

File No.1 植物的生育与元素及肥料

植物生长需要阳光，水分和养分。太阳光提供植物生长所需的能量，水分和养分则用于合成有机化合物来构成植物体。水分还可以通过叶面蒸发来降低植物的体温，保证植物能够正常生长。地球上有 100 多种元素，并不是所有的元素都是植物生长所需要的。经过 19 世纪德国有机化学家李比希 (Justus Freiherr von Liebig) 和农学家沃尔尼 (Martin Ewald Wollny) 等许多科学家的努力，发现植物生育所需的元素只有氮 (N)，磷 (P)，钾 (K)，钙 (Ca)，氧 (O)，氢 (H)，碳 (C)，镁 (Mg)，硫黄 (S)，铁 (Fe)，锰 (Mn)，硼 (B)，锌 (Zn)，钼 (Mo)，铜 (Cu)，氯 (Cl) 共 16 种。这 16 种元素只要缺少了其中 1 种，植物就不能生长，所以被称为必须元素。还有数种元素虽然不是必须元素，但有助于植物的生长，称之为有用元素。本篇就植物生育所需的必须元素和肥料做一简单的说明。

一， 必须元素

根据植物对必须元素的吸收量和植物体内的存在量，可以将 16 种必须元素分为多量元素，中量元素和微量元素三大类。

氧，氢，碳，氮，磷，钾这 6 种元素构成了植物细胞和器官，还具有调节植物体内渗透压，促进新陈代谢的功能，是植物吸收最多，需求量最大的元素，称之为多量元素。但是，在这 6 种元素中，氧和氢是从水，碳是从大气中的二氧化碳中获取的，自然界有充分的供应能力，完全可以满足植物的需求。与其相比，氮，磷，钾这 3 种元素在土壤中的可供量通常不能满足植物的需求，需要人为施加到土壤里来进行补充。

钙，镁，硫也是构成植物细胞组织的成分，还有调节植物新陈代谢的功能。植物对钙，镁，硫的需求量次于氮，磷，钾。所以钙，镁，硫又称为中量元素。一般土壤中的钙，镁，硫含量基本上可以满足植物的需要。由于用于调节土壤 pH 的石灰和苦土石灰含有丰富的钙和镁，氮肥中的硫酸铵和钾肥中的硫酸钾也含有大量的硫，所以除了特殊的土壤环境或特定的农作物之外，并不需要特意向土壤施加钙，镁，硫。

铁，锰，硼，锌，钼，铜，氯主要在植物体内的生化反应中起着辅酶作用，还有一些特殊的反应中需要这些元素。但植物对这些元素的需求量并不多，所以称之为微量元素。通常，土壤中含有足够的微量元素，除了特殊情况下，不必特意施加这些微量元素。

另外，钠(Na)和硅(Si)这 2 种元素虽然不是必须元素，但可以促进植物生长，使得植物更为强壮，所以被称为有用元素。

二， 肥料

通常，在自然界里能够适合植物生长的环境，一般都不会缺乏水和二氧化碳，除了非常特殊的情况外，自然界中的氢和氧，碳可以完全满足植物生长的需求，不需要特别加以对待。但是，其他的 13 种元素经常会因为土壤中的含量不足而影响到植物的正常生长。在农业栽培上，农作物对养分的需求，尤其是对氮磷钾这 3 种元素的需求量很大，耕地土壤不可能完全满足作物对氮磷钾的需求。在某些情况下，土壤中的中量元素和微量元素也有可能满足不了农作物的需求。为了促进农作物的生长，获得更多更好的收获物，必须从外部给土壤或直接给农作物补充其不足的元素。这些含有高浓度的农作物可以吸收利用的必须元素的资材被称为肥料。

虽然大气中 70% 以上是氮气，岩石和粘土矿物，特别是长石类矿物含有大量的钾，土壤中也存在有相当量的磷酸盐矿物。但是大气中的氮气没有活性，土壤中的含有磷或钾的土壤矿物都是非水溶性的，不能被植物吸收利用。因此，自然土壤中含有的氮磷钾这 3 种元素远远不能满足农作物的需求，需要从外部以肥料的形式大量施用到土壤里来供应农作物的生长。植物对铁，铜，锌等微量元素需求量不大，通常的耕地土壤里已经含有足够可以满足作物生长的数量。但是，强碱性土壤等会使得这些微量元素出现难溶化现象，导致作物难以吸收，有可能出现缺乏现象。在这种状态下，除了调节土壤 pH，减轻元素的难溶化程度之外，还可以通过施用含有这些微量元素的肥料来改善作物的生长状况。

另一方面，现代农业开创的培养液栽培技术，因为不使用土壤，所以不能对土壤里含有的元素有所期待。除了氢和氧，碳之外，作物生长所需的元素都必须通过肥料来供给。在最先进的设施栽培体系中，密闭环境亦有可能会造成大气中的二氧化碳浓度不足，有些栽培设施还会通过人工添加二氧化碳气体来满足农作物的生长需求。

