

File No. 68

植物生育的基本条件

生物的生存成长和种族的延续都需要从外部获取必须的能量和养分。根据能量和养分的获取方式，可以将生物分为自养生物（autotroph）和异养生物（heterotroph）两大集团。

所谓自养生物是生长和繁殖所需的养分可以全部来源于无机物，完全不需要有机物质的生物。代谢所需的能量则可以利用光能或无机物的氧化还原反应等产生的化学能量。植物就是自养生物的典型，它可以利用光能进行光合作用，将无机物合成有机物用于自身的生长和繁殖。一部分细菌也是属于自养生物，它可以利用氢，氨，硫化物，2价铁等无机物的氧化还原反应所产生的能量将无机物合成有机物来进行生长繁殖。

所谓异养生物则是需要有机物来作为新陈代谢和生长，繁殖的营养来源。从外部吸收到体内的有机物在消化分解的过程中产生的能量则用作维持自身生存所需的能量。因此，若没有能够作为食料的其他生物的话，异养生物就不能生存下去。动物全都属于异养生物，微生物则除了少数种类之外，大部分也是属于异养生物。

植物属于自养生物，它以无机的二氧化碳为碳源，以水为氢源和氧源，以太阳光为能源来合成碳水化合物。利用光合作用合成的碳水化合物与氮磷钾等无机元素进行反应生成各种有机物质来供给自身的生长和繁殖。

各种外界因素，例如太阳光，水分，各种元素等会影响到植物的生长。在这些外界因素中，决定了植物能够生长的外界基本条件共有 5 项，即光线，温度，空气，水分，养分（图 1）。本篇就对植物生育必不可缺的这 5 项基本条件进行简单的解说。

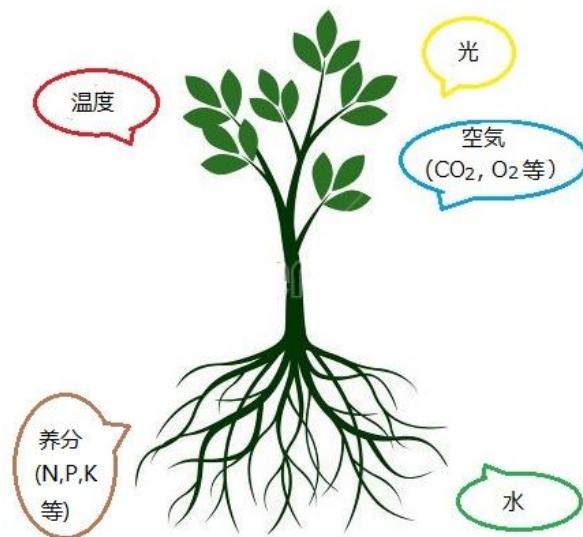


图 1. 植物生长和繁殖所需的基本条件

1. 光

光是电磁波的一种，波长在 400nm~800nm 之间，能够刺激人的眼睛使其感到明亮的称作可视光线，从短波长的紫光到长波长的红光，光色连续变化，不同波长的光线其性质和能量

也有所不同。

对于植物来说，光有 2 方面的作用。一个作用是提供能量供植物将无机物合成有机物，另一个作用则是作为信号，用于控制调节植物的生长发育和分化。

植物能够将土壤中吸收的水分及无机养分和大气中吸收的二氧化碳为原料合成有机物就是有效地利用了光所具有的能量。

植物接收光的组织称作光受体 (photoreceptor)，可分为光合成的光受体和利用光情报的光受体两大类。

叶绿素(chlorophyll) 作为光合成的光受体可以直接吸收光能，将其转换成化学能。还有叶黄素 (xanthophyll) 和藻胆素 (phycobilin) 作为光合成的辅助色素也能够吸收光，将光能转给叶绿素，起到捕集光能的作用外，还有防止强光伤害叶绿素的光阻挡功能。叶绿素按照其化学结构分为 6 种，但在植物中只存在叶绿素 α 和叶绿素 β ，其他 4 种是在藻类和蓝藻里发现的。植物叶绿素的光能吸收峰以及对植物形态和生长所起的影响如图 2 和图 3 所示。

