

# 沸石在复混肥中的作用与应用\*

刘广余 李吉进

(北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100081)

**摘 要** 沸石在复混肥中的作用如下:①保 N 沸石“分子筛”吸  $\text{NH}_4^+$  再释放;减少尿素 N 流失;减缓尿素 N 转化为  $\text{NH}_4^+$ -N 速度。②减少 P 的固定 沸石吸  $\text{HPO}_4^{2-}$  再释放;沸石吸  $\text{NH}_4^+$  成为  $\text{NH}_4^+$ -沸石(铵化饱和沸石)在释放  $\text{NH}_4^+$  时大量吸收  $\text{Ca}^{2+}$ 。③沸石中含 K 和多种微量元素 可供作物吸收利用。沸石在复混肥中的作用,主要是用它包衣尿素,配制沸石长效复混肥。此肥最大的特点是长效,增产,提高 N 肥利用率,减少 N 污染。用差减法,有效养分系数法,二次通用旋转回归设计及经验方法设计复混肥配方,用科学的方法进行配料。

**关键词** 沸石 包衣尿素 复混肥

沸石是沸石族矿物总称,是一种内含沸石水的碱金属 Na K 和碱土金属 Ca 的铝硅酸盐矿物。一般化学式为:  $\text{A}_m\text{X}_p\text{O}_{2p}\cdot n\text{H}_2\text{O}$  式中, A—Ca Na K, Sr Ba X—Al Si n—水分子数; m—阳离子数; p—离子电价。

农业上应用的多是斜发沸石,化学式为:  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_9]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。

在沸石矿物硅酸盐四面体晶格结构中,以  $\text{Al}^{3+}$  取代  $\text{Si}^{4+}$ , 所造成的负电荷点,由  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等去平衡。由于这些平衡离子只是很松散地连接在晶体结构上,不够稳定,很容易和溶液中的阳离子自由交换。这是沸石一个极其重要的特点,把它称为离子交换容量 (C.E.C) 沸石的晶格为开放式构造,内有 3~10Å 的大小均一、相互连接的孔穴和通道,水分子和阳离子可以自由活动。空腔中的水称为沸石水,它的多少随外界温度而变化,加热后,沸石水部分或全部脱失后,变成疏松多孔海绵状体。但晶格不被破坏,可以吸附流体中直径比其孔径小的分子,大分子排除在外,因此得名“分子筛”,它对极性分子比非极性分子有更大的亲和力。

## 1 沸石在复混肥中的作用

沸石在复混肥中的作用主要是指沸石保 N、减少 P 固定,含 K 和微量元素,对作物生长有积极作用。

1 1 沸石的保 N 作用

1 1 1 沸石吸  $\text{NH}_4^+$  与解吸<sup>[1 2]</sup>  $\text{NH}_4^+$  通过溶液进入沸石“分子筛”孔径中,很快占据交换点,把那些平衡离子  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等交换后被排除孔径之外。由于消化菌大于孔径千万倍,无法进入孔径中与  $\text{NH}_4^+$  接触,使硝化作用得到阻止,  $\text{NH}_4^+$ -N 得到保护。当孔径外  $\text{NH}_4^+$  减少到一定程度时,孔径内的  $\text{NH}_4^+$  被解吸出来(解吸量占 62% ~ 79%),未被解吸的  $\text{NH}_4^+$  并非无效,遇到适宜的条件,亦可被代换出来。北京地区常用的河北滦平沸石吸  $\text{NH}_4^+$  值为 140Cmol/kg。沸石及  $\text{NH}_4^+$  犹如水库调节洪水,对作物起到平衡利用 N 的作用。

沸石吸  $\text{NH}_4^+$  值与沸石目数(表 1)、外界温度及  $\text{NH}_4^+$  的浓度有关(表 2), 18 目以下吸  $\text{NH}_4^+$  较低, 35 目以上吸  $\text{NH}_4^+$  较高,但差异不大。随着  $\text{NH}_4^+$  的浓度升高,沸石吸  $\text{NH}_4^+$  值相应增加。

