

长效碳酸氢铵的研究*

曹志洪 孙秀廷 蒋佩弦 李阿荣 李庆逵

(中国科学院南京土壤研究所)

长效肥料是化肥的五个发展方向之一^[1], 日益受到化学家、土壤学家、农学家及园艺家的重视。包膜长效肥料可以利用现有速效化肥来制备, 营养成份可以按需要进行调配, 粒度大小和养分释放速率在一定程度上可以控制, 所以其研究也较为活跃^[2,4,6,11,14,15,16]。

有关包膜肥料的工艺、养分释放特性及生物学评价已有许多报道。1974年我们根据国内具体情况, 参考了用磷酸镁铵制备散溶性尿素的专利^[6]和美国TVA公司制备硫磺包膜尿素的流程^[10], 研制成钙镁磷肥包膜的长效碳酸氢铵(简称长效碳铵)^[1]。近年来改进了制备工艺, 研究了养分释放规律, 进行了田间生物试验。现将部分工作结果报告如下。

一、长效碳铵制备工艺的改进

(一) 改进后的工艺流程

最初的长效碳铵是用TDP型单冲压片机冲制的碳铵粒肥为基体进行制备的^[1,2], 这种基体外形接近球形, 粒度均匀, 表面光滑, 硬度大, 对包膜工艺是有利的。但是为了使碳铵粉肥能适应冲压机冲制粒肥, 其含水量要求在1%左右^[2], 在热风干燥过程中氨有严重损失; 同时冲压机的生产能力有限, 不适于大量生产。1977年江苏省研制成25-B型对辊式碳铵造粒机, 使碳铵粒肥直接由化肥厂配套生产, 这对长效碳铵的研究也是一个促进。

当采用对辊式碳铵造粒机生产的碳铵粒肥(含水量4.5—5.5%)作为长效碳铵的包膜基体时, 发现存在两个问题。其一是含水量太高, 不能形成牢固的膜壳, 同时包膜量也不合理地增加; 其二是粒形不理想, 它是核形颗粒, 常带有毛边和稜角, 使包膜不均匀, 易产生破壳, 释放率不稳定。在TVA流程中也同样存在尿素颗粒形状的问题^[10], 不过尿素颗粒比碳铵粒肥要小得多, 问题的严重性也就小些。针对上述问题作了如下改进。

掺混添加剂造粒可以相对降低包膜基体的含水量。理想的添加剂应该是既能起降低含水量的作用, 也能参与成膜反应, 以便增加膜壳的持结度。当然, 添加剂的用量不宜太高。通过试验发现白云石熟粉是比较适用的添加剂。目前采用的配方是: 碳铵粉肥95%, 白云石熟粉5%。

碳铵粉肥掺混了白云石熟粉后, 经对辊式碳铵造粒机造粒, 然后将粒肥传送到转鼓中, 滚动一定时间, 磨去边角, 过筛出料。经上述处理后的碳铵粒肥基本符合包膜工艺的要求。

* 本文系长效肥组1977—1978年工作的一部分, 范钦楨同志参加了部分分析。X-射线衍射分析由本所物化室许冀泉同志协助进行, 长效碳铵膜壳的微形态结构由本所微形态室曹升庚同志制片、鉴定和摄影。

1) 上海化工研究院情报室, 1973: 国外提高氮肥利用率工作简介。

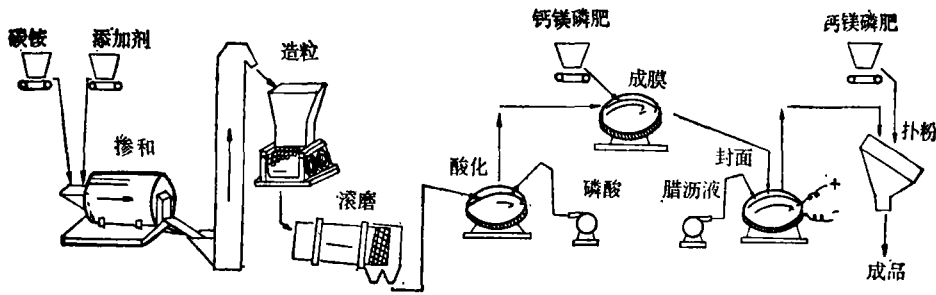


图 1 目前采用的长效碳铵包膜工艺流程示意图

Fig. 1 Diagram showing the procedure for coating NH_4HCO_3 pills from powdered NH_4HCO_3

图 1 是改进后的长效碳铵包膜工艺流程示意图，是由七个工序完成的 (1) 碳铵粉肥掺混白云石熟粉；(2) 对辊式造粒机压制粒肥；(3) 将粒肥滚磨抛去棱角；(4) 粒肥表面酸化；(5) 酸化粒肥成膜；(6) 封面；(7) 扑粉。

