

## File No. 64

## 钾肥种类及其用途

钾(K)是植物生长所需的3大养分之一。钾虽然不是构成植物组织器官的成分,但在植物体内以离子状态存在于细胞里通过调节细胞的渗透压等影响淀粉,蛋白质等的合成,移动和储积。在光合作用的光磷酸化反应里作为核苷酸的成分,在磷酸三腺苷(ATP)的合成和转流过程中起着不可缺少的作用。

地壳中存在着非常多的钾,其重量比排在氧(O),硅(Si),铝(Al),铁(Fe),钙(Ca),钠(Na)之后,是第7位的元素,地壳中的含量约为2.6%。除了砂土和热带红土之外,土壤中通常含有1~2.5%的钾(按 $K_2O$ 计算)。但是土壤中的钾基本上以不溶性的铝硅酸盐矿物的状态存在于长石,云母和粘土矿物中,不能被植物吸收利用。所以需要从外部施用钾肥来满足农作物对钾的需求。

钾肥按照其成分可分为单一钾肥和含钾复合肥2大类。单一钾肥是只含有钾养分的钾肥,按照其化学成分又分为氯化钾和硫酸钾2种。含钾复合肥则是除了钾之外,还含有其他养分的钾肥,例如硝酸钾,磷酸二氢钾,硅酸钾等。还有1类含钾复合肥是在尿素,磷铵等肥料中加入氯化钾或硫酸钾混合造粒而成的,由多种成分组成的含有氮磷钾3大养分的肥料。

钾肥的肥效与土壤种类,农作物种类,栽培技术以及气候有很大的关系,其中最重要的是钾肥中含有的钾化学形态的影响。以下提供一些钾肥的种类和用途,施用方法等的知识介绍。

### 1. 氯化钾

氯化钾(KCl)是钾的氯化盐,还含有少量的氯化钠和氯化镁异物。根据异物的含量多寡,氯化钾中的钾含量(按 $K_2O$ 计算)在57~62%之间,最常见的是60%含量。氯化钾是钾和氯的化合物,含有约47.5%的氯(Cl)。氯化钾通常是白色的粉末或微小结晶,含有微量的铁时则呈淡红色。颗粒氯化钾大多数是采用挤压法挤压成的不规则状粒子。

氯化钾是生产数量最多的钾肥,2015年氯化钾的全球生产量约6690万吨,占钾肥总生产量的90%左右。氯化钾易溶于水,含钾量高,价格便宜,是钾肥中性价比最高的。施用氯化钾需要注意土壤种类,农作物和施用方式才能发挥出好肥效。

对于土壤来说,氯化钾含有大量的氯,会加重盐碱地的盐害,所以不适合盐碱地施用。氯化钾属于生理型酸性肥料,施用后钾被作物吸收后,氯离子残留在土壤里会降低土壤pH,使得土壤酸化。但是,氯离子不会被土壤胶体吸附,雨水和灌溉水容易将氯离子洗涤出土壤。所以氯化钾虽然含有大量的氯,但不易积累在土壤里,只要不是在干旱地区而且又没有灌溉设施的耕地,长期施用氯化钾一般都不会发生土壤酸化的问题。

对于农作物来说,氯可以促进植物的纤维化,提高对病虫害的抵抗性。土壤中的氯不足时,棉麻等纤维作物的纤维会变短,抗拉强度降低,品质下降。施用氯化钾可以使得纤维韧长,提高抗拉强度。所以棉麻类纤维作物应该施用氯化钾。

另一方面,桃,葡萄,西瓜等水果若施用了大量的氯化钾后,会使得果实糖度降低,还会带来稀薄的咸味,导致口感不良。这是因为作物体内的氯离子浓度超过了一定值后,会妨碍

光合成产物转换成果糖和积累在果实里，使得果实中的糖度不足，而且大量氯离子积储在果实中还会引起咸味的口感。

马铃薯和甘薯等根茎薯类作物栽培中大量施用氯化钾的话，虽然地上茎叶部的生长不受影响，但地下块茎块根的收获量减少，淀粉含量也会降低。这是因为作物体内过量的氯离子会阻碍光合作用合成的碳水化合物转换成淀粉和转流积储在块茎块根中。