表 1 不同粒度的沸石吸  $\text{NH}_4^+$  值变化

目 数	< 18	18~ 35	35~ 70	70~ 100	100~ 140	140~ 180	> 180
吸 $\text{NH}_4^+$ 值 (Cmol/kg)	120.3	135.4	144.5	143.9	142.7	144.2	141.2

表 2 沸石对不同浓度  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的吸附值

$\text{NH}_4\text{Cl}$ 浓度 (mol/L)	0.1	0.2	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	温 度
吸 $\text{NH}_4^+$ 值 (Cmol/kg)	99.8	107.0	109.9		118.7			8~ 10℃
			114.1	118.9		121.6	126.0	13~ 15℃

1 1 2 沸石可减少尿素 N 流失。用沸石包衣尿素和尿素在壤土上作淋溶比较试验。试验结果,在前 2h 内,沸石包衣尿素的淋溶强度远远低于尿素(图 1);而 2h 后,则相反,沸石包衣尿素的淋溶强度逐渐高于尿素,显示出包衣尿素 N 的平衡释放。

1 1 3 沸石对尿素 N 转化为  $\text{NH}_4^+$ -N 的影响。同时施在砂质土壤中的沸石包衣尿素与尿素,经过一周后,其  $\text{NH}_4^+$ -N 的转化率,前者比后者低了 2% (图 2)。其原因是沸石包衣阻碍了土壤中尿酶与尿素的直接接触。

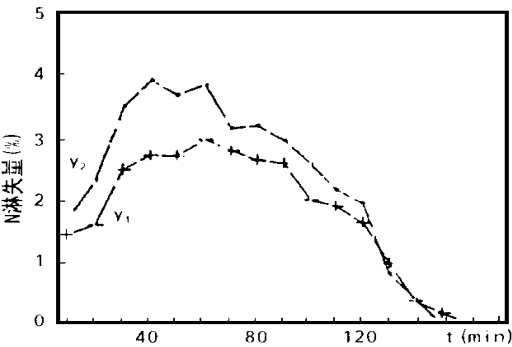


图 1 沸石包衣尿素 N 与尿素 N 淋溶比较  
包衣尿素拟合公式:  $y_F = 0.1766 \cdot e^{-0.02192x} \cdot \ln t$  ( $r = -0.9987$ )  
尿素拟合公式:  $y_2 = 0.3156 \cdot e^{-0.02752x} \cdot \ln t$  ( $r = -0.9964$ )

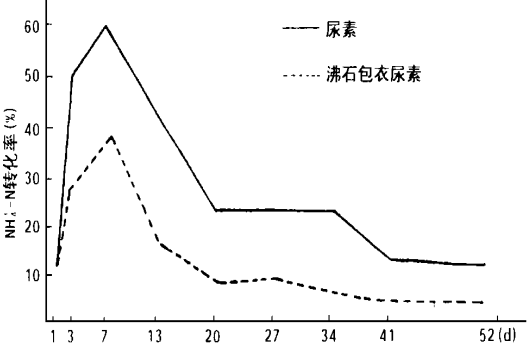


图 2 在土壤中沸石包衣尿素与尿素  
转化  $\text{NH}_4^+$ -N 的结果比较

1 2 沸石的保 P 作用

1 2 1 沸石吸 P<sup>[2]</sup> 由试验得知,沸石可吸收水溶性和弱酸溶性 P。沸石产地(品位)不一样,吸收和解吸 P 也不一样,从表 3 中看出,大致相同目数(180 和 195 目)独石口和滦平沸石吸 P 表 3 不同粒径沸石粉吸 P 量与解吸量(25℃)

