



中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

供药学、药物制剂、临床药学、中药学、制药工程、医药营销等专业使用

案例版™

药用植物学

主 编 曾令杰 张东方



科学出版社

中国科学院教材建设专家委员会规划教材
全国高等医药院校规划教材

供药学、药物制剂、临床药学、中药学、制药工程、医药营销等专业使用

案例版TM

药用植物学

主 编 曾令杰（广东药科大学）
张东方（中国医科大学）
副主编 王旭红（中国药科大学）
苟占平（广东医科大学）
李 骁（内蒙古医科大学）
刘 忠（上海交通大学）

科学出版社

北 京

郑 重 声 明

为顺应教育部教学改革潮流和改进现有的教学模式,适应目前高等医学院校的教育现状,提高医学教育质量,培养具有创新精神和创新能力的医学人才,科学出版社在充分调研的基础上,引进国外先进的教学模式,独创案例与教学内容相结合的编写形式,组织编写了国内首套引领医学教·育发展趋势的案例版教材。案例教学在医学教育中,是培养高素质、创新型和实用型医学人才的有效途径。

案例版教材版权所有,其内容和引用案例的编写模式受法律保护,一切抄袭、模仿和盗版等侵权行为及不正当竞争行为,将被追究法律责任。

图书在版编目(CIP)数据

药用植物学 / 曾令杰, 张东方主编. —北京: 科学出版社, 2016.8
中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国高等医药院校规划教材
ISBN 978-7-03-049382-8

I. ①药… II. ①曾… ②张… III. ①药用植物学—医学院校—教材 IV. ①Q949.95
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 160921 号

责任编辑: 李 植 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 陈 敬

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

大厂书文印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 8 月第一次印刷 印张: 17

字数: 488 000

定价: 49.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《药用植物学》(案例版)编委会

主 编 曾令杰 张东方

副主编 王旭红 苟占平 李 骁 刘 忠

编 委 (按姓氏笔画排序)

马保连 (长治医学院)

刘 忠 (上海交通大学)

李 骁 (内蒙古医科大学)

李 斌 (大连医科大学)

李旻辉 (内蒙古科技大学包头医学院)

何梦玲 (广东药科大学)

张春荣 (广东药科大学)

祝 峥 (中国医科大学)

高长久 (牡丹江医学院)

谢 晖 (复旦大学)

王旭红 (中国药科大学)

阮 宇 (重庆三峡学院)

李 坤 (辽宁师范大学)

李 婷 (四川医科大学)

吴凌凤 (嘉应学院)

张东方 (中国医科大学)

苟占平 (广东医科大学)

凌 云 (南昌大学)

曾令杰 (广东药科大学)

编写说明

为顺应教育部教学改革潮流和改进现有的教学模式,适应目前高等医药院校的教育现状,提高医学教学质量,培养具有创新精神和创新能力的医学人才,科学出版社在充分调研的基础上,以本学科基本教学内容为依据,融合学科的新成果和新方法,突出案例教学与实践教学,组织全国药用植物学的一线教师,首次重点打造了《药用植物学》(案例版)教材。

本教材遵循国家“十三五”规划教材编写的指导思想,根据专业人才培养目标和本学科教学特点,引进国外先进的教学模式,创新案例与教学内容相结合的编写模式,以植物的形态结构和分类学基本知识与技能为主体,对教材的内容进行高度概括和合理凝练,力求基本知识准确、内容精简、重点突出。为突出本课程的实践教学特色,加强学科间的联系,本教材创新编写形式,在每一节均引入了许多具体案例,以案例引导教学,丰富教学内容,提高学习效率,加深学生对知识的理解。教材由七章组成,第一章至第四章为绪论和药用植物的形态构造部分,重点介绍药用植物的细胞、组织和器官的形态结构特征;第五章至第七章为药用植物的分类学部分,主要介绍药用植物的分类原则和各药用植物类群及其重要药用植物的主要特征。

本教材由曾令杰、张东方任主编,王旭红、苟占平、李骁、刘忠任副主编,由各医药院校从事药用植物学课程教学的一线教师共同编写。其中第一章至第二章由曾令杰编写;第三章由祝峥编写;第四章的第一节根由李骁编写,第二节茎主要由刘忠编写,第三节叶主要由马保连编写,茎的异常构造及叶的构造由阮宇编写,第四节花由凌云编写,第五节果实和种子由高长久编写;第五章及附录一由李坤编写;第六章第一节至第二节由李旻辉编写,第三节至第四节由苟占平编写,第五节由曾令杰、吴凌凤编写;第七章第一节由何梦玲编写,第二节的概述部分由张春荣编写,被子植物的分类部分中,离瓣花亚纲分别由谢晖、王旭红和李婷编写,合瓣花亚纲分别由李骁、李斌、马保连编写,单子叶植物纲由张东方编写;附录二由李斌编写。初稿经副主编、主编审稿并修改。统稿后由曾令杰对全书进行终审、修改和定稿。

本教材可供中药学类、中药资源与开发类、药学类、制药工程类、生物学类及相关专业本科生(含成人教育、自学考试学生)使用,亦可供相关领域科研人员和科技工作者参考。

本教材在编写过程中,得到了科学出版社的悉心指导,得到了所有参编人员及相关教师的大力支持,同时,广东药科大学的黄涵在数据整理和校对等方面付出了辛勤的劳动,谨此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限,加之编写时间仓促,书中可能会存在缺点和错误,恳请兄弟院校同仁和广大读者在使用过程中提出宝贵意见,以便再版时修订完善。

《药用植物学》(案例版)编委会

2016年5月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 植物的细胞	4
第一节 植物细胞的形状和大小	4
第二节 植物细胞的基本结构	4
第三节 细胞的后含物与生理活性物质	10
第四节 植物细胞的生长、分裂与分化	14
第三章 植物的组织	16
第一节 植物组织的类型	16
第二节 维管束及其类型	28
第四章 植物的器官	30
第一节 根	30
第二节 茎	40
第三节 叶	49
第四节 花	61
第五节 果实和种子	73
第五章 植物分类概述	79
第一节 植物分类学的目的和任务	79
第二节 植物的分类等级	79
第三节 植物的学名	80
第四节 植物分类方法简介	81
第五节 植物分类检索表	84
第六节 植物的分门别类	85
第六章 孢子植物	87
第一节 藻类植物	87
第二节 菌类植物	91
第三节 地衣植物	96
第四节 苔藓植物门	99
第五节 蕨类植物门	102
第七章 种子植物	115
第一节 裸子植物门	115
第二节 被子植物门	123
主要参考文献	207
附录一 被子植物门分科检索表	208
附录二 药用植物学名索引及种加词释义	250

