

植物生理学理论与技术(A册)

植物生理生化

主编：郝再彬

徐仲
苍晶

哈尔滨出版社

植物生理学理论与技术(A)

植物生理生化

主编 郝再彬 徐仲 苍晶

哈尔滨出版社

图书在版编目(CIP)数据

植物生理生化/郝再彬,徐仲,苍晶主编. —哈尔滨:
哈尔滨出版社,2002.2

(植物生理学理论与技术)

ISBN 7-80639-680-2

I. 植... I. ①郝... ②徐... ③苍... II. ①植物
生理学②植物学:生物化学 N. Q94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 007096 号

责任编辑:王 放

封面设计:王 静

植物生理学理论与技术(A)

植物生理生化

郝再彬 徐仲 苍晶

哈尔滨出版社

哈尔滨市南岗区贵新街 170 号

邮政编码:150006 电话:0451-6225161

E-mail:hrbcbs@yeah.net

全国新华书店发行

东北农业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 38.75 字数 800 千字

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-80639-680-2/Q·3

定价:56.00 元(A、B 册)

版权所有,侵权必究。举报电话:0451-6225162
常年法律顾问:北京岳成律师事务所黑龙江分所

《植物生理生化》编委

主 编 郝再彬（东北农业大学生命科学学院）
徐 仲（东北农业大学生命科学学院）
苍 晶（东北农业大学生命科学学院）

副主编 车永梅（莱阳农学院基础部）
高继国（东北农业大学生命科学学院）
王军虹（东北农业大学生命科学学院）

参 编（以姓氏笔画为序）
王军虹（东北农业大学生命科学学院）
车永梅（莱阳农学院基础部）
齐东来（东北农业大学生命科学学院）
李一丹（东北农业大学生命科学学院）
苍 晶（东北农业大学生命科学学院）
赵 越（东北农业大学生命科学学院）
徐 仲（东北农业大学生命科学学院）
高继国（东北农业大学生命科学学院）
郝再彬（东北农业大学生命科学学院）

主 审 王守德（东北农业大学生命科学学院）
副 审 史芝文（东北农业大学生命科学学院）

校 对 王 静（东北农业大学生命科学学院 2001 级研究生）
白 月（东北农业大学生命科学学院 2001 级研究生）
孙 鑫（东北农业大学生命科学学院 2001 级研究生）
朴日花（东北农业大学生命科学学院 2001 级研究生）
朱国英（东北农业大学生命科学学院 2001 级研究生）

前 言

植物生理学是生物学领域中实验性极强的学科，近年来现代生物技术的发展日新月异，植物生理学也日益紧密的与生物学其他领域交叉，共同发展。为了面向 21 世纪国际生命科学研究的挑战，推动植物生理学教学与研究的发展，并尽快与国际先进科学技术接轨，我们在该领域前辈们及佼佼者数十年艰辛奋斗所积累的许多成就的基础之上，组织编写了适合东北及周边地区的本套教材。

全书分 A、B 两册。A 册为《植物生理生化》，共十三章，系统阐述了植物生理生化科学各方面的理论和技术成果，适于作为高等院校相关专业的教材。B 册为《植物生理实验技术》，共九章，收集了 78 个实验内容，代表了植物生理学最实用的技术方法，除可作为大学生教材外，也可作为研究生及高级科研技术人员的工作参考书。

本书的编者均有 10 年以上的从事植物生理学教学和研究的实践经验，曾独自编写或参编了多本此类教材，在高校使用中反响良好。

本书的选材代表性强，覆盖面广，注重将传统、经典技术及理论与现代新兴技术相衔接，文字力求清新简明。书中大部分内容借鉴了国内一些优秀教材的内容及国外最新研究成果，在此一并向这些参考文献的编者表示衷心的感谢！

