

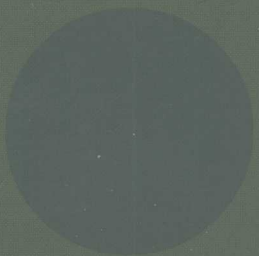
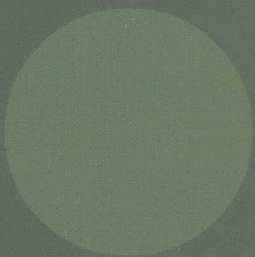
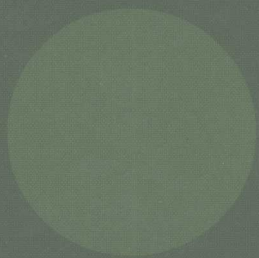
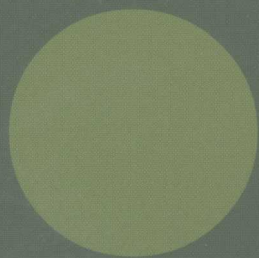
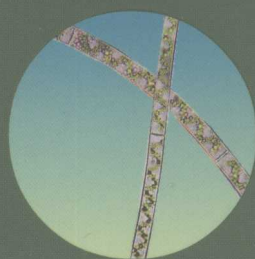
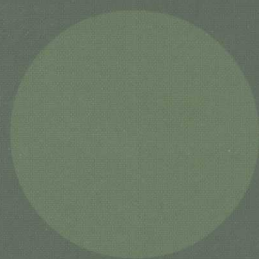


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# Botany

# 植物学

● 主编 叶创兴 朱念德 廖文波 刘蔚秋



高等教育出版社  
Higher Education Press



## 内容提要

本书由植物形态解剖基础和系统分类两篇组成。上篇介绍了植物细胞、植物组织、植物的繁殖和繁殖器官等内容。下篇详细讲述了藻类植物、菌物、地衣、苔藓植物、蕨类植物、裸子植物、被子植物、植物系统学概要及其发展动态等。书中配有精美插图 500 余幅,每章设有小结和思考题,书后附常用植物学术语解释。

本书较系统地介绍了从孢子植物到种子植物的代表类型,讲述了植物学家们对植物系统进化的各种设想、理论以及有争议的各种进化和系统发育问题,提出了种子植物起源于泥盆纪及其进化程序。书中还对当前国内外分子系统进化研究工作进行了介绍。本书适合综合性大学、师范院校生命科学类各专业,以及农林院校的农学、园艺、资源环境等专业学生使用,还可供相关专业科学工作者、教师参考。

本书作者将多年积累的各大类植物类群 184 科 900 余个物种的形态和生态彩色照片经分类定名后,制作成《大学植物学教学图库》(维管植物),作为本教材的配套产品,以方便教师课堂授课和野外实习使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

植物学/叶创兴等主编. —北京:高等教育出版社,  
2007.7

ISBN 978-7-04-020764-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 064210 号

策划编辑 王 莉 责任编辑 张晓晶 封面设计 张 楠 责任绘图 朱 静  
版式设计 王艳红 责任校对 杨雪莲 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 889×1194 1/16  
印 张 35  
字 数 1 090 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 7 月第 1 版  
印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 43.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究  
物料号 20764-00

# 序

这本教科书包括形态解剖学与系统分类学两个部分。形态解剖学一向作为系统分类学的先行和依据,包括了细胞、组织、器官,及花、果和种子等章节,图文并茂,简洁易懂;系统分类学部分,则颇具特色,有别于一般教材。长期以来,教科书的编写与创造性的研究专著因目的性不同而泾渭分明。创造性的专著针对某一未解决的前沿问题提出一个人的见解,达尽各抒己见的目的。至于教材的编写,则以公认的事实为依据。对于有争议的问题和论点,一般不列入教科书。换言之,教材以传播基础知识为主旨,对有争议的问题不予介入,使教材获得公认,“四平八稳”、无懈可击。本教材的编著者以极大的热情和勇气,摆脱教材编写的传统手法,使本教材既具有丰富的基本知识,又能对当前不同学术见解和流派,以及未被公认的一些问题加以介绍,从而开阔了读者的视野,使本教材带有某种启发性。本教材具备以下几个特点。

1. 适应 21 世纪新形势的要求而带有启发性。它有别于按教学大纲的要求所印发的教材或讲义,能从孢子植物到种子植物系统地完整地介绍代表类型,使读者能了解到植物界进化发展的全貌;书中尽可能介绍中国的代表植物,使读者对中国植物有亲切感。

2. 对读者有一定的启发作用。书中介绍了植物学家们对植物系统进化的各种设想、理论以及有争议的各种进化和系统发育的问题,不拘一格地启发读者关于植物进化的思路。

3. 关于种子植物起源的时代问题,本书在集中各家理论的基础上提出了种子植物起源于泥盆纪及其进化程序的看法,使读者感受到系统进化是可知的,是有线索可循的,从而引导读者对系统的探索,突破了以往教材对这一问题的回避。

4. 对当前国际上兴起的分子系统进化研究工作进行了扼要的介绍。植物系统发育是客观存在的,因而可知。历来的系统学者都以自己理解以及所掌握到的证据加以模拟,难免有些主观臆测之嫌。大分子序列的测试在某种程度上能够比较客观地反映属种间的亲缘关系,因而对植物系统进化有一定的参考价值。

当前,植物系统学还存在许多有待解决的问题。首先是有花植物在地球上出现的地质年代问题。一向,人们从化石资料确认有花植物存在于晚白垩纪,最近的资料表明存在于晚侏罗纪,但这不是有花植物在地球上出现的最早年代。人们大都认为有花植物来自种子蕨,而种子蕨盛极于二叠纪,到了三叠纪开始走下坡路,进到侏罗纪基本上趋于衰亡,因此有花植物出现的年代应早于侏罗纪。

其次,关于有花植物出现之前是否存在过“前有花植物”的问题。从种子蕨到有花植物,在形态结构上存在着很大的差距,这种差距不可能以突变的形式来实现,而只能从二叠纪到三叠纪期间的逐步改造来实现。由于缺乏化石资料,人们只能从某些种子蕨,例如某些大羽羊齿或舌羊齿加以揣测。

再次,在现存的有花植物之前是否有过更原始的,即所谓的“原始有花植物”的问题。因为现代生存的有花植物,无论是多心皮类或柔荑花序类等,都具有不同程度的次生结构特征,它们不可能是原始的有花植物,它们和种子蕨类的结构在进化上差距太大,当前的有花植物分类以多心皮类或柔荑花序类作为原始类型的代表显然是和历史事实脱节的,这些原始有花植物可能存在于三叠纪,当然不可能存活到现代。目前能在三叠纪找到的化石并不多,本书所提到的,在北美晚三叠纪出土的 *Sanmiguelia* 可能是仅有的例证。

最后,大分子序列的测试方法对现存的有花植物是有用的,它能为人们提供不同的科、属、种之间的亲缘关系;同时,有人尝试以大分子序列重新安排有花植物的系统进化,但对于老第三纪以前已经碳化的化石则无能为力。因此,要从化石大分子序列的测试来求得解决有花植物系统发育的工作还有待于将来的努力。

