

植物细胞

中国科学院北京植物研究所五室细胞组 编译

科学出版社

内 容 简 介

本书简明地介绍了植物细胞的结构与功能。从细胞壁到细胞核的结构,以及这些结构与光合作用、呼吸作用和蛋白质合成等功能间的关系,直到细胞发育等问题,均有阐述。

可供从事生物学工作和农林科学实验的同志,以及大专院校有关专业的师生参考。

植 物 细 胞

中国科学院北京植物研究所五室细胞组 编译

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1977年7月第一次印刷 印张: 4 3/8

印数: 0001—9,900 字数: 96,000

统一书号: 13031·591

本社书号: 864·13—10

定 价: 0.46 元

前 言

细胞是生物(病毒和噬菌体除外)结构和功能的基本单位。细胞学——研究细胞的构造、机能和发展的科学——是生物学中一门重要的基础学科,被伟大导师恩格斯列为十九世纪三大科学发现之一的细胞学说曾有力地推动了生物科学的发展。近年来,随着技术的改进和研究的进展,人们对细胞的认识更加深化了:电子显微镜、细胞化学和生物化学研究技术的结合使用揭示了各种细胞亚单位的结构和功能,以及它们之间的相互联系;分子生物学和细胞生物学的相互渗透揭露了核酸和蛋白质在细胞活动中的作用;细胞和原生质体培养以及细胞杂交技术的建立为研究细胞分化和遗传变异提供了有效的方法。细胞学的这些最新进展不仅加深了我们对细胞活动规律的认识,而且使我们掌握了更多的利用和改造生物的手段,它们将在生产实践中发挥巨大的作用。

植物细胞和动物细胞在一些基本方面是相同的,但它又有着区别于动物细胞的许多特点。例如,植物细胞外面包裹着一层由纤维素组成的外壳——细胞壁,细胞内具有执行光合作用的细胞器——叶绿体,并且在实验条件下高等植物的细胞还具有发育成完整植物体的潜在全能性,所有这些都是动物细胞所没有的。对植物细胞的研究形成了细胞学的一个分支——植物细胞学。目前植物细胞培养、花粉培养和细胞杂交的研究开始和作物育种相结合,植物细胞学和生产实践的联系日益密切,因而许多从事生物学工作和农林科学实验的同志希望更多地了解有关植物细胞的基础知识,为了满足

这一方面的需要,我们编译了《植物细胞》一书,供有关人员参考。

在编译本书时,主要参考詹森(W. A. Jensen)所著《植物细胞》(The Plant cell)一书,同时也尽可能地利用了我国植物细胞学方面的研究资料。本书的执笔者有:孙敬三、朱至清、林忠平和钱迎倩(按姓氏笔划为序,下同)等。参加编译工作的还有马诚、王敬驹、吴石君、姚璧君和蔡起贵等。本书由吴素萱同志审阅。

由于我们的水平有限,不足之处希望广大读者批评指正。

目 录

前言	iii
绪论	1
第一章 细胞壁、膜、液泡和微管	9
第二章 叶绿体和光合作用	23
第三章 呼吸作用和线粒体	45
第四章 高尔基体、溶酶体、圆球体和微粒体	59
第五章 内质网、核糖核蛋白体和蛋白质的合成	67
第六章 细胞核	78
第七章 有丝分裂	90
第八章 减数分裂、染色体与基因	105
第九章 细胞发育的问题	116
小辞典	127

绪 论

伟大导师恩格斯曾概括了十九世纪细胞学研究的结果，精辟地指出：“一切有机体，除了最低级的以外，都是由细胞构成的，即由很小的、只有经过高度放大才能看得到的、内部具有细胞核的蛋白质小块构成的。”同时恩格斯高度评价了细胞学说，把它和能量转化规律及进化论并列为十九世纪自然科学的三大发现。他指出：“首先是三大发现，使我们对自然过程的相互联系的认识大踏步地前进了：第一是发现了细胞，发现细胞是这样一种单位，整个植物体和动物体都是从它的繁殖和分化中发育起来的。由于这一发现，我们不仅知道一切高等有机体都是按照一个共同规律发育和生长的，而且通过细胞的变异能力指出了使有机体能改变自己的物种并从而实现一个比个体发育更高的发育的道路。”在这里，恩格斯不仅把细胞看做生命的结构单位，并且深刻地指出细胞又是生物个体发育和系统发育的基础。正因为细胞是生物结构、功能和遗传变异的基本单位，所以细胞学在整个生物学中占有十分重要的地位。