鉴于编者的水平有限，编写时间也较仓促，书中的不足和错误势必不少，敬请读者和专家多多指正。

编 者

2002 年 1 月

目录

绪论	1
第一章 植物细胞的结构与功能	5
第一节 细胞壁	5
第二节 细胞膜	8
第三节 原生质体	13
第四节 细胞浆	35
第五节 细胞间的通道	38
第二章 植物的水分代谢	40
第一节 水在植物生命活动中的作用	40
第二节 植物细胞对水分的吸收	43
第三节 植物根系对水分的吸收	48
第四节 植物的蒸腾作用	52
第五节 水分在植物体内的运输	59
第六节 作物合理灌溉的生理基础	62
第三章 植物的矿质营养	65
第一节 植物必需元素及其作用	65
第二节 植物对矿质的吸收与运转	72
第三节 植物体内氮的同化	81
第四节 作物合理施肥的生理基础	84
第四章 酶	87
第一节 酶的化学本质和催化作用	87
第二节 酶的分类及命名	90
第三节 酶的专一性	92
第四节 酶的作用机理	94
第五节 影响酶促反应速度的因素	97
第六节 别构酶、同工酶、诱导酶	104
第七节 重要的辅酶	107
第五章 植物的光合作用	112
第一节 光合作用的重要性	112
第二节 叶绿体及其色素	114
第三节 光合作用的机理	120

第四节	光呼吸-----	133
第五节	光合指标与影响光合作用的因素-----	138
第六节	光合作用与提高产量的关系-----	142
第六章	植物的呼吸作用-----	145
第一节	呼吸作用的意义与度量-----	145
第二节	呼吸代谢的途径-----	149
第三节	生物氧化与能量贮存-----	156
第四节	呼吸作用的调节与影响呼吸作用的因素-----	165
第五节	呼吸作用与农业生产-----	171
第七章	植物体内有机物质的转化与运输-----	174
第一节	碳水化合物的代谢-----	174
第二节	脂肪的代谢-----	182
第三节	核酸的代谢-----	191
第四节	蛋白质的代谢-----	201
第五节	各种有机物质代谢的相互联系-----	212
第六节	有机物质代谢的调节-----	214
第七节	植物体内有机物的运输-----	220
第八章	植物的生长物质-----	232
第一节	生长素-----	232
第二节	赤霉素-----	238
第三节	细胞分裂素-----	242
第四节	脱落酸-----	246
第五节	乙 烯-----	250
第六节	植物激素间的相互关系-----	253
第七节	其他生长物质-----	256
第八节	植物生长调节剂-----	258
第九章	植物的生长生理-----	262
第一节	种子的萌发-----	262
第二节	细胞的生长和分化-----	269
第三节	植物的生长-----	275
第四节	植物的生长相关性-----	279
第五节	植物生长周期性-----	283
第六节	植物的运动-----	285
第七节	植物体内的信号传导-----	290
第十章	植物的生殖生理-----	294

第一节	外界条件对花诱导的影响-----	313
第二节	花器官形成的生理-----	316
第三节	植物性别的分化-----	316
第四节	授粉生理-----	318
第五节	受精生理与单性结实-----	324
第十一章	植物的成熟与衰老生理-----	326
第一节	种子成熟时的生理生化变化-----	326
第二节	果实成熟时的生理生化变化-----	331
第三节	种子和延存器官的休眠-----	334
第四节	植物的衰老和器官的脱落-----	337
第十二章	植物的逆境生理-----	341
第一节	植物的抗寒性-----	341
第二节	植物的抗旱性-----	347
第三节	植物的抗热性-----	351
第四节	植物的抗涝性-----	354
第五节	植物的抗盐性-----	356
第十三章	环境污染对植物的伤害-----	359
第一节	大气污染对植物的伤害-----	359
第二节	水体污染对植物的伤害-----	363
第三节	土壤污染对植物的伤害-----	365
第四节	植物在环境保护中的作用-----	366
复习思考题	-----	368
主编简介	-----	374

绪 论

一、植物生理生化的任务

植物生理生化是研究植物生命现象的活动规律的科学，是从植物学科中的实验植物学发展演化而来的。它主要是利用现代生物学、物理学、化学的理论和方法，揭示和阐明植物生命现象的内在规律。

植物生理生化主要是研究绿色植物从发芽、生长、发育、成熟到死亡的全部过程。其核心是研究绿色自养植物所有的功能——营养、代谢、形态建成、繁殖等过程中，发生的物质转化，能量转化，信息和类型转化的生理过程和生化本质。

绿色植物生命活动最基本的特征是把吸收的简单的二氧化碳、水和无机离子，在它的绿色部分中把日光能转变为化学能，并形成富有能量的各种有机物。这种复杂的生命活动的归宿，一方面用来建造植物本身，进行生长繁衍；另一方面用来哺育整个动物界，从而维持自然界的生物生态平衡，净化空气，供应人类多方面的需要。所以它是人类赖以生存的基础和源泉，也是农业生产的理论基础。

