

全国中等气象学校试用教材

农学基础与农业气象

(气象专业用)

花子昌 王德蓉 胡毅 合编

南京气象学院印刷厂印

一九八〇年九月

前 言

本书是为适应气象教育和农业气象工作发展的需要，根据1978年全国中等气象学校教材会议制定的农业气象（气象专业用）编写大纲，参考了兄弟院校编写的农业气象方面的讲义及有关资料编写而成。

中央气象局气象科学院农业气象研究室、北京农业大学的赵明高等同志参加了本教材的审查，对初稿提出了不少修改意见，在此特表示感谢！

本书是三年制中等气象学校气象专业试用教材，亦可供初中级气象工作者、业余农业气象爱好者和其他有关人员参考。

编 者 1979年4月

绪 论

一、气象与农业生产的关系

农业生产是“露天工厂”，受自然条件影响很大，各种自然灾害的频繁发生，是影响农业产量不稳定的重要因素。夺取丰收，实际上是人们向自然夺取农产品的一场激烈斗争。

在自然条件中，气象、土壤、地形、地势都是影响农业生产的外界因素。光、热、水和营养物质是作物生命活动的重要外界因子，其中光、热、水是气象因子，营养物质往往也要通过适宜的热量和水分条件才能为作物充分利用，就是土壤的水分和热状况，也包括在气象要素之内，而地形、地势是形成了一定的小气候条件影响着农业生产。我国劳动人民对气象在农业生产中的作用总结为：“土是根，热是劲，水是命”九个字。所以，气象因素的变化，必然影响着作物的生长发育过程。

农业生产的特点是具有强烈的地域性和季节性，在不同地区、不同季节里栽培着不同作物，不同作物要求不同土壤、气候条件，同一作物的不同生育期要求的环境条件也不相同，就是同一作物的不同品种，所要求的外界环境条件也有差异。所以，耕作制度的改革、农业技术的改进、优良品种的推广等都要考虑当地的自然条件，特别是气象条件。例如，单季稻改双季稻，有的地区获得了显著的增产，但有些地区反而减产了，同一措施，为什么得到的结果不同呢？原因虽然很多，但其中主要还是没有掌握水稻对气象条件的要求和当地气候变化规律。因此，农业生产必须强调因时、因地、因作物制宜。所谓因时制宜就是要看天气和气候条件是否合适；因地制宜在很多方面要看土壤水热状况和地区气候条件；因作物制宜在很大程度上是要看作物要求什么天气和怕什么天气的特点。因时、因地、因作物制宜是夺取农业高产稳产、早涝保收的重要一环。

我国农业生产的另一特点是精耕细作。通过精耕细作形成对作物生长发育较适宜的农田气候环境，促使作物充分利用有利的天气、气候条件，采取“躲、抗、防、改”等措施，尽可能地克服和战胜不利条件。农业“八字宪法”就是广大劳动人民增产措施的经验总结。“八字宪法”的每一个字几乎都和气象条件有关，有些字在某些情况下，如不考虑气象因素，不仅发挥不了作用，有时甚至会起到相反的结果。“八字宪法”的贯彻会引起农田气候条件的变化，通过种种人为措施，可以改善农田气候条件，起到趋利避害的作用。

我国的天气和气候特点是季风气候和大陆性气候都很明显，气候资源极为丰富，有利于发展农业生产。但因气候条件异常变化，干旱、雨涝、台风、霜冻、寒潮低温、冰雹等灾害天气频繁发生，这些灾害性天气不同程度的威胁着农业生产。

农作物的生长发育有它自己的特定规律，而气象条件也有它发生发展的必然规律，有利就增收，不利就减产欠收，由此可见气象与农业生产的关系极为密切，我们必须认

真地了解和掌握这些变化规律。其他如草原的改良与利用；热带亚热带地区的综合开发利用；农业基本建设与土壤改良等，都要摸清各地区气候资源和变化规律，才能进行合理规划。

二、农业气象学的目的和任务

农业气象就是研究对农业有意义的天气、气候和水分条件及其与农业增产丰收相互关系的科学。它的主要目的就是从事农业生产实际出发，不断认识和解决农业生产中存在的气象问题，以便充分利用有利的气象条件和气候资源，积极抗御和战胜气象灾害，为夺取农业高产稳产、发展社会主义大农业，为实现农业现代化服务。

农业气象科学在我国还是一门年青的科学，涉及的面广，许多问题还未被认识，某些具体内容还未定型，现在从实际出发，将农业气象的任务大致归纳为以下几方面：

- (一) 研究我国主要农业气象灾害的指标、机制、规律和战胜气象灾害的措施；
- (二) 农业气候资源的调查、分析与利用，为改制（合理布局、茬口安排和间套复种）、垦荒、引种以及农业技术革新等提供依据；
- (三) 农田小气候的观测、利用与改善农田小气候的研究；
- (四) 研究气象条件对作物生长发育和产量的影响，逐步确定实现高产稳产的农业气象条件；
- (五) 对农业气象观测、情报、预报方法的研究及其服务；
- (六) 农业气象试验及农业气象新技术的研究；
- (七) 根据地区情况开展畜牧气象、森林气象和园艺气象等。

