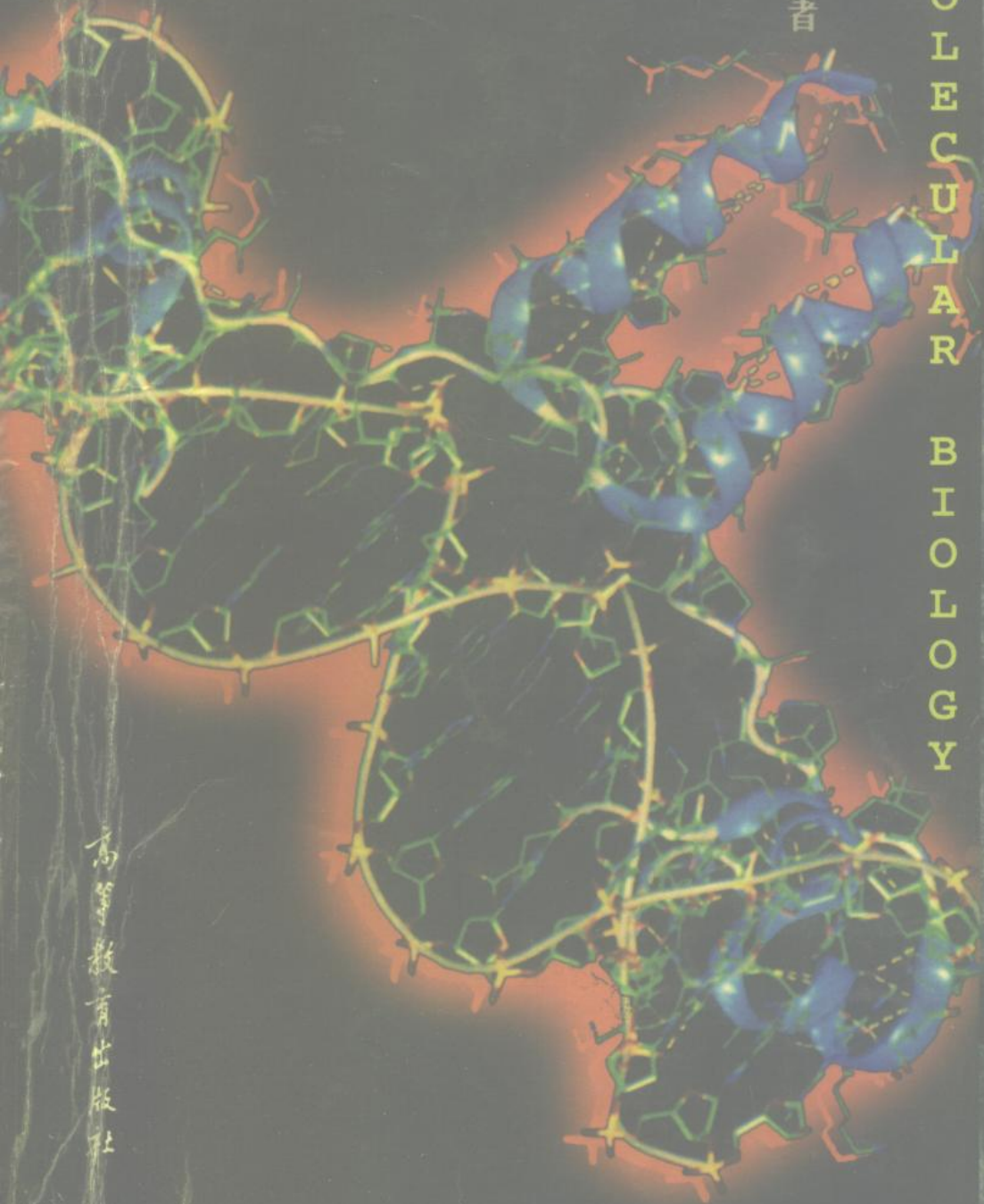


现代分子生物学

MODERN MOLECULAR BIOLOGY

朱玉贤 李 毅 编著



高等教育出版社

现代分子生物学

朱玉贤 李 毅 编著



北林图 A00133586

高等教育出版社

443872

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

现代分子生物学/朱玉贤,李毅编著. —北京:高等教育出版社,1997.3

ISBN 7-04-006010-8

I. 现… II. ①朱… ②李… III. 分子生物学 IV. Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 01571 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

