

◆ 提质增效产品创制技术 ◆

亚磷酸二氢钾在农业中的应用及生产工艺

赵占诗

(中国磷复肥工业协会, 北京 100013)

[摘要] 阐述亚磷酸二氢钾的性质、在农业中的应用及对农作物的作用机制; 对比亚磷酸二氢钾与亚磷酸钾、磷酸二氢钾的性能; 并综述亚磷酸二氢钾生产工艺、操作步骤, 以及生产中的注意事项。

[关键词] 亚磷酸二氢钾; 农业应用; 生产工艺

[中图分类号] TQ126.3'5; TQ444 [文献标志码] A [文章编号] 2097-4566 (2024) 08-0039-03

Agricultural application and production technology of potassium dihydrogen phosphite

ZHAO Zhanshi

(China Phosphatic Compound Fertilizer Industry Association, Beijing 100013, China)

Abstract: The properties of potassium dihydrogen phosphite, its application in agriculture, and its action mechanism on crops are described. The performance comparison between potassium dihydrogen phosphite and potassium phosphite, potassium dihydrogen phosphite and potassium monopotassium phosphate are described. The production process, operation steps and the precautions in production of potassium dihydrogen phosphite are summarized.

Key words: potassium dihydrogen phosphite; agricultural application; production technology

亚磷酸二氢钾在农业领域有着重要的应用, 可作为杀菌剂的中间体, 也可以作杀菌剂使用, 但不含农药成分, 不属于农药范畴; 同时也是一种高效的钾、磷肥料, 使用后具有无污染、无毒、无残留等诸多优点。

1 亚磷酸二氢钾的性质及在农业中的应用

1.1 亚磷酸二氢钾产品性质

亚磷酸二氢钾分子式为 KH_2PO_3 , 相对分子质量为 120.077 76, $w(\text{P})$ 为 25.83%, $w(\text{K})$ 为 32.50%, 白色晶体, 易潮解, 易溶于水, 不溶于乙醇, 熔点为 110 °C, 质量分数 10% 的水溶液 pH 为 4.5。常温固体形式下相当稳定, 当加热时分解逸出氢气和磷化氢, 并生成正磷酸盐或焦磷酸盐。

1.2 亚磷酸二氢钾在农业中的应用

(1) 防病抑菌。亚磷酸 (含 +3 价亚磷酸态磷) 可刺激农作物产生多酚类物质和活性氧分子 (ROS), 激发防御酶系统活性, 对常见的疫病、霜霉病、根腐病、晚疫病等真菌性及病毒性病害有良好的预防和治疗作用^[1]。

(2) 安全高效。可通过木质部和韧皮部双向运输, 养分利用率高, 养分纯净, 无杂质, 不堵塞喷头及滴灌毛细管, 对农作物根、叶、花、果更安全。

(3) 促根壮株, 促花膨果。亚磷酸二氢钾可促

进植株健壮, 有效控制顶端优势, 避免植株营养生长过盛, 使农作物花芽饱满, 花多花壮, 坐果率及品质明显提高, 增产增收。亚磷酸二氢钾广泛应用于果树、蔬菜、瓜果、中药材、苗木花卉等经济作物及大田作物。

(4) 高混配性。亚磷酸二氢钾可与多种铜制剂混配使用且不会产生药害, 也可与多种农药、肥料等混配使用, 但不能与强碱制剂混合使用。亚磷酸二氢钾可与常见的中微量元素肥料 (糖醇钙、螯合钙等) 混用。

2 亚磷酸二氢钾对农作物的作用机制

(1) 第一阶段: 亚磷酸二氢钾被农作物叶片、根系吸收, 运送至农作物体内, 发挥其直接杀菌功能, 同时启动抗病防御系统, 待病原菌入侵农作物时, 刺激农作物产生防御素从而产生抗病能力。

(2) 第二阶段: 当病原菌入侵时, 病原菌被亚磷酸二氢钾侵袭, 部分病原菌被控制住, 此时病原菌亦被农作物细胞所辨识, 亚磷酸二氢钾能够诱导作物细胞启动防御系统产生抗毒素及 PR 蛋白质, 直接攻击病原菌, 并发出警讯呼吁其他尚未受侵

[收稿日期] 2023-12-01

[作者简介] 赵占诗 (1981-), 男, 山东临沂人, 长期从事肥料及增效剂技术研究及生产管理工。E-mail: zhaozhanshi2011@126.com

袭的细胞启动防御系统，继而使多醣类增加额外的蛋白质以加强细胞壁，如此病原菌就会被农作物体内的反应所压制或杀死。植保素的积累是一种典型的防御反应，而施用亚磷酸二氢钾可以促进农作物体内植保素的积累增加，即亚磷酸二氢钾可以激活植保素参与植株的防御反应，而几丁质酶和葡聚糖酶是植物防御反应的其他成分，属于病程相关蛋白，这些酶会在农作物的叶片、表面伤口或植株感染后积累，提高农作物对溃疡病的抗病性。

