

高等院校教材

植物学

白宝璋 王春虎 主编

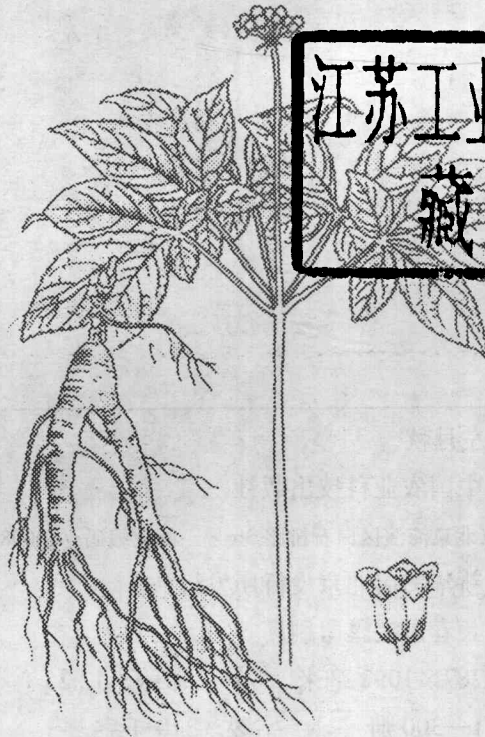


中国农业科技出版社

高等院校教材

植 物 学

白宝璋 王春虎 主编



江苏工业学院图书馆
藏书章

中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

图书在版编目 (CIP) 数据

植物学/白宝璋等主编.北京:中国农业科技出版社,1997.8

ISBN 7-80119-421-7

I.植… II.白… III.植物学 IV.Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 08980 号

主编 白宝璋 副主编 王春泉



责任编辑

左月秋

出版发行

中国农业科技出版社

(北京海滨区白石桥路 30 号 邮政编码: 100081)

经 销

新华书店北京发行所发行

印 刷

长春市宝露印刷厂

开 本

787×1092 毫米 1/16 印张: 12.25

印 数

1—300 册 字数: 310 千字

版 次

1997 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 版

定 价

20.00 元

前 言

工代学姓员人言编

植物学 (Botany) 是研究植物形态结构、生命活动、生态分布、分类进化, 以及种群演化等规律的科学, 是高等院校农学类专业和生物类专业的重要专业基课程。为深化教育改革, 不断提高教学水平, 加速培养三个面向人才, 适应国家经济发展的需要, 由吉林农业大学、河南科技学院、周口师范学院、辽宁农业职业技术学院、河南广播电视大学等院校协作, 编写本书, 作为农学类和生物类等专业的教材, 亦可作为农业、林业、园艺、生物、环保等科技工作者的参考书。

本书编写人员分工如下: 董 贵 : 章一第

主 编: 白宝璋 王春虎 魏 琳 : 章二第

副主编: 李洪忠 莫 红 葛红莲 : 章三第

参 编: 冯艳秋 赖 颖 贾 蕾 : 章四第

本书在编写过程中, 虽然主观上希望做到: 注意基本概念, 重视基础理论, 尽力反映最新科学成就, 密切联系实际。但是, 由于编者水平所限, 而且时间仓促, 书中不妥、疏漏, 甚至错误之处在研难免, 敬希各校诸位同仁和广大读者不吝赐教, 批评指正。

魏春王 : 章六第

魏春王 : 章十第

编 者

2006.06.06

前 言

编写人员执笔分工

编 论：白宝璋

第一章：莫 红

第二章：莫 红

第三章

第一节：贾 蕾

第二节：赖 颖

第三节：冯艳秋

第四节：葛红莲

第五节：葛红莲

第四章：葛红莲

第五章：李洪忠

第六章：王春虎

第七章：王春虎

目 录

绪 论	1	三、茎的发育与结构	68
一、植物学的定义与内容	1	第三节 叶	76
二、植物学的产生与发展	2	一、叶的功能	76
三、植物学的任务与展望	3	二、叶的形态与叶序	76
第一章 种子与幼苗	6	三、叶的发生与生长	81
第一节 种子的结构与类型	6	四、叶的基本结构	82
一、种子的结构	6	五、叶的生态类型	85
二、种子的类型	7	第四节 营养器官之间的相互联系	86
第二节 种子萌发与幼苗类型	10	一、根与茎维管组织的联系	86
一、种子萌发	10	二、枝与叶维管组织的联系	87
二、幼苗类型	12	第五节 营养器官的变态	88
第二章 植物细胞与组织	14	一、根的变态	88
第一节 植物细胞	14	二、茎的变态	90
一、原核细胞与真核细胞	14	三、叶的变态	90
二、植物细胞的大小与形状	15	四、同功器官与同源器官	92
三、植物细胞的基本结构	16	第四章 被子植物的生殖器官	93
四、植物细胞的后含物	26	第一节 花的形成与发生	93
五、植物细胞的分裂、生长	29	一、花的形态组成	93
与分化	29	二、花序	99
第二节 植物组织	31	三、花程式与花图式	101
一、分生组织	32	四、花芽分化	102
二、成熟组织	33	第二节 雄蕊的发育与结构	104
第三章 被子植物的营养器官	47	一、花药的发育与结构	104
第一节 根	47	二、花粉母细胞的减数分裂	106
一、根的功能	47	三、花粉的发育与形态	107
二、根的发生与根系类型	48	第三节 雌蕊的发育与结构	109
三、根尖的分区与生长动态	49	一、胚珠的发育与类型	109
四、双子叶植物根的初生结构	52	二、胚囊的发育与结构	111
五、双子叶植物根的次生结构	54	第四节 开花、传粉、受精	113
六、禾本科植物根的结构特点	56	一、开花	113
七、侧根的发生	58	二、传粉	113
八、根瘤与菌根	58	三、受精	115
第二节 茎	61	第五节 种子与果实	117
一、茎的功能	61	一、种子	117
二、茎的基本形态	61	二、果实	120