北京外文印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/16 印张 31 字数 610 000

1997 年 3 月第 1 版 1997 年 3 月第 1 次印刷

印数 0 001—5 112

定价:45.00 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

序 言

本世纪初以来,生命科学所取得的巨大成就和进步,不但使生物学这门古老的学科焕发了青春,也使它在自然科学中的地位发生了革命性的变化。同时,生物学革命也为物理学、数学、化学、信息科学、材料与工程科学注入了大量新鲜血液,提出了数不胜数的新问题、新概念和新思路。它在各个科学之间广泛渗透,相互交叉,相互作用,极大地推动了科学的发展。种种迹象表明,生物学已经成为带头学科之一,领导着世界科技大军走向 2000 年。

可以说,任何自然科学研究都没有比人类彻底认识自己,了解自己,找出解决自身所面临的人口膨胀、粮食短缺、环境污染、疾病猖獗、能源资源匮乏、生态平衡被破坏及生物物种消亡等一系列问题更为重要、更为迫切,因而更具有吸引力。加强生物学研究,从分子水平、细胞水平、个体和群体水平等不同层次深入探索生命与自然的奥秘,全面改造和改良我们的生存环境与生存质量,正在日益成为世界上千百万有识之士的共同愿望,成为历史的潮流。分子生物学作为生物学科最新兴、最具活力的科学,在推动我国科学事业的发展、推动生物工程产业的崛起、推动国民经济持续高速发展等方面均有着举足轻重的影响。

落后就要挨打,就要受人宰割。没有强大的分子生物学基础研究,我们就不可能在生物工程这个 21 世纪的龙头产业中占有一席之地,就不可能与世界列强平等对话。知识就是力量,就是财富!谁拥有了先进的科学技术,谁就拥有了在世界上立于不败之地的法宝。衷心地祝愿我国的科学教育事业乘改革开放之强劲东风,跃马扬鞭自奋蹄,以更快的速度向更高更新的目标前进!衷心地希望《现代分子生物学》能成为广大青年学生和科技工作者迈向分子生物学殿堂的钥匙和助手!



1995 年 10 月 5 日

责任编辑	吴雪梅
封面设计	王喆
责任绘图	朱静
版式设计	李陶
责任排校	李杰
责任印制	孔源

目 录

1	绪论	1
1.1	引言	1
1.1.1	创世说与进化论	1
1.1.2	细胞学说	2
1.1.3	经典的生物化学和遗传学	4
1.1.4	DNA 的发现	6
1.2	分子生物学简史	8
1.3	分子生物学的研究内容	10
1.3.1	DNA 重组技术(又称基因工程)	11
1.3.2	基因表达调控研究	12
1.3.3	生物大分子的结构功能研究(又称结构分子生物学)	13
1.4	分子生物学展望	14
2	染色体与 DNA	17
2.1	染色体	17
2.1.1	染色体概述	17
2.1.2	真核细胞染色体的组成	19
2.1.3	原核生物基因组	26
2.2	DNA 的结构	28
2.2.1	DNA 的一级结构	28
2.2.2	DNA 的二级结构	29
2.2.3	DNA 的高级结构	34
2.3	DNA 的复制	35
2.3.1	DNA 的半保留复制机理	35
2.3.2	复制的起点、方向和速度	36
2.3.3	复制的几种主要方式	38
2.4	原核和真核生物 DNA 的复制特点	39