张宏达

2006年6月于中山大学

# 前 言

植物是生命世界中第一生产者,35 亿年前当地球尚处于蛮荒时代,植物的先驱者蓝藻已开始进行光合作用,吸收  $\text{CO}_2$ ,放出  $\text{O}_2$ ,改造着地球大气层的成分构成,使地球环境变得适于生物生存和繁衍。地球在宇宙中存在至今已有 46 亿年,现在,人类在地球的许多地方似乎都显得拥挤不堪,面对着资源枯竭,生存环境恶化,人口压力等,植物学工作者不能不感到肩负的担子之沉重。

植物学作为生命科学各专业的基础课,其重要性自不待言。无论是宏观的研究,还是分子水平的研究都吸引了大批有志者奋勇前行。传统植物学研究已经为生命科学成就做出无与伦比的贡献,胡克(R. Hooke)用改进的显微镜研究了木栓切片,第一次把他看到的一个小室称为 Cell,为细胞学说的建立开辟了道路。孟德尔(Mendel)把豌豆作为实验植物,其结论直接作为孟德尔定律,他的研究导致现代遗传学的诞生。分子水平上的研究,拟南芥作为模式植物早为人们熟知。当人们震惊于克隆羊多莉的时候,植物的克隆无论是人工条件下的,还是自然界中的都在进行着,而人们对此并不惊奇。今天人们谈论转基因的时候,静静躺在餐桌上的谷类、蔬菜、水果可能是科学家们改造过它们的基因的食品。因此,植物学工作者依然有许多事要做,植物学仍然是掘之不尽的宝藏。

中山大学的植物学家前辈对我国植物学教学做出了贡献,最早的有已故陈焕镛院士,他建立了中国高校最完整的植物标本室,在抗日战争期间,他不愿这些标本毁在日本军队的炮火下,亲自转移押运标本到香港保存,抗战后又辗转越南回迁广州,在最困难的时候中山大学的教授工薪无着,他却拿出自己的积蓄护运这些来自广西、海南、华中以及东南亚各国的标本,为中科院华南植物研究所标本室建立奠定了基础,当时美国人 E. D. Merrill, F. A. McClure 均是中山大学教授, E. D. Merrill 素有小林奈之称, F. A. McClure 是世界竹类研究鼻祖,他在中山大校园地建立了五片竹园。张宏达、吴印禅是继陈焕镛之后我国植物学界的知名人物,1961 年吴印禅与山东大学植物学教研组合编了《植物学》,在人民教育出版社出版,这本教材一直使用到“文化大革命”前。1978 年,由张宏达主持,张超常、王伯荪、李植华、朱婉嘉和钟恒等参与编写的植物学教材在高等教育出版社出版,直至 20 世纪 90 年代初一直为各高校使用,到了 21 世纪,仍有大学作为考研的必备参考书。2000 年由朱念德、叶创兴等主编的《植物学》在中山大学出版社出版,2004 年由张宏达主编的《种子植物系统学》在科学出版社出版,这表明中山大学在植物学教材的建设上有着较好的传统,前辈们在教学上的执著、在教学研究上的投入使得植物学教学始终保持在较高的水平上,数十年积累的资料,玻片、解剖图,为我们编写新版植物学提供了丰富的资料。这里李植华、钟恒工于字画,刘兰芳师从我国著名植物分类学家李树刚研究樟科,有较高的植物分类学知识,他们结合在一起,绘制的实验解剖图常常一矢中的,直指关键的分系统特征。这本教科书也援引了他们发表的解剖图,为此我们对他们的敬业精神和精准的专业素养表示钦佩,也感谢他们能允许使用这些图;反过来在更大的范围内,对我国植物学教学水平的提高有所帮助。我们也感谢谢庆建先生誊清和彩绘了本教材的全部插图。

本教材由形态解剖基础和系统分类两部分构成。在形态解剖部分引入了收缩根、滑动授粉自花传粉的新内容,将营养器官的特化放在有关部分,显得更连贯,也增加了一些特化的器官;在藻、菌、苔藓等内容也根据新的资料作了充实,在藻类植物采用了划分为 9 门的系统,菌类采用了裘维蕃等关于菌物的概念,苔藓植物仍按苔类、藓类、角苔分群,蕨类植物依据秦仁昌修改后分类系统编排,种子植物把紫杉植物独立为纲,基本依 1952、1964 年恩格勒系统排列。姜科植物的雄蕊去向根据我们的研究结果作了新的解释。本书涉及的被子植物有 100 余科,占被子植物 1/4,这一分量,王文采院士认为是适中的。此外,我们也介绍了被子植物各流派系统,归纳了植物分子系统学的最新进展。

本书引言、绪论由叶创兴重写,绪论原由朱念德编写。上篇植物形态解剖部分原由朱念德编写,现由廖

文波、辛国荣和黎运钦修订；藻、菌、地衣、苔藓和蕨类部分原由廖文波、李筱菊编写，现由刘蔚秋修订；种子植物部分原由叶创兴、戴水连编写，现由叶创兴、石祥刚修订，被子植物的起源与系统发育原由叶创兴编写，现由金建华修订；植物系统学概要及其发展动态原由叶创兴编写，其中植物系统发育由金建华修订，分子系统学由黄柳林、谈凤笑修订，分支系统学仍由叶创兴修订。全书由叶创兴统稿。

本教材出版得到中山大学教务处、生命科学学院教材出版基金资助以及领导的支持和鼓励，高等教育出版社对此也非常重视，王莉副编审始终以极大的热情关注本教材的编写和出版，张晓晶责任编辑对全稿进行了认真的勘阅，提出了许多正确的修改意见，对上述单位和个人，编者谨致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，难免存在不足之处，敬希读者和同行批评指教。

编者

2007年4月

# 目 录

引言 .....	1
绪论 .....	8

## 上篇 植物形态解剖

<b>第一章 植物细胞</b> .....	21	一、茎的生理功能 .....	82
第一节 细胞是植物体结构和功能的基本单位 .....	21	二、茎的形态 .....	82
第二节 植物细胞的基本结构 .....	21	三、茎尖的结构与发育 .....	89
一、植物细胞的类型 .....	21	四、双子叶植物茎的初生结构 .....	91
二、植物细胞的形状和大小 .....	22	五、双子叶植物茎的次生结构 .....	95
三、植物细胞的结构 .....	23	六、裸子植物茎的结构 .....	102
四、植物细胞的后含物 .....	34	七、单子叶植物茎的结构 .....	103
五、原核细胞与真核细胞 .....	36	八、特化的茎 .....	104
六、高等植物细胞和动物细胞 .....	37	<b>第三节 叶</b> .....	107
第三节 植物细胞的繁殖 .....	37	一、叶的生理功能 .....	107
一、有丝分裂 .....	37	二、叶的形态 .....	107
二、无丝分裂 .....	40	三、叶的起源和发育 .....	114
三、减数分裂 .....	41	四、叶的结构 .....	115
第四节 植物细胞的生长和分化 .....	42	五、叶的生态类型 .....	122
一、植物细胞的生长 .....	42	六、叶的衰老与落叶 .....	124
二、植物细胞的分化 .....	42	七、特化的叶 .....	126
<b>第二章 植物组织</b> .....	45	<b>第四节 营养器官间的相互联系</b> .....	127
第一节 植物组织的概念和类型 .....	45	一、营养器官间结构的联系 .....	127
一、植物组织的概念 .....	45	二、营养器官生长的相关性 .....	130
二、植物组织的类型 .....	45	<b>第五节 同功器官与同源器官</b> .....	132
第二节 植物体内的组织系统 .....	59	<b>第四章 植物的繁殖和繁殖器官</b> .....	135
<b>第三章 种子植物的营养器官</b> .....	62	第一节 植物的繁殖 .....	135
第一节 根 .....	62	一、植物繁殖的类型 .....	135
一、根的生理功能 .....	63	二、常用的营养繁殖及解剖学基础 .....	136
二、根与根系 .....	63	第二节 花 .....	138
三、根尖的结构与发育 .....	65	一、花的形态和结构 .....	138
四、根的初生结构 .....	68	二、花各部分的演化 .....	144
五、侧根与不定根的形成 .....	71	三、花程式和花图式 .....	145
六、根的次生生长和次生结构 .....	73	四、花序 .....	146
七、根瘤与菌根 .....	76	五、花芽分化 .....	148
八、特化的根 .....	78	第三节 雄蕊的结构和发育 .....	149
第二节 茎 .....	82	一、花药的发育 .....	149

