



全国高等学校“十二五”农林规划教材

# 植物学

主编 吴鸿 郝刚

 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高等学校“十二五”农林规划教材

# 植物学

Z h i w u x u e

主编 吴 鸿 郝 刚

编者 (按姓氏笔划为序)

宁熙平(华南农业大学)

阮 颖(湖南农业大学)

吴 鸿(华南农业大学)

张荣京(华南农业大学)

胡宇飞(华南农业大学)

郝 刚(华南农业大学)

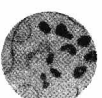
俞新华(华南农业大学)

耿世磊(华南农业大学)

梁 红(仲恺农业工程学院)

梁社坚(华南农业大学)

谢建光(华南农业大学)



## 内容提要

本教材依照农业院校本科教学的方向和培养目标编写,注重吸收植物学近十年来学科发展的知识成果。教材内容力求“面向农业院校、兼顾华南特色”,主要以我国南方热带和亚热带重要粮农、林木、果蔬等经济植物为代表,介绍植物的形态结构特点和个体发育过程,植物界的基本类群和被子植物的物种多样性。全书除绪论外共分为九章,内容包括种子与幼苗、植物细胞、植物组织、被子植物的营养器官、被子植物的繁殖和繁殖器官、裸子植物的营养器官和生殖器官、植物界的类群与分类、被子植物分类的形态学基础知识、被子植物及其主要分科。

本书可作为高等农业院校农学类相关专业本科生的教材,亦可作为研究生、教师、农林科技工作者的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

植物学 / 吴鸿, 郝刚主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-04-035157-6

I. ①植… II. ①吴… ②郝… III. ①植物学-高等学校-教材 IV. ①Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 088512 号

策划编辑 吴雪梅 责任编辑 潘超 特约编辑 佟丽  
封面设计 张楠 责任印制 张泽业

---

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印 刷	中国农业出版社印刷厂	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
开 本	787mm × 1092mm 1/16		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印 张	18.5	版 次	2012 年 6 月第 1 版
字 数	440 千字	印 次	2012 年 6 月第 1 次印刷
插 页	1	定 价	32.00 元
购书热线	010-58581118		

---

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 35157-00

数字课程

# 植物学

登录以获取更多学习资源!

### 登录方法：

1. 访问 <http://res.hep.com.cn/35157>
2. 输入数字课程账号（见封底明码）、密码
3. 点击“LOGIN”、“进入 4A”
4. 进入学习中心

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。  
使用本账号如有任何问题，  
请发邮件至：[life@pub.hep.cn](mailto:life@pub.hep.cn)

## 植物学

主编 安鸿 郭刚

内容介绍 | 纸质教材 | 相关资源 | 版权信息 | 联系方式

4A

学习中心

欢迎登录

账号

密码



### 内容介绍

这是一个开放式的网络教学平台，与《植物学》和《植物学实验指导》配套使用。该网站资源是教材内容的扩展和补充，包括主教材各章的图片拓展阅读的资料，以及实验教材思考题的答案等，后期还会不断补充更新更多教学资源。

高等教育出版社版权所有 2012

<http://res.hep.com.cn/35157>

# 前 言

从进入大学的第一学期开始,我们就开始学习《植物学》。在以后的教学和科研工作中,我们又专门从事植物学的教学和科研工作。在多年的教与学的过程中,我们对植物学的理解也在不断地深入,对教学中的问题也日益明确。应该说我们对植物学充满了感情和好奇。每当获得一本好的《植物学》教材时,我们总是如获至宝,迫不及待地阅读并推荐给同事或学生,希望对大家的教学、科研和学习有所帮助。虽然我们一直有意组织编写一本《植物学》教材,但是由于国内外优秀的《植物学》教材颇多,且各具特色;加之编写教材责任重大,稍有不慎则误人子弟。因此我们始终不敢贸然动笔。记得2008年在北京开会期间,曾与高等教育出版社的林金安先生和吴雪梅女士专门相约讨论编写《植物学》之事,后因种种原因搁置下来。翌年因公出差陕西杨凌时又在同一宾馆与金安先生和雪梅女士不期而遇。相叙之中再提编书之事,两位的鼓励和执著感动了我们,也最终促成了本教材的编写和出版。

本教材是在多年教学实践的基础上,遵循农业院校本科教学的方向和培养目标,吸收近十年来学科发展的成果编写而成。我们坚持“科学性、基础性、知识性、地方性、先进性、可读性”的编写原则,重点培养学生“了解植物、热爱植物、研究植物”的兴趣。教材内容力求以“面向农业院校、兼顾华南特色、适合本科教学”为特点,主要以重要粮农、林木、果蔬等经济植物为代表,介绍植物的细胞与组织、植物的营养器官和生殖器官、植物界的基本类群,使学生系统了解种子植物个体发育的一般过程和规律、植物界的基本面貌和多样性。全书除绪论外共分为九章。本教材可作为高等农业院校农学类相关专业本科生的教材,亦可作为研究生、教师、农林科技工作者的参考用书。