2.4.1	原核生物 DNA 的复制特点	39
2.4.2	真核生物 DNA 的复制特点	42
2.4.3	DNA 复制的调控	43
2.5	DNA 的转座	50
2.5.1	转座子的分类和结构特征	50
2.5.2	转座作用的机制	52
2.5.3	转座作用的遗传学效应	52
2.5.4	真核生物中的转座子	54
2.5.5	转座子 Tn10 的调控机制	59

3 从 DNA 到蛋白质 61

3.1	遗传密码——三联子	62
3.1.1	三联子密码及其破译	62
3.1.2	遗传密码的性质	64
3.2	tRNA	67
3.2.1	tRNA 的高级结构	69
3.2.2	tRNA 的功能	70
3.2.3	tRNA 的种类	72
3.2.4	AA-tRNA 合成酶	73
3.3	核糖体	74
3.3.1	核糖体的结构	75
3.3.2	rRNA	77
3.3.3	核糖体的功能	78
3.3.4	与蛋白质合成有关的因子	79
3.4	信使核糖核酸	81
3.4.1	原核生物 mRNA 的特征	81
3.4.2	真核生物 mRNA 的特征	85
3.4.3	RNA 聚合酶	88
3.4.4	终止和抗终止	91
3.5	蛋白质合成的生物学机制	94
3.5.1	氨基酸活化和肽链的起始	94
3.5.2	肽链的延伸和终止	98
3.5.3	蛋白质前体的加工	99
3.5.4	蛋白质内含子与蛋白质剪接	101
3.5.5	蛋白质合成抑制剂	103
3.5.6	RNA 分子在生物进化中的地位	104
3.6	蛋白质转运机制	104

3.6.1	翻译-转运同步机制	106
3.6.2	翻译后的转运机制	109
3.6.3	蛋白质跨膜转运的分子机制	113

4 原核基因表达调控 117

4.1	原核基因调控总论	118
4.1.1	转录调节的类型	119
4.1.2	启动子与转录起始	122
4.1.3	RNA 聚合酶与启动子的相互作用	125
4.1.4	环腺苷酸受体蛋白对转录的调控	128
4.2	乳糖操纵子	129
4.2.1	酶的诱导——lac 体系受调控的证据	130
4.2.2	操纵子模型	132
4.2.3	lac 操纵子 DNA 的调控区域——P、O 区	137
4.2.4	lac 操纵子中的其它问题	138
4.3	色氨酸操纵子	139
4.3.1	trp 操纵子的阻遏系统	140
4.3.2	弱化子与前导肽	141
4.3.3	trp 操纵子弱化机制的实验依据	144
4.3.4	阻遏作用与弱化作用的协调	145
4.4	其他操纵子	146
4.4.1	半乳糖操纵子	146
4.4.2	阿拉伯糖操纵子	150
4.4.3	组氨酸操纵子	154
4.4.4	recA 操纵子	156
4.4.5	多启动子调控的操纵子	157
4.5	λ 噬菌体基因表达调控	158
4.5.1	λ 噬菌体	158
4.5.2	λ 噬菌体基因组	159
4.5.3	溶原化循环和溶菌途径的建立	160
4.5.4	λ 噬菌体的调控区及 λ 阻遏物的发现	162
4.5.5	C I 蛋白和 Cro 蛋白	164
4.6	转录后调控	165
4.6.1	稀有密码子对翻译的影响	165
4.6.2	重叠基因对翻译的影响	165
4.6.3	poly (A) 对翻译的影响	166
4.6.4	翻译的阻遏	167