氯的不良影响最明显地表现在烟叶上。施用了大量的氯化钾后，烟叶的地上部生长良好，特别是叶片长的十分肥厚，外观也没有异常。但是收获的叶片在加工成卷烟后燃烧不良，在吸烟途中容易熄火。这是因为叶片中积累多量的氯会导致叶片的燃烧性下降，续燃性劣化。

关于施用方法，氯化钾是速效性钾肥，适合用于基肥和追肥。但是土壤中氯离子浓度过高时会引起种子和幼苗的吸收水分能力下降，有可能导致种子发芽迟缓和发芽率降低，幼苗生长缓慢或枯死。所以氯化钾不适宜用于种肥。

## 2. 硫酸钾

硫酸钾 ( $K_2SO_4$ ) 是钾的硫酸盐，还含有少量的硫酸镁，硫酸钠和氯化钾等异物。根据异物的含量多寡，硫酸钾中的钾含量（按  $K_2O$  计算）在 50~52% 之间，最常见的是 50% 含量。硫酸钾还含有约 18% 的硫。通常的硫酸钾是粉状或微细结晶，呈白色或淡黄色。硫酸钾可以用挤压法或添加粘合剂后用圆盘造粒法进行造粒，挤压法造出的粒子呈不规则状，圆盘造粒法则是球状或近似球状的粒子。

硫酸钾的生产量仅次于氯化钾，约占钾肥生产量的 8~10%。2016 年的全球硫酸钾消费量约 760 万吨。氯化钾易溶于水，含钾量高，不易吸湿，含有的硫也是植物生长所需的中量元素，是速效性钾肥。虽然价格要比氯化钾高出 25~30%，但仍受到农户的欢迎。施用硫酸钾亦需要注意土壤种类，农作物和施用方式才能发挥出好的肥效。

对于土壤来说，硫酸钾是生理型酸性肥料。钾被作物吸收后，没有被吸收的硫酸离子则残留在土壤里。硫酸离子不易被水冲洗流失，可以长期积累在土壤里，降低土壤 pH，导致土壤酸化。硫酸离子还会与土壤中的钙离子结合成难溶性的硫酸钙（石膏），使得土壤出现板结。因此，除了碱性土壤之外，长期施用硫酸钾的话，必须适宜地施用钙镁磷肥等碱性肥料或石灰和白云石粉等土壤改良材料，以防止土壤酸化和板结。

对于农作物来说，大葱，洋葱，蒜头之类的作物嗜好硫，施用硫酸钾可以加强这些作物的辛辣气味和口感。对氯敏感的桃，葡萄，西瓜等水果和马铃薯和甘薯等薯类作物不宜施用氯化钾，其代替物就是硫酸钾。对于小麦，玉米等大田粮食作物来说，硫酸钾的肥效与氯化钾相等，但价格要比氯化钾贵，性价比低，所以基本上不会施用硫酸钾。硫酸离子在长期积水的厌氧环境中会被还原成有害的硫化氢，危害水稻根的发育和养分吸收功能，所以不宜施用于水田里。

硫酸钾是速效性钾肥，适合用于基肥，种肥和追肥。施用上没有什么特别的注意事项。在部分国家和地区，还有将  $K_2O$  含量 52% 的高纯度硫酸钾作为叶面肥直接散布到叶面上。

### 3. 硝酸钾

硝酸钾 ( $\text{KNO}_3$ ) 是硝酸和钾的化合物, 为白色针状结晶, 约含 13~13.5% 的钾 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 和 46% 的硝态氮, 是含有氮钾 2 种养分的复合肥料。硝酸钾是强氧化性物质, 与有机物接触后能引起燃烧和爆炸, 在日本被指定为危险品。但是, 用熔融造粒法制成粒径 2mm 以上的球状粒子后, 燃烧和爆炸的危险性大大降低, 可以作为非危险品, 与普通物质一样对待。

