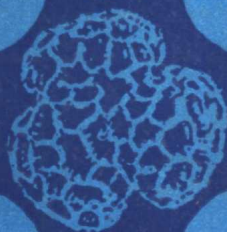


花粉·环境·人类

王宪曾 编著



地质出版社



花粉·环境·人类

王宪曾 编著

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 提 要

本书概括介绍了植物界所产生的各种孢子和花粉的某些较少为人们注意而又非常重要的知识。书中详细介绍了各种孢子和花粉的传播方式，特别是大气中孢子花粉传播规律，并对我国各主要自然环境中孢粉谱作了较系统的介绍。通过把孢子花粉与环境的关系有机地结合起来，为今后运用孢粉知识探讨自然环境的变迁，了解环境污染中孢粉的作用提供了许多新颖的知识。

书中还介绍了人类对花粉的认识过程，特别是结合我国情况详细介绍了我国几十种重要花粉资源植物及其花粉形态特征，为我国进一步开发花粉资源提供了植物学、植物地理学和孢粉学方面的知识，并对花粉作了科学的评价，从而为人们正确认识花粉、科学利用花粉提供了科学依据。

本书可作为大学生物系、地理系、地质系师生和环境科学专业研究人员以及花粉资源开发应用方面的有关科技人员的参考书。也可作为有关专业人员的科普读物。

花粉·环境·人类

王宪曾 编著

*

责任编辑：郁秀荣

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京朝阳新源印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：7.5 字数：181000

1992年6月北京第一版·1992年6月北京第一次印刷

印数：2000册。国内定价：5.95元

ISBN 7-116-01041-6/P·888

前 言

花粉是种子植物体上的雄性生殖细胞，它是植物赖以繁衍后代的“精子”，是植物体中最精华之所在。因而，花粉被营养学家们誉为当代世界的“营养之冠”，是21世纪的人类重要的新型营养源。在小小的花粉粒中不但包藏着生命的遗传信息，而且也包含着孕育新生命的全部营养物质，而且能百分之百地为人们消化吸收。科学家们又称花粉为“全营养”物质。花粉已经作为一种新的生物资源正在开发利用。天然花粉在近十几年来已经成为世界上流行最广的保健食品的重要原料，花样繁多的花粉营养补品和花粉美容化妆品已经成为人们日常生活中的必需品。花粉何以能有如此神奇的魔力？本书从花粉形成的奥秘谈起，详细介绍了花粉的各种物理特性、化学成分及生物效用，从理论和实践上回答了花粉所以具有高营养的原因。

花粉不但对人类的生活具有越来越大的作用。而且对人类生活的自然环境也是一种指示剂。它不但能正确反映当前的自然环境的外貌，而且借以可以揭示远古时代的自然环境的变迁，进而用以推断未来地球自然环境的演变趋势，因此，花粉与环境的研究不但可以重建地质历史中的古环境为探查能源矿产服务，而且对现代环境的保护也具有重要的指导意义。运用花粉分析资料研究环境不但具有重要的找矿意义，而且也具有的现实意义。

书中运用了对花粉植物群的生态环境分析法，对我国各主要自然环境下的花粉谱进行了系统的研究，这就为运用花粉分析方法研究古环境的变迁，今环境的发展提供了一个崭新的研究方法。

书中还详细介绍了大气孢粉学的内容。大气孢粉学作为孢粉学的一个新的分支学科已经引起世界孢粉学家的普遍重视，而且已被广泛的应用于环境保护、医学、农业等方面，书中对大气孢粉学的介绍将为开拓大气孢粉学的研究起到一定的推动作用。

总之，本书试图通过上述诸方面内容的介绍，以期对花粉在环境科学上的应用和人类对花粉资源的开发利用两方面都能有所推动，对人们正确食用花粉给予科学指导，使花粉对人类能具有更大的作用。

本书的编著曾受中国孢粉学会前任理事长、中国科学院学部委员徐仁教授的启迪，并提出许多指导性的意见，在此致以深深的谢意。

由于作者水平所限，书中定有不少错误和不足之处，恳请读者批评指正。

目 录

| | |
|-------------------------------------|--------|
| 第一章 植物与孢粉 | (1) |
| 一、五彩缤纷的植物界与千姿百态的孢粉..... | (1) |
| 二、孢子花粉的形成..... | (3) |
| 三、孢子花粉的功能..... | (5) |
| 四、孢子花粉在各类植物生活史中的作用和意义..... | (6) |
| 五、花与花粉..... | (11) |
| 第二章 孢子花粉的传播 | (15) |
| 一、孢粉的形态构造与传播方式..... | (15) |
| 二、风力传播的孢粉..... | (17) |
| 三、昆虫传播的花粉..... | (20) |
| 四、水中传播的花粉..... | (21) |
| 五、孢粉传播的生理规律..... | (22) |
| 第三章 大气中孢粉的分析与环境 | (24) |
| 一、大气中的“孢粉雨”..... | (24) |
| 二、大气中孢粉的研究方法..... | (28) |
| 三、大气中孢粉研究的意义..... | (31) |
| 第四章 中国主要自然环境的植被类型及其孢粉谱 | (35) |
| 一、研究我国各主要自然环境中孢粉谱的意义..... | (35) |
| 二、中国最北部寒温带的孢粉谱..... | (35) |
| 三、中国北方温带环境的孢粉谱..... | (39) |
| 四、中国暖温带环境的孢粉谱..... | (41) |
| 五、中国中部亚热带环境的孢粉谱..... | (44) |
| 六、中国热带雨林和季雨林的孢粉谱..... | (49) |
| 七、中国温带草原的孢粉谱..... | (52) |
| 八、中国温带荒漠的孢粉谱..... | (55) |
| 九、中国青藏高原高寒环境的孢粉谱..... | (57) |
| 十、中国山地森林的孢粉谱..... | (58) |
| 十一、中国河、湖、沼泽环境的孢粉谱..... | (59) |
| 十二、中国海洋环境的孢粉谱..... | (62) |
| 十三、中国沿海红树林的孢粉谱..... | (63) |
| 第五章 人类对花粉的认识及利用 | (65) |
| 一、人类对花粉的认识过程..... | (65) |
| 二、人类对花粉的利用..... | (68) |
| 第六章 中国的花粉资源 | (72) |

| | |
|----------------------|--------|
| 一、概述····· | (72) |
| 二、中国重要花粉资源植物及花粉····· | (74) |
| 三、花粉资源开发的现状与趋势····· | (97) |
| 第七章 花粉“功”、“过”评····· | (99) |
| 一、花粉病与治病花粉····· | (99) |
| 二、花粉病的预防与治疗····· | (105) |
| 三、花粉的营养与毒素····· | (108) |
| 四、花粉的“功”、“过”辨析····· | (111) |
| 参考文献····· | (112) |