第六节 被子植物的生活史	127	十九、伞形科	170
第五章 植物界的类群与演化	130	二十、柿树科	171
第一节 植物分类的基础知识	130	二十一、菊科	172
一、植物分类的方法	130	二十二、茄科	174
二、植物分类的单位	131	二十三、旋花科	175
三、植物命名的方法	131	二十四、胡麻科	175
四、植物检索表	132	二十五、唇形科	176
第二节 植物界的基本类群	133	第二节 单子叶植物	176
一、植物界基本类群的划分	133	一、泽泻科	177
二、低等植物	133	二、百合科	178
三、高等植物	144	三、兰科	178
第三节 植物界的发生与演化	151	四、莎草科	179
一、植物界的发生阶段	151	五、禾本科	181
二、植物界的演化	152	第三节 被子植物分类系统简介	183
第六章 被子植物主要分科概述	154	一、恩格勒分类系统	183
第一节 双子叶植物纲	154	二、哈钦松分类系统	184
一、木兰科	154	三、塔赫他间分类系统	184
二、毛茛科	155	四、克朗奎斯特分类系统	184
三、十字花科	156	第七章 植物生态与植物群落	185
四、石竹科	156	第一节 生态条件	185
五、蓼科	157	一、生态条件与生态环境的概念	185
六、藜科	157	二、水条件	185
七、苋科	158	三、温度条件	186
八、葫芦科	159	四、光条件	187
九、锦葵科	160	五、空气和风	188
十、大戟科	161	六、土壤条件	189
十一、蔷薇科	162	七、生态条件的综合作用	190
十二、豆科	164	第二节 植物生活型与生态型	190
十三、杨柳科	166	一、生活型	190
十四、壳斗科	167	二、生态型	191
十五、桑科	168	第三节 植物群落	191
十六、鼠李科	169	一、植物群落的概念	191
十七、葡萄科	169	二、植物群落的特征	191
十八、胡桃科	169	三、植物群落的发展	193

绪 论

一、植物学的定义与内容

植物学 (botany) 是研究植物形态结构、生理活动、分类进化、生态分布, 以及种群演化等规律的科学。即采用数学、物理学、化学和生物学的技术与方法, 研究植物如何生活, 如何生长, 如何生殖, 如何分布, 如何演化, 以及与各种环境条件的相互关系。由于科学技术不断进步和实验手段不断提高, 植物学的研究内容不断深化和扩展, 形成各具特色的分支, 比如植物分类学、植物形态学、植物生理学、植物生态学、植物群落学、植物遗传学, 等等。正是因为如此, 有人曾建议, 将植物学笼统地称为植物科学 (plant science)。现将各个分支简介如下:

1. 植物分类学 (plant taxonomy) 鉴定植物种类, 探索植物间亲缘关系, 阐明植物界自然进化系统的科学, 是整个植物科学中最基本的一门学科, 是植物资源调查等工作的必需基础。由于学科之间的不断渗透, 业已发展成为植物化学分类学、植物细胞分类学、植物超微结构分类学和植物数值分类学等。

2. 植物形态学 (plant morphology) 研究植物外部形态与内部结构, 器官的形成与发育, 细胞、组织和器官在不同环境下的个体发育与系统发育中的变化规律的科学, 是植物科学中的基础学科。其中, 研究植物细胞结构的科学, 叫植物细胞学 (plant cytology); 研究植物组织和器官的显微结构的科学, 叫植物解剖学 (plant anatomy); 研究植物胚胎的结构、发生与分化的科学, 叫植物胚胎学 (plant embryology)。

3. 植物生理学 (plant physiology) 研究植物生命现象与活动规律的科学, 是植物科学中最积极最活跃的学科, 又可分为细胞生理学、营养生理学、发育生理学、抗性生理学等。

4. 植物生态学 (plant ecology) 研究植物之间和植物与环境之间相互关系的科学。现已发展成为植物个体生态学、植物群落学和生态系统学等。

5. 植物遗传学 (plant genetics) 研究植物遗传与变异的规律, 以及人工选择的理论和实践的科学。已发展成为植物细胞遗传学和植物分子遗传学。

最近 20 年来, 植物科学的各个领域不断与相邻学科相互渗透, 某些传统学科之间的界限逐渐淡化; 尤其是分子生物学的新概念与新技术的引入, 使得边缘学科和新的综合性研究层出不穷, 如植物生理解剖学、植物化学分类学、植物细胞生物学、植物生殖生物学、空间植物学等。根据第 13 届和第 14 届国际植物学会议对研究内容的归纳分组, 将植物科学主要分为分子植物学、代谢植物学、发育植物学、遗传植物学、结构植物学、系统及进化植物学、群落植物学、环境植物学、应用植物学等, 大体上反映出植物科学发展的基本概况。可以预料, 通过学科之间的交叉渗透和创新提高, 植物科学将在更高层次上和更广范围内对探索植物生命的奥秘和发生演化的规律, 以及如何利用、保护和发展植物资源做出重要贡献。