目 录

绪 论

第一部分 农 学 基 础

第一章 植物生理知识	(1)
第一节 植物细胞生理.....	(1)
第二节 植物的光合作用.....	(7)
第三节 植物的呼吸.....	(10)
第四节 植物的物质吸收运输和蒸腾作用.....	(13)
第五节 植物的生长发育和繁殖.....	(18)
第六节 植物的遗传和变异.....	(20)
第二章 土壤知识	(24)
第一节 土壤及其肥力的概念.....	(24)
第二节 土壤的一般特性.....	(25)
第三节 土壤水分空气和热量状况.....	(31)
第四节 土壤养分状况及调节.....	(37)
第五节 我国主要的农业土壤分布概况.....	(39)

第二部分 农 业 气 象

第三章 气象条件在作物生长发育中的作用	(43)
第一节 作物的生长发育与外界条件的关系.....	(43)
第二节 太阳光在作物生长发育中的作用.....	(46)
第三节 温度在作物生长发育中的作用.....	(51)
第四节 水分在作物生长发育中的作用.....	(59)
第五节 风在作物生长发育中的作用.....	(65)
第四章 农田小气候	(67)
第一节 农田小气候的一般概念.....	(67)
第二节 农田小气候形成的一般规律.....	(67)
第三节 作物小气候.....	(71)
第四节 农田小气候的改善与利用.....	(74)
第五章 作物与气象	(80)
第一节 水稻与气象.....	(80)

第二节	小麦与气象	(89)
第三节	棉花与气象	(96)
第四节	玉米与气象	(102)
第五节	甘薯与气象	(105)
第六节	油菜与气象	(107)
第六章	农业气象观测	(109)
第一节	农业气象观测的意义原则和内容	(109)
第二节	农作物生育状况观测	(110)
第三节	农田土壤湿度观测	(123)
第七章	农业气象试验	(130)
第一节	农业气象试验的目的要求和一般方法	(130)
第二节	田间试验设计	(132)
第三节	试验田的小气候观测	(138)
第四节	田间试验资料整理分析和总结内容	(143)
第八章	农业气象情报和预报	(147)
第一节	农业气象服务的任务及形式	(147)
第二节	农业气象情报	(147)
第三节	农业气象预报	(152)
第九章	农业气候	(169)
第一节	农业与气候	(169)
第二节	农业气候分析	(170)
第三节	农业气候指标	(174)
第四节	光热水资源的农业气候分析	(176)
第五节	农业气候区划	(185)

第一章 植物生理知识

植物生理是研究植物生活现象和生活规律的科学。植物的生活现象主要的有光合作用、呼吸作用、对物质的吸收、运输和转化、生长发育及植物的抗性等。这些现象都有一定的规律，了解和掌握了这些规律，才能利用各种方法来满足植物生长和发育的需要，以获得农作物的高产丰收。因此，这门科学对我们农业气象工作者是很重要的，必须学习好。

第一节 植物细胞生理

一、植物细胞的概念

植物体是由一个或许多不同类型的充满了粘液的小腔所组成，这些组成植物体的小腔称为细胞，它是构成植物体的基本单位。

植物细胞的形状多种多样。常见的有球形、卵形、椭圆形。在细胞排列较为紧密的情况下，由于相互挤压，常出现多角形。其他还有长柱形、长方形、扁形、纺锤形、星形、分枝形等。

细胞的大小相差很大。大多数细胞的直径平均在0.01—0.1毫米之间，但是，有的长达几百毫米，如苎麻的纤维细胞长达200毫米，有的小到几个微米，如单细胞的菌类约有0.005—0.01毫米长。

二、植物细胞的基本构造

一个典型的植物细胞是由细胞壁和原生质体组成。原生质体包括有细胞质(原生质)细胞核、质体、液泡和细胞内含物等，见图1—1。其中细胞质、细胞核和质体主要是由有生命的蛋白质构成的，它们是细胞有生命的一部分；细胞壁、液泡和细胞内含物是细胞生命活动的产物，是细胞没有生命的一部分。

(一) 细胞质

细胞质是细胞中位于细胞膜之内，细胞核之外的那部分原生质，它是一种无色、半透明、有弹性的胶体物质。细胞质的化学成分极为复杂，它含有蛋白质、脂肪、脂类化合物、碳水化合物等。其中最主要的是蛋白质，它是生命的基础。

在幼小的细胞里，细胞质充满在细胞壁和细胞核之间。随着细胞的生长，细胞质中出现了液泡，细胞质就被挤向四周而紧贴着细胞壁。成熟细胞的细胞质由三层构成，细胞质的外表面，质地较为致密，好象一层薄膜，叫做细胞质膜，简称质膜。细胞质和液泡接触的表面也形成性质相似的膜，叫做液泡膜。质膜和液泡膜中间的部分叫做中质。细胞质膜和液泡膜对不同物质的透过具有选择性，能控制物质的交换，在细胞的生命中起着重要作用。

生活的细胞质经常处于不断的运动状态中，它的运动不仅在细胞内进行，而且细胞与细胞间也有细胞质的相互流动。细胞质这种运动，促进了营养物质的运输、气体交换、细胞的生长和创伤的恢复等。

细胞质的运动受日光、温度、化学及机械刺激等外界条件的影响而发生改变，如低温时其运动极其缓慢，随着温度增高而加速，但温度升高到一定限度（50—60℃）时，则运动停止，这时细胞质便凝固而死亡。