(二) 新工艺制备的长效碳铵的性质

1. 化学组成。新制备的长效碳铵是粒重为 1.1—1.2 克的核形颗粒，外观为灰黑色，其化学组成平均为：碳铵 73%，白云石熟粉 4%，水 3%，膜壳（包括封面料及调理剂）20%。

从营养成分看，约含全 N 11—12%，全 P_2O_5 3%（其中 80% 以上为有效态磷）。此外还有一定量的钙、镁、硅等养分可供作物吸收。

2. 膜壳的化学性质和微形态结构。在磷酸参与下，钙镁磷肥与碳铵粒肥表面起作用，形成了一层灰黑色的薄膜，包膜物质及其生成物可渗入粒肥孔隙中，将孔隙堵塞（图版 I 照片 1）。膜壳的厚度视磷酸用量而定，厚的达 0.9 毫米，薄的 0.5 毫米，平均为 0.58 ± 0.02 ($\bar{x} \pm S_x$) 毫米。膜壳的主要化学成分为：全 N 1.90%，全 P_2O_5 14.55%，其中有效 P_2O_5

表 1 三种长效碳铵的初释放率

Table 1 Rate release of three coated NH_4HCO_3 pills controlled by paraffin-pitch seals

品 种 Release grade	封面量(%)* Sealing material %	全氮 N (%) Total N	30°C水中 48 小时释放率 (%) Rate of release % in 48hr at 30°C in water
快速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (rapid grade)	0	12.6	69-71
中速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (medium grade)	3	12.1	30-38
慢速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (slow grade)	5	11.5	14-19

* 封面量%指加入的封面料占未封面的长效碳铵的重量百分比。
* Weight percentage of sealing materials in NH_4HCO_3 pill.

12.11%, CaO 18.12%, MgO 12.02%。经 X-射线衍射分析和偏光显微镜鉴定,膜壳中含有磷酸镁铵($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和 0.005—0.01 毫米的微晶质方解石及 < 0.002 毫米的隐晶质碳酸盐类矿物,这些难溶性盐类是膜壳的抗水组分。在高倍镜下可见到膜壳内存在有一定的孔隙,直径约 0.02—0.03 毫米(图版 I 照片 2, 3)。构成了膜壳的透水孔道。

3. 长效碳铵的品种。试验证明,上述膜壳的透水性还太大,为了获得释放速率更低的长效碳铵,必须在钙镁磷包膜层外面再进一步封面,所用封面料仍然是石蜡-沥青熔融液^[2],石蜡是软化点为 50°—60°C 的黄蜡,沥青是普通建筑用的石油沥青: QZ-30A。

根据封面料用量的不同,制得了三种释放速率的长效碳铵产品,表 1 列出了这三种产品在 30°C 水中 48 小时的初释放率。

二、影响长效碳铵释放率的因子

Oertli, J. J. 和 Lunt, D. R., (1962) 等曾就土壤温度、pH、含水量及包膜量、施肥部位、养分离子的种类等因子对包膜长效肥料的养分释放速率的影响进行了详细的研究^[12,13]。为了进一步了解长效碳铵在土壤中释放养分的特点,我们在田间和实验室就封面量、土壤温度、pH 及含水量对释放速率的影响进行了研究。

(一) 材料与方法

1. 试验材料。田间试验用长效碳铵为快、中、慢速三种,室内试验用中、慢速两种。田间试验是在陕西省宝鸡县西秦大队川道上的小麦试验地里进行的,土壤为黄土母质发育的黑垆土,粘壤质, pH 8.8, 含 CaCO_3 13.3%, 室内试验用陕西省武功黄土 (pH 8.7) 和江苏省无锡东亭水稻土 (pH 7.1)。

2. 试验方法。田间试验是将一定量的长效碳铵(约 20 克, 18—19 粒)与试验田的少量土壤相混合,盛于 20 × 10 厘米的塑料窗纱口袋,水平地埋入 10 厘米深的土层中,复土后将土层拍紧。重复 4 次。定期(施肥后半个月、1 个月、2 个月、5 个月、7 个月,最好结合作物生育期)取样,取样时要尽量去掉沾在长效肥颗粒表面的土壤,立即固定于盛有 200 毫升浓盐酸的塑料瓶中,带回实验室,定氮,求得释放百分率。

室内试验是将两种土壤按温室盆栽要求粉碎过筛,测定含水量,分别将土壤水分调节至 10%、20%,平衡一昼夜后,装 3 公斤土于 12 × 15 厘米的盆钵内。把一定量的长效碳铵埋入 5 厘米深的土层中。然后分别置于 < 10°C、20°C、30°C 的恒温条件下培养,定期(施肥后两天、1 周、2 周、3 周、4 周、6 周)取样测定。测定方法同田间试验,重复 4 次。在整个试验过程中土壤含水量要保持恒定。在进行上述测定的同时,测定相同温度条件下的水中释放率,以便进一步研究长效碳铵在淹水条件下水田的释放率与水中释放率的相关性*。