二、花粉粒的发育 .....	150	二、传粉 .....	159
三、花粉粒的形态及内含物 .....	153	第六节 受精作用 .....	161
四、花粉败育与雄性不育 .....	154	一、花粉粒的萌发与生长 .....	161
五、花药和花粉培养 .....	154	二、双受精作用 .....	162
第四节 雌蕊的结构和发育 .....	154	三、无融合生殖和多胚现象 .....	164
一、雌蕊的结构 .....	154	第七节 种子和果实 .....	165
二、胚珠的发育 .....	155	一、种子和幼苗 .....	165
三、胚囊的形成 .....	156	二、果实的形成和类型 .....	179
第五节 开花与传粉 .....	159	三、果实和种子的传播 .....	183
一、开花 .....	159	第八节 被子植物的生活史 .....	185

## 下篇 植物系统分类

<b>第五章 藻类植物</b> .....	193	第七节 硅藻门(Bacillariophyta) .....	207
第一节 藻类植物概述 .....	193	一、形态结构 .....	207
一、藻类植物分布 .....	193	二、繁殖 .....	208
二、藻类植物分门的依据 .....	193	三、分类及代表 .....	209
三、藻类的繁殖方式及生活史类型 .....	193	四、硅藻门在植物界的地位 .....	210
第二节 蓝藻门(Cyanophyta) .....	195	第八节 绿藻门(Chlorophyta) .....	210
一、形态结构 .....	195	一、形态结构 .....	210
二、繁殖 .....	196	二、繁殖 .....	211
三、分类及代表 .....	197	三、分类及代表 .....	212
四、蓝藻门在植物界的地位 .....	198	四、绿藻门在植物界的地位 .....	220
第三节 裸藻门(Euglenophyta) .....	198	第九节 红藻门(Rhodophyta) .....	221
一、形态结构 .....	198	一、形态结构 .....	221
二、繁殖 .....	200	二、繁殖 .....	221
三、分类及代表 .....	200	三、分类及代表 .....	222
四、裸藻门在植物界的地位 .....	201	四、红藻门在植物界的地位 .....	224
第四节 甲藻门(Pyrrophyta) .....	201	第十节 褐藻门(Phaeophyta) .....	224
一、形态结构 .....	201	一、形态结构 .....	224
二、繁殖 .....	202	二、繁殖 .....	225
三、分类及代表 .....	202	三、分类及代表 .....	226
四、甲藻门在植物界的地位 .....	203	四、褐藻门在植物界的地位 .....	229
第五节 金藻门(Chrysophyta) .....	203	第十一节 藻类植物的起源与演化 .....	229
一、形态结构 .....	203	一、依光合色素的演化建立的藻类植物	
二、繁殖 .....	203	系统树 .....	229
三、分类及代表 .....	204	二、藻类体型及生活史的演化 .....	230
四、金藻门在植物界的地位 .....	205	三、藻类植物的经济意义 .....	230
第六节 黄藻门(Xanthophyta) .....	205	<b>第六章 菌物(Fungi)</b> .....	233
一、形态结构 .....	205	第一节 菌物概论 .....	233
二、繁殖 .....	206	第二节 黏菌门(Myxomycota) .....	233
三、分类及代表 .....	206	一、主要特征 .....	233
四、黄藻门在植物界的地位 .....	207	二、主要类群 .....	233



三、黏菌门在生物界的地位 .....	236	第五节 苔藓植物的起源和演化 .....	283
第三节 真菌门(Eumycota) .....	236	一、苔藓植物是否是一个自然类群 .....	283
一、主要特征 .....	236	二、苔藓植物的起源与演化 .....	284
二、繁殖及生活史 .....	237	三、苔藓植物的生态学及经济意义 .....	286
三、主要类群 .....	238	<b>第九章 蕨类植物(Pteridophyta) .....</b>	<b>288</b>
第四节 鞭毛菌亚门(Mastigomycotina) .....	238	关于维管植物 .....	288
一、主要特征 .....	238	一、中柱类型及其演化 .....	288
二、主要类群 .....	238	二、维管植物的分类系统 .....	289
第五节 接合菌亚门(Zygomycotina) .....	242	第一节 蕨类植物概述 .....	290
一、主要特征 .....	242	一、孢子体 .....	290
二、主要类群 .....	243	二、配子体 .....	291
第六节 子囊菌亚门(Ascomycotina) .....	245	三、生活史 .....	291
一、主要特征 .....	245	第二节 松叶蕨亚门(Psilophytina) .....	292
二、主要类群 .....	247	一、形态结构 .....	292
第七节 担子菌亚门(Basidiomycotina) .....	252	二、分类及代表植物 .....	292
一、主要特征 .....	252	第三节 石松亚门(Lycophytina) .....	293
二、繁殖 .....	252	一、形态和结构 .....	293
三、主要类群 .....	253	二、分类及代表植物 .....	293
第八节 半知菌亚门(Deuteromycotina) .....	262	第四节 水韭亚门(Isoëphytina) .....	296
一、主要特征 .....	262	一、形态结构 .....	296
二、主要类群 .....	263	二、分类及代表植物 .....	296
第九节 菌物的演化 .....	265	第五节 楔叶蕨亚门(Sphenophytina) .....	296
第十节 菌物与人类生活 .....	265	一、形态结构 .....	297
<b>第七章 地衣(Lichens) .....</b>	<b>268</b>	二、分类及代表植物 .....	297
一、地衣及其形态结构概述 .....	268	第六节 真蕨亚门(Filicophytina) .....	298
二、形态结构 .....	268	一、形态结构 .....	298
三、繁殖 .....	269	二、分类及代表植物 .....	300
四、分类及代表类群 .....	271	第七节 蕨类植物的起源和演化 .....	306
五、经济及生态意义 .....	271	一、蕨类植物经历的地质年代 .....	306
<b>第八章 苔藓植物(Bryophyta) .....</b>	<b>273</b>	二、化石蕨类植物的主要类群 .....	306
第一节 概论 .....	273	三、蕨类植物的起源和演化概述 .....	309
一、苔藓植物的基本特征 .....	273	第八节 蕨类植物与人类生活的关系 .....	310
二、苔藓植物对陆地生活的适应性 .....	274	<b>第十章 裸子植物亚门(Gymnospermae) ...</b>	<b>313</b>
三、苔藓植物的分类 .....	275	关于种子植物 .....	313
第二节 苔纲(Hepaticae) .....	275	一、种子植物的特征 .....	313
一、形态结构 .....	275	二、种子植物的分类 .....	314
二、主要类群 .....	275	第一节 裸子植物的特征 .....	314
第三节 角苔纲(Anthocerotae) .....	278	第二节 裸子植物分类 .....	315
一、形态结构 .....	278	一、苏铁纲(Cycadopsida) .....	316
二、主要类群 .....	278	二、银杏纲(Ginkgopsida) .....	318
第四节 蘚纲(Musci) .....	279	三、松柏纲(Coniferopsida) .....	320
一、形态结构 .....	279	四、紫杉纲(红豆杉纲, Taxopsida) .....	333
二、主要类群 .....	280	五、买麻藤纲(Gnetopsida) .....	337