（二）细胞核

细胞核通常呈球形或椭圆形，悬浮在细胞质中。在幼小的细胞里，位于细胞的中央。在具有大液泡的细胞里位于细胞壁附近。细胞内通常只有一个核，但有的细胞（如有些真菌和藻类）会有两个或多个细胞核。

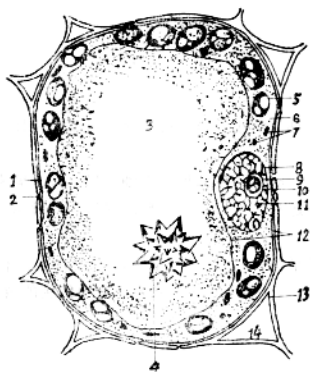


图 1—1 植物细胞模式图

1. 细胞壁 2. 纹孔 3. 液泡 4. 晶体
5. 叶绿体及淀粉粒 6. 细胞质 7. 线粒体
8. 核膜 9. 核仁 10. 染色质 11. 核液
12. 细胞质膜和液泡膜 13, 14. 细胞间质

代谢起很重要的作用。据试验证明无核的细胞质不能生存，不能形成新的细胞壁。但是，细胞核也不能脱离细胞质而单独生存，所以细胞核和细胞质是生活细胞中不可分离的有机组成部分。

（三）质体

质体是绿色植物的细胞中所特有的结构，与细胞的新陈代谢有密切关系。质体主要是拟脂类蛋白质所组成。根据质体所含色素及生理机能的不同，质体又可分为白色体、叶绿体和有色体三种。

1. 白色体 白色体是一种微小无色的质体。通常为球形、纺锤形等，常聚集在细胞核的附近。植物的幼嫩组织、生殖细胞以及各种器官的无色部分都含有白色体。白色体能把从叶子运来的葡萄糖合成淀粉，当其中充满淀粉粒时，白色体便成为淀粉粒，同时

细胞核也是一种胶体物质，但粘性较大，并含有细胞核所特有的核蛋白。细胞核有一定的构造。和细胞质接触的一层膜，叫核膜。核膜内是无色透明的胶体物质，叫核质，它有极强的吸收色素的能力，容易染色，因此也叫染色质。核质中有一个或多个小形球体，叫核仁。

细胞核也能运动，有时当细胞或组织受到创伤的时候，细胞核往往向受伤的方向移动。我国植物学家广泛地观察到细胞核能够穿过细胞壁到相邻的细胞里去，并认为核的穿壁运动是植物有机体的正常现象，它与植物生长发育有着直接的关系。

细胞核在细胞的生命活动中有着重要的意义。它在细胞分裂时，是细胞的主要变化部分，对于细胞正常的新陈代谢

它在日光作用下能转变成叶绿体，行使叶绿体的功能。

2. 叶绿体 叶绿体是植物细胞中最常见的一种绿色质体，分布于叶片、幼茎、果实等绿色部分的细胞里。高等植物的叶绿体呈椭圆形而略扁或呈粒状。叶绿体内主要有叶绿素、胡萝卜素和叶黄素等色素。由于叶绿素含量较多，故叶绿体呈现绿色。秋天叶绿素破坏，叶子便呈现黄色或红色。叶绿体在日光下能进行光合作用，是光合作用的必要条件。

3. 有色体 有色体是黄色或橙黄色的质体，含有胡萝卜素和叶黄素等色素。通常为圆形或不规则的形状，存在于花瓣、成熟的果实及胡萝卜的根中，使器官显出美丽的颜色，能招引昆虫或其它动物，有利于虫媒花的传粉及果实种子的传播。

各种质体是可以互相转变的，但这种转变决定于外界条件和细胞的生理机能。

(四) 线粒体

线粒体是一种比质体小的不含色素的粒状或线状构造。也是细胞内有生命的部分，细胞中的酶主要存在于线粒体中，因此它与细胞的新陈代谢和呼吸作用有密切关系。

(五) 液泡

液泡是细胞质中的空腔，其中充满着细胞质在生命活动中形成的细胞液。幼小的细胞，液泡数目很多，呈点滴状，分布在细胞质中。以后随着细胞的生长和细胞液的增多而增大，并互相接触而合并，所以成熟细胞中只有一个或几个大液泡。

细胞液中主要含有有机酸、糖、单宁、植物碱、无机盐和晶体等。这些物质是使植物具有酸味、甜味、涩味和苦味等的原因。

液泡不仅可以贮藏营养物质，而且由于液泡具有一定的浓度，当外界水分充足时，便吸水使细胞质膨胀、紧张，因而保证了植物对水分的需要，使植物挺立，有利于生命活动的进行。当水分供应困难或植物细胞失水时，液泡便缩小，细胞失去紧张现象，植物就表现萎蔫状态，反映出植物缺水的生理状况。

(六) 细胞内含物

细胞内含物主要是贮藏的营养物质如淀粉粒、脂肪和蛋白质。其他尚有矿质晶体、酶、生长素、维生素等生理上活跃的物质。淀粉粒普遍存在于块根、块茎、种子等部分的细胞里。其形状随着植物的种类不同而异，如豆科植物的淀粉粒呈椭圆形，小麦的淀粉粒是圆形，马铃薯的淀粉粒是卵圆形等。脂肪存在于花生、大豆等种子中，以油滴状悬浮在细胞的细胞质中。细胞内贮藏的蛋白质和构成细胞质的蛋白质很不相同，贮藏的蛋白质是无生命的，通常以糊粉粒状态存在于细胞里。矿质晶体常存在于液泡中，它的形成可以除去细胞中过剩的钙或酸（草酸钙晶体和碳酸钙晶体），以避免它们对植物体的毒害。

