

File No. 58

## 钙与植物

钙(Ca)是在元素周期表中的原子序号为 20, 原子量 40.08 的元素, 属于碱土金属类元素。在地壳中的含量为 3.39%, 仅次于氧, 硅, 铝和铁, 是地壳中重量排第 5 位的元素。

对于动植物来说, 钙是其成长, 生存以及生理活动中必不可缺的元素。在哺乳动物中, 钙是构成骨骼的主要成分, 在神经和细胞的信息传递等生理活动中也起着非常重要的作用。在植物中, 钙是细胞壁的主要构成成分, 使细胞和细胞能够坚固地结合起来构成植物组织。同时也起着稳定细胞膜, 维持细胞核内染色体的构造以及中和细胞内的新陈代谢产生的有机酸, 消除有机酸危害等重要的生理作用。

植物的细胞壁中含有最多的钙。植物细胞壁的构造如图 1 所示, 是由纤维素组成的微纤维束沉埋在被称为衬质 (matrix) 的柔性的物质中, 形成如同钢筋水泥板似的结构。衬质是由多糖体和糖蛋白构成的。在叶和嫩枝, 果实等柔嫩组织的细胞里构成衬质的多糖体主要是果胶, 在茎根等坚硬的木质部的细胞里构成衬质的多糖体主要是半纤维素。

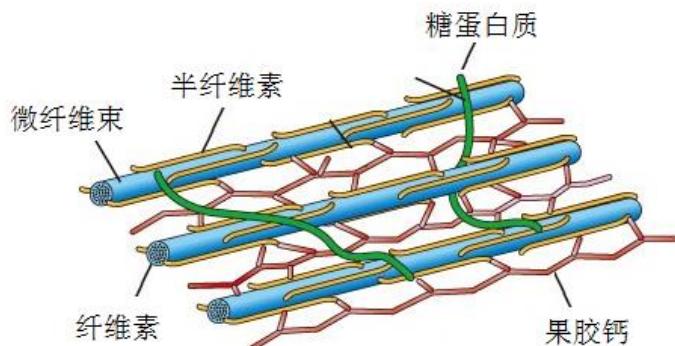


图 1. 植物的细胞壁构造模式图 (引自筑波大学生物类 HP)

与纤维素一起构成细胞壁的果胶(pectin)是可以用热水和螯合剂从植物细胞壁中抽提出的酸性多糖类物质的统称, 又被称为果胶质或果胶多糖。在细胞壁上, 果胶除了固定纤维素组成的微纤维束之外, 还起着将细胞间粘结剂的作用, 将分散的细胞组成一体。果胶的作用机理是果胶分子的羧基 ( $\text{COO}^-$ ) 与钙离子 ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 结合后形成凝胶状的果胶钙, 可以将分散的微纤维束聚合成型为细胞壁, 并将相邻的细胞相互连接构成组织。果胶钙的分子结构如图 2 所示。

关于植物中的果胶含量, 东京农业大学川端教授的研究小组用 44 种果实, 3 种果菜和 3 种坚果类作物的新鲜食用部分为试样进行了分析。其结果是这些作物的新鲜食用部位的果胶含量多数都在 0.5% 以上, 特别是核桃和花生的种仁部分的果胶含量高达 5%, 柑橘类的果实中的果胶含量也超出了 1%。按照干物质重量来换算, 这些作物的可食部分的果胶含量可达到 5~20% 之多。