第一章 绪 论

我国药用植物种类繁多，分布区域广，药用价值高，历代本草收录了大量的药用植物。据统计，我国有药用植物 11146 种。天然药物和中药绝大部分来源于药用植物，我国是世界上利用药用植物历史最悠久的国家，学习药用植物的基础知识，有利于准确地认识药用植物，对药用植物资源进行有效的开发利用具有重要的意义。

案例 1-1

巴戟天是我国著名的四大南药之一，《新修本草》述“巴戟天苗，俗方名三蔓草；叶似茗，经冬不枯，根如连珠，宿根青色，嫩根白紫”；《本草经集注》中描述为：“状如牡丹而细，外赤内黑，……”，由于缺乏现代植物形态学和分类学知识的描述，根据以上本草著作描述的特征，难于开展实际鉴别。

问题：

1. 你见过巴戟天植物吗？
2. 上述两部本草著作描述的巴戟天是《中国药典》收录的巴戟天吗？

一、药用植物学的研究内容与任务

药用植物学（pharmaceutical botany）是应用植物学的知识研究药用植物的细胞组织、形态结构、分类鉴定等，以达到对药用植物资源的合理利用和开发的一门学科。它是药学、中药学及其相关学科学生必修的一门专业基础课程。学习药用植物学的主要目的和任务为：

（一）准确鉴定生药的原植物来源，澄清混乱品种，确保临床用药的安全有效

有些植物形态相似，不易分辨，再加之各地用药习惯不同，不同地区同一种植物名称各异，历代本草对药用植物的描述又不尽详细，或者是同一药用植物，由于历史原因或不同地域文化的差异，常常有多个名称，如爵床科植物穿心莲，就有一见喜、橄榄莲、苦胆草、斩蛇剑、日行千里、四方莲、金香草、金耳钩、春莲夏柳、印度草等多个名字。有的植物异名竟多达百余个，让人闻其名，难于知其物，这种现象阻碍了地区间医药文化的交流与药用植物资源的开发利用；有的是许多植物均具有某个典型的形态特征，早期的本草著作描述某味中药时仅记载了这个典型的形态特征，缺乏现代药用植物学的形态特征和分类学的表述，从而具有这个特征的多个药用植物都叫这个名字，导致了同名异物的混乱现象。《本草经集注》记载白头翁“近根处有白茸，状如白头老翁”，其正品为毛茛科的白头翁 *Pulsatilla chinensis* (Bunge) Regel，除了正品外，还可以找到多种同名植物，如：毛茛科的野棉花、大火草；蔷薇科的委陵菜、翻白草；菊科的祁州漏芦、毛大丁草、羊耳菊；石竹科的白鼓钉；唇形科的白毛夏枯草；玄参科的毛鹿茸草等，尽管其功效不尽相同，但在不同地区均作为白头翁的商品药材使用，由此造成混淆品、误用品屡见不鲜，严重地影响了药物疗效和用药安全。因而，学习和应用药用植物学的专业知识，准确鉴定生药的原植物来源，澄清混乱品种，对于保证临床用药安全至关重要。

(二) 应用植物分类学知识及植物间的亲缘关系, 寻找药物新资源

同一个科或亲缘关系相近科的药用植物, 常常含有相同或相似的活性成分, 如木兰科及其相近的樟科植物多含挥发油; 十字花科植物多数含有芥子苷类化合物; 茄科植物多含生物碱。药用植物亲缘关系越近, 其体内所含的化学成分越近似甚至有相同的活性成分。应用植物分类学知识, 能够有效地从药用植物中寻找目标化学成分以及开发利用新的药源植物。如产于印度的夹竹桃科植物蛇根木 *Rauwolfia serpentine* (L.) Benth. ex Kurz. 中具有降血压的活性成分利血平, 上世纪五十年代我国从印度进口蛇根木及其制品, 用于治疗高血压。为了扩大药源, 我国植物学家应用植物分类学知识, 在云南、广西等地找到了利血平的新资源——同属于夹竹桃科的植物萝芙木 *Rauwolfia verticillata* (Lour.) Baill. 目前, 我国科技工作者以活性成分为指标, 从近缘科、属中寻找或扩大药源, 开展了大量的研究工作, 所涉及的种类有三尖杉科、马兜铃科、萝藦科、毛茛科、小檗科、木兰科、豆科、五加科、伞形科、杜鹃花科、唇形科、紫草科、百合科、薯蓣科等。

案例 1-2

川贝母为清热润肺、祛痰止咳的常用中药, 2005 年版以前的《中华人民共和国药典》收录的川贝母药材共有 4 个植物来源, 分别为卷叶贝母、暗紫贝母、甘肃贝母和梭砂贝母。随着市场需求的增长以及过度采挖导致川贝母资源的极度短缺, 为了满足生产的需要, 科技工作者开展了其新资源的寻找, 对贝母属的植物进行了研究, 发现太白贝母和瓦布贝母中的贝母辛、贝母甲素等活性成分含量均高于 2005 年版《中华人民共和国药典》川贝母项下的四种植物, 因而将这两种植物作为川贝母新的基源植物, 于 2010 年版及以后的《中华人民共和国药典》的川贝母项下收载, 药材川贝母的基源植物由原来的 4 个增加为 6 个。

问题:

1. 川贝母是哪个科的药用植物? 贝母属的植物有哪些? 它们有什么共同特点?
2. 上述案例对你有什么启发? 如何寻找新药源植物?