(七) 细胞壁

细胞壁紧包围在细胞外层，是具有透性的薄膜。细胞壁主要是由纤维素组成的，它具有弹性，能保护细胞的内部构造。由于它是一层透性的薄膜，因此也不妨碍水分和溶解在水中的物质渗透。当细胞长大到一定程度，由于细胞质产生了新的物质，便加厚了细胞壁的内侧，又由于加厚的物质不同，常发生木质化、栓质化和角质化等。细胞壁的木质化，使植株坚固，能抵抗腐烂，但水分仍能顺利地通过。细胞的角质化发生在器官

表面的细胞，细胞内产生角质，透过外壁覆盖在上面形成一层角质层，角质化使细胞内水分不易蒸发，并可防止微生物的侵入，因而加强了细胞壁的保护作用。细胞壁的栓质化是木栓质渗入到细胞壁形成的。栓质化了的细胞叫木栓。细胞壁栓化后，不透水、不透气，细胞内的生活物质即行死亡，但对于木栓以内的细胞却加强了保护作用。

三、细胞的生命活动和分裂方式

(一) 细胞的生命活动

植物体内生活的细胞，时刻地在进行着各种生命活动。例如物质的吸收，光合作用的进行，纤维素、木栓质等的产生，淀粉、脂肪等的合成以及细胞质的运动等。细胞的各种生命活动，是通过新陈代谢——同化作用和异化作用来实现的。

细胞从周围环境吸收物质，经过一系列的变化，把它们同化为细胞内的组成部分。因此，同化作用是使外部的物质转化为内部的物质，无生命的物质转化为有生命的物质。同时细胞也不断地从周围环境吸收氧气，使细胞内有机质分解为二氧化碳和水，并释放出能，成为同化作用和进行其它生命活动的动力，这个过程叫异化作用。

当同化作用大于异化作用时，由于细胞各部分物质的增多，细胞体积和重量也就增加，这就是细胞的生长。细胞生长到相当程度，就用分裂的方式进行繁殖。

细胞需要经常跟外界环境交换物质，进行新陈代谢作用。通过新陈代谢作用，细胞表现了生长、繁殖、运动、感应等现象。细胞一旦与周围环境隔离，新陈代谢即行停止，细胞也就死亡。

(二) 细胞分裂的方式

细胞分裂方式主要有以下几种：

1. 无丝分裂 无丝分裂也叫直接分裂。分裂时细胞核和整个细胞伸长，结果核断裂为二部分，以后在二个新核之间产生细胞壁。很多单细胞植物是无丝分裂方式进行繁殖，在高等植物中无丝分裂也很普遍，尤其是在植物迅速生长的部分，多进行无丝分裂。

2. 有丝分裂 有丝分裂也叫间接分裂。是植物细胞最普遍而且较为复杂的一种分裂方式。在分裂过程中，细胞核需经过复杂的变化，先后出现粒状、线状的物体，最后形成棒状的能够染色的物体——染色体。以后染色体纵裂为两组，分别移向细胞两极，重新形成两个核，最后形成新壁将二核隔开，细胞质也分裂为两半，这样一个母细胞便分为两个子细胞。

以上是营养细胞进行分裂的两种方式。

3. 减数分裂 减数分裂是在形成性细胞之前的一种特殊形式的有丝分裂。减数分裂和有丝分裂基本相同，所不同的是减数分裂是连续进行两次有丝分裂，形成四个子细胞，同时由于第一次分裂时染色体不纵裂，所以子细胞中染色体数目比母细胞染色体数目减少一半。减数分裂产生的细胞，将来发育成卵细胞或精子，经过受精作用后形成合子，发展为新个体，见图1—2。在减数分裂过程中，分配到新细胞中的染色体减半，可使合子中的染色体数目与母细胞相同，因而保证了细胞体积相对的稳定性，否则细胞将无限增大，植物的生存和发展将成为不可能。

四、细胞的渗透现象

当植物细胞内形成液泡以后，它的吸水就主要依靠渗透作用。植物细胞是一个渗透

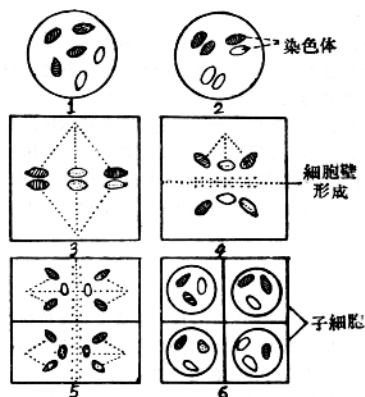


图 1—2 细胞减数分裂示意图

1—2 细胞核及其中的染色体，1—4 第一次有丝分裂，其中3—4可见染色体数目减半的过程，5—6 第二次有丝分裂

系统，植物细胞的细胞壁是渗透性膜，能让水分及溶质通过，细胞质则相当于半渗透性膜，能让水分和某些溶质通过。细胞质的液泡内有含有各种溶质的细胞液。如果将这样的细胞放入水中，则细胞液便表现出一定的渗透压，外界的水分便很容易通过细胞壁及细胞质进入液泡中，因而就产生渗透现象。

