



普通高等院校应用型人才
PUTONG GAOXIAO YINYONGXING RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

植物生物学

◎ 主编 余超波 吴春红

Plant biology



经济科学出版社
Economic Science Press

普通高校应用型人才培养规划教材

植物生物学

主编 余超波 吴春红

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物生物学 / 余超波主编. —北京: 经济科学出版社,
2009. 3

普通高校应用型人才培养规划材料

ISBN 978 - 7 - 5058 - 7947 - 8

I. 植… II. 余… III. 植物学 - 生物学 - 高等学校 - 教材 IV. Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 019564 号

责任编辑: 范莹 李锁贵

责任校对: 徐领弟 王苗苗

技术编辑: 董永亨

植物生物学

主编 余超波 吴春红

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编室电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

北京欣舒印务有限公司印刷

河北三佳集团装订厂装订

787 × 1092 16 开 23.5 印张 430000 字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印数: 0001—6000 册

ISBN 978 - 7 - 5058 - 7947 - 8 定价: 28.00 元 (含《习题手册》)

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

普通高校应用型人才培养规划教材 编审委员会

主任委员：

甘德安

委员（以姓氏笔画为序）：

万玲莉 王秀珍 王超英 何炜煌 余超波 李立慧
欧阳仲威 皇甫积庆 崔正华 黄镇宇 谢建群

总 序

经过几年的快速发展,我国教育已进入高等教育大国的行列,按照党的十七大精神,向建设人力资源强国迈进。数以千万计的学生在各级、各类高等学校学习各种知识和培养能力,为成为社会主义的建设者和新时期的应用型人才而努力。高等教育从“精英化”到“大众化”的转变,除了数量的扩大外,必须在培养目标、教学内容、教学方法、教材等方面进行改革,以适应培养不同类型人才和不同类型高校的教学需要。

独立学院自开办以来,在教学各方面,特别是教材基本沿用了普通本科的教学资源,这给特色教育和定向教学带来诸多不便,难以达到教委设定的教学目的。有鉴于此,我们在“服务于地方,培养应用型人才”这一总的目标指导下,组织了一批教学经验丰富、致力于教学改革研究、在相关课程方面有较深造诣的教师,按教育部的教育培养规划,编写了这套适合独立学院本科教学的系列教材,旨在有针对性地培养应用型、高等学历人才,因此我们称这套教材为“普通高校应用型人才培养规划教材”。

我们编写这套教材的基本思想是:对基本原理、基本理论,重在结论和应用。理论部分遵循教学大纲不求深入全面,但求适用,对相关理论做必要的引介。书中编制了较多的例子和习题,增加了学生自我训练、独立解题的素材,期望帮助学生加深对理论知识的理解和应用。我们力求这套丛书在内容结构上既区别于传统本科教材,又不同于高职高专教材。在理论知识方面既有一定的系统性,也兼顾了现代性;既注重知识间的逻辑性,也突出了知识的应用性;在够用、实用、适用的前提下,还编入一些有深度知识的链接,供要求进一步提高的学生自学之用。本套教材在文字上力求准确易懂,适当增加例图,有较好的可读性,便于学生自学。

由于我们的水平有限,书中难免出现一些问题,敬请各位教师和广大学生给予细心的指正和热情的帮助。在此,对于大力支持这套教材出版发行的经济科学出版社也一并表示真诚的感谢。

教材编写委员会

甘德安

2008年1月

前 言

植物生物学是生物科学、生物技术、生态学和环境科学的基础课，以植物形态解剖、植物系统演化、被子植物分类和植物资源与环境为基本框架，由过去传统的四门植物学课程综合为一门课程，学时减少，但内容并不减少，主要反映进化生物学、植物生理学、发育生物学、细胞生物学、分子生物学等学科的最新研究成果，更新、充实和改造陈旧教学内容。因此，植物生物学课程所面临的最严重的问题是在有限的学时内如何把植物学科的全貌和最新研究成果展现给学生，让学生从中获得植物科学的基本内容、实验技能和最新研究进展的基本知识。因此，目前植物生物学课程及实验改革的主要方向是通过新的教学方法和教学手段把基本内容和最新进展在有机交融后介绍给学生。

