

# 碳酸氢铵和氨水在土壤中的扩散和损失

蒋能慧 刘光崧

(中国科学院南京土壤研究所)

## DIFFUSION AND LOSS FROM AMMONIUM BICARBONATE AND AQUEOUS AMMONIA APPLIED TO SOILS

Jiang Neng-hui and Liu Guang-song  
(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

在田间条件下,定量检测施用化学氮肥后土壤的氨气损失,往往需要很多设备,试验周期也较长<sup>[3-6]</sup>。我们在研究碳酸氢铵、氨水在土壤中的扩散损失时,采用了 J. H. Baker 研究液氨的方法<sup>[2]</sup>。应用本法不仅可以立即检测出土壤中是否有肥料呈氨气损失,还能以鲜艳的红色显示出氨在土壤剖面中扩散移动的范围。本方法可以用作定量测定土壤中氨损失的补充,也可以直接用来帮助制定氨水或碳酸氢铵的合理施用技术。

本文简要讨论应用这项方法观测不同条件下施用碳酸氢铵、氨水的氨损失及其在土壤中的扩散范围。

### 一、氨显色剂的制备和使用

称取1克酚红(Phenol red)于研钵中,边研磨边逐步加入28毫升0.1N NaOH,然后加水稀释至1升,再加入300克磨细的石膏粉,将悬液摇匀,用稀酸、稀碱调节到显色剂恰好呈橙色。

使用时可作 1. 土面喷射检测,即在施肥后一定时间,用塑料喷雾器(普通医用喷雾器)将显色剂直接喷至施肥部分的土面,如显红色,表明有氨逸出(对于过干的土壤,在喷射显色剂前,先在土表均匀地喷些蒸馏水或将显色剂适当稀释)。2. 剖面喷射检测,事先须小心整理出施肥部位的土壤断面(顺序由下而上,以避免施肥与无肥部位的土壤相互掺混)。喷射显色剂后即可测量剖面上显红色的具体部位。

氨显色剂的变色范围为pH 6.8—8.0,酸度超过7的土壤能直接使酚红变色,水田土壤因氨显色剂过度稀释显色将不明显,故水稻田和碱性、微碱性土壤本法均不适用。

### 二、深施碳酸氢铵后土壤逸出氨气的检测

供化肥应用的碳酸氢铵(含N17%,含湿量约5%)性质不稳定,容易分解成氨气损失,影响肥效。表1和图1是分别施碳酸氢铵于不同深度后,应用喷射氨显色剂检测得

表 1 碳酸氢铵粒肥深施后不同时间在土壤中的扩散范围

Table 1 Diffusion from granulated ammonium bicarbonate deeply applied in soil

时 间 Test time	施肥深度与部位 Depth of fertilization					
	1 寸 3.33cm		2 寸 6.66cm		3 寸 9.99cm	
	土 表 Soil Surface	剖 面 Profile	土 表 Soil Surface	剖 面 Profile	土 表 Soil Surface	剖 面 Profile
三天后 After 3 days	5×5	5×5	无 None	(土表下 3 厘米) (3cm. below soil surface) 6×4	无 None	(土表下 6 厘米) (6cm. below soil surface) 8×4
五天后 After 5 days	未测定 No test	5×5	未测定 No test	(土表下 1 厘米) (1cm. below soil surface) 10×6	未测定 No test	(土表下 2 厘米) (2cm. below soil surface) 13×6

注: 1. 氨的扩散范围(如 6×4) 系纵向最大直径(厘米)乘横向最大直径(厘米)。

2. 括号内数据系剖面上扩散圈上缘距土表的距离; 未作说明的则表示扩散圈与土表连成一体。

Note: 1. Diffusion range is expressed by horizontal maximum diameter×vertical maximum diameter.

2. Figures in parenthesis are the distance from the upper edge of diffusion circle to soil surface; those without notes indicate that the diffusion is up to the soil surface.