(一) 膨压和质壁分离

细胞液溶有各种物质，它的浓度通常大于周围环境溶液的浓度，水分渗入细胞的速度就超过渗出细胞的速度，液泡的体积因而增大，使细胞质紧贴细胞壁，这时对细胞产生一种压力，称为膨压；有弹性的细胞壁能向内产生一种反压力，称为壁压。膨压和壁压相等时，细胞

则呈现紧张状态，在这种情况下各种生命活动能正常地进行。

如果细胞处于高浓度的溶液中时，液泡中的水分便从细胞中向外渗透，结果使液泡缩小，细胞质也跟着缩小。由于细胞壁的伸缩性有限，而细胞质的伸缩性则较大，所以细胞质便慢慢脱离细胞壁，起初是细胞角部的细胞质和细胞壁分离，以后，其他部分也逐渐脱离细胞壁，最后细胞质完全脱离开细胞壁，甚至收缩成球状小团。这种细胞质与细胞壁分离的现象，叫做质壁分离，见图 1—3。在生产上，土壤中施肥过多，或干旱时土壤溶液浓度增大时，作物不仅不能吸水，反因失水过多而死亡，又如盐碱土壤未经改良是不适宜栽培一般作物，也是这个道理。

如果把质壁分离的细胞再放入清水中，水分就进入细胞，液泡增大，细胞质慢慢恢复原来的状态，重新与细胞壁接触，这种现象叫质壁分离复原。

质壁分离现象不仅说明了细胞质具有半渗透性膜的性质，而且可以证明细胞是活的。

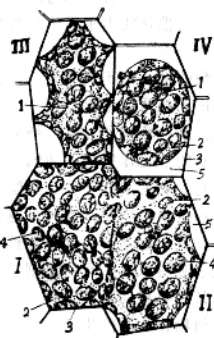


图 1—3 细胞质壁分离的不同阶段

I. 呈紧张状态的细胞 II. III. 质壁分离的顺序阶段
1. 细胞核 2. 原生质 3. 细胞壁 4. 叶绿体 5. 产生质壁分离的液体

因为只有活细胞的细胞质才具有半透性膜的性质。如果细胞死亡，细胞质结构便破坏，成为透性膜，这时便没有质壁分离现象。其次，根据质壁分离现象可测定细胞渗透压的大小和细胞质的粘度，从而了解植物的抗寒性和抗旱性。

（二）细胞吸水压

细胞的吸水除细胞渗透压必大于环境溶液的渗透压外，并且与壁压有关。因为细胞渗透压能使水分进入细胞，而壁压阻止水分进入细胞，所以细胞吸水压等于渗透压与壁压之差。如以S代表细胞吸水压，P代表细胞渗透压，T代表壁压，则 $S=P-T$ 。

当细胞发生质壁分离时，细胞将处于松弛状态，即 $T=0$ ，这时细胞吸水压最大，等于全部渗透压。当细胞完全被水饱和时，细胞处于紧张状态，此时渗透压与壁压相平衡（即 $P=T$ ）而细胞吸水压等于零。由于植物在蒸腾过程中要失去很多水分，根细胞不致被水所饱和，它的渗透压一般大于壁压，因此产生了吸水压。当根的吸水压大于土壤溶液的渗透压时，根便从土壤中吸收水分。

五、植物细胞内的酶

植物体内所进行的新陈代谢过程是极其复杂的生物化学反应。这些反应在植物体外还不易发生，但在植物体内却很容易进行。例如，糖的分解需要高温，但植物体内的糖，在常温下就很容易分解，这是因为植物体内有各种酶在起作用。

植物体内每一个活细胞内都含有酶。酶是活细胞新陈代谢的产物，是蛋白质或蛋白质的化合物。它是一种特殊的催化剂，能促进植物体内物质的分解、合成和同化作用，使新陈代谢过程正常地进行。如呼吸作用和光合作用以及蛋白质、脂肪、碳水化合物等的合成和分解过程，都有酶的参加。

酶的催化能力很强，只要少量的酶就能促进大量物质的转化。例如，一份淀粉酶可以转化一至二千份淀粉，一克转化酶就可以使一千公斤的蔗糖转化。

酶的催化作用具有专一性，即一种酶一般只能对一种物质起作用。例如，淀粉酶只能促进淀粉水解为麦芽糖，而不能水解脂肪和蛋白质。但有些酶可以对两种以上物质起作用，如蔗糖酶能促进蔗糖分解，也能将棉子糖分解。

酶的催化作用是可逆的，既能促进物质的分解，也能促进物质的合成。如脂肪酶在种子萌发的初期，能催化脂肪分解为甘油和脂肪酸；而在种子成熟时，又能促进脂肪酸和甘油合成为脂肪。这种可逆作用，是由酶在细胞中的状态而决定的，如果酶处于溶解状态，就引起水解，如果酶被吸附在细胞质上，就引起合成。在同一细胞中，有些酶可能处于吸附状态，有些酶则呈束缚状态，因此在同一时间内，细胞内既有物质的分解过程，又有物质的合成过程。