第一章 植物与孢粉

一、五彩缤纷的植物界与千姿百态的孢粉

植物是地球上出现最早、种类最多(约45万种)、用途最大的一个生物类群,它不但我们衣食住行的物质源泉,从根本上说也是动物界的食物来源。地球上的植物界广布于地球的海、陆、空三维空间,从大洋、大海深处的各种低等藻类到大陆上高山之巅的各种高等植物乔木,从空气中大量的菌类到千里冰封极区域生长的各种矮小的植物类群,不论白雪皑皑的世界屋脊还是浩瀚的大沙漠之中,无处不有植物生长。它们对自然环境的适应能力是生物界中的佼佼者。植物所以有如此广泛的生存空间和如此强的适应环境的能力是和它们的多样性和可塑性分不开的。所谓植物的多样性,不仅仅是种类繁多,而且生态类型各异。它们当中有的小到只有一个细胞组成的植物体和只有几十微米大小的低等藻类(如甲藻、硅藻、眼虫藻等);也有高达一百多米的参天大树(桉树);有只几厘米高的细小草本植物,也有不具主干的灌木丛;有高大挺拔的乔木,也有几百米长的柔软的藤本植物。所谓可塑性,即植物界有着很强的适应环境的能力。它们在气候温暖湿润的优越自然环境中可以生长成参天大树;有的植物在气候十分干旱的沙漠中仍然生长繁殖,它们为了适应干旱少水的环境,叶片缩小呈线形,气孔下陷,表面常具有很厚的角质层和蜡层,以千方百计防止植物体内的水分蒸发。为了充分利用地下水,植物体的地上部分一般矮小而地下主根很深,其长度可以为地上植物体的十几倍。一些早生的肉质植物,叶子强烈退化呈针状,茎肉质化形成能大量贮存水分的薄壁组织,若偶遇降雨则能很快大量贮存水分于体内,如某些大仙人掌(*Cactus*)可以在体内贮存上千公斤的水分。又如生长在极地的植物,为了抵御零下几十度的严寒和凛冽的寒风侵袭,枝短干矮,表皮粗厚,休眠期很长。而生长在热带雨林中的植物则充分利用大自然的阳光雨露,四季常绿,繁花似锦,连年不断。有些植物在不同的自然环境下可以形成不同的生态类型,如蓖麻在北方温带为一年生草本,而到了热带,蓖麻可以变成多年生的木本,而且四季不落。正是由于植物界有如此多样的生态,如此多种的属种(图1-1),由它们产生的用以繁衍后代的雄性生殖细胞——孢子和花粉也必然具有着多种多样的类型。

植物体上产生的孢子和花粉既然是起生殖作用的雄性细胞,它一定是植物体上最精华的物质所在,是传宗接代的关键器官。从这一点上说,小小的孢子花粉应当是产生它们的母体植物的特性的最集中的代表。所以研究孢子和花粉,不但具有植物学上的意义,而且也一定具有更为广泛的理论意义和生产实际意义。

上面我们谈到如此绚丽多彩的植物界,而由它所产生的孢子和花粉的情况又如何呢?经科学家们多年的研究,孢子和花粉种类同样是丰富多彩的,它们的形态同样是千变万化的。如最原始的低等藻菌植物的孢子多为近圆球形、刺球形,个体大者有100多微米,小的只有几微米。苔藓植物产生的孢子除少数进化的类型具有三射线以外,大多数苔藓植物的



| 苔原带 | 针叶林带 | 针阔叶混交林带 | 阔叶林带 | 森林草原带 | 草原带 | 荒漠带 |
|------------------------|----------------|-------------------------|------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 矮小被子植物 如北极地衣、 苔等 | 裸子植物冷杉、云杉、松等乔木 | 高大裸子植物和 被子植物乔木 森林 | 各种高大被子植 物乔木森林 | 高大森林和 细小草本 混交类群 | 各种矮小草本植物为 主 | 各种旱生草本 植物为主 |

图 1-1 生态各异的植物界

孢子仍然为不具萌发器官的圆形、椭圆形的小球体，只不过在外表面上出现了刺状、网状、颗粒状等纹饰。蕨类植物的孢子中具有明显的特征稳定的萌发器官，常见的有豆形的具单射线的孢子和圆三角形的具三射线的孢子两大基本类型（图1-2），其表面的纹饰类型也更加多样。植物界出现裸子植物以后，它的雄性生殖细胞着生于花中的花粉囊内，因而称为花粉。由于裸子植物较蕨类植物进化，结构构造更复杂更完善，因而表现在裸子植物的花粉中其类型也更多样，构造也更复杂。

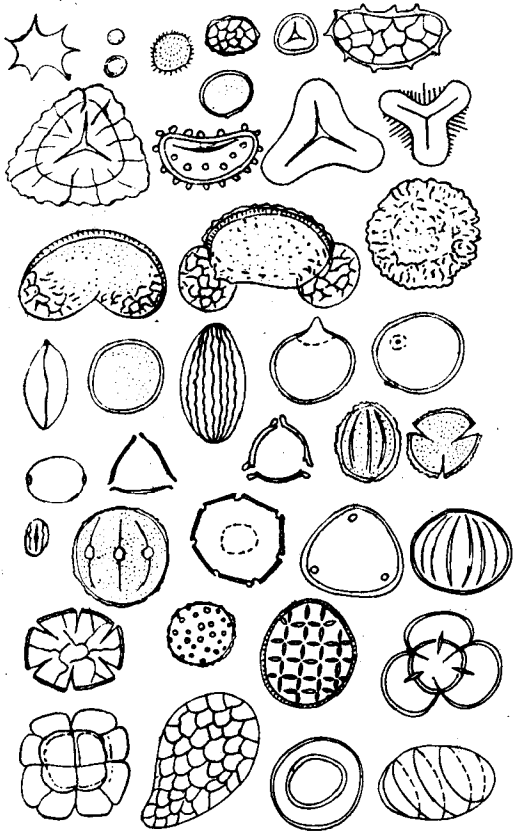


图 1-2 千姿百态的花粉粒

松科植物的花粉，则是裸子植物中花粉构造更复杂的一类。松树花粉不但具有一个近圆形的花粉粒本体，而且在本体的两侧还着生了2个近圆形的气囊，这种气囊可以增加花粉在空气中的浮力，以利花粉的传布。其个体也比较大，大者总长度可达一百多微米。在裸子植物中除松科类型的花粉以外，尚有以银杏树花粉为代表的纺锤形的花粉，以柏树花粉为代表的圆球形花粉，以杉科花粉为代表的拳茛形的花粉以及以麻黄植物花粉为代表的花粉粒上具肋和沟的椭圆形花粉。植物界中被子植物是最进化、最复杂的一类大型多样植物类群，因而它们的花粉也是多种多样的（图1-2）。它们当中构造最简单的是禾本科植物的花粉，一般为圆球形，