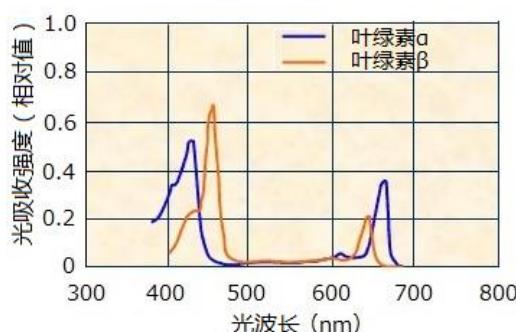


图 2. 叶绿素的光能吸收峰

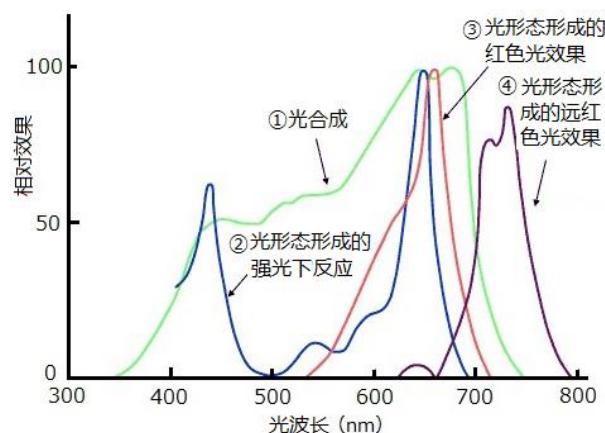


图 3. 光波长对植物形态的形成和生长的影响

利用光情报的光受体有隐花色素 (cryptochrome) 和向光素 (phototropin)，光敏素 (phytochrome) 等，这些光受体接受来自光的信息，促进和调节植物的分化和器官的形成。

一般来说，植物的光合成是利用波长为 400~700nm 的光能，特别是波长 600~700nm 的橙到红光的光合成作用最为明显。波长 420nm 附近的蓝光可以活化隐花色素和向光素，波长 660nm 附近的红光和 730nm 附近的远红外线则活化光敏素。

迄今为止，植物生长所需的光都来自太阳光。但随着科学技术的发展，能够精确控制波长和光强度的 LED 和荧光灯等人工光源会在植物栽培上起到更重要的作用。

2. 温度

植物的生长需要在一定的温度下进行，这是因为植物体内的所有化学反应都是在酶的参与下才能够进行，反应速度完全依存于酶的活性大小。植物体内的酶是一类特殊的蛋白质，在 0°C 以下时基本上不会显示出活性，0°C 以上到 30°C 之间随着温度的增高，酶的活性也就增高，能够使体内的生物化学反应加速进行。在 0°C~30°C 的温度范围内，温度每升高 10°C，生物化

学反应速度大概会增加 2 倍。但是，温度超过了一定范围后，蛋白质结构会发生热变性，酶活性反而下降。超出某一阈值后，蛋白质出现了不可恢复的热变性，酶的活性彻底消失。

据认为植物能够忍受的温度范围是 -30°C 到 45°C 。但是温度在 5°C 以下或超过 35°C 以上时，植物为了减轻低温或高温带来的不良影响，会进入休眠，使新陈代谢降低到能够维持生命的最低点。当然，在这种情况下植物就会停止生长。

因此，植物能够延续生命的温度范围被称作「生存温度」，在生存温度范围内能够持续生长的温度范围被称作「生育温度」，而最适合生长的温度范围则被称作「生育适温」。

植物种类不同，其生存温度也有很大的相异。寒带地区生育的针叶树可以忍耐 -30°C ，短期间内甚至可以抵抗 -40°C 的低温。而香蕉和菠萝之类的热带作物在 0°C 以下就会冻死。生存中在中东和北非沙漠中的植物则可以抵抗 50°C 的高温。

另一方面，植物的生育温度大概是 $5^{\circ}\text{C} \sim 33^{\circ}\text{C}$ ，生育适温约在 $15^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 之间。在生育适温的范围内，温度越高，植物生长越快。植物的生存温度，生育温度和生育适温的模式图见图 4。