二、植物学的产生与发展

与其它任何一门科学一样，植物学也有自己产生和发展的历史。植物科学是随着人类利用植物的生产实践活动而逐渐发展起来的。人类从采集植物充饥御寒、尝试百草医治疾病、野生植物变成栽培作物的长期实践过程中，逐渐积累有关植物知识，诸如植物的形态特征、生活习性，以及与外界环境条件的关系。总之，植物科学就是在社会不断进步和生产力不断提高的进程中产生、建立并发展起来的。

(一) 国外植物科学的产生与发展概况

国外植物科学的发展历史，最早可追溯至古希腊 Aristotle (亚里斯多德)，他创办了欧洲乃至世界的第一座植物园。他的学生 E. Theophrastus (泰奥弗拉蒂斯) 所著《植物的历史》和《植物本原》，是世界上最早的植物专著，记载 3500 多种植物，并提出各种植物器官的名称。14 世纪欧洲经过文艺复兴运动，冲破了神学的束缚，开始进行科学探索。16 世纪末，意大利的 A. Cesalpino (西萨尔皮诺) 在《植物》(De plants) 一书中，以生殖器官作为植物分类的基础，对以后植物学的发展产生很大影响。17 世纪，英国 R. Hook (虎克, 1665) 和荷兰 A. V. Leeuwenhoek (列文虎克, 1673) 分别利用自制的显微镜观察植物材料，发现了细胞 (cell)，并由此推动了植物显微结构的研究。18 世纪，瑞典博物学家 C. V. Linne (林奈) 创立了植物分类系统和双名法，为现代植物分类学奠定了基础，他的《植物种志》一书，至今在分类上仍起很大作用。19 世纪，法国 M. Schleiden (施莱登) 和 T. Schwann (施旺) 提出了“细胞学说”，认为细胞是动物和植物的基本结构单位；英国 C. Darwin (达尔文) 的《物种起源》(Origin of Species) 一书问世，他的进化论观点大大地推动了植物学的发展；继而，A. Engler (恩格勒) 和 K. Prantl (普兰特) 的《自然植物科志》出版，提出了著名的反映植物亲缘进化关系的分类系统。

进入 20 世纪，植物科学已从描述植物学时期发展到主要以实验方法研究植物生命活动过程的实验植物学时期。1900 年，重新认识 G. Mendel (孟德尔) 的遗传定律，即以著名的豌豆实验而得出的遗传规律，由此开始了植物细胞遗传学的深入研究。特别是 Calvin (卡尔文) 等光合碳循环的发现和 Watson (沃森) 等 DNA 双螺旋结构模型的提出，使植物科学已进入了一个崭新阶段，促使各个分支学科蓬勃兴起和迅速发展。

(二) 我国植物科学的产生与发展概况

我国是个文明古国、地大物博，植物资源非常丰富，是最早研究植物的国家之一。远在纪元前 14—11 世纪的殷商时代已开始种植麦、黍、稻、粟，并在殷墟甲骨文中即有旱害与涝害的记载。在周代的《诗经》中曾提到了 200 多种植物，以后历代多有志书、农书和本草问世。在植物方面，晋代稽含撰写的《南方草木状》，列举了 80 多种我国热带、亚热带植物，分为草、木、果、竹四类，是中国最早的地方植物志；公元 6 世纪，北魏贾思勰的《齐民要术》，概括了当时农、林、果树和野生植物的利用，提出豆科植物可以肥田，豆谷轮作可以增产，并叙述了接枝技术；其它如郭橐驼的《种树法》、王桢的《农书》等，都是很好的农业植物学。尤其值得提出的是，明代徐光启的《农政全书》(1639) 共 60 卷，总结了过去经验，并提到了救荒植物，是这方面集大成的著作。关于果树、蔬菜、花卉、园林方面的著作，为数更多，而且分类也较详细。比如，晋代戴凯之的《竹谱》，唐代陆羽的《茶经》，宋代刘蒙的《菊谱》(在这本书中明确提出“花之形色易变”、“岁取其变以为新”。这种以变异为材料，通过人工选择，可以形成新的生物类型的思想十分接近达尔文的理论)、蔡襄的

《荔枝谱》、陈景沂的《全芳备祖》、明代王象晋的《群芳谱》、清代康熙年间的《广群芳谱》、陈燕子的《花镜》等，均为传世名著。在药用植物方面，汉代的《神农本草经》，搜集了古代相传的药用植物知识。以后历代都有专论药用植物的“本草”问世，其中以明代李时珍的《本草纲目》(1578)最具代表性，堪称举世宏篇巨著。他深入民间，出入深山，历经30年的艰苦努力，总结了我国16世纪以前的本草著作。全书共52卷，其中12~25卷全属植物，包括藻类、菌类、地衣、苔藓、蕨类和种子植物，共1173种，内容丰富、描述详细，为全世界学者所推崇备至。时至今日，仍不失其光彩，具有重要的参考价值。清代吴其浚的《植物名实图考》和《植物名实图考长编》(1848)乃为我国植物学又一巨著，记载野生植物和栽培植物共1714种，图文并茂，成为研究我国植物的重要文献。

此外，我古代文人在诗词歌赋中也多有园林、花卉等观赏植物的描写。诸如：碧玉妆成一树高，万条垂下绿丝绦（贺知章：《咏柳》）；有情芍药含春泪，无力蔷薇卧晓枝（秦观：《春日》）；接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红（杨万里：《晓出净慈寺送林子方》）；等等。

