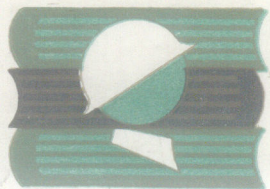


# 少年 百科 丛书

●●● 精选本



## 科学的发现 (五)

——探索光合作用的秘密

王一川 陈开树

shao nian bai ke cong shu jing xuan ben

● 全国第一套以少年为对象的大型丛书。

● 着眼于启发思想，丰富知识，培养能力，引起兴趣。

● 被专家、学者誉为“通向知识海洋的窗口”，“哺育巨人的乳汁”。

● 1978年出版以来，累计印行 5000万册。

● 原教育部曾发出专门文件向全国中小学生推荐。

中国少年儿童出版社



少年百科全书精选本

## 科学的发现(五)

——探索光合作用的秘密

王一川 陈开树

封面设计：李恒辰

插图：张中良

● 中国少年儿童出版社

## 内 容 提 要

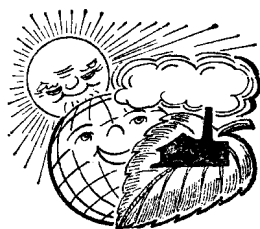
绿色植物通过光合作用制造食物，“哺育”了全人类。



## 目 次

|                     |    |
|---------------------|----|
| 写在前面的话.....         | 1  |
| 奇妙的“工厂”.....        | 3  |
| 一片绿叶好比一个工厂.....     | 3  |
| “工厂”的原料.....        | 8  |
| “工厂”的动力.....        | 10 |
| 神奇的生物催化剂.....       | 14 |
| “工厂”的效率、产品和年产量..... | 15 |
| 先驱者的足迹.....         | 24 |
| 揭开序幕.....           | 24 |
| 空气有好坏吗?.....        | 25 |
| 太阳光的魔力.....         | 27 |
| 找到钥匙.....           | 29 |
| 淀粉现形记.....          | 31 |
| 新的发现.....           | 35 |
| 卡尔文的贡献.....         | 38 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 进一步探索叶绿素的秘密 ..... | 11 |
| “车间”一瞥 .....      | 41 |
| 提取叶绿素 .....       | 44 |
| 勤奋的费雪 .....       | 47 |
| 化学合成大师 .....      | 50 |
| 把“车间”搬出来 .....    | 53 |
| 富有魅力的目标 .....     | 56 |
| 变三碳植物为四碳植物 .....  | 57 |
| 开发能源的新途径 .....    | 60 |
| 绿色“发电厂” .....     | 62 |
| 光合固氮 .....        | 64 |
| 附记 .....          | 67 |



## 写在前面的话



探索光合作用的奥秘，摸清楚绿色植物的叶绿素在日光照射下把水和二氧化碳制成有机物质并放出氧气的详细过程，是当今世界科学研究的重要课题之一。二百多年来，为了一步一歩揭开光合作用的奥秘，已有多少代人贡献了毕生的精力。应该说，光合作用机制的粗略轮廓已经摸清楚了。可是人们越深入这个科研领域，越觉得这里面还有不少奥秘有待人们去探索，越觉得这个领域在改造自然为人类服务方面还大有可为。比如说，如果植物在光合作用中既固定碳，又能固定空气中的氮，那么种庄稼就不需要施氮肥了。蕨类植物中的红萍和蓝绿藻共生光合固氮，这种作用机制能不能应用到别的庄稼上？比如说，人们经过试验知道，如果把空气中的二氧化碳浓度提高到0.1%，那么在别的条件都一样的情况下，作物产量可以翻几番。能不能设法提高植物在光合作用过程中对空气里二氧

化碳的吸收利用效率，从而提高农作物的单位面积产量？再比如说，开发新的能源，是目前世界各国都十分重视的事情。人们认为氢是未来很理想的新能源，科学家已经指望人工模拟光合作用，在常温常压下分解水，从而生产大量廉价的氢，这个工作正在进行中，并已取得了初步的成果……很有魅力的目标鼓舞了人们，无怪乎许多国家都投入相当大的力量去探索光合作用的奥秘。

这本小册子是想通过叙述前人探索光合作用秘密的历史过程，介绍前辈科学家的探索精神和设计科学

试验的思想方法，介绍有关的生物学基础知识，当然也讲到了这个领域目前的成就，以及指出目前人们还没有弄清楚的问题。

在回顾探索光合作用的历程之前，为了叙述上的方便，还得从绿色植物叶片的结构和一般功能说起。



## 奇妙的“工厂”

地球上有家奇妙的“工厂”，那就是“绿色工厂”。

你知道吗？这家“工厂”已有二十亿年的历史。它从开办的那天起，就采用自动化生产，比现代电子计算机控制的工厂还要精密、灵巧；它的原料、动力都很巧妙地取之于大自然，用不着花钱购买；它的体积小小到只有在电子显微镜下才能观察到。但是，它生产的食品却多得惊人，全世界四十六亿人口、上百万种动物都得直接地或者间接地依靠它过日子。