第三节 裸子植物的起源和演化 .....	342	二十四、伞形目(Umbellales, Apiales) .....	423
一、蕨类植物的孢子囊 .....	342	二十五、杜鹃花目(Ericales) .....	426
二、胚珠的起源 .....	343	二十六、报春花目(Primulales) .....	427
三、裸子植物的起源与演化概述 .....	343	二十七、柿树目(Diospyrales, Ebenales) .....	429
<b>第十一章 被子植物亚门</b>		二十八、木犀目(Oleales) .....	432
<b>(Angiospermae)</b> .....	354	二十九、龙胆目(Gentianales) .....	433
第一节 被子植物概述 .....	354	三十、管花目(Tubiflorae) .....	439
一、被子植物的特征 .....	354	三十一、川续断目(Dipsacales) .....	447
二、被子植物的分类原则 .....	356	三十二、钟花目(桔梗目, Campanulales) .....	448
三、被子植物的分类 .....	357	<b>第三节 单子叶植物纲(Monocotyledoneae)</b> .....	452
第二节 双子叶植物纲(Dicotyledoneae) .....	357	一、沼生目(Helobieae) .....	452
一、胡桃目(Juglandales) .....	357	二、百合目(Liliiflorae) .....	454
二、杨柳目(Salicales) .....	358	三、灯心草目(Juncaceae) .....	458
三、山毛榉目(Fagales) .....	360	四、鸭跖草目(Commelinales) .....	459
四、荨麻目(Urticales) .....	362	五、禾本目(Graminales, Poales) .....	459
五、檀香目(Santalales) .....	367	六、棕榈目(Palmales, Arecales) .....	464
六、蓼目(Polygonales) .....	367	七、佛焰花目(Spathiflorae) .....	465
七、中央子目(Centrospermae) .....	369	八、露兜树目(Pandanaceae) .....	468
八、木兰目(Magnoliales) .....	372	九、莎草目(Cyperales) .....	468
九、毛茛目(Ranales) .....	380	十、姜目(囊荷目, Zingiberales,	
十、胡椒目(Piperales) .....	384	Scitamineae) .....	470
十一、马兜铃目(Aristolochiales) .....	385	十一、兰目(微子目, Orchidales,	
十二、藤黄目(Guttiferales) .....	385	Microspermae) .....	473
十三、罂粟目(Papaverales) .....	390	<b>第四节 被子植物的起源与系统发育</b> .....	477
十四、蔷薇目(Rosales) .....	393	一、被子植物的起源 .....	477
十五、牻牛儿苗目(Geraniales) .....	403	二、被子植物的系统发育 .....	482
十六、芸香目(Rutales) .....	406	<b>第十二章 植物系统学概要及其发展</b>	
十七、无患子目(Sapindales) .....	409	<b>动态</b> .....	500
十八、卫矛目(Celastrales) .....	411	第一节 植物的系统发育 .....	500
十九、鼠李目(Rhamnales) .....	413	一、地球的演化及植物的系统发育历程 .....	500
二十、锦葵目(Malvales) .....	414	二、植物系统发育关系的建立 .....	505
二十一、堇菜目(Violales) .....	418	第二节 植物系统学的动态简介 .....	506
二十二、葫芦目(Cucurbitales) .....	419	一、植物分子系统学 .....	506
二十三、桃金娘目(Myrtales) .....	420	二、分支系统学 .....	518
<b>常用植物学术语解释</b> .....			525



# 引言

植物学虽然是一门古老的学科,但是在生命科学飞速发展的今天,分子生物学和基因组学的研究为未来的植物学研究开启了一扇探寻植物更多奥秘的大门。植物占地球生物量的98%,它跟人类生存息息相关。从35亿年前原始的蓝藻植物进行光合作用为地球增加氧气,光合产物为后继者提供食物时起,植物为地球生命的繁衍一直而且将永远做出贡献。

## 关于植物细胞

植物细胞具有含纤维素为构架物质,果胶为衬架物质的细胞壁,亚细胞结构中最为突出的是具有叶绿体等质体,和含有高渗细胞液的液泡。虽说生命是同源的,细胞是生物体结构和功能的基本单位,但是具有纤维素的细胞壁、质体和液泡却可以把植物和其他的生命形式分开。

纤维素的细胞壁,它最初形成不是在陆地的生物而是在海洋生物中,绿藻、红藻、褐藻都具有这种纤维素的细胞壁,纤维具有柔韧易曲的特性,作为构架物质它使细胞保持了一定形状仍不失柔韧。果胶作为细胞壁的衬架物质,与纤维素均是由糖类构成的,是由自身细胞合成和分泌的,不是外来的物质,因此细胞壁具有内起源性。依现在所知,叶绿体利用太阳光能,把 $\text{CO}_2$ 、水合成为糖类,这就是光合作用。在进行光合作用的同时, $\text{O}_2$ 作为副产物放出。有了糖类这种光合作用的产物,植物细胞壁的形成才是可能的。据此可以认为叶绿体的形成早于植物细胞壁的形成。对于叶绿体的形成过程已无从知晓,但从现存的原核生物蓝藻来看,叶绿体并不是一步形成的。蓝藻远未形成叶绿体,只有含叶绿素a的类囊体,含蓝藻藻蓝素和红藻藻红素的藻胆体。依化石记录,最早出现的具有光合能力的蓝藻化石,发现于距今35亿年前澳大利亚的岩石中,其形态与现存的蓝藻很相似。又过了5亿年,即距今30亿年前,发现蓝藻在光合作用的同时也放出了 $\text{O}_2$ ,使得大气中 $\text{O}_2$ 缓慢增加,到了距今10亿年前,具有光合作用能力的许多生物诞生了,大气中的 $\text{O}_2$ 已经大量积累,需氧呼吸的生物也诞生了。

尽管没有直接的证据说明叶绿体就是从蓝藻起源的,但是分子进化研究确认叶绿体起源于蓝藻的祖先。关于叶绿体的起源有渐进说和内共生说两种,渐进说认为叶绿体是由真核细胞的祖先自行产生的,和光合作用有关的细胞膜发生内褶和间隔化,形成具有双层膜的密闭体,并脱离细胞膜成为独立存在的叶绿体。叶绿体的内共生说认为,根据生物中普遍存在的细胞内共生这一现象,设想较大的单细胞生物“吞噬”了另一种较小的单细胞生物,两者首先建立了内共生关系。在细胞进化过程中,被“吞噬”的小细胞逐步特化,成为细胞内具有特殊结构功能的亚细胞结构——细胞器。真核细胞“吞噬”了蓝藻细胞,先在两者之间建立内共生关系,然后蓝藻细胞再转化成叶绿体。按照内共生说,叶绿体不是自身细胞起源的,这一点和近代的一些研究结论吻合。例如叶绿体在细胞内的增加只能通过自身的分裂,不是从细胞的其他部分形成;把叶绿体分离出来置于其他真核细胞,或在培养基上可以存活很长时间,甚至可进行有限次数的分裂增殖;叶绿体拥有与细胞核、线粒体互为独立的基因组;叶绿体中蛋白质合成体系,包括核糖体、mRNA、tRNA以及有关的酶,对蛋白质合成的抑制物的反应,与蓝藻和细菌的相似,而与真核细胞质中的

