

File No. 36

叶面散布和叶对养分的吸收

植物的组织器官在机能都有一定的分工。根的作用是从土壤中吸收养分和水分，将其输送到地上部供应给其他器官，同时还有固定植物，不使其受风雨等外界影响而倒伏移动的功能。茎则是支撑维持地上部的同时，还作为根与叶之间水分，养分和光合产物等的运输通道。叶是光合作用的器官，利用太阳光的光能将根送来的水分和叶面气孔进入的二氧化碳合成碳水化合物，给植物生长和繁殖提供物质和能量。叶还可以通过叶面气孔与大气进行氧气，二氧化碳和水蒸气的交换，在植物体内形成水势梯度，成为植物体内水分吸收和输送的动力。

但是，植物各器官的分工并没有严格的局限性。地上部的茎叶，特别是叶片亦有吸收养分的功能。这个现象在植物营养学上被称作叶面吸收。利用叶对养分吸收的机能，将某些化肥的稀薄溶液散布在叶面上让植物直接吸收利用的施肥技术被称为叶面施肥。因为土壤环境不良，导致根对养分，特别是微量元素的吸收机能受到抑制时，叶面施肥作为防治微量元素缺乏症状的有效手段受到很高的评价。即使是氮磷钾这 3 大养分，亦可以通过叶面散布来快速补充植物的养分，能够收到良好的效果。

叶能够吸收养分的功能来自于植物的起源。植物是从藻类进化而来的。最早植物诞生在水中，虽然也开始分化了根，茎，叶等组织，但茎叶也是处于水中，可以从水中直接吸收养分。随着进化，水生植物上陆成了陆生植物后，茎叶仍保留了部分吸收养分的能力。但是，陆生植物，特别是木本植物因为要支撑地上部，茎逐渐进化成拥有坚固的表皮和坚硬的木质部的组织，与外界联系的气孔等全部退化，除了嫩梢之外，失去了吸收养分的机能。因此，现在只留下叶还残存有吸收养分的机能。

叶的养分吸收机理与根的养分吸收机理不同。叶的构造如图 1 所示，是由表皮系，基本组织系和维管束系构成的。

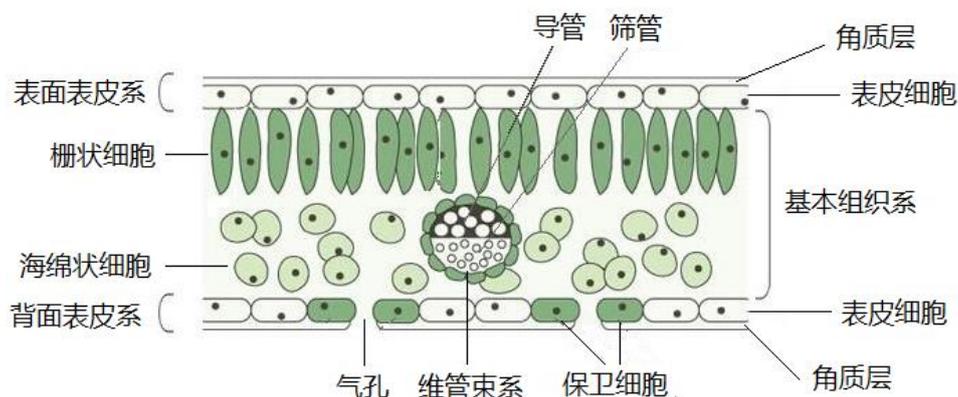


图 1. 叶的构造模式图

表皮细胞 (epidermal cell) 呈长方形，多角形，带有波缘的不定性等各种形态，相互之间紧密结合，嵌接成一体状。部位不同，表皮细胞大小和细胞壁的厚度亦有不同。表皮细胞的外层有一层由表皮素 (角质, cutin) 和腊质组成的角质层 (cuticle layer)。不仅是叶，植物

其他器官的外部基本上都覆盖有角质层，但叶面的角质层特别发达，可以降低叶内水分的蒸发，防止外界生物或有害物质的侵入，太阳光中的紫外线的伤害等。一般来说，叶正面的角质层要比叶背面的厚。

叶的表皮上存在有气孔。气孔的作用是作为光合作用时的二氧化碳进入通道和氧气放出通道，以及叶内水蒸气放出通道。通常，叶背面的气孔数量要多过叶正面，但是亦有只存在于叶背面的植物种类，还有浮叶植物之类气孔只存在于叶正面上侧的植物。