(二) 结果与讨论

1. 封面量对释放率的影响。图 2 是长效碳铵在小麦全生育期内的释放曲线及 10 厘

* 据试验证明,长效碳铵在水中释放与水田中释放的相关系数 $r = 0.868$ 。

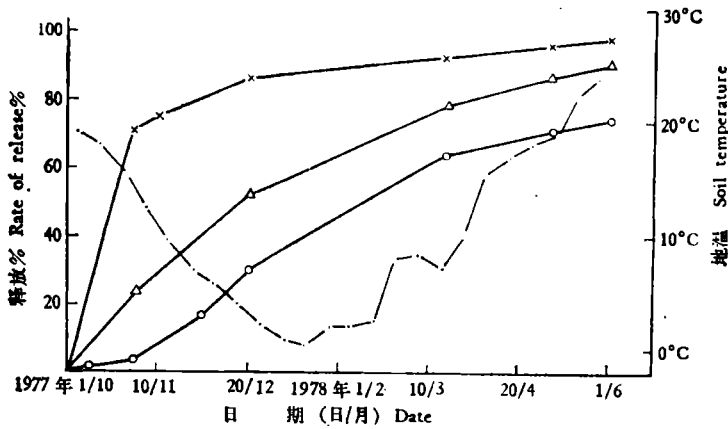


图2 不同封面量的长效碳铵在田间的释放情况

Fig. 2 Rate liberation of N from coated NH_4HCO_3 pills of different weight of sealing materials under field condition

- X-X- 快速长效碳铵 Rapid grade
- O-O- 慢速长效碳铵 Slow grade
- △-△- 中速长效碳铵 Medium grade
- 10厘米深地温 Soil temperature at 10cm depth

米深土层地温变化曲线。尽管1977年冬季气温较常年高,三种长效碳铵初期释放率都较高,但在整个生育期内三种长效碳铵的释放率始终保持一定的差距,说明封面料用量确实控制了长效碳铵的释放速率。同一时期陕西省汉中地区农科所的一项试验也获得了相似的结果。

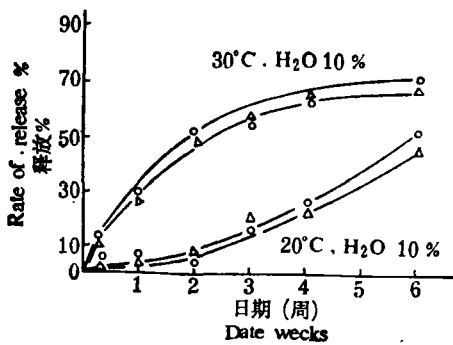


图3 中速长效碳铵在不同 pH 的土壤中的释放速率

Fig. 3 Rate liberation of N from coated NH_4HCO_3 pills (medium grade) in the soils at different pH

- △-△- pH 8.7 黄土 Loess
- O-O- pH 7.1 水稻土 Paddy soil

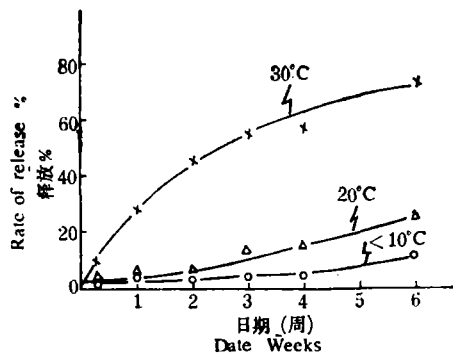


图4 不同温度下慢速长效碳铵的释放速率

Fig. 4 Rate liberation of N from coated NH_4HCO_3 pills (slow grade) at different temperature in a soil containing 20% moisture

2. 土壤 pH 对释放速率的影响。中速释放的长效碳铵在两种 pH 的土壤中的释放曲线见图 3。结果表明土壤 pH 对长效碳铵释放率没有什么影响。慢速长效碳铵在不同 pH

的两种土壤上的释放速率也没有显著差异,所有统计结果都达不到 5% 显著水准。

3. 土壤温度对释放率的影响。长效碳铵的释放率随着土壤温度的增加而增加(图 4)。数据的统计分析表明,在所有供试条件下温度所导致的释放率的差异都达到显著水准($P < 5\%$)。其中有两种情形,一种是当温度从 $<10^{\circ}\text{C}$ 增加到 20°C 时,最初两周的释放率几乎没有差异。可是在三周后,二者的释放率就有显著差异了。其次,当温度从 20°C 增加到 30°C 时,无论初期还是后期,都有显著的差异。 30°C 时的释放率与 20°C 时的释放率之比值(即 Oertli, J. J. 和 Lunt, O. R., 提出的“ Q_{10} ”值^[33])大于“2”。显然这是不符合包膜长效肥的扩散机理的^[33]。以前我们曾指出长效碳铵的释放机制可能为气态逸出^[4],现在已被更多的事实所证明。将长效碳铵和用同样工艺制备的长效尿素分别浸入水中,发现长效碳铵表面有小气泡不断逸出,而长效尿素没有这种现象;待肥料释放完后,长效碳铵整个膜壳漂浮于水面上,长期不下沉,将膜壳取出剖开,发现内部是干燥的;而长效尿素养分释放完后依然沉在水底,将膜壳剖开时发现壳内充满了水溶液。因此,可以推断,气态逸出是长效碳铵的主要释放机制,这是碳铵易分解挥发的性质所决定的。