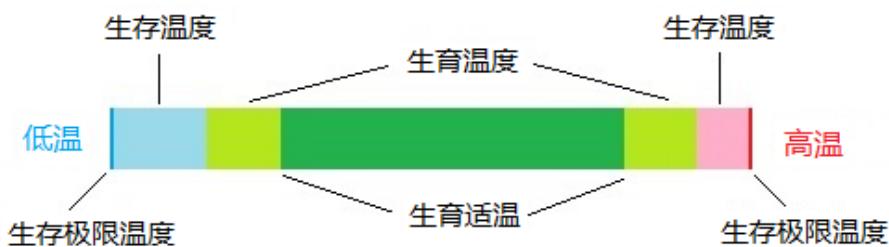


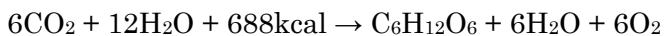
图 4. 植物的生育和温度

地面温度由接收到的太阳光能和地面辐射散发的热能之间的平衡关系来决定，其中的决定因素是太阳能。可以大量接收到太阳能的低纬度地区则地面温度高，植物生长速度快，只要有足够的水分，就会形成热带雨林。而高纬度地区能够收到的太阳能少，温度低，植物生长慢，在低温的冬季来临前就会进入休眠以保存生命。北极和南极能够接收到的太阳能极少，温度低于植物的生存温度，植物完全不能生存。因此，能够适合农作物栽培的仅限于热带和温带地区。

采用加温控制手段的温室和植物工厂等栽培设施完全不受外部气温的影响，可以将温度控制在最适合植物生长的生育适温范围内。因此，在寒冷地区的冬季也能够栽培和收获蔬菜和水果。

3. 空气（二氧化碳，氧气）

光合作用是以二氧化碳和水为原料，利用光能将其合成碳水化合物（葡萄糖）。光合作用的反应式是：



即植物使用 688 千卡的光能，将 6 个分子的二氧化碳和 6 个分子的水合成 1 个分子的葡萄

糖，同时放出 6 个分子的氧气。构成有机物的有机态碳都是通过光合作用将二氧化碳中的碳固定而成的。没有二氧化碳，就不能合成有机物。因此，光合作用又被称作 CO_2 固定反应。

另一方面，植物也与动物一样会进行呼吸，吸入氧气呼出二氧化碳。这是为了获得植物体内的新陈代谢及养分吸收和物质合成等生物化学反应所需的能量。呼吸是在细胞内的线粒体中进行，消费氧气生成二氧化碳。植物的呼吸与光无关，在光照下也不停止。在白天植物呼吸所消费的氧气和放出的二氧化碳被进行光合作用吸收的二氧化碳和放出的氧气所掩盖，外表上只看到吸收二氧化碳和放出氧气而已（图 5）。