本书基本内容由形态解剖、系统类群、被子植物分类和植物资源环境四部分组成，其中形态解剖部分包括植物细胞、组织、器官、营养器官和生殖器官的形态结构、生理功能、发育生殖和生活史等；系统类群部分包括藻类、菌类、地衣、苔藓、蕨类、裸子植物、被子植物等基本类群的形态、结构、功能、发育、生殖、起源、发展和演化、地理分布和经济利用价值等；被子植物分类部分包括被子植物的分类、命名、检索表、代表科属种的形态、结构、起源、发展和演化、地理分布和经济利用价值等；植物资源与环境部分包括植物种群的分布与动态、植被类型、植物与光、温度、水和土壤等主要生态因子之间的相互关系、群落的演化和植物在生态系统中的作用以及我国植物资源的历史、现状和保护的原则等。通过对植物个体的形态结构、植物类群的多样性、科属种的形态特征和分类、系统发育和发展进化等知识的全方位积累，使学生有效地获取植物科学知识的全貌。

本书是集体劳动的成果，全书由余超波教授提出编写框架，拟定编写大纲，由江汉大学余超波，江汉大学文理学院生物与环境工程学部吴春红、张立影、常逊、秦凡、王秀珍、刘晓霞、史黎黎，中南民族大学工商学院环境生物系李红丽等老师共同编写，最后由余超波、吴春红统稿、定稿。具体分工为：绪论、第四章由余超波编写；第一章、第二章和第三章由吴春红编写；第五章由余超波和秦凡编写；第六章由

余超波、常逊、刘晓霞和王秀珍编写；第七章由张立影编写，其中“植物在生态系统中的作用”选自姜汉桥等著《植物生态学》（高等教育出版社 2004 年版）；第八章由李红丽编写。

在本书编写过程中，我们还参阅了一些文献，并引用了部分专家、学者的研究成果和资料。在此谨向有关作者、专家和所有给予本书关心和帮助的朋友们致以衷心的感谢！

由于我们水平有限，错漏之处在所难免，还望读者朋友多多批评指正。各位读者和同学们在使用本书过程中，如有好的意见和建议，请直接向作者反映，以便修订再版。

编者

2009 年 1 月 8 日于三角湖畔

目 录

绪 论	1
0.1 植物在生物分类中的地位	1
0.2 植物在自然界和人类生活中的作用	6
0.3 植物科学的发展简史和当代植物科学的发展趋势	11
0.4 植物生物学的主要内容和分支学科	16
0.5 植物生物学在自然科学和国民经济发展中的意义	17
0.6 学习植物生物学的要求和方法	18
第 1 章 植物的细胞和组织	21
1.1 植物细胞的基本结构	23
1.2 植物细胞的增殖	36
1.3 植物的组织和组织系统	41
1.4 维管植物的三大组织系统	47
第 2 章 植物体的形态结构和发育	49
2.1 种子萌发和营养器官的发生	50
2.2 根	55
2.3 茎	66
2.4 叶	79
2.5 植物体营养器官间的相互联系	90
第 3 章 植物的物质与能量代谢	94
3.1 植物的水分代谢	94
3.2 植物的矿质营养	104
3.3 植物的光合作用	114
3.4 呼吸作用	120