细胞学已有三百多年的发展历史。下面简述细胞学发展的几个主要阶段。

细胞的发现

毛主席指出：“人的认识，主要地依赖于物质的生产活动，逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性、人和自然的关系”。细胞结构的发现是和欧洲十五至十六世纪工

业生产的巨大发展相联系，特别是和透镜制造业和光学技术的发展直接有关的。没有显微镜就不可能发现细胞，而显微镜的发明与改进是透镜制造业发展的直接结果。

最早的显微镜是在十六至十七世纪之间造成的，但直到1665年它才被用于生物材料的研究。这一年，英国人胡克(Robert Hooke)用经过他自己改进的显微镜研究了软木的构造，他从软木上发现了极小的封闭的小室，并命名为细胞(cell——英语意为小室)。实际上他只看到细胞的一部分，即细胞壁[图1(a)]。胡克认识到软木细胞是死的，而认为在叶片中看到的活细胞含有“汁液”。

胡克的研究引起了人们对于生物显微结构的兴趣。研究者们一方面致力于细胞内部结构的研究，另一方面广泛地观察了各种动植物机体的显微构造。十九世纪显微镜的构造有了重大的改进，对细胞的认识也随之发展了。到1840年前后已经认识到细胞是由细胞核和细胞质构成，在核内还有核仁，在植物细胞质内含有叶绿体[图1(c)]。同时在对各种动植物进行观察的基础上逐渐形成了一切生物由细胞组成的概念。

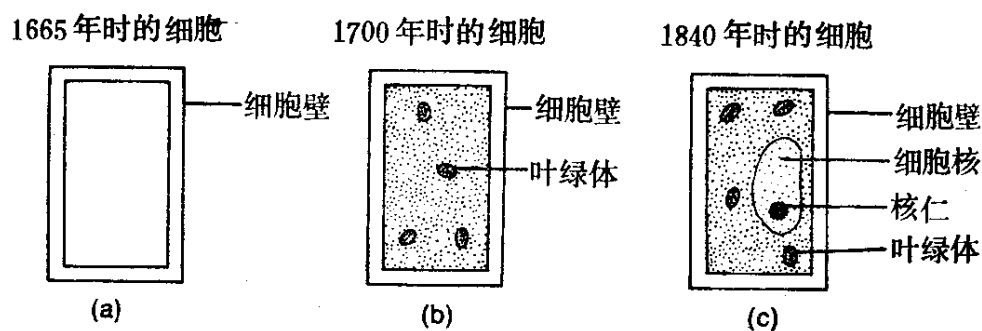


图1 1665—1840年细胞知识的发展。

细胞学说的创立

施莱登(M. Schleiden)根据大量实验观察在1838年提出：“一切植物，如果它们不是单细胞的话，都完全是由细胞

集成成的。细胞是植物构造的基本单位。”施莱登在植物上研究生物体构造的结果被施旺（T. Schwann）在动物中证实。施旺对动物组织进行了精细的研究，并且还研究了细胞的发育，他在 1839 年首次提出了“细胞理论”这一名称，提出“细胞是有机体，动植物都是这些有机体的集合物，它们按照一定法则而排列在动植物体内。”施莱登和施旺的研究使细胞学说能以固定的形式建立起来。

染色体和细胞遗传学

对细胞分裂过程的研究导致染色体的发现。细胞核在每次细胞分裂时发生复杂的变化引起许多人的注意，在 1841 年就有人观察到细胞直接分裂的现象，通常称之为无丝分裂。1879 年发现了有丝分裂，有丝分裂的基本事实是形成染色体以及它们均等分配到子细胞的细胞核中，同时每一种生物细胞中的染色体数是恒定的。十九世纪末发现了另一类细胞分裂——减数分裂，它发生于生物的有性过程中，即在配子母细胞形成配子时细胞中染色体数减半。与此同时，遗传学上已经建立起遗传单位独立分配的法则，而减数分裂时染色体的行为是与遗传单位独立分配的现象十分相似的，于是在二十世纪初形成了染色体可能是遗传物质载体的概念，从而产生了细胞遗传学。以后发现了性染色体，有人直接提出性别的决定与染色体有关。在本世纪 30 年代，摩尔根提出基因学说，认为基因或遗传单位是落实在染色体内一定的位点上。近代细胞生物化学的研究已经确定染色体的主要成分是去氧核糖核酸（DNA），而它正是生物体内主要的遗传物质。近 20 年来在细胞遗传学的基础上进一步发展出分子遗传学。细胞遗传学和分子遗传学在生物学中具有重要的作用，因为它研究着生物体的遗传行为、变异、形态发生和系统演化，同时它

