

## 硫酸铜

铜（Cu）是植物生育的必须微量元素之一，在植物体内多存在于叶绿体中，在光合作用上起着重要的作用，还是多种氧化还原酶的构成成分，与铁一样在植物的呼吸作用上有重要的意义。另外，铜还与修复植物外部损伤的酶活性有一定的关联。

若不能满足作物对铜的需求，则会出现缺铜症状，主要表现在生长点白化，叶片不能伸直，出现弯曲畸形，上部叶除了叶脉仍留有绿色外，其他部位出现黄化，严重时上部叶会枯死。

土壤中铜过剩时，则会与铁，锌等微量元素之间出现拮抗作用，影响作物对这些微量元素的吸收，容易出现缺铁和缺锌症状。高浓度的铜对作物，特别是对根有毒性。其症状是根端生长点附近和中心柱近旁会因积累了大量的铜蛋白质而使得根的伸长受到阻害，粗短侧根增多，呈现出有刺铁线状。铜的过剩带来的危害在幼苗期最为显著。作物的铜过剩症状容易发生在矿山地区和金属冶炼厂周围以及金属电镀工厂排水所污染的地区。

通常的土壤含有一定量的铜，可满足作物对铜的需求，一般不会出现缺铜症状。但是，含铜量极少的砂质土壤和容易形成难溶化铜化合物的碱性土壤则有可能出现缺铜症状。在发现作物出现缺铜症状时，通过叶面散布含水溶性铜的微量元素肥料可减轻对作物的不良影响。在培养液栽培时，铜是必须添加的微量元素。

含有水溶性铜的微量元素肥料可分为无机系和有机系二大类，无机系水溶性铜肥主要是硫酸铜，而有机系铜肥则是 EDTA-铜等螯合铜化合物。本节只对硫酸铜进行说明。EDTA-铜在 EDTA 微量元素的章节里进行说明。

### 1. 成分和性质

硫酸铜（copper(II) sulfate）是二价铜离子的硫酸盐，多以结晶水盐的形态存在，常见的有 5 水硫酸铜 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )，又被称为胆矾。铜矿山的地下水可以析出天然的 5 水硫酸铜矿物。农业上主要使用 5 水硫酸铜。

5 水硫酸铜外观为无臭的鲜艳蓝色的三斜晶系结晶。易溶于水，水温越高溶解度就越大， $20^\circ\text{C}$  时的溶解度为  $31.7\text{g}/100\text{ml}$ ，水溶液  $\text{pH}3.5 \sim 4.5$ ，呈弱酸性，口感为苦味。含铜量 25.4%，含硫量 12.8%。加热会逐渐失去结晶水， $45^\circ\text{C}$  变成 3 水硫酸铜， $110^\circ\text{C}$  变成 1 水硫酸铜，超过  $250^\circ\text{C}$  则失去全部结晶水，成为淡绿色的白色粉末状的无水硫酸铜。

硫酸铜的水溶液呈弱酸性，属于化学酸性肥料。施用后，铜被作物吸收，硫酸离子残留在土壤里，会使土壤偏向酸性，被分类为生理酸性肥料。但是，防治缺铜症状所施用的硫酸铜量极少，不会引起土壤的酸性化。

### 2. 用途

在工业上，硫酸铜用于铜电镀，金属蚀刻，颜料，杀菌剂原料，媒染剂，防腐剂，医药品，加工食品的铜养分强化剂等，用途很广。

在农业上，硫酸铜是速效性铜肥，可补充铜养分。单独使用时多用于叶面散布和种肥，也可

以添加到培养液栽培里作为铜源。作为种肥时用硫酸铜水溶液进行浸种或沾根，可保证作物生育期间不会出现缺铜症状。硫酸铜还是杀菌剂波尔多液的原料，在生石灰水中加入硫酸铜溶液即可制成波尔多液，用于防治果树的炭疽病、轮纹病，黑疽病、炭疽病、霜霉病等真菌病害。

硫酸铜不宜添加到尿素或复合肥里生产含铜肥料，也不宜作为 BB 掺混肥使用。这是因为复合肥或 BB 掺混肥的原料都会含有微量的铜，不需要另外特意添加硫酸铜。加上硫酸铜的添加量很少，很难将其均匀地分散混合到肥料中，施用后容易出现局部的铜过剩症状，污染土壤，给作物生长带来危害。

### 3. 施用后在土壤中的举动

硫酸铜有易溶于水释放出离子的性质，溶解于土壤溶液后释放出的二价铜离子 ( $Cu^{2+}$ ) 是阳离子，容易被土壤胶体吸附，在土壤中不易移动和流失。同时释放出的硫酸离子 ( $SO_4^{2-}$ ) 则会残留在土壤里，降低土壤 pH。

在中性和碱性土壤里，铜离子容易与氢氧离子 ( $OH^-$ ) 结合生成难溶性的氢氧化铜。土壤 pH 越高，越容易生成氢氧化铜，导致可供作物吸收的铜离子就越少。所以碱性土壤容易出现作物的缺铜症状。但是，随着土壤 pH 的降低，难溶的氢氧化铜会分解，重新游离出铜离子供作物吸收。

硫酸铜是速效性肥料，叶面散布在 2~3 天后可看到肥效。作物生育所需的铜很少，铜在土壤中的移动也少。无论是叶面散布还是种肥，1 苗只需施用 1 次就可以满足作物生长的需求。

硫酸铜溶解后释放出的铜离子会与磷，铁，锌等元素之间出现拮抗作用，妨碍作物对这些元素的吸收。土壤中高浓度的铜会妨碍作物生育，严重影响作物生长，特别是根的伸长受到阻害，粗短侧根增多，呈现出有刺铁线状。

### 4. 施用上的注意事项

硫酸铜在使用时需要注意以下事项。

- ① **避免胡乱施用。**通常的土壤不易出现缺铜症状，不能以预防的观点来进行施用，以免发生过剩症状。有可能出现缺铜症状的砂质土壤和碱性土壤也需要进行观察和土壤分析后才能决定是否施用硫酸铜。
- ② **避免过剩施用。**过剩施用硫酸铜有可能诱发铜过剩症状，影响作物生育。还会因养分之间的拮抗作用妨碍作物对磷，铁，锌等的吸收。施用时应遵守浓度和用量，不得过剩施用。
- ③ **配置和施用时不能使用铁制容器。**硫酸铜溶解后释放出的铜离子会与铁发生置换反应，腐蚀铁制容器。
- ④ **注意铜对鱼类的毒性。**硫酸铜对鱼类有较强的毒性。使用后的剩余溶液和洗涤容器时的废水不能排放到鱼塘和河川里，以防毒死鱼类。