(三) 准确辨别植物, 为药物的生产和开发奠定扎实的基础

同种植物的不同个体或群体, 生存在不同的自然生态条件或人为培育条件下, 其形态特征和生理特性常常会发生分化, 如果不具备药用植物形态学和分类鉴定方面的知识, 则难于准确地识别这些植物; 同样, 不同物种的植物, 由于长期生存在相同的自然生态条件和人为培育条件下, 由于适应环境的需要, 常具有类似的形态和生理生态特性, 如生活在沙漠干旱区的仙人掌(仙人掌科)与生活在相同条件下的火殃勒(大戟科)、仙人笔(菊科)等植物, 它们的叶均退化, 茎有发达的贮水组织及含有叶绿体可以进行光合作用等相似的外部形态特征或生理特性, 但从植物学的角度来看, 它们还分别具有相应科属的形态特征, 应用植物学知识很容易鉴别它们。因而, 学好药用植物学, 能够准确地辨别药用植物, 为从事天然药物的生产及研究开发奠定基础。

案例 1-3

五指毛桃是桑科植物粗叶榕 *Ficus hirta* Vahl. 的根, 为华南地区煲汤用药材, 具有补气健脾之功效, 素有“土黄芪”之称, 因粗叶榕叶片有 5 深裂、果实成熟时像毛桃而得名。但野外实地考察发现, 粗叶榕的叶片除了有 5 裂之外, 也有全缘、2 裂、3 裂的, 有时可发现于在同一植株上。

问题:

1. 仅凭“叶子长得像五指, 果实成熟时像毛桃”这个特征, 在野外能辨别五指毛桃吗?
2. 五指毛桃属于哪个科? 如何根据分类学特征准确识别它?

二、药用植物学科的发展历史与趋势

我国是药用植物资源最丰富的国家,药用植物的应用历史悠久。早在 3000 年前的《诗经》和《尔雅》中,就有许多药用植物的记载,我国古代劳动人民在生活和实践过程中,发现了植物在增进身体健康和防治疾病等方面的作用,并经过古代医药学家反复实践,整理逐渐形成了一系列的本草著作。我国现存最早的本草著作《神农本草经》记载了药用植物 237 种,为后人用药及编写本草著作打下了基础;梁代陶弘景所著的《本草经集注》载药 730 种,多数为植物。唐代官方发布的《新修本草》载药 844 种,被认为是世界上最早的一部药典,并收录了许多外来的药用植物如郁金、胡椒、诃子等。宋代唐慎微编著的《证类本草》载药 1746 种,其内容丰富,图文并茂,是现存最早、最完整的一部本草著作,为研究古代的本草著作提供了重要的参考;明朝李时珍于 1578 年完成的《本草纲目》载药 1892 种,详细记载的药用植物 1100 余种,该书全面总结了 16 世纪以前我国劳动人民认、采、种、制、用药的经验,该书以药物的自然属性为分类基础,被誉为自然分类的先驱,是世界医药学的一部经典巨著,曾有拉丁、日、法、德、英、俄等多种译本,对世界药用植物的开发利用产生了巨大影响。清代著名植物学家吴其浚编写的《植物名实图考》收载植物 1714 种,该书对每种植物生物形态、产地、性味、用途等方面均有详细的记述,重视同名异物的考证,并附有精美插图,为近代研究和鉴定药用植物提供了宝贵的史料。

新中国成立后,党和政府十分重视中医药及天然产物的研究和开发工作,在全国各地设立了天然药物或药用植物学专业,成立了相关教学和研究机构,培养了大批的药用植物学和生药学等方面的专业人才。开展了多次全国性药用植物资源普查工作,编写了《中国药用植物志》、《中药志》、《中药大辞典》、《全国中草药汇编》、《中国药用植物图鉴》、《中华本草》等举世瞩目的重要专著。并创建了刊登药用植物和天然药物研究论文的期刊,如《中国中药杂志》、《中草药》、《中药材》、《天然产物研究与开发》、《现代中药研究与实践》等,为药用植物的研究、开发、应用打下了坚实的基础。

随着植物资源生态学、分子生物学、化学生态学的发展和数理统计学、分析化学等学科的渗透,以及新技术、新方法的不断融合,药用植物学科的发展有了新的内涵,特别是现代生物技术方法与经典的药用植物学研究方法的紧密结合,促进了药用植物分类鉴定、药用植物种质资源评价、药用植物优良品种的评价技术等方面的创新与发展,极大丰富了药用植物学科的研究范畴,促进了药用植物学科的深入发展。

三、药用植物学的学习方法

药用植物学是药学、药物制剂、中药学及其相关专业的专业基础课,是学习其他专业课程的必备课程之一。它与生药学、天然药物化学、中药鉴定学、中药商品学、药用植物组织培养、中药资源学、中药栽培学等课程有着密切的关系,是一门实践性和应用性很强的学科,学习时一定要理论联系实际。

学习药用植物学,首先应该遵循循序渐进的学习方法,按照从部分到整体、从微观到宏观这条主线安排组织学习,充分认识和把握细胞、组织、器官与个体间以及个体与群体间的相互联系,树立联系的和动态发展的思维观念;其次是夯实基础,准确掌握植物形态的名词术语,达到准确地描述药用植物的形态特征和独立检索识别植物,以提高自己对药用植物的独立识别及判断识别结果正确与否的能力。同时,在学习过程中,重视实践技能操作,培养学习药用植物学的兴趣,从日常生活入手,开展各种形式的课外兴趣活动,培养对药用植物识别能力。

第二章 植物的细胞

植物细胞是植物体的结构和功能的基本单位，是植物生命活动的基本单位，也是植物个体发育和系统发育的基础。单细胞藻类植物和细菌由一个细胞构成，细胞的形态和功能没有分化，所有的生命活动均在一个细胞中完成。高等植物由许多形态和功能不同的细胞组成一个有机的整体，细胞间彼此联系，分工协作，共同完成复杂的生命活动。

案例 2-1

1665 年，虎克从一小块清洁的软木上切下光滑的薄片，把它放到显微镜下观察时，发现了很多的小孔或小室，像一个个的蜂窝，虎克把这些小孔叫做细胞。细胞这个名词一直沿用至今。

问题：

1. 你见过蜂窝吗？试画出它的形状。
2. 虎克在显微镜下看到的小孔或小室是植物的生活细胞吗？它们是彼此分离的还是联结在一起的？

第一节 植物细胞的形状和大小

一、植物细胞的形状

植物细胞形状多种多样，因植物种类、行使功能及存在的部位而异，有球形、椭球形、多面体形、纺锤形和圆柱形等多种形状。单细胞藻类植物和细菌，因细胞处于游离状态，常为球形或椭球形。高等植物体内的细胞，因存在的部位和分工的差异，其形状多种多样。例如，输送水分和养料的导管细胞，呈长筒状圆柱形，细胞彼此连接成相通的“管道”，以执行输导功能；植物分生组织细胞是多面体形的，表皮细胞是扁平形的；纤维和石细胞的细胞壁增厚，一般呈纺锤形、多面形或不规则形，以加强机械支持功能；根表面具有吸收作用的根毛细胞，常常向外延伸出细管状突起，以扩大吸收表面。植物细胞形状的多样性，是与其复杂多样的功能相适应的结果。