硝酸钾易溶于水, 吸湿性也不高, 钾和硝酸都能被作物吸收利用, 施用后不会残留在土壤里。虽然价格高, 但是作为生理中性型肥料, 可以同时供给硝态氮和钾, 是水耕栽培用肥和叶面肥上不可缺少的肥料。

关于施用方式, 硝酸钾的价格高, 含有的硝态氮不会被土壤胶体吸附, 容易随水流失, 所以不适于直接施用在耕地上。主要是与其他肥料配合后作为水耕栽培用肥和叶面肥施用。

对于农作物来说, 硝酸钾没有禁忌的作物种类, 各种作物都可以施用。特别是有促进蔬菜的地上部生长和叶片的肥大, 增加叶片柔软性的效果。但是在冬季低温短日照季节的大棚蔬菜上施用, 蔬菜吸收了硝态氮后没有足够的光合产物来将其转化合成氨基酸和蛋白质, 会导致蔬菜中的亚硝酸离子含量增高和引起叶片软化, 必须注意。硝酸钾在果树的幼果期~着色初期作为叶面肥施用的话, 可以促进幼果的膨大和着色, 增加收获量。但在果实着色后期以后施用的话, 会导致果实着色延迟和诱发病虫害发生, 收获后的果实也会因果肉柔软而导致储存期缩短。所以尽量避免在果实着色中期以后施用。

### 4. 磷酸二氢钾

磷酸二氢钾 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 是磷酸和钾的化合物, 为白色正方形微细结晶, 含有 50~51% 的钾 ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 和 34% 的水溶性磷 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), 是含有磷和钾 2 种养分的复合肥料。

磷酸二氢钾易溶于水, 吸湿性低, 磷和钾都能被作物吸收利用, 施用后不会有残留。虽然价格高, 但是作为生理中性型肥料, 可以同时供给磷和钾, 是配置水耕栽培用肥和叶面肥所不可缺少的肥料。

磷酸二氢钾适用于各种农作物, 特别是在气候不良作物生长迟缓, 或作物受灾可能导致减产时, 使用磷酸二氢钾用于叶面散布, 可以让作物直接吸收磷和钾, 强化植株, 促进生长, 扳回劣势。在果树的幼果期~着色期进行磷酸二氢钾的叶面施用, 可以促进果实膨大和着色良好, 增加收获量 and 提高果实品质。因此, 市面上销售的叶面肥基本上都配合有磷酸二氢钾。

### 5. 硅酸钾

硅酸钾不是单一成分的化合物, 是钾, 钙, 镁与硅酸反应后生成的数种硅酸盐化合物的固溶体。硅酸钾是日本在 1970 年代开发出来的新型肥料, 以煤炭发电厂排出的粉煤灰和白云石为原料, 与氢氧化钾或碳酸钾和氢氧化钠反应生成的无定形硅酸盐固溶体化合物。硅酸钾含有枸溶性钾 20~21%, 枸溶性镁 3~4%, 可溶性硅 30~35%。由于生产工艺的限制, 硅酸钾多数是粒径 2~4mm 的球状颗粒, 呈灰白色到黄褐色。具有多种颜色的原因是粉煤灰和白云石的来源不同造成了成品的色泽相异。

钾以硅酸盐的状态存在于硅酸钾中，不溶于水，只溶于酸，需要作物根分泌的根酸或土壤中的有机酸将其溶解，释放出钾离子后被作物吸收，是唯一的一种枸溶性缓释钾肥。硅酸钾属于生理型碱性肥料，但由于硅酸也是枸溶性的，不会造成土壤碱性化，所以多数是将其作为中性肥料看待。