(3) 第三阶段：能够诱导农作物发出抗病信号，传递至其他尚未受攻击的细胞，并使其启动防御系统；诱导细胞产生木质素，增加细胞壁的厚度。

3 亚磷酸二氢钾与亚磷酸钾、磷酸二氢钾性能对比

3.1 亚磷酸二氢钾与亚磷酸钾性能对比

(1) 共性。两者都兼具植物保护功能和营养功效，既能够抑制农作物病害，又能够给农作物提供营养物质，同时没有残留，对于环境特别友好。两者所用原料、设备完全一致；工艺操作基本相同。

工艺操作的差异体现在反应终点的控制方面，生产亚磷酸钾时加入氢氧化钾的比例要高一些（第一步生成亚磷酸二氢钾，需要生产亚磷酸钾时，进一步加入氧化钾将其中的一个H⁺替换下来）。

(2) 杀菌性。等物质的量时，亚磷酸二氢钾的杀菌效果要优于亚磷酸钾，这也是KH₂PO₃可以作为工业循环水杀菌剂的原因之一。

3.2 亚磷酸二氢钾与磷酸二氢钾性能对比

(1) 功能性。亚磷酸二氢钾即可杀菌，又能作为高效钾、磷肥料；磷酸二氢钾是一种高养分高效钾、磷肥料。

(2) 混配性。亚磷酸二氢钾的混配性比磷酸二氢钾要好，可以和大多数农药及中微量元素肥进行混配；而磷酸二氢钾则不能和普通的钙镁锌等中微量元素以及碱性药剂混配，否则会影响效果。

4 亚磷酸二氢钾生产工艺

4.1 工艺流程及操作步骤

亚磷酸二氢钾生产工艺流程见图1，操作步骤

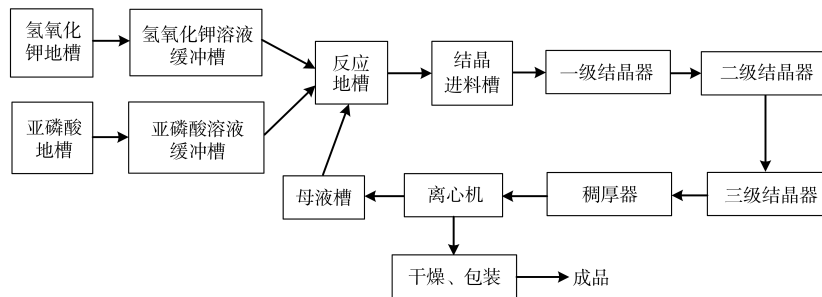


图1 亚磷酸二氢钾生产工艺

Fig.1 Production technology of potassium dihydrogen phosphite

如下。

(1) 配制KOH溶液。通过流量计定量向氢氧化钾地槽加入脱盐水，开启搅拌，通入循环水（冷量不够时可采用冷冻水），操作人员戴好耐碱手套与防护面罩，然后将固体KOH缓慢分批次加入水中（注意氢氧化钾的投加速率不要太快），控制配比，1 t水加2.215 t氢氧化钾，待氢氧化钾全部投加到氢氧化钾地槽后，记录氢氧化钾地槽温度，控制温度（50 ± 2）℃，测量相对密度合格后，用泵输送至氢氧化钾溶液缓冲槽。

(2) 配制H₃PO₃溶液。通过流量计定量向亚磷酸地槽加入脱盐水，开启搅拌，通入蒸汽进行升温，待温度达到50℃时，操作人员戴好耐碱手套与防护面罩，然后将固体亚磷酸缓慢分批次加入水中（注意亚磷酸的投加速率不要太快），控制配比1 t水+4.97 t亚磷酸，待亚磷酸全部投加后，记录温

度，控制温度（60 ± 2）℃，测量相对密度合格后，用泵输送至亚磷酸溶液缓冲槽。

(3) 配制反应液。将KOH溶液和H₃PO₃溶液分别通过计量泵输送到反应地槽中，原始配比控制为1 m³氢氧化钾水溶液+1.182 7 m³亚磷酸水溶液；正常循环配比控制为1 m³母液+0.425 t w(KOH) 90%的KOH溶液+0.567 5 t w(H₃PO₃) 98.5%的H₃PO₃溶液。反应液用泵输送至结晶进料槽。

此反应为酸碱中和反应，反应式如下：



(4) 结晶、分离。将反应液通过泵输送至一级结晶器中，由于亚磷酸二氢钾是采用三级连续真空结晶器，结晶器内维持在一定的负压，溶液进入结晶器后向上流动，母液晶体悬浮于此液流中，粒度较大的晶体富集于底层，与降液管中流出的过饱和