二、植物细胞的大小

植物细胞的体积很小，多数细胞的直径为 $10\sim 100\mu\text{m}$ ，肉眼难以辨别，必须借助于显微镜。少数植物的细胞较大，如番茄果肉、西瓜果肉的细胞，由于储藏了大量水分和营养，直径可达 1mm ，肉眼可以分辨出来；棉种子上的表皮毛，可以延伸长达 75mm ；但这些细胞在横向直径上仍是很小。有人认为：细胞体积的大小，主要受细胞核所能控制的范围的制约，体积小，则表面积大，有利于细胞与外界进行物质交换。但不同种类、不同部位的细胞大小差别悬殊。

第二节 植物细胞的基本结构

植物细胞虽然大小不一、形状多样，但其结构基本相同，由细胞壁（cell wall）和原生质体

(protoplast) 两部分组成。细胞壁包被在细胞外面,起保护作用。原生质体是细胞内全部生活物质的总称,主要包括细胞膜、细胞质和细胞核等有生命的物质,此外,原生质体中还含有细胞的代谢产物和一些生理活性物质;原核植物细胞的原生质体,没有明显的细胞质和细胞核的分化。一个典型的植物细胞的结构如图 2-1 所示。

一、原生质体

原生质体 (protoplast) 是细胞的主要组成部分,细胞的一切生命活动都在这里进行。原生质体由原生质构成,包括细胞膜、细胞质和细胞核等部分。原生质是细胞内生命物质的总称,是细胞结构和生命物质的基础,由糖类、蛋白质、核酸、类脂等化学成分组成。其中最主要的成分是以蛋白质和核酸为主的复合物。核酸有两类,一类是脱氧核糖核酸 (deoxyribonucleic acid), 简称为 DNA, 是由一系列脱氧核苷酸链构成的高分子化合物。DNA 是主要遗传物质, DNA 分子贮存了决定物种性状的全部遗传信息;另一类是核糖核酸 (ribonucleic acid), 简称为 RNA, RNA 是由核糖核苷酸组成的长链状分子,它是遗传信息传递过程中的桥梁,实现遗传信息在蛋白质上的表达,有些 RNA 参与 DNA 的复制、基因表达的调控、RNA 编辑、蛋白质运输等生理过程。

根据其形态组成和功能上的差异,原生质体又分为细胞膜、细胞质和细胞核三部分。

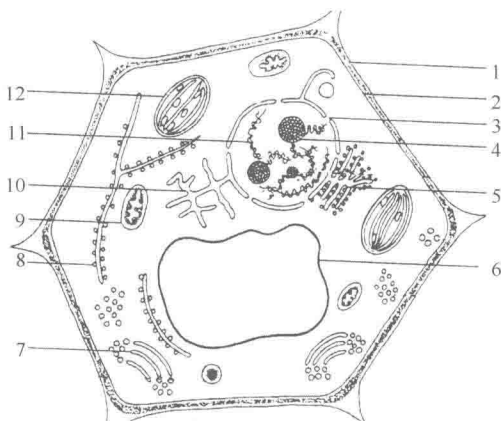


图 2-1 电子显微镜下植物细胞的结构

1. 细胞壁; 2. 细胞膜; 3. 细胞核; 4. 核仁; 5. 内质网 (粗面型);
6. 液泡; 7. 高尔基体; 8. 核糖体; 9. 线粒体; 10. 内质网 (光面型); 11. 染色体; 12. 叶绿体

(一) 细胞膜

细胞膜 (cell membrane) 又称质膜 (plasmalemma), 是位于原生质体外围、紧贴细胞壁的一层薄膜。组成细胞膜的主要物质是蛋白质和脂类。在电子显微镜下观察, 细胞膜具有明显的“暗-明-暗”三层结构, 其内、外两层暗带由蛋白质分子组成, 中间一层明带由双层脂类分子组成, 三者的厚度分别约为 2.5nm、3.5nm 和 2.5nm。

细胞膜对各种物质的通过具有选择性, 能调节和选择物质进出细胞。膜的选择透性主要与膜上蛋白质有关, 在一定的条件下, 它们具有“识别”、“捕捉”和“释放”某些物质的能力, 从而对物质的透过起主要的控制作用。细胞膜的生理功能主要为控制细胞与外界环境的物质交换、物质主动运输、接收和传递外界信息, 通过胞饮作用 (pinocytosis)、吞噬作用 (phagocytosis) 或胞吐作用 (exocytosis) 吸收、消化膜内外的物质。同时, 细胞膜在细胞识别、信号传递、纤维素合成和微纤丝的组装等方面发挥着重要作用。

(二) 细胞质

细胞膜以内、细胞核以外的原生质称为细胞质 (cytoplasm), 为半透明、半流动的液体, 为原生质体的基本组成部分。幼嫩的植物细胞, 细胞质充满整个细胞, 随着细胞的发育和成熟, 液泡逐渐扩大, 将细胞质挤到细胞的周围, 紧贴着细胞壁。细胞质可进一步分为胞基质和细胞器。

1. 胞基质 (cytoplasmic matrix) 又称细胞溶胶 (cytosol), 是除细胞器和后含物以外的, 呈均质、半透明、胶状的液态物质, 由水、无机盐、类脂、糖类、氨基酸、核苷酸等组成, 是活细胞进行新陈代谢的主要场所, 糖、脂肪酸、核苷酸和氨基酸的合成以及大多数代谢反应如糖酵解

等都是在胞基质中进行的。

2. 细胞器 (organelle) 是细胞质内一类具有特定的形态、组成和功能的微器官结构, 又称为拟器官。活细胞的细胞质内有多种细胞器, 包括液泡、质体、线粒体、内质网、核糖体、高尔基体、溶酶体、圆球体和微体, 以及微管、微丝等, 前三种细胞器可以在光学显微镜下看到, 其他的细胞器只能在电子显微镜下才能看到。