第4章 植物的繁殖	129
4.1 繁殖的类型	129
4.2 植物体从营养生长向生殖生长的转变	130
4.3 花	133
4.4 花药与胚珠的发育及雌雄配子体的形成	138
4.5 传粉与受精	144
4.6 种子的形成	146
4.7 果实	147
4.8 被子植物的生活史	152
第5章 植物的类群	154
5.1 生物多样性和植物的分类及命名	154
5.2 藻类植物	157
5.3 苔藓植物	162
5.4 蕨类植物	165
5.5 裸子植物	169
5.6 被子植物	175
第6章 植物的进化	189
6.1 植物进化的证据	189
6.2 生物进化的基本理论	194
6.3 植物的遗传、变异和物种的形成	198
6.4 植物界的起源和进化	204
第7章 植物与环境	215
7.1 环境的基本概念	217
7.2 植物与几种生态因子的关系	219
7.3 植物的生态适应	231
7.4 植物种群生态	233
7.5 植物群落生态	240
7.6 植被分类及主要类型	244
7.7 植物在生态系统中的作用	251



第 8 章 植物资源的可持续利用	260
8.1 保护植物资源的意义	260
8.2 人类利用和改造植物的历史	262
8.3 我国植物资源的利用与保护现状	268
8.4 植物资源的合理开发和利用	277
8.5 人类未来的发展与植物之间的关系	281
主要参考文献	284

学习重点

了解植物生物学的概念、研究内容、方法及历史，植物生物学的相关学科以及植物在自然界及在国民经济中的地位和作用；了解我国丰富的植物资源；通过有关知识的介绍，引导学生提高学习兴趣，树立学好植物生物学的信心。



0.1 植物在生物分类中的地位

学习植物生物学，首先需要认识什么是植物这个最基本的问题。在人类生存的地球上存在着各种各样的生命形式，植物（plant）就是其中最重要的一大类。植物是丰富多彩的生物界的重要组成部分，植物与人类的衣食住行密切相关，植物也是环境绿化、美化的重要资源。植物在地球上的分布极为广泛，无论在平原和高山、干旱的荒漠、炎热的赤道地区、严寒的极地、江河湖海的水体以及高空的大气中，都有不同的植物种类生长繁衍。即使一滴水珠、一撮尘埃、树叶表层、裸露石面、生物以至人体内外，都可能是某些植物生活的场所。人类对植物的认识由来已久，在把握植物和其他生物的区别时最主要的都是以植物含有叶绿素，可以进行光合作用，具有细胞壁，而且是营固着生活为基本特征。但是随着科学技术的发展，人们对植物和其他生物的认识在不断地加深，对确定植物的特征及植物所含的类群也不断地有了新的看法。因此，有必要首先对生物如何分界和植物在生物分界中的地位作一简要介绍。

0.1.1 林奈的两界系统

早在 2000 多年前，古人在生产实践和生活中已初步认识到植物和动物的区别。200 多年前，现代生物分类的奠基人，瑞典的博物学家林奈（Carolus Linnaeus, 1707 ~ 1778）在《自然系统》（*Systema Naturae*, 1735）一书中明确地将生物分为植物和动物两大类，即植物界（plant kingdom）和动物界（animal kingdom）。他于 1753 年发表的巨著《植物种志》中将植物分成 24 纲，把动物分成 6 纲。这就是通常所说的生物分界的两界系统。这在当时的科学技术条件下是有重大科学意义的事件。至今，许多植物学和动物学教科书仍沿用该两界系统。

0.1.2 海克尔的三界系统

19 世纪前后，由于显微镜的发明和广泛使用，人们发现有些生物兼有动物、植物两种属性，如裸藻、甲藻等。它们既含有叶绿素，能进行光合作用，同时又可运动。裸藻还没有细胞壁，可进行异养生活。特别是又发现曾列入植物中的黏菌类在其生活史中有一个阶段为动物性特征（营养时期为裸露的原生质团，可做变形运动），另一个阶段为植物性特征（无性生殖时期形成孢子囊和产生具细胞壁的孢子）。在探索 and 解释这些矛盾中，1860 年霍格（John Hogg, 1800 ~ 1869）提出将所有单细胞生物，所有的藻类、原生动物和真菌归在一起，设立一个原始生物界；1866 年德国著名生物学家海克尔（Haeckel, 1834 ~ 1919）也提出设立一个原生生物界（protista kingdom）的意见。他把原核生物、原生动物、硅藻、黏菌和海绵等，分别从植物界和动物界中分出，共同归入原生生物界。这就是生物分界的三界系统。海克尔和霍格的三界系统内容基本相同。但海克尔的三界系统在当时直至 20 世纪并未被德国和国际上接受和采用。此外，多德森（Dodson）在 1971 年也提出了另一个由原核生物界、植物界和动物界组成的三界系统。

