下,其利用率还不到30%。因此,通过各种途径提高碳铵的肥效是当前迫切需要解决的课题。本文仅就碳铵球肥、粒肥的肥效和有关碳铵机械造粒等方面进行一些探讨。部分田间试验是与江苏省六合县农科所合作进行的,碳铵机械造粒设备先后由六合农机厂、金坛农具厂和盐城化肥厂试制。

## 一、当前农业上施用碳酸氢铵的一般情况

在水田中施用碳铵各地有许多方法。为了减少挥发损失和水稻早期生长的需要,可在插秧前将碳铵撒施在土表,然后用耙浅翻入土壤表层作基肥。在用做追肥时,通常是撒施或在撒施后立即耘耢,将碳铵与土混合,但由于在施用时常难以做到深施盖土,往往肥效不高,尤其是作水田追肥撒施时,正值温度较高季节,肥料的挥发损失就更突出。在旱作上用碳铵作追肥,在施肥浅、覆土不够严密的情况下,氮的损失也很严重。

为了解决水田中施用碳铵存在的问题,近年来不少地区正在推行将碳铵和细土或其它肥料掺和制成球肥塞施的方法。实践证明,这个方法只要应用得当,可以减少一些氮素的挥发并有一定的增产作用。由于这一方法花费劳力较多,同时掺有泥土的肥料体积大,粘着性强,操作携带也不方便,尤其是碳铵受潮或遇其它杂物后挥发加速,故肥料掺和泥土的操作要迅速,拌好后必须尽快塞入田中,否则肥料尚未下田,挥发损失已有相当数量。

在提高碳铵对旱作物的肥效方面,有的地区正在推广田间掘洞,埋施碳铵的办法,这种方法效果确实显著,但因花费劳力较多,不少地区不易推广。也有采用碳铵化水泼施的,对旱田来说在用水量有限时只不过湿润了土壤表层,挥发损失同样很严重。

有一些机械化条件较好的地区(如黑龙江省北安地区)将碳铵与磷矿粉掺和后压成小碎块,以利于在旱地上采用机械施用;也有些农场对碳铵容易堵塞施肥机管道的问题从机械方面作了改进。但是对水田中追肥深施的机械问题,目前还没有很好的解决。

各地群众施用碳铵的经验表明,无论是在旱地或是在水田上,将碳铵深施入土,是减少挥发、提高肥效的较好办法。

## 二、碳酸氢铵掺土或掺和其它肥料后碳铵的挥发损失

碳铵在常温干燥情况下,一般是比较稳定的。但是,普通生产的碳铵含有5%左右的水分,这时它的挥发就很强。因此,去除碳铵结晶表面的水分将有效地减少它的挥发。我们曾进行试验,先通过加热使过磷酸钙或石膏干燥脱水,然后掺和到普通碳铵中,企图借脱水石膏和过磷酸钙的吸湿作用,使碳铵变干一些,以减少挥发(见表1)。结果表明,经这样处理的碳铵,最初确有一定的抑制挥发的作用,但是在暴露于空气的条件下,尤其是当空气相对湿度较高时,由于过磷酸钙(包括其中的大量石膏)不断吸收空气中的水分,反而促进了碳铵的挥发。我们在试验中还发现尿素或磷矿粉与碳铵掺和也有促进分解损失的作用。