具有1个圆形孔，表面纹饰突起不明显，多为细颗粒或细网状纹饰。继之，在花粉粒具有2个孔的类型，如桑科的植物大多为双孔球形花粉类型，其纹饰也不明显。桦木科植物的

花粉多为球形三孔类型。而山毛榉科植物的花粉大多为椭球形的三沟或三孔沟的类型。胡桃科的花粉则大多为多孔的类型，孔的数量由3—20个不等，而且孔大多均匀分布于赤道面上。在唇形科植物中有许多属的花粉为多沟类型，沟的数量由6—10余条不等，而且沟大多垂直于赤道面。在旱生的藜科的花粉粒上均匀分布着许多小孔，是孢粉学上称之为散孔类型的花粉。而水蓼 (*Polygonum hydropiper*) 的花粉则在花粉粒表面上均匀的分布着许多小沟，这类花粉称为散沟类型的花粉。被子植物中还有一些由两个以上的花粉粒组成的复合花粉，如杜鹃属 (*Rhododendron*) 的花粉为四个花粉粒组合成的四合花粉。豆科的金合欢属 (*Acacia*) 则由16个花粉粒组合成十六合花粉。兰科植物的花粉则由许多花粉粒组合在一起形成花粉块。此外，在被子植物花粉中尚有少数具环沟、螺旋状沟的花粉。由此可见，不同种类的植物一定产生不同形态的孢子花粉，反之，孢子和花粉的形态特点又反映了植物属种的特性，所以植物与孢子花粉的关系从某种意义上说是植物整个生活历史中的无性世代和有性世代相互交替的关系。植物体生长发育成熟之后便产生雄性 (和雌性) 生殖细胞——孢子或花粉，用以繁衍后代，孢子和花粉是植物生活史中后一代的祖源。所以从植物生活史的角度来观察，母体植物代表了整个植物生活周期中的无性世代的那半个周期，而在植物体上产生的孢子和花粉 (以及雌性生殖器官——雌蕊) 却代表了植物整个生活过程中有性世代的另外半个周期，从植物界生活史中世代交替现象角度分析，孢子花粉和植物体相互代表着植物生长发育过程中两个相互密切相关而作用又截然不同的发育阶段。植物界生活史中的无性世代 (孢子体或植物体) 和有性世代 (配子体或雄性和雌性生殖器官) 交替的现象，植物学家们称之为世代交替现象 (图1-3)。

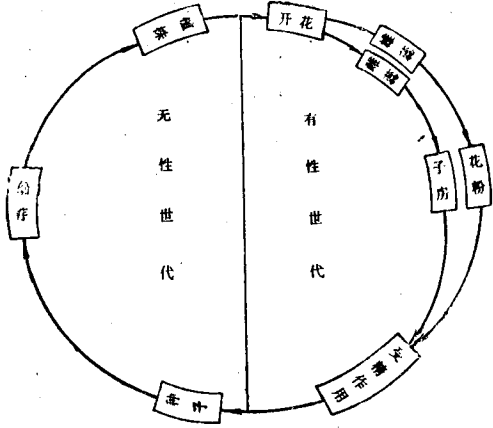


图 1-3 植物世代交替图式

母体植物代表了整个植物生活周期中的无性世代的那半个周期，而在植物体上产生的孢子和花粉 (以及雌性生殖器官——雌蕊) 却代表了植物整个生活过程中有性世代的另外半个周期，从植物界生活史中世代交替现象角度分析，孢子花粉和植物体相互代表着植物生长发育过程中两个相互密切相关而作用又截然不同的发育阶段。植物界生活史中的无性世代 (孢子体或植物体) 和有性世代 (配子体或雄性和雌性生殖器官) 交替的现象，植物学家们称之为世代交替现象 (图1-3)。

二、孢子花粉的形成

为了进一步了解花粉产生的过程，加深对花粉形成过程的认识，我们以被子植物为例，详细观察一下花粉的发生、发展和形成过程。如果你从一棵木兰树上采下一朵花来首先看到的是洁白硕大的花瓣 (图1-4)，花瓣内包着许多雄蕊 (花丝加花粉囊)，在众多的雄蕊当中有一突起的雌蕊 (柱头加花柱加子房)，花粉则产生于雄蕊顶端的花粉囊中。初生的花粉囊中开始充满了造孢组织，造孢组织最外面的一层为表层，在表层之内为由两层细胞组成的花粉囊内壁，内壁之里有一层绒毡层，中心部分为花粉母细胞，当一个花粉囊形成之后，其中的花粉母细胞在绒毡层的作用下开始发生第一次分裂，这时每一个花粉母细胞染色体的数目平均分配到两个分裂后的细胞中去，于是在第一次分裂后出现的两个细胞中则出现了染色体数目减半的现象，我们称第一次的分裂为减数分裂 (图1-5)，因而由最初的双倍染色体变成了单倍染色体，所以花粉内的染色体为单倍体。在第一次减数分裂之后紧接着进行第二次分裂，由原来的一分为二，变为二分为四，这时即称之为四分体，

在第二次分裂时细胞中的染色体的数目不再减半，仍然保持着单倍体，当四分体进一步发育成熟之后，则四分体分裂开形成四个独立的细胞，这其中的每一个细胞则为一个成熟的花粉粒。如若四分体形成之后相互不再分离，而由四个花粉粒永远结合在一起，这时则形成了复合花粉（如杜鹃属的四合花粉），当然复合花粉不只四合花粉一种类型，它可以有二合，也可以是八合、十六合等等。但复合花粉粒的数目往往是二的倍数，即2、8、16、32、64等等，如豆科的某些花粉则为十六合花粉。

