

高等学校教材

细胞生物学教程

郝水 编著

高等教育出版社

高等学校教材

细胞生物学教程

郝 水 编著

高等教育出版社

内 容 提 要

本书系根据教育部审订的全国高等师范院校的《细胞生物学教学大纲》编写的。初稿写成后由东北师范大学以讲义形式印发，广泛征求意见，并在东北师范大学生物系进行试讲，然后又作了适当修改。

全书内容共分十五章。第一部分为细胞生物学的研究对象和任务，发展简史，研究方法和细胞结构的概观。第二部分为细胞膜，细胞质基质与内膜系统，线粒体、叶绿体、微管和微丝的结构与功能，以及它们的发生和起源等。第三部分为细胞核与染色体，核与细胞质的相互关系等。第四部分为细胞繁殖（有丝分裂与减数分裂）、细胞分化和细胞工程。书后附有名词索引和英中文名词对照，便于读者查阅。

本书为高等学校生物系各专业的教材，亦可供有关细胞学工作者学习和参考。

高等学校教材

细胞生物学教程

郝 水 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张11.875字数 280,000

1983年10月第1版 1985年1月 第2次印刷

印数12,001—22,000

书号13010·0922 定价3.00元

前 言

本书是根据全国高等师范院校的细胞生物学教学大纲编写的。在编写过程中对有些章节的编排次序做了一些调整，为了避免和其他课程不必要的重复，在内容上也有几处做了变动。

全书共分十五章。在第一章绪论中阐述了细胞生物学的概念、对象和任务，简要地说明了细胞学的历史和细胞生物学产生的科学背景。第二章介绍研究细胞生物学的基本方法。第三章是细胞结构的概述。第四章到第八章阐述了细胞膜与细胞质的结构与功能，对各种细胞器的结构与功能的联系，以及发生、增殖和起源等进行了讨论。第九章的内容是细胞核的结构与功能，重点讨论核膜和核仁的结构与功能，染色质和染色体结构的动态变化与功能等。第十章对细胞核和细胞质的相互关系做了粗略的总结。第十一章到第十三章阐述了细胞的繁殖，讨论了有丝分裂的准备与过程，减数分裂过程及其机制等。第十四章是细胞的分化，重点讨论分化与基因表达的关系。第十五章是细胞工程，讨论了在基因水平、染色体水平、染色体组水平、细胞质和细胞器水平，以及细胞整体水平上有计划地改造细胞的遗传结构的方法。

细胞生物学是现代生命科学中发展非常快的一个分支，新的研究成果层出不穷，有关细胞结构与功能的关系的认识日益深入。本书只是简要地在显微水平、亚显微水平和分子水平上讲述了细胞生命活动及其机制的基本知识。各章附有一定数量的参考文献，供师生深入探讨某些有关问题时参考。各章还附有一些思考题，供学生复习之用。书末附有名词索引和英中文名词对照，以便读者查考。

本书初稿曾经本校生物系和许多院校使用，并由高等教育出版社征求了有关院校的意见。作者根据各方面提出的意见对初稿又做了进一步修改，尽管如此，本书还难免有一些缺点错误。望各院校师生和其他读者指正，以便再版时修订。

本书的插图和照片绝大多数都是从其他书刊借用的。插图主要是由东北师范大学生物系于振洲同志仿绘。高天舜同志协助整理了原稿，朴贞三同志协助汇编了本书的名词索引和英中文名词对照。