表1 不同处理下碳酸氢铵的挥发损失

| 试 验 条 件                  | 碳 铵 的 处 理 方 法                                                       | 碳铵挥发损失率(%)*                                                             |         |         |       |         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------|---------|
|                          |                                                                     | 2.5 小时                                                                  | 2 4 小时  | 2 天     | 6 天   | 2 0 天   |
| 室温20°C左右,<br>相对湿度60—85%  | 净碳铵                                                                 | 6.5—7.5                                                                 | 16—16.5 | 17—17.5 | 19—20 | 50—64.5 |
|                          | 掺和30%干燥的过磷酸钙                                                        | <1                                                                      | 2.5—4.0 | 19—22   | 28—32 | >90     |
|                          | 掺和20%石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )                | ~6                                                                      | ~21     | ~24     | ~29   | >90     |
|                          | 掺和20%脱水石膏( $\text{CaSO}_4$ )                                        | ~2                                                                      | 12.5—14 | 21.5—23 | ~30   | >90     |
| 室温12—20°C,<br>相对湿度52—77% | 净碳铵                                                                 | 7天损失约3%                                                                 |         |         |       |         |
|                          | 掺和20%硫酸铵                                                            | 7天损失约3%                                                                 |         |         |       |         |
|                          | 掺和30%摩洛哥磷矿粉                                                         | 7天损失约17%                                                                |         |         |       |         |
|                          | 掺和30%过磷酸钙                                                           | 7天损失约17%                                                                |         |         |       |         |
|                          | 掺和20%尿素                                                             | 7天损失约12%                                                                |         |         |       |         |
| 室温10°C左右,<br>相对湿度约75%    | 碳铵与牛粪碎末按1:9重量拌匀,加水湿润,造成0.5—2克重的球肥                                   | 在掺和过程中有氨气挥发,结构松散易碎。干燥过程中有大量氨气挥发,2天后挥发达25—35%。                           |         |         |       |         |
|                          | 碳铵20%,塘泥55%,过磷酸钙12.5%,洒水掺和,最后含水量为12.5%(内有~6%是塘泥含水量),造成0.5—2.0克重的球肥。 | 在掺和过程中有氨气挥发,球肥造成以后,在湿润状态下氨味较少。但是干燥过程中碳铵大量分解,2小时后挥发量约为15%,2天后挥发损失30—40%。 |         |         |       |         |

\* 挥发损失率系根据样品暴露于室内空气中的失重计算(称量法)。

在表1和表2中,还分别列出了用碳铵制作各种球肥的结果。看来无论是将碳铵与塘泥、有机肥或其它亲水性物质加水制成球肥,还是用碳铵与过磷酸钙、干土加水压成球肥,在进行掺和操作时,和在以后的放置风干过程中,都同样引起了大量氨的挥发。这或许是由于掺和操作中添加水分使湿度增大而促进了碳铵的分解。同时,掺和的粘土、有机肥等的数量及其吸附氨的能力也都有限,若制成球肥后不能及时施用,随放置时间延长,氨的挥发损失也必将增多。

为了抑制碳铵的挥发损失,有一些地区采用碳铵与过磷酸钙两种肥料混和施用的办法。应当说明,氮磷混施比分施是有利于根系发育和作物对氮、磷两种元素的吸收的。这里所要明确的是碳铵和过磷酸钙相混合对碳铵挥发和过磷酸钙中有效性磷的影响。

表2、表3列出了碳铵和过磷酸钙按各种比例混合后碳铵挥发损失的结果。看来这

表 2 碳酸氢铵、过磷酸钙拌土压制球肥试验

| 球肥的物料配比<br>碳铵:过磷酸钙:干土 | 干土掺和前的<br>含水量<br>% | 碳铵挥发损失率%(暴露于室内空气中) |      |      |
|-----------------------|--------------------|--------------------|------|------|
|                       |                    | 掺和过程中              | 放置一天 | 放置四天 |
| 1:0:0                 |                    |                    | 3.6  | 5.3  |
| 1:0:6                 | 8.1                | 5.3                | 33.5 | 83.7 |
| 1:0:6                 | 16.0               | 6.7                | 24.8 | 78.6 |
| 1:1:6                 | 12.5               | 15.4               | 39.4 | 60.7 |
| 1:1:0                 |                    |                    | 1.6  | 6.3  |

〔1〕球肥压制机类似造煤球机,球肥直径约3厘米,单个重量约7克。

〔2〕室内空气条件为:室温9—10°C,相对湿度63—69%。

〔3〕碳铵挥发损失率根据样品含氮量测定计算(半微量开氏定氮法)。

〔4〕表中数据为3次测定平均值。

表 3 碳酸氢铵、过磷酸钙各种比例的混合试验

| 碳 铵 : 过 磷 酸 钙 | 碳铵挥发损失率%(暴露于室内空气中) |     |     |
|---------------|--------------------|-----|-----|
|               | 一 天                | 二 天 | 三 天 |
| 1 : 0         | 23                 | 46  | 70  |
| 4 : 1         | 47                 | 68  | 81  |
| 2 : 1         | 45                 | 70  | 81  |
| 1 : 1         | 58                 | 72  | 81  |
| 1 : 2         | 60                 | 69  | 77  |
| 1 : 4         | 64                 |     |     |

