

## File No.08 磷酸一铵 (MAP) 和磷酸二铵 (DAP) 的比较

磷酸一铵 (Monoammonium phosphate, MAP) 和磷酸二铵 (Diammonium phosphate, DAP) 都是用磷酸和合成氨为原料, 经过中和反应生成的磷酸铵化合物, 统称为磷铵肥料。

这 2 种磷铵具有可溶性和水溶性磷酸含量高, 含有氨态氮, 理化性质好, 容易被植物吸收利用, 肥效高等特点, 不仅是作为基肥和追肥单独施用, 还被作为复合肥和复混肥, 掺混肥的原料。是产量最高, 应用最广的磷酸系肥料。现在, 全球的磷酸一铵和磷酸二铵的产量占了磷肥总产量的约 90%。

表 1 所示的是磷酸一铵 (MAP) 和磷酸二铵 (DAP) 的理化性质。同样以磷酸和合成氨为原料的中和反应也可以合成磷酸三铵(TAP)。但是, 合成的磷酸三铵性质不稳定, 在常温常压下会逐渐分解, 不能长期保存, 无法作为肥料使用。作为参考, 磷酸三铵(TAP)的理化性质也记载在表 1 上。

表 1. 3 种磷铵的理化性质

项目	磷酸一铵(MAP)	磷酸二铵(DAP)	磷酸三铵(TAP)
分子式	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_3$	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_3$
结晶状态	正方晶	单斜晶	斜方晶
含氮量 (N%)	12.2	21.2	28.6
含磷量 ( $\text{P}_2\text{O}_5\%$ )	61.8	53.8	48.3
氮磷比 (N/ $\text{P}_2\text{O}_5$ )	1 : 5.1	1 : 2.5	1 : 1.7
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ , $20^\circ\text{C}$ )	1.803	1.619	—
熔点 ( $^\circ\text{C}$ )	190.5	分解	分解
生成热 (KJ/mol)	-1451	-1574	-1673
溶解热 (KJ/mol)	16	14	—
熔融热 (KJ/mol)	35.6	—	—
临界相对湿度 (%、 $30^\circ\text{C}$ )	91.6	82.5	—
pH (0.1mol/L 溶液)	4.4	8.0	9.0
溶解度 ( $\text{g}/100\text{ml}$ , $20^\circ\text{C}$ )	39.5	68.9	20.3

如表 1 所示, 磷酸一铵的熔点高, 热稳定性好, 即使是加热到  $190^\circ\text{C}$  也基本上不会分解。临界相对湿度高, 不易吸湿结块。溶解度高, 在水中的溶解性好, 溶解度则随着温度上升而增加。

磷酸二铵的热稳定性不太好, 不耐高温。在  $80^\circ\text{C}$  以上的高温环境中会缓慢地分解, 放出 1 个氨原子, 变成磷酸一铵。分解速度随着温度升高而加快, 超出  $120^\circ\text{C}$  后, 很快就会分解成磷酸一铵。临界相对湿度稍低, 吸湿性要比磷酸一铵高, 在保管流通过程中容易吸湿结块。

图 1 是温度对磷酸一铵和磷酸二铵的氨气平衡分压的影响。从图中可知, 磷酸一铵在  $160^\circ\text{C}$

以下非常安定，超出 180℃以上才会逐渐开始分解释放出氨气。而磷酸二铵在 80℃就会逐渐开始分解，90℃以上时分解速度加快，超出 120℃后很快就会分解释放出氨气转变成磷酸一铵。该图显示的是磷酸一铵和磷酸二铵的纯粹结晶，不是普通的肥料用的磷铵，肥料用的磷铵因为含有大量的不纯物，分解温度要比纯粹的磷铵要高一些。