从孢子花粉的形成过程中可以看出，孢子花粉的形状一方面受植物属种遗传基因的影响，另一方面也受在花粉母细胞分裂过程中四分体排列方式不同的作用。一般说来，孢粉的四分体排列方式有两大类（图1-6），第一类为四个细胞排列在同一平面上，每个细胞呈长球形，相互紧密排列，这样最后分裂出来的单个花粉粒多为长球形，萌发器官如若为孢子则表现为单射线（单缝孢子）；如若为花粉则多为单沟、三沟、三孔沟类的花粉。第二类，四个细胞堆成四面体形，即三个细胞在一个平面上，另一个细胞则位于这三个细胞之上的另一平面上，这样每个细胞为近圆形，萌发器官则表现为三射线的孢子或具孔类的

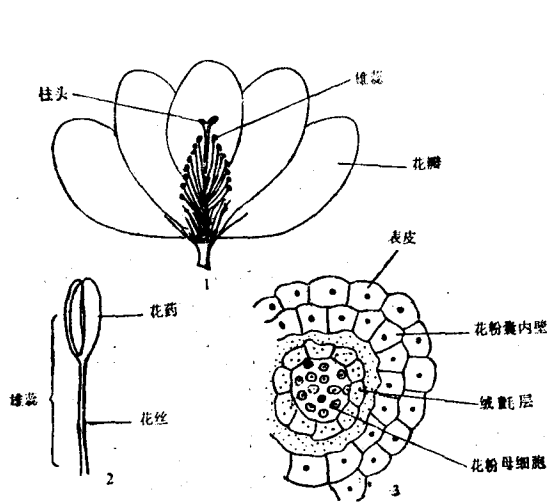


图 1-4 花、雄蕊及花粉囊切面图
1—花； 2—雄蕊； 3—花粉囊横切面示意图

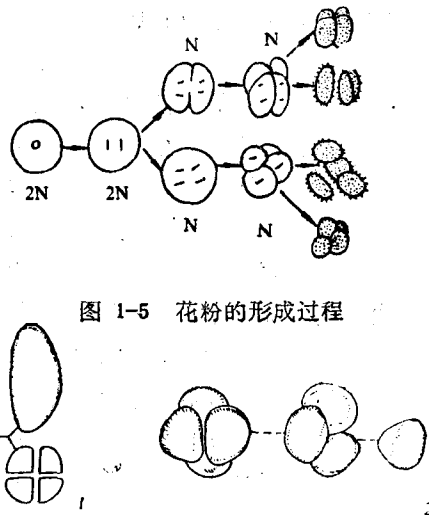


图 1-5 花粉的形成过程

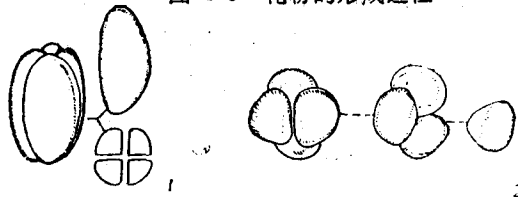


图 1-6 四分体类型及孢粉形态
1—左右对称型； 2—四面体型

花粉，如单孔、三孔、多孔、散孔等的花粉。除此而外在某一特定的孢粉属种内其大小和萌发孔的数目也有一定的变异幅度。据观察，多倍体的种类中的花粉比双倍体植物中的花粉个体要大些，其萌发孔的数目也较双倍体植物中的花粉的数目为多（表1-1，表1-2）。

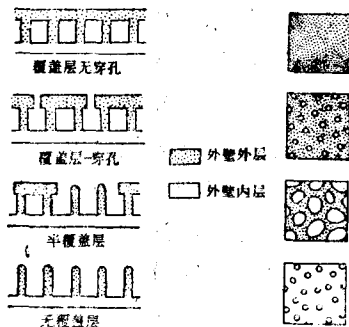


图 1-7 外壁外层分子排列类型及纹饰

花粉表面的纹饰类型直接随着孢粉壁外层分子的排列方式不同而变异。如被子植物中具覆盖层穿孔类型的外壁上往往具有穴状纹饰，半覆盖层的外壁上的纹饰多为网状纹饰等（图1-7）。当然在孢粉的外表面上还

花粉表面的纹饰类型直接随着孢粉壁外层分子的排列方式不同而变异。如被子植物中具覆盖层穿孔类型的外壁上往往具有穴状纹饰，半覆盖层的外壁上的纹饰多为网状纹饰等（图1-7）。当然在孢粉的外表面上还

表 1-1 四倍体和双倍体染色体品系与花粉大小关系

| 种 名 | 染色体 | 花 粉 粒 | | 花 粉 体 积 (μm^3) | 花粉体积 2n=100 |
|---------------------------|-----|---------------------|---------------------|--------------------------------|----------------|
| | | 长 (μm) | 宽 (μm) | | |
| 白三叶草 | 2n | 26.44 | 25.27 | 8830 | |
| <i>Trifolium repens</i> | 4n | 31.96 | 21.17 | 16223 | 184 |
| 红三叶草 | 2n | 38.12 | 39.74 | 31533 | |
| <i>Trifolium pratense</i> | 4n | 48.94 | 47.24 | 57169 | 181 |
| 草原鼠尾草 | 2n | 40.59 | 35.42 | 26499 | |
| <i>Salvia pratensis</i> | 4n | 51.18 | 45.49 | 55415 | 209 |

(据Maurizio)

表 1-2 四倍体和二倍体染色体品系中花粉萌发孔数目与变异幅度

| 种 名 | 染色体 | 花 粉 粒 | | | 萌 发 孔 数 目 | | | 萌 发 孔 (平均数) |
|---------------------------|-----|-------|-----|---|-----------|----|-----|----------------|
| | | 发育好 | 不发育 | 小 | 3 | 4 | > 4 | |
| 白三叶草 | 2n | 93 | 7 | — | 100 | — | — | 3.00 |
| <i>Trifolium repens</i> | 4n | 82 | 18 | — | 23 | 69 | 8 | 3.85 |
| 红三叶草 | 2n | 95 | 5 | — | 100 | — | — | 3.00 |
| <i>Trifolium pratense</i> | 4n | 80 | 16 | 4 | 19 | 63 | 18 | 3.99 |
| 杂种三叶草 | 2n | 98 | 2 | — | 100 | 81 | 6 | 3.00 |
| <i>Trifolium hybridum</i> | 4n | 84 | 16 | — | 13 | — | — | 3.93 |

(据Maurizio)

有由各种不同的突起形成的纹饰，如刺状突起为刺状纹饰，瘤状突起则反映为瘤纹，这一类纹饰往往在轮廓线上有明显的反映，我们常称之为雕纹。由此可见一个花粉粒的形成是一个非常复杂的生理、生化变化过程，在这一过程中，在花粉内迅速富集了许多植物生殖过程中必备的许多重要营养成分，为植物的繁殖奠定了丰富的物质基础，花粉中的这些重要营养物质也就是人类开发花粉资源的主要猎取物。