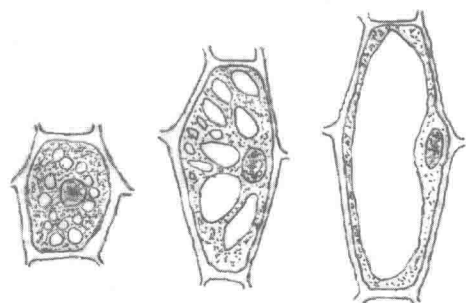


图 2-2 液泡的形成

(1) **液泡 (vacuole)**: 是植物细胞所特有的结构, 它是由具选择通透性的液泡膜 (tonoplast) 和细胞液组成的细胞器。在不同类型或不同发育时期的细胞中, 液泡的数目、大小、形状、成分都有差别。幼小的植物细胞, 液泡小、数量多、分散或不明显。随着细胞的长大和分化, 小液泡增大, 并逐渐合并为少数几个大液泡, 有的合并为一个位于细胞中央的大液泡, 占据整个细胞体积的 90% 以上, 细胞质及细胞核则被推挤到细胞的边缘紧贴着细胞壁 (图 2-2)。

液泡外被液泡膜, 膜内充满细胞液, 细胞液的成分非常复杂, 不同植物、不同器官、不同组织的细胞中, 其液泡的成分组成差异较大, 其中水是其主要成分, 其次还含有细胞的多种代谢产物如糖类、蛋白质、酶、生物碱、树胶、单宁、有机酸、色素、无机盐等成分, 其中很多成分为药用植物的有效成分。液泡膜具有选择透性, 它可调节细胞水势和维持细胞的膨压、调节细胞代谢、参与细胞内物质的积累、储藏与转化, 对维持细胞质内环境的稳定起着重要作用。

(2) **质体 (plastid)**: 是植物细胞特有的细胞器, 最大可达 $10\mu\text{m}$ 以上, 它与碳水化合物的合成与贮藏密切相关。根据质体内所含的色素和功能不同, 可分为叶绿体、白色体和有色体三种类型 (图 2-3)。

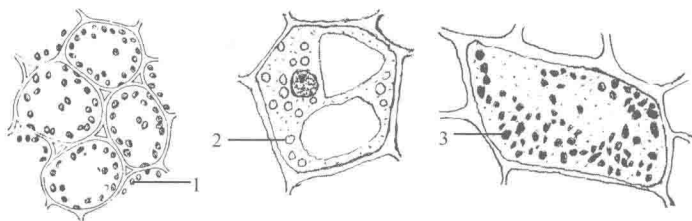


图 2-3 质体的种类

1. 叶绿体; 2. 白色体; 3. 有色体

叶绿体 (chloroplast): 高等植物的叶绿体主要存在于叶肉细胞及茎、花萼、果实的绿色细胞中, 呈透镜形、卵形或椭圆形, 长径 $3\sim 10\mu\text{m}$, 短径 $2\sim 4\mu\text{m}$, 含有叶绿素 a, 叶绿素 b, 胡萝卜素和叶黄素及光合作用的多种酶, 是植物光合作用 (photosynthesis) 合成有机物的场所。

有色体 (chromoplast): 是一类含有叶黄素 (xanthophyll) 和胡萝卜素 (carotene) 的质体, 呈杆状、针状、球状、管状、多角形或不规则形, 存在于植物的花瓣、成熟的果实、贮藏根以及衰老的叶片中, 由于这两种色素的含量和比例不同, 使植物的花和果实等器官常常呈现红、黄色之间的种种色彩。如胡萝卜的贮藏根、黄水仙花瓣、柑桔、番茄、辣椒的成熟果实中都可找到有色体。有色体赋予花、果实等器官鲜艳的色彩, 可吸引昆虫等动物传粉或传播种子。

白色体 (leucoplast): 是不含色素的质体, 呈球形、扁球形或纺锤形, 常见于药用植物的块根、块茎等地下贮藏器官、胚及少数植物叶的表皮细胞中。白色体与物质的贮藏和积累有关, 包括贮存淀粉的造粉体、贮存蛋白质的造蛋白体和贮存脂类物质的造油体。

(3) 线粒体 (mitochondrion): 线粒体常呈球状、杆状、分枝等, 其大小一般为长 $1\sim 2\mu\text{m}$, 宽 $0.5\sim 1\mu\text{m}$, 在电子显微镜下, 线粒体由双层膜组成, 内膜向中心腔内褶皱形成许多管状或隔板状的嵴 (crisae), 嵴上附着许多酶, 嵴的形成增大了线粒体内膜的表面积, 承担着复杂的生化反应。细胞的种类或细胞的生理活性不同, 线粒体的数目亦有差异。一般代谢旺盛的细胞中线粒体数目多, 需要较多能量的细胞, 线粒体嵴的数目一般也较多。

线粒体是细胞进行氧化代谢的细胞器, 是糖类、脂肪和氨基酸最终氧化 (呼吸作用) 释放能量的场所。在氧化过程中, 将有机物中的化学能转变成生命活动所需的生物能, 因此, 线粒体被称为细胞的“动力工厂”。

(4) 核糖体: 又称为核糖核蛋白体、核蛋白体 (ribosome), 核糖体为直径 $17\sim 23\text{nm}$ 的小椭圆形颗粒, 核糖体主要存在于胞基质中, 但在细胞核、内质网外表面及质体和线粒体的基质中也有分布, 由两个近于半球形、大小不等的亚基结合而成, 含有大约 60% 核糖核酸和 40% 蛋白质。核糖体是合成蛋白质的场所, 常几个到几十个与信使 RNA 分子结合成多聚核糖体 (polyribosome 或 polysome)。

(5) 内质网 (endoplasmic reticulum, ER): 是由单层膜围成的扁平的囊状、槽状、管状的、或片状结构, 膜厚约为 5nm , 膜间距 $40\sim 70\text{nm}$ (图 2-4)。内质网膜可和核膜的外层膜相连, 也可经过胞间连丝和相邻细胞的内质网相连, 但是不与质膜相连。内质网可分为两种类型, 一种是其膜的外表面附着有核糖体的, 称为粗面型内质网 (rough endoplasmic reticulum, rER), 另一种是膜上无核糖体的, 称为光面型内质网 (smooth endoplasmic reticulum, sER)。内质网具有合成、包装与运输蛋白质、酶类、类脂、糖类等代谢产物的作用, 同时分隔细胞质使之区域化。粗面型内质网能合成蛋白质及一些脂类, 并将其运到光面内质网, 再由光面内质网形成小泡, 运到高尔基体, 然后分泌到细胞外。