〔1〕室内空气条件为:室温约23°C,相对湿度83—89%。

〔2〕碳铵挥发损失率根据样品含氮量测定计算(半微量开氏定氮法)。

〔3〕表中数据系2次测定平均值。

两种肥料相混合,只有在温度低、相对湿度较小的环境下,才有可能在数小时乃至数天的时间内抑制氨的挥发,超过了这段时间,氨的挥发反而会显著地增大。如果温度和相对湿度都比较高,则二种肥料无论以何种比例相混合,都将产生加速碳铵挥发的不利作用。除了环境因素(温度、湿度)以外,过磷酸钙产品本身的差异,如含游离酸的多少、吸湿情况的不同等,在促进氨的挥发上也将产生一定的影响。

此外,碳铵与过磷酸钙相混合,将造成过磷酸钙中水溶性磷的明显退化。经化学分析及X—衍射线检定表明,在硷性条件下,水溶性磷酸盐大部分退化为枸溶性磷酸盐,还有一部分被转化为作物难以利用的磷酸三钙。当然,可溶性磷酸盐施入土壤后,也不可避免地要转化成磷酸二钙、三钙以及磷酸铁铝等缓溶性物质。因此,这种退化现象在生产上是否会影响磷肥的效果,还需要进一步试验才能明确。

### 三、碳酸氢铵压制粒肥的肥效

在总结群众施用碳铵经验的基础上,通过两年来的田间和实验室工作,我们认为将纯净的碳铵用机械压粒(每粒重量1—1.5克)在稻田中塞施(每四穴水稻中央塞施一粒),是较大幅度提高碳铵肥效的一个好办法。用机械方法将碳铵加压成粒,减小了肥料的比表

面,有可能降低肥料的挥发损失;而且粒状碳铵具有不易结块,便于机械施肥和深施等优点。特别是在碳铵粒肥用于水田追肥时,容易用简单的工具或人工深施入土,既可以减少挥发,也可能在一定程度上减少流失和反硝化损失。

为了研究碳铵压制粒肥的增产作用,于1972年和1973年,我们就碳铵粒肥、碳铵拌泥制成的球肥以及粉状碳铵等,先后在江苏省江宁县、六合县(与六合县农科所合作进行)两地进行水稻田间试验,结果见表4、5。

表 4 1973年双季早稻碳酸氢铵施肥试验(江苏六合)

| 处 理          | 稻 谷 产 量      |              |                   |            | 稻草产量(干重)     |              |                   |            |
|--------------|--------------|--------------|-------------------|------------|--------------|--------------|-------------------|------------|
|              | 实 产<br>(斤/亩) | 增 产<br>(斤/亩) | 每斤碳<br>铵多收<br>(斤) | 增 产<br>(%) | 实 产<br>(斤/亩) | 增 产<br>(斤/亩) | 每斤碳<br>铵多收<br>(斤) | 增 产<br>(%) |
| 粉状碳铵撒施       | 546          | —            | —                 | —          | 342          | —            | —                 | —          |
| 碳铵球肥塞施(随拌随施) | 606          | 60*          | 1.2               | 11         | 402          | 60           | 1.2               | 17.5       |
| 碳铵机械压粒塞施     | 630          | 84*          | 1.7               | 15.4       | 468          | 126*         | 2.5               | 36.8       |

[1] 试验处理的施肥量均为50斤/亩,插秧后约一周时施入,均未耘耨。本试验以粉状碳铵撒施为对照。

[2] 小区试验,每区0.12亩,三次重复。

\* 达到统计上显著增产( $P < 5\%$ )。

表 5 施用碳酸氢铵压制粒肥对水稻吸收氮素的影响(江苏六合)

| 处 理          | 稻谷吸收的氮素   |                     |                      | 稻草吸收的氮素   |                     |                      | 水稻全株(除根外)吸收的氮素      |                      |                      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------------|-----------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|              | 含氮<br>(%) | 折 合 氮<br>素<br>(斤/亩) | 每亩多吸<br>收 氮 素<br>(斤) | 含氮<br>(%) | 折 合 氮<br>素<br>(斤/亩) | 每亩多吸<br>收 氮 素<br>(斤) | 折 合 氮<br>素<br>(斤/亩) | 每亩多吸<br>收 氮 素<br>(斤) | 每亩多吸<br>收 氮 素<br>(%) |
| 粉状碳铵撒施       | 1.14      | 6.22                | —                    | 0.70      | 2.39                | —                    | 8.61                | —                    | —                    |
| 碳铵球肥塞施(随拌随施) | 1.20      | 7.27                | 1.05                 | 0.72      | 2.89                | 0.50                 | 10.16               | 1.55                 | 18.0                 |
| 碳铵机械压粒塞施     | 1.25      | 7.88                | 1.66                 | 0.72      | 3.37                | 0.98                 | 11.25               | 2.64                 | 30.7                 |