三、孢子花粉的功能

一般说来，孢子和花粉在有性繁殖过程中起着关键作用。任何一个生物物种的繁衍都是通过生殖作用来完成的，而植物界的生殖过程即是精子（小孢子或花粉）和卵子（即颈卵器官）的有机结合过程，二者缺一不可。没有雄性的生殖器官（花粉或孢子），植物即使开花也不能结果，当然不能产生种子，也就不能产生后代，这种植物将会很快灭亡。由此可见，孢粉虽小它在植物的整个生活过程中起着关键性的传宗接代的作用，那么孢粉究竟如何参与植物的生殖的呢？首先是当一个成熟的花粉飞落到雌蕊的柱头上后，便开始从花粉的萌发器官（孔、沟或气囊）中生出花粉管（图1-8），然后花粉管核逐渐移动至花粉管的末端，随着花粉管延伸至颈卵和卵核结合形成受精合子，而后发育为种子。可见种子的形成是花粉中的某些器官和胚珠中的卵核结合的产物，而且不论在花粉还是胚中都含有许多植物体中其他部分所没有的高营养成分（各种氨基酸、蛋白质及糖类等），所以花粉又是植物体上各种器官中营养成分最集中的器官。孢粉对植物体说来主要起生殖作用，同时由于它含有许多高营养的化学成分，人们把它作为一个新的生物资源来开发利用

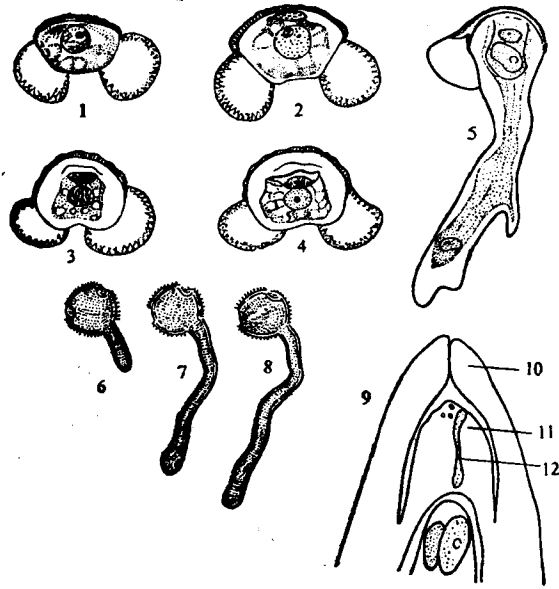


图 1-8 花粉的萌发过程

(据张景铨等)

1—单核松树花粉；2—花粉中分裂出第一个原叶细胞；3—出现第二个原叶细胞；4—传粉时期的花粉粒，其中圆形的为花粉管细胞，扁球形的为生殖细胞；5—松树花粉沿其中一个气囊生出细长的花粉管，花粉管末端为花粉管细胞；6—8—为被子植物中具三孔花粉沿孔萌发出花粉管的过程；9—将近受精时期的胚珠横切面；10—胚珠；11—珠心；12—花粉管

是不无道理的。

四、孢子花粉在各类植物生活史中的作用和意义

孢子和花粉是各类植物中的一个重要器官，它们在各类植物生活史中是何时出现的，又起什么作用？具有什么意义？为了回答上述问题，首先让我们从各类植物的生活史进程来作进一步的探讨。

1. 藻类植物生活史

藻类植物是低等植物中较重要的一大类群，藻类中的褐藻门植物又是藻类中比较进化的一门，现就让我们以褐藻门中的石衣藻属 (*Fucus*) 为例来看看它的孢子在其生活史中的地位和作用。

石衣藻属的植物体是一种长约几十厘米的二歧式分枝的扁平的叶状体植物(图1-9)，在植物体的末端分枝上的特殊凹陷中生有生殖器，其中有藏精器和卵原细胞，精子和卵原细胞形成以后即发生第一次分裂(为减数分裂)，在藏精器中产生大量游动精子，卵原细胞中则形成8个卵细胞，游动精子在藏精器打开时向外散出(游动精子可以自由游动，具有两根鞭毛)，不游动的卵细胞在卵原细胞打开时排入水中，然后在水中实行精子和卵子的结合，形成合子，合子萌发之后形成第二代的植物体，从这种植物的整个生活史中可以看出，相当于花粉的雄性生殖器官为游动的精子，它也是在藏精器中经过两次分裂之后形

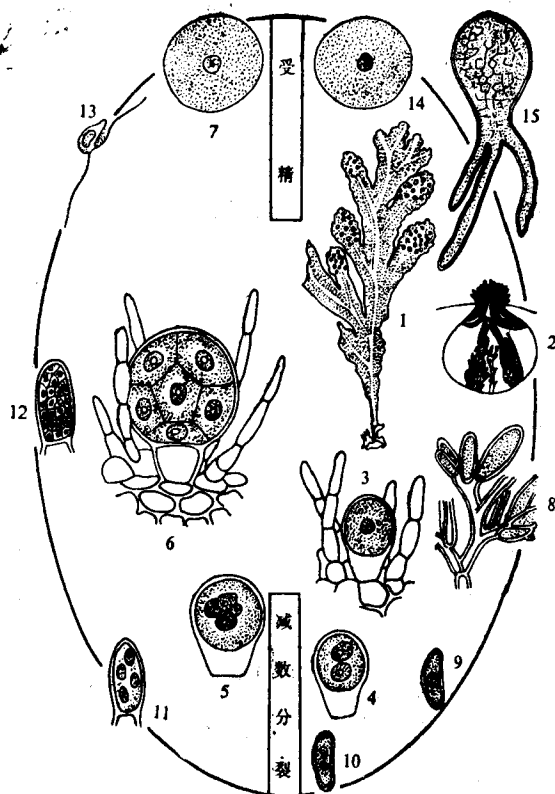


图 1-9 石衣藻生活史图式

(据金杰里)

1—成年植物；2—生殖窝剖面；3—年青的卵原细胞；4—卵原细胞核的第一次分裂；5—第二次分裂；6—成熟的卵原细胞，具有8个卵细胞；7—卵细胞；8—一堆年青的藏精子；9—年青的藏精子；10—第一次分裂；11—第二次分裂；12—成熟的藏精子，具有大量的游动精子；13—游动精子；14—受精；15—合子的发育

