

File No. 59

## 镁与植物

镁 (Mg) 是原子序号 12, 原子量 24.3 的碱土金属类元素, 在地壳中的含量约为 1.93%, 仅次于氧, 硅, 铝, 铁, 钙, 钠, 钾, 是地壳中含量占第 8 位的元素。

对于动植物来说, 镁是必不可缺的元素之一。镁在哺乳动物的细胞内核糖体的构造维持和蛋白质的合成, 体内新陈代谢中的酶活性以及骨骼和牙齿的形成等生理活动中起着非常重要的作用。在植物中, 担任光合作用的叶绿素其分子中枢就是镁离子, 负责将光能转化成化学能, 提供将水和二氧化碳合成碳水化合物所需的能量。此外, 镁还是许多种酶的辅助因子, 在糖和磷酸代谢, 氨基酸和蛋白质合成, 碳水化合物合成中起着非常重要的作用。在植物营养学上, 相对于氮磷钾这 3 大元素, 镁和钙又被称为中量元素。因为氧化镁和镁的无机酸盐 (硫酸镁, 氯化镁等) 都呈苦味, 所以在日本的农业领域都将镁称之为「苦土」。

在植物中最为人所知的镁的存在部位大概是叶绿素了。叶绿素 (Chlorophyll) 是植物的光合作用过程中最重要的物质, 存在于叶片的叶绿体中。叶绿素可以有效地吸收太阳光能, 将其转换成化学能量。在光合过程中, 太阳光能转换成的化学能将水分解成氢和氧后, 氢和二氧化碳合成碳水化合物, 氧则释放到大气中供人类和动物呼吸, 维持动物界和其他生物界的生存环境。

叶绿素按照构成其主环的四吡咯环以及结合在四吡咯环上的功能团的种类而被区分为 6 种。这 6 种叶绿素的四吡咯环的中心都存在着镁离子。镁离子是以金属错体的形态进入到叶绿素中, 起着将光能转化成化学能的作用。图 1 是植物中存在最广含量最多的叶绿素  $\alpha$  的结构图。从图中可见镁离子存在于叶绿素分子的中心, 与氮形成非共价电子对。

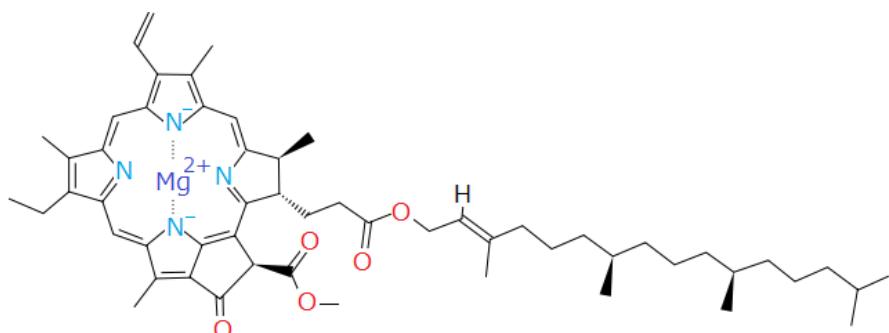


图 1. 植物叶绿素  $\alpha$  的分子构造

除了叶绿素之外, 镁也以离子态或与有机酸以及 ATP 结合成镁盐的状态存在于叶绿体基质和细胞内小器官以及细胞液中。以离子态存在于细胞内的镁是作为酶的辅助因子在新陈代谢中起着重要的作用。包括植物在内的所有生物, 体内的新陈代谢等生理活动中有许多酶起着催化促进作用, 可以说没有酶就没有生命。作为催化生物体内生理活动的酶, 有一部分是酶的单体就可以发挥其催化作用, 但大多数种类的酶需要其他辅助物质 (辅酶或辅助因子) 协

助才能发挥作用。在金属系的辅助因子中，镁是最常见的元素，辅助的镁种类也是最多的。

镁能够成为多种镁的辅助因子的理由是，镁对磷酸基的氧原子有相当高的亲和性，可以以配位结合的形态与磷酸化合物结合，所以容易成为与磷酸化合物反应有关的酶的辅助因子，促进和强化这些酶的活性。例如，以镁为辅助因子的酶有 RNA 聚合酶（核糖核酸聚合酶），ATP 分解酶，蛋白质磷酸化酶，脱磷酸酶（Phosphatase），谷胱甘肽合成酶，羧基转移酶等。这些酶都是作用于以磷酸化合物为基质或生成物的反应，是蛋白质合成，糖酵解，TCA 循环，氮代谢等生物化学过程中重要的反应。镁还与细胞膜和核糖体上的磷酸基结合，在维持这些组织的立体构造上起着重要的作用。

镁占植物干重的 0.2~0.4%。在植物各组织中的分布量大概是 10~25% 存在于叶绿素中，5% 作为细胞膜和核糖体等细胞内小器官的构成成分，剩下的 70% 以上则是作为离子态存在于细胞内。