有较大的差异；叶绿体 rRNA 序列与蓝藻光合器 rRNA 序列相似程度很高，而与叶绿体所在细胞的细胞质 rRNA 序列的相似程度较低。

高等植物叶绿体形态比较一致，椭球形，外形似橄榄球，每个同化细胞中的叶绿体数量不等，通常有几十个，多至几百个，并且不具淀粉核。但在藻类植物中，叶绿体的形态是多种多样的，杯状、厚垣状、带状、盘状、星芒状和网状，无一例外均具有淀粉核，在许多种类一个细胞只有一个叶绿体。在高等植物中只有角苔类细胞具有单个叶绿体。

### 植物细胞的繁殖

植物的生长是通过细胞的增生也就是细胞分裂进行的。但对藻类植物考察一下就会发现，细胞的分裂能力也是逐步演化出来的，是从只有一个分裂方向，到具有两个分裂方向，最后细胞发展出具有三个方向分裂的能力。这就是通常所说的切向切面分裂、径向切面分裂和横向切面分裂。单细胞和单列细胞丝状体类型，细胞仅具一个分裂方向，在具有单层细胞厚的片状体类型，细胞具两个分裂方向，到了结构更为复杂的轮藻、褐藻和许多高等植物，细胞就具有了三个分裂方向，在长、宽、高三面生长成更高大的植物。分生组织的细胞分裂特别活跃，不但能进行三个方向的分裂，而且有了位置和功能的分工，顶端分生组织位于茎尖和根尖，它使茎向上，使根向下生长，这就是顶端生长优势；侧生分生组织能使根、茎伸长、长高变粗，这就是维管形成层和木栓形成层活动的结果；居间分生组织位于叶柄、花梗、节间，使这些部分进行有限的生长，主要是伸长生长。

### 植物适应陆地生活的必要条件

植物在陆地的生活条件无疑比水中更为严酷，因此植物要在陆地生活，有两个问题必须首先解决，一是解决水分的供应，二是避免水分的过度散失。植物的根从土壤吸收水分，然后由管胞或导管上行运输。但最初登陆的维管植物开始并没有根，从系统发育看，根是后来发展出来的，这一点我们从根茎维管组织的衔接可以推断。从现存的苔藓植物看，植物首先解决水分过度散失的问题，这就是上表层细胞壁增厚并角质化，下表层细胞壁并未增厚和角质化。至于水分的供应，苔藓植物尚未发展出真正的输导组织，只是出现了“导水胞”和“类筛管”这样的原始管状分子。但是苔藓植物以叶状体或矮小的拟茎叶体，下表层细胞壁保持薄壁，除了细胞壁增厚的上表层外，它以植物体全部表面吸收水分，以毛细管状的细胞间隙在体内迅速运输水分，因此苔藓植物尽管没有输导组织，也没有根，但它在失水后能快速地吸水。输导组织在裸蕨中已经发展出来，但裸蕨仍然没有根，只有假根。蕨类植物已经有了根茎叶的分化，输水的管状分子经由管胞，到麻黄式的导管，再发展成导管，导管从倾斜的端壁具有很多横沟到单穿孔。输导养分的管状分子从筛胞加上蛋白胞，到筛管加上伴胞，筛板从复筛板到单筛板。维管柱的结构有很多种形式，原生中柱、管状中柱、网状中柱以及这些中柱类型的中间形式在蕨类植物表现得很复杂，但在种子植物却以选择原生中柱为出发点，在茎有了分枝和叶后，加上横向运输的射线对维管柱进行了分割，维管柱以束为单位在横切面上排成一轮，木质部与韧皮部常成内外共生型，这就是由古蕨的原生中柱发展而来的“真中柱”。内外共生型维管束，称为开放维管束，这对植物茎向外增粗是有利的。因此种子植物的维管柱具有最古老的起源，其形式比蕨类植物简单。这就表明在进化的过程中，尽管有各种各样的中柱发生，但能最有效起作用的不是更为复杂的结构，而是那些最为有效较为简单的结构。管胞也是如此，管胞上的具缘纹孔具有复杂的结构，具有突起的纹孔缘、长长的纹孔道、纹孔膜，还有纹孔塞，这种在水分输送时无用的精致结构对裸子植物来说可能是一个“硬伤”，加上管胞输水的局限性，不能给它们带来更为繁盛的后代，现存裸子植物总共不足 1 000 种。输水的管胞和导管把水从根部提升到茎顶，类似毛细管，但毛细管提水的高度受到大气压的影响，一旦毛细管内压力与大气压平衡，水在毛细管内就不能再上升。苔藓植物是以细胞间的缝隙作为毛细管的，没有真正的管状分子，而且个体成为叶状体或矮小的拟茎叶体，通过毛细管吸水能够满足植物体水分的需要。实际上高大的植物，特别是乔木，因为最高大的乔木可高达 150 m，仅靠毛细管把水从根部提升到茎顶是办不到的，因此促使水分在管状分子中上升的主要动力是蒸腾作用提供的。蒸腾作用由气孔完成。在苔藓植物已经有气孔，开始在苔

类,其气孔不能关闭,后来在藓类开始有了真正的气孔,这表明苔藓植物在植物体内水分过盛时有把多余水分排出体外的需要。当然气孔除了是水分蒸腾的出口外,光合作用时  $\text{CO}_2$  进入,产生副产物  $\text{O}_2$  的逸出也要通过气孔。

2005年,英国自然历史博物馆的古植物学家保罗·肯里克发现,不但气孔的产生,而且气孔的数量也是演化的结果,气孔数量增多促使小型叶向大型叶演化。而叶上气孔数量与大气中  $\text{CO}_2$  的含量有关。在4亿年前相当于泥盆纪早期,陆地上最初形成的植物仅具小型叶,叶上气孔数量很少,这种形态的叶光合作用效率有限。当时大气中  $\text{CO}_2$  的浓度是现在的10倍,植物只需要少量气孔就能满足吸入  $\text{CO}_2$  的需要。但是模拟的计算机模型同时显示,气孔数量少会导致植物的蒸腾量太少和叶温升高,这时要是叶变宽大就没有足够的气孔来散热。并非这种小型叶植物没有形成大型叶的基因和生理机制,但在  $\text{CO}_2$  浓度非常大的情况下,没有形成大型叶的需要。又过了2000万年,距今3.7亿年时,大气中的  $\text{CO}_2$  浓度下降,可能迫使叶增大面积、增加气孔的密度。研究人员研究了具有完整外表皮的化石标本上的气孔数量,证明了在大气中的  $\text{CO}_2$  的浓度迅速下降的同时,气孔的密度和叶的表面积也在增加。