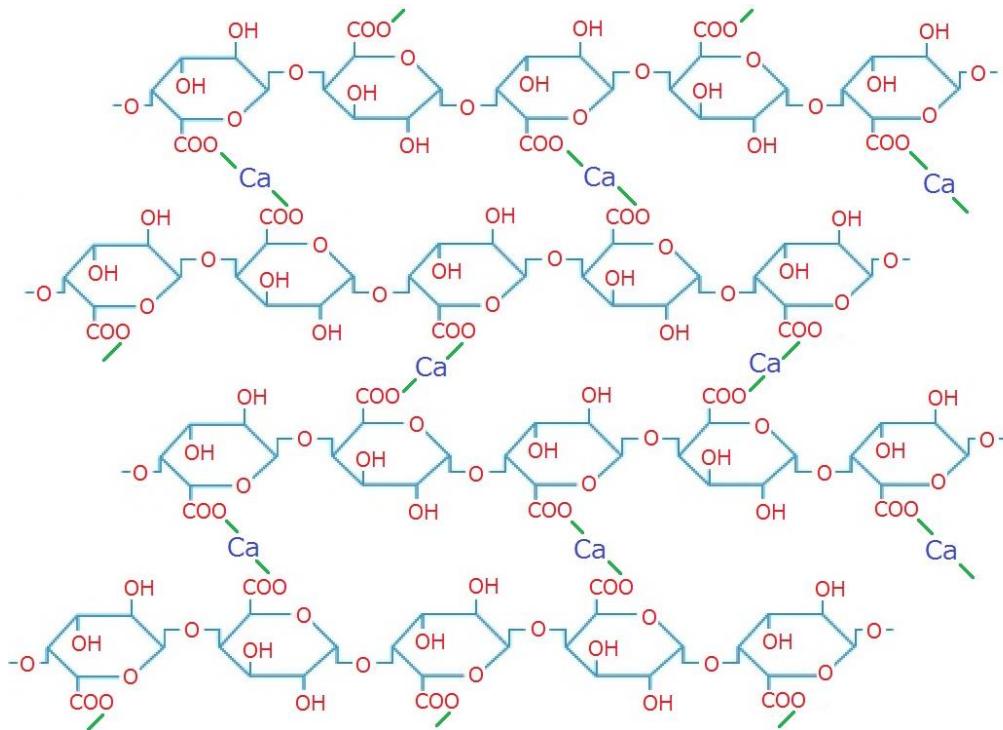


图 2. 果胶钙的分子构造模式图（钙将果胶分子连接起来形成高分子聚合物）

另一方面，钙还具有中和植物细胞内新陈代谢产生的有机酸，生成难溶性的钙化合物储存在细胞的液胞里的机能。通过中和有机酸，可以调节细胞内的 pH，将有害的代谢物质转换成无害的钙化合物，给植物细胞生理活动创造出一个良好的内在环境。菠菜等作物体内存在的大量的草酸钙就是细胞内的钙和有机酸反应后生成的产物。

植物中的钙约占植物干物质重的 1.8%。600℃灰化后的植物灰分中钙大概占 5~10%，是无机成分的第 2 位或第 3 位的元素。所以，在植物生理学上钙与镁，硫磺一起被称为中量必需元素，仅次于氮，磷，钾这 3 大养分。

植物中的钙与其他养分一样都是通过根从土壤中吸收而来的。通常，钙是土壤粘土矿物的构成成分，在土壤胶体中亦存在着大量的钙。植物通过根分泌出的根酸与土壤粘土矿物和土壤胶体进行离子交换，酸溶解，配位体交换等方式将钙从粘土矿物或土壤胶体中分解出来成为离子状后进行吸收利用。另外，灌溉用水，特别是硬水中含有一定浓度的钙，亦可以作为钙源被植物吸收利用。在通常的栽培条件下，除了砂土和砂壤土之类缺乏粘土矿物的土壤外，一般不会发生缺钙现象，不必特意施用钙肥。

农业生产上主要使用的含钙肥料有消石灰，白云石灰，有机钙肥（牡蛎壳等）。平常使用的化肥中，过磷酸钙，重过磷酸钙，钙镁磷肥等也含有多量的可以被植物吸收利用的钙。

在农业上，提倡施用消石灰和白云石灰的目的是在于调整土壤 pH，并不是为了补充土壤中的钙。经常施用硫酸铵，氯化铵，氯化钾，硫酸钾等生理酸性化肥会逐渐导致土壤酸化。就算是不用化肥，只施用有机肥的情况下，亦不能避免土壤酸性化的倾向。这是因为收获后留

