

File No. 74

微量元素的施用方法

植物的生育需要 16 种必须元素。通常的土耕栽培方式，作物生长所需的氧和氢元素是从水，碳元素则是从大气中获得的，不必特别添加都可以满足作物的需求。余下的 13 种元素则需要从土壤中吸收利用。作物对称之为大量元素的氮磷钾这 3 种元素的需求量很大，通常的土壤里这 3 种元素的含量完全不能满足作物的需求，必须定期以基肥和追肥的形式从外部进行补给。钙，镁，硫属于中量元素，需要根据土壤的供给能力和作物的需要关系来决定是否需要补给。因为作物对铁，锰，锌，硼，铜，钼的需求量很小，这 6 种元素被称之为微量元素。除了某些特殊的场合外，正常的土壤里含有的这些微量元素足够满足作物的需求，一般不必特意施用微量元素补充到耕地里。

但是，随着现代农业的发展，一年多茬复种的耕作方式和特定作物的连作方式等有可能会从土壤中大量吸收某种特定的微量元素，造成土壤中该微量元素不足的现象。若土壤里的微量元素不足，可能会引起作物生育不良，导致减产减收。这种现象称之为土壤的微量元素缺乏。日本尚没有关于全国范围的耕地微量元素的调查报告，但某些县曾独自对耕地微量元素进行过调查（参考文献 1, 2）。在外国，中国政府农业部在 2016 年的调查报告中指出，微量元素含量在界限值以下的耕地面积很大，占全国耕地面积的比例推算值是缺铁耕地占 31%，缺锰耕地占 48%，缺铜耕地占 25%，缺锌耕地占 41%，缺硼耕地占 84.5%，缺钼耕地占 60%，微量元素的缺乏已经成了阻害农业生产的要因之一（参考文献 3）。

关于土壤的微量元素缺乏，在相当多的情况下并不是土壤中微量元素含量很低或没有，而是土壤的微量元素可供给量受到抑制，作物不能吸收到足够数量的微量元素。这是因为土壤中的微量元素溶解利用度受到土壤化学性，特别是土壤 pH 的强烈影响。例如，铁，锰，锌，铜，硼在碱性土壤里会形成难溶性的氢氧化物，pH 越高，生成的氢氧化物越多，能够供给作物吸收的量就越少。钼则是土壤酸性越强，溶解度越小。图 1 所示的是微量元素在不同的土壤 pH 下的溶解利用度。



图 1. 土壤 pH 对微量元素的溶解利用度的影响

另一方面，元素之间出现的吸收拮抗作用也对作物的微量元素吸收能力有很强的影响。特别是土壤中磷和钙过剩的状况下，铁，铜，锌的吸收会受到抑制（图 2）。关于养分之间的吸收拮抗现象可参考本书的「养分的拮抗作用与相乘作用」。因此，即使在作物上出现了微量元素的缺乏症状，也不能证明耕地土壤里微量元素含量不足，亦有可能是由于微量元素的难溶化或作物对微量元素的吸收能力受到抑制而引起的。



图 2. 涉及到作物对微量元素吸收的养分之间的拮抗关系

发现了作物出现微量元素缺乏症状或有可能出现缺乏症状的情况下，及时施用微量元素是最有效的对策。作为金属元素的铁，锰，锌和铜可以使用廉价的水溶性硫酸盐，例如硫酸铁，硫酸锰，硫酸锌，硫酸铜等，而硼可以使用水溶性的硼酸，钼则可以使用水溶性的钼酸铵和钼酸钠等。有机类的螯合金属盐类，例如 EDTA-铁，EDTA-锰，EDTA-锌，EDTA-铜等，虽然水溶性和化学稳定性好，不易与其他成分发生反应而沉淀，但含量低价格高，多使用在水耕栽培用的培养液上。

但是，除了铁和钼之外，锰，锌，铜和硼具有一定的毒性，过量施用的话，会对动植物产生不良影响。因此，首先必须注意不得乱用滥施微量元素肥料，以免造成危害。微量元素肥料的施用有下面 3 种方式。

1. 叶面散布

将微量元素的硫酸盐或硼酸等溶解在水中，调节成浓度 0.01~0.05% 程度的水溶液散布在作物叶面上。散布要求是达到使叶片正反两面能够沾湿就行了。容易被土壤固定的铁，锰，锌，硼用叶面散布的方式最为有效。若是在溶液中添加尿素或磷酸二氢钾后一起散布的话，效果更为显著。通常，果树只需每年散布一次，生育期长的西红柿等果菜类作物则每茬散布一次即可。

2. 拌种和浸种

拌种是用一定量的水将微量元素的硫酸盐或硼酸溶解后，将溶液倒入放有种子的容器内稍微进行搅拌，使种子表面粘附有微量元素的溶液的方式。待种子表面的溶液干燥后进行播种。通常是 1 公斤种子可使用微量元素的硫酸盐或硼酸 1~6g 溶解于 40~100ml 的水后用来拌种。

浸种则是将微量元素溶解成 0.01~0.05% 的水溶液后，将种子放入该水溶液里浸渍 12~24 小时。种子与微量元素水溶液的重量比是 1 : 1，浸渍后不要洗涤就进行播种。