植物生理生化在研究绿色植物体内所进行的各种生理及生化过程中，一方面从分子水平，或亚分子水平来研究生命物质（蛋白质、核酸、糖类、脂类等）的结构、功能及其在生命活动中的转化和调控规律；同时又研究生物大分子参与的各种生理过程与形态构成之间的关系，从而阐明植物的营养、生长、运动、繁殖和遗传等生命过程的理化本质；这便是植物生理生化微观方面研究的部分。另一方面，植物的生命活动又离不开环境，它本身也影响着环境；在自然生态系统和农业生态系统中出现的各种生理问题，以及个体和群体间相互关系的问题，又必须从宏观上去探索，这又是植物生理学的宏观研究的另一重要部分。微观和宏观两个方面的研究必须相互结合，不断发展，才能满足应用领域不断发展的时代要求。

植物生理生化是一门基础性学科，它的主要任务是探讨植物生命活动的基本规律。它虽然是理论性学科，但其任务不局限于认识和解释植物生命活动规律和现象，更重要的是从认识自然进而进行改造自然，控制自然，满足人类日益增长的物质需要。更直接地应用植物生理生化的知识和成就，在农业生产上，做出更多有益的贡献。回顾历史，每当植物生理学的研究有了新的进展，农业生产水平就有所提高。如植物营养生理研究，为合理施肥提供了理论基础，促进了施用化肥和微肥的发展和运用。根据植物光合作用的研究，从植物需光特性，光合效率和群体光能利用等生理规律出发，采用合理密植，开展间作、套种，大幅度提高了产量。又如，根据植物光合特性开展株形育种，矮秆育种，在高产耐肥新品种选育中做出了突出贡献。由于对植物激素的深入研究，今天植物化学调控已成为

人们有效促进和控制植物生长发育，获得优质高产的重要手段。比如，化学除草剂代替人工除草，开创了少耕法和免耕法，节约了大批劳力。春化现象和光周期现象的发现，在栽培、引种和育种等工作中也做出了较大的贡献。人们可以任意调节观赏植物的花期，在一年四季都能欣赏到万紫千红、群芳争艳的花朵。由于贮藏生理的深入研究，延长了水果蔬菜等的保鲜期。本世纪以来，农业单位面积产量增长近 10 倍，也与植物生理理论的应用，有着一定的关系。

今后随着人口增长，土地面积的减少，世界面临着粮食和能源危机，解决粮食和能源乃是当今世界上人们所关注的重要课题。如何把依靠传统经验农业，转变到依靠高新科学技术的农业，是有关学科的学者最关心的问题。美国农学家维特威尔 (S. H. Wittwer) 不久前提出的 11 个问题：(1) 光合效率与作物产量；(2) 生物固氮；(3) 遗传改良；(4) 遗传工程；(5) 营养吸收效率；(6) 菌根与土壤微生物；(7) 抗逆性；(8) 大气污染；(9) 提高作物体系的竞争能力；(10) 病虫综合防治；(11) 激素控制与植物发育。这 11 个问题中大都涉及到植物生理中光合、矿质、水分、呼吸、代谢、转化、生长、发育、抗性等领域，说明植物生理生化在今后科学农业中所担负的责任。

今后随着农业生产的发展，高新科技的进步，植物生理生化必须从分子生物学、生物物理学、细胞学、遗传学的渗透中丰富理论，从而得到进一步发展和提高。另一方面给农业持续增产提供理论依据和技术措施。按植物生理需要，通过电脑控制和调节及时满足植物对光、温、水、气、肥的需要，对农业现代化也可起很大作用。由于逆境生理的研究，对开发利用野生植物资源，扩大和改善荒漠，贫瘠土地的种植和利用，也产生了多方面的积极作用。例如，对低光呼吸、高光效植物的深入研究，将有利于开展高光效育种和选种。植物组织培养理论和技术深入发展，对开展花粉育种，细胞育种，原生质育种等，也能提高新途径、新措施。至于温周期、光周期的深入研究，可培育对温周期和光周期不敏感品种，大大扩大了新品种的种植范围；再一个方面是人工模拟研究也有了新的途径。例如由于弄清了人工模拟内源植物激素的化学结构，已合成多种植物生长调节物，并在农业上广泛应用。光合及生物固氮的原理和过程，部分或局部的进一步弄清，对模拟植物放氧、制氢，以及人工合成食物等方面，将对人类生活产生深远影响，前景十分诱人。探讨植物生命活动规律，及其理化本质，以及利用植物生理生化原理，研究和提高农业，将给人类开拓出许多新的应用领域。