作者仅向对本书初稿提出宝贵意见的同志和为本书出版做了许多工作的上述三位同志表示深切谢意。

郝 水

于长春 东北师范大学

目 录

前言	1
第一章 绪论	1
一、细胞生物学的研究对象和任务	1
二、细胞生物学史的概述	2
1. 细胞的发现与细胞学说的建立	2
2. 原生质的认识, 细胞分裂研究的开始	3
3. 固定法的发明与细胞结构认识的进步	3
4. 细胞学与遗传学的结合 (细胞遗传学的发展)	4
5. 细胞质研究的进展	4
6. 分子生物学的兴起与细胞生物学	5
第二章 细胞生物学的研究方法	8
一、固定法与活体观察法	8
二、各种显微镜	9
1. 普通光学显微镜的分辨本领	9
2. 暗视野显微镜	11
3. 相差显微镜	12
4. 荧光显微镜	17
5. 电子显微镜	18
三、显微分光光度测量法	22
四、显微放射自显影法	23
五、细胞分级分离法	25
六、细胞培养法	27
第三章 细胞结构的概观	30

一、原生质的组成与结构	30
1. 组成原生质的化学元素	30
2. 原生质的大小分子与胶体	30
3. 原生质各种化学成分的造形	32
二、细胞的形状与大小	34
1. 细胞的形状	34
2. 细胞的大小	34
三、真核细胞的基本结构	36
四、原核细胞的基本结构	40
第四章 细胞膜的结构与功能	44
一、细胞膜的分子结构	44
1. 质膜的化学组成	44
2. 质膜的分子结构模型	46
二、物质通过质膜进出细胞	54
1. 自由扩散	55
2. 促进扩散	56
3. 主动运输	58
4. 伴随运输	60
5. 内吞作用和外排作用	62
三、细胞膜与细胞识别	62
四、细胞膜与细胞联结	70
1. 动物细胞的联结	71
2. 植物细胞的联结	77
第五章 细胞质基质与内膜系统	81
一、细胞质基质	81
二、内膜系统	83
(一) 内质网的结构与功能	84

1. 内质网的结构与化学组成	84
2. 粗面内质网与蛋白质合成	86
3. 粗面内质网与蛋白质运输	87
4. 滑面内质网的功能	90
5. 内质网的发生	91
(二) 高尔基器的结构与功能	93
1. 高尔基器的结构与化学组成	93
2. 高尔基器的功能	96
3. 高尔基器的发生	99
(三) 溶酶体的结构、功能与发生	101
1. 溶酶体的结构与化学组成	101
2. 溶酶体的功能与发生	102
(四) 圆球体	105
(五) 微体	105
(六) 液泡与液泡系	110
第六章 线粒体	113
一、线粒体的形态、结构和数量	113
二、线粒体的功能	115
1. 呼吸作用与能量转换	115
2. 内外膜的透性	124
3. 线粒体的运动	124
4. 线粒体的DNA及其复制	128
5. 线粒体的蛋白质合成	130
6. 核DNA和线粒体DNA的相互作用	131
三、线粒体的增殖	134
四、线粒体的起源	134
第七章 叶绿体与光合作用	140

一、叶绿体的结构.....	140
二、叶绿体的功能.....	144
1. 光合作用	144
2. 叶绿体的DNA	155
3. 叶绿体的蛋白质合成.....	158
三、叶绿体的发育增殖和起源.....	161
第八章 细胞的运动及其有关结构.....	167
一、微管.....	167
二、纤毛和鞭毛的运动.....	170
三、微丝.....	174
四、细胞质流动.....	174
五、细胞移动(变形运动).....	175
第九章 细胞核与染色体	180
一、核膜的结构与功能.....	180
1. 核膜.....	180
2. 核膜孔.....	180
二、核仁的结构与功能.....	183
1. 核仁的化学组成	183
2. 核仁的结构	185
3. 核仁中核糖体RNA的合成	188
4. 核糖体前体的生成.....	191
三、染色质和染色体.....	193
1. 核粒-染色质的基本结构单位.....	194
2. 螺线体.....	197
3. 超螺线体和染色体.....	197
四、DNA的合成.....	200
1. DNA复制的单位.....	202