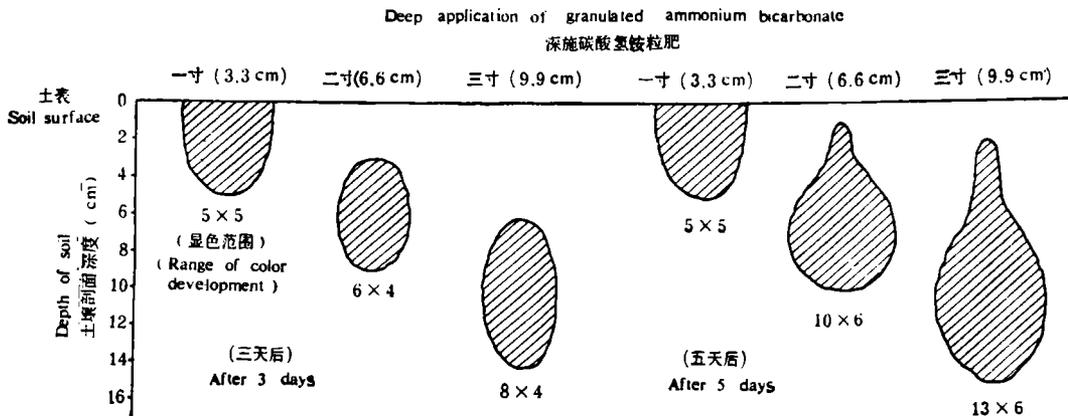


图 1 土壤剖面上氨的扩散范围断面图

Fig. 1 Cross section of the diffusion range of ammonia in soil profile

到的氨扩散范围。试验于 1977 年 8 月在江苏金坛中性 (pH7) 粘壤土上进行。试验地种植蔬菜, 结构较好。施肥时表土温度 41℃, 地温 (土表下 1—3 寸) 35°—39℃。供试碳酸氢铵呈粒状, 粒重 1 克。施肥前先用直径 1.5 厘米的木棍在施肥部位的土面戳出施肥穴, 深度分别为 1、2、3 寸, 每穴施肥 1 粒, 施后盖土 (与土层湿度相同的细土), 并稍加压实。施肥后分别隔三天和五天在土表和土壤剖面上喷射显色剂进行观察。试验表明, 粒肥深施 1 寸的, 土表显示出 5×5 厘米 (数据分别为横向和纵向最大直径, 下同) 的红色扩散圈。在仔细整出的土壤剖面上所显示的红色圈, 其扩散范围也为 5×5 厘米, 它与土表的红色扩散圈连在一起, 看起来很像一个切去了顶部的球体 (如土体紧实度、结构不均一

或有大孔隙时,因氨穿过阻力小的土壤孔隙最快,就有可能显现出不规则的扩散圈),氨气正是从这个截面向外逸出。说明在供试条件下,粒肥深施 1 寸,氨气有明显损失,必须采取措施改进施肥方法。粒肥深施 2 寸和 3 寸的,土表喷射显色剂后均不变色,土壤剖面上的红色扩散圈分别在土表以下 3 厘米和 6 厘米深处。说明在供试条件下,将粒肥深施 2 寸或 3 寸都没有氨气从土壤中逸出造成损失,唯土壤剖面显示的红色扩散圈稍有增大,并呈玻璃状,这可能是由于施肥后洞口盖土不够紧实所造成,说明要完全阻止氨气损失,复土应当严密。

### 三、深施氨水和碳酸氢铵后土壤逸出氨气的比较

农用氨水(通常含 N 约 12—14%)也是一种容易分解损失的氮肥,一般旱地上施用多采用注射式深施机具,将氨水注施于土层中。影响碳酸氢铵分解损失的各种因素,对氨水也有同样影响。为了观察等氮量的氨水和碳酸氢铵在同样深施时分解损失的差异,我们在温室条件下应用本方法进行了如下试验:供试土壤为南京尧化门外丘陵岗地中性粘壤土, pH7.0。为便于观察比较,试验用大木箱进行,木箱盛土约 15 公斤。土壤风干后过 2 毫米筛。试验时土壤湿度为 20.7%,试验期间土温 22°—28°C。供试碳酸氢铵粒肥重 1 克,每穴施肥 2 粒;氨水含氮量 17%,每穴注施 2 毫升。施肥深度分别为 1 寸和 2.5 寸。粒肥深施方法同上。氨水用注射器插入施肥管道中注施。从表 2 所列土表的氨检测结果可以看出,在供试条件下,除了碳酸氢铵粒肥深施 2.5 寸的处理外,其余各处理均明显地有氨从土壤中逸出。根据显色剂显示红色范围的大小,估计氨的损失速率有如下顺序:氨水深施 1 寸 > 氨水深施 2.5 寸 ≈ 碳酸氢铵粒肥深施 1 寸(粒肥深施 2.5 寸处理未发现有氨气损失)。

表 2 施肥深度对氨在土壤中扩散范围和挥发损失的影响

Table 2 Effect of depth of fertilization on the diffusion and loss of ammonia applied in soil

检测部位 Test location	碳酸氢铵粒肥 Depth of application of granulated ammonium bicarbonate		氨 水 Depth of application of aqueous ammonia	
	深施 1 寸 3.33cm	深施 2.5 寸 8.33cm	深施 1 寸 3.33cm	深施 2.5 寸 8.33cm
土 表 Soil surface	3×3	无 None	6×6	3×3
剖 面 Profile	5×8	(土表下 3 厘米) (3cm. below surface) 7×8	6×7	10×6

注:见表 1 的注。

Note: See the note of Table 1.