成的，而且精子只有在水中才能游动进行结合。由此可见，藻类植物雄性生殖细胞的生殖环境只有在水环境中才能进行，这反映了这类植物的原始性。

2. 苔藓类植物生活史

苔藓类植物是生活在潮湿环境下的高等植物中最原始而且特化的一类植物。植物体一般非常矮小，藓类具有茎叶的分化，但也只有一二毫米的高度，而苔类则为匍匐于地表或岩石上的叶状体。苔藓植物的特化主要表现在它的生活史中的发展进程和其他所有高等植物不同。它的植物体是由有性世代的配子体组成，而无性世代的孢子体是寄生于配子体上的子囊体，而其他所有高等植物均是以无性世代的孢子体占优势的。配子体一般是寄生在植物体的孢子体之上的。现以藓类的瓢蕈藓 (*Funaria*) 为例介绍一下它的生活史。一般在春季藓芽顶叶之间生有性器官，某些植物体的顶端生有藏精子，而另一些植物体的顶端生有藏卵器(图1-10)，当植物体生长发育成熟之后，在潮湿的气候之下，如下雨或露水大的情况下，藏精子张开，精子(雄性生殖细胞)散出，借助水游至藏卵器上，这时藏卵器成熟其顶端也张开，精子便顺利游进藏卵器中，穿入卵细胞内，其中一个精子和卵子结合形成受精合子(图1-11)，合子就在藏卵器中进行分裂发育，形成子囊体，子囊体发育成蒴，其中有的孢子囊中的孢子成熟之后散落在潮湿的土地上即可萌发出丝状的



图 1-10 苔藓植物的生殖器官

1—雄配子体植株；2—雌配子体植株；3—雄配子体顶端着生的藏精子；4—雌配子体顶端着生的藏卵器

原丝体。在原丝体上生出有性的藓芽即第二代的配子体。

苔藓植物由于在生活史中有性的配子体世代占优势，而无性的孢子体却是高度寄生于配子体上的一个器官，这样苔藓类植物演化的路线和所有其他高等植物都截然不同。其他的高等植物很快由原始向先进由低级向高级发展，而苔藓植物却从它出现以来变化不大，这大概与其生活史中出现特殊的世代交替有着密切的关系。另外苔藓植物所产生的孢子的形态特征既不同于较低等的藻类孢子也不同于其他高等植物的孢子和花粉，反映在孢子形态上主要是由大小20—30 μm 的圆形孢子组成，纹饰多为细刺状、瘤状、网状。其中个别的藓类如水藓属 (*Sphagnum*) 的孢子已经具有了蕨类植物孢子固有的三射线型的萌发器官，这又说明苔藓类中的先进类群和蕨类植物的孢子有着一定的相似性。所以从苔藓植物的生活史中可以看出苔藓植物是低等植物和真正的高等植物之间的一个特化类群，因而苔藓植物在演化可以说误入“歧途”而不能很快演进。

3. 蕨类植物生活史

蕨类植物是真正高等植物中较原始的一个类群，其原始性表现在大多数蕨类植物都没有真正的茎。蕨类植物中两个世代的孢子体和配子体仍然是相互独立的生活个体，精子和卵

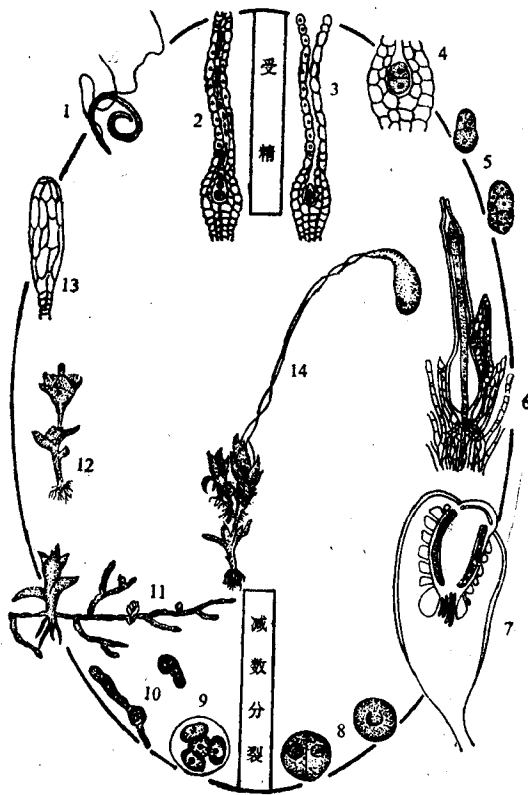


图 1-11 瓢蕨 (Funaria) 生活史
(据金杰里)

1—游动精子；2—藏卵器；3—受精藏卵器；4、5—子囊体在藏卵器中的发育；6—子囊体；7—蒴，其中有孢子囊；8、9—孢子形成；10—孢子萌发；11—原丝体；12—幼年植株；13—藏精器；14—成年雌配子体植株

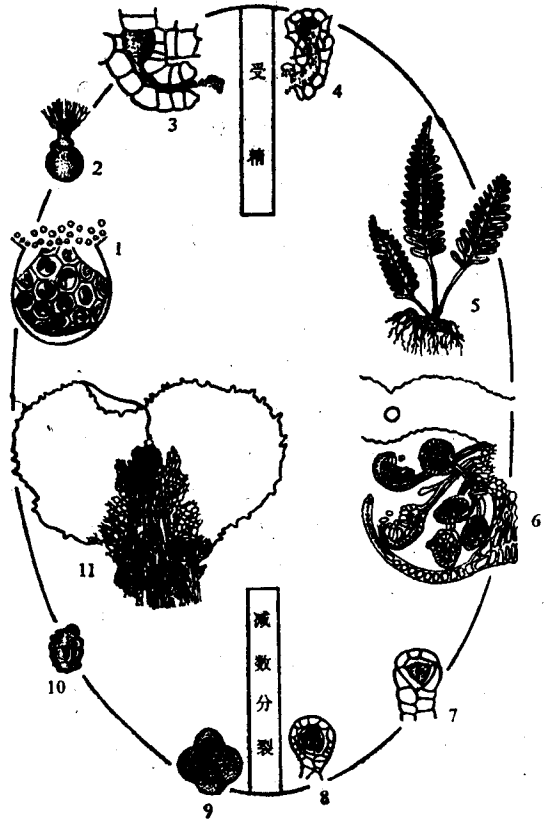


图 1-12 蕨类植物生活史
(据金杰里)