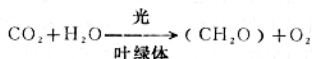
植物在不同的生活时期，体内酶作用的方向大小不同。例如种子萌发时，酶的水解方向占优势，而种子成熟时，则合成方向占优势。此外，酶的活动方向和活动能力还受外界环境条件的影响。其中温度对酶的活动影响较大，酶在一定温度条件下开始活动，随着温度的升高，酶的活动加强，到达某一温度时，酶的活动最强，如这时温度继续升高，则酶的活动便减弱，当升高到某一温度时，酶便开始遭到破坏，而停止活动。酶活动的最适温度为 $40-50^{\circ}\text{C}$ ，有些甚至可达到 60°C 。而活细胞生活的最适温度，往往不超

过25—35℃，温度如果达到40—50℃，活细胞将死亡。酶能忍受高温，酶活动的最高温度一般在80—90℃。

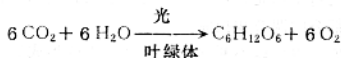
第二节 植物的光合作用

一、光合作用的概念及其重要意义

光合作用是绿色植物在阳光下，利用叶绿体把从周围环境中获得的二氧化碳和水合成碳水化合物的过程。光合作用包括许多中间步骤，其总过程大体可用下列化学方程式来概括地表示：



光合作用需要的原料是 CO_2 和 H_2O 。 CO_2 主要是叶片从空气中吸收的， CO_2 通过叶面的气孔，进入叶肉的胞间隙，溶于水后被细胞吸收；根部从土壤中吸收的碳酸盐，也可作光合作用的原料。光合作用所需要的水，是根部从土壤中吸收，经茎部运至叶肉的。光合作用产生的有机物有淀粉、蛋白质和有机酸等，但其最初产物是糖。因此，有人把光合作用的方程式中以葡萄糖代之。



光合作用使无机物变为有机物，使太阳辐射能转变为化学潜能。日光能是光合作用能量的源泉，在光合作用中，每生成一克分子的葡萄糖，就要从日光中获得674千卡的能量，并贮藏在有机物中。地球上的绿色植物，每年所制造的有机物约四亿吨，在这些有机物中积累有 1.7×10^{18} 千卡的日光能，这些能量是自然界一切生物和人类生活所必需的条件。其次，由于植物在进行光合作用时，能吸收空气中的 CO_2 ，并放出氧气，使空气得到净化，保持了空气中氧气的含量。如果没有绿色植物，地球上的氧气就会很快地被耗尽，一切生物和人类的呼吸都将停止，并且很快死亡。

二、叶绿体及其在光合作用过程中的作用

叶子是植物进行光合作用的主要器官。叶片的构造分表皮、叶肉和叶脉三部分。在叶肉的细胞内含有大量的叶绿体。

叶绿体是具有蛋白质成分的两个部分即基粒和间质所组成。叶绿素和其它色素均存在于基粒中，它们是以吸附或化合的方式与蛋白质的基粒相结合，而基粒则又分散在间质中。一般叶绿体中约有40—60个基粒。叶绿体中含有75%的水，主要的干物质有蛋白质、拟脂、色素与无机盐，以及维生素和核酸。此外，叶绿体中还含有30多种酶类，因此，叶绿体是植物细胞中生物化学活动的中心。

叶绿体的绿色以及叶绿体进行光合作用的能力决定于叶绿素的存在。叶绿素是很复杂的有机物，由碳、氢、氧、氮、镁五种元素组成，不溶于水，只溶于有机溶剂如酒精、乙醚、丙酮等。从植物体的绿色部分用酒精提取色素时，通常包含有叶绿素A、叶

绿素B、胡萝卜素和叶黄素等四种色素。如果在这种溶液中加入汽油，经振荡后不久即可分出两层，下面酒精层呈黄色，上面溶有叶绿素A、叶绿素B及胡萝卜素。当我们应用另外的色层分离时，就可以把以上四种色素完全分开。

叶绿素具有吸收光的能力，但不是吸收全部的光线，而是有选择性的吸收。吸收最多的是红光，其次是蓝紫光，叶绿素几乎不吸收绿光。把叶绿素的提取液放在光源和分光镜中间，可以看到光谱上红光和蓝紫光处，出现较显著的黑线或黑带，说明红光和蓝紫光被吸收的较多。

叶绿素在光合作用过程中究竟起了什么作用呢？一般认为，叶绿素是光的感受者，即是起到把能量搬运到被作用物质的搬运者，同时在这个过程中参加化学反应。直到五十年代中叶，人们终于将叶绿体较完整地叶子中分离出来，让它在试管中进行光合作用。开始，测得的活力是相当小的，只有叶子中原来光合作用能力的百分之几。近几年来，人们不断改进分离叶绿体的技术，使试管中的叶绿体，短时期内活力已可与在原来叶子中的光合活力相仿了。这说明光合作用过程的确可能全都在叶绿体上进行的了。

不过，这并不是说细胞的其他部分和光合作用没有关系。我们知道，叶绿体周围只包着很薄的外膜，它与细胞中的其他部分有着紧密的联系和频繁的物质交换。许多外界条件的变化和植物生理状态的更迭，常常是通过细胞的其他部分的传递再影响到叶绿体的。所以，叶绿体虽然能进行全部光合作用，但是，它的速度和产物转变方向等无疑在很大程度上受着细胞其他部分的调节和控制。

