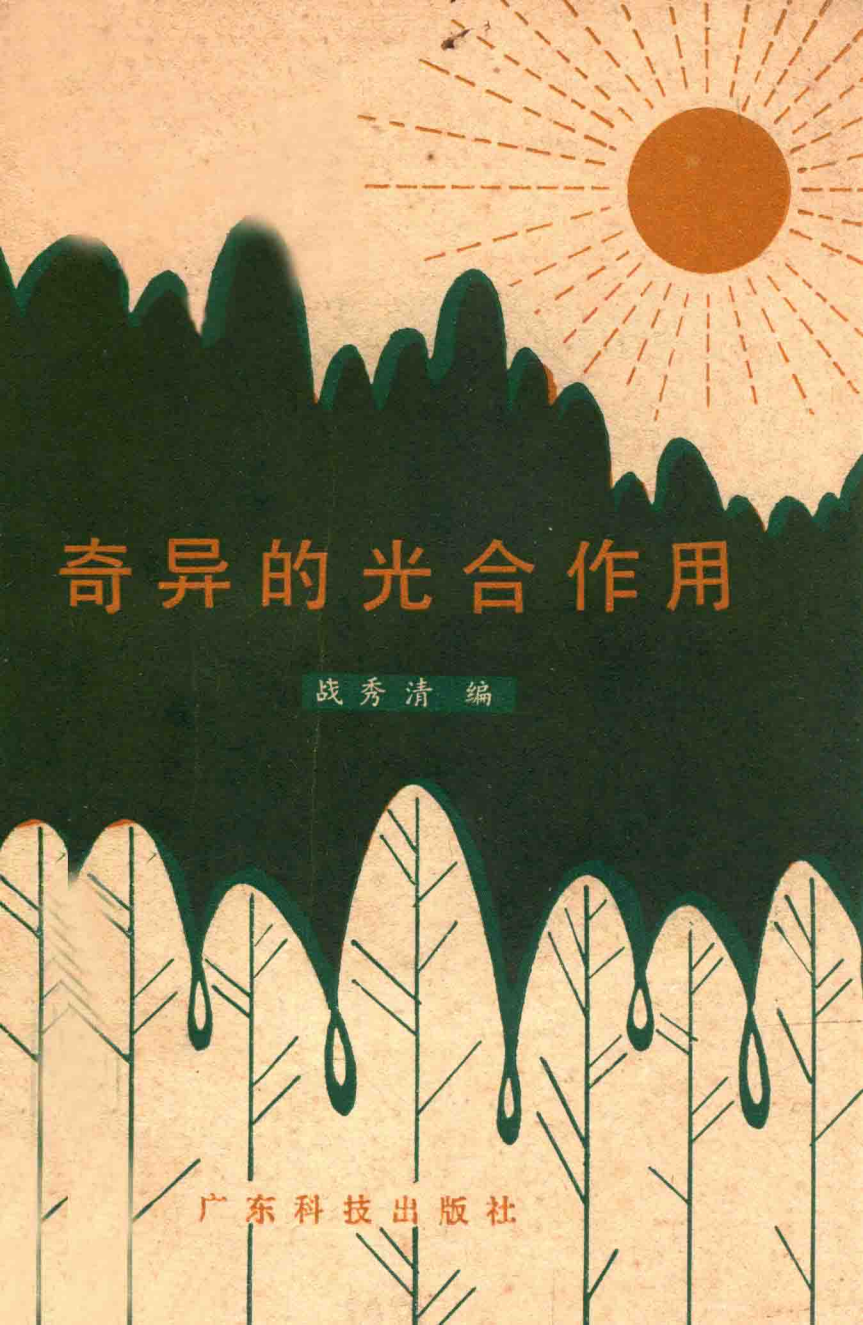




奇异的光合作用

战秀清 编

广东科技出版社

科学知识普及丛书

奇异的光合作用

战秀清 编

广东科技出版社

奇异的光合作用

战秀清 编

*

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

肇庆新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 2.75印张 43,000字

1980年8月第1版 1980年8月第1次印刷

印数 1—1,000册

书号 13182·25 定价 0.27 元

内 容 简 介

本书根据近代光合作用的研究成果，对植物光合作用的基本过程及基本原理进行了较为通俗的阐述。主要内容包
括：光合作用对人类生活的重大意义，光合作用的能量转换
及物质转化过程，光合作用研究与发展农业生产的关系以及
光合作用研究的展望。