1—藏精器；2—游动精子；3—藏卵器；4—受精；5—成年植株；6—孢子囊堆；7、8—孢子分裂；9—四分体；10—孢子；11—原叶体

子的结合仍然脱离不开原始的自然环境——水，但它和苔藓植物比较却进化得多。首先蕨类植物具有大型羽状复叶，其根茎叶的分化更加明显，它是地球上首先出现的真正的陆生植物。蕨类植物的生活史和苔藓植物截然不同，蕨类植物的植株是以无性世代为主的孢子体，植株高几十厘米至数米。大多为大型多次羽状复叶，在叶片的背面上着生了一排排的孢子囊堆（图1-12）。孢子囊堆是由孢子囊保护下的许多孢子囊组成，孢子囊中充满了孢原组织，孢原组织（又称孢子母细胞，造孢组织）经过二次分裂之后形成一个个的孢子四分体，当孢子成熟之后，四分体分离形成一个个的成熟的孢子。孢子成熟之后，孢子囊破裂孢子便散落在植株四周以及附近的土壤上，在潮湿的土壤中孢子开始萌发，最初从孢子中生出个短而直的丝，丝状体逐渐扁化扩大形成一个心形的膜状物体，即为原叶体，原叶体是一个心形的直径只有1—1.5厘米的绿色独立生活的植物体，它一般埋在土壤中生活。在原叶体的下部生有藏精器，在原叶体的下凹处着生有藏卵器，当精子发育成熟之后，许多游动精子游至藏卵器中和其中的卵子相结合成受精合子，合子萌发之后最初由原叶体中吸取营养，在幼芽的根、茎、叶形成之后，原叶体死亡成长为第二代的蕨类植物体。由蕨类植物的生活史中可以看出孢子在整个过程中仍然起着雄性生殖器官的作用。但也有一部分孢子囊中产生两种不同类型的孢子。如石松类植物、槐叶萍类植物的孢子囊中均有两类不同大小、不同性质的孢子，蕨类植物中的这种现象我们称之为异孢蕨类植物。如石松植物体上的孢子囊穗中（图1-13）则含有两种不同类型的孢子，在孢子囊穗的下部有几排孢子叶中形成的孢子个体很大，一般在200微米以上，其构造也和上部的孢子不同，我们称此类孢子为大孢子，大孢子不但个体大而且为雌性的配子体。而着生于石松孢子囊穗上部的孢子为个体只有几十微米的小孢子，小孢子仍然是雄性的配子体。待大小孢子各自成熟以后相互结合形成合子，由合子发育为第二代植物。这一类蕨类植物的生殖方式是由不同类型的孢子相互结合而成的，称之为异孢植物。异孢的蕨类植物和同孢的蕨类植物另一不同之处在于异孢植物具有两个原叶体，一个由小孢子发育形成的原叶体和另一个由大孢子发育成的雌原叶体。总括起来，异孢植物存在着两种不同性质的大小孢子，它们分别发育出各自的原叶体，这就是异孢植物和同孢植物的区别。

异孢的蕨类植物多为原始类群，代表着蕨类植物演化上的一个特化的分支。

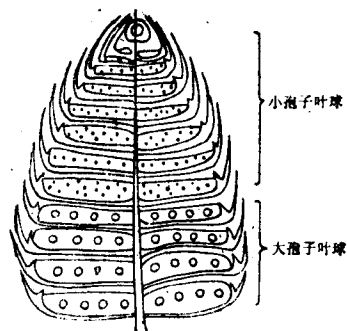


图 1-13 石松孢子囊穗构造

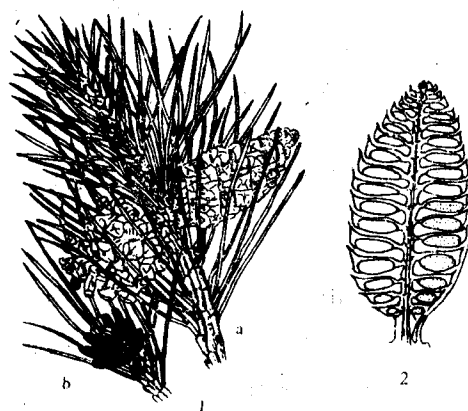


图 1-14 松树雌、雄花

1—松树为雌雄同株，雌球果(a)，雄球果(b)；

2—雄球果纵切面

4. 裸子植物生活史及花粉的出现

裸子植物在植物界中属于种子植物中比较原始的类群，它的最大特点是种子裸露没有被子植物中种子外面的果皮组织。但它和蕨类植物比较又是较进化的类群，因为裸子植物的雄性生殖器官已经不是孢子而是花粉，最后形成的是种子，而不是像蕨类植物那样独立于植物体之外的颈卵器，所以裸子植物比蕨类植物更适应环境，生殖器官更完善，因而比蕨类植物更进化。现将松树的生活史概述如下。

当一株松树苗逐渐生长发育长成一株成年的松树之后，即开花结果，松树的花为雌雄同株，都是球果（图1-14），雄球果于每年新生的长枝的基部，小孢子叶螺旋状排列于雄球果上，每个小孢子叶上生有一对长形的小孢子囊（花粉囊）囊内充满了花粉母细胞，它经两次分裂之后形成单粒花粉。雌球果一枚或数枚着生于每年新枝的顶端，由苞片和胚珠组成，当雌雄球果各自发育成熟之后，花粉首先从花粉囊内飘落出来，其中飞落在雌球果胚珠上的花粉则很快萌发出花粉管伸向颈卵器，花粉管中的管核细胞生出精子和颈卵器中的卵核相结合成受精卵细胞（图1-15），而后发育成种子。种子萌发之后形成为第二代的松树幼苗。从裸子植物松树的生活史中可以看出裸子植物的花粉在整个生殖过程中也起着雄性生殖器官的作用，没有花粉的参与，颈卵器即不可能受精，更不可能生出种子。另外松树花粉发育出来的为不能游动的精子，而是由花粉管直接将精子输入卵中，这样使精子更可以安全的达到卵内，所以固定精子的出现对于裸子植物来说是一个进化。松树花粉成熟传播季节多在春末，花粉进入胚珠寄生于珠心达一年以上，至第二年夏季卵和精子才成熟进行精卵结合，在裸子植物中松科是较进化的科，因而松树花粉的构造也是很复杂的，花粉本身不但具有一套完善的生殖组织，而且花粉两侧还生长了两个气囊，这两个气囊的作用是为了使花粉能传播更远而产生的，所以具气囊的松科花粉可以被风吹送到数百公里乃至上千公里以外的地方，这也是松树花粉进化的结果。