本教材参考了国内外众多有关植物科学的教材和研究成果,经过各参编者的合作和努力,历经3年编写完成。具体编写分工如下:绪论(吴鸿、郝刚);第一章(谢建光、梁红);第二、三章(胡宇飞);第四章(梁社坚、吴鸿);第五章(宁熙平、阮颖);第六章、彩色图版(俞新华、郝刚);第七章(张荣京、梁红);第八章(宁熙平、吴鸿);第九章(耿世磊、郝刚)。最后由吴鸿和郝刚统稿。书中部分插图由中国科学院华南植物园的刘运笑女士绘制完成。高等教育出版社生命科学与医学出版事业部的潘超博士对教材的编写和完善给予了极大的帮助,并提出了宝贵的意见和建议。在此一并表示衷心的感谢。

编者虽然竭尽全力,但由于水平有限,错误和不准确之处在所难免。该书的出版也是我们面对挑战的开始。我们诚惶诚恐,时刻准备着接受读者的批评和指正。我们衷心地期望读者和同行专家为本教材的完善和修订提出宝贵的意见。

华南农业大学 吴鸿 郝刚

2012年2月于广州

# 目 录

绪论 .....	1	一、细胞周期 .....	33
一、植物的基本特征及其多样性 .....	1	二、有丝分裂过程 .....	33
二、我国丰富的植物资源 .....	1	第四节 细胞分化与细胞死亡 .....	35
三、植物在国民经济发展中的意义 .....	2	一、细胞分化 .....	35
四、学习植物学的目的与方法 .....	2	二、细胞死亡 .....	36
五、植物学分支学科的概述 .....	2	小结 .....	37
第一章 种子与幼苗 .....	4	复习思考题 .....	37
第一节 种子的结构 .....	4	第三章 植物组织 .....	38
一、种皮 .....	4	第一节 植物体内的基本结构模式 .....	38
二、胚 .....	4	第二节 植物组织的类型 .....	39
三、胚乳 .....	5	一、分生组织 .....	40
第二节 种子的主要类型 .....	5	二、保护组织 .....	41
一、有胚乳种子 .....	5	三、输导组织 .....	43
二、无胚乳种子 .....	7	四、薄壁组织 .....	45
第三节 种子的萌发与幼苗的类型 .....	8	五、机械组织 .....	46
一、种子的休眠与后熟作用 .....	8	六、分泌组织 .....	48
二、种子萌发的条件和种子的寿命 .....	8	小结 .....	50
三、种子的萌发过程 .....	9	复习思考题 .....	50
四、幼苗的类型 .....	11	第四章 被子植物的营养器官 .....	51
小结 .....	13	第一节 根 .....	51
复习思考题 .....	13	一、根的形态 .....	51
第二章 植物细胞 .....	14	二、根的生长和分布 .....	52
第一节 细胞学说的确立 .....	15	三、根的生理功能 .....	52
一、细胞学说 .....	15	四、根的初生生长与初生结构 .....	53
二、植物细胞的多样性 .....	15	五、侧根的形成 .....	59
第二节 植物细胞的基本结构 .....	16	六、根的次生生长和次生结构 .....	60
一、细胞壁 .....	16	七、禾本科植物根的解剖结构特点 .....	64
二、细胞膜 .....	21	八、根瘤与菌根 .....	65
三、叶绿体 .....	24	第二节 茎 .....	67
四、线粒体 .....	26	一、茎的形态与生理功能 .....	67
五、液泡系 .....	27	二、茎顶端分生组织与器官形成 .....	73
六、内质网和高尔基体 .....	28	三、茎的初生生长和初生结构 .....	75
七、细胞核 .....	29	四、双子叶植物茎的次生生长与次生结构 .....	77
八、细胞骨架 .....	30	五、禾本科植物茎的结构 .....	84
九、后含物质 .....	30	第三节 叶 .....	86
第三节 细胞的分裂 .....	32		