本书可供农业技术人员、中学生物教师、知识青年阅
读，也可供农校师生和从事生物科学的工作人员参考。

本书插图：凌伟异 陆洵扬

目 录

生物圈的形成与光合作用.....	1
自然界中特殊的生命现象——光合作用.....	4
光合作用——物质文明的创造者.....	7
一个巨型的能量转换站.....	8
绿色植物——自动的空气“净化器”.....	11
光合作用的发现和认识.....	16
植物叶子的奥妙作用.....	21
叶绿体——光合作用的特殊细胞器.....	26
光合膜——光合作用活跃中心.....	30
叶绿体的膜结构与膜功能.....	32
研究生物膜的新技术——冰冻蚀刻.....	35
膜结构学说.....	36
叶绿素——光接收天线.....	38
光合作用的序幕——原初反应.....	42
光能转为化学能的起点——水的光解.....	45
光能的激发与转换.....	48

两种光化学反应途径	52
光能形成高能化合物的过程——光合磷酸化	55
碳在植物体内的循环	59
新的循环——四碳植物途径	63
叶绿素的更迭	65
光合作用的效率——量子需要量	69
光合作用产物	73
关于光呼吸的研究	77
光合作用研究将给人类带来什么？	80

生物圈的形成与光合作用

地球以其巨大的尺度与人类相比，确是一个庞然大物！人类生活在一个多么广阔的天地里啊！如果我们对这个广阔而又绚丽的天地作一番巡视的话，就会发现，地球原来是被一层有机体所覆盖着的。地球化学家们称这一层为“生物圈”。



图1 环抱地球的绿色大“工厂”

地球是目前我们所确切知道的、唯一能形成“生物圈”的行星。为什么只有地球才能形成“生物圈”呢？这是因为地球距太阳既不太远又不太近，由此出现了地球既不太冷又不太热的情况，而且大部分地区昼夜交替的周期不长不短，使得地球表面的温度变化不大不小。正是在这样适当的条件下，地球上的水才可能出现“三态”（即固态、液态、气态）并存的状况，有利于地球上生命的产生和生物圈的形成。

原始的地球是一个没有生命的世界。那时候，地

球表面只有频繁的火山喷发和地震，并没有什么花草树木，而且天上没有飞禽，地上没有走兽，水中没有鱼虾。但是，地球上早就存在碳氢化合物，正是这些东西以后和其它化学元素（如氮、氧等）一起，在一定条件下，经过漫长的岁月，终于演变成能够生长和繁殖的原始生物。到了元古代的后期，海里已经繁殖了大量的低等藻类。古生代初期（寒武纪），在海水里出现了几千种生物，使荒凉的地球响起了生物大发展的第一声春雷。到了古生代的中期（泥盆纪），陆地上第一次出现了植物，从此地球披上了绿色的新装。随着生物的繁殖扩展，不仅占领了海洋，还扩展到陆地和低层大气的每一角落，形成了地球上的“生物圈”。“生物圈”的出现，标志地球的发展进入了一个新的更加高级的阶段，从此地球百花争艳，万象更新。

地球“生物圈”中的全部生命所依赖的能源是什么呢？是太阳。而太阳辐射的能量，则是依靠具有叶绿素的生物所进行的光合作用，才有可能进入生物循环，使“生物圈”中的生命一代一代地延续下去。

地球上具有叶绿素的生物（亦即植物）拥有庞大的族系，分布的范围很广，几乎遍及大地上的每一角落。除了被冰层覆盖的南极洲和非洲、亚洲、澳大利亚的沙漠，植物比较稀少之外，植物在地球表面大多数地方都顽强的生长着，即使在白雪皑皑的珠穆朗玛峰