在耕地里的农作物残骸在分解时会产生有机酸，加上植物根分泌出的根酸，降雨导致土壤中的碱性离子的溶脱等都会降低土壤 pH，使土壤倾向酸性。为了将酸化了的土壤恢复到适合农作物生长的 pH 值，需要施用消石灰等碱性肥料来中和土壤酸度。这就是施用消石灰和白云石灰的目的和意义。但是，过量施用消石灰不仅会使土壤硬化，还会致使土壤偏向碱性，反而有害于植物生长。所以在施用消石灰时必须加以注意，不得矫枉过正。

另一方面，水耕栽培，特别是不采用固体培养基的水耕栽培，施用的肥料中一定要添加水溶性钙。这是因为在水耕栽培的环境下，作物无法从土壤或培养基中吸收钙，生长所需的钙只能从肥料中吸收。通常，水耕用的肥料中钙的浓度占第 3 位，仅次于氮和钾，比磷还要多。在日本的园艺试验场标准水耕肥料配方中，钙的浓度为 8me/L，与钾相同，比磷浓度 4me/L 高出 1 倍。在日本的大塚化学公司 A 水耕肥料中，钙浓度是 8.2me/L，仅次于氮浓度 18.2me/L，钾浓度 8.6me/L 为第 3 位，要比磷浓度 5.1me/L 高。水耕栽培经常可以看到植物因为钙不足而出现的缺钙症状。

植物的缺钙症状都是发生在茎梢先端的生长点和嫩叶，嫩果等新形成的嫩组织。根吸收的钙也与其他无机养分一样，以离子的状态随同水分一起经由木质部的导管送往地上部后分配到各组织器官的细胞里。但是，钙离子一旦送到细胞里后，就会与果胶反应生成果胶钙，结合微纤维束构成细胞壁，或者是与新陈代谢产生的有机酸反应生成难溶性的有机钙盐储存在细胞的液胞里，在植物体内基本上不会再次移动。所以缺钙症状首先是出现在新的组织上。

植物的缺钙症状主要表现在嫩叶的叶尖和叶缘变黄干枯，嫩芯腐烂，嫩果的尾部腐烂等。这是因为组织和细胞缺钙，不能形成坚固的细胞壁而导致细胞干枯死亡，真菌等病原微生物侵入到细胞内引起组织病害等。在水耕栽培中常见的西红柿尻腐病，生菜和草莓的卷曲病，卷心菜和生菜的心叶腐烂等症状都是因缺钙而诱发的。图 3 是西红柿尻腐病，图 4 是水耕栽培的生菜卷曲病。



图 3. 西红柿尻腐病（引自 otankonasupon 的 HP）



图 4. 水耕栽培的生菜卷曲病

作为预防植物出现缺钙症状的措施，除了经常监视水耕培养液的钙浓度，使其恒常保持在一定的水准，保证植物的根可以吸收到足够的钙之外，更有效的方法是在植物生长盛期，需要多量的钙时，在叶面上散布硝酸钙或氯化钙的稀薄溶液，通过叶面吸收直接给生长点和嫩叶补充钙。已经出现了缺钙症状后，再进行叶面施肥来补充钙的话就来不及了。因缺钙而坏死

的细胞和组织不会再度恢复正常，处置措施只能是摘掉出现尻腐病的果实，废弃出现卷曲病和心叶腐烂病的植株。所以在水耕栽培上必须预先做好补钙措施，降低植物缺钙的可能性。

另一方面，土壤和水耕培养液中的钙过剩时，虽然对植物本身没有直接的影响，但由于养分的拮抗作用，会抑制根对钾，镁，铁，铜，锌，硼的吸收。土壤中过量施用石灰后会呈碱性，助长锰，铁，硼的缺乏症状。特别是干燥地区常见的盐碱地和大棚栽培出现盐渍化的土壤容易发生因为钙过剩而诱发的微量元素缺乏症状，必须加以注意。