4. 土壤水分对释放率的影响。一般认为土壤含水量在最大田间持水量至永久凋萎系数范围内,对包膜长效肥的释放率没有明显影响^[8,13]。本试验所采用的 10% 和 20% 两种土壤含水量对长效碳铵的释放率也没有影响(图 5)。但在淹水条件下,长效碳铵的释放率大大低于相同温度下的旱地土壤中的释放率。例如中速长效碳铵在 20°C 时,20% 含水量的旱地土壤中 3 周、4 周、6 周的释放率分别为 11.9%、19.6%、39.6%;而淹水条件下分别为 4.2%、5.5%、6.8%。这与 Prasad, R.,^[16] 和 Oertli, J. J., 等人的报告中指出的硫磺包膜尿素在淹水土壤条件下的释放率比在旱地土壤中慢的情形相似,不过其原因可能是很不相同的。硫磺包膜尿素在淹水土壤条件下是由于硫被还原为 FeS , 将硫磺膜壳上的微孔进一步密封从而使释放速率下降的^[16];而长效碳铵估计是因为在淹水条件下气体的逸出所受到的阻力比在旱地土壤中要大,因而释放速度减慢。

三、小麦和玉米施用长效碳铵的效果

长效碳铵已在不同的生物、气候、土壤条件下进行了许多田间试验。1977—1978 年又进行了小麦、玉米的肥效试验,结果如下。

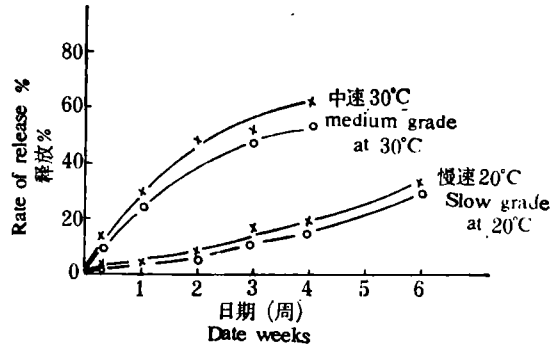


图 5 不同土壤水分对长效碳铵释放率的影响 (中性水稻土)

Fig. 5 Effect of soil moisture on the rate liberation of N from coated NH_4HCO_3 pills
 —x—x— 10% 含水量
 Soil moisture 10%
 —o—o— 20% 含水量
 Soil moisture 20%

(一) 试验方法和经过

1. 小麦试验在陕西省宝鸡县西秦大队进行。土壤是发育于黄土母质的黑垆土, pH 8.8, CaCO_3 含量 13.3%, 全 N 0.103%, 有机质 1.38%, 阳离子代换量每百克土 13.75 毫克当量, 肥力水平较高, 前茬为玉米, 于 1977 年 10 月 13 日播种, 1978 年 6 月 5 日收获, 全生育期 235 天。试验处理见表 2, 随机区组排列, 4 次重复, 小区面积为 0.05 亩, 所有处理以每亩 40 斤过磷酸钙作底肥。

表 2 小麦、玉米试验处理

Table 2 Field treatments for wheat and corn plants

小麦(10斤 N/亩)		玉米(12斤 N/亩)	
对照	不施氮肥	对照	不施氮肥
碳铵粉肥	2/3 基施, 1/3 返青期追施	碳铵粉肥	1/4 基施, 1/4 苗期追施
碳铵粒肥	全部基施		1/2 抽雄前追施
快速长效碳铵	全部基施	碳铵粉肥	全部基施
中速长效碳铵	全部基施	碳铵粒肥	全部基施
慢速长效碳铵	全部基施	慢速长效碳铵	全部基施

注: 小麦和玉米试验都另设有采样区, 供采集土壤、肥料、植株样品。

2. 玉米试验。1978 年 6 月 13 日在西秦大队布置了玉米试验, 前茬为小麦, 1978 年 9 月 18 日收获, 全生育期为 97 天。试验处理见表 2, 随机区组排列, 6 次重复, 小区面积为 0.05 亩。

(二) 结果和讨论

1. 产量效应。小麦和玉米的产量效应见表 3。结果表明, 无论是小麦抑或是玉米对氮肥的效应是极显著的, 均达到 1% 显著水准。但各个施肥处理之间却无显著差异 ($P > 5\%$)。

小麦的需肥特点是前期要有充足的氮素供应, 保证冬前有足够的分蘖, 并贮存丰足的营养供开春后返青生长。可是长效碳铵特别是中、慢速释放的, 前期供氮不足。田间观察小麦的长相, 中、慢速释放的长效碳铵各处理与无氮对照一样, 在一个较长的时期内叶色发黄, 密度较稀, 呈现缺氮现象。而碳铵粉肥和粒肥处理的小麦植株叶色正常, 后者还有轻度倒伏现象。从表 3 中小麦谷草比值也可看出中、慢速长效碳铵各处理缺氮现象的存在。