二、植物生理生化发展概况

植物生理生化和其他学科一样，随着生产的发展而诞生和成长，大致分为 3 个阶段。

第一阶段，诞生与成长。远古时代，人类在栽培植物中已积累了一些重要经验和零星植物生理知识。在我国甲骨文上已记载阳光和雨水对植物的重要性。最

早用试验来回答植物生命现象中的问题，是中世纪荷兰学者凡海尔蒙特（Van Helmont），他用盆栽柳树进行称重试验，5年后柳树重量增32倍，而土重减少极微。他认为，柳树重量增加来自于水。他的结论现在看来只是部分正确，但它标志着科学的实验植物学的开始。1771年，普列斯特利（J. Priestley）发现绿色植物在光下能放氧，标志着植物生理学的开始。1840年李比希（J. Liebig）创立了植物营养学说，法国植物生理学家布森格（J.B. Boussingault）以实验证明高等植物不能利用空气中的氮，而豆科植物与固氮微生物共生才能固定空气中的氮，奠定了农作物施肥的理论基础，这些都推动了农业生产。19世纪自然科学三大发现：细胞学说、能量守恒定律、进化论为植物生理学的发展奠定了理论基础。德·索苏尔（De Saussure）和布森格用定量分析化学方法，确定了植物呼吸和光合作用中碳水化合物氧化还原公式。实验植物学和农业生产的知识积累已具备演化成一门新的学科——植物生理学。1882年德国学者萨克斯（J. Sachs）“植物生理学讲义”的问世，随后他的学生费弗尔（W. Pfeffer）《植物生理学》巨著的出版，标明了植物生理学已成为一门引人注目的生命科学，在生物科学中闪闪发光。

19世纪末，20世纪初，植物生理学得到了蓬勃的发展。达尔文（C. Darwin）植物向光性的研究，导致后来植物生长素的发现，俄国学者季米里亚捷夫自制单色光光学仪证实了植物光合作用利用的光，正是叶绿素所吸收的光，也论证了光合作用的宇宙意义，费弗尔（W. Pfeffer）和凡特·霍夫（Vant Hoff）对细胞渗透现象的研究，提出了渗透学说，有力地推动了人们对水分生理的研究。卡尼尔和阿拉德（W. W. Canner 和 H.A. Allard）发现了植物光周期现象，促进了植物发育生理学的迅速发展和研究。这一系列成就是植物生理学发展中的黄金时代，它不仅诞生成长壮大，而且同其他学科一样，对农业生产起了巨大推动作用。无怪乎植物生理学的先驱布森格和季米里亚捷夫称植物生理学是合理农业的理论基础。

第二阶段，动荡与分化。本世纪初随着各种科学领域的深化与发展，以及在生产实践上的直接应用，植物生理学中的部分内容，开始逐渐分化出去而成为独立的学科，如矿质营养，由于化肥在农业生产中的重要作用以及对土壤营养的深入研究，超出了植物生理学的范围，而转变成为一门农业化学学科。又如早期属于植物生理学范围的菌根，共生固氮以及寄生现象等，也随着发展而归属于微生物学。早期植物生理学家所发现和研究的植物病毒，也因医学和分子生物学的兴起，导致病毒学的诞生。特别是在本世纪30年代，由于超高速离心、电镜、X光衍射方法的出现，植物代谢生理得到迅速发展，植物生理学的核心部分几乎都要脱离植物生理，从而对本学科产生很大的冲击。此时植物生理学在动荡和分化之中，处于低潮时期，但它为其他学科提供了丰富营养和内容，促进了一些新型学科的建立和发展，但植物生理学仍然不可能被其他学科所代替。

第三阶段，更新和深入。50年代初，卡尔文（M. Calvin）等历时9年弄清了光合作用中二氧化碳的固定和还原做出了划时代的贡献，而获诺贝尔奖金。60年代C₄途径的发现，光呼吸的研究，把光合作用研究推向了崭新阶段。新的内源激素的相继发现，对植物的化学调控的研究又进入一个新领域。细胞、组织培养技术的发展，实现了从植物单个细胞，甚至花粉、原生质体再生植株，在理论和实践上推动了本门学科的发展。分子生物学、遗传学的新思想、新成就的渗入，为植物生理学增添了许多新内容与光采。快速灵敏光谱分析，核磁共振技术，高效分析技术相继问世等，在深入了解细胞内部结构与功能，代谢反应与分工中又有了强有力的手段和方法，而使植物生理学内容得到更新与深入，在走向现代化道路上又前进了一大步。