2. DNA 合成的速度.....	202
3. DNA 复制的顺序.....	204
4. DNA 复制与蛋白质、RNA 合成的关系.....	205
五、信使 RNA 和转移 RNA	206
1. 信使 RNA.....	206
2. 转移 RNA.....	208
六、核内基质	208
第十章 细胞核与细胞质的关系	210
一、核对细胞质的作用.....	210
二、细胞质对核的作用.....	212
第十一章 细胞周期中有丝分裂的准备	218
一、有丝分裂过程的决定.....	219
二、染色质的复制.....	224
（一）组蛋白的合成.....	224
（二）核粒的形成.....	225
三、有丝分裂的其他准备.....	226
第十二章 有丝分裂过程的分析	229
一、前期.....	229
1. 染色体的集缩运动.....	229
2. 分裂极的确定.....	230
3. 核仁的解体.....	232
4. 核膜的破坏.....	234
二、前中期.....	234
1. 纺锤体的形成.....	234
2. 染色体向赤道面的排列.....	242
三、中期.....	244
四、后期.....	249

1. 收缩说	250
2. 微管集散说	250
3. 微管滑动说	251
五、末期	252
1. 子核的形成	252
2. 细胞体的分裂	253
第十三章 减数分裂	258
一、由有丝分裂向减数分裂的转变	258
二、减数分裂过程	263
1. 减数分裂 I	264
2. 减数分裂 II	271
三、同源染色体的联会	271
1. 关于“联会复合体”	271
2. 关于同源染色体的整列	274
3. DNA 和蛋白质合成与联会的关系	275
4. 联会的遗传控制	275
四、交换的机理	276
1. 有关交换的生化活动和超微结构	276
2. 联会是交换的先决条件	277
3. 交换的时期与染色体的结构	278
第十四章 细胞的分化	282
一、胚胎发生过程中基因活性的变化	282
1. 卵的形成	287
2. 胚的发生	285
二、管家基因与奢侈基因	287
三、细胞分化与基因表达的调节	290
1. 细胞分化与基因本身的变化	290

2. 翻译水平上的调节.....	291
3. 转录水平上的调节.....	296
第十五章 细胞工程	303
一、基因工程.....	303
1. 基因的分离和人工合成.....	303
2. 基因的转移	306
二、染色体工程.....	308
1. 单体与缺体系统	309
2. 三体系统	310
3. 异附加系	311
4. 异代换系	313
5. 易位系.....	314
三、染色体组工程.....	315
四、细胞质工程.....	316
五、细胞融合.....	316
英中文名词对照	321
索引	339

第一章 绪 论

一、细胞生物学的研究对象和任务

细胞是生物结构和功能的基本单位。研究细胞的学问过去称细胞学 (cytology), 是生物学的一个重要分科。初期的细胞学是以研究细胞的形态和结构为主要内容。最近二、三十年来, 由于电子显微镜、放射性同位素、分离细胞结构组分的技术、细胞培养以及其他研究手段和技术的发展, 特别是由于分子生物学的兴起, 使细胞学的研究内容焕然一新。对细胞结构的研究, 已经由显微水平、亚显微水平, 深入到分子水平。对细胞功能的研究已经逐渐和细胞结构的研究更紧密地联系起来。生命活动的一些基本过程: 物质代谢、运动、发育、繁殖、遗传等的重要机制, 正在细胞水平上进行日益深入的探讨。为适应细胞学发展的这个新的阶段, 现在国内外都已改称这个学科为细胞生物学 (cell biology)。

细胞生物学是在显微水平、亚显微水平和分子水平三个层次上探讨细胞生命活动及其机制与规律的学科。

细胞生物学和分子生物学 (molecular biology) 有密切关系。分子生物学是从分子水平上探讨生命活动的学科, 而细胞生物学对细胞生命活动的追究也必然要深入到分子水平。因此这两个学科在一定范围内互相汇合。但细胞生物学在探讨细胞生命活动规律时着眼于结构和功能的联系, 重视细胞的整合机能。因此它不仅要在分子水平上, 而且要在显微和亚显微水平上进行研究和分析。以求在结构与功能的联系上阐明细胞生命活动的机制,