我国近代植物学是从国外引进的。大约在19世纪中叶，李善兰（1811~1882）与外人合作编译《植物学》一书，该书根据英国J·Lindley（林德雷）的《植物学纲要》（Elements of Botany）中的重要篇章编译而成，共8卷，为我国第一部植物学的译本。该书的出版，传播了近代植物学在实验观察基础上所建立起来的基本理论，对发展我国近代植物科学起到积极作用。尤其值得提出的是，该书所译出的细胞、心皮、子房、胎座、胚、胚乳等名词，至今仍在沿用。“植物学”这一名词后来也为日本科学界所采用。20世纪初，从国外留学回国的学者，如张挺、钱崇澍、李继侗、胡先骕、刘慎愕、秦仁昌、戴芳澜、吴征镒、罗宗洛、汤佩松等，一方面在高校任教，培养人才，另一方面进行野外考察，采集标本，从事相关领域的科学研究。为我国的现代植物科学做出了卓越的贡献。其中，胡先骕为我国特产的木本植物——“活化石”水杉定名。

解放以后，在党和政府的正确领导下，建立专门研究机构，出版专业期刊和学术专著；在高等学校设置相关专业，开设有关课程，不断更新各类教材，培养大批人才；而且，在全国各地建立植物园和自然保护区，有计划地进行广泛的科学研究，在许多领域中已经达到或者接近国际先进水平。

三、植物学的任务与展望

（一）植物界的多样性

在地球上，自从生命产生至今，经历了近35亿年的漫长发展与进化历程，形成了约200万种的现存生物，其中属于植物界的生物有50多万种。它们在大小、形态、结构、寿命和生活习性、营养方式、生态特性等方面，形形色色、多种多样，共同组成了复杂的植物界。例如，最小的支原体（介于细菌和病毒之间的、无细胞壁的单细胞生物），其直径为0.1 μm ，而号称“世界爷”的巨杉则高达142m；最简单的单细胞生物，仅有1个细胞，如衣藻；比较复杂的有多细胞群体，继而出现丝状体，而后演化出具有根茎叶等营养器官的植物体。植物对生活环境的要求和营养方式亦是多种多样：有的植物生活在陆地，有的植物生活在水中；有的植物需要较强的阳光，有的植物则适于弱光的阴蔽处；有的植物通过光合作用合成自身所需的有机物质（自养植物），有的植物可通过对有机物的分解而摄取养料（腐生植物），有的植物则寄生在其它植物体上吸取现成的营养物质（寄生植物）；植物的寿命也有极大差异：有的细菌仅生活20~30min即可分裂而产生新个体，有些植物需在1~2年内完

成生活周期，而木本植物的寿命可长达数十年、数百年，甚至超越千年，等等。植物的多样性不是偶然产生的，而是植物有机体在与环境的相互作用中，经过长期不断的遗传、变异、选择和适应等一系列的矛盾运动中有规律的演化而成。植物演化规律的总趋势是：由原核到真核，从水生到陆生，从简单到复杂，由低等到高等。

植物是自然界生物中的一大类。生物应该分成多少界？由于认识不断加深和科学不断发展，产生了不同的分界系统学说。最早是18世纪瑞典的C. V. Linne把生物分成动物界和植物界，为两界系统。植物界包括菌类植物、藻类植物、地衣类植物、苔藓植物、蕨类植物和种子植物等六大类群。这种二界系统一直被沿用至今。随着人类对自然界认识水平的不断提高，对植物界的划分范围又提出不同见解。1866年，法国的E. H. Haeckel（海克尔）提出三界系统，除动物界和植物界之外，将具有色素体又能游动的单细胞低等生物分立为原生生物界。1938年，美国的H. F. Copeland（柯柏兰德）主张建立四界系统：原核生物界（包括蓝藻、细菌）、原始有核界（包括低等真核藻类、原生动物、真核菌类）、后生植物界和后生动物界。1969年，美国的R. H. Whittaker（惠特克）认为，应该将真菌从原来的植物界中分出独立，从而变成五界：原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界、动物界。1979年，中国的陈世骧根据病毒和类病毒没有任何细胞形态、不能自我繁殖等特点，建议在五界系统的基础上，再将它们另立为非胞生物界，从而形成六界系统。200多年来，陆续提出的生物不同分界系统，反映了生物进化系统的内在规律和生物界各个类型之间的实质联系。考虑到目前许多植物学书籍仍多按二界系统划分植物界范围，所以本教材依然采用二界系统。

（二）我国植物资源的丰富性

我国幅员辽阔，是世界上植物种类最丰富的国家之一，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。同时，我国也是经济植物最多的国家之一，许多植物不仅原产于我国，并引种到国外。例如，裸子植物全世界共13科，约700种，我国就有12科，近300种之多，大多为经济用材树种。我国的银杏、水杉、水松素有三大活化石之誉，银杉、台湾杉、粗榧等均属于子遗植物。还有许多特产树种，如金钱松、油杉、红豆杉、白豆杉、榧树、福建柏等。在被子植物中，有许多已成栽培作物。例如，粮食作物中的水稻、小米（粟）早在数千年以前已有栽培；大豆原产于我国。果树中的桃、杏、梅、梨、枇杷、荔枝、杨梅、橙、栗等皆原产于我国。我国是世界上蔬菜种类最多的国家。我国的茶、桑、油桐、苧麻、大麻等已成为遍布世界的特种经济植物。我国观赏植物种类之多更是著称于世，其中牡丹、芍药、茶花等均为我国特产的名贵花卉，而雪松雄伟挺拔，姿势优美，已成为重要的园林观赏植物。药用植物中的人参更是世界级的名贵药材。