也研究医药和农业上的重要问题。

细胞的结构与功能

到二十世纪初，细胞的主要结构单位——核、核仁、叶绿体、线粒体、高尔基体、液泡、核膜和细胞壁等均已发现(图 2)。

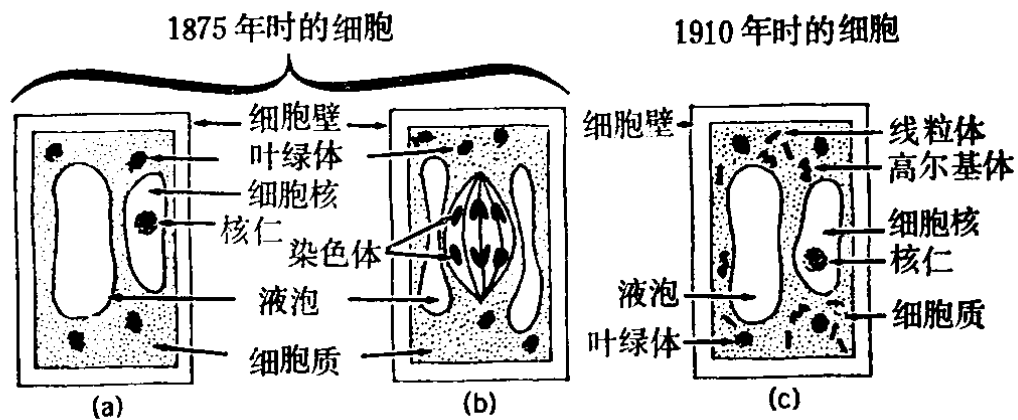


图 2 1875—1910 年细胞知识的发展。

并提出了原生质体理论，这一理论把细胞各部分看作是一个有机的整体。然而那时对于原生质体内的各部分的功能及彼此如何联系成为整体却知道的很少。对于细胞的结构和功能的关系的了解是在二十世纪 40 年代细胞学和生物化学结合以后才逐渐获得的。

把有机化学的发现应用和扩展到细胞上去的生物化学家，主要是把细胞作为一种化合物的均一体来处理的。他们主要的目的是把这些化合物从细胞中抽取出来，在尽可能纯的条件下来研究它们；而另一方面，细胞学家继续在显微镜下研究细胞，所用的技术实质上不可能研究细胞各部分的功能。到二十世纪 30 年代后期，技术上一系列的进展，使这两个领域有可能综合起来，导致细胞知识的增进，从而把细胞作为一个功能的单位而不仅仅作为一个物质的实体。

用细胞匀浆法和各种其他方法把细胞的各个部分分离开是这个时期发展起来的一个操作程序。然后，可以分离出所

选择的细胞部分,并进行单独的分析。此外,某些部分保留了其生化活性的一部分,然后可用生物化学方法进行研究。并不是细胞的所有部分都能按这样的程序来进行,但是对某些最重要的部分来说,多数是可以研究的。

在这个时期发展起来的另一套程序是细胞化学的方法。这些方法容许直接在细胞水平上鉴别细胞的化学组成和活性。细胞化学方法虽然最早是在十九世纪初期提出来的,但在二十世纪 30 年代和 40 年代却有了很大的改进和发展。

由于这些方法的改进,使细胞组成和细胞各部分功能的知识日臻完善。利用这些方法获得的最早和最重要的发现之一是:线粒体是有氧呼吸的场所。在有氧呼吸过程中,细胞在氧气存在的情况下通过对糖的利用而获得生命所需要的大部分能量。在叶绿体中,通过光合作用的过程把光能转化成化学能而并入到糖分子中去。在线粒体中,通过呼吸作用的过程使糖分子中的化学能以更容易为细胞利用的状态释放出来。