产 地	目数	吸 P 量 (Cm ol/kg)	易解吸量		可解吸量		总解吸量	
			Cm ol/kg	占吸 P%	Cm ol/kg	占吸 P%	Cm o l/kg	占吸 P%
独石口	70~ 100	57. 85	9. 85	17. 03	37. 77	65. 29	47. 62	82. 3
	≥ 180	57. 85	12. 90	22. 30	41. 85	72. 34	54. 75	94. 64
滦 平	195	83. 37	10. 87	13. 04	28. 69	34. 41	39. 56	47. 45

分别为 57. 85Cm ol/kg 和 83. 37Cm ol/kg, 但总解吸量相反, 分别为 54. 75Cm o l/kg 和 39. 56Cm ol/kg。非解吸量在适当的条件下也能被植物吸收, 所以在酸性土壤中可减少速效 P 被 Fe、Al 固定, 生成 FePO<sub>4</sub> 和 AlPO<sub>4</sub>; 在石灰性碱性土壤中, 减少水溶性 P 转化为低肥效的磷酸 8 钙。

1 2 2 沸石促进作物对 P 的吸收 如果土壤中 P 的浓度低, P 的含量少, 作物对 P 的吸收明显减弱。当沸石肥施入土壤中, 其 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 进入沸石分子筛, 把 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 代换出来, 这些离子可以促进作物对 P 的吸收。

1 2 3 沸石可使土壤中过量的 Ca 减少 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 沸(铵化饱和沸石)在土壤中大量释放出 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 的过程, 也是土壤 Ca<sup>2+</sup> 与它进行代换的过程。土壤中减少过量的 Ca 也就减少了磷酸 8 钙进一步生成稳定的磷灰石。

1 3 沸石中的养分含量

1 3 1 沸石中含有 K 沸石中全钾达 2. 51%, 而可溶性钾可达 1. 16%, 约占全钾的一半, 这种钾绝大部分可被作物吸收(表 4)。

表 4 滦平沸石可溶性 K 含量					表 5 沸石中可溶性微量元素含量(单位: mg/kg)						
沸石目数	18~ 25	70~ 100	180	处 理	微量元素	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo	B
K 含量(%)	1. 11	1. 15	1. 14	浸泡 24h	独石口	4. 72	2. 45	8. 40	20. 93	0. 0188	极少
占沸石(%)	1. 12	1. 16	1. 16	搅拌 5min	滦 平	2. 01	1. 95	0. 87	18. 40	0. 0147	极少

1 3 2 沸石中含有微量元素 沸石中各种微量元素都有, 其中可溶性 Zn、Fe、Mn、Cu 高于土壤分级指标中最高含量, 其它 Mo、B 没有土壤中分级指标中含量高, 应用意义不大,(表 5)。

2 沸石在复混肥中的应用

N 是作物最主要的营养元素之一。土壤普查表明, 我国土壤 N 的有效含量不足, 影响作物生长发育。因此, 为了获得高产, 很多作物需补施 N 肥。可是当 N 肥施入土壤后, 由于挥发、反硝化、淋溶和径流等损失严重, 其利用率很低, 一般只有 30% ~ 40%。所以研究沸石复混肥技术就抓住这个主要矛盾, 充分发挥沸石的作用。小麦、玉米、花生等多种作物试验表明, 产量优

化区间沸石使用量为  $525 \sim 1500 \text{ kg/hm}^2$ 。这样大量使用沸石,在生产中无法推广。因此,我们研究的沸石包衣技术,既能精量使用沸石,又能充分发挥沸石的保 N 作用。

## 2 1 沸石包衣尿素技术与产品

2 1 1 设备 应用目前圆盘造粒设备,只需在燃烧炉与烘干筒之间安装热量调节器

2 2 2 原料 沸石,尿素,水等。

2 1 3 混配 把沸石与尿素按一定比例混均后,置入圆盘内,喷适量的水(如果是造药肥,可把药按计量溶在水中)摇成球,再输入烘干筒中烘干,即成沸石包衣尿素产品。

2 1 4 参数要点 不使尿素溶化和农药失效的温度;适宜的水分;控制适宜的摇粒时间,其中温度很重要,温度高了尿素溶化,温度低了容易脱壳。沸石包衣尿素是在充分发挥沸石作用下精量使用的最佳方法,可减少成本,有利推广。还克服了在复混肥中直接掺尿素易潮解,把尿素粉碎后造粒耗能大,经过高温 N 损失严重等缺点。