和天山上，也有雪莲在凛冽的风雪中傲然开放。在浩瀚的海洋中，不但上部水层繁殖着大量植物——无数自由浮游的小藻类，深海里也生活着各种植物。据估计，在地球上已发现的植物大约有三十万种以上，构成了一个庞大的群体。这个种类繁多的植物界，可以说是一个环抱地球的大“工厂”。这个“工厂”以阳光、二氧化碳、水为原料，通过光合作用，“制造”出氧气和碳水化合物——有机物。从一定意义上来说，地球上所有的生命，就是靠绿色植物，也就是靠这个环抱着地球的绿色大“工厂”所固定的有限量的太阳能来维持的。而这个能量中越来越大的一部分，正在转用来直接维持一个特殊的生活物种——人类。

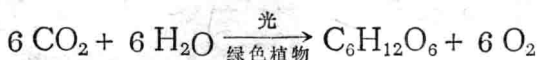


图2 雪莲

由此可见，在“生物圈”的形成和生物循环的过程中，光合作用这种特殊的生命现象，起着极其重要的作用。

自然界中特殊的生命现象 ——光合作用

光合作用这种自然界中极其重要而又特殊的生命现象是怎样形成的呢？原来绿色植物这座环抱地球的大“工厂”，利用阳光、空气中的二氧化碳和水做原料，在叶绿素的参加下，需要经过一整套的物理、化学反应“工序”，才能将二氧化碳和水加工合成碳水化合物等有机物。可以用一个简单的化学反应式将光合作用总的过程概括如下：



这个反应过程确是一个十分了不起的奇迹。目前，光合作用不仅是人类取得生活资料的唯一来源，而且与地球上能够出现今天这种万物繁生、欣欣向荣的景象有密切的关系。

光合作用与地球上的生命活动为什么有这么密切而又重要的关系呢？首先我们知道，氧气是一切动、植物和人类生存不能缺少的东西。但是，在几十亿年

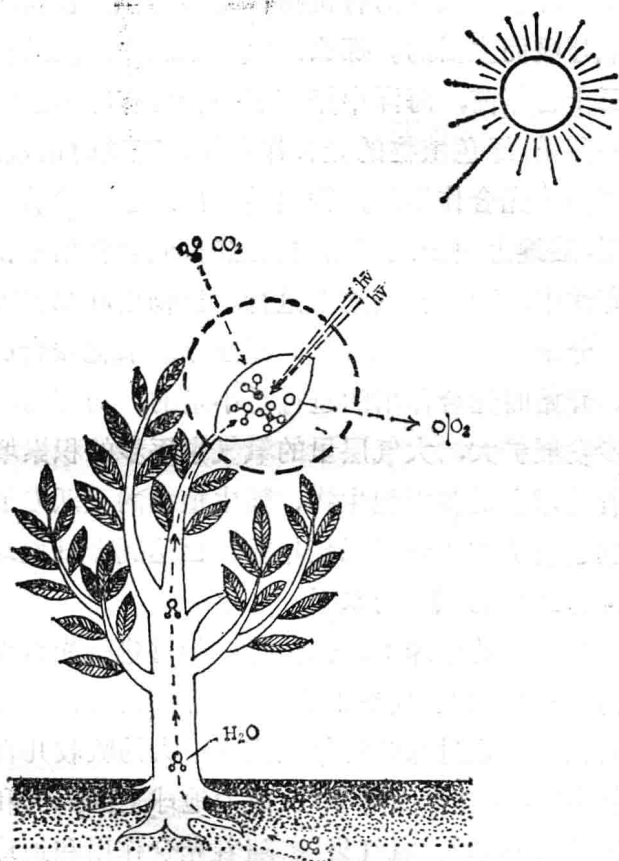


图3 光合作用示意图

前，原始地球上的大气层中，虽然已经有了氮气、氢气、水蒸气和二氧化碳等，但是却唯独没有氧气。原始的有机物的“生产”是靠紫外线作为能源来合成的。在原始地球这种不利的条件下，原始生物的生长、繁