叶绿素可以不断地形成，也可以不断地分解，叶绿素的形成的条件有下列几个方面：

(一) 光

在黑暗中生长的植物幼苗为黄白色，叫黄化植物。只要把黄化植物放在光线下，就能变成绿色，说明光是叶绿素形成的必要条件。

(二) 白色体

植物体内如果没有白色体，即使有光也不能形成叶绿素。

(三) 矿质元素

植物在缺乏氮、镁、铁时，便发生缺绿病。说明这几种元素是形成叶绿素不可缺少的物质。氮、镁是组成叶绿素的元素，铁是特殊的接触剂。

(四) 温度

叶绿素必须在适宜的温度条件下才能形成。早春时由于温度较低，常可见到植物的幼芽虽然展开，但不显绿色。秋季时，由于气温逐渐降低，当叶绿素形成的速度小于破坏的速度时，叶黄素和胡萝卜素的颜色便显示出来，所以叶子由绿变黄。一般叶绿素形成的最低温度为 $2-4^{\circ}$ ，最适温度为 30° ，最高温度为 40° 。

三、光合作用过程和产物

光合作用的过程是极其复杂的，直到现在为止，人们还未能很清楚地了解。根据研究，光合作用是二氧化碳和水相互间一系列的氧化、还原过程。叶绿素把日光能带给了水，使水分解为氢和氧；氢又被叶绿素带给了二氧化碳，使它经过许多还未明了的中间

产物而还原，形成了碳水化合物。在光合作用中有酶参加。二氧化碳被还原的过程，可以在黑暗中进行，不需要光，所以，不是整个光合作用过程都需要光。产生的氧，则扩散到细胞的间隙中，经气孔而排出体外。

氧的产生，过去一直认为是二氧化碳的分子分解后产生的，直到利用同位素所作的实验，才证明了氧的产生并不是来自二氧化碳，而是水的分子分解后所产生的。

事实上光合作用可分为两个步骤：一个是必须在光照下才能进行，叫做光反应；另一个是不需光照也能进行，叫暗反应。根据闪光试验，每秒闪光50次，较之连续光照的光合作用效率提高约四倍。目前已确知水的分解是光化反应，必须有光才能进行，二氧化碳的固定是暗反应，没有光线的参加也能进行。

根据研究证明光合作用的产物除了碳水化合物以外，还有蛋白质和脂肪等。叶中形成的蛋白质和碳水化合物的产量之间的比例随植物种类、发育阶段以及外界条件的不同而发生变化。所以同一植物由于各个时期环境条件不同，所形成的有机物种类和质量也不相同。

四、外界条件对光合作用的影响

影响光合作用的外界条件主要是光、二氧化碳、温度和水分等。

(一) 光

光是光合作用的能量来源，其主要作用是：在有光的条件下，叶绿素才能形成；光谱的成分不同对光合作用强度的影响不同，这种影响与叶绿素吸收光谱是一致的；光照强度，影响光合作用的速度；一天中日照时数多少，影响光合作用的时间和有机物的积累。

因此，同一植物在不同的地区、不同的季节、不同的天气、不同的植株密度下，由于光照条件的不同，光合作用所积累的有机物亦不相同。

(二) 二氧化碳

二氧化碳是光合作用的原料，二氧化碳含量的变化，必然会影响到光合作用。大气中二氧化碳的含量约为0.03%。实验证明，这样的含量对一般植物来说并不是最适宜的，如果适当增加二氧化碳的含量，就能大大的提高光合作用的速率，积累更多的有机物质。但是，二氧化碳含量过高时，由于细胞液的酸度增加，使细胞中毒和引起气孔关闭，反而会阻碍了光合作用的正常进行。

(三) 温度

温度对于光合作用的强度起着显著的作用。当植物处在低温环境中，细胞的活动力很低，有机物形成的数量很少。一般植物光合作用的最低温度为2—5℃，最适温度为25℃左右，如果温度继续增高时，细胞和叶绿体的活动能力就逐渐降低，当达到45℃以上时，光合作用完全停止。但是对于不同植物光合作用所需的温度是不同的。例如某些针叶树，在-15℃的温度下仍能进行光合作用。

(四) 水分

水分是光合作用的原料，在水分缺乏的情况下，不仅是光合作用的原料不足，同时还阻碍了植物体内的多种生理活动，这时植物可能发生萎蔫，并使气孔关闭，因而影响

了二氧化碳的吸收，对光合作用非常不利。反之植物处于久雨的情况下，叶子完全为水所饱和时，由于表皮细胞体积膨大，压挤了保卫细胞，而使气孔关闭，阻碍光合作用的进行。因此光合作用最好的水分条件是叶内水分饱和或稍微缺水的时候。当叶片含水量较完全饱和时少10—12%便发生萎蔫，光合作用也随之降低，如缺水到20%时，就严重地影响了光合作用的进行。

植物的光合作用所需要的各种条件是不能相互代替的，缺少任何一个条件光合作用都不能进行。同时任何一个条件都不是单独的发生作用的，它是受各种因素的综合影响。任何一个因素减弱时，也常减弱其它因素的作用。但某一因素减弱时，可因其它因素的增加而得到补偿。如森林下面二氧化碳含量较高（常达0.08%），这样就可以在某种程度上补偿了森林下面植物所获得光照的不足。

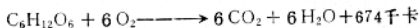
在光合作用过程中，由于外界因素的变化，内部条件也要发生一定变化。例如高温和强光照持续时间长，使蒸腾加强，叶肉细胞的含水量降低，因而引起气孔的关闭，二氧化碳的进入受阻等。这些内部因素的变化都将影响光合作用的顺利进行。