在玉米试验中, 整个生育期的气温都比较高(6—9月), 碳铵粉肥表施的挥发损失相当严重。例如, 9月份平均气温约 25°C, 碳铵表施的挥发损失 2 天达 10%, 4 天达 19%; 而深施 6 厘米的则未测到挥发损失。因此, 玉米试验中凡是深施的处理都比分三次追施的处理有所增产, 其中长效碳铵处理每亩增产 48 斤, 已接近 5% 显著平准 ($L. S. D_{5\%} =$ 每亩 50.2 斤)。对玉米果穗的经济性状作了考种, 施长效碳铵的玉米果穗比施碳铵粉肥的要大, 平均每个果穗多一行籽粒, 千粒重高出 10 克, 收到了穗大粒重的效果。据中国科

表 3 小麦、玉米对各处理的产量效应

Table 3 Effect of coated NH_4HCO_3 pills on the yield of wheat and corn (grains, jin/mu)

小麦*: Wheat 1977-1978 年					玉米*: Corn 1978 年			
处 理 Treatment	产 量 (斤/亩)* Yield (jin/mu)	增 产 Increase		草/谷 Straw Grain	处 理 Treatment	产 量 (斤/亩) Yield (jin/mu)	增 产 Increase	
		斤/亩 jin/mu	%				斤/亩 jin/mu	%
对 照 Check, no N	744	—	—	1.30	对 照 Check, no N	606	—	—
碳铵粉肥 NH_4HCO_3 powder	850	—	100	1.53	碳铵粉肥追施 NH_4HCO_3 powder top dressing	676	—	100
碳铵粒肥 NH_4HCO_3 pill	888	38	104.4	1.50	碳铵粉肥基施 NH_4HCO_3 powder base dressing	704	28	104
快速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (rapid grade)	870	20	102.3	1.47	碳铵粒肥 NH_4HCO_3 pill	722	46	107
中速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (medium grade)	888	38	104.4	1.30	慢速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (slow grade)	724	48	107
慢速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (slow grade)	874	24	102.8	1.30	—	—	—	—

注: *₁ L. S. $D_{5\%}$ = 73.6 斤/亩, L. S. $D_{1\%}$ = 102 斤/亩。

*₂ L. S. $D_{5\%}$ = 50.2 斤/亩, L. S. $D_{1\%}$ = 68.4 斤/亩。

*₃ 斤/亩=jin/mu, 1jin = 0.5kg, 1mu = 0.0667 hectare.

表 4 长效碳铵在小麦、玉米生育期内的释放情况

Table 4 Rate release of N from coated NH_4HCO_3 pills in the growing period of wheat and corn

播种及施肥日期 Date of planting and fertilization	长效碳铵类型 Grade of coated NH_4HCO_3 pills	采样日期及释放率(日/月,%) Sampling date and rate release %					
		29/10	30/11	13/12	15/3	3/5	1/6
小 麦 Wheat 1977 年 10 月 13 日	快 速 Rapid	71.4	—	85.6	92.0	94.0	96.0
	中 速 Medium	24.5	—	49.7	78.0	84.0	90.0
	慢 速 Slow	4.1	17.5	30.8	64.0	71.0	74.0
玉 米 Corn 1978 年 6 月 18 日	慢 速 Slow	24/6	5/7	16/7	31/7	8/8	31/8
		43.0	58.3	60.9	66.3	71.0	75.6

表 5 按实际消耗的 N 素计算的每斤 N 增产的谷粒

Table 5 Increments of yield per jin N contributed from NH_4HCO_3 fertilization (grains)

作物 Crop	处 理 Treatment	产 量 (斤/亩) Yield (jin/mu)	增产(斤/亩) Increase (jin/mu)	实际消耗的 N(斤/亩) N(consumed) (jin/mu)	每斤 N 素增产产量 Increment of yield per jin N	
					斤 jin	% "
小 麦 Wheat	对 照 Check, no N	744	—	—	—	—
	碳铵粉肥 NH_4HCO_3 , powder	850	106	10	10.6	100
	碳铵粒肥 NH_4HCO_3 , pills	888	144	10	14.4	135.8
	快速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (rapid grade)	870	126	9.6	13.1	123.6
	中速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (medium grade)	888	144	9.0	16.0	150.9
	慢速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (slow grade)	874	136	7.4	18.9	178.3
玉 米 Corn	对 照 Check, no N	606	—	—	—	—
	碳铵粉肥追施 NH_4HCO_3 , powder top dressing	676	70	12	5.8	100
	碳铵粉肥基施 NH_4HCO_3 , powder base dressing	704	98	12	8.2	141.3
	碳铵粒肥 NH_4HCO_3 , pill	722	116	12	9.7	167.2
	慢速长效碳铵 Coated NH_4HCO_3 pill (slow grade)	724	118	7.6	15.5	267.2