[1] 试验处理的施肥量均为50斤/亩,“每亩多吸收氮素”值是与碳铵撒施的比较。

[2] 氮素按N计算,均以干重为基础。

### (一)碳铵粒肥的肥效

六合的田间试验(表4、5)证明了塞施碳铵粒肥有很好的肥效。从产量结构分析看出,其增产主要表现在有效穗数的显著增加,碳铵机械压粒的每亩46.8万穗,比粉状碳铵撒施的有效穗数增加32.6%。拌泥制成球肥的每亩41万穗,比粉状碳铵撒施的增加17%,而撒施的每亩只有35.3万穗。试验中为了防止碳铵在接触潮湿土壤后的迅速挥发损失,掺泥制成球肥的处理是做好球肥后立即塞施入土中,但是从结果可以看到它的增产幅度仍然低于碳铵压粒处理。江宁的水稻试验结果与此类似(表6),同样证实了压粒塞施的增产效果。但是,试验也指出应用撒施碳铵的办法,即使是分次施用也并不明显地优于一次施用的效果。

在六合和江宁二地的田间试验中,压粒碳铵的增产结果都反映出稻草的增产幅度比稻谷的增产幅度超过了一倍以上,撒施各区稻谷的黄熟期明显地比塞施区早四、五天,这可能是由于撒施各区碳铵挥发损失,引起氮肥不足而造成早熟。而增产的稻草和稻谷比例

表 6 1972 年双季稻碳铵施肥试验(江苏江宁)

| 处 理                          | 稻 谷 产 量      |              |                   |            | 稻谷加稻草总量(鲜重)  |              |                   |            |
|------------------------------|--------------|--------------|-------------------|------------|--------------|--------------|-------------------|------------|
|                              | 实 产<br>(斤/亩) | 增 产<br>(斤/亩) | 每斤碳<br>铵多收<br>(斤) | 增 产<br>(%) | 实 产<br>(斤/亩) | 增 产<br>(斤/亩) | 每斤碳<br>铵多收<br>(斤) | 增 产<br>(%) |
| 粉状碳铵插秧后一次撒施(8月4日)            | 467          | —            | —                 | —          | 1635         | —            | —                 | —          |
| 粉状碳铵插秧后二次撒施<br>(8月4日, 8月22日) | 488          | 21*          | 0.31              | 4.6        | 1680         | 45           | 0.67              | 2.8        |
| 碳铵压粒塞施(8月3日)                 | 529          | 62*          | 0.93              | 13.4       | 2494         | 859*         | 12.8              | 52.6       |

〔1〕 试验处理的施肥量均为67斤/亩。以粉状碳铵一次撒施的处理为对照。

〔2〕 小区试验, 每区1/30亩, 对比排列。

\* 达到统计上显著增产( $P < 5\%$ )。

悬殊, 则可能是由于早稻的生长期较短, 粒施各区养分没有充分转入谷粒中, 造成了贪青现象。看来应用粒肥塞施对稻谷的增产还有较大的潜力。

## (二) 粒肥重量和直径大小对肥效的影响

田间试验指出, 在施肥量同为每亩碳铵50斤的条件下, 每穴稻旁塞施一小粒肥料(重0.5克)与每四穴稻中央塞施一大粒(田间试验以四粒代替)肥料相比较, 二种处理得到了几乎接近的增产量(试验结果经统计差异不显著), 只是前者苗期生长较旺盛, 有效穗数略多些, 表明在一般情况下可以减少施肥穴数, 肥料粒子可以压制得大些, 施用时也省工。