伴随植物体表皮保护结构以及输导组织的完善,植物体内组织分化加速进行,如各种机械组织出现,使植物体更为坚强,适于陆地生活。

### 无性生殖

无性生殖是植物一种特殊的繁殖方式,在孢子囊内由双核相的细胞经过减数分裂或单核相的细胞经有丝分裂形成孢子,在水环境生长的藻类、低等真菌产生能游动的孢子,孢子萌发或直接形成新的个体,或直接转化成雌雄配子,较复杂的要经过配子囊再产生雌雄配子。不同植物类群孢子囊的结构有极大的不同,简单的在一个细胞内细胞经反复分裂,形成多数的孢子,母细胞壁就是孢子囊壁,高级类群如苔藓植物孢子囊、一些蕨类植物的孢子囊具有复杂的结构,孢子囊壁由一或多层不育细胞组成,具有使孢子囊开裂和孢子散布的结构和机制。孢子由同型无性别分化,或同型有性别分化,发展到异型。孢子成熟后,在藻类植物、菌物、苔藓植物和蕨类植物它们均无一例外要离开母体才能发育,而在种子植物,孢子不脱离母体并在母体内萌发。在植物演化的过程中还可以看到,假定出现了异型孢子,而且它们都是经过双核相的孢母细胞减数分裂产生的,所产生的小孢子都是有效的,而大孢子则常常只有一个发育。总的趋势是孢子从同型到异型,无性生殖过程所产生的全部小孢子都能发育,大孢子从全部能育,到最后通常只有一个能育。这点看来也是植物的一种生存战略,为了保证大孢子产生雌配子受精,只有把雄雌配子比例增大,譬如,雄配子:雌配子=100:1,或更大时,雌配子受精的机会就会更大。

苔藓植物的孢子壁第一次具有了孢粉素,在演化中具有重要意义,这一特征在蕨类植物的孢子、种子植物的花粉都保存下来。孢粉素能耐强酸强碱,因此在孢粉研究中是以浓硫酸加醋酸酐来消化孢粉壁的其他组织,经此处理后的孢粉外壁仍保持完好。孢粉在高温高压的地层中经历几亿年还能保存下来,就是孢粉素所起的作用。孢子和花粉的壁层由外壁层的孢粉素和内壁层的纤维素构成,在地层中,纤维素组成的内壁层可以被销蚀,而外壁层则保留下来。由于孢子具有孢粉素这一高聚合物构成的外壁,使其渡过恶劣环境,保证了孢子这一微小个体存活,以便在环境适宜时萌发,这是适应陆上生境除细胞壁角质化演化出来的另一具重大意义的特征。具孢粉素的外壁虽然看起来坚强无比,但孢粉也同时具有能使孢粉壁开裂或融溶的机制,因此具孢粉素的外壁既能“外御其侮”,又不是自我封闭的结构。到后来孢粉壁就发展出了沟孔构造,以利孢粉萌发。

### 有性生殖

有性生殖是在生命诞生之后的某一时期发展出来的。有人认为有性生殖一旦发展出来就被作为生物繁衍的主要方式而不能被舍弃。有性生殖过程通过基因配对和基因交换,在结合了两性的遗传信息并把它传给下一代的同时,保证了后代的多样性,而在最适者生存的自然选择法则下,保留那些能适应环境的后代。有性生殖保证了足够多有差异的后代,在自然选择中淘汰劣质的后代,使生物多样性能够健康发展。在原始

的植物类群,植物体不产生任何有性生殖结构,单核相的植物体经由孢子形成游动或不游动的配子,或者直接从营养细胞稍加改变形成配子,雌雄配子结合方式由同配、异配,发展到卵式生殖,是有性生殖在体外完成,最后在体内完成的演化过程。这就要求生殖结构也应有相应的形式出现,创造一个不受外界干扰的内环境。这一进化过程历时很长,例如从藻类植物的没有专门的生殖结构到较为简单的生殖结构,最后到种子植物拥有的完善生殖结构,估计不少于5亿年的时间。有性生殖结构可以是很复杂的,如轮藻的精囊和卵囊,其最重要标志是生殖细胞是否具有了由不育细胞组成的保护套。卵式有性生殖最重要的特征是受精过程在雌配子囊内进行,如果是陆生植物这就具有很大的意义,保证雌雄配子在湿润的环境能够生存,完成受精过程,在水环境中生长的藻类植物这种结构具有较少的意义。有性生殖过程产生的雄配子一直都是有鞭毛能游动的,需要有水的环境才能完成受精过程,这一具有鞭毛的雄配子,即使在种子植物的苏铁和银杏也还保留下来,在其他的裸子植物和被子植物雄配子则完全失去了鞭毛。有性生殖的结果产生了合子。合子进行减数分裂,形成单核相的新个体,或直接萌发形成二倍的新个体,高等植物合子经过胚的分化形成新的孢子体,苔藓植物的孢子体是不能独立生活的,蕨类植物和种子植物的孢子体是独立生活的。

从无性生殖和有性生殖可以发现,最后孢子和配子的形成均在母体中,是进化过程选择了在母体形成特定结构,而这个结构的局部环境是稳定而保持湿润的。随后受精过程、胚的发育和种子形成均在母体,这种称为“滞母性”的现象不但存在于高等植物而且也存在于哺乳动物。

### 颈卵器

颈卵器是一个形如烧瓶的结构,由颈和腹两部分组成,外部常由一层不育细胞包裹,颈部中央有一列颈沟细胞,腹部有一卵,连接颈部与腹部有一腹沟细胞。组成颈部的细胞数目可以很多,也可以仅为4个,这与进化或者有关,或者无关,如种子植物麻黄有32个颈细胞,较早出现颈卵器的苔藓植物却可以很少,只有2层8个细胞。颈卵器是在配子体上产生的,性质上属于卵囊。苔藓植物和蕨类植物成熟的孢子要离开母体,前者经过原丝体阶段形成配子体,后者萌发形成称为原叶体的配子体。而在裸子植物中,颈卵器是在胚珠中形成的雌配子体上产生的。颈卵器结构看似简单,但它把雌配子——卵,局限在有限的封闭的囊中,受精时,颈沟细胞和腹沟细胞解体,颈口张开,同时颈卵器释放出引导精子的物质,使精卵结合。颈卵器埋于两性或雌配子体中,再加上其封闭的湿润环境,对保证精、卵存活和受精过程的完成具有重大意义。因此颈卵器在苔藓植物或其他更早的植物类群产生后,一直延续到种子植物,即使胚珠产生了也仍具有这种结构,也充分说明了颈卵器的有效性。

### 胚珠、花粉管和种子

胚珠由珠被、珠心、珠孔、珠柄构成,珠被与珠心汇合处称为合点。胚珠是种子植物特有的结构,它实际上相当于孢子囊,当大孢子母细胞经过减数分裂产生了4个大孢子后,通常仅由一个大孢子在珠心内萌发形成雌配子体,裸子植物除买麻藤植物和百岁兰外在雌配子体的珠孔端产生若干颈卵器;买麻藤植物和百岁兰的雌配子体中不产生颈卵器,因而作为雌配子是不确定的;在被子植物中,大孢子萌发产生7细胞8核的胚囊,其中含一可以加以确定的卵。受精过程是在胚珠中完成的,合子是在胚珠中发育成胚的,胚珠最后就发展成为种子。从孢子的发生、雌配子体发生,不管是否产生颈卵器,受精过程、胚的分化和发育、种子形成均在胚珠内进行,也就是在二倍的孢子体内进行。从雌配子体中产生颈卵器,即便在种子植物中,和苔藓植物、蕨类植物也是一致的。有效孢子萌发成雌配子体,再产生颈卵器,把卵包在其内,从现在的观点看,这明显是多余的一步,于是在买麻藤植物、百岁兰舍弃了颈卵器,仍然保持了多细胞多核的雌配子体这一形式,只是在被子植物中才省去了这一步,演化出包括卵在内只有少数细胞的胚囊。然而买麻藤植物和百岁兰具有由雌配子体发展来的单核相的胚乳,和松柏类等一样,仍然属于裸子植物。由这一点看,被子植物不可能从裸子植物演化出来,最有可能是从两者的共同祖先起源,这个共同祖先可以称为“胚珠植物”或者是“前种子植物”,但很早就分道扬镳了。植物演化上的多余一步,也许就注定了裸子植物和被子植物今天的结局。