但是，由于历史的某种原因，目前我国的植物资源缺乏科学的规划管理：围湖造田、毁林开荒、毁草种田，导致植被严重破坏，水土大量流失，草原沙化、碱化，风暴、沙暴频仍。对此，国家提出退田还草、退田还林，提高森林覆盖率。今后的任务是：加强整治，注重保护，合理开发，不断扩大，永续利用，富国利民。

（三）植物科学与农业的密切性

在自然界，植物起着至关重要的作用，概括起来有五个方面：一是联系无机界与有机界的纽带，成为生物界的核心；二是参与生物圈的形成，推动生物界的发展；三是转（换）贮（存）能量，为一切生物的生命活动提供能源；四是促进自然界的物质循环，维持生态平衡；五是天然基因库，为发展经济提供资源。既然植物如此重要，那么以植物作为主要研究对象

的植物科学必然与农业、林业、环境等有着最为密切的关系。回顾历史可以发现，植物科学的发展历程始终与农业具有密切的关系。

1. 描述植物学时期 人们在对植物进行广泛采集和种植的过程中，通过引种驯化，相应地建立了重要栽培植物的农业格局，形成了粮食作物、园艺作物（果树、蔬菜、花卉）、经济作物、药用植物的人工栽培，以及林业经营和牧场管理等生产体系。

2. 实验植物学时期 植物科学在某些基础研究上的重大突破，往往给农业生产技术带来巨大变革。例如，19世纪植物矿质学说的建立，引起化肥的应用和化肥工业的兴起；光合生理生态的研究成果，促进农作物栽培中矮化密植技术的创建，植物生长物质研究成果的应用与推广，导致化控技术的兴起，以及与这些技术相配合的品种改良、植保措施的革新。因而，在20世纪中叶粮食大幅度增产，被誉为“绿色革命”。

3. 分子生物学时期 DNA双螺旋结构模型的提出，导致分子生物学和生物技术的兴起与建立，通过离体培养、基因工程，并与常规育种相结合，育成高产、优质、抗逆的新品种，为人类有效控制植物提供有力的途径。

此外，植物科学研究的日益深化和领域的不断扩展，为大农业的建立与发展提供坚实的理论基础。比如，植物资源、植物区系和植被的调查，为农业、林业、畜牧业和以植物为原料的工业发现，提供更多的可利用野生植物；结合研究栽培植物野生近缘种的基因，扩大基因库，为培育新品种提供更多的原始材料；植物形态解剖特征的研究，有助于了解农作物的生长规律及其与环境的关系；通过对植物的传粉、受精、无融合生殖、雄性不育的研究，对提高栽培作物、经济作物的产量与品质具有重要意义。同时，植物科学也为国土整治、大农业的宏观战略决策提供基本资料和科学依据。

我们坚信，随着科学与技术的迅猛发展，学科之间的相互渗透，综合研究力度的不断加大，植物科学必将在农业、林业、环境保护中发挥其基础理论的重要作用，为富国利民，造福子孙后代做出更多更大的贡献。

第一章 种子与幼苗

种子 (seed) 是种子植物特有的生殖器官, 由胚珠发育而成。从植物学的角度出发, 由胚珠形成的种子乃是真正的种子, 如棉花、菜豆、花生、油菜、柑橘、茶和桑树的种子; 而农业生产所谓的种子, 其范围比较广泛, 如小麦、水稻、玉米、高粱和向日葵的籽粒, 也被称为“种子”, 其实它们都是果实, 因为在种子的外面还包有一层果皮, 所以常常称为“籽实”。

种子成熟后与母体分离, 并在适宜的条件下萌发形成幼苗 (seedling)。幼苗逐渐长大, 形成根系发达、枝叶繁茂的营养体。营养体生长到一定时期, 经历开花、传粉、受精, 又形成种子。从种子萌发到新种子形成的过程, 称之为种子植物的生活史。

第一节 种子的结构与类型

一、种子的结构

一般说来, 植物种类不同, 其种子的形状、大小、重量、颜色等差异很大。比如种子的重量, 据记载, 世界上最重的种子是一种椰子, 连果皮总重可达 15~20kg, 而小的种子仅似细砂大小, 如烟草、苋菜等种子。但是, 不管差异有多么大, 种子的基本结构是相同的。一般由种皮、胚和胚乳三部分组成。其中, 胚最为重要, 是形成植物个体的部分。

1. 种皮 (testa or seed coat) 是包在种子外面的保护结构, 其厚薄、硬度、色泽等随植物种类不同而有明显的差异。比如, 松柏类、瓜类和棉花的种子, 种皮厚而坚硬, 而花生种子的种皮很薄, 由果皮起到保护作用; 而小麦、水稻、玉米、高粱等禾谷类作物种子的种皮, 则常常与果皮愈合在一起, 共同承担保护作用。

在种皮的细胞中常常含有不同的色素, 致使种子成熟后具有不同的颜色, 象豆类作物的种子就有红、绿、黄、白、黑等各种颜色的种皮; 在小麦亦可根据籽粒的颜色分为红皮小麦和白皮小麦两大类。