## 四、碳酸氢铵的机械造粒

我们着手试验碳铵机械造粒, 首先是在手柄操作的油压机上进行的。原料是通常小化肥生产的含水量约5%的碳铵。试验结果指出, 用直径1厘米的模具, 在压强为每平方厘米400公斤以上时, 都可以得到重量为1克左右的比较坚实的粒子。压强低于这一数值, 粒子就不够紧密并易于破损。为了弄清碳铵加压成粒的一些物理性质, 我们曾在每平方厘米400到3400公斤压力范围内分别选择了7个不同的压强, 用油压机对碳铵进行了压粒试验。结果表明, 造粒时所用的压力愈大, 压成的粒肥坚实度亦愈高。而在上述压力范围内相应的容积压缩比(碳铵压粒前后的容积比)为1.8到2.1。另外, 经加压成粒的碳铵, 在塑料袋的封装条件下, 坚实度会有明显的增长, 其原因, 估计和粉状碳铵的结块机制类似。但是在暴露于空气的条件下, 特别是相对湿度比较高时, 在常温下就会引起潮解, 坚实度亦显著地降低。这表明对压成的粒肥, 用塑料袋封装贮存仍然是必要的。

根据碳铵加压成粒的上述特点, 我们进一步试用了医药工业上应用的TDP型单冲压片机(图1)。这种压片机, 冲头的压强最大值可达1.5吨。容积压缩比也可以作适当调节。但是最初试用时, 由于小化肥厂生产的碳铵含水量太高, 在管道中的流动性很差, 依靠机器本身抖动结构的振动, 还不能使它通过下料斗顺利地进入压模内。通过试验, 找到了当碳铵含水量在1%左右时, 不加任何胶结物料, 就可使碳铵顺利地进入压模内并达到机器的设计产量指标(每分钟100粒)。造粒大小在每粒重量0.3到0.8克间可任意挑选。1972年到1973年间我们曾应用这种单冲压片机制造碳铵粒肥, 供大田试验和包被试验用。与

此同时,也与有关协作单位共同对适合小化肥工业生产的造粒设备进行了探索。

在批林批孔运动的推动下,金坛农具厂的工人、干部、技术人员狠抓革命猛促生产,在较短的时间内,初步试制出了一台日产约 2 吨碳铵粒肥(每粒重 1 克)的压粒机(图 2),这台样机的试压情况表明,滚压造粒方式对碳铵的造粒是可行的。它直接使用小化肥厂生产出来的含水量 5 % 左右的碳铵,不用添加任何胶结物料就压出了硬度适宜的粒子,同时膜具上也不用任何润滑物质,基本上克服了不易脱膜的困难。现在该厂正总结经验,并着手试制更大的样机。

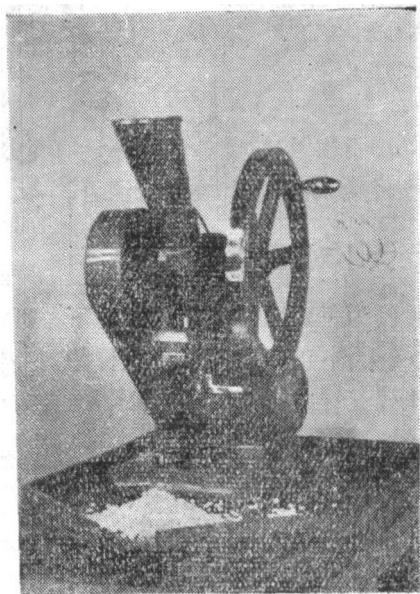


图 1 TDP 型单冲压片机

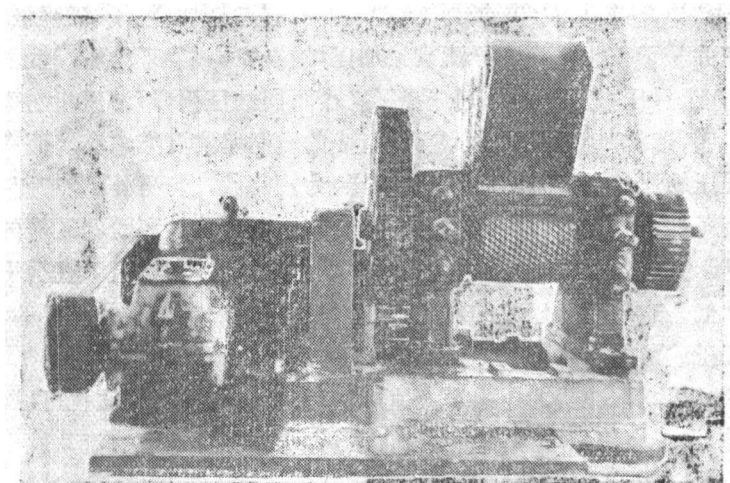


图 2 滚压式碳酸氢铵压粒机(江苏金坛农具厂试制)