阐明细胞整合机能的奥秘。

由于细胞培养技术的进步，在细胞水平上重新装配细胞的遗传结构已开始有了可能。这种情况，将使细胞生物学成为不仅是说明细胞的科学，而且也是改造细胞的科学。人工重新装配细胞遗传结构的技术称细胞工程（cell engineering）。细胞工程是细胞生物学中发展很快的一个领域。

细胞生物学不仅对揭示生命活动的基本过程（物质代谢、运动、发育、繁殖、遗传等）的机制起着关键作用，而且和人类生活有密切关系。例如对人类构成重大威胁的癌症就是细胞分裂失调的结果。阐明正常细胞分裂的调控机制无疑对了解癌症发生的原因是非常重要的。又如在植物方面，细胞工程将给人类按自己的意愿改造生物的遗传基础开辟新的途径。

二、细胞生物学史的概述

1. 细胞的发现与细胞学说的建立

人类对细胞的认识和显微镜的发明是分不开的。1665年胡克（R. Hooke）用自制的显微镜观察木栓的薄片，发现木栓是由许多蜂巢状小室构成，他称这种小室为细胞（cell）。实际上胡克看到的仅是细胞壁，而非生活细胞。

此后许多人在动、植物中都看到和记载了细胞构造的轮廓。

一般认为细胞核和核仁是由布朗（Robert Brown）于1831年在植物表皮细胞中发现的。但冯塔那（Fontana）1781年在鱼的上皮细胞中已看到过细胞核。

十九世纪三十年代确立了“细胞学说”（cell theory）。所谓细胞学说是指细胞是动、植物体的构造基础，生物体由细胞组成的学说。这种动、植物体都由细胞组成的观点对生物进化理论的确立起了很大作用。因为动物和植物既然都由细胞构成，那么

它们必有共同的起源，而这种事实不用进化理论是很难解释的。

细胞学说是由许莱登 (M. J. Schleiden, 1838) 和许旺 (T. Schwann, 1839) 两人建立的。在他们之前有一些学者已经提出过生物是由细胞组成的思想。例如著名的博物学家拉马克 (Lamarck, 1809) 就说过，“物体若其组成部分不是细胞性组织，或不由细胞性组织所形成者，不可能有生命。”

2. 原生质的认识，细胞分裂研究的开始

1835年，杜雅丁 (Dujardin) 观察动物的活细胞，发现细胞中的生活物质，称之为“肉样质” (sarcode)。并把它描写为“完全均匀的、有弹性的、收缩性的半透明胶性物质，不溶于水，无任何结构的痕迹。”此后冯·莫尔 (Von Mohl, 1846) 在植物细胞中也发现生活物质，名之为原生质 (protoplasma)。冯·莫尔同时看到原生质的流动。

1856年雷第 (Lloydig) 提出细胞的定义，他说“细胞是含核的原生质小块”。

这一时期也开始了细胞分裂的研究。冯·莫尔观察了细胞的有丝分裂 (1835—39年)，而雷马克 (Remak) 发现了无丝分裂 (1841)。此外还有许多学者在动、植物界做了许多细胞分裂的研究。最后，魏尔肖 (Virchow, 1857, 1859) 提出一切细胞皆由细胞分裂而来的观点。按他的话说，“一切细胞来自细胞”。后来根据对细胞核分裂的研究，斯特拉思布格 (Strasburger, 1879) 又提出一切细胞核皆由细胞核分裂形成的观点。按他的话说，“一切核来自核”。

3. 固定法的发明与细胞结构认识的进步

直到十九世纪中叶，主要是用简单方法研究了活细胞。由于在生活情况下细胞各部分结构的折光率差别不大，所以在显微镜下研究活细胞的微细构造受到限制。后来发明了研究细胞构造的