利用上述这些程序还有很多其它的发现,包括发现蛋白质合成主要是在细胞质中进行。这一点是极端重要的,因为细胞主要是由蛋白质分子组成的。此外,所有的酶都是蛋白质。酶是最重要的有机催化剂,它调节在细胞中进行的大部分反应。

发现蛋白质合成是与现在称为核糖核蛋白体的这种亚显微颗粒有联系的。这些颗粒是由蛋白质和核糖核酸(RNA)所组成。多年以前就已经知道细胞中存在有两种核酸:去氧核糖核酸(DNA)主要发现于细胞核中(但也存在于线粒体和叶绿体中),是染色体的成分;RNA 发现于细胞核中,是核仁的成分,但也发现于细胞质中。

近代细胞学和生物化学的重大成果之一是阐明了核酸与

蛋白质合成的关系。这包括下列的成就：DNA 是遗传物质；RNA 是把遗传信息传递到细胞质中去的中间体，在细胞质中它左右蛋白质的产生。这样，通过细胞内分子的分析可以了解到细胞的活动，同时，细胞学和化学最终的综合也就接近达到了。

在过去的 20 年，在细胞学的其它领域中也发生了鼓舞人心的进展，特别是有关细胞结构的这些领域。细胞结构的知识大部分取决于所用的各种仪器。这些仪器使人们看到了正常视力所达不到的程度。光学显微镜就是第一种这样的仪器，到 1900 年前后其完满程度已达到了顶峰。显微镜分辨率的