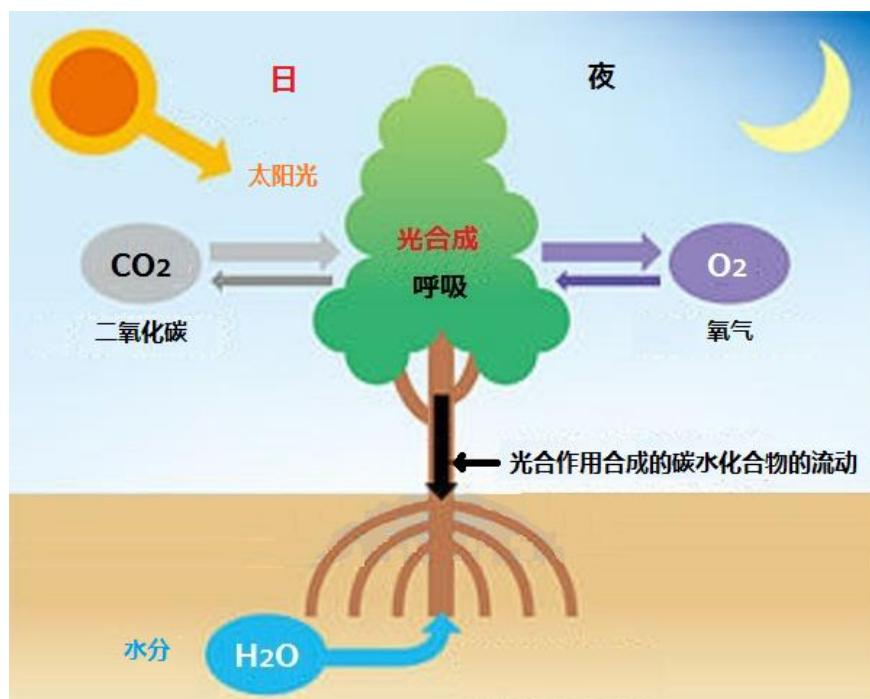


图 5. 植物的光合作用和呼吸

空气中的二氧化碳浓度大概是 380~400ppm。有相当多的人士提出，若能够增大空气中的二氧化碳浓度，就能够加强光合作用，合成更多的碳水化合物，使得植物生长加速，收获量增多。这个论点在某种条件下是正确的，但不是放之四海皆准的真理。植物按照其光合作用的路径不同而被分为 C3 植物和 C4 植物 2 大类。C3 植物是因为光合成的最初产物是三碳化合物（3-磷酸甘油酸），C4 植物则光合成的 CO_2 初期固定是通过四碳双羧酸途径进行，最初产物是四碳化合物的苹果酸或天门冬氨酸。

C4 植物的叶绿体具有浓缩二氧化碳的机构，即使空气中的二氧化碳浓度不高也能够有效地固定二氧化碳。有数据表明在太阳光下 C4 植物能够固定的二氧化碳浓度饱和值大概是 300 ppm 左右，即使是将空气中的二氧化碳浓度提升到 300ppm 以上，C4 植物的二氧化碳固定量也不会因此而增加。另一方面，占植物种类大多数的 C3 植物，能够固定的二氧化碳浓度饱和值超出了 400ppm。正常空气中的二氧化碳浓度尚未达到该饱和值。若能够增加二氧化碳浓度的话，可以期待 C4 植物的光合作用合成更多的碳水化合物。在大棚和温室栽培中，已经有

特意使用能够发生二氧化碳的药剂，使空气中的二氧化碳浓度上升，促进生长增加收获的栽培方式。

4. 水

对于植物来说，水具有以下的作用。

- ① 是构成植物体的主成分。植物体重的 60~90% 是水，植物即使稍微减少了部分水，都会难以正常维持生命活动，出现萎蔫，严重时会导致枯死。
- ② 是合成碳水化合物的原料之一。水在叶绿素中被分解为氢和氧，氢作为原料与碳反应合成了碳水化合物。若没有水，就不能进行光合作用，合成不了碳水化合物。
- ③ 是植物体内养分输送的溶剂。根吸收到体内的无机养分要依靠水从导管输送到地上部的茎叶，光合作用合成的碳水化合物和体内新陈代谢合成的其他物质也要依靠水输送到植物体的各个组织器官。
- ④ 是控制叶面温度的重要因素。通过叶面气孔蒸发水分，可以抑制因太阳光照射引起的温度上升，使得光合作用能够在良好的条件下进行。水从叶面气孔的蒸发还形成了根的养分吸收和体内输送的动力。

因此，没有水的话，植物完全不能生存。

5. 养分 (N, P, K 等)

养分可分为构成植物组织器官的元素和维持新陈代谢等体内生理活动所需的元素 2 大类。植物生长所需的必须元素有碳，氧，氢，氮，磷，钾，钙，镁，硫，铁，铜，氯，锰，锌，硼，钼共 16 种。其中碳，氧，氢，氮，磷，钙，镁，硫是构成植物体的元素之外，也涉及到植物体内的生理活动。钾，铁，铜，氯，锰，锌，硼，钼不构成植物体，但与植物体内酶的活性，生物化学反应以及反应合成产物的流转有关。关于这些必须元素的作用，可参考本书的「植物生长与肥料」。

必须元素中，碳是从空气中的二氧化碳，氢和氧是从水中获得的。其他的元素则需要通过植物根从土壤或培养液里吸收。叶面也能够吸收少量的养分，但其吸收量完全不能满足植物生长的需要，只是作为特殊方式用以补充根的吸收。

土壤在植物生育上也起着重要的作用，但随着科学技术的发展，已经开发出了培养液栽培和植物工厂之类只要有光，空气，水和养分，即使没有土壤也能栽培植物的方式。因此土壤并不是植物生育的基本条件。