学院西北水土保持生物土壤研究所长效肥组试验¹⁾, 长效碳铵基肥深施比碳铵粉肥分两次追施增产 14.8%。看来, 长效碳铵在西北黄土地区对玉米有一定的增产潜力。

1) 中国科学院西北水土保持生物土壤研究所长效肥组, 1976: 长效碳铵对玉米的增产效应。

2. 氮的参数。各种长效碳铵在小麦、玉米各生育期内的氮素释放情况列于表 4。数据再次表明, 气温对各种长效碳铵的养分释放有很大影响。例如慢速长效碳铵在玉米地施后一个半月(7 月 31 日)已释放出 66.3%, 而施在小麦田里一个半月后(11 月 30 日), 仅释放了 17.5%。玉米的施肥原则是“前轻、中重、后补足”。所谓“中重”就是拔节后至抽雄前, 植株猛长, 需要大量养分, 而长效碳铵恰能在这段时间释放出大量养分供植株吸收利用, 有利于争取穗大粒重。

值得注意的是, 在小麦收获时, 快、中、慢三种长效碳铵分别还有 4%、10%、26% 的养分没有释放出来。据陕西省汉中地区农科所土肥组的测定, 分别还有 12%、20%、35% 的养分没有释放出来¹⁾。玉米试验中也发现这种情况, 慢速长效碳铵最后还有 25% 的养分没有释放出来。这项结果一方面说明目前试制的长效碳铵的释放率还不完全符合小麦、玉米的需肥规律, 另一方面也说明长效碳铵具有残效作用。这些未释放完的养分将逐渐为后作所利用。

假如按当季作物实际消耗的 N 素来计算每斤 N 素增产的谷粒(表 5), 那么长效碳铵的增产效果便很明显了。例如, 在小麦上, 慢速释放的长效碳铵比普通碳铵表施增产 78% 以上; 而在玉米上, 慢速长效碳铵比普通碳铵表施增产一倍半以上。显然长效碳铵的 N 素利用率比较高。

3. 根网层。1975 年的盆栽和田间试验, 就已观察到小麦根系将长效碳铵包裹起来, 形成一层根网这种现象。照片 1、2 是 1977—1978 年小麦田间试验中拍摄的不同生育时期的小麦根系包裹长效碳铵的情况。麦收后将长效碳铵从土中挖出, 剥去根网层, 剖开膜



照片 1 返青—拔节期小麦根系包裹长效碳铵的情况* (1978 年, 武功)

Fig. 1 A mat of root coating on the coated NH_4HCO_3 pills during the elongation stage of wheat 1978, Shanxi



照片 2 收获时小麦根系包裹长效碳铵的情况 (1978 年, 南京)

Fig. 2 A mat of root coating on the coated NH_4HCO_3 pills at harvest 1978, Nanjing

1) 陕西省汉中地区农科所土肥组, 1978 年工作总结。

* 由中国科学院西北水土保持生物土壤研究所长效肥组协助拍摄。

壳,往往看到还有一定数量的肥料留在壳内。根网层如此紧密地包裹着长效碳铵而不被伤害,说明养分释放浓度不高。Barber, S. A., 等提出的截取、质流和扩散是根系吸收养分离子的三种途径,在根网层包裹长效碳铵的情况下,这三种途径必然更加充分地发挥作用。养分离离子一经释放,便立即被吸收,似乎很少有可能“逃出”这个网层。这也许就是长效碳铵N素利用率比较高的原因之一。