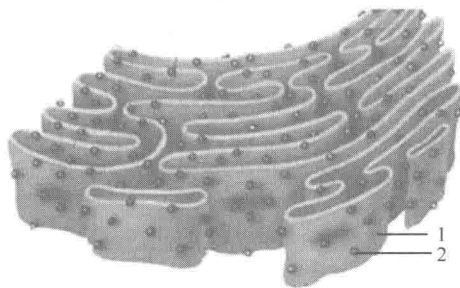


图 2-4 内质网的空间结构图

1. 膜; 2. 核糖核蛋白体

除此之外, 植物细胞中的细胞器还有: 合成运输多糖及参与细胞壁的形成的高尔基体 (golgi body); 分解蛋白质、核酸、多糖等生物大分子的细胞器——溶酶体 (lysosome); 以及含有脂肪酶、能积累脂肪、与植物细胞的脂肪代谢有关的圆球体 (sphaerosome) 等。

3. 细胞核 (nucleus) 位于细胞质中, 是细胞生命活动的控制中心, 能够储存、复制及传递遗传信息, 控制细胞中蛋白质的合成, 具有调节、控制细胞内的各项生理活动的功能。细胞核的大小、形状和在细胞内所处的位置随着细胞的生长而发生变化。在幼期细胞中, 细胞核常位于细胞中央。细胞生长时, 由于液泡的增大和合并成中央大液泡, 细胞核常被挤至细胞的一侧。

除细菌和蓝藻之外, 通常一个植物细胞仅具一个细胞核, 但花药绒毡层细胞、乳汁管以及许多真菌和藻类植物的细胞中常含有两个或更多的细胞核。分化成熟的筛管分子, 其细胞核解体, 因而不具细胞核。一般说来没有核的细胞不能长期正常生活。

细胞核呈圆球形、椭球形或圆饼形, 其直径在 $10\sim 20\mu\text{m}$, 大小相差较大。细胞核经过固定和染色后, 可以看到其复杂的内部构造, 包括核膜 (nuclear membrane)、核液 (nucleolus sap)、核仁 (nucleolus) 和核质 (nucleoplasm) 四部分。

(1) 核膜 (nuclear membrane): 是细胞核外的一层选择性渗透膜, 是物质进出细胞核的门户, 起着控制核与细胞质之间物质交流的作用。

核膜为双层结构的膜, 两层膜的间隙宽 $10\sim 15\text{nm}$ 。膜上具核孔 (nuclear pore)。核孔是直径 $50\sim 80\text{nm}$ 的圆形孔, 是细胞质与细胞核进行物质交换的通道, 这些孔能随着细胞代谢状态的不同

进行启闭,所以,不仅小分子的物质能有选择地透过核膜,而且,某些大分子物质,如 RNA 或核糖核蛋白体颗粒等,也能通过核孔出入。

(2) 核液 (nucleolus sap): 是核内透明、黏滞性较大、没有明显结构的基质,其中分散着核仁和染色质。核液的主要成分是蛋白质、RNA 和多种酶。

(3) 核仁 (nucleolus): 是细胞核中的一到几个折光强的球状小体,主要由蛋白质和 RNA 组成。它的大小随细胞生理状态而变化,代谢旺盛的细胞,如分生区的细胞,往往有较大的核仁,而代谢较慢的细胞,核仁较小。核仁是核内 RNA 合成的场所。

(4) 染色质 (chromatin): 是细胞核中的一种嗜碱性的、易被碱性染料着色的物质,主要由 DNA 和蛋白质组成。在电子显微镜下观察,染色质呈现出一些交织成网状的细丝,当细胞进行有丝分裂时,这些染色质丝便转化成粗短的染色体,每种植物的染色体数目、形状和大小是不同的,染色体的核型和组型分析是植物分类和亲缘关系研究的重要依据。

二、细胞壁

细胞壁 (cell wall) 是植物细胞的外层,为细胞膜的外面具有一定硬度和弹性的结构,其结构疏松,具有全透性,外界物质可通过细胞壁进入细胞中。细胞壁之厚薄常因组织、功能不同而异。细胞壁对原生质体起支撑和保护作用,使植物细胞保持一定的形状和大小,维持原生质体的膨压,与植物组织的吸收、蒸腾、运输和分泌等生理活动密切相关。细胞壁为植物细胞所特有的结构,它与液泡、质体一起构成了植物细胞区别于动物细胞的三大结构特征。

(一) 细胞壁的分层

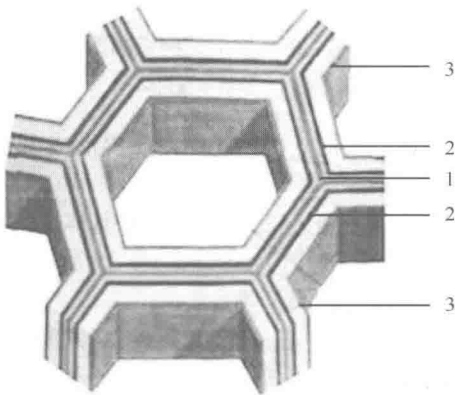


图 2-5 细胞壁的结构

1. 胞间层; 2. 初生壁; 3. 次生壁

细胞壁是原生质体在细胞生长发育过程中所分泌的非生命物质 (如果胶质、纤维素、半纤维素) 形成的, 根据其所分泌物质在种类、数量、比例以及组成上的差异, 细胞壁结构可区分为胞间层、初生壁和次生壁 (图 2-5)。

1. 胞间层 (intercellular layer) 又称中层 (middle lamella), 胞间层是新的子细胞形成时产生的分隔层, 主要成分为果胶质, 是一类胶粘而柔软的多糖物质, 能将相邻的细胞粘在一起。果胶物质的可塑性能缓冲细胞间的挤压又不致阻碍初生壁生长和扩大表面积。胞间层在一些酶 (如果胶酶) 或酸、碱的作用下会发生分解, 使相邻细胞失去连接, 而彼此分离。在实验室常常利用解离剂 (如氢氧化钾或碳酸

钠溶液等) 让植物细胞彼此分离, 制成解离组织片就是这个原因。

2. 初生壁 (primary wall) 是植物细胞在生长过程中, 由原生质体分泌的纤维素、半纤维素及少量的果胶质加在胞间层的内侧而形成的。初生壁一般都很薄, 厚度为 $1\sim 3\mu\text{m}$ 。初生壁有弹性, 能随着细胞的生长不断延伸, 在延伸过程中原生质分泌的物质可以不断地填充到初生壁中去, 使初生壁不断生长, 这称为填充生长。同时, 原生质体的分泌物还可以增加到已形成的初生壁的内侧, 这称为附加生长。