特别方法。这种方法就是用一定的化学溶液杀死细胞，同时尽可能把细胞的结构保留固定下来。因此称之为固定法。把固定过的材料制成薄切片，然后染色观察。这样可以看到许多用活细胞看不清的微细构造。今天常用的许多固定剂，例如弗莱明(Fleming, 1882, 1884)、卡诺(Carnoy, 1886)、陈柯(Zenker, 1894)、包因(Bouin, 1897)等氏的固定剂，都是在这一时期发明的。由于应用了这种方法，对细胞的构造有了进一步的了解。例如，1898年C. Golgi在神经细胞中发现了高尔基体，Benda(1898, 1902)用他改良的固定染色法看到了线粒体。同时关于细胞分裂和染色体结构的研究，也有了很大进步。

4. 细胞学与遗传学的结合（细胞遗传学的发展）

1900年重新发现了孟德尔的遗传法则。此后实验遗传学迅速向前发展。生物的遗传是通过一个细胞实现的。因此关于孟德尔遗传法则的机制的探索，人们很自然地把注意集中到生殖细胞上来。到十九世纪末已先后看到动物和植物的受精现象(Hertwig, 1875, Nawaschin, 1898)。Van Beneden (1883)发现马蛔虫(*Ascaris*)的卵和精子的染色体数只有体细胞的一半。Strasburger (1888)、Overton (1893)等在植物方面也断定生殖细胞染色体数比体细胞少一半。在此基础上，德国的包委瑞(Borveri)同美国的苏屯(Sutton)不谋而合地于孟德尔法则重新发现后两年，同时提出遗传的染色体学说，把染色体的行为同孟德尔的遗传因子联系起来。后来由于摩尔根(Morgan, 1910)等工作，证明遗传因子位于染色体上，建立了基因学说。这样，使细胞学与遗传学结合起来，奠定了细胞遗传学(cytogenetics)的基础。结合遗传学问题，染色体的研究蓬勃发展，直至三十年代末关于细胞核，特别是染色体的研究成了细胞学的主流。

5. 细胞质研究的进展

四十年代开始用高速离心机从活细胞中把核和各种细胞质颗粒（线粒体、叶绿体、微粒体等）分离出来，分别研究它们的生理活性（Claude, 1943; Schneider, 1952等）。这种方法对了解各种细胞质成分的生理功能，酶在各种细胞器中的分布，起了很大作用。

同时由于使用电子显微镜开展细胞形态学研究，对细胞质的超微结构的认识有了巨大的进步（Palade, 1952, Sjöstrand, 1953等）。

在这个时期细胞化学的方法也有了相当发展。布拉舍(Branchet, 1940)用unna法染色测定细胞中的核糖核酸(RNA)；卡斯波申(Caspersson, 1940)用紫外线显微分光光度法测定细胞中脱氧核糖核酸(DNA)的含量，都是这个时期的有名工作。许多实验说明，蛋白质的合成可能与核糖核酸有关。

放射性同位素在细胞学研究中的应用，对细胞中物质代谢的研究也起了重要促进作用。

这样，40年代到50年代，关于细胞质的结构和功能的知识有了飞跃的发展，关于间期核的认识也有了很大进步。

6. 分子生物学的兴起与细胞生物学

1953年沃森和克里克(Watson and Crick)提出了DNA双螺旋分子结构模型。随后不久昆伯格(Kornberg, 1956)从大肠杆菌提取液中获得了DNA聚合酶，并以该菌的DNA单链片段为模板，第一次在离体条件下成功地合成了DNA（该单链片段的互补链）。1958年梅塞尔森(Meselson)和斯塔尔(Stahl)证明了DNA的复制是一种“半保留复制”(Semiconservative replication)。同年，克里克(F. Crick, 1958)提出了“中心法则”(central dogma)。从葛毛夫(G. Gamov, 1955)提出三联体密码假说后，进入六十年代不久就阐明了每一种氨基酸