由于外界条件和内部因素的综合结果，对光合作用的复杂影响，决定了一天中植物进行光合作用的变化。在晴朗的天气里，光合作用是比较有规律的。当水分充足、气候温和的时候，植物一般是从日出开始，光合作用逐渐旺盛，到了中午，温度和光照都很适宜，这时光合作用达到最高峰，然后又随着光照减弱而逐渐降低。但在炎热的夏天，光合作用在上午就达到最高峰（9—10时），中午则减弱、午后3—4时又因光、温条件适宜，光合作用再度增强，出现第二个高峰。如果在多云的时候，则光合强度随着达到地面的光照强度的变化而变化。

第三节 植物的呼吸作用

一、呼吸作用的概念及其生理意义

植物的每个活细胞、每时每刻都从周围环境中吸收氧气，在酶的作用下，把体内的有机物氧化分解为二氧化碳和水，同时释放出能量，这个过程叫做呼吸作用。呼吸作用可用下列方程式表示：



呼吸作用实质上是消耗有机物释放能量的过程。呼吸作用过程消耗的有机物叫做呼吸基质。呼吸基质主要是碳水化合物，特别是葡萄糖，其次是脂肪、有机酸和蛋白质。蛋白质在普通情况下不直接被利用，只有在细胞内缺乏碳水化合物和脂肪的时候，才能被利用。各种不同的呼吸基质，在氧化分解时所产生的能量是不同的。例如一克葡萄糖可产生3.74千卡的能量，一克脂肪约产生9.3千卡能量，一克蛋白质约产生5.7千卡能量。

呼吸作用中氧化分解有机物和释放能量都是逐步进行的，经过一系列复杂的反应，在每一个反应过程中都释放出一小部分能量，这样植物便能更好地利用这些能量。呼吸过程中释放的能量，一部分用于生理活动，一部分没有被利用的能量，便以热能的状态释放出来。

植物的呼吸强度是指植物的单位面积或重量（干重或鲜重）在单位时间内呼吸作用的大小。呼吸作用的大小可以用植物所减轻的干重、呼吸的氧气、放出的二氧化碳或所放出的能量来表示。植物呼吸作用的大小是随着植物不同器官、不同的年龄而不相同，一般说来，生活能力越强的部分呼吸作用就越旺盛。

呼吸作用是生命活动的基础，是植物体新陈代谢过程的一个重要部分。它是和生命紧密相关的一种过程，一切生命活动，例如有机物的合成，物质的吸收、运输和植物的生长、运动及繁殖等都需要能量，这些能量的来源就是由呼吸作用而产生。呼吸作用不仅供给植物生命活动所需的能量，而且在呼吸过程中所产生的中间产物，能够转化并合成成为重要的有机化合物，如碳水化合物、脂肪、蛋白质等，成为形成和更新细胞所不可缺少的材料。此外，呼吸作用还起自卫作用，依靠呼吸的氧化过程消除微生物所分泌的毒素对植物的毒害。

呼吸作用是新陈代谢异化作用过程的一面，而碳素的同化作用则是新陈代谢同化作用过程的另一面。同化作用和异化作用这两个过程在植物体内不断地进行着，而且彼此有着密切的联系。由同化作用所产生的物质不断的发生异化，其所释放的能量又被用来进行同化作用和其它的生命活动过程。因此，光合作用和呼吸作用是矛盾统一的过程。

二、外界条件对呼吸作用的影响

植物的呼吸强度受外界环境和内在因素的影响而发生变化。

（一）温度

温度对呼吸作用影响很大，在一定限度内，随着温度升高，呼吸强度便增高，超过一定的温度后，如果温度再升高时，则呼吸强度明显下降。原因是温度影响细胞质及酶的活动，因而也影响呼吸作用。由于呼吸作用是维持植物生命的最基本的生理过程，其它生理活动都是在呼吸作用的基础上才能进行，所以呼吸作用的温度范围较其他生理活动为大。

呼吸作用的最低温度一般约在 0°C 左右。有些植物 -10°C 以下，针叶树的叶和越冬的芽甚至在 -25°C 时仍能继续呼吸。但是在夏季即使在 -4°C 时呼吸也要停止。呼吸作用的适宜温度为 $35-45^{\circ}\text{C}$ ，最高温度约在 $45-55^{\circ}\text{C}$ 之间，超过这个温度时，细胞质受到破坏，生命不存在，呼吸也就停止了。亦有一些低等植物呼吸的最高温度可达 $60-70^{\circ}\text{C}$ ，但这种情况是很少见的。

呼吸作用的适宜温度，只是说明植物的呼吸强度这时达到最高点，对于植物生活并不一定有利。因为光合作用的适宜温度较呼吸作用的适宜温度要低，最适于呼吸作用的温度对于光合作用不是最有利的，因此，这时消耗的有机物往往超过光合作用制造的有机物，使有机物得不到积累，由于不必要的消耗而影响植物的生长和产量。

（二）水分

植物细胞的细胞质只有被水分充分饱和时，各种生命活动才能正常进行，所以植物细胞的含水量对呼吸作用也有很大的影响。在一定范围内，随着含水量的增加，呼吸作用加强。例如，风干的种子的含水量约在 $11-12\%$ ，这时呼吸作用极微弱，当含水量超过 15% 时，呼吸作用骤然增强，这时因为种子在 15% 左右的含水量的水为束缚水，超过