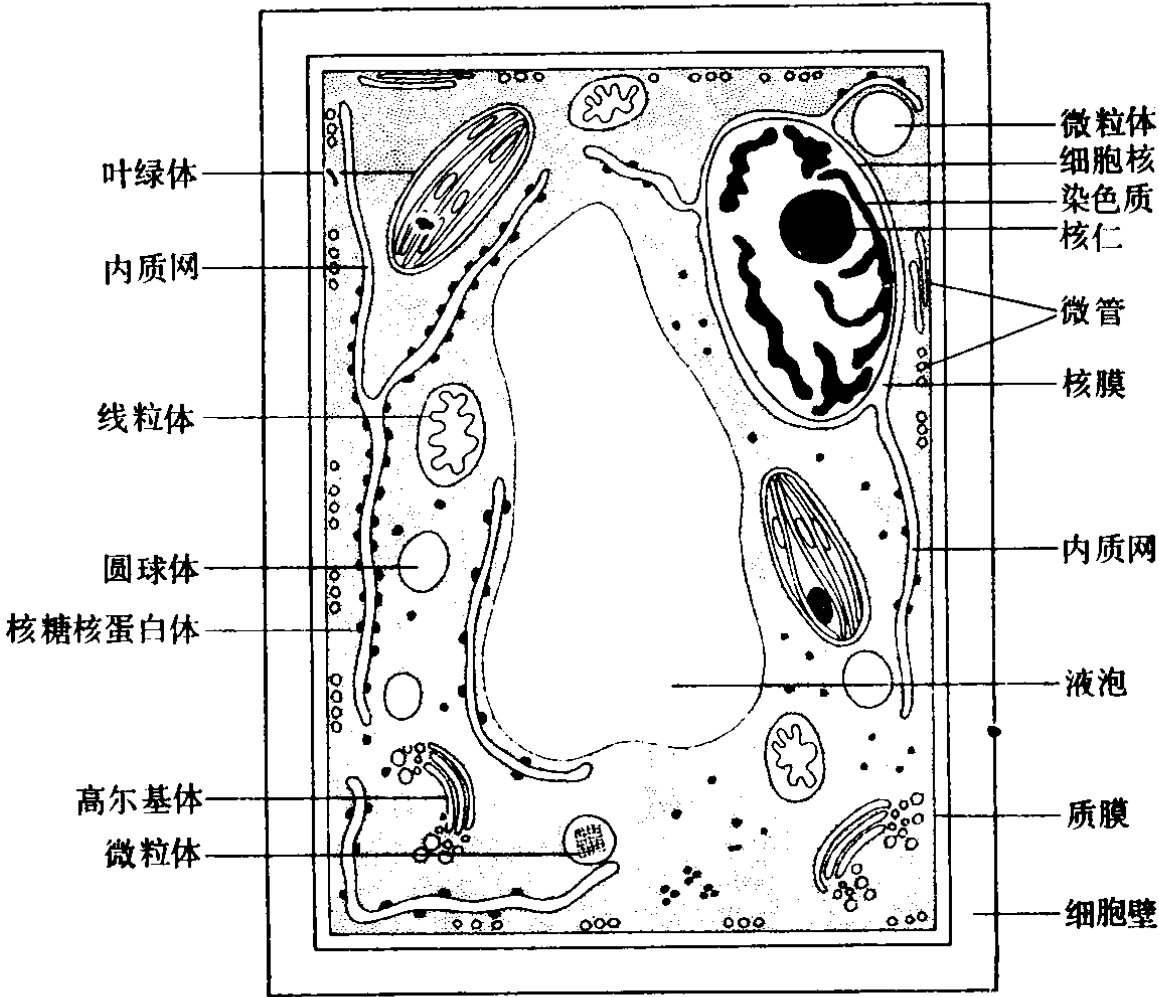


图 3 至 1970 年已了解到的细胞内主要成分的图解
(细胞内各部分并不是按相互的正确比例画的)。

极限是由光的性质决定的,而不决定于仪器制造者的手艺。所以对细胞的知识只局限于识别 0.3 微米(μ ; 1000 微米 = 1 毫米)以上的物体。并且细胞内较小部分的内部结构是无法观察到的。

由于用电子束代替了光束的电子显微镜的出现而克服了这个困难。其实光学显微镜的放大倍数不超过 1200 倍,而电子显微镜的有效放大倍数可达到 200000 倍或更高。为了使用电子显微镜,显微镜工作者不得不设计允许观察细胞的超薄切片的新技术。利用这些技术和电子显微镜,使我们见到的结构就不是以微米,而是以埃来计量 [1 微米 = 10000 埃($\text{\AA}$)]。

这些技术给细胞组成的知识增加了新的内容(图 3)。已发现线粒体、叶绿体和高尔基体有精致的内部结构,并已发现了新的细胞部分。其中最惊人的是内质网,它是一种布满于细胞质内折叠的片状结构(图 4)。同时第一次见到了单个的核糖核蛋白体,以前所知的核糖核蛋白体只是通过离心得到的。在近几年内又在植物和动物细胞中发现了微管。最近在植物细胞中又找到了一个新的细胞部分——微粒体,当



图 4 电子显微镜下所见的植物细胞。细胞壁(W);内质网(ER);线粒体(M);细胞核(N);核仁(Nu);质体(P);淀粉(S);染色质(Ch);液泡(V)。

对它的结构、功能和发育有更充分的了解时,将在科学上受到更大的重视。

在电子显微镜发展的同时,新型的光学显微镜也被设计出来,它们虽没有提高有用的放大倍数,但是当光线通过未染色的活细胞时,利用光的改变来增加细胞各部分的反差。相差光学显微镜及根据同样原理工作的类似的仪器已能使细胞学家对静止的和动态的活细胞进行观察和照相。这些方法使人们对像有丝分裂和细胞分裂现象的知识大大地增加了。

用更巧妙的工具和方法继续研究细胞的结果已不断地使我们增加了有关细胞方面的知识。现代细胞学的要旨是要了解细胞内各个部分的结构和功能,以及这些部分是如何综合成为完整的具功能的细胞。本书试图把细胞的结构和功能结合起来,对现代细胞学知识作一介绍,以供有关人员参考。

第一章 细胞壁、膜、液泡和微管

细胞壁

植物细胞的显著特征之一是具有细胞壁的结构。细胞壁的组分和形态是多种多样的,由于植物种类、细胞年龄和细胞所执行机能的不同,细胞壁在构造和成分上的差别可以是很大的。

细胞壁是在细胞分裂过程中开始形成的。当细胞分裂时,在纺锤丝的赤道面地方逐渐产生出细胞板,将细胞分隔为二,在细胞板上形成以果胶质为成分的中层,也称胞间层,在中层的两边形成了初生壁。