通常, 构成种皮的细胞在种子成熟时都已死亡。这些细胞大多具有加厚的细胞壁, 有的还木质化和角质化, 增加了种皮的硬度和不透水性, 从而提高了保护功能, 防止病原微生物的侵入。然而, 这也使种子萌发时难于透气和吸水, 导致被迫性休眠。

此外, 在某些植物的种子尚有一些遗传性的结构。例如, 在豆类植物的种皮上还有种脐 (hilum)、种孔 (seed pore)。种脐是种子脱离果实 (豆荚) 留下的痕迹; 种孔来源于胚珠的珠孔, 很小, 观察时可先将种子浸水吸胀, 用手挤压时可见水自种孔冒出。还有些植物 (如蓖麻) 种子的种皮有明显的种脊 (raphe) 和种阜 (caruncle)。

2. 胚 (embryo) 位于种皮之内, 是构成种子的最重要部分, 也是种子中唯一具生命力的部分, 是其第二代新生植物个体的雏型, 即原始体。胚已有初步的器官分化: 由胚根 (radicle)、胚轴 (embryonal axis)、胚芽 (plumule) 和子叶 (cotyledon) 四部分组成。

通常，胚根呈圆锥形，胚芽常具雏叶的形态。胚轴位于胚芽与胚根之间，一般很短，可依据子叶着生的位置将其分为上下两部分：子叶着生处至第一片真叶之间的一段，叫上胚轴（epicotyl）；子叶着生处至胚根的一段，叫下胚轴（hypocotyl）。子叶在不同植物的种子中，数目和功能变化较大：在被子植物，种子内具1片子叶的叫单子叶植物（monocotyledons），如小麦、水稻、玉米、高粱等；种子内具有2片子叶的叫双子叶植物（dicotyledons），瓜类、豆类、棉花、苹果、向日葵等。此外，在裸子植物，子叶数目变化更大：如扁柏种子具2片子叶，银杏种子具2~3片子叶，而松的种子则有多片子叶。就功能而言，子叶出土后即进行光合作用，为幼苗的生长提供部分有机养料。此外，双子叶植物的子叶尚有贮藏营养物质的功能。

组成胚的全部细胞均为体积小、细胞壁薄、原生质浓、细胞核较大、无液泡的胚性细胞（embryonic cell），具有很强的分裂能力。当种子萌发时，胚细胞迅速分裂，胚根、胚轴和胚芽分别形成根、茎、叶及其过渡区。

3. 胚乳（endosperm）位于种皮内，由极核（中央细胞）受精后发育而成。大多数植物种子的胚乳是壁薄的薄壁组织，但也有少数植物（如柿）种子的胚乳则是厚壁（初生壁性质）的基本组织。

胚乳是种子集中贮藏营养物质的场所（属贮藏组织），主要贮藏在细胞的原生质体中，少数贮存于细胞壁中（如柿、咖啡）。所贮藏的物质多为淀粉、脂肪、蛋白质，当种子萌发时，在各种水解酶类的作用下，大分子化合物变成小分子化合物，不溶性物质变成可溶性物质，并运至胚，供其生长之需。根据贮藏物质数量多少的不同，大体上种子可分为三类：淀粉类种子（如小麦、水稻、玉米等）、脂肪类（亦称油料）种子（如油菜、花生、芝麻等）、蛋白质类种子（如蚕豆、大豆等）。

有些植物的种子，在其发育过程中，由于胚乳被胚吸收利用，所以种子成熟后无胚乳，或仅残留一层膜状痕迹，这类种子的营养物质主要贮藏在子叶中。

二、种子的类型

根据成熟种子内胚乳的有无，可将种子分为两大类。

（一）有胚乳种子（albuminous seed）

这类种子由种皮、胚和胚乳等三部分组成。多数单子叶植物和部分双子叶植物的种子属于这种类型。例如，单子叶植物中的小麦、水稻、玉米、高粱、洋葱、百合等，双子叶植物中的蓖麻、烟草、番茄、柿等。

1. 单子叶有胚乳种子 以小麦、水稻为例，说明这类种子的结构（图1—1和图1—2）。

（1）种皮：小麦籽实或水稻糙米的外面，尚有果皮与之合生，二者不易分离，种皮较薄，果皮较厚。因此，在本质上不是种子，实际上是特殊的一类果实，叫颖果，其中仅有1粒种子。

（2）胚乳：在果皮和种皮之内，绝大部分是胚乳。通常，小麦与水稻的胚乳可分为两部分：一是含大量糊粉粒的糊粉层，紧贴种皮，其细胞层数因所在部位而不同；当种子萌发时，糊粉层细胞在赤霉素（GA）的作用下，合成 α -淀粉酶，可水解淀粉。二是充满淀粉粒的粉质胚乳细胞，位于糊粉层以内，占据胚乳的绝大部分，贮藏营养物质，以淀粉为主。

（3）胚：甚小，位于籽实基部的一侧。它由胚芽、胚轴、胚根和子叶等四部分组成。胚芽位于胚轴上端，由生长点和幼叶组成，其外包被着一个鞘状物，叫胚芽鞘（coleoptile）；

胚根位于胚轴的下端，由生长点和根冠组成，其外面亦包被一个鞘状物，叫胚根鞘 (coleorrhiza)；胚轴则较短，上连胚芽，下连胚根，侧连子叶。由此可见，胚轴成为连接胚中各个部分的枢纽部分，使之成为一个统一的有机整体。子叶只有 1 片，形如盾状，故称盾片 (scutellum)。在盾片与胚乳交界之处，有一层排列整齐的柱形细胞，叫上皮细胞。种子萌发时，上皮细胞能够分泌酶类，促进胚乳中的营养物质水解，供胚生长之需。在胚轴与盾片相对的一侧，有一个小突起，被称为外胚叶。目前许多学者认为，外胚叶是胚器官一部分的裂片，属于胚根的延伸部分。