叶的基本组织系又称作叶肉（mesophyll），由栅状组织（palisade tissue）和海绵状组织（spongy tissue）所构成。栅状组织分布在叶的正面侧，含有大量叶绿素的圆柱型的细长细胞在与叶面的垂直方向比较紧密地排列结合在一起，是进行光合作用的场所。海绵状组织则通常处于叶的背面侧，海绵状的细胞只含有少量的叶绿素，呈不规则地松散分布状态，细胞之间有很多空隙，空隙通过气孔与外界联通。

叶的维管束（vascular bundle）是茎的维管束分支通过叶柄进入到叶内的组织。其构造与茎的维管束相似，分为由导管（vessel）为中心的木质部和以筛管（phloem）和伴胞构成的筛部。通常，维管束中的木质部多处于上方，筛部则多在下方或围绕着木质部。叶内的维管束形成了叶脉。

叶对养分的吸收是按照下面的步骤进行的。首先，养分进入叶内的途径有 2 条，一条是养分溶液浸湿了叶的表面后，通过角质层和表皮细胞渗透到叶内。另一条途径是养分溶液通过气孔进入到叶内。进入到叶内的养分透过叶肉细胞的细胞膜，被吸收到细胞内。被吸收到细胞内的养分大部分进入筛管，与光合作用合成的糖分等碳水化合物一起流转到植物的各个组织器官。小部分留在叶细胞内，供应叶的新陈代谢之用（图 2）。

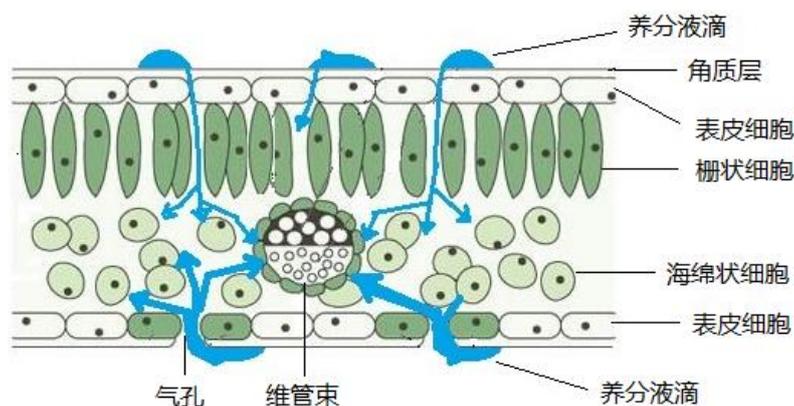


图 2. 叶面散布后养分进入叶内的模式图

进入到叶内的养分是通过存在于叶肉细胞和维管束细胞的细胞膜上的转运蛋白（transporter）进入到细胞内的。不仅是无机离子，尿素和氨基酸等低分子的有机物分子也能够被转运蛋白结合吸附后进入细胞内。关于细胞膜上的转运蛋白，可参考本书的「植物根的营养和水分吸收机理」这篇文章。关于养分吸收能力，海绵状组织的细胞要强于栅状组织的细胞。

因为表皮细胞外侧有一层由角质和腊质构成的角质层，养分不易渗透角质层进入到叶内。所以养分基本上都是经由叶面上的气孔进入到叶内的。通常，叶正面的角质层厚，气孔少，不易沾湿，而叶背面则正相反。所以叶面散布要获得良好的效果，必须注意要将肥料溶液尽量喷射到角质层薄，气孔数量多的叶背面，特别是嫩叶的背面。

叶面散布的历史可回逆到 1920 年代。当时欧洲已经开始了将铁和铜，锌，锰等微量元素的硫酸盐溶解成水溶液后进行叶面散布来防治微量元素缺乏症。到了 1940 年代，又开始了氮磷钾 3 大养分的叶面散布，取得了一定的成果，逐渐被推广普及。日本也在 1950 年代开始了叶面散布。1961 年日本修改了肥料管理法律，正式认可了叶面散布用肥料。近年来，不仅是微量元素和氮磷钾，含有有机成分（主要是糖类和氨基酸类）的叶面散布用肥料亦开始得到普及。

叶面散布用的肥料通常使用与培养液栽培用的肥料种类相同，亦有部分使用土壤施用的肥料种类。通常，三大元素中，氮使用尿素，磷使用磷酸二氢钾和亚磷酸，钾则使用磷酸二氢钾和硫酸钾。钙使用硝酸钙，镁使用硝酸镁或氯化镁。微量元素则多使用硫酸盐化合物。