4.6.5	RNA 的高级结构对翻译的影响	167
4.6.6	RNA-RNA 相互作用对翻译的影响	168
4.6.7	魔斑核苷酸水平对翻译的影响	168

5 真核生物基因调控原理 170

5.1	真核细胞的基因结构	171
5.1.1	基因家族 (gene family)	172
5.1.2	真核基因的断裂结构	175
5.1.3	真核生物 DNA 水平的调控	177
5.2	顺式作用元件与基因调控	181
5.2.1	Britten-Davidson 模型	182
5.2.2	染色质结构对转录的影响	183
5.2.3	启动子及其对转录的影响	185
5.2.4	增强子及其对转录的影响	193
5.3	反式作用因子对转录的调控	195
5.3.1	CAAT 区结合蛋白 CTF/NF1	196
5.3.2	TATA 和 GC 区结合蛋白	198
5.3.3	RNA 聚合酶 III 及其下游启动区结合蛋白	200
5.3.4	其它转录因子及分子机制	204
5.4	激素及其影响	210
5.4.1	固醇类激素的作用机理	212
5.4.2	多肽激素的作用机理	213
5.4.3	激素的受体	217
5.5	其他水平上的基因调控	218
5.5.1	RNA 的加工成熟	219
5.5.2	翻译水平的调控	224
5.5.3	蛋白质的加工成熟	232

6 植物代谢与基因表达 236

6.1	植物激素代谢与分子调控	236
6.1.1	赤霉素对基因表达的调控	236
6.1.2	乙烯与植物基因表达	243
6.1.3	脱落酸参与的基因表达	248
6.1.4	生长素与基因表达	252
6.2	光与植物的基因表达	254

6.2.1	叶绿体的功能与组成	255
6.2.2	叶绿体基因组	256
6.2.3	叶绿体核糖体和蛋白质合成	261
6.2.4	光信号对基因表达的调控	262
6.2.5	光敏色素与基因调控	268
6.3	植物防御系统	270
6.3.1	病原微生物对宿主的侵染	272
6.3.2	植物与病原的相互关系	274
6.3.3	植物次生代谢在抗病反应中的地位	276
6.3.4	防御反应的“基因对基因”模式	279
6.3.5	防御基因诱导表达调控的机制	282
6.4	固氮基因调控	285
6.4.1	根瘤的结构	286
6.4.2	固氮酶	287
6.4.3	与固氮有关的基因及其调控	288
6.4.4	寄主植物基因型对共生体系的影响	294
6.5	种子贮藏蛋白与基因的组织特异性表达	295
6.5.1	贮藏蛋白简介	295
6.5.2	玉米醇溶蛋白基因	296
6.5.3	β 伴大豆球蛋白基因	301
6.5.4	水稻种子贮藏蛋白基因	303
7	高等动物的基因表达	305
7.1	基因表达与 DNA 甲基化	305
7.1.1	DNA 的甲基化	305
7.1.2	DNA 甲基化对基因转录的抑制机理	308
7.1.3	DNA 甲基化与 X 染色体失活	311
7.1.4	DNA 甲基化与转座及细胞癌变的关系	314
7.2	蛋白质磷酸化与信号传导	315
7.2.1	细胞内蛋白激酶的种类与功能	315
7.2.2	信号的传导	321
7.3	免疫球蛋白基因	326
7.3.1	免疫球蛋白的分子结构	326
7.3.2	免疫球蛋白基因结构	330
7.3.3	Ig 基因重排与 DNA 的多样性	332
7.3.4	免疫球蛋白基因表达	336
7.3.5	T 细胞抗原受体 (TCR) 基因表达	337

7.4	主要组织相容性复合体的表达调控	339
7.4.1	主要组织相容性复合体概述	339
7.4.1	MHC 的细胞特异性表达及发育调控	343
7.5	其他重要系统的基因调控	347
7.5.1	一氧化氮对基因表达的影响	347
7.5.2	SWI-SNF 复合物与转录的起始	349
7.5.3	分子伴侣的功能	352
7.5.4	同源转换区与同源域蛋白	357
7.6	癌症与癌基因活化	360
7.6.1	反转录病毒致癌基因	360
7.6.2	细胞转化基因	364
7.6.3	原癌基因 (C-jun、C-fos) 及其调控	368
7.6.4	癌基因和生长因子的关系	370