在这些必须元素中，植物对氮(N)，磷(P)，钾(K)的需求量最大，吸收量最多，所以肥料基本上都是围绕农作物对这3种多量元素的需求来制造的。植物对钙(Ca)和镁(Mg)，硫(S)的需求量虽然也不少，但通常并不必特意施用含有这3种元素的肥料，只需定期使用石灰或苦土石灰来调节土壤pH，适宜施用硫酸铵和硫酸钾等含硫肥料就可以同时补充钙和镁，硫。植物对硼(B)，锰(Mn)，铁(Fe)，锌(Zn)，铜(Cu)，钼(Mo)的需求量极少，只要有微量的存在就基本上可以满足需要，除了培养液栽培和某些特殊的情况下，并不需要特意施用富含这些微量元素

三， 各种必须元素的功能和作用

1. 多量元素

1-1. 氮(N)

氮是作为植物细胞原生质的蛋白质(氨基酸)的主要构成元素，此外还是构成叶绿素，酶，植物激素，核酸等植物体内起着重要作用的生理物质的成分。氮在植物体内具有以下的作用。

- A. 有助于细胞分裂和膨大
- B. 促进根茎叶的发育和伸长
- C. 增强养分吸收机能和光合作用，同化作用

氮主要功能是促进植物的生长，特别是可以使得叶片增大增厚，在日本又被称为叶肥。但是氮肥施用过多，土壤中氮过剩的话，会诱发植物徒长，枝叶软弱，容易引起病虫害。

依照肥料中所含的氮的化学形态，可分为氨态氮，硝态氮，脲态氮和有机态氮等数种。氮的化学形态不同，肥效亦会出现差异。氨态氮(硫酸铵，氯化铵，磷铵等含有的氮)可以被土壤吸附保持，不易流失，肥效较高。硝态氮(硝酸铵等硝酸盐肥料含有的氮)最容易被植物吸收，肥效出现快，但难以被土壤吸附保持，容易随水流失。尿素中的脲态氮和有机肥料中含有的有机态氮不能被根吸收，需要通过土壤微生物分解成氨态氮和硝态氮后才能被植物吸收利用，所以肥效出现较迟。

1-2. 磷(P)

磷不仅是DNA和细胞膜等生理物质的构成元素，还作为ATP的主要成分，在植物体内能量转移等起着重要作用。磷在植物体内的新陈代谢上也有重要的作用。磷的主要生理作用是：

- A. 加快作物生长
- B. 促进根的发育，加强种子的发芽能力
- C. 增加分蘖数和根量，开花数和茎叶数量
- D. 充足子实，提高收获物的质量

磷与植物的开花结果有很大的关系，所以在日本又被称为花肥或果肥。除了水溶性的磷之外，植物的根还可以吸收利用可溶性磷和枸溶性磷。必须提醒读者的是，纯粹的磷自身并不能被植物吸收，植物只能吸收磷酸离子。因此在日本将肥料的磷称为磷酸。

1-3. 钾(K)

钾在植物体内并不构成原生质等有机物，而是以游离的无机离子态存在。钾主要是通过促进光合作用中的光磷酸化反应产生的ATP合成·流转，调节植物体内渗透压等，在淀粉，蛋白质的合成，移动，积储上起着重要的作用。钾的主要生理作用是：

- A. 调节水分蒸发，调节细胞和组织的渗透压
- B. 促进根的发育，增加根量
- C. 增强植物组织，提高耐寒性和耐热性，增加对病虫害的抵抗力

- D. 促进开花结果
- E. 抑制因日照不足所引起的植物生长速度的下降

因为钾主要与根的发育和细胞组织内的渗透压有关，所以在日本常被称为根肥。钾肥基本上都是水溶性的，肥效出现较快，钾离子可以被土壤吸附保持，不易流失，肥效持续期间较长。钾在植物体内是以离子态存在，容易在体内流转。植物组织死亡后容易离开植物体。

2. 中量元素

2-1. 镁 (Mg)

镁是构成叶绿素的元素。在植物体内还有促进磷移动的功能。镁的主要生理作用是：

- A. 促进叶的光合作用
- B. 加快生长点的成长
- C. 帮助蛋白质和脂肪的合成
- D. 促进体内磷的移动

镁是叶绿素的形成和新陈代谢所不可缺乏的元素。若镁不足时，可明显地看到叶色变淡，光合能力降低，磷流转到生长点的速度和数量减少，生长点的细胞分裂受到抑制，生长变慢。日本农业部门将镁称为苦土。

2-2. 钙 (Ca)