此外，水稻籽实尚有鳞片。腹鳞自盾片前端长出，呈帽舌状，窄小，稍稍盖住侧鳞的前端；侧鳞位于腹鳞的下方，胚腹面最大的两片鳞片覆盖在胚芽鞘之外。

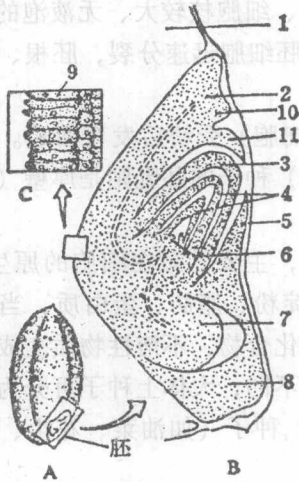


图 1-1 水稻颖果的结构

A. 颖果外形；B. 胚纵切；C. 上皮细胞

1. 胚乳；2. 盾片；3. 胚芽鞘；4. 幼叶；5. 外胚叶；
6. 胚芽生长点；7. 胚根；8. 胚根鞘；9. 上皮细胞；
10. 腹鳞；11. 侧鳞

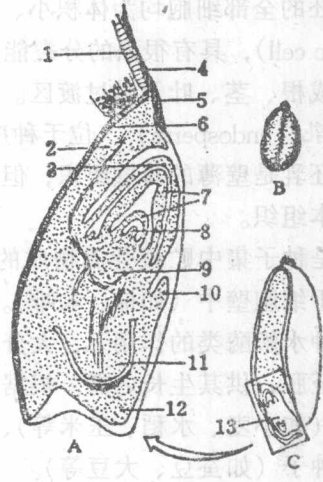


图 1-2 小麦颖果的结构

A. 胚纵切；B. 颖果外形；C. 颖果纵切

1. 果皮与种皮；2. 盾片；3. 胚芽鞘；4. 糊粉层；
5. 淀粉贮藏细胞；6. 上皮细胞；7. 幼叶；
8. 胚芽生长点；9. 胚轴；10. 外胚叶；11. 胚根；
12. 胚芽鞘；13. 胚

2. 双子叶有胚乳种子 以蓖麻种子为例，说明双子叶有胚乳种子的结构 (图 1-3)。

(1) 种皮：蓖麻种子呈椭圆形，稍侧扁，种皮光滑坚硬，具花纹 (或色斑)。位于种子的一端具海绵状突起，叫种阜，由外种皮延伸而成，具吸收作用，利于种子萌发；种孔被种阜遮盖，种脐不太明显；位于种子腹面中央，有一条长状隆起，叫种脊，几与种子等长，与种脐相连。

(2) 胚乳：剥去种皮，其内有一层白色薄膜状结构 (珠心组织的残余)，包着白色的胚乳，胚乳占据种子的绝大部分，内贮大量脂肪。

(3) 胚：包埋于胚乳之中，两片大而薄的子叶紧贴胚乳，其上具明显的脉纹。在两片子叶相连的基部，为一很短的胚轴，上连胚芽，下连胚根。

番茄种子也属双子叶有胚乳种子，其结构如图 1-4 所示。

(二) 无胚乳种子 (exalbuminous seed)

这类种子仅由种皮和胚组成，无胚乳。绝大多数双子叶植物和极少数单子叶植物的种子属于这种类型。例如，双子叶植物中的豆类、瓜类、柑橘类、花生、棉花等，单子叶植物的

慈姑。由于单子叶植物无胚乳种子在农作物中极为少见，所以不作介绍，仅讲述双子叶植物无胚乳种子的结构。

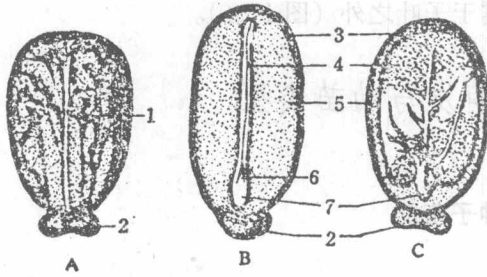


图 1-3 蓖麻种子的结构

- A. 腹面外形；B. 与子叶垂直的正中纵切；
C. 与子叶平行的正中纵切
1. 种脊；2. 种阜；3. 种皮；4. 子叶；
5. 胚乳；6. 胚芽；7. 胚根

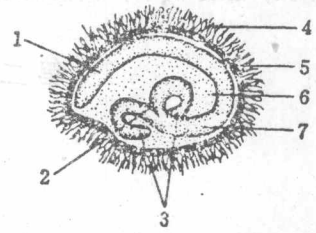


图 1-4 番茄种子的结构

1. 胚根；2. 胚芽；3. 子叶；
4. 表皮毛；5. 种皮；6. 胚乳；
7. 胚轴

1. 菜豆种子的结构

(1) 种皮：干燥时种皮坚硬，必须浸水后使种皮变软，才能进行解剖观察。菜豆种子呈肾形，种皮颜色多样：黑色、乳白色和紫红色，甚至具花纹色斑。在种子凹陷一侧的中央有一眉条状疤痕，叫种脐；种脐的一端有一圆孔，叫种孔，它既是种子萌发时的吸水通道，又是胚根突破种皮向外伸长的必经之处。种脐的另一端有一瘤状突起，叫种瘤。在种瘤的下方有一明显的棱脊，叫种脊。