初生壁一般薄(1—3 微米)而有弹性,这样在细胞生长时就能大大增加其面积。随着生长的停止,在细胞质和细胞壁之间形成组分和物理性质不同的次生壁。次生壁一般厚(5—10 微米)而硬,它使细胞有很大的机械强度。

所有植物细胞都具初生壁,但不是所有细胞都具有次生壁。在植物的维管束和支持组织中次生壁特别显著,在这些组织中细胞已停止伸长或成为无生命的细胞,如石细胞、纤维和导管分子等。在原生木质部仍能伸长的分子中次生壁不是连续的,而是沉积成环状或螺旋带,在这些区域之间的初生壁则随同这些分子所在的器官的生长继续扩展。初生壁一般也不是均匀加厚的,而是形成许多凹洼区域,就是所谓初生纹孔场。在木质部分子中由于次生加厚而形成的具缘纹孔构造就比较复杂,这些结构对于细胞间的沟通和水分的输导具有重要的意义。不同组织的细胞壁局部沉积的情形是很多的,这

就造成细胞壁在结构上的复杂和多样(图 1-1)。

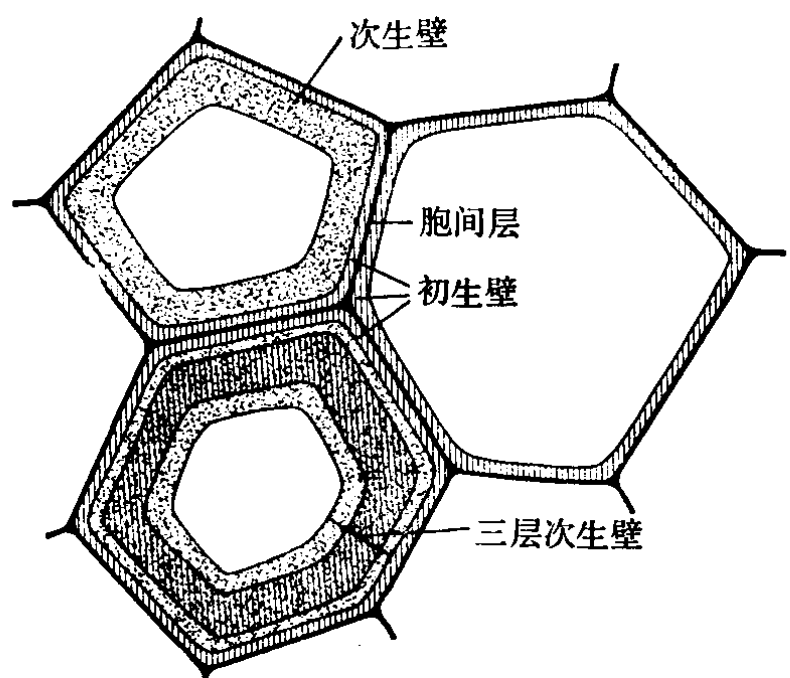


图 1-1 各种细胞壁横切面的图解。注意次生壁可能是多层的，在组分上各层间可以显著地不同。

在光学显微镜下对细胞壁进行仔细观察时，偶尔可以分辨出它有很多层。这些层观察起来很困难，而且所能看到的壁的精细结构的细节是很少的。但用电子显微镜就能够看到壁的许多超微结构，并且可以进行详细的研究。细胞壁的物质排列成纤维状，叫做微纤丝(图 1-2)。在微纤丝之间有基质，往往在超薄切片过程中这些基质消失了，以致在电子显微镜的图象中显现不出来。

微纤丝是由平行排列的长链状的纤维素分子组成的。纤维素分子是由 1, 4 连结的 D-葡萄糖残基所组成的高分子聚合物，其平均聚合度在几百到一万五千范围内(图 1-3)。微纤丝之间的空间充满了水、果胶质、半纤维素以及木质、角质等。