一、叶的形态与生理功能 .....	86	三、种皮的发育和结构 .....	158
二、叶的发生及生长 .....	88	第七节 果实的发育、结构与传播 .....	159
三、双子叶植物叶的结构 .....	90	一、果实的发育与结构 .....	159
四、禾本科植物叶的结构 .....	94	二、单性结实与无籽果实 .....	161
五、叶的生态类型 .....	98	三、果实的类型 .....	161
六、叶的衰老和脱落 .....	100	四、果实与种子的传播 .....	161
第四节 营养器官间的联系 .....	101	第八节 被子植物的生活史 .....	162
一、营养器官间维管组织的联系 .....	101	一、被子植物的生活史 .....	162
二、营养器官生长的相关性 .....	104	二、被子植物生活史的主要阶段和特征 .....	162
第五节 营养器官的变态 .....	105	小结 .....	164
一、根的变态 .....	105	复习思考题 .....	164
二、茎的变态 .....	108	<b>第六章 裸子植物的营养器官和生殖器官</b> .....	166
三、叶的变态 .....	111	第一节 裸子植物的营养器官 .....	166
四、同功器官和同源器官 .....	112	一、裸子植物根的结构 .....	166
第六节 营养器官的繁殖及其在生产上的应用 .....	113	二、裸子植物茎的结构 .....	168
小结 .....	114	三、裸子植物叶的结构 .....	170
复习思考题 .....	116	第二节 裸子植物的生殖器官 .....	172
<b>第五章 被子植物的繁殖和繁殖器官</b> .....	118	一、大、小孢子叶球的结构和发育 .....	172
第一节 植物的繁殖及繁殖方式 .....	118	二、雌、雄配子体的构造和发育 .....	173
一、植物的繁殖 .....	118	三、传粉与受精 .....	174
二、植物的繁殖方式 .....	118	四、胚与胚乳的发育和种子的形成 .....	175
三、被子植物的有性生殖 .....	119	小结 .....	178
第二节 被子植物的生殖器官——花 .....	119	复习思考题 .....	178
一、花的组成和结构 .....	120	<b>第七章 植物界的类群与分类</b> .....	179
二、花的类型及花序 .....	123	第一节 植物分类的基础知识 .....	179
三、花芽分化及花的发育 .....	125	一、植物分类的方法 .....	179
第三节 雄蕊的结构和发育 .....	128	二、植物分类的单位和阶层系统 .....	180
一、花药的结构与发育 .....	128	三、植物命名法 .....	181
二、花粉的生活力 .....	138	四、植物检索表及其应用 .....	181
三、花粉败育和雄性不育 .....	138	第二节 植物界的基本类群 .....	182
第四节 雌蕊的发育与结构 .....	139	一、低等植物 .....	184
一、雌蕊的发育与结构 .....	139	二、高等植物 .....	202
二、胚珠的发育与结构 .....	141	小结 .....	216
三、胚囊的发育与结构 .....	142	复习思考题 .....	217
第五节 开花、传粉和受精 .....	145	<b>第八章 被子植物分类的形态学基础知识</b> .....	219
一、开花 .....	145	第一节 茎 .....	219
二、传粉 .....	147	一、根据茎的性质分 .....	219
三、受精 .....	150	二、根据茎的生长习性分 .....	220
第六节 种子的发育与结构 .....	153	第二节 叶 .....	220
一、胚的发育 .....	153		
二、胚乳的发育 .....	157		

一、叶序 .....	220	第四节 果实 .....	235
二、叶形 .....	221	一、单果 .....	235
三、叶尖 .....	222	二、聚合果 .....	238
四、叶基 .....	223	三、复果 .....	238
五、叶缘 .....	223	小结 .....	239
六、叶裂 .....	223	复习思考题 .....	239
七、脉序 .....	223	<b>第九章 被子植物及其主要分科</b> .....	240
八、单叶和复叶 .....	225	第一节 被子植物分科的概述 .....	240
<b>第三节 花</b> .....	227	一、双子叶植物纲 .....	240
一、花序 .....	227	二、单子叶植物纲 .....	265
二、花冠的类型 .....	229	第二节 被子植物的主要分类系统简介 .....	279
三、花瓣和萼片在花芽中的排列方式 .....	230	一、恩格勒系统 .....	279
四、雄蕊的类型 .....	230	二、哈钦松系统 .....	279
五、花药着生的方式 .....	231	三、塔赫他间系统 .....	280
六、花药开裂的方式 .....	231	四、克郎奎斯特系统 .....	280
七、雌蕊的类型 .....	232	五、APG III 系统 .....	280
八、子房位置的类型 .....	232	小结 .....	281
九、胎座的类型 .....	233	复习思考题 .....	281
十、胚珠的类型 .....	234	<b>主要参考书目及文献</b> .....	283
十一、花程式和花图式 .....	234		



# 绪 论

## 一、植物的基本特征及其多样性

植物(plant)是地球上存在着的一种重要的生命形式。我们所称的植物,一般应具有下列基本特征:细胞具有细胞壁;借助光能或化学能将简单的无机物制造成有机物,行自养生活;生活体内多保留永久的分生组织,具有无限生长的特性。

植物是丰富多样的,它们的形态、结构、生活习性都表现出对环境的适应性。在不同的环境中生长着不同类型的植物,从热带到寒带以及两极地带、从平原到高山、由海洋到大陆,到处都有植物的踪迹。植物在地球上的发生和发展经历了一个漫长的历史过程。现存植物的多样性源于连续不断的物种形成和分化过程,是植物有机体在与环境的相互作用中,经过持续不断的遗传、变异、选择、适应等一系列的矛盾运动,有规律地演化而来的。

现今地球上已发现的植物约 50 万种,其中包括藻类、菌类、地衣、苔藓、蕨类和种子植物。它们的大小、形态、结构、寿命、生活习性、营养方式和生态习性等是多种多样的,共同组成了复杂的植物界。例如,最小的支原体(mycoplasma)(介于细菌和病毒之间、无细胞壁、形态多样的单细胞原核生物)直径只有  $0.1\ \mu\text{m}$ ;分布于北美的巨杉(世界爷)[*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz]树高可达 142 m。简单的有单细胞生物,如衣藻;比较复杂的有多细胞群体、丝状体和具有根、茎、叶分化的植物体。绝大多数植物都具有叶绿素,可进行光合作用,制造有机物;小部分植物不含有叶绿素,不能自制养料,必须寄生或腐生在其他生物体上;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制养料。