硅酸钾最大的特点是不溶于水，只溶于酸。其他的钾肥，例如氯化钾，硫酸钾等都是水溶性的，施用后很快就会被作物吸收，具有速效性，但也容易因下雨和灌溉而流失，特别是施用于水田和降雨量丰富的地区时，肥效持续期间不长。而硅酸钾是枸溶性钾肥，施用后流失少，肥效长，可以减少施肥次数，是可以降低栽培成本，保护环境的缓释性肥料。

表 1. 主要化学钾肥的种类和特点，用途及注意事项

化肥名称	化学组成	含钾量 (K <sub>2</sub> O 折算)	特点	用途	注意事项
氯化钾	KCl	57~62%	水溶性，最廉价，生理型酸性肥料	基肥，追肥，复合肥原料	不宜施用于氯敏感性作物
硫酸钾	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	48~52%	水溶性，廉价，生理型酸性肥料	基肥，种肥，追肥，复合肥原料	长期施用会引起土壤酸化，厌气环境下会生成有害的硫化氢，不宜施用于水田
硝酸钾	KNO <sub>3</sub>	13~13.5%	含有硝态氮。水溶性，高价，危险品，生理型中性肥料	水耕栽培用肥，叶面肥，水溶肥	收获前的施用会导致收获物中硝态氮含量高，使得收获物不耐储存
磷酸二氢钾	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	50~51%	含有磷。水溶性，高价，生理型中性肥料	水耕栽培用肥，叶面肥，水溶肥	没有特别注意事项
硅酸钾	数种硅酸盐的固溶体	20~21%	枸溶性钾，是缓释性肥料。含有可溶性硅和枸溶性镁，高价，生理型碱性肥料，但不会引起土壤 pH 变动	基肥	最适合水稻栽培。不宜施用于碱性土壤，追肥必须提早施用

硅酸钾可施用于各种土壤。溶出时需要酸的存在，最适合施用在弱酸性~微酸性的土壤。

施用在碱性土壤时，有可能影响钾的溶出，降低肥效。因为硅酸钾不会引起土壤 pH 的变动，长期施用也不需要石灰和白云石粉等碱性土壤改良材料来纠正土壤 pH。

对于农作物来说，硅酸钾最适合施用于水稻等需要多量硅元素的作物。因为硅酸钾属于缓释性肥料，大量施用也不会引起肥害，不会流失或溶脱，施用在旱地作物上可以减少施肥次数，节约施肥人工。另外，硅酸钾含有的枸溶性硅和镁有助于提高蔬菜和水果的品质，增强其营养价值，具有增加收获物的商品价值的效果。

关于施用方法，硅酸钾是缓释肥料，最宜作为基肥施用。若作为追肥时必须提前施用，尽量施在根的近旁，以便及时释放出钾来被作物吸收。

上述的主要化学钾肥的种类和特点，用途及注意事项归纳成表 1 所示。

除了上述的化学钾肥之外，植物残渣等燃烧后留下的草木灰亦含有水溶性钾，可作为有机钾肥施用。草木灰是粉末或小颗粒，根据植物残渣中的有机质的燃烧程度的不同，大体上呈白色~灰黑色。不完全燃烧的草木灰残留有大量的黑色碳化物颗粒，所以呈灰黑色。草木灰中的钾含量因植物种类和燃烧程度而异，稻秆和杂草树叶燃烧后的草木灰的含钾量通常在 6~8%之间，向日葵和荞麦秆燃烧后的草木灰的含钾量可高达将近 20%。

草木灰具有很强的碱性，pH 达到 10.5 以上，适用于酸性土壤。草木灰中的钾是水溶性钾，可作为基肥和追肥使用。草木灰的强碱性会妨碍种子发芽和幼苗的生长，不能用于种肥。另外，与含有氨态氮的肥料混合时会发生化学反应，使得氨挥发逸失，所以不能与硫酸铵等氨态氮化肥和发酵人粪尿混合，以免降低肥效。另外，草木灰的比重相当低，施用后必须马上覆土掩盖，以免被风吹飞，污染周围环境。