这么奇妙的“工厂”，当然要引起人们的兴趣。长期以来，许多科学家为了叩开“工厂”的大门，洞察其中的秘密，曾呕心沥血，不辞劳苦，一代接一代地对它进行探索。直到现代，“绿色工厂”之谜才逐步被揭开。

一片绿叶好比一个工厂

“绿色工厂”开设在哪里？它就开设在绿色植物的叶片内。

植物叶片的形状各式各样，有蒲扇似的棕叶，巴掌

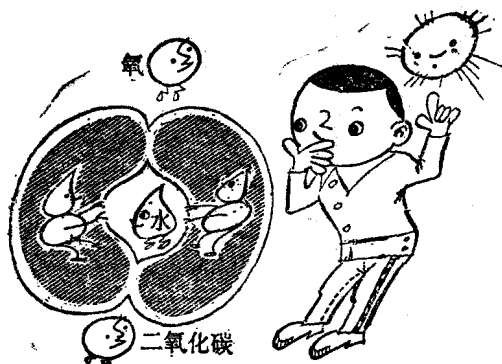


似的梧桐叶，眉毛似的柳叶，缝衣针似的松叶等等。它们都是由许多绿色的细胞组成。在显微镜下面，你可以看见细胞里有许许多多绿色的颗粒，这就是叶绿体。每个叶绿体都可以单独地进行光合作用。一个叶绿体好比工厂的一个车间。

你也许感到诧异，那一片片随风摇曳〔yè〕的绿叶怎能容得下那么多的“车间”、摆得进那么多的“机器”？

层排列得很紧密的细胞组成的。表皮向外一面的细胞壁上，有一层透





一般地说，在温暖晴朗的天气里，叶片照光以后气孔就开放，黑暗降临时气孔就关闭。但是，外界环境的水分和温度也影响

气孔的开关。缺水的时候，气孔关闭；温度超过 25 摄氏度时，气孔也关闭。你看气孔的开闭跟外界条件的关系多么密切呀！这也是植物对不良环境的一种适应性。

在叶肉里有成束的叶脉，其中包括导管和筛管，它和根、茎的导管和筛管连通。叶脉象一条条四通八达的运输线，源源不断地把原料输送到“工厂”里来，同时把产品运出“厂”，供应植物体各个部分的需要。叶脉还是支撑叶片的桁架。

叶片中的主要部分是叶肉，不论它的重量或者体积，都占整个叶片的 90% 以上。叶肉是一群夹在上下表皮之间的薄壁组织。靠近上表皮的叶肉细胞呈圆柱形，排列得比较整齐，象一根根栅栏，叫做栅栏组织。接近下表皮的叶肉细胞，形状不规则，排列得很疏松，细胞之间空隙比较大，很象海绵，叫做海绵组织。