8

病毒的分子生物学

373

8.1	病毒的结构及基因组	373
8.2	单链单组分 RNA 病毒——烟草花叶病毒	374
8.2.1	基因组结构	375
8.2.2	TMV 侵染和复制	376
8.2.3	TMV 病毒粒子的组装	381
8.3	单链多组分 RNA 病毒——甜菜坏死黄脉病毒	387
8.3.1	病毒的侵染和传播	387
8.3.2	病毒基因组结构及编码产物	387
8.3.3	基因产物在侵染传播及症状表达方面的作用	390
8.3.4	BNYVV 不同 RNA 组分非翻译区对病毒复制和 组装的影响	392
8.4	双链多组分 RNA 病毒——水稻矮缩病毒	393
8.4.1	水稻矮缩病毒的侵染和复制	395
8.4.2	RDV 基因组结构及编码蛋白的功能分析	397
8.5	双链 DNA 植物病毒——花椰菜花叶病毒	402
8.5.1	病毒基因组结构	403
8.5.2	病毒的转录与复制	404
8.5.3	编码的蛋白与功能	407
8.6	植物病毒在细胞之间的运动	410
8.6.1	胞间连丝	410
8.6.2	运动蛋白	411
8.6.3	植物病毒运动蛋白与胞间连丝的相互作用	413

8.6.4	运动蛋白与病毒核酸的相互作用	413
8.7	人免疫缺损病毒——HIV	414
8.7.1	HIV 病毒粒子的形态结构和传染	414
8.7.2	HIV 基因组及其编码的蛋白	416
8.7.3	HIV 的复制	417
8.7.4	HIV I 基因的表达调控	419
8.8	乙型肝炎病毒——HBV	424
8.8.1	肝炎病毒的分类地位及病毒粒子结构	425
8.8.2	乙肝病毒的基因组及其编码的主要蛋白	425
8.8.3	HBV 的复制	429
8.9	SV40 病毒	430
8.9.1	病毒基因组及其编码的蛋白	431
8.9.2	SV40 基因的转录调控	432
9	植物基因工程	435
9.1	植物基因转化	435
9.1.1	目的基因的分离和鉴定	435
9.1.2	植物表达载体的构建	440
9.1.3	植物的遗传转化	441
9.1.4	转化植物细胞的筛选及转基因植物的鉴定	451
9.2	基因工程与植物虫害防御	452
9.2.1	苏云金杆菌 δ -内毒素基因的研究进展	452
9.2.2	Bt 毒蛋白基因的改造及其在农业上的应用	454
9.2.3	其他抗虫基因在农业上的应用	459
9.3	基因工程与植物的雄性不育	460
9.3.1	花粉发育的分子机制	460
9.3.2	植物雄性不育的形成	463
9.3.3	用植物基因工程的方法获得雄性不育株系	464
9.3.4	雄性不育的保持与恢复	465
10	基因工程产业化的现状与展望	467
10.1	生物技术与生物治疗	468
10.1.1	对多种病毒病有疗效的干扰素	468
10.1.2	白细胞介素在医学上的应用	469
10.1.3	基因治疗	471

10.1.4	我国基因工程新药主要研究进展	472
10.2	植物基因工程与绿色革命	473
10.2.1	利用转基因植物生产药用蛋白	474
10.2.2	以病毒为载体在植物中生产药用蛋白	475
10.2.3	改进植物品质及逆境适应性	475
10.2.4	抗除草剂研究	478
	参考书目	480