叶面散布后的养分吸收速度因所使用的养分种类和散布的作物种类不同而有较大的差异，温度和散布浓度亦影响养分的吸收速度。表 1 是散布到作物叶面后的养分吸收速度。

表 1. 叶面散布后农作物对各种养分的吸收速度

养分种类	农作物种类	养分吸收速度
尿素	黄瓜，蚕豆，西红柿	1~6 小时吸收 50%
	苹果	1~4 小时吸收 50%
磷	苹果	7~10 天吸收 50%
	蚕豆	30 小时~6 天吸收 50%
钾	蚕豆，南瓜	1~4 天吸收 50%
	葡萄	1~4 天吸收 50%
钙	蚕豆	4 天吸收 50%
镁	苹果	1 小时吸收 20%
铁	蚕豆	24 小时吸收 8%
锰	蚕豆	24~48 小时吸收 50%
锌	蚕豆	24 小时吸收 50%
钼	蚕豆	24 小时吸收 4%

注：引自熊泽发表的数据

在叶面散布使用的养分种类中，尿素的吸收速度最快。这是因为其他养分种类绝大多数都只能通过气孔进入叶内。而尿素是非电解质，分子量也小，渗透性和扩展性很高，除了气孔之外，还容易透过表皮外侧的角质层和表皮进入到叶内。日本在 1970 年代开始使用尿素进行叶面散布，发现不仅可以促进农作物的生长，还可以增加收获物中的氨基酸等有机氮化合物

的含量，对提高收获物的品质有一定的作用。另外，尿素与其他养分混合后进行叶面散布的实验结果表明，与其他养分的单独散布相比，混合了尿素的养分吸收速度加快，吸收量亦有所增加。其原因被推测是尿素的高渗透性和扩展性带动了其他养分透过表皮进入叶内的速度和数量。现在，为了提高叶面散布的效果，市面上销售的叶面散布专用肥料大部分都含有尿素。

对农作物进行叶面散布的主要的目的和效果可归纳如下。

- 1. 增加收获物的商品价值：**叶面散布可以使叶菜类的叶色更加鲜嫩，可以促进根菜类的肥大，促进果实的初期肥大和后期着色，增加茶叶的氨基酸以得到更好的口感，促进花卉开花，增加花色和叶色的鲜艳度等，能够使得收获物获得更高的评价。
- 2. 减轻根的生理障害所引起的养分吸收不足现象：**因为土壤积水过湿，土温过低，土壤盐分积累等引起的作物根系吸收机能障害，造成作物养分不足时，可以通过叶面散布及时补充养分，恢复作物的长势。
- 3. 作为缓解土壤中养分难溶化和难吸收的措施和补充微量元素：**因土壤盐碱化导致铁，锰，锌，铜，硼的难溶化，土壤酸性化带来钼的难溶化，磷过剩引起的铁，铜，锌的土壤固定，土壤干燥引起的硼，钙，钾吸收障害等都可以使用叶面散布来进行缓解。还可以通过叶面散布来补充微量元素。
- 4. 提早恢复农作物因恶劣气候所引起的生育不良：**通过叶面散布，可以提早恢复受冷害，洪灾，干旱，霜雪害等恶劣气候影响导致的作物生育不良，增进作物的长势。

但是，必须记住，植物的养分吸收是由根来负责的，叶只是保留了部分养分吸收机能，不能代替根所起的作用。施肥的基础是土壤施用，叶面散布只是作为补充根的养分吸收的辅助手段。

在利用叶面散布技术时，必须遵守以下的注意事项。

1. 需要按照作物种类，生长阶段和气象条件等来决定所使用的叶面散布的养分溶液浓度，以免浓度过高引起烧苗。浓度过低得不到效果。
2. 需要添加适当的附着剂，以提高养分的吸收效率。特别是叶面角质层厚，不易濡湿的作物一定要添加附着剂，以增加粘附留在叶面上的养分量 and 促进养分进入叶内的速度。
3. 叶面散布用的养分溶液多数是弱酸性的，尽量避免与碱性农药和碱性肥料一起混用，以免降低效果。
4. 作物对氮磷钾的需求量很大，只靠叶面散布不能满足作物的需要，尽量与速效性肥料的土壤施肥配合，尽快补充不足的养分。