## 二、我国丰富的植物资源

我国幅员辽阔、地形多样,复杂的自然环境造就了丰富的植物多样性。我国是世界上植物种类最多的国家之一,仅种子植物就有 3 万种以上,仅次于马来西亚和巴西,居世界第三位,其中不少植物具有重要的经济价值。我国是栽培植物起源中心之一,如水稻、桃、梅、柑橘、枇杷、荔枝、茶、桑、大豆、油桐、牡丹、月季、菊花、山茶、杜鹃花、兰花等均原产于我国。我国被称为“裸子植物故乡”,有大面积分布的优良用材树种如落叶松、红松等;银杏、银杉、水松、水杉素有四大活化石之誉。我国药材资源尤为丰富,杜仲、人参、当归、石斛、阳春砂仁、化洲橘红、广佛手等均为名贵的药用植物。这些丰富的植物资源为我国经济的发展提供了坚实的物质基础。

### 三、植物在国民经济发展中的意义

植物是发展国民经济的重要物质资源。人类的衣、食、住、行等方面都离不开植物。在农、林业方面,生产应用包括了粮食作物、糖类作物、油料作物、纤维作物、果品、蔬菜、饮料植物、药用植物、观赏植物、牧草和材用植物等;动物提供的食品、原料,也间接来源于植物。在工业方面,包括食品工业、油脂工业、制糖工业、制药工业、建筑业、纺织工业、造纸工业或橡胶工业、酿造工业、涂料工业、化妆品工业,甚至冶金工业、煤炭工业、石油工业等,都与植物息息相关。

植物界是天然的基因库,是自然赋予人类的宝贵财富。植物在长期的演化过程中形成了无比丰富的遗传性状,为人类驯化野生植物、改良新品种提供了广阔的种质资源。现存高等植物约25万种,经人类长期驯化栽培的有2000多种,常见的栽培植物仅100多种。这为数不多的栽培植物成为人类物质文明的重要基础。当今世界面临资源、能源、人口、粮食和环境等危机问题,如何保护生物多样性、合理利用野生植物资源,以及积极开展植物引种驯化、品种改良、抗性育种等,是摆在我们面前的急迫任务。

### 四、学习植物学的目的与方法

植物学(Botany)是生命科学中最重要基础学科之一,它的基本研究内容是认识和揭示植物界各层次的生命活动的客观规律,包括结构和功能、生长发育、系统演化、分布及其与环境相互作用的关系。学习植物学的目的是为了了解植物、认识植物,进而更好地利用和改造植物,如野生种质资源的挖掘和开发、农作物产量和品质的提高、生物多样性的保护等,以更好地为经济建设服务。

植物学是农林院校的一门基础课,它是进一步学习其他专业课程的必要前提。本教材内容主要以我国南方亚热带的植物为代表,介绍植物的形态、结构和类群、分类等基本知识,并揭示植物的一般生长发育规律。本教材以被子植物为主线,从种子和幼苗开始,到植物的细胞、组织、营养和繁殖器官,讲述植物个体发育的特点;然后介绍植物的基本类群和被子植物部分科属代表,以了解植物界的系统发育式样。通过这样的学习过程,可以掌握自然界植物的整体面貌和特点,为服务于生产实践打下基础。

学习植物学必须掌握辩证的思维方法。要注意把握植物局部与整体的关系、结构与功能的关系、个体发育与系统发育的关系、植物与环境的关系等,以一种动态的时空观指导学习的过程。

学习植物学需要掌握扎实和系统的理论知识。植物种类丰富,形态结构多样性高,教材内容描述多,现象丰富。因此注重吸收借鉴教材、课堂介绍的知识是入门的重要途径。要在对教学内容理解的基础上,分析归纳,融会贯通。

学习植物学要重视实验和实践,增强感性认识。植物学实验和野外实习是学习植物学的重要辅助环节。积极开展实验和实践活动有助于验证课堂理论知识,加深对各种概念、原理的理解和巩固,同时还可以增强解决实际问题的能力。

### 五、植物学分支学科的概述

植物学是一门古老的基础学科。随着科学的发展以及生产实践的需要,植物学的研究范围越来越广泛,对每一局部的研究也越来越细致和深入。依据研究对象和研究内容的侧重点不同,

植物学衍生出许多不同的分支学科,主要有以下几类:

植物分类学(Plant Taxonomy):是研究植物类群的分类、鉴定和亲缘关系的科学,也称为植物系统学(Plant Systematics)。它是植物学最基本的一门学科,也是开展植物资源调查等工作的基础。近代随着科技手段的进步和学科交叉渗透,已发展出植物细胞分类学(Plant Cellular Taxonomy)、植物化学分类学(Plant Chemotaxonomy)、植物分子系统学(Plant Molecular Systematics)等,为植物的系统演化研究开辟了新的领域。

植物形态学(Plant Morphology):是研究植物个体构造、发育及形态形成过程规律的科学,是植物学的基础学科之一。其中,研究植物组织和器官显微结构及其功能的科学,称为植物解剖学(Plant Anatomy);研究植物胚胎的结构、发生和分化的科学,称为植物胚胎学(Plant Embryology);研究植物细胞结构与功能的科学,称为植物细胞学(Plant Cytology)。

植物生理学(Plant Physiology):是研究植物体的各种生理活动、功能的变化和生长发育的情况,以及在环境条件影响下所引起的反应等的科学。近代植物生理学的各分支学科,如细胞生理、种子生理、光合生理、呼吸生理、水分生理、营养生理、生殖生理及生态生理等已有很大发展。有时也将其与研究植物体内各种化学变化的植物生物化学,合称为植物生理生化学(Plant Physiology Biochemistry)。