三、植物生理生化与其他学科的关系

植物生理生化是从植物学中演化出来的，是植物学的一个分支。植物生命活动必须与它的结构统一，这就使它与植物形态解剖学联系起来。生命活动的基本单位是细胞，因而探讨植物各种生理活动过程，又必须以植物细胞为基础，而不同植物生长在不同环境中，因而其生理活动也和生态学、分类学有关。反之，植物细胞学、植物形态解剖学、生态学、分类学等，也有赖于植物生理学知识的发展，使其认识更加深入。

植物生理生化与物理学、化学，特别是有机化学、分析化学、胶体化学的关系更为密切，它是用物理学、化学知识和手段，去探讨植物这种高级生命活动和发展过程。植物生理生化每深入一步，都离不开这些学科的发展。对于生命活动机理的阐明，更需要物理学、化学和植物生理学等工作者通力协作、密切配合才能解决。

在植物生理生化发展中，有重要联系的另一学科，便是遗传学。实践证明，几乎所有现代农业的发展，都与选种和育种工作的成就分不开。植物遗传物质DNA结构和功能的阐明，表明植物一切生命活动，都是遗传信息表达的体现，植物生理生化与遗传学已在分子水平上得到充分沟通，因此植物生理生化与遗传学结合是必需的。实际分子遗传学的发展是建立在植物生理生化基础之上的。

植物生理生化是农业院校中一门重要专业基础课，它是为栽培、遗传育种、植物保护、土壤农化、林业及水土保持、草原、蚕桑等专业的必读专业基础课。只有学好植物生理生化课，才能更好地学习其他专业课程，从而掌握和提高作物产量和品质的知识和技能。为发展高产、优质、高效农业做出贡献。

第一章 植物细胞的结构与功能

一切生物都是由细胞构成的。而且，不论单细胞生物或多细胞生物，细胞都是生物的结构与功能的基本单位。因为生物体的物质代谢、能量代谢、信息传递、形态建成，都是以细胞为基础的。

按照结构，所有的细胞基本上可以分为两种类型：一类是原核细胞（prokaryotic cell），包括细菌与蓝藻；另一类是真核细胞（eukaryotic cell），包括除细菌与蓝藻以外的所有的动物与植物（图 1-1）。

原核细胞的形态较小，直径约 $1\sim 10\mu\text{m}$ ，其主要特征是缺乏明显核膜包裹的细胞核。整个细胞是由界限分明的两个部分组成：一是细胞质，分化极为简单，除若干个核糖体（ribosomes）外，不存在其他微细结构；二是由线型 DNA 构成的若干个拟核体（nucleoid）原核细胞不能进行有丝分裂，主要靠二分体分裂（binary fission）进行繁殖。

真核细胞较大，直径约 $10\sim 100\mu\text{m}$ ，其主要特征是核质被明显的膜包裹，形成界限分明的细胞核。同时，细胞质高度分化，形成大小不等的各种分隔结构——细胞器；各类细胞器并不是孤立的，而是通过膜的串联沟通，形成了复杂的内膜系统。由于微管的分化，使得细胞的分裂方式从二分体分裂进化为有丝分裂。不言而喻这类细胞是构成高等生物的基本单位。

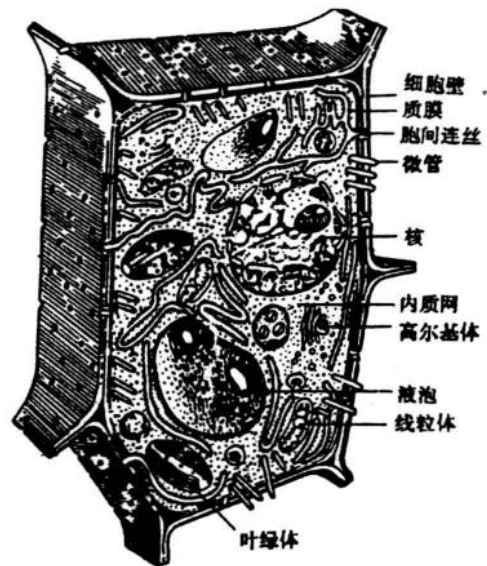


图 1-1 植物细胞亚微结构模式图

第一节 细胞壁

植物细胞的显著特征之一就是具有细胞壁，这是包围质膜的一层坚硬而略有弹性的外壳，它是由高尔基体或内质网分泌的多聚物逐渐沉积而成。细胞壁是由纤维素、半纤维素、果胶质、木质素和蛋白质组成；有时还覆盖着角质、蜡质和