纤维素是初生壁和次生壁的基本成分。纤维素的抗张强度和亲水特性对植物的生命活动是十分重要的。纤维素又是

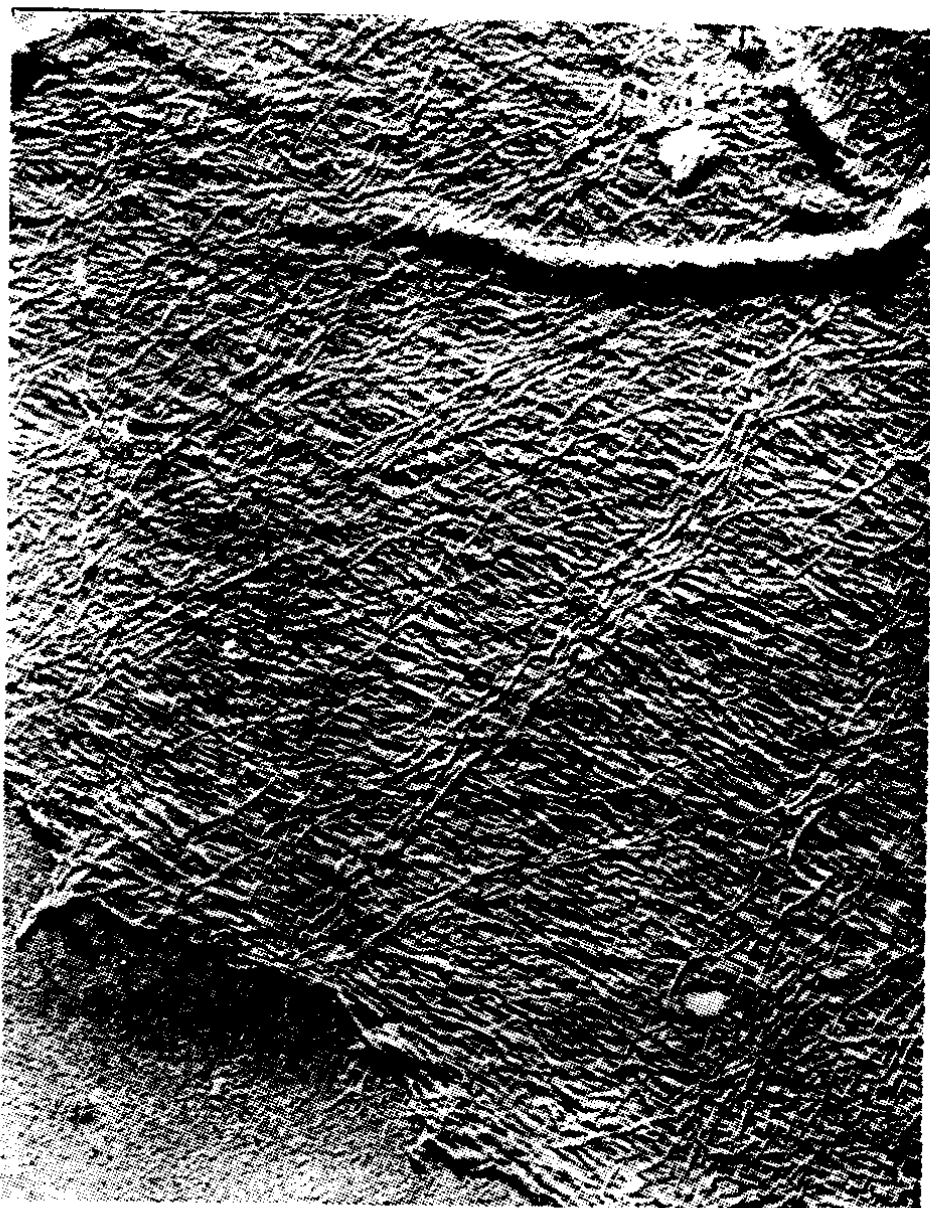


图 1-2 在电子显微镜照相中所看到的初生壁的微纤丝。

地球上最丰富的天然聚合物,棉花、木材、纸、植物的残弃物等完全是或者主要是纤维素组成。植物的细胞壁提供了如此丰富的原料,人们期望研究出一种方法,以便将这些纤维素有效地转化成可利用的营养产物,从而减少大量的天然废物。以前曾试图用化学降解法(即无机酸水解)将纤维素转化成葡萄糖,但这种降解法在工业上未获成功。近年来已注意到用纤维素酶把纤维素分解成葡萄糖,目前在食品加工等方面已开始用纤维素酶使细胞壁部分地分解。近年来,在植物细胞学