花粉管是种子植物特有的结构,但从有性生殖的演化来看,发展到卵式生殖,精子除了具鞭毛能游到卵

囊,完成精卵结合的方式外,还有更为直截了当的方式,把精子直接送到卵囊。在水霉(*Saprolegnia*)精囊与卵囊同生在一条菌丝上彼此靠近,有性生殖时精囊长出—或数条丝状细管,到达卵囊并贯穿卵囊壁,通过细管将精子直接送到卵囊内;在火丝菌(*Pyronema confluens*)其卵囊称为产囊体,与精囊分别生长在同一菌丝的二叉分支上,两者接近,然后从产囊体上长出一条弯曲的丝状管,在未接触到精囊时,丝状管与产囊体具有一横隔,待丝状管与精囊接触贯通精囊时,丝状管的顶部与基部的隔膜消失,精子由丝状管输送到产囊体。由精囊产生的丝状管称为授精丝,由产囊体产生的丝状管称为受精丝,这是低等的孢子植物的复杂形式。但是这种授精丝或受精丝与种子植物花粉管有千万里之遥。花粉管是花粉散布到胚珠或柱头上萌发形成的,它直接进入胚珠,到达颈卵器或胚囊,释放精子,精卵结合,完成受精过程。花粉管是运送精子有保障的工具,它的诞生使植物有性生殖过程最终摆脱了必须有水的条件,这一过程也许是缓慢的,因为在苏铁植物与银杏有了花粉管这一结构后依然保持着有鞭毛的精子。花粉管的出现使鞭毛成了多余的结构,最终植物的演化把它舍弃了。

种子可以划分为裸子植物的种子和被子植物的种子,两者不同之处在于裸子植物的胚乳是雌配子体的残余,而被子植物胚乳是双受精的结果。在种子蕨化石中发现了胚珠的结构,并且在花粉室有花粉管,但却至今未发现胚的存在,这是令人费解的现象。但如果解剖更多的苏铁、银杏的种子,就会不时发现有胚乳没有胚的苏铁“种子”和银杏“种子”,这一现象可以解释为裸子植物的胚乳是在雌配子体形成时就产生的,而不管精卵是否结合,受精过程是否完成,合子和胚是否发育。在被子植物,“双受精过程”不完成,无论胚和胚乳都不会产生。依产生后代进行繁衍这一终极目标而论,受精过程不完成,即使产生了大量的胚乳,也是徒然浪费能量。由此可见,被子植物生存战略比裸子植物要占上风。

### 柔荑花序类与多心皮类

柔荑花序类是被子植物具有单性花的类群,花被通常退化,每一雄花具有有限数目的雄蕊,但雄花数量极多;多心皮类是被子植物中具有两性花的类群,花的各部分多数,分离,雌雄蕊分化程度较低,具有聚合果。这是被子植物极端的两个类群,它们中究竟哪一类群代表了更原始的被子植物类群?有一些分子系统学的证据认为多心皮类是被子植物的原始类群,最近在辽宁发现的辽宁古果和中华古果似表明原始的被子植物具有两性的花,雌蕊生于花托的上端,雄蕊生于花托的下端,雌雄蕊在花托上是疏离的,没有花被或苞片的痕迹。这些个别的化石证据是否就能证明,被子植物的祖先就是具有两性花的类群呢?

### 两性花是原始的吗?

最原始的具有两性花的化石是拟苏铁,它具有两性的孢子叶球,但其形态是多数羽状分裂的小孢子叶满布着小孢子囊,着生在孢子叶球的基部;数量极多的大孢子叶具长柄,在柄端生一胚珠,着生在孢子叶球的中央,在大孢子叶间有不育的盾状叶隔开。这种形态似与现代的多心皮类在形态上相去甚远。辽宁古果和中华古果除了不具花被与现代的木兰科含笑属有些相似。也许需要更多的具有连续演化的两性花化石证据来解决我们今天的疑问。

考察现存种子植物就会发现,裸子植物全部具有单性花,苏铁植物、银杏、买麻藤植物为雌雄异株,松柏植物雄花似为单花,以多数小孢子叶排成穗状,每孢子叶有2至多数小孢子囊;雌花则为花序,以珠鳞后面有苞鳞为一花,珠鳞腹面有2至多枚胚珠,螺旋状排列在轴上,此形态类似花序梗缩短的柔荑花序;紫杉纲、买麻藤纲都是具有花序的类群。在买麻藤纲植物常常在雄花中发现退化的雌蕊,但未在雌花中发现退化的雄蕊,而在现存麻黄植物中也发现了雌雄同序的种类,如两性麻黄(*Ephedra equisetina* Bunge var. *monoica* Y. Yang),实际上这样的“两性麻黄”早就已经发现,恩格勒就是以具有雌雄同序的弯柄麻黄作为被子植物的两性花是由单性花起源的证据。对于这一点似难以这样论定。

但是在被子植物进化的过程中,与动物界尤其是昆虫的协同进化是非常重要的,从化石种子蕨、现存的裸子植物看,它们均为风媒传粉。而可能与裸子植物同时由种子蕨起源的被子植物一开始就采取了虫媒传粉的路线,这却是不能证实的。凡风媒传粉的植物必须产生大量的花粉,花没有花被或花被退化才能方便风

吹送花粉到达雌花的柱头或胚珠上；而凡虫媒传粉的花，花必须作适当的改造，花被的形态要适合昆虫光顾，花大、色艳有香气，花粉粒上具有的雕纹更适于昆虫带走，具有内藏或显露的蜜腺，花粉结合成块状及形成有利于昆虫携带的黏盘等。因此，当考察虫媒传粉的花如唇形科、萝藦科、兰科植物的花时，其与昆虫相互配合的精巧结构常令人叹为观止。与风媒花相比，虫媒花所产生的花粉数量要少得多，因为虫媒传粉一般具有近距离性和较有针对性。在整个被子植物中，虫媒传粉的种类比风媒传粉的种类要多得多，被子植物种类多样性推动了昆虫种类的多样性发展，反之亦然，但是究竟是昆虫的发展在前，推动了被子植物的进化，还是被子植物的发展在前，推动了昆虫的进化，从目前的资料判断，似乎应是后者。而且现存风媒传粉的植物除了在禾本科和莎草科加起来有 14 000 种左右外，在具柔荑花序类的双子叶植物每一个科拥有的种类都不超过 1 000 种。而且就是公认为风媒传粉的山毛榉科，也有一些种类开花时发出臭味吸引蝇类帮助其传粉，在桑科许多种都具柔荑花序，但在无花果属等却具有巧妙的虫媒传粉结构。据此有理由推断虫媒传粉要迟于风媒传粉，当然这仍然有待于来自化石的证据。

### 植物生存的策略举例

上面已涉及这一问题，其中有性生殖、突变、适者生存(survival of fittest)的自然选择是最重要的。由于地球上的环境千差万别，植物的生存策略也就多种多样。据认为现在地球上的植物约 55 万种，意味着有 55 万种适应今天地球生活的方法。对于地球上任何一个特殊环境，可能就有许多适应的植物种类。植物常常是以群落的形式存在的，当然也不存在只适应于一种植物、排他性的环境。