0.1.3 魏泰克的四界、五界系统

1959 年，魏泰克（Whittaker, 1924 ~ 1980）提出了四界分类系统，他将不含叶绿素的真核菌类从植物界中分出，确立一个真菌界（fungi kingdom）。而且和植物界一起并列于原生生物界之上。10 年后（1969 年），魏泰克在他的四界系统的基础上，又提出了五界系统，他将四界系统中归入原生生物界中的细菌和蓝藻分出，另立一个原核细胞结构的原核生物界（monera kingdom），并放在原生生物界下。魏泰克的五

界系统影响较大，流传较广。但是对魏泰克的四界、五界系统中划分的原生生物界，有不少学者存在质疑和反对意见，因为它所归入的生物比较庞杂、混乱。我国真菌学家邓叔群在1966年指出：“所谓原生生物只不过是各种低等生物的混合”。1978年我国藻类学界在讨论中国藻类志编写系统时，决定不把原生生物界作为一个自然的分类群。魏泰克的四界、五界系统的优点是纵向地显示了生物进化的三个阶段，即原核生物、单细胞真核生物（原生生物）和真核多细胞生物（植物界、真菌界、动物界）；同时又从横向显示了生物演化的三个方向，即光合自养的植物，吸收方式的真菌和摄食方式的动物。

1974年，黎德尔（Leedale）提出了另一个四界系统。他去掉了原生生物界，将魏泰克五界系统中的原生生物分别归到植物界、真菌界和动物界中，并在其四界系统图中用一条弧线表示单细胞真核生物（原生生物）的水平。

0.1.4 六界和八界系统

1949年雅恩（Jahn）提出将生物分成后生动物界（metazoa）、后生植物界（metaphyte）、真菌界、原生生物界、原核生物界和病毒界（archetista）的六界系统。1990年布鲁斯卡（R. C. Brusca）等提出另一个六界系统，即原核生物界、古细菌界（archaeobacteria [包括产甲烷细菌等]）、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。1989年卡瓦利埃尔-史密斯（Cavalier-Smith）提出生物分界的八界系统，他将原核生物分成古细菌界和真细菌界（eubacteria）两界；把真核生物分成古真核生物超界和后真核生物超界（metakaryota）。前一超界仅有一个古真核生物界（archezoa），后一超界有原生动物界、藻界（chromista）、植物界、真菌界和动物界，其中藻界包括隐藻（cryptophyta）和有色藻（chromophyta），两个亚界。

0.1.5 三原界系统

1978年，魏泰克和马尔古利斯（Lynn Margulis）根据分子生物学研究的资料，提出一个新的三原界（urkingdom）学说。他们认为生物进化的早期，各类生物都是由一类共同的祖先沿三条进化路线发展，形成了三个原界：即古细菌原界（archaeobacteria），包括产甲烷菌、极端嗜盐菌和嗜热嗜酸菌；真细菌原界（eubacteria），包括蓝细菌和各种原核生物（除古细菌外）；真核生物原界（eucaryotes），包括原生生物、真菌、动物和植物。三原界系统还吸收了真核起源的“内共生学说”的思想。三原界系统目前正受到人们的重视。