大多数学者指出,长效肥的生物学试验一般并不表现为当季作物的增产,但是提高了肥料利用率。在某些特殊栽培条件下,当季也可获得增产。例如间歇灌溉条件下的水稻^[7],淋溶条件下的玉米^[9],热带地区的甘蔗、菠萝等^[5,7]。因此,长效肥料问题是值得研究的,关键在于努力寻找合宜的包膜材料,设计经济合理的包膜工艺,制备释放速率大致符合作物需肥规律的长效肥料。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所长效肥组, 1974: 碳酸氢铵粒肥的肥效和机械造粒。土壤, 第3期, 97—102页。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所长效肥组, 1975: 碳酸氢铵粒肥和长效性碳酸氢铵的研制。化学通报, 第1期, 21—25页。
- [3] 辽宁省盘锦地区农科所, 1974: 盘锦农业科技(增刊), 长效肥料专辑(一)。
- [4] 李庆远, 1976: 长效肥简介。土壤农化参考资料, 第2期, 1—19页。
- [5] Engelstad, O. P. and Russel, D. A., (鲁如坤译, 1978), 1975: 热带地区的施肥。土壤农化参考资料, 第5期, 1—12页。
- [6] Viets, F. G., (曹志洪译, 1978), 1977: 美国土壤肥力和植物营养科学进展的概况。土壤农化参考资料, 第6期, 15—20页。
- [7] Chisso-Asatll Fertilizer CO., LTD. 1978: Coated Urea. Tokyo, Japan.
- [8] Christoffel, I. & Strother, N., 1968: U. S. Pat., 3,392,007.
- [9] Dalal, R. C., 1974: Comparative Efficiency of soluble and controlled-release sulfur-coated Urea Nitrogen for corn in tropics. Proc. soil sci. soc. Amer., 38: 970—974.
- [10] James, R. W., 1975: New Use of Sulfur. American chemical Society, Washinton, 18—54.
- [11] Kurihara, K., 1978: Present status of coated fertilizer in Japan. National Institute of agricultural Sciences, Tokyo, Japan.
- [12] Lunt, O. R. & Oertli, J. J., 1962: Controlled release of fertilizer minerals by incapsulating membranes: II. Efficiency of recovery, influence of soil moisture, mode of application, and other considerations related to use. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 26: 584—587.
- [13] Oertli, J. J. & Lunt, O. R., 1962: Controlled release of fertilizer minerals by incapsulating membranes: I. Factors influencing the rate of release. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 26: 579—583.
- [14] Olson, R. A. Army, T. J. Hanway, J. J. & Kilmer, V. J., 1971: Fertilizer technology and use. 2nd ed., Soil Sci. Soc. of Amer., Inc. Madison, Wisconsin USA. 455—491.
- [15] Powell, R., 1968: Controlled release fertilizers. (Chemical process review, No. 15) Noyes Development corp. N. Y. USA.
- [16] Prasad, R. Rajale, G. B. & Lakhdive, B. A., 1971: Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers. Advan. Agro. 23: 337—375.
- [17] Sanchez, P. A. Gavidia, O. A. Ramirez, G. E. Vergara, R. & Minguillo, F., 1973: Performance of sulfur-coated urea under intermittently flooded rice culture in peru. Proc. Soil Sci, Soc. Amer., 37: 789—792.

STUDIES ON COATED AMMONIUM BICARBONATE PILLS AS A SLOW-RELEASE FERTILIZER

Cao Zhi-hong, Sun Xiu-ting, Jiang Pei-xian, Li A-rong
and Li Ching-kwei

(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

Ammonium bicarbonate is a low grade nitrogen fertilizer. It is easily volatile and of poor physical properties. However, at present, a large number of small nitrogen factories are still operating to produce this fertilizer for local usage in China.

Recently, deep drill of NH_4HCO_3 pills bellow soil surface has been found much more effective to crop growth than top dress of NH_4HCO_3 powder. The pills weigh about 1gm, are pressed out by a double-roll prilling machine.

Present investigation deals with the coating technique of NH_4HCO_3 pills for preparing a slow-release fertilizer and the factors affecting the release rate of N from coated pills. The efficiency of this controlled nitrogen fertilizer has also been studied.

Fused Ca-Mg-phosphate, a commonly used phosphatic fertilizer in China, has suggested as the main component of the coating materials. The coating procedure is as following: Rotate the NH_4HCO_3 pills in a rotating pan. Diluted phosphoric acid is sprayed in situ and meantime powdered Ca-Mg-phosphate is added. A molten mixture of wax and asphalt is used as sealing agent, and finally at the ending of rotation a small amount of powdered Ca-Mg-phosphate is introduced as a conditioner.

The coated pills weigh 1.1—1.2 gm. They are composed of about 73% NH_4HCO_3 , 3% moisture, 4% calcined dolomite and 20% coating shell. As expressed in the terms of plant nutrients, they contain 11—12% N, 3% total P_2O_5 in which more than 80% is in available form, and with certain amount of available Ca, Mg and Siliceous acid. The components of the coating shell, as identified by X-ray diffraction are mainly calcium carbonate, $\text{NH}_4\text{-Mg-phosphate}$ ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) and ammonium phosphate.

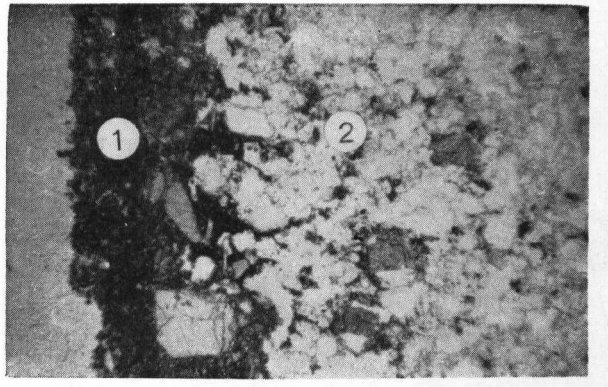
The factors affecting the release rate of N from coated NH_4HCO_3 pills have been studied both in the field and in the laboratory. Regulation of N-release from the coated NH_4HCO_3 pills can be done by varying the quantity of the sealing materials. A heavier coating reduces the rate of N-release from the coated pills. Three grades of the rate of N-release have been established, i.e., 69—71%, 30—38%, 14—19%, in the first 48 hrs. at 30°C in water.