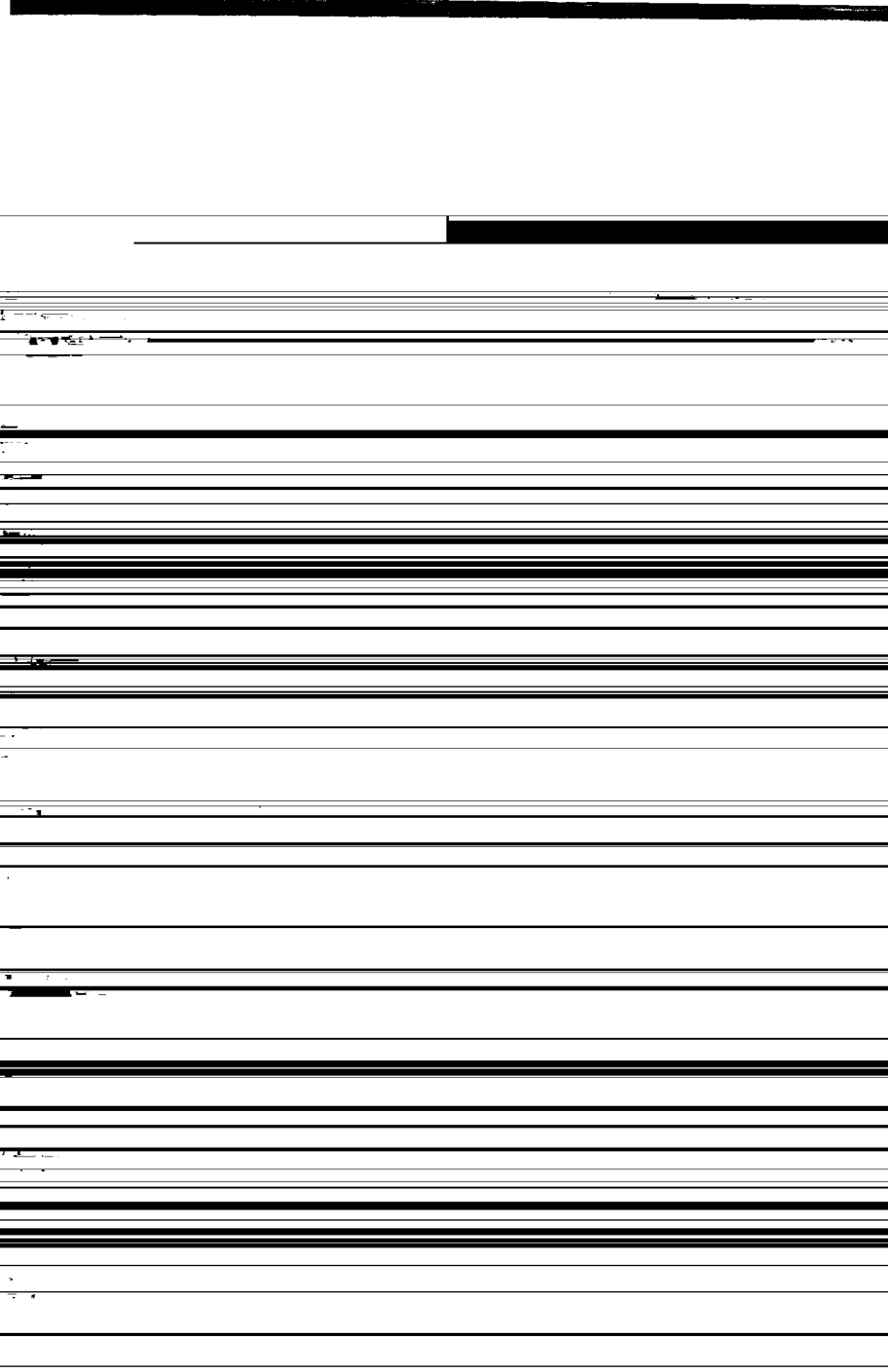
如果用高倍显微镜来观察叶肉的话，首先跃入你眼帘的是一粒粒晶莹剔透的好象绿宝石似的叶绿体。

高等植物的叶绿体形状象透镜，平均直径有 10 微米左右，厚有 2 微米左右。每个绿色细胞中叶绿体数目不一样，从几个到几十个。上下层细胞所含叶绿体的数量也不一样。蓖麻叶的栅栏组织里，每个细胞约有 36 个叶绿体，海绵组织的细胞里只有 20 个左右。高等植物的叶绿细胞内所含的叶绿体数目较多，每个细胞里有几十个到 100 个，甚至还要多。而绿藻中数量很少，比如衣藻细胞里只有一个叶绿体，星接藻细胞里有两个叶绿体。

后来，科学家根据电子显微镜的观察，知道叶绿体外面被两层透明的膜包着，里面是许许多多层绿色的膜，叫做层膜。这些层膜里面含有叶绿素，并且浸在水里。因为有了它们，叶片才绿得醉人。

叶绿素不仅把植物装饰打扮起来，给人以美的享受；而且更重要的，它是“绿色工厂”的“机器”，有了它，“工厂”才能出产品。

叶绿素分子的数量大得惊人，一个层膜单位里约有一百万个叶绿素分子，这样，一片绿叶中的叶绿素分子的数量是很多很多的了。如果按重量计算，它又小得出奇，平均只占叶片重量的千分之一。一平方厘米



根,每平方毫米的面积上约有 420 条根毛,豌豆的根上每平方毫米约有 230 条根毛。

植物的根不仅数量多,有的还埋得很深。非洲的巴恶巴蒲树,它的根毛区就长在地下 35 米深的地方,专门吸收地下水。有趣的是,有些植物的根直接长在水中,比如浮萍,随风漂流。有些植物的根悬空生长,比如广东、广西、福建等地的榕树,它用气根吸收空气中的水分。气根上面虽然没有根毛,可是在根尖的表面有许多层死细胞,细胞壁比较厚,上面有一些小孔,能够吸收空气中的水分,这些死细胞叫做根被。