钙是细胞壁的构成元素之一，具有将各种细胞结合构成组织器官的作用。钙还与光合作用合成的碳水化合物在体内的流转有关。细胞内的无机态钙离子还可以中和在新陈代谢反应时产生的有机酸，保持细胞内的 pH 平衡稳定。钙的主要生理作用是：

- A. 构成植物的细胞壁，将周围细胞结合构成组织器官
- B. 可以中和有机酸等有害物质，保持细胞内环境的稳定
- C. 与叶绿素的生成和光合作用合成的碳水化合物的移动有关
- D. 强化细胞壁，提高对病害的抵抗力
- E. 促进植物对硝态氮的吸收，调整钾和镁的吸收量

在日本，钙通称为石灰。含有大量钙的消石灰和碳酸钙粉，白云石粉等用于调节土壤 pH 的同时也给土壤补充了钙。

2-3. 硫 (S)

硫是含硫氨基酸以及含硫有机化合物的构成元素。植物体内除了有机态硫之外，还有部分硫是以无机态的硫离子状态存在，与体内的氧化还原反应等有关。硫的主要生理作用是：

- A. 合成含硫氨基酸和含硫蛋白质
- B. 构成含硫有机化合物
- C. 参与氧化还原反应
- D. 协助叶绿素的合成

在日本，含有较多硫的火山灰土壤分布很广，所以一般不易发生缺硫现象。反而缺乏铁的老朽化水田在还原环境下容易发生硫化氢，危害水稻根，影响水稻对养分的吸收。

3. 微量元素

3-1. 锰 (Mn)

锰在植物体内主要是作为辅酶存在。特别是作为光合反应中的氧化还原系的辅酶，可以促进光合作用。叶中的锰将近 60% 存在于叶绿体中。锰还可以促进蛋白质的合成。

通常的土壤并不会缺锰。但是在土壤 pH 高的碱性环境下，锰离子会被氧化生成难溶性的锰化合物 ($Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$)，妨碍植物对锰的吸收，有可能出现缺锰症状。

3-2. 硼 (B)

硼在形成细胞壁上起到重要的作用，还可以保持细胞膜和通导组织的形状和维持这些组织的机能。硼还可以与糖等有机物的羟基以酯键方式结合，与糖和钙的吸收，流转，代谢有关系。

通常的土壤一般不会缺硼。但是在土壤 pH 高的碱性环境下，硼的溶解度变低，植物对硼吸收能力会受到阻害，有可能出现缺硼症状。

3-3. 铁 (Fe)

铁通过与叶绿体中的磷蛋白结合而对叶绿素的形成有关。铁还与氧化还原反应有关联，影响到植物的呼吸和氧的搬运。

缺乏铁时，叶色出现黄白化现象，蛋白质的合成受到阻害，植物体内会积累过多的硝态氮，使得植物体软弱，容易患病虫害。

3-4. 铜 (Cu)

铜多存在于叶绿体中，主要是作为光合作用和氧化还原反应的辅酶。铜也和铁相似，在植物的呼吸和氧的搬运中起着重要的作用。铜还与修复细胞的酶有关，可以加速损伤细胞的修复。

3-5. 锌 (Zn)

锌是植物体内各种酶的辅助成分，还与生长素（植物激素的一种）的代谢，蛋白质的合成等有关。在碱性土壤和土壤含磷量高的情况下，锌的吸收会受到抑制，有可能出现缺锌症状。

3-6. 钼 (Mo)

钼是植物体内参与氧化还原反应的酶的辅酶。还是硝酸还原酶（将硝酸还原成氮的酶）的构成元素，与根瘤菌的固氮，硝酸还原等有关，在植物的氮代谢上起着重要作用。在微量元素中，钼的需要量最少，一般情况下不会出现缺乏现象。

3-7. 氯 (Cl)

氯与植物光化学反应系 II 的氧气发生有关。还与光合作用产物的碳水化合物的流转，植物病害的抑制，作物成熟等有关。通常，氯可以从灌溉水和土壤中获得，完全不会出现缺乏现象，反而在沿海地带和干旱地区会因土壤中的氯过多而引起盐害。

4. 有用元素

4-1. 硅 (Si)

硅虽然不是植物的必须元素，但可以强化禾本科植物，特别是水稻的硅化细胞，使得植株更为强壮，提高植株的抗病性，耐虫性，抗倒伏性等。

4-2. 钠 (Na)

钠能够增加植物细胞的渗透压和细胞原生质的亲水性。有利于调节叶面气孔的开闭和提高光合作用，有助于植物生长。

但是，细胞内高浓度的钠离子会改变细胞膜的结构和功能，还会导致细胞内的离子种类和浓度发生变化，核酸和蛋白质的合成和分解的平衡受到破坏，从而严重影响植物的生长。发生在沿海地带和干旱地区的盐害绝大多数是因为土壤中钠过多而引起的。