木栓质等，细胞壁具有稳定细胞形态，减少水分散失，防止微生物侵染与机械损伤等保护作用。依据结构与形成过程，细胞壁可分为三层：胞间层、初生壁、次生壁。

一、胞间层

胞间层又称中胶层，为相邻细胞所共有。早在细胞进行有丝分裂之前，常常在将来成为赤道极的位置上出现约由200个微管集积而成的带状物，特称为早前期带。目前认为，正是这种早前期带决定着胞间层的形成，把即将分裂的细胞一分为二。

构成胞间层的物质主要为果胶质，一是由果胶酸与其他多糖（如纤维素、阿拉伯木聚糖）结合而成的原果胶；二是由果胶酸羧基与某些金属离子（如 Ca^{2+} ，或 Mg^{2+} ）结合而成的果胶酸盐。这两类物质均不溶于水，一般呈胶体状态，不具有任何结构，具有胶粘和柔软的特性。果胶质既把相邻的细胞连成一个整体，又起缓冲作用，不阻碍细胞的生长。同时，还成为病原微生物入侵的屏障。

二、初生壁

随着细胞体积的增大，在胞间层的两侧原生质体各自形成厚约 $1-3\mu m$ 薄层，即初生壁。它是由纤维素、半纤维素、果胶和蛋白质组成。其中，纤维素和半纤维素构成了细胞壁的分子骨架。

纤维素是构成初生壁的基本结构物质。每个纤维素分子是由 $500\sim 10\ 000$ 个 D-葡萄糖残基通过 $\beta-1,4$ -糖苷键连成无分枝的长链，长约 $0.25\sim 5\mu m$ 。从图 1-2 可见，纤维素分子之间平行排列，横向之间以氢键相连，约由 100 个纤维素分子聚集成束，叫微胶团（或称微团），再由约 20 个微胶团以长轴平行排列成微纤丝，再由许多微纤丝聚集成大纤丝。在初生壁中微纤丝的排列疏松而散乱，构成基础骨架。然后在微纤丝的间隙中充满半纤维素和果胶质，所以薄壁细胞壁的弹性较大。半纤维素由葡萄糖和葡萄糖醛酸-阿拉伯木聚糖组成，它通过氢键连于纤维素的骨架上。

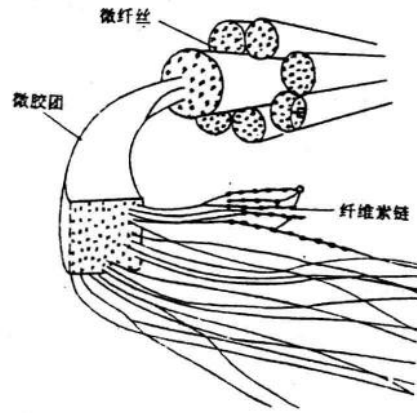


图 1-2 纤维素分子组成微纤丝的过程

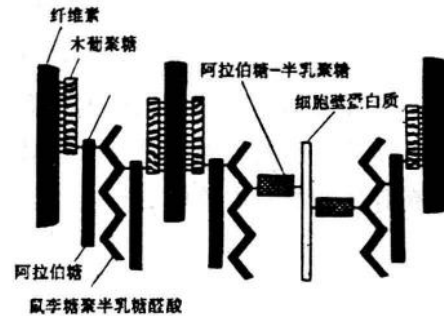


图 1-3 初生细胞壁的结构图解

分散的果胶质是由鼠李糖聚半乳糖醛酸组成，通过中性多聚半乳糖醛酸、阿拉伯聚糖和半乳糖聚糖连结在纤维素-半纤维素复合体上。

初生壁中还含有蛋白质，有时含量高达 10%，其中，伸展蛋白（extensin）是细胞壁蛋白的主要成分，属于糖蛋白类，富含羟脯氨酸和丝氨酸，横向连接果胶。细胞壁蛋白可以是结构组分，也可以是细胞壁酶或具有其他功能的蛋白（如抗病蛋白）。目前已知伸展蛋白具有识别功能，并能抑制某些病原微生物所分泌的多聚半乳糖醛酸酶活性。初生壁的结构如图 1-3 所示。