植物生态学(Plant Ecology):是研究植物与环境条件间相互关系的科学。根据其研究的水平和尺度,又可分成植物个体生态学、植物种群生态学、植物群落生态学及生态系统生态学。

植物化学(Phytochemistry):是研究植物代谢产物的成分、结构、分布规律的科学,与中药有效成分、植物系统分类有密切关系,如植物化学分类学就是一门结合植物化学和植物分类学的交叉学科。

植物资源学(Plant Resources):是研究自然界所有植物的分布、数量、用途及其应用的科学,与植物分类学、药用植物学和保护生物学等有密切关系。

不同的分支学科,其研究的具体内容和层次均有不同。生物科学的发展日新月异,目前植物学和各个分支学科的发展趋势为:学科间交叉渗透,一些传统学科间的界限已在逐渐淡化,而边缘学科和综合性学科研究领域不断出现,如植物基因组学、植物蛋白质组学、植物代谢组学、植物发育生物学、生物信息学等。通过宏观研究与微观研究的紧密结合,有望使植物学在更高层次和更广的范围内探讨植物生命的本质和规律,更好地为社会生产实践服务。

# 第一章

# 种子与幼苗

种子植物是植物界的一个大类群,其共同特征是能产生种子(seed)。农林生产中所栽培的经济作物,绝大多数都是种子植物,如水稻、玉米、甘蔗、番薯、茶、芒果、荔枝、龙眼、肉桂、马尾松等。

种子是种子植物特有的生殖器官,是有性生殖的产物,又是新一代生命的开始。种子植物的根、茎、叶各器官都是直接或间接由种子发育而来的,作物的生产一般也是从播种开始。所以,在了解种子植物各个器官的形态结构及生活史之前,必须了解种子的结构和幼苗的形成过程。

## 第一节 种子的结构

各种植物种子在形状、大小、色泽和硬度等方面有很大的差别,这些特征常常作为鉴定种子类别和评定种子质量的依据。尽管不同植物的种子在上述几个方面的差别很大,但种子的基本结构是大致相同的,都是由种皮(testa, seed coat)、胚(embryo)和胚乳(endosperm)等部分构成。

### 一、种皮

种皮是种子外面的保护层。成熟种子的种皮具有种脐(hilum)和种孔(micropyle)。种脐是种子从种柄脱落时留下的痕迹。种脐的一端有一极小的孔,称为种孔,是种子萌发时胚根穿出的孔道。

有些植物种子的种皮仅一层,如菜豆、南瓜、花生等;有些植物具有内、外两层种皮,内种皮薄而柔软,外种皮厚而坚硬,且常有光泽、花纹或其他附属物,如蓖麻、橡胶树等植物的外种皮有花纹,乌柏的外种皮有蜡质层。有些植物的种皮扩展成翅,如泡桐、翻白叶树等;有些种子的种皮附生长毛,如棉花种子的纤维毛。银杏则有更为特殊的三层种皮,即肉质的外种皮、骨质的中种皮和膜质的内种皮。

种皮的解剖结构在不同的植物中是不同的。通常外种皮由木化或角化的厚壁组织构成,具有保护作用。内种皮由薄壁组织构成,细胞内贮存养料,在种子发育过程中,养料往往被吸收,因此当种子成熟时,内种皮常变为死细胞组成的薄层。

### 二、胚

胚是种子最重要的部分,是一个未成长的新植物体的雏形。如果因虫害或其他原因损伤了

胚或胚丧失了生活力,这样的种子就完全失去了播种的价值。胚由胚根(*radicle*)、胚芽(*plumule*)、胚轴(*embryonal axis*)和子叶(*cotyledon*)四部分组成。胚根一般呈圆锥形,将来发育成主根。胚芽由幼叶和生长点组成,有的仅有生长锥,胚芽将来发育成茎和叶。胚轴介于胚根和胚芽之间,可分为上胚轴和下胚轴两部分。由子叶着生点到第一片真叶之间的一段,称为上胚轴(*epicotyl*);由子叶着生点到胚根的一段,称为下胚轴(*hypocotyl*)。下胚轴将来发育成根和茎的过渡区(*transition zone*)。子叶着生在胚轴上,其功能是贮藏养料或吸收养料,供胚和幼苗生长利用。有些植物的子叶在种子萌发后露出土壤并展开变绿,能暂时进行光合作用。

各种植物种子中子叶的数目是不同的。根据子叶的数目,种子植物可分为三大类:种子具有两片子叶的植物为双子叶植物;种子具有一片子叶的植物称为单子叶植物;裸子植物的子叶数目不定,一般在两片或两片以上。

### 三、胚乳

胚乳是种子贮藏营养物质的部分,一般介于种皮和胚之间。种子萌发时,胚乳的营养物质被胚吸收利用。有些植物在种子发育过程中,胚乳已被吸收利用,所以种子成熟后无胚乳,或残留一层膜状痕迹,这类种子的营养物质主要贮藏在子叶中,通常有肥厚的子叶。