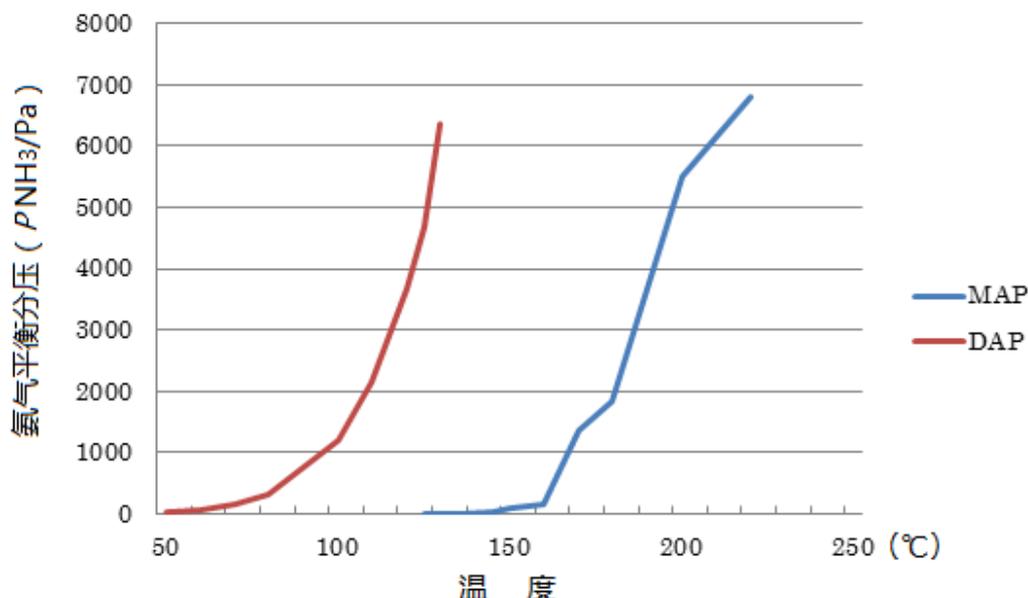


图 1. 磷酸一铵(MAP)和磷酸二铵(DAP)的氨气平衡分压与温度的关系

### 磷酸一铵和磷酸二铵在制造，保管，用途等方面的不同处

1. 磷酸一铵的氨气平衡分压低，只要不超过熔点的 190.5℃，氨的挥发并不显著。因此，在生产时磷酸和氨的中和反应产生的反应热不会引起氨的损失，生产效率高。特别是使用高速喷射中和反应法生产磷酸一铵的合成效率非常高。

磷酸二铵的氨气平衡分压高，特别是超出 120℃时，中和反应生成的磷酸二铵很容易就会分解释放出氨，转换成磷酸一铵。所以在中和反应时必须控制中和度，在后继的造粒工序中采用追加氨的方法来合成磷酸二铵。即使是这样也会损耗较多的氨，生产效率和生产成本要比磷酸一铵差一些。

2. 磷酸一铵的热稳定性好，合成后可以 150~200℃的热风进行干燥。干燥效率高，耗能少。可以利用管式反应装置 (Pipe reactor) 直接连接喷雾干燥装置生产粉末产品。粒状产品也可以用滚筒料浆喷雾涂布造粒方式高速成粒。干燥后的产品含水率可以控制在 2%以内。

磷酸二铵的热稳定性不太好，干燥温度必须控制在 80~90℃之间。干燥效率低，不适用于喷雾干燥，通常是使用料浆法，让中和反应生成的磷酸一铵和磷酸二铵的混合物料浆在滚筒造粒机一边造粒一边加氨和干燥。干燥后的产品含水率高。条件好的厂家的产品含水率也只能控制在 2.5%左右，条件差的厂家的产品含水率有时会高到 5%。

3. 磷酸一铵对磷酸原料的质量要求不严，磷酸镁，磷酸铁，磷酸铝等杂质较多的粗磷酸不需要经过清澄处理，直接可以用于生产磷酸一铵。通常，品位在 28% 以上的磷矿石生产的粗磷酸就可以直接应用于磷酸一铵的生产。