(2) 胚：由胚芽、胚轴、胚根和子叶组成。剥去种皮，即可见到两片肥厚而对叠的乳白色肉质子叶（俗称豆瓣），内贮大量的营养物质，分开两片子叶，可见一锥形的小结构，为胚轴下胚根。胚轴较短，子叶着生其两侧；胚轴上方为胚芽（可见到二片幼小的锥形真叶），夹于两片子叶之间；胚轴下方为胚根（图 1-5）。

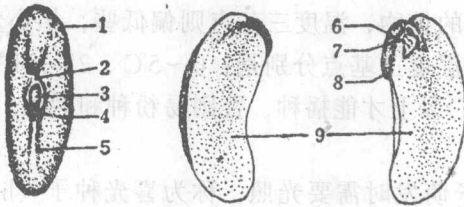


图 1-5 菜豆种子的结构

1. 种皮；2. 种孔；3. 种脐；4. 种瘤；5. 种脊；
6. 胚芽；7. 胚轴；8. 胚根；9. 子叶

2. 棉花种子的结构

(1) 种皮：棉花种子的外面，附着一层白色的毛状物，是表皮毛，此即为棉絮（纤维）；

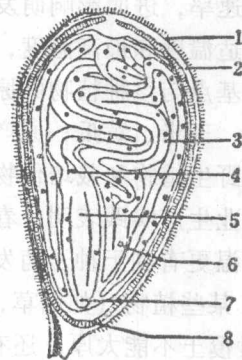


图 1-6 棉花种子的结构

1. 短绒；2. 种皮；3. 子叶；4. 胚芽；5. 胚轴；
6. 分泌腔；7. 胚根；8. 胚乳遗迹

表皮毛内为黑色的硬壳，即种皮。种皮结构致密，透气透水性极差。在种子较尖的一端有种脐和种孔；在较为圆钝的一端种皮较薄，晒种时这部分细胞破坏，利于吸水和气体交换。

(2) 胚：剥去种皮为一层乳白色薄膜，为胚乳遗迹。薄膜之内为胚，子叶皱褶，占据很大的体积；胚芽很小，胚轴很短，胚根尖端露于子叶之外（图1-6）。

第二节 种子萌发与幼苗类型

一、种子萌发

(一) 种子萌发的条件

种子萌发 (germination) 是幼苗形成的前提。一般说来，结构完整、充分成熟、破除休眠是种子萌发的必须内在条件；而充足的水分、足够的氧气和适宜的温度，则是种子萌发的必须外部条件。此外，少数植物种子的萌发，尚需要光照条件。现简述外部条件。

1. 水分 充足的水分可使种皮变软，利于气体 (O_2 和 CO_2) 交换；可使内部体积膨大，原生质由凝胶状态变成溶胶状态，促进生理生化等代谢过程，以利种胚生长。一般说来，种子吸胀的最低需水量 (%) 与植物种类有关。通常，淀粉种子的最低需水量低些，在 30%~70%，如水稻 32%，大麦 50%，小麦 60%；蛋白质种子的最低需水量高些，如大豆 110%，蚕豆 157%，豌豆 186%。这与种子内贮藏物质的主要成分 (如蛋白质) 有关。

2. 氧气 足够的氧气可提高种子萌发时的呼吸强度，有利于贮藏物质的分解转化，供胚生长。一般说来，大多数植物的种子在空气含氧量达到 10% 以上时才能正常萌发；如果含氧量低于 10% 时，将使种子进行无氧呼吸，产生酒精，伤害种胚。但有少数作物 (如水稻) 的种子能耐低氧，在含氧量 4% 时亦可萌发。在农业生产上，播前要耙地松土，既涵养水分，又增加透气性，可促进种子萌发、出苗。

3. 温度 适宜的温度是调节种子内各种酶类活性的重要条件。酶活性的高低决定着贮藏物质的转化速率，进而影响萌发进程。各种植物的种子萌发，对温度要求表现出三基点：最低温度、最适温度和最高温度，低于或高于最适温度，都对萌发产生不良的影响。一般说来，温度的三基点与该种植物的原产地有关：原产于热带或亚热带的植物，温度的三基点偏高些，如水稻、玉米、黄瓜；原产于温带和温寒带的植物，温度三基点则偏低些，如小麦、大麦。大多数野生植物和栽培作物，种子萌发时的温度三基点分别是：0~5℃、25~30℃、35~40℃。农业生产实践表明，春天地温稳定在 5℃ 以上才能播种，否则易粉种和烂种。而且，变温比恒温更有利于种子萌发。

4. 光照 某些植物 (如烟草，莴苣等) 的种子萌发时需要光照，称为喜光种子 (light seed)，播种时覆土不能太厚。还有些植物 (如苋菜) 的种子，只有在黑暗条件下才能萌发，称为喜暗种子 (dark seed)，绝大多数植物的种子对光不敏感，有光无光均能萌发。

综上所述，种子萌发的外界条件，必须同时具备，缺一不可。在生产上，应该找出最佳播期，充分利用自然界的温热水气光等条件。

(二) 种子萌发的过程

1. 吸胀 种子吸水膨胀是萌发过程的开始。吸胀的结果导致种皮变软，贮藏物质转化，代谢活跃，出现胚细胞的分裂与扩大。