5. 被子植物生活史

被子植物是植物界中最进化，种类最多的一个大型多样植物群，被子植物生活史中主要特点为孢子体的高度发展和配子体的进一步退化，被子植物的高度发展表现在被子植物体的组织分化进一步精细，生理机效率高，由管胞发展到导管加强了运送水分的功能，纤维组织的发达增强了机械支持能力。相反，作为配子体的花（包雄配子体和雌配子体），完全寄生于孢子体上而且进一步简化生于一朵花之中。其次被子植物生殖过程中出现了双受精作用，所谓双受精即在受精过程中一个精子核和一个卵核相结合发育成胚，而另一个精子核和极核结合发育成胚乳，这样使胚在胚乳的哺育下具有生命力，双受精作用是使被子植物得以发展的内在因素。最后被子植物不但形成种子而且子房发育成果实。果实在被子植物中的出现具有重要意义，它一方面在种子成熟以前起保护作用，另一方面在种子成熟以后帮助种子进行传播。另外被子植物传粉的方式也是多种多样的，除风力传粉以外，被子植物中大多为虫媒花，其次尚有水媒和鸟媒花。这都是被子植物高度适应的结果。现以百合科的百合属为例介绍被子植物的生活史。

在一株百合植物的顶端生着一朵艳丽的两性花朵，花瓣中央有雌蕊一枚，四周围绕着许多雄蕊，在雄蕊上顶生着花粉囊，花粉囊中的花粉母细胞经过两次减数分裂之后产生许多花粉，当花粉成熟之后，花粉囊开裂散落出许多花粉，其中有些花粉飞落到雌蕊的柱头上，则很快萌发出花粉管（图1-16），花粉管伸向胚珠，经过双受精作用形成一个受精

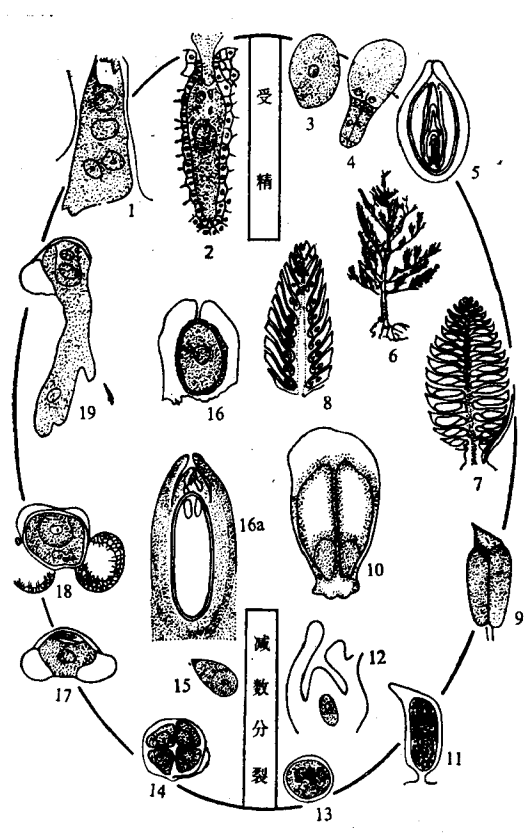


图 1-15 松树生活史
(据金杰里)

1—花粉管中的不动精子；2—花粉管逐渐向具有藏卵器的胚乳生长；3—受精卵细胞；4—胚的发育；5—种子中的胚；6—年青的孢子体；7—雄球果；8—雌球果；9—小孢子叶，其上有两个孢子囊；10—大孢子叶，其上有两个胚珠；11—小孢子叶和小孢子囊的切面；12—胚珠的切面，可见到孢子母细胞；13—小孢发育初期；14, 15—小孢子四分体的形成；16—长大了的大孢子；16a—胚珠；17—花粉；18—萌发了的花粉；19—花粉管

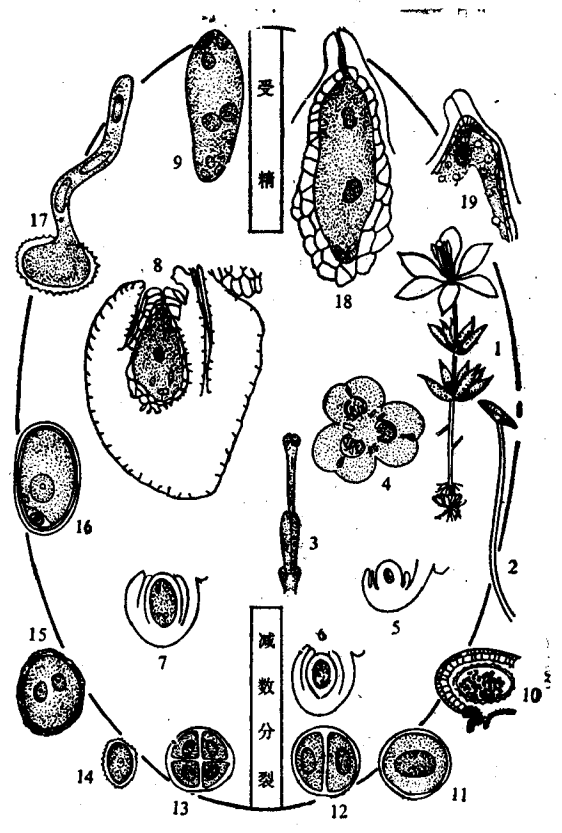


图 1-16 被子植物生活史

1—成年的植株和花；2—雄蕊；3—雌蕊；4—子房的纵切面；5—胚珠的纵切面；6—大孢子的第一次分裂；7—大孢子的第二次分裂；8—大孢子的第三次分裂；9—胚囊；10—花药的横切面，可以看到花粉母细胞；11—花粉的一个母细胞；12—第一次分裂，减数分裂；13—第二次分裂，花粉四分体形成；14—花粉；15—花粉的萌发；16—花粉管的形成；17—花粉管；18—受精；19—胚的发育

胚，胚进一步发育即成种子，种子萌发生长出第二代的植物体。从被子植物的生活史中可以看出，从花粉的形成到传粉，从花粉管的萌发到双受精作用，被子植物均较其他类群的植物更进化，生理机能适应性更强，组织分工更细密，结构构造更合理，特别应当指出的是被子植物花粉中的有机成分进一步多样化，所含的营养物质更为丰富，特别是一些虫媒花粉中含有许多对人类的营养、医疗等方面有重大作用的成分，因而被子植物的花粉在当前成为花粉资源开发的重要源泉是很自然的。

五、花与花粉

在整个植物界中只有裸子植物和被子植物才能产生花粉，而花又是花粉的“母亲”。所以花粉的许多特性无不受着花的影响，现简单的介绍一下各种有花植物和它们的花粉。