在种子中,胚乳或子叶占种子体积的大部分,它们由薄壁组织组成,细胞内贮藏着丰富的营养物质。营养物质主要有淀粉、脂肪和蛋白质。根据贮藏物质中三类主要营养物质含量的不同,可分为淀粉类种子,如水稻、小麦、玉米等的种子;脂肪类种子,如花生、油菜、芝麻等的种子;蛋白质类种子,如大豆、南瓜、蓖麻等的种子。

## 第二节 种子的主要类型

根据成熟种子内胚乳的有无,可以将种子分为有胚乳种子(*albuminous seed*)和无胚乳种子(*exalbuminous seed*)两大类。

### 一、有胚乳种子

有胚乳种子由种皮、胚和胚乳组成。胚乳占种子的大部分,胚较小。许多双子叶植物如蓖麻、番木瓜、烟草、番茄、辣椒,大多数单子叶植物和全部裸子植物的种子,都是有胚乳种子。

#### 1. 双子叶植物有胚乳种子

以蓖麻种子为例说明这类种子的结构。如图 1-1 所示,蓖麻种子有两层种皮,外种皮坚硬光滑,具有花纹。种子一端有海绵状突起,称为种阜(*caruncle*),是由外种皮延伸而成的,有吸收水分的作用,有利于种子的萌发。种孔被种阜覆盖,种脐不甚明显。在种子腹面中央,有一长条状隆起,称为种脊(*raphe*),其长度与种子长度几乎相等。种脊是倒生或横生胚珠的珠柄和珠被的愈合处在种子形成后留在种皮上的痕迹。内种皮薄,膜质。剥去种皮可见白色略带透明的胚乳。胚乳占种子体积的大部分,含大量脂肪。胚包藏于胚乳之中,两片子叶大而薄,白色,上面有显著的脉纹。胚轴很短,连接胚芽、胚根和子叶。胚轴上方是胚芽,胚芽仅有生长锥;胚轴下方是胚根。

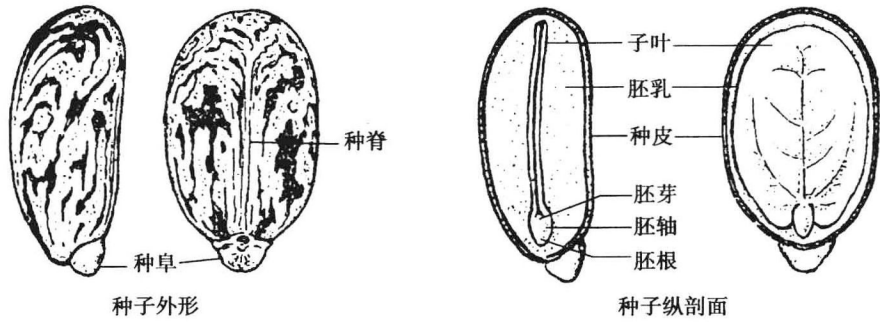


图 1-1 蓖麻种子的结构(仿李扬汉,1984)

番茄种子也属于双子叶有胚乳种子,其结构见图 1-2。

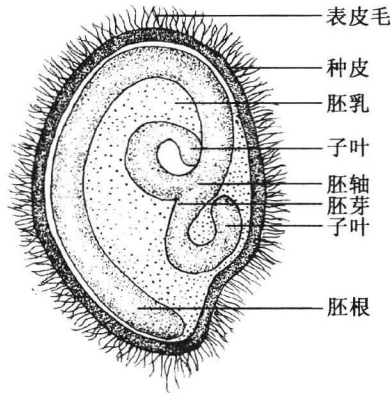


图 1-2 番茄种子的结构(仿李扬汉,1984)

## 2. 单子叶植物有胚乳种子

大多数单子叶植物的种子都是有胚乳种子。水稻、小麦等禾本科植物的种子较特殊,种皮和果皮愈合,种子不能分离出来,因此所谓的种子实际上是含有种子的果实,称为颖果(caryopsis)。

现以水稻、小麦为例(图 1-3,图 1-4)说明这类种子的结构。其果皮由几层栓化细胞组成,种皮由一层薄壁细胞组成,并与果皮及胚乳愈合。胚乳由薄壁细胞组成,占整个颖果的大部分。胚乳可分为糊粉层胚乳细胞和淀粉层胚乳细胞两部分。糊粉层为紧贴种皮的一至数层细胞,含大量的糊粉粒;其余大部分为充满淀粉粒的薄壁细胞。胚很小,位于籽粒基部的一侧,紧贴胚乳。胚由胚芽、胚根、胚轴和子叶构成。胚芽位于胚轴上方,由生长点和幼叶组成。胚芽外面有胚芽鞘(coleoptile)保护。胚根位于胚轴的下方,由生长点和根冠组成。胚根外面有胚根鞘(coleorhiza)保护。胚轴较短,上连胚芽,下连胚根;一侧连着一肉质的子叶,子叶形如盾牌,故也称为盾片(scutellum),盾片紧贴胚乳。胚轴的另一侧连着一极小的突起,有的植物学家认为是一片退化的子叶,称为外胚叶。这类种子中由于只有一片子叶发育而形成单子叶种子类型。盾片与胚乳交界处,是一层排列整齐呈条形的细胞,称为上皮细胞。种子萌发时,上皮细胞分泌植物激素到胚乳中,促进胚乳细胞内的营养物质分解,然后由上皮细胞吸收并转运到胚的生长部位,供胚生长利用。