生长在冬季寒冷结冰气候环境里的大量植物，结冰的土壤使根不能从土壤中吸收水分，如果冬季又干燥多风，枝条失水，植物就会因干燥而处于危险之中，于是植物采取冬季落叶，树皮变厚可以抵御寒冷，不能改变体态适应这种环境的植物将被淘汰。在这样的环境下，许多种类地上部分冬季全部枯死，但地下的鳞茎、球茎、块茎保留下来了，来年春天又会发芽生长。鳞茎本来长在地表，由于根的收缩，把鳞茎拉进土壤。也有的植物是短命的，在条件适宜时，短时间内就能完成整个生活周期，在开花结实后全株死亡，但留下的种子渡过恶劣的环境去延续后代。在这种环境下如果植物是常绿的，其叶的角质层变得格外厚，使水分散失最小化。

热带雨林的高大乔木有许多附生植物，从亚气生藻类、地衣、苔藓、蕨类到凤梨科、兰科的植物，这些附生植物根是暴露在空气中的，由于水分供应不能及时得到，因此除了下雨时吸收水分，不下雨时也能从潮湿的空气中吸收水分，根具有根被，叶片通常厚，表皮细胞有很厚的角质膜和蜡被等，一方面可以贮藏水分，另一方面可以减少蒸腾。有的是寄生的植物，根进入寄主体内直接从寄主吸收水分、无机盐和养分；有的是半寄生的植物，根进入寄主体内仅吸收水分和无机盐，有正常的叶，能自己制造养分。藤本植物以旋转方式盘绕在树上，到树顶去争取阳光，有的藤本植物幼时攀爬在小树上，它伴随着小树长大，最后连带着把它带到高处。

红树林是热带和亚热带海滨的一道靓丽的风景线，红树植物生长在淤泥滩上，涨潮时浸泡在海水中，有时只露出树梢，退潮时可见有许多膝状的呼吸根，适应退潮时还饱含水分的淤泥中的根进行气体交换。红树要适应在含盐很高的环境中生活，其根对溶解在海水的盐分不会全部吸收，而且即使吸收了过多的盐分，叶还发展出泌盐的代偿机制。在淡水湖塘边上生长的水松、水杉、落羽杉等也有呼吸根。当然原本就生长在海中的藻类植物早就适应了海水环境。长在湖边、河口的芦苇、灯心草不同于在水中生长的乔木类，因为其茎髓形成称为气道的空隙，不需要形成呼吸根进行气体交换。成熟的红树植物种子在树上就开始萌发，胚根穿出果皮，然后长得粗长，长度可超过果实长度的 10 倍以上，最后在果柄处脱落，长度、重量如此悬殊的下胚轴和上胚轴可以保证幼苗垂直插进海滩淤泥中，这种适应性是针对红树植物特定环境的。

沙漠中的仙人掌科植物、夹竹桃科植物、大戟科、番杏科植物叶极端肉质化，细胞壁增厚并有蜡被，或退化成刺或鳞片，茎常肉质化，产生强大的贮水组织，茎皮细胞含叶绿体。尽管仙人掌科植物和大戟科植物在亲缘关系上比较疏远，但在干旱地区生长的这两科植物在体态上还是很相似的。仙人掌科植物在一般人印象中是无叶的、具扁平茎或柱形茎的沙漠植物，但同属仙人掌科的木麒麟(叶仙人掌, *Pereskia aculeate*



Mill)是攀缘状的具有宽叶带刺的植物。景天科植物、藜科植物长在高山或干旱地区,叶常常变成肉质,或棒状、块状等形态,也是植物一种适应性的表现。

夹竹桃科植物、萝藦科植物、断肠草(胡蔓藤)植株极少有病虫害,与其体内含有有毒的化学物质有关。见血封喉(箭毒木)是热带的高大乔木,其乳汁可涂在箭镞上用于射杀野兽。再举一个例子,紫茎泽兰是我国滇缅边境上的一种菊科植物,它是一个外来种,牛吃了它会引起腹泻中毒,重者致死。现在已经知道,菊科植物中产生了一种被称为“抗草食动物化合物”来阻拦草食动物吃菊科植物。也有花中形成的抗草食动物化合物,木材中产生抗草食动物化合物。这些都是植物为了生存保护自己的一种手段,是不久前才演化出来的次生特征。唇形科植物具有耐旱的特性,植物体多具有芳香挥发油,这也是一种发展出来可以抵御干旱的次生代谢物。植物的次生代谢物使人类在利用植物资源时有了更多的选择,如药材、香料、调味品……对人类来说,植物的次生代谢物可能有害也可能有益,但对植物本身来说可能就是一种为保护自我而进化的特征,与人类好恶无关。

参天大树高达百米,淡水中生活的无根萍高不过 1.5 mm。松柏植物在传粉季节,扬起的花粉被称为“硫磺雨”,可见其花粉量之大。墨兰的花粉块为 2 个,昆虫传粉时把连在黏盘上的 2 个花粉块都带走,一对一,定向地把它带到下一朵兰花的柱头上。虽然每一花粉块有数十万的花粉粒,但它黏结成块后便只对一朵花起作用,当然兰花中的胚珠也是以 10 万计的。这两种传粉方式有很大差别,风媒传粉的数量大,但不确定性也大;虫媒传粉以兰科植物这一特定例子,花粉粒的数目也很大,但却不是漫天飞舞,而是将它集中黏结成块,直接送到一朵花的柱头上,确定性很大。这是一种“多与少”不同传粉方式的比较。这种传粉方式的差异,从兰科有 30 000 种,整个裸子植物不足 1 000 种便可以知道。当然这是一个极端的例子,风媒传粉的禾本科植物有 10 000 种以上,也并不能因此而贬低风媒传粉的有效性,这是植物不同的适应性罢了。有些植物能结出很大的果实,但其结果数量可能就不多,如椰子的果实很大,每一个果实只有 1 粒种子,为了保证它能萌发,它的果皮结构就很特殊,外果皮革质,有防水的角质膜和蜡被,中果皮纤维质,排列疏松,使果实可以浮水,内果皮硬骨质,也具有保护作用,种子被包裹在内果皮内,种皮仅为薄膜质。椰子果实这种特殊的结构可以使它在海上漂流数千千米、数月或更长时间,到达适宜的地方萌发生长。兰科植物一个果实有 30 万种子,但并不能保证每一粒种子都发育成一棵植株。这种多少、大小的相对性,令我们对植物的多样性叹为观止。

芳香与恶臭这种极端的例子在植物中也很明显,人们喜欢荷花、玉兰、丁香、桂花、玫瑰和兰花的花香,也讨厌一些天南星科如犁头尖肉穗花序令人不快的气味,像板栗开花时发出的气味也不能说是怡人的,它们无疑都是虫媒传粉的植物,蜂、蝶之类也许喜欢香甜的味道,而蝇类却喜欢腐臭的味道。

营养繁殖是不能结合有性生殖的特点的,但许多蔓生植物以营养繁殖作为主要的繁殖方式,在农业中栽种红薯是不用种子的,蔬菜种植多用种子,但韭菜以根茎,大蒜、葱以鳞茎种植,洋葱却是用种子种植的。上面说到的具鳞茎的植物在寒冷结冰的环境里保存的不是种子而是鳞茎,对于植物来说,和我们人类是一样的,生存是第一需要。

不管植物多样性包括的种类、植物体态、生境、繁殖方式如何变化,应该记住的是,植物是高度综合的生物;植物必须在适合自己的生境中生长;植物有能力贮存和使用遗传信息;植物通过繁殖把它们的遗传信息传给下一代;通过突变,植物所含的遗传信息会发生变化,因此植物的个体是遗传基因和环境相互作用的结果;植物的代谢建立在理化的原理之上;最后,植物不具有意识和做决定的能力。