的研究中，用纤维素酶加上果胶酶将细胞离析并消化掉细胞壁获得具有生活力的原生质体。

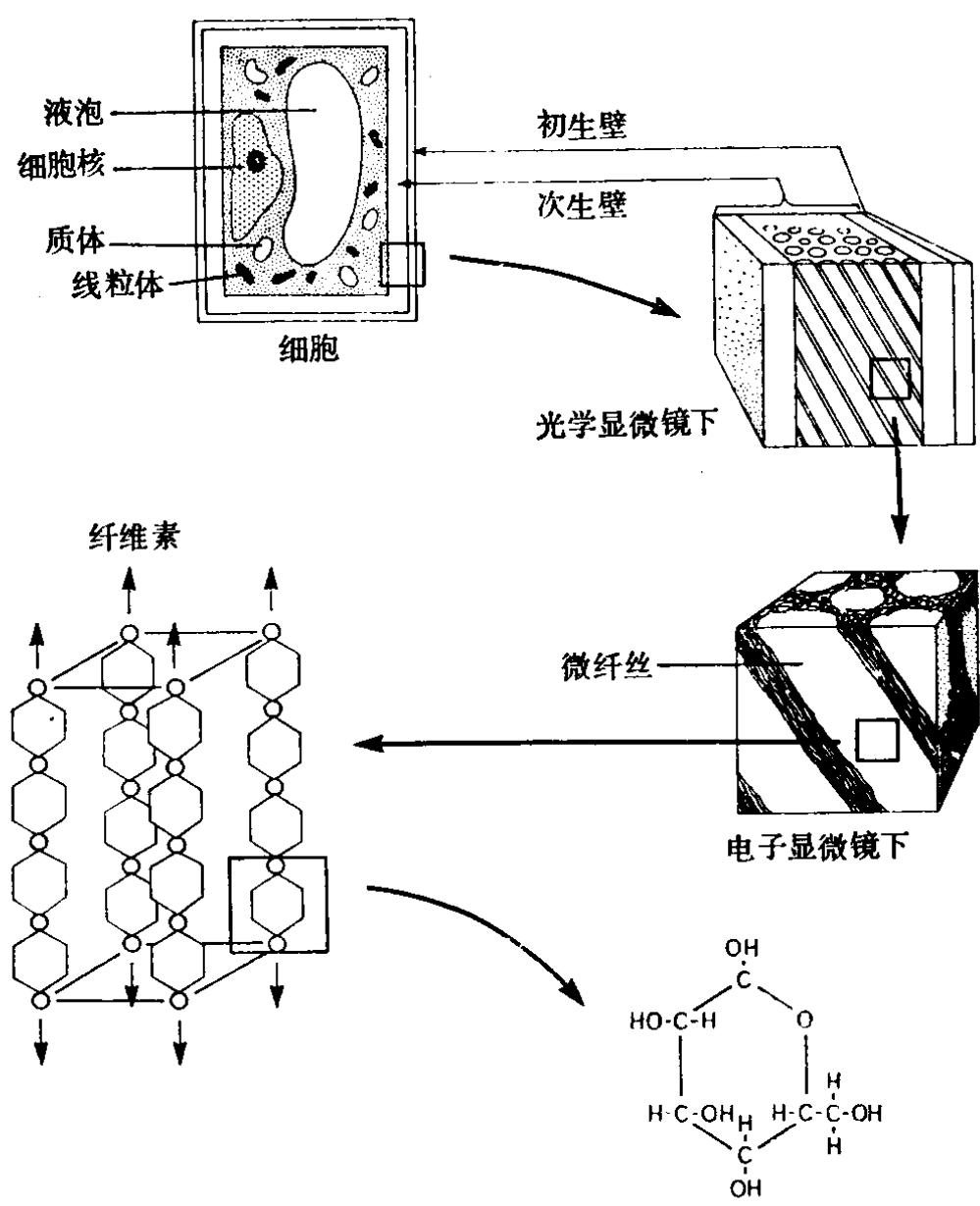


图 1-3 从显微、亚显微到分子水平的细胞壁。

细胞壁的另一重要成分是半纤维素,它是由木糖、甘露糖和葡萄糖等组成的天然多糖类。半纤维素是纤维素微纤丝间基质的一部分,它在某些类型的细胞,如厚角组织的细胞壁中占很大的比例,在次生壁中半纤维素的成分相对地少一些。

胞间层和初生壁中的一个重要组分是果胶质,果胶由己