Temperature seems to be an important factor affecting the rate of release of a given coated pill. An increase of each 10°C increases the rate of release more than double. The release rate is independant of soil pH. Soil moisture content within the limit of field capacity shows no effect but under flooded condition the rate of release drops markedly.

Fertilizer experiments on the response of corn and wheat plants to slow-release NH_4HCO_3 pills were laid on a silt clay loam, pH 8.8, containing 13.3% CaCO_3 , in the loessal plateau of Shaanxi province, northwestern China. Nitrogen fertilizers including powdered NH_4HCO_3 , pilled NH_4HCO_3 and slow-release NH_4HCO_3 pills were applied at a rate of 75 kg N per

hectare. Markedly increases of the yields of corn and wheat grains were obtained in all plots recieved nitrogen fertilizers ($P < 1\%$) in comparison with plots without nitrogen treatment, But no significant difference ($P > 5\%$) on the yield values could be observed between any forms of the NH_4HCO_3 fertilizers. The mean values of yield in 1977—1978 were as follows: For corn (grains kg per hectare) 1978, no nitrogen 4545; NH_4HCO_3 powder 3-splits top dressing 5070; deep drill of NH_4HCO_3 pills 5415; deep drill of slow-release NH_4HCO_3 5422. For wheat (grains kg per hectare) 1977—1978, no nitrogen 5610; NH_4HCO_3 powder 2-splits top dressing 6375; deep drill of NH_4HCO_3 pills 6660; deep drill of slow-release NH_4HCO_3 6583.

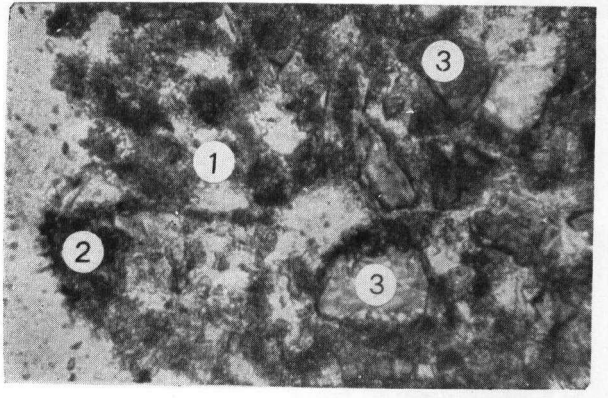
Field observation revealed two facts worthwhile to notice. First, we have found that, after the harvestation of the corn, most of the coated NH_4HCO_3 pills still retained about 1/4 of NH_4HCO_3 within the coating shell, consumption of the N-nutrient during the experimental period was arround 75%. Similar phenomena occured on the wheat field. Second, a mat of net-work formed by the root hairs of the wheat was coated on the surface of the coating shell. We believe that slow-release NH_4HCO_3 pills may have residual value of N-nutrient to succeeding crop. The effect of the root-hair mat surrounding the pill surface of slow-release fertilizer remains to further study.



照片 1 长效碳铵膜壳与粒肥表面接触、渗透情况

1——膜壳，2——碳铵粒肥。在膜壳和碳铵粒肥之间可见到包膜物料渗入粒肥间隙的情况。
(透射光×20)

Fig. 1 Coating materials of a coated NH_4HCO_3 pill penetrated into the fissure at the surface of NH_4HCO_3 pill (1) Coating membrane (2) NH_4HCO_3 pill (Transparent light ×20)

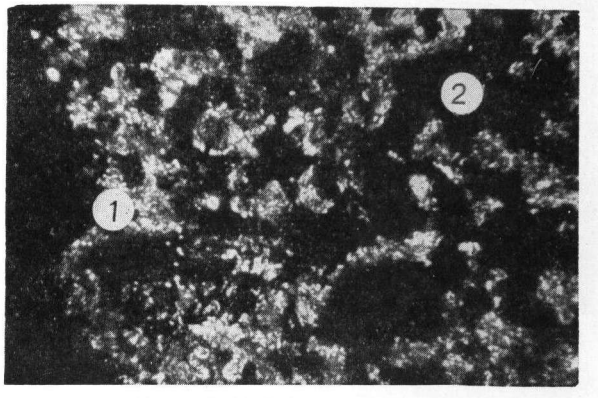


照片 2 长效碳铵膜壳的显微结构

1——微孔隙，2——碳酸盐类矿物，3——方镁石颗粒。(透射光×160)

Fig. 2 Microstructure of the coating materials

(1) Micropores (2) Carbonate materials (3) Periclase (Transparent light ×160)



照片 3 长效碳铵膜壳的显微结构

1——膜壳表面，2——微孔隙和方镁石颗粒，在正交偏光镜下全黑。(正交偏光×160)

Fig. 3 Microstructure of the coating materials

(1) Membrane surface (2) The dark areas indicate micropores and periclase (Crossed polarizers ×160)