殖是靠环境中仅有的有机物和无机物作为食物，进行无氧呼吸而生活的。那么，氧气是怎样产生的呢？大约三十亿年前，海洋中繁殖了一种含有叶绿素的植物——蓝藻，绿色植物的光合作用就是在这时出现的，而氧气作为光合作用的产物也随着出现了。随着生物的繁延，陆地上也出现了植物。这时，光合作用不仅存在于海洋中，而且在陆地上进行。植物用叶绿素吸收阳光，分解水而放出氧气，同时还原二氧化碳合成有机物。开始时光合作用的进行是小量的、局部的，以后逐步发展扩大，大气层里的氧气也逐步的积累增多。随着地球上的多细胞生物、陆生植物的飞跃发展，氧气也迅速增加，到了三亿年前，已达到今日地球大气中含有21%的氧气的水平。

在今天的地球上，据估计，能够进行光合作用的植物占80%以上。地球上那一望无际的林海、草原和茂盛的庄稼，通过绿叶每年从空气中大约吸收几百亿吨二氧化碳，又吐出大量氧气，成为地球上的人类和一切生物用之不尽的“氧气袋”。随着光合作用和地球大气中氧气的出现，大气层中又逐渐形成了臭氧层。臭氧层阻挡了太阳辐射中对生物有杀伤力的紫外线，为需氧生物的发展提供了更为有利的条件。离开了光合作用，高等动物、从哺乳类动物的产生以及人类的起源，都是不可能的。

光合作用——物质文明的创造者

光合作用不仅为人类和一切生物提供了赖以生存的氧气，而且通过它所制造的有机物和所积累的能量，为人类的生存提供了生活资料。人类的衣食住行，没有一样能够离开光合作用。在农业生产上，植物通过光合作用，吸收了太阳的光能，把二氧化碳和水变成糖类，而这些糖类或由糖类转变的产物（如蛋白质等）就是我们从事农业生产栽培出来的作物产品。我们吃的粮食、蔬菜、水果，是由植物通过光合作用产生出来的；我们吃的肉、乳、蛋等动物性食料也是间接通过光合作用产生的，因为动物都是直接或间接地以植物为食料饲养的。在工业生产上，轻工业的原料也是以植物为主，食品、纺织、造纸、医药等工业生产的原料，均离不开植物。运输业和钢铁工业等，在一定的意义上说也与植物有关，因为今日世界上现有的动力中大部分来自太阳辐射能，而其中99%又是由过去的植物通过光合作用积聚下来的。比如今日工业生产上所用的燃料——煤炭、石油、天然气等，全部都是由古代生物体变成的，也就是古代植物通过光合作用，