植物体内若缺乏镁，则会严重影响植物的生理活动，呈现出缺镁症状。主要的缺镁症状表现为叶中的叶绿素浓度不足，叶片显黄白化，降低或失去光合能力。缺镁引起的叶片黄白化其特征是最初是下部叶片的叶脉仍残留绿色外，叶脉间的叶肉部分变成黄色，严重时整张叶片都变黄。变黄了的叶片尚未干枯就落叶了。这是因为镁是叶绿素的构成成分，缺镁时叶绿素分子失去镁离子而被分解，褪去绿色而显出黄色。缺镁症状首先发生在下部的老叶上，缺镁状态长期化时，叶片的黄白化逐渐从植株下部扩大到上部（图 2，图 3）。这是因为镁在植物体内多数是以离子态存在于细胞里，不足时，就会从生理机能衰退的下部老叶优先转送到光合效率高的上部新叶，尽量维持新叶的生理活动。

一旦植物出现了缺镁症状，发生了叶的黄白化，黄白化的叶片就会失去光合成以及随附的碳水化合物的合成能力。一旦失去了的光合成以及随附的碳水化合物的合成能力是不可恢复的。另外，缺镁的叶片黄白化症状与缺铁的黄白化症状相似，但是铁在植物体内不易移动，所以因缺铁而引起的黄白化症状首先是在上部的新叶上出现，可以简单地与缺镁症状加以区别。



图 2. 西红柿的缺镁症状



图 3. 黄瓜的缺镁症状

缺镁不仅导致叶片的光合能力降低，还会引起酶活性的减退而诱发植物整体的生理机能

低下和细胞内核糖体结构的不稳定。因此，长期缺镁除了出现下部叶的黄白化和落叶外，还有可能呈现出植株生长缓慢，果实发育不良木质化等症状。

植物中的镁也与其他养分一样，都是通过根系从土壤中吸收的。土壤中的镁含量与生成该土壤的母岩有相当大的关系。例如由火山灰形成的土壤和花岗岩风化后形成的土壤容易出现可供植物吸收的镁含量不足的现象，而蛇纹岩为母岩的土壤则往往出现镁过剩的现象。土壤种类也对镁的供给量有很大的影响。特别是在降雨量多的地域，缺少粘土矿物的砂砾土和砂壤土会因为雨水将土壤中的交换性盐基淋洗掉，容易造成土壤缺镁。

另外，即使土壤中含有充分的可供态镁也有可能发生缺镁症状。过剩施用消石灰，氯化钾和高钾的复合肥有时也会诱发缺镁症状。这是因为钾和钙与镁处于拮抗关系，土壤溶液中若存在过量的钾离子和钙离子的话，会强力抑制植物根系对镁的吸收，诱发缺镁症状。

土壤中可供态镁不足时，可以施用含镁的肥料来补充土壤中的镁。含镁的肥料有硫酸镁，轻烧镁和氢氧化镁。白云石粉和焙烧白云石也含有多量的枸溶性镁，可以作为补充镁的土壤改良资材施用。另一方面，有些复合肥亦添加了一定量的镁作为肥料成分。适当地选择施用的话，可以预防缺镁症状的发生。

水耕栽培，特别是不使用固体培养基的完全水耕栽培必须在肥料中加入镁。这是因为植物完全没有可能从土壤中得到所需的镁，只能从培养液中获得。通常，培养液中的镁浓度需要达到钙浓度的 1/3 到 1/2 才能满足植物的需求。例如在日本园艺试验场的标准水耕培养液处方中，镁的浓度为 4me/L，是钙浓度的一半。在大塚化学的水耕培养液 A 处方中，镁浓度为 3me/L，是钙浓度的 1/3。另外，使用以土为培养基的养液栽培方式（水溶肥栽培方式），则必须注意土壤表层的盐类积累，特别是钾和钙的积累会造成钾和钙对镁的拮抗，妨碍镁的吸收，诱发缺镁症状的发生。

因为镁不足而引起的缺镁症状具有明显的特征，容易及时发现。若及时给与适当的对应处理，可以减少其危害。通常，当发现植株下部叶出现黄白化现象，诊断为缺镁症状后，使用稀薄的硫酸镁溶液（浓度为 20~30g/L）以追肥的方式施用到土壤上，数日之内可以很好地抑制缺镁症状的扩大。

缺镁症状的最方便和最简单的处置方法是硝酸镁的叶面散布。硝酸镁含有 15% 水溶性镁和 10% 以上的硝酸态氮，具有完全水溶性和叶面吸收率高的特点。镁和硝酸态氮还有相乘作用，可以促进镁的吸收。通常，叶面散布后数小时内就可以看到效果，比施用硫酸镁要快得多。

另一方面，土壤中镁过剩的话，虽然植物不会出现镁的过剩症状，但是由于镁与钾和钙有拮抗关系，会抑制钾和钙的吸收，诱发钾和钙的缺乏症状。另外，过剩地施用白云石粉和焙烧白云石来改良土壤，会导致土壤胶体吸附的置换性碱基团被钙离子和镁离子独占，其他阳离子得不到土壤胶体的吸附容易被雨水或灌溉水冲洗淋失或者是与其他物质结合成难溶性化合物，助长微量元素的缺乏症的发生。施用土壤改良资材时必须注意，不能矫枉过正。