度最大的溶液接触,得以长得更大。结晶后固液混合物进入下一级工序继续处理。气相经冷凝器冷凝后,不凝气由真空泵排放,液体进入冷凝水罐。物料依次进入二级结晶器、三级结晶器。最终浓缩液通过三级出料泵进入稠厚器,进而进入离心机进行固液分离。

(5) 干燥、包装。湿基产品送流化床进行干燥,再经包装后得到成品。

4.2 注意事项

(1) 投料顺序对比: KOH 溶解后加固体 H_3PO_3 , 前期反应剧烈, 后期逐渐平缓; H_3PO_3 溶解后加固体 KOH, 前期反应温和, 后期反应剧烈; 先加水, 再分别加入 KOH 和 H_3PO_3 , 前期反应剧烈, 后期逐渐平稳, 温度下降。以上 3 种方式均在投料量较少的情况下可以控制, 投料量较大时温度控制难度比较大。最好的方式是先配制氢氧化钾溶液和亚磷酸溶液, 然后将两种溶液混合, 全部用溶液反应, 混合反应不剧烈, 反应容易控制。

(2) 投料时固体亚磷酸须即开即用, 防止亚磷酸潮解吸水对配比和水平衡产生影响。

(3) 固体氢氧化钾(也可采用液体)逐渐缓慢加入水中, 该物质的溶解过程为放热过程。提前开启搅拌移走热量, 可防止溶液因温度过高造成飞溅。

(4) 该酸碱反应会产生大量的热, 若生产量较大时, 热量会更多。此反应温度不宜超过 80 °C, 尽量将物料温度控制在 70 °C 以内。因亚磷酸温度过高可能会分解为五氧化二磷有毒气体, 投料时, 最好带负压, 防止反应时产生有毒气体。反应过后可保温 15 min 左右, 以防止反应不完全。可同时采取下列方式控制反应温度不超限: 初期投料放热量较大, 加料尽量缓慢, 后期反应液中酸碱浓度降低, 可适当增加投料速率; 采用双滴加的方式将两种溶液缓慢加入反应地槽中, 即便采取双液体加料时, 加料速率也应尽量缓慢, 防止温度过高造成喷料; 适当加冷却水移走反应中产生的热量。

(5) 投运前, 务必要做好装置的单体试车、联动试车、气密性试验(特别是真空结晶器)、放移热试验等设备调试工作。

(6) 工人上岗前进行危化品防护培训, 操作时须穿戴防护护具。

(7) 采用真空结晶生产方式生产固体时, 遇水平衡失效, 产量、质量不稳定时, 可按照表 1 方法进行检查处理^[2]。

(8) 流程根据实际需求可简化, 若需求量较大

表 1 常见生产异常现象排查法

Table 1 Common production abnormal phenomenon investigation method

项目	检查内容	处理
查溶配液指标	①查溶配温度是否超标,查蒸汽阀是否内漏 ②水的比热最大,水量偏大,造成结晶负荷偏大	温度控制 60~70 °C,若阀门内漏对其进行修复 根据产量、质量情况确定最佳配比
	③结晶器液位、搅拌开度、真空泵开度	结晶器液位、搅拌开度、真空泵开度确保在指标范围内
查结晶岗位指标控制及设备工况是否正常	①结晶器温度梯度是否合理 ②查结晶系统漏点或堵塞情况	设置合理温度梯度,特别是一级结晶阶段避免大量初级爆发成核,形成细晶和碎晶 必要时采取气密性试验或打开观察孔直接观察的方式检查漏点和堵塞情况,出现漏点和堵塞情况必须立即停车,处理正常后再开车
	③观察确认结晶系统液封效果是否正常	必要时提高液封槽液位
	④是否有明显的设备管道漏点	堵漏处理
	⑤结晶进出料管蒸汽阀是否内漏	修理或更换
	⑥结晶器机械密封是否漏气	修理或更换
	⑦结晶器结垢是否严重、真空泵进口滤网是否糊住	清理疏通
	⑧间接冷凝器列管及下液管堵塞情况	清理疏通
	⑨气液分离器下液管或滤网堵塞情况	清理疏通
查冷冻系统	①制冷情况是否正常,冷冻机组是否出现故障 ②冷冻水压力和流量不足 ③换热面积不够,进料量不平衡	调整、修理 调整、修理 降低进料量,必要时停车检修设备(加大换热面积)

或需要生产固体产品时需要采取此真空结晶(母液循环)的方式进行生产。实际可根据下游应用情况,采用反应釜生产亚磷酸二氢钾液体产品或省却干燥、包装工序直接生产湿基产品。

5 结语

目前亚磷酸二氢钾和亚磷酸钾等产品在农业领域中表现突出,但业内仍存在其是药还是肥的争议

(下转第 51 页)