3. 次生壁 (secondary wall) 次生壁是某些细胞在分化成熟、停止生长后, 在初生壁内侧形成的壁层。次生壁一般比初生壁厚而坚硬, 达 $5\sim 10\mu\text{m}$, 可以增加植物细胞壁的机械强度。例如, 各种纤维细胞、导管、管胞、石细胞等都是次生壁的细胞。构成次生壁的物质有纤维素、半纤

维、木质素和其他物质。较厚的次生壁还可以分为内、中、外三层，并以中层较厚。但并不是所有的细胞都有次生壁，大部分具次生壁的细胞在成熟时，原生质体都已死亡。

案例 2-2

1960 年英国学者 Cocking 用酶解法将番茄根尖细胞的细胞壁去掉，分离出了大量具有活性的原生质体，这些具有活性的原生质体经过培养后，又长出了细胞壁。1971 年 Takebe 等分离出了原生质体，经过培养后，长成了一个完整的植株。

问题：

1. 酶解法为什么可以去掉细胞壁？
2. 原生质体和细胞壁有何关系？

(二) 纹孔和胞间连丝

1. 纹孔 (pit) 次生壁在初生壁内常常是不均匀的增厚，一些没有增厚的呈孔状凹陷的地方，只有胞间层和初生壁，而无次生壁的较薄区域称为纹孔 (图 2-6)。这些凹陷区域细胞壁薄，其内有许多胞间连丝通过，这个区域称为初生纹孔场 (primary pit field)。相邻两细胞的纹孔通常成对存在，合称纹孔对 (pit pair)。纹孔对中的胞间层和两边的初生壁，合称纹孔膜 (pit membrane)。纹孔膜两侧没有次生壁的空腔，称为纹孔腔 (pit cavity)，常常呈圆球形或半球形。纹孔腔通往细胞壁的开口，称为纹孔口 (pit aperture) 纹孔的形成有利于细胞间水分和物质的运输。

纹孔具有一定的形状和结构，常见的纹孔类型有以下三种：

(1) 单纹孔 (simple pit)：次生壁加厚时成孔道或沟，未加厚处圆筒形，纹孔口和底同大，纹孔腔为上下等径，这样的纹孔很简单，称单纹孔。单纹孔常存在于薄壁组织、韧皮纤维和石细胞中。

(2) 具缘纹孔 (bordered pit)：纹孔周围的次生壁，在纹孔腔周围向细胞内延伸呈架拱状隆起，形成拱形的边缘，称为具缘纹孔。它与单纹孔的主要区别是具缘纹孔的次生壁向细胞腔内隆起形成一个穹形的边缘，而单纹孔的次生壁边缘是与初生壁近乎垂直的。

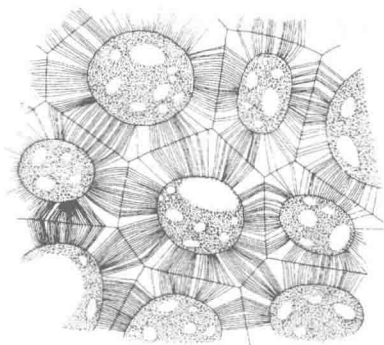


图 2-7 胞间连丝 (柿核)

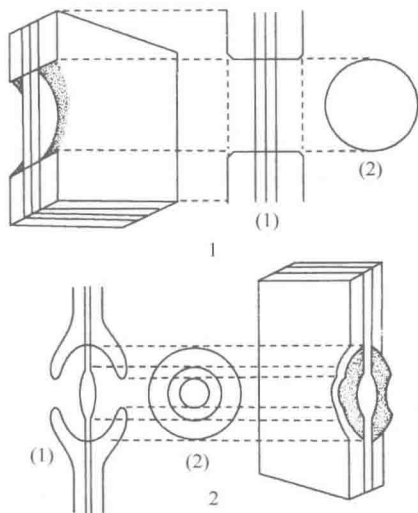


图 2-6 纹孔

1. 单纹孔；2. 具缘纹孔；(1) 切面观；
(2) 表面观

松柏类裸子植物的管胞上的具缘纹孔，在其纹孔膜的中央形成了一个圆盘状加厚的结构，称为纹孔塞 (pit plug)。纹孔塞具有活塞的作用，当液流很快时，把纹孔塞推向压力小的一面而堵住纹孔口，因此纹孔塞可以调节细胞间的液流。

(3) 半具缘纹孔 (half bordered pit)：是薄壁细胞与管胞或导管间的纹孔，一边形似单纹孔，另一边呈架拱状隆起的纹孔缘。

2. 胞间连丝 (plasmodesma) 穿过纹孔的胞间层和初生壁连接相邻两个植物细胞的原生质细丝，称为胞间连丝 (图 2-7)。胞间连丝一般都很细，直径小于 $0.1\mu\text{m}$ ，它是细胞间物质、信息和能量交流的直接通道，行使水分、营养物质、小的

信号分子以及大分子的胞间运输功能。高等植物的生活细胞之间，一般都有胞间连丝相连，其数量、分布位置不一，一个分生组织细胞，可能有 1000~10000 条胞间连丝。

(三) 细胞壁的特化

由于环境的影响即生理分工上的差异，植物细胞的细胞壁会沉积一些物质，发生理化性质的特化，使细胞壁完成一定的功能。常见的特化现象有：木质化、木栓化、角质化、黏液质化和矿质化。

1. 木质化 (lignification) 细胞在代谢过程中，原生质体分泌了较多的木质素渗入到细胞壁中，硬度增强，细胞群机械力增加，如管胞、导管、木纤维、石细胞等细胞的细胞壁。木质化的细胞壁加间苯三酚试液一滴，放置片刻，再加浓盐酸或浓硫酸一滴，即显红色或紫红色。

2. 木栓化 (suberization) 是细胞壁内渗入了脂溶性的木栓质的结果。木栓化的细胞一般是死细胞，既不透气，也不透水。木栓化的细胞常呈褐色，富于弹性，对植物内部组织具有保护作用。如树干外面的木栓层即是由木栓化的细胞组成的。木栓化的细胞遇苏丹Ⅲ试液显橘红色或红色。