浸种和拌种方式适合于生育期短的粮食作物和蔬菜。只需在播种前处理，作物生育期间不需要再度施用微量元素。

3. 土壤施用

在复合肥的生产过程中添加微量元素，制成含有微量元素的复合肥后施用。施用方法与普通的复合肥一样，直接施入到土壤里。从费用对效果方面来看，最好是作为基肥施用。

因为采用土壤施用方式的微量元素容易被土壤固定，添加浓度需要比叶面散布和拌种浸种高一些。因为需要作物的根接触到微量元素后才能被作物吸收利用，施用后需要经过一段时间才能看到效果。但是，施用到耕地里的微量元素不易流失，可以 2~3 年才施用一次。

该方式的缺点是复合肥中的微量元素分布不均匀和溶解利用度会大幅度下降。这是因为在复合肥生产工序中所添加的微量元素很难均一地分散到每个肥料颗粒里，在造粒和干燥工序中微量元素亦有可能与其他肥料成分，特别是与磷酸结合生成难以被作物吸收利用的难溶性化合物，降低肥效。日本的厂家多采取在圆盘造粒时将微量元素溶解到造粒用水后进行造粒，或在挤压造粒或压片造粒时预先将微量元素用造粒促进材料充分混合分散后再与其他原料混合的 2 段混合法等方法来增大微量元素的分散度。对于造粒过程发生的化学反应则通过原料配方，造粒方式的选择等来进行抑制。

在 BB 掺混肥中直接混入微量元素颗粒的方法不能使微量元素均匀地散布在耕地里，反而容易引起局部土壤的微量元素过剩，严重时还有可能导致局部的土壤污染。一般不采取在 BB 掺混肥中添加微量元素颗粒的方法。

微量元素与其他的肥料成分不同，具有一定的毒性，施用过量会出现作物的生育不良甚至枯死等微量元素过剩症状。另外，要消除微量元素的过剩施用造成的土壤污染也是非常麻烦的事情。所以在施用微量元素时必须严格遵守以下的注意事项。

1. 掌握合理的浓度和用量，施用次数

对于农作物来说，微量元素的需要量极小，适量范围较窄。因此过高的浓度和过大的施用量有可能阻害作物的生长或引起土壤污染。特别容易出现问题的是短期内的多次施用。即使是浓度不高，但施用次数多，施用量大的话，很有可能会积储在土壤里，对后茬作物和土壤造成危害。

2. 均一施用

微量元素在土壤中基本不会移动，所以在施用时必须做到均一施用，尽量使所有植株都能

够接触吸收到微量元素。因此，叶面散布和拌种浸种是较为合适的使用方式。

3. 只补充缺乏的微量元素

在同一耕地上同时出现数种微量元素缺乏症状的情况是非常罕见的。因此，只需要对出现了的或有可能出现缺乏症状的微量元素实施补充。没有出现缺乏症状的微量元素不应乱施滥用。

4. 配合土壤改良进行合理的施用

土壤环境条件和特性，特别是土壤的化学性对微量元素的溶解利用度有很大的影响。例如寒冷地区富含钙和镁的碱性土壤会使铁，锰，铜，锌和硼的溶解性降低，容易出现缺乏症状。热带多雨地区的强酸性土壤则会使钼的溶解性降低，所以钼缺乏症状都出现在热带多雨地区。因此，在防治微量元素缺乏症时首先要施用土壤改良资材或富含有机质的资材来改良土壤，提高微量元素的溶解利用度。若仍不能消除微量元素缺乏症状时才考虑施用微量元素。

5. 根据农作物种类和生长阶段进行合理施用

不同种类的农作物对微量元素的需求量和敏感度有较大的差异。例如，玉米喜好锌，油菜和棉花则嗜好硼，豆科植物对钼和硼敏感，稍微不足都会出现问题，阻害作物生长。作物在发芽和幼苗期以及营养生长阶段若微量元素不足的话，会对生育带来较大的影响。因此，若已知土壤微量元素不足时应采用拌种或浸种，在营养生长阶段发现有缺乏症状时应及时采用叶面散布的方式紧急补充微量元素。

6. 选择施用含有微量元素的肥料

过磷酸钙，钙镁磷肥等含有多量的来自磷矿石的铁，锌等金属系微量元素。硅镁肥，贝壳粉，白云石粉等含有来自岩石或海水的微量元素。有机肥也含有较多的微量元素。选择施用这些肥料可以补充土壤的微量元素，达到解消或减轻微量元素缺乏症状。

值得注意的是，在通常的作物栽培里，氮磷钾这 3 种大量元素的需求量最大，其次是钙镁硫这 3 种中量元素。微量元素的需求量极少，对作物生育的影响也不如氮磷钾和钙镁硫大。因此，施肥的基础是首先要保证作物能够吸收到足够的氮磷钾养分，然后才考虑是否需要补充微量元素。若是氮磷钾不足的话，即使是施用微量元素也不能改变作物生长不良的状况，很难收到效果。

参考文献：

1. 岩手県における微量元素欠乏に関する研究。岩手県立農業試験場研究報告第 24 号、1984
2. 県内農耕地土壤の微量元素含量の実態。栃木県農業試験場研究成果集第 22 号、2003
3. 中国农业部「2016 年全国耕地质量观测报告」。2017