三、次生壁

当细胞的扩展逐渐停止时，细胞壁仍能继续增生而加厚，这种在初生壁上加厚而成的细胞壁，叫做次生壁，如图 1-4 所示。次生壁是由纤维素、半纤维素、木质素和果胶质组成。但与初生壁相比，次生壁中纤维素含量增加，并且沉积较多的木质素，而果胶质的含量却大大降低。同时，次生壁中微纤丝的排列比初生壁中的紧密而有规则，这些微纤丝平行排列绕细胞纵轴旋转，而且相邻两层微纤丝的旋转方向常常相反。从而，十分有利于增加次生壁的机械强度。

四、细胞壁形成的机理

关于细胞壁形成的机理，包括 3 个问题：一是构成壁物质的合成场所；二是控制壁物质沉积的体系；三是控制壁物质排列的信息。

关于构成细胞壁的大分子的合成场所，目前认为，高尔基体和粗糙型内质网是参与组成细胞壁的纤维素、半纤维素、果胶以及结构多聚物的场所，它们通过分泌囊泡（secretory vesicles）分泌壁物质。试验发现，标记的 ^{14}C -葡萄糖运输的途径是高尔基体或内质网→分泌囊泡→细胞壁。

一般说来，微管决定细胞壁中新的微纤丝的沉积方向，微管的排列方向垂直于细胞壁扩展的主轴。凡是微管集中的地方，微纤丝的排列都有一定的取向，经纬分明，该处的细胞壁就特别厚。但是，关于微管如何控制微纤丝的排列，迄今尚不明确。此外，微管能使新形成的细胞板上保留某些通道，参与胞间连丝的形成，使原生质在两个子细胞间，能保持联系。

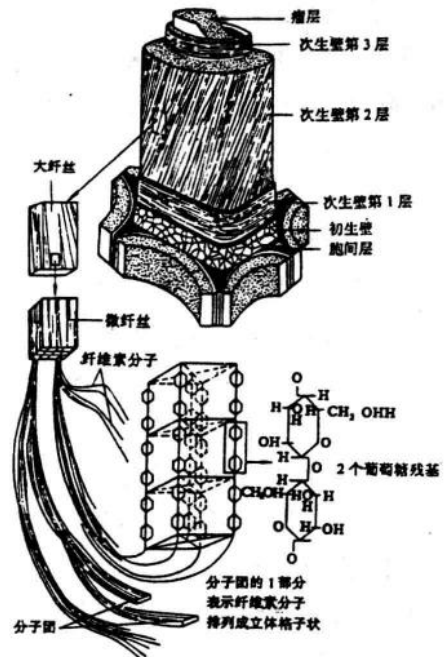


图 1-4 细胞壁的详细结构图解

第二节 细胞膜

一切活细胞都有一层质膜。在细胞内，除微管、微丝、核糖体、细胞核中的核仁与染色质外，其余的细胞器均被膜包裹着。按照所处位置，细胞膜可分为两类：一是处于细胞质外面的一层膜叫质膜。二是处于细胞质中构成各种细胞器的膜，叫内膜。质膜可由内膜转化而来。据测定，膜的干重占原生质干重的70%~90%。

一、细胞膜的组分

分析表明，细胞膜的主要成分是脂类、蛋白质。此外，尚含少量的多糖、微量的核酸与金属离子，以及水分。这些组分，尤其是脂类与蛋白质的比例，因不同细胞、细胞器或膜层而相差很大。在膜中脂类起“骨架”作用，蛋白质决定膜功能的特异性。

(一) 膜脂

在大多数细胞膜中，脂类含量约占膜干重的50%。细胞95%以上的脂类都集中于膜。构成植物细胞膜的脂类有磷脂、糖脂、硫脂和固醇。在此主要介绍磷脂和固醇。

1. 磷脂

以甘油为骨架。此外还有2分子脂肪酸、1分子磷酸、1分子胆碱（或其他物质）的残基。在高等植物的细胞膜中磷脂有磷脂酰胆碱、磷脂酰肌醇、磷脂酰乙醇胺、磷脂酰丝氨酸和磷脂酰甘油。业已查明，组成质膜与内质网膜的磷脂是磷脂酰胆碱；线粒体膜是磷脂酰丝氨酸，叶绿体片层膜是磷脂酰肌醇和磷脂酰甘油，还含硫脂（亦称磺酸脂）。