## 2 2 沸石复肥的配方设计

配方是对具体土壤条件下各种作物需要养分的计量。其方法有:差减法,有效养分系数法,二次通用旋转回归设计法和经验法等。例如根据上述方法确定的夏玉米配方为:  $20:7:14+$  微 ( $\text{ZnSO}_4$ ),一次性底肥

## 2 3 沸石复混肥的配制

按沸石复混肥配方设计要求,配制肥料时要考虑:要以沸石包衣尿素作为主要 N 原料,并保证每公顷用量的肥料中含沸石 20% 以上;不能混合的肥料不能配制;添加作物敏感的微量元素和有机肥干鸡粪或腐植酸肥料。主要配制方法:

沸石包衣尿素 + 普钙 + 氯化钾 + 微

沸石包衣尿素 + 二铵或重钙 + 氯化钾 + 微

沸石包衣尿素 + 钙镁磷 + 氯化钾 + 微

沸石包衣尿素 + 氯化铵 + 普钙 + 氯化钾 + 微

沸石包衣尿素 + 沸石 + 普钙 + 氯化钾 + 微

沸石 + 尿素或氯化铵 + 普铵 + 氯化钾 + 微

注: ..... + ..... 成粒后掺混; ..... + ..... 成粒前混配

## 2 4 沸石复混肥的使用

对一般大田作物和部分蔬菜,沸石复混肥 N PK 含量达到 3% 左右或大于此数,可作一次性底肥;每公顷用  $750 \text{ kg}$ 。如果养分含量在 2% ~ 30% 左右,除作底肥外还要追肥,才能获得高产。

## 参 考 文 献

- 1 刘广余,等.沸石在农业生产中应用专集.北京农业科学,1994(增刊): 35~ 37
- 2 关连珠,等.天然沸石保氮供氮能力及其机制的研究.土壤通报,1990 21(2): 71~ 75
- 3 浙江农业大学,浙江省农业科学院.自然沸石在农业上应用专辑.农业科技译丛,1989 18~ 25
- 4 Barbarick KA, Lai TM, Eberl DD. Exchange fertilizer (phosphate rock plus ammonium-zeolite) effects on

Sorghum-Sudangrass Soil Science Society of America Journal 1990 54(3): 911~ 916

## Role and Application of Zeolite in Compound Fertilizers

Liu Guangyu

Li Jijin

(Institute of Plant Nutrient and Resource Beijing Municipal  
Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100081)

**Abstract** The role of zeolite in compound fertilizer is as follows (1) It can preserve nitrogen. The zeolite molecular sieve can absorb and release  $\text{NH}_4^+$ . Zeolite can decrease the loss of urea-nitrogen in soil and the ratio of  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  to  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ . (2) It can keep phosphorus activity. Zeolite can absorb and release  $\text{HPO}_4^{2-}$ . The  $\text{NH}_4^+$  saturated zeolite can release  $\text{NH}_4^+$  and absorb  $\text{Ca}^{2+}$ , which may decrease soil phosphorus fixation. (3) It contains potassium and many other microelements which is necessary for plants during their growth. In this paper, the applied technology of zeolite in compound fertilizers is discussed. According to the above advantages of zeolite, the character of zeolite to preserve nitrogen in soil was used in the invention of the zeolite coating urea. The virtues of zeolite coating urea include long-term efficiency, high yields and high ratio of nitrogen utilization and limited the pollution of nitrogen.

**Key words** Zeolite; Coated urea; Compound fertilizer