0.1.6 中国学者对于生物分界的意见

中国学者对于生物分界也提出了许多意见，如1965年胡先肃提出将生物分为始生总界（protobiota）和胞生总界（cytobiota）。前者仅包括无细胞结构的病毒，后者包括细菌界、黏菌界、真菌界、植物界和动物界。他抛弃了原生生物界，并把菌类分成为三界。邓叔群于1966年曾主张根据生物的三种营养方式把生物分成为植物界（光合自养）、动物界（摄食）和真菌界（吸收）。1979年陈世骧根据生命进化的主要阶段，将生物分成三个总界的五界或六界的新系统，即非细胞总界，仅为病毒界；原核总界，包括细菌界和蓝藻界；真核总界（superkingdom eucaryota），包括植物界、真菌界和动物界。王大稻等（1977）也提出应在魏泰克的五界系统的基础上增加一个病毒界的六界系统。但目前在国内外对于病毒是否属于生物以及病毒是否比原核生物更原始尚有争议。正如陈世骧所说：“它们是非细胞形态的生物，但不一定代表非细胞阶段的生物。”他还说明：“在病毒起源尚难解决，病毒历史尚难总结之前，非细胞总界也可暂不设立，而把病毒寄放在细菌界内”。

0.1.7 植物的共同特征

从上面介绍的各国学者对生物分界的设想和意见可以看出，有关生物的分界还是一个悬而未决的问题，随着生物科学的进一步发展，随着研究水平和研究层次的深入，还可能提出一些新的看法。由于各个学者依据的标准和特征不同，所提出的生物分界系统和对植物的概念也不一样，但各自都有其优缺点，目前尚不能达到一致。现在，自然界中已知的植物有50余万种。那么，究竟什么是植物呢？对多数植物（特别是高等植物）而言，它们有不同于动物的独特的形态结构和生长发育规律，但就少数低等植物而言，其与动物的界限又不很明确，因此要给植物一个准确而又普遍适用的定义是很困难的，与其煞费苦心地创造一个表面看似贴切、而实际又很难满足各种变异情况的“植物”的定义，不如好好地用心去理解到底什么是植物？什么是例外情况？为什么生物学家对有些类群的归属问题有不同看法？

每一种植物都具有其独特的基因库和遗传组成。无论是体形微小、结构简单的单细胞细菌，聚成群体但细胞间联系松散的盘藻，或是有维管系统，形成根、茎、叶分化，产生种子繁殖后代的种子植物，它们都具有各自独特的遗传基础和特性。

植物有不同的营养方式。绝大多数植物都具有叶绿素及类似的色素，能够利用光能进行光合作用，自行制造养料，它们被称为自养植物或绿色植物。另外有一部分植物，其体内无叶绿素，不能自行制造养料，它们寄生在其他植物体上，从寄主身上吸

取现成的养料而存活，如菟丝子，被称为寄生植物。还有些植物是从死的或腐败生物体上摄取所需养料的，称为腐生植物。寄生植物和腐生植物也称异养植物。异养植物不含叶绿素，通称为非绿色植物。非绿色植物中也有少数种类，如硫细菌、铁细菌，可以借氧化无机物获得能量而自行制造养料，它们属化学能自养植物。

不同植物的生活周期常有差别。有的细菌仅存活 20~30 分钟，即可分裂而产生新个体；有的树木的树龄可长达数百年或上千年，如松、柏、龙血树等。植物与人类关系十分密切，如农业、林业、牧业、园艺、医药等都离不开植物。但人们常见的绝大多数是种子植物。种子植物有多种类型，根据其茎干的质地分为木本植物、草本植物和藤本植物。

(1) 木本植物。木本植物都是多年生的，茎内木质部发达、木质化组织较多、质地坚硬，系多年生植物，木质化程度大于 70%。因茎干的形态，又可分为：乔木：植株高大，主干显著而直立，在距地较高处的主干顶端，由繁盛分枝形成广阔树冠的木本植物，如玉兰、泡桐、松、柏、杉等。灌木：植株矮小，无显著主干，近地面枝干丛生木本植物，如迎春、紫荆、黄杨等。半灌木：外形似灌木，但地上部分为一年生，越冬时枯萎死亡的木本植物，如金丝桃等。