需要指出的是，磷脂中的2分子脂肪酸，通常1分子是饱和的，主要是硬脂酸（18:0）和棕榈酸（16:0）；另1分子往往是不饱和的，主要为油酸（18:1）、亚油酸（18:2）和亚麻酸（18:3）。不同类型的植物，磷脂中两类脂肪酸的含量不同。例如，抗热性强的植物，膜脂中饱和脂肪酸含量较高，有助于高温下保持膜的稳定性；耐寒性强的植物，膜质中不饱和脂肪酸比例较大，而且不饱和程度（双键数目）亦高，有助于低温下保持膜的流动性。

2. 固醇

植物细胞的固醇含量低于动物细胞。在高等植物质膜中的固醇含量高于内膜。构成细胞膜的固醇主要是 β -谷甾醇和豆甾醇。据研究，固醇的作用可能对细胞膜脂类的物理状态有一定的调节作用。在相变温度[引起生物膜发生相（液相—液晶相—凝胶相）变的温度]以上时，固醇可抑制脂肪酸的旋转异构化运动，降低质膜的流动性；在相变温度以下时，固醇又可阻止脂肪酸链的结晶态出现。Lyons等

人指出，喜温植物在温度降至膜脂发生相变的温度时，膜脂由液晶态转变为凝胶态，致使膜发生收缩，于是在膜上出现龟裂的通道使膜的透性增大，造成离子外渗，破坏细胞内的离子平衡。

(二) 膜蛋白

细胞内约有 20%~25% 的蛋白质参与膜的结构。已经证实，构成膜的蛋白质基本上是球蛋白。由于膜蛋白是膜功能的主要承担者，而各种细胞器所表现的特异功能又都是由膜完成的。因此，凡是膜的功能越复杂，它所含膜蛋白种类与数量也越多，根据在膜中的排列位置及其与膜脂的作用方式。膜蛋白可分为外在蛋白和内在蛋白（图 1-5）。

1. 外在蛋白

外在蛋白亦称外围蛋白或表在蛋白（占膜蛋白总量的 20%~30%）。由组成

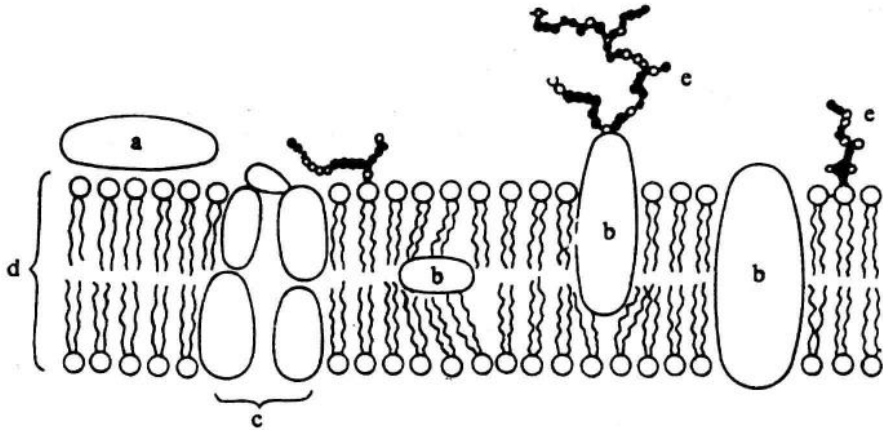


图 1-5 生物膜结构的模式图

a. 外在蛋白 b. 几种内在蛋白 c. 多酶复合体 d. 脂类双分子层 e. 糖脂和糖蛋白糖键

这类蛋白质的氨基酸以亲水性为主，或由于亲水基团外露，所以与膜脂的亲水性基团靠近而分布于膜的内外表面，通过静电等较弱的非共价键而与膜脂相连。这种结合很不牢固，很容易用盐溶液从膜上分离出来。外在蛋白具有收缩与伸展的能力，从而引起细胞的变形运动，而细胞的吞噬作用、胞饮作用正是与外在蛋白的收缩活动有关。

2. 内在蛋白

内在蛋白又叫做嵌入蛋白或整合蛋白（占膜蛋白总量的 70%~80%）。这类蛋白含有较多的疏水性氨基酸，或者其亲脂性基团分布于分子表面，因此能与膜脂的疏水部分接近，并且结合得十分牢固，很难分离。内在蛋白的排列方式多种多样，或者仅仅嵌入某一侧的膜质层，或者埋在脂类的双分子层中，或者贯穿于