除了水,二氧化碳也是“绿色工厂”的重要原料。

二氧化碳来自空气。前面讲过绿色植物叶片的表皮上布满了气孔,每个气孔都和叶肉细胞的间隙相通。气孔除了调节植物用水以外,还用来吸收空气中的二



氧化碳。据估计，地球上植物叶片的气孔，每年要吸进去 1500 亿吨二氧化碳。如果你要检验一下二氧化碳对于植物的作用，只要在叶片表面涂上一层薄薄的凡士林就行了。凡士林把气孔堵塞住，空气中的二氧化碳就不能跑进去，要不了多久，叶子就枯萎了。

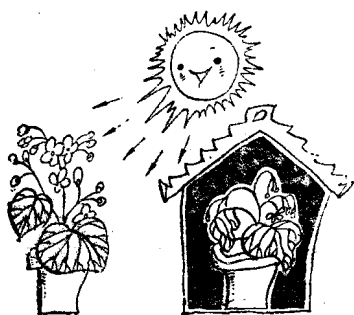
光有水 and 二氧化碳，“绿色工厂”也还不能开工，它还需要有动力，那就是阳光。

### “工厂”的动力

“绿色工厂”要开工生产，就必须有充足的太阳光做为动力，才能发动“机器”，制造产品。

太阳光对“绿色工厂”的生产有多大影响？你可以做个简单的对比实验：把两盆同品种的天竺葵，一盆放在阳光下，一盆放在暗室或者避光的地方，供应等量的水和肥料。不久，不见光的那盆天竺葵叶子渐渐

发白，最后枯萎，而照射阳光的那盆花枝招展，惹人喜爱。这就是因为前者缺乏动力，“工厂”几乎停工，而后者有充足的动力，“工厂”正常生产。



太阳光是一个巨大的

能源,当光能落在地球表面的时候,大多变为热能。根据科学家测定,每年大约有 $6.5 \times 10^{23}$  卡的太阳光能可以达到地球的表面。对“绿色工厂”来说,太阳光就象煤和石油那样,成为“工厂”不可缺少的动力。

绿色植物是怎样吸收光能的呢?主要由叶绿素来吸收太阳的辐射能。落在叶片表面的太阳辐射能并不是全部被叶片吸收,只有 80-85% 被吸收,10% 被反射掉,5-10% 透过叶片而没有被吸收。这跟叶片表面的构造有关系,比如叶片表面蜡质的厚薄,茸毛的多少,内部色素成分和数量的多少,以及叶内含水量的多少等等,都能影响叶片吸收光能。据统计,陆生植物每年大约贮存  $3 \times 10^{17}$  大卡的能量,相当于  $1.7 \times 10^{12}$  公斤的碳水化合物。而海洋生物能生产  $13 \times 10^{13}$  公斤的碳水化合物。

这么大的能量,植物是怎样利用的呢?

我们的眼睛能够看见的太阳光,含有红橙黄绿蓝靛紫七色光。不同颜色的光有不同的波长,由红光到紫光,波长逐渐变短。叶绿素吸收光能,并不是七色光全部被吸收,而是有选择地吸收。实验证明,红光和蓝紫光被叶绿素吸收的最多,生产效率最高。

太阳光有直射光,也有散射光。绿色植物不仅要吸收直射光,还要吸收散射光。那些千姿百态的植物叶子,



巧妙地向四面八方伸展。你看，那又大又密的树冠，象一把翠绿的巨伞，叶子在枝条上面的排列尽管不同，但是相邻两节的叶子总是不重叠，使同一个枝条上面的叶片不会互相遮盖，形成了叶子镶嵌错落的排列方式。

叶子的数量很多，它们的总面积也很大。有人作过统计，一株春小麦叶子的总面积几乎达到 500 平方厘米，一株甜菜叶子的总面积约有 5000 平方厘米，一株南瓜叶子的总面积竟有 10000 平方厘米之多。多数农作物叶子的总面积，都比它占有土地面积大上 20-100 倍。这样多的叶子，就能为绿色植物贮存大量的能量。

太阳光照射到叶片上，只有 1-3% 的能量直接参加光合作用，有一部分能量转变为热能，于是叶片的温度就会增高，如果不及及时“处理”，就会灼伤叶子。实际上，绿叶有调温的能力，通过叶片的蒸腾作用，来降低叶片温度，维持“工厂”的正常生产。

值得注意的是，在一般情况下，“绿色工厂”开工的状况跟太阳在天空的位置大有关系。

在无云的晴天，晨曦微露，“绿色工厂”开工生产。不过，由于晨光熹微，动力不足，“工厂”的效率很低。

当太阳冲出云海，把万道金光洒向大地的时候，“绿色工厂”逐渐活跃起来，“机器”忙碌地运转，产品逐渐增多，叶片里开始积累糖类物质。运输工作也跟着