(2) 草本植物。茎内木质部不发达、木质化组织较少、茎干柔软，植株矮小的植物，木质化程度低于 40%。草本植物因植株生存年限长短，可分为一年生、二年生和多年生三类。在一个生长季内完成全部发育周期的植物，也就是说，从种子萌发到开花结实直至枯萎死亡都在一个生长季完成，称为一年生植物，如水稻、玉米、高粱、黄瓜、大豆、烟草、向日葵等。野生植物中，一年生的种类更多。有些草本植物，需要经过两个生长季才能完成它们的发育周期，第一年内只有根、茎、叶等营养器官的生长，把养分储积起来，越冬后第二年才开花结实直至死亡，这些植物称为二年生植物，如白菜、萝卜、胡萝卜、菠菜、洋葱等。还有些草本植物，每年开花结实，果实成熟后，地上部分虽然枯死，地下部分却仍然活着，来年又出芽，产生地上枝，这样可生活两年以上的植物，称为多年生植物，如菊、大丽花、薄荷、百合、马铃薯、茶、棉花、莎草等。

(3) 藤本植物。不论木本植物或草本植物，凡茎干细长不能直立，匍匐地面或攀附他物而生长的，统称藤本植物。草质藤本如牵牛、莛萝等；木质藤本如葡萄、紫藤等。

植物种类虽然繁多，营养方式各不相同，形态结构变化万千，但它们都具有共同的基本特征：几乎所有植物的细胞都具有细胞壁，尽管各类植物在细胞壁的构造和组成成分上有很大差异，比如，绿色植物以纤维素的网状纤维结构来加强它的细胞壁，真菌则以几丁质代替纤维素，而细菌和蓝藻由另一些多聚体（如胞壁酸、葡糖氨、木糖和甘露糖等）为基础来构成细胞壁，但它们共同的特点是都有壁。具有比较稳

定的形态，也正因为这一点，决定了绝大多数植物所具有的另一个共性，就是绝大多数植物（特别是高等植物）具有固定生活方式。除简单的植物能运动外，多数植物都不能迅速作出运动反应，不能以个体为单位独立地运动，因为组成个体的每个细胞都被坚韧的细胞壁所包围，相邻细胞通过共同的壁和胞间连丝而紧密相连，使之缺少运动所需要的弹性。绿色植物含有叶绿体，能利用太阳光能进行光合作用，把简单的无机物质制造成复杂的有机物质，行自养生活，属于自养生物。植物具有永久分生组织，大多数植物个体发育时，一直保持分裂能力，通过生长、分化，不断产生新器官或新的植物体部分。这种生长方式与动物是截然不同的（动物胚胎一经形成，就已具备了成体的基本结构，即一次分化定型，在以后的生活过程中主要是展开和成熟的变化）。此外，成熟的植物细胞中还有中央大液泡。



0.2 植物在自然界和人类生活中的作用

植物是生物圈中一个庞大的类群，广泛分布于陆地、河流、湖泊和海洋，它们在生物圈的生态系统、物质循环和能量流动中处于关键的地位，它们在自然界中具有不可替代的作用。

0.2.1 植物是自然界中的第一性生产者

绿色植物能进行光合作用。通过光合作用，植物将二氧化碳和水合成有机物质，并释放氧气，贮存能量；所以光合作用的实质就是物质转化和能量转化，它能最大限度地把无机物合成有机物；最大限度地把光能转变为化学能，同时最大限度地释放氧气。而这三作用是世界上任何工厂都望尘莫及的，因此被植物经济学家誉为绿色植物三项伟大的宇宙作用。正因为这三项伟大的宇宙作用，才保证了人类和动物有充足的食物和能量来源，保持了环境中二氧化碳和氧气的相对稳定。