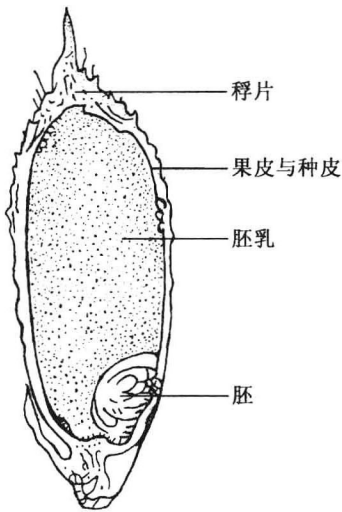


图 1-3 水稻籽粒纵切图  
(仿叶创兴等,2007)

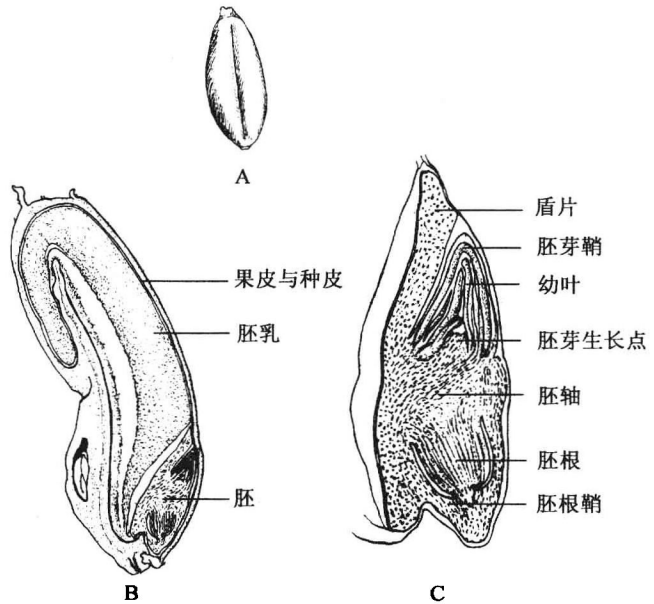


图 1-4 小麦颖果的结构

A. 颖果的外形 B. 颖果的纵切面 C. 胚的纵切面

## 二、无胚乳种子

无胚乳种子由种皮和胚组成,子叶肥厚,贮藏着大量的营养物质,代替了胚乳的功能。许多双子叶植物如花生、棉花、豆类、瓜类和柑橘类的种子,都属于这种类型。

### 1. 双子叶植物无胚乳种子

以菜豆种子为例,说明这类种子的结构。如图 1-5 所示,菜豆种皮表面具有斑纹或无斑纹。种子一侧的中央有一椭圆形的疤痕,称为种脐。种脐的一端有一圆形的种孔,是种子萌发时水分进入种子的通道,胚根首先从这里突破种皮向外伸长。种脐另一端有一小的瘤状突起,称为种瘤。种瘤至种子一端有一明显棱脊,称为种脊。

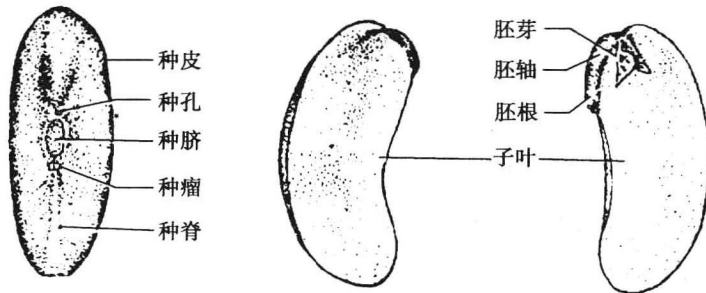


图 1-5 菜豆种子的结构

胚由胚根、胚芽、胚轴和子叶组成。子叶两片,肥厚,乳白色,贮藏丰富的营养物质。胚轴较短,子叶着生其两侧。胚轴上方为胚芽,由生长点和折叠的幼叶组成,夹在两片子叶之间;胚轴下

方为胚根。

棉花种子也属于这一类型。棉花种子外面的黑色硬壳是种皮,其上面的毛状物是表皮毛,也就是棉絮(纤维)。种脐和种孔都位于较尖的一端。钝圆的一端种皮较薄,晒种时这部分细胞被破坏,种子萌发时成为水和氧气的重要通道。种皮内有一层白色薄膜,是胚乳被吸收后留下的痕迹,薄膜以内为胚。子叶皱褶,占很大的体积,胚芽很小,胚轴短,胚根尖端露于子叶之外(图1-6)。

## 2. 单子叶植物无胚乳种子

此类种子如慈姑、泽泻,在农作物中较少见。

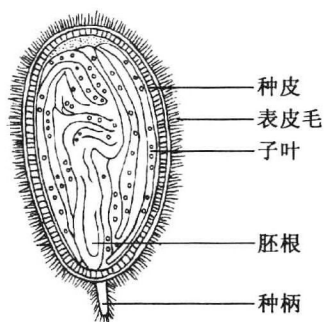


图1-6 棉花种子的结构  
(仿吴万春,2004)