因为磷酸中的磷酸镁，磷酸铁，磷酸铝等杂质会影响磷酸和氨的中和反应，特别是妨碍磷酸与第 2 个氨的结合。所以杂质较多的粗磷酸生产不出标准的 64 含量（18N-46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）的磷酸二铵，需要预先进行清澄处理，除去杂质后才能用于磷酸二铵的生产。通常，磷酸二铵要求 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量 30% 以上的高品位磷矿石生产的磷酸为原料。中国中小厂家生产的 60 或 57 含量的磷酸二铵就是因为没有或者不能除去磷酸中的杂质，所以只能生产这些低品位的磷酸二铵。

4. 磷酸一铵的密度要比磷酸二铵高，同样重量的情况下，体积要小一些。有利于包装，运输和保管。

5. 磷酸一铵的稳定性和临界相对湿度高，在运输和保管等流通过程中分解和吸湿的可能性小，即使是粉末也不易出现结块现象，方便运输和长期保管。所以有粉状和颗粒 2 种产品。

磷酸二铵的热稳定性低，夏季运输和保管时被直射阳光长期照射，会引起脱氨导致品质下降。临界相对湿度也较低，容易吸湿结块，所以磷酸二铵都是以颗粒状态出厂的。长期保管时必须注意保管条件，以免发生脱氨和结块，出现质量问题。

6. 肥料养分含量不同。磷酸一铵因为只有 1 个氨，所以含磷量要比磷酸二铵高，含氮量则比磷酸二铵低。通常，磷酸一铵的含磷量在 46~52%，含氮量在 8~12%，磷酸二铵的含磷量在 39~46%，含氮量在 14~18%。

7. 磷酸二铵是弱碱性物质，其水溶液的 pH 为 8.0。与过磷酸钙和消石灰等富含钙的物质混合的话，水溶性磷酸会与钙结合形成难溶性的磷酸氢二钙，使得水溶性磷含量降低，称之为磷酸固定失活现象。

磷酸一铵的水溶液 pH 为 4.4，呈弱酸性。与过磷酸钙等含有大量钙的肥料混合也不会反应生成难溶性磷酸氢二钙化合物。不易出现磷酸固定失活现象。

8. 磷酸一铵施用后的土壤溶液呈微酸性，有助于植物对磷酸的吸收利用。磷酸一铵与硫酸铵，尿素等氮肥混合施用，还有抑制氨的挥发逸散的作用。

磷酸二铵因为水溶液 pH 为 8.0，施用后土壤溶液呈弱碱性。在碱性土壤上施用后土壤溶液中离解出的氨离子在温度较高的环境下容易变成氨气逸散出来。若在大棚或地膜覆盖等换气不良的情况下，释放出的氨气有可能会对种子或幼苗，嫩叶造成伤害，出现肥害现象。

如上所述，磷酸一铵和磷酸二铵虽然都是磷酸和氨中和反应生成的磷酸铵化合物，但在热

稳定性和水溶液 pH 等理化性质上有一定的差异。所以使用范围有所不同。

磷酸一铵的热稳定性好，不易吸湿和分解，除了单独施用外，还可作为复合肥原料和 BB 掺混肥原料，酸性土壤和碱性土壤都可以施用，适用范围广泛。

磷酸二铵的含氮量高，磷酸和氮的比例好，适合单独施用，特别适合作为基肥施用。虽然较易吸湿结块，但都是以颗粒状销售的，若配方合适的话，亦适用于 BB 掺混肥。但因为热稳定性不好，不适宜作为复合肥原料。另外，磷酸二铵呈弱碱性，不适合用于碱性土壤。特别是钙含量高的土壤，灌溉用水是硬水的地区，施用磷酸二铵后土壤溶液中的钙离子容易与磷酸离子结合成难溶性的磷酸钙化合物，降低肥料效果。因此，在碱性土壤，含钙量高的土壤，灌溉水是硬水的情况下，尽量避免施用磷酸二铵，改用磷酸一铵或复合肥，以免影响肥效。