绿色植物的光合产物——碳水化合物在植物体内进一步同化为脂类和蛋白质等有机物质。这些有机物除了一部分用于维持本身的生命活动和组成植物体本身的结构外，大部分作为生物能源而贮藏在各器官中。据估算，地球上的植物每年约合成26050亿吨有机物，其中90%为海洋植物所合成；10%为陆生植物所合成，相当于植物每年积蓄 3×10^{21} 焦耳的化学能，数值十分惊人。这些能量为非绿色植物、动物和人类的生命活动提供能源。存贮于地下的煤炭、石油、天然气也主要由远古绿色植物遗体经地质矿化而成，都是人类生活的重要能源。由此可见，植物的光合作用是地球上最大规模地把无机物转化为有机物、把太阳能转化为化学能的过程，是地球上生命

活动所需能量的基本源泉。人类食物约有 3000 多种，其中作为粮食的植物主要有 20 多种。植物也是医药的重要来源，仅中国就有 11000 种药用植物。在中国市场上，以中草药为主的药品占一半以上。特别是以绿色植物为主体的生态系统功能及其效益是巨大的。有人对中国生态系统效益价值的估算为 5.4×10^{12} 元，约相当于 1994 年中国全国生产总值的 1.2 倍。由此看出，生态系统功能及其效益的价值化将被纳入各国的市场与经济体系，将使经济体系产生革命性的变革。总之，人类的衣、食、住、行等各个方面都离不开植物。

0.2.2 植物在自然界物质循环中的作用

绿色植物进行光合作用，合成有机物质，这在自然界中极为重要。但是，只有有机物的合成和储积还是不行的，这样无机物将被冻结在生物体内，自然界最终会因为原料的缺乏而成为死的世界。因此有机物必须不断地分解为无机物，这就是矿化作用。矿化作用可通过动、植物的呼吸作用进行，将有机物氧化分解为二氧化碳和水，并释放能量；也可以通过非绿色植物的参与，如细菌、真菌对死亡的有机物的分解。矿化作用的结果就是将复杂的有机物分解成简单的无机物，可以再为绿色植物所利用。这样，光合作用和矿化作用，也就是合成和分解，使自然界的物资循环往复，永无止境。

1. 碳循环作用

空气中的二氧化碳以容量计，仅为 0.03%。据估计，碳按重量计，大气中总含量约 600 吨，绿色植物在进行光合作用的过程中要吸收大量的碳。假设大气中的二氧化碳不加补充，按地球上每年绿色植物要用 19 吨碳酸态的碳计算，只要 30 余年，大气中的二氧化碳就将消耗殆尽。可是事实却不然，在漫长的岁月里，大气中的二氧化碳始终维持着相对平衡，这说明自然界的二氧化碳一直在不断地得到补充。二氧化碳的补充，除了来自木材、煤炭、石油等物质的燃烧，火山的喷发，动、植物呼吸之外，主要依靠非绿色植物，如真菌、细菌等对生物尸体分解时释放出的大量二氧化碳。随着现代工业的迅速发展，有机物大量燃烧分解，能源消耗日益增加，而植物资源的蕴藏量和植物覆盖率逐渐下降，空气中的二氧化碳含量呈增长的趋势。过多的二氧化碳将会扰乱全球气候，引起举世关注的“温室效应”。到 2030~2050 年，大气中二氧化碳含量将比工业革命前（1850 年）增加一倍，全球平均气温有可能升高 $1.5 \sim 4.5^{\circ}\text{C}$ ，变暖的速度是过去 100 年的 5~10 倍。与此同时，海平面可能上升 30~50cm，大批物种将会消失，整个生态系统（ecological system）将受到严重威胁。面临这一严峻形势，加强植物资源的保护与合理开发利用、积极营造森林植被、扩大植物的覆盖率，对于避免二氧化碳平衡遭受破坏所导致的不良后果具有十分重要的意