## 第三节 种子的萌发与幼苗的类型

### 一、种子的休眠与后熟作用

大多数植物的种子成熟后,即使在适宜的条件下,并不立即萌发,往往需经过一段时间后才能萌发,这种现象称为种子的休眠(dormancy)。休眠期种子内部一切生理活动都很微弱,但在这缓慢的代谢活动中种子会逐渐转化,解除休眠,从而具有萌发的能力,这种转化过程称为后熟作用(after-ripening)。由于引起休眠的原因不同,因而后熟的情况也各不相同。有的植物种子脱离母体时,胚尚未完全发育成熟,这类种子必须经过一段时间,胚继续发育完全,才能萌发,比如兰花的种子;有的种子休眠是由于种皮坚厚并含有角质的物质,影响水分的吸收和氧气的通过;有的种子休眠是由于种子内含有抑制萌发的物质,如有机酸、植物碱和某些植物激素以及某些分解后释放的氨和氰类有机物,抑制了种子的萌发。这些种子必须经过各种代谢活动,改善种皮的通透性,分解转化这些物质。当引起种子休眠的因素通过后熟过程而被消除时,种子即可解除休眠,在适宜的外界条件下随时萌发。

种子休眠是植物长期适应外界环境条件的结果。由于多数植物种子成熟时,紧接着是严冬或旱季,不利于种子萌发和幼苗生长,所以通过休眠来保存种胚,以利于传播后代。例如,在一些温带地区生长的植物,它们的种子通常需要在低温( $0\sim 6^{\circ}\text{C}$ )条件下经过数周至数月的休眠或后熟作用,才能萌发。休眠期的有无及长短随植物种类不同而不同,例如,红松种子的休眠期长达两年;而小麦、水稻以及某些热带植物的种子则没有休眠期或休眠不明显。

### 二、种子萌发的条件和种子的寿命

#### 1. 种子萌发的条件

具有萌发能力的种子,在适宜的条件下,胚由休眠状态转入活动状态,开始萌发生长,形成幼苗,这个过程称为种子萌发(seed germination)。

种子萌发必须具备三个条件:充足的水分、适宜的温度和足够的氧气。有些种子的萌发还受到光照的影响。



### (1) 充足的水分

水分是控制种子萌发的最重要的因素。种子萌发首先必须吸收大量的水分,例如,水稻种子为 40% (种子吸收的水分占种子本身重量的百分比),小麦种子为 50%,大豆种子为 120%,豌豆种子为 186%。种子萌发时吸水量的差异,主要是由于不同植物种子的主要成分不同。水分的作用是多方面的:可使种皮吸水后软化,增加透水性和透气性,因此,胚易于突破;水分有助于加强胚细胞的代谢活动,增强呼吸作用、酶的活性以及各种生理生化反应,或分解种子内抑制休眠的物质;水分有利于种子内贮藏的有机物分解为简单的可溶性化合物以及这些物质的运输和利用。

### (2) 适宜的温度

不同植物因其原产地不同,其种子萌发时所要求的温度也不同。原产于南方的植物,种子萌发时所需的温度较高;而原产于北方寒冷地区的植物,种子萌发时所需的温度相对较低。对大多数植物来说,种子萌发温度有最低、适宜、最高三个基点。大多数植物种子萌发的最低温度为 0~5℃,低于这个温度则不能萌发;适宜温度为 25~35℃;最高温度为 35~40℃,高于这个温度也不能萌发。

温度的作用在于直接影响种子萌发过程的代谢活动,如呼吸作用、酶的活性以及水分吸收、气体交换等。

### (3) 足够的氧气

种子萌发时,呼吸作用增强,需要吸收大量的氧气,把细胞内贮藏的营养物质如葡萄糖逐渐氧化分解为二氧化碳和水,并释放能量供各种生理活动利用。播种过深或土壤积水,都会造成通气条件不好而缺氧,影响种子的正常萌发。严重缺氧则会造成种子进行无氧呼吸,消耗大量的能量,并积累有毒物质,使种子失去活力。

### (4) 光照

光对一般植物的种子的萌发几乎没什么影响,但有些植物的种子萌发是需要光照的,这些种子称为需光种子(light seed),如莴苣、烟草、拟南芥等植物的种子。还有些种子萌发时需要在黑暗的条件下,这类种子称为需暗种子(dark seed),如瓜类、苋菜、黑种草属(*Nigella*)等植物的种子。

## 2. 种子的寿命

种子的寿命是指种子在一定条件下保持生活力的最长期限,超过这个期限,种子就会失去生活力,也就失去萌发的能力。

种子寿命的长短,主要取决于植物的遗传特性。一般植物种子的寿命是几年到十几年,莲的种子可以活到 150 年以上,是寿命较长的种子。种子的寿命也受储藏条件的影响。储藏种子最适宜的环境是干燥和低温。在这样的环境中,种子的呼吸作用最弱,消耗的营养物质最少,可以度过较长的休眠期;但完全干燥的种子不利于储藏,因为这样会使种子的生命活动完全停止。所以,种子在储藏时,一般对含水量有一定的要求,例如油菜种子约为 10%,水稻种子为 10%~13%,高于或低于此含水量都不利于储藏。

## 三、种子的萌发过程

发育正常的种子在适宜条件下开始萌发。种子吸水膨胀一段时间后,通常是胚根首先突破