利用太阳光的能量生长和积聚下来的。所以，在这个意义上把光合作用称为世界物质文明的创造者，是一点也不过分的。

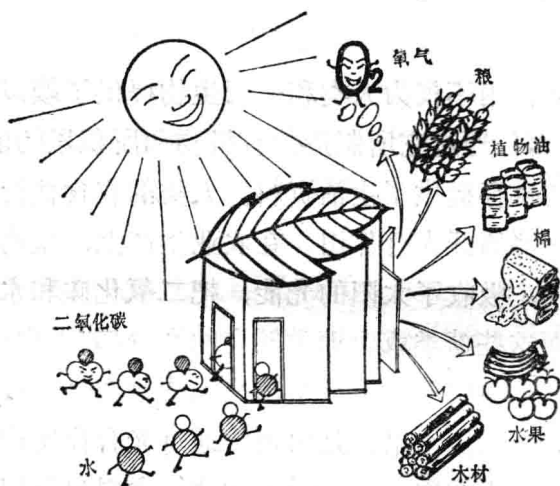


图4 光合作用是物质文明的创造者

一个巨型的能量转换站

我们知道，地球上的一切能源，除了核能和地热外，都是来自太阳能。有机体（包括人体）内的一切形式的能，除了化能细胞的氧化能外，归根结底都是通过绿色植物来自太阳能。

根据科学家们的计算，太阳表面的温度大约是摄氏6000度，它的内部温度可能达到摄氏2000万度。太阳每秒钟向地球发出的能量大约相当于178万千瓦的动力，而这些能量不过是太阳向外界发出的全部光能的二十亿分之一。太阳辐射到地球的光谱范围，为波长250毫微米（不可见的紫外光）到4000毫微米（不可见的红外光）之间。其中，黄色光和绿色光，对光合作用是无效的，而蓝色光和红色光是植物叶绿素吸收最多的光，也是对光合作用最有效的光。植物的绿叶吸收蓝光和红光，而将绿光反射出来，所以叶片呈现绿色。而蓝光和红光被叶片内的叶绿素吸收之后，被转变为电能。这个电能在叶子的内部，又转变为另一种能，叫做化学能。来自太阳的光能被叶子吸收后，在一瞬之间，就由光能转变为化学能，被贮藏在糖、淀粉等有机物中，并在植物体内被输送到各部位，长出果实、纤维、木材……。所以，人们又把光合作用比喻为能量转变站。

那么，地球上的光合作用的规模究竟有多大？这是一个不能精确测定的天文数字，因为地球贮藏的10万亿吨矿物燃料，都是世界自洪荒时代以来由绿色植物的光合作用积蓄起来的。根据现有的材料计算，每年绿色植物（包括陆生植物和水生植物）所同化的碳素为 1.8×10^{11} 吨，那么，光合作用每年所积累的能

量就应为 1.8×10^{18} 千卡。 10^{18} 这个数字就是1的后面挂18个0，也就是100万万亿。这是个多么巨大而惊人的数字啊！它超出目前人类所利用的其他一切能源——原子能和水力发电总和的几倍。

绿色植物不但能把能量贮存于光合产物中，而且它的细胞（特别是藻类）还能在一定条件下，通过光合作用而产生氢，称为光合放氢作用。固氮蓝藻就是通过光下分解水，在放出氧气的同时又放出氢来的，这是由一种叫做固氮酶所催化的光合放氢作用。

氢气在工业上是一种重要的原料，也可以作为一种不污染环境的能源使用。在当前世界上能源日趋紧张的情况下，利用氢这种理想的能源，引起了人们的重视。通过模拟植物的光合作用系统制氢，将是研究光合作用能量转换的另一条新途径。这可能是目前人类能源研究中最引人注目的动向。

俄国植物生理学家季米里亚捷夫曾经说过：“叶绿素是一切生命的发端，是宇宙的焦点。”这句话并不过分。但是，大田作物目前利用光能的效率还很低，只有1~2%。而试验证明，叶绿素的光能转换效率可达30%，比现在美国最高效的太阳能电池的能量转换效率（20%）还高。由此可见，对生物学中光合作用机理的研究，对于人类进一步利用太阳能将会带来革命性的飞跃。光合作用的大规模利用将会发生人们难

以估计的奇迹。所以，有人把这种光合作用的利用看成生物学革命，而现在人类只不过生活在伟大的生物学革命的早期阶段。

绿色植物——自动的空气“净化器”

人类和动物缺氧就会窒息，这是大家都知道的事实。但是，为什么人类和动物年复一年的吸进氧气，呼出二氧化碳；食物的发酵，动植物尸体的腐烂，各种燃料的燃烧，也都不断地放出二氧化碳，消耗大量的氧气，而地球上的空气却始终适合人类和动植物呼吸，不会感到二氧化碳过多或氧气过少呢？原因是广泛分布在世界各地的绿色植物，通过光合作用，不断地吸收空气中的二氧化碳，释放出氧气，保证了氧的循环。

由于光合作用和呼吸作用等的不断进行，才有可能使碳和氧这两个元素在地球上进行着封闭的自然循环。碳是以气态或溶解的方式，通过光合作用转为有机物质，然后通过呼吸作用又回到大气和海洋中的。据计算，地球上的绿色植物每年约同化 1.8×10^{11} 吨碳，这就意味着约有 4.86×10^{11} 吨氧气释放到空气中。由于在大气和海洋中氧的总量比碳大10倍，所以氧循