3. 角质化 (cutinization) 叶和幼茎、花瓣、果皮等器官的表皮细胞的外壁常覆盖角质（脂类物质），常在细胞壁外堆积形成角质层。角质化后的细胞壁透水性降低，可防止水分的过度蒸发。角质化的细胞遇苏丹Ⅲ试液显橘红色。

4. 黏液质化 (mucilagization) 黏液质化是细胞壁中果胶质和纤维素变成黏液或树胶的一种变化，多见于果实或种子的表面。黏液化所形成的黏液在细胞表面常呈固体状态，吸水膨胀呈黏滞状态，车前、亚麻等种子的表皮细胞中具有黏液化细胞。黏液化细胞加玫瑰红酸钠酒精溶液可染成玫瑰红色，加钨红试液可染成红色。

5. 矿质化 (mineralization) 矿质化是细胞壁中渗入二氧化硅或碳酸钙等成分的一种特化现象。如禾本科药用植物薏苡的茎、叶以及木贼茎均含大量硅酸盐。细胞壁的矿质化能增强植物茎、叶的机械强度，提高抗倒伏和抗病虫害的能力。硅质能溶于氟化氢，但遇硫酸或醋酸无变化（可区别于碳酸钙和草酸钙）。

案例 2-3

保温瓶的软木塞质轻而富弹性，有许多疏松的小孔，其组成细胞的原生质体已经死亡，细胞壁发生了特化，有绝热、耐压等特点，能够阻隔热量的传递。

问题：

1. 保温瓶软木塞的细胞壁发生了哪种特化现象？
2. 软木塞的细胞壁有何特点？如何鉴别？

第三节 细胞的后含物与生理活性物质

一、细胞的后含物

植物细胞生活过程中，原生质体代谢活动产生的各种代谢中间产物、废物、贮藏物质，统称为后含物 (ergastic substances)。后含物的种类多种多样，并因植物的种类和细胞、组织的不同而异，因而，细胞的后含物是生药显微鉴定和理化鉴定的重要依据之一。后含物可分为淀粉、菊糖、蛋白质、脂肪油和各种结晶等几大类。

(一) 淀粉

根据其结构特点, 淀粉 (starch) 可分为直链淀粉和支链淀粉, 直链淀粉能溶于热水, 遇碘显现蓝色。支链淀粉不溶于水, 但能在水中胀大而润湿, 与碘作用显现紫红色。直链淀粉的含量常常与抗性淀粉的含量具有一定的相关性, 直链淀粉含量低的样品不容易形成高含量的抗性淀粉。抗性淀粉又称为难消化淀粉, 是一种特殊的膳食纤维, 能有效地降低直肠癌的发生率, 提高胰岛素的敏感性, 控制血糖稳定, 预防和避免肥胖症、高血压、高血脂以及肠道炎症等疾病的发生。

淀粉是植物细胞中最普遍的储藏物质, 由多分子葡萄糖分子聚合而成, 储藏淀粉常呈颗粒状, 称为淀粉粒 (starch grain) (图 2-8), 分布于植物的根、块茎和种子等薄壁细胞中。例如, 山药、贝母等生药的薄壁细胞中都有大量的淀粉粒存在。淀粉积累时, 先从中心开始, 形成淀粉的核心, 称为脐点 (hilum), 脐点有点状、裂隙状、星状、线状等形状。沿着脐点, 直链淀粉和支链淀粉相互交替分层积累, 形成许多同心的层次的轮纹, 称为层纹 (annular striation lamellae), 层纹的明显程度因植物而异。不同植物的淀粉粒的大小、形状和脐点所在的位置, 都各有其特点, 可作为检验、鉴定生药的依据之一。

淀粉粒可分为单粒、复粒和半复粒三种类型。

单粒淀粉粒 (simple starch grains): 为有一个脐点和许多层纹围绕的淀粉粒。

复粒淀粉粒 (compound starch grains): 具有 2 个以上脐点和各自的层纹围绕。

半复粒淀粉粒 (half compound starch grains): 具有 2 个以上脐点, 各脐点除有本身的层纹环绕外, 外围还有共同的层纹。

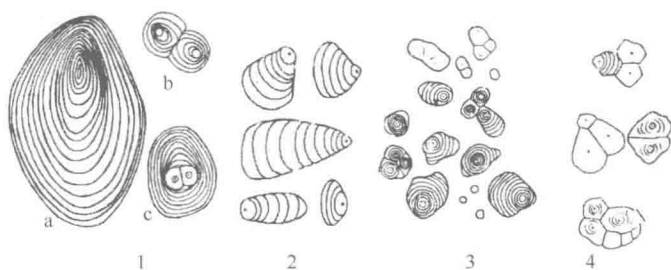


图 2-8 淀粉粒

1. 马铃薯 (a. 单粒, b. 复粒, c. 半复粒); 2. 姜; 3. 川贝母; 4. 半夏

(二) 菊糖

菊糖 (inulin) 是一种多糖, 由果糖分子聚合而成。在显微镜下观察, 菊糖常呈扇形、半圆形或圆形的结晶 (图 2-9), 多分布于菊科、桔梗科、龙胆科部分植物根的薄壁细胞中及山茱萸果皮细胞中。菊糖能溶于水, 不溶于乙醇。可用无水乙醇装片, 加 10% α -萘酚的乙醇溶液, 再加 80% 硫酸, 菊糖显紫红色, 并很快溶解; 加麝香草酚的乙醇溶液, 在加 80% 硫酸, 菊糖显红色, 也很快溶解。

(三) 蛋白质

植物体内的储藏蛋白质 (protein) 常呈固体状态, 与原生质体中有生命而呈胶体状态的蛋白质性质不同。储藏蛋白质以晶体和无定形颗粒等多种形式存在于细胞质中。颗粒状的储藏蛋白质称糊粉粒。植物细胞中的贮藏蛋白质是化学性质稳定的无生命物质, 多以糊粉粒 (aleurone grain) 的状态存在于种子的胚乳和子叶细胞。有些植物胚乳最外层细胞常含有大量的蛋白质颗粒, 这层细胞称为糊粉层。结晶体蛋白质具有晶体和胶体的二重性, 因此称拟晶体 (crystalloid)。蓖麻、油桐胚乳细胞的糊粉粒内, 除了无定形的蛋白质外, 还含有蛋白质的拟晶体和非蛋白质的球状体, 蛋白质的拟晶体和脂肪油共存于同一细胞内相互混杂。