将剖面上氨的检测结果与土表的氨检测结果结合起来观察,可以发现粒肥深施 2.5 寸的氨扩散范围大体上近似一个规正的球体,其上部的边沿距土表约 3 厘米,证实这项处理没有氨气从土表损失。但是氨水深施 2.5 寸的处理则有大量的氨通过施肥管道部位向土表逸出。或许是这个原因使氨的扩散范围显示为一种玻璃状。实际在这项试验中,我

们在注施氨水后,对下肥管道(直径约 1 厘米)所造成的孔隙是仔细地填入细土并压实的,但是这并没有抑制住氨气的损失,或许相比之下它毕竟不如四周的原状土壤密实,促使氨气由此趁虚而出。这个试验使我们想到,现有一些田间氨水或碳酸氢铵深施机具的盖土效果是值得研究的,例如一般常见的用刮板进行施肥后盖土,其覆土效果看来很难达到阻止氨气从施肥管道损失。

#### 四、氨显色剂的显色圈与肥料在土层中扩散范围的关系

应用本方法于田间检测土壤的氨气损失时,土壤表面所显示的红色圈是否可以看作是所施碳酸氢铵(或氨水)扩散范围的一种指示,这点在 J. H. Baker 应用显色剂法研究液氨时并没有证明<sup>[2]</sup>。为了证实这个问题,我们用标记  $^{15}\text{N}$  的碳酸氢铵进行了示踪试验。供试土壤选用酸性红壤(江西省金华), pH5.3 和中性粘壤土(江苏省南京尧化门), pH7.0。土样过 2 毫米筛,调节湿度为 20%。在二种土壤上分别穴施 2 粒  $^{15}\text{N}$  丰度为 10% 的碳酸氢铵粒肥(每粒重 1 克,每穴施 2 粒),施肥深度 1 寸。施肥二天后于土壤表面喷射显色剂,然后取土样作  $^{15}\text{N}$  测定(ZhT-1301 型质谱仪)<sup>[3]</sup>。为了弄清所施肥料在土壤中的扩散路径,分别在红色圈内部、红色圈边沿、边沿外 1 厘米、边沿外 2 厘米共四点进行取样(取样量以含 N 量不低于 1 毫克为准),4 次重复,测定结果列于表 3。

表 3 指示剂显示的红色圈与碳酸氢铵扩散范围的关系\*

(表中数据为  $^{15}\text{N}$  原子百分数)

Table 3 The relationship between the red circle shown by the indicator and the range diffusion of ammonium bicarbonate (The figures in table are % of  $^{15}\text{N}$  atom)

采 样 部 位 Sampling place	土 壤 类 型 Soil type	
	中 性 土 Neutral soil	酸 性 土 Acid soil
红色圈内 In red circle	2.57±0.52	7.84±0.11
红色圈边沿 On the edge of the red circle	0.389±0.002	0.461±0.011
距边沿一厘米 1 cm. from the edge of red circle	0.376±0.001	0.383±0.001
距边沿二厘米 2 cm. from the edge of the red circle	0.376±0.002	0.386±0.002
土壤自然丰度 Natural abundance of soil	0.376±0.001	0.371±0.001

注: 1. 表中数据系平均值及其标准差  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ 。

2. 中性土全 N 量 0.102%; 酸性土全 N 量 0.049%。

Note: 1. Figures in the table are means with standard error  $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ .

2. Total N in neutral soil—0.102%; total N in acid soil—0.049%.

\* 由本所质谱分析组协助测定。

比较表 3 所测各采样点的  $^{15}\text{N}$  测定结果可以清楚地看出,凭目测确定的红色圈边沿确可看作是鉴别肥料扩散范围的一个界限。在红色圈内由于有大量肥料聚集,其  $^{15}\text{N}$  的

含量远比红色圈边沿外的高得多。就中性土来讲, 距离红色圈边沿外仅 1 厘米处其  $^{15}\text{N}$  含量就等于自然丰度, 说明 1 厘米外已检测不到氨的踪迹。酸性红壤的结果稍有不同, 红色圈外的二个采样点都有痕量的  $^{15}\text{N}$ , 看来这并不是肥料的扩散所造成, 可能酸性土壤具有较强的中和氨能力, 它吸附了极少量由红色圈内逸至空气中的氨, 致使红色圈外取样点的  $^{15}\text{N}$  测定值略有增加。

由于这项试验设计的取样点距离是 1 厘米, 因此, 通过以上试验可以得出这样的结论, 即喷射氨显色剂所显示的红色圈边沿可看作是碳酸氢铵自施肥点向四周扩散的界限, 其误差不超过 1 厘米。

### 参 考 文 献

- [1] 曹亚澄等, 1978: 质谱测定  $^{15}\text{N}$  的方法。土壤, 第 6 期, 229—235。
- [2] Baker, J. H., Michael Peech, Musgrave, R. B., 1959: Determination of application losses of anhydrous ammonia. *Agron. J.*, 51(6): 361—362.
- [3] Fenn, L. B. and Kissel, D. E., 1973: Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils: I. General theory. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 37(6): 855—859.
- [4] Hans Nommik, 1973: The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. *Plant and Soil*, 39: 309—318.
- [5] Mahendrappa, M. K. and Ogden, E. D., 1973: Patterns of ammonia volatilization from a forest soil. *Plant and Soil*, 38: 257—265.
- [6] Ventura, W. B. and Yoshida, T., 1977: Ammonia volatilization from a flooded tropical soil. *Plant and Soil* 46: 521—531.