绪 论

1.1 引 言

现代生物学研究的目的是要在分子水平上掌握细胞的功能并揭示生命的本质。从1940年开始,生物学家前赴后继,团结奋斗,终于用他们的智慧和汗水,赢得了本世纪自然科学最伟大的革命——DNA的结构、RNA在蛋白质合成中的功能、蛋白质的结构与功能、遗传密码子及基因表达调控的本质等的被一一揭示,人类开始了从生物学的必然王国向自由王国的大进军。分子水平的生物学研究,正在越来越多地影响各个传统生物科学领域,如组织学、细胞学、解剖学、胚胎学、遗传学及生理学和进化论。我们首先简单介绍有关历史背景知识和人物,包括对遗传的最基本单位——基因化学本质的认识。

1.1.1 创世说与进化论

多少年来,人们常常会反复提出3个与生命和一切生物学现象有关的问题:

- ①生命是怎样起源的?
- ②为什么“有其父必有其子”?
- ③动、植物个体是怎样从一个受精卵发育而来的?

直到19世纪初叶,这些问题大都只能由宗教或迷信的角度进行回答。西方人一直相信基督教的宣传,相信上帝先创造了花草树木、世间万物,后来又创造了男人亚当,再从亚当身上抽出一根肋骨,这就成了女人夏娃。亚当、夏娃婚配繁衍产生了人类。1859年,伟大的英国生物学家达尔文(Charles Darwin)发表了著名的《物种起源》一书,确立了进化论的概念。正是达尔文的生物进化学说,打破了上帝造人的传统观念,改变了社会对人类在整个世界中的地位的看法,极大地推动了人类思想的发展。

达尔文从小热爱大自然,喜欢采集动、植物标本。他16岁到爱丁堡大学学习,参加了青年人组织的普林尼学术活动,共同研讨拉马克的进化学说。拉马克虽然不信“上帝创造一切”的“创世说”,却又拿不出令人信服的证据来。

这些讨论使达尔文的思想陷于矛盾和斗争之中，他决心深入大自然去寻找答案。

9年后，达尔文以自然科学家的身份，参加了历时5年的贝格尔号军舰环球旅行，历尽了千辛万苦，在晕船、饥渴、病痛和死亡的威胁下，他坚持工作。他观察过火山，经历过地震，见到了各种形形色色稀奇古怪的动物和植物。达尔文采集了大量动、植物标本和化石并细心地进行比较、鉴别和研究，提出并解答了一系列学术问题，如：相似的动物为什么居住在千里之外的不同地区？同一个小岛上为什么聚集着许多不同的动物？低等动物与高等动物有些什么样的联系？人是如何产生的？等等。他认为，大陆自古以来发生过许多次巨变，如冰川时期等，所以不可能存在亘古不变的动、植物。

从贝格尔号回到英国以后，他发表了一系列论文，逐步阐述了生物进化的观点。在《物种起源》这部划时代的科学巨著中，他用大量事实证明“物竞天择，适者生存”的进化论思想。他认为世界上的一切生物都是可变的，并预言从低级到高级的变化过程中必定有过渡物种存在。他指出物种的变异是由于大自然的环境和生物群体的生存竞争造成的，彻底否定了上帝创造万物的旧思想，推翻了物种不变的神话，使生物学真正迈入实证自然科学的行列。

通过记载不同动、植物的地理分布，研究近亲种族的解剖学、形态学的相似性和变异率，达尔文第一个认识到生物世界的不连续性。他还发现，当记录研究跨越一个较长的历史时期，主要存在物种会有很大的变化。他提出许多环境因素，如大地变迁、特定区域内的温度、降雨量变化及气候条件改变，都会以“自然选择压力”的形式，在生物体的世代遗传中体现出来。正是在这种“自然选择压力”之下，新物种才不断诞生，旧的、与环境不再相容的物种也不断消亡。他在书中这样写道：对于每一个动、植物种群来说，因为总是有大大多于可能生存下来的个体出生，所以为生存而斗争是长期的、永久的。如果某些个体偶然获得了于自身有利的变异，就会在生与死的斗争中占同类的上风，从而生存下来。根据遗传学原理，任何生存下来的个体都倾向于扩增其经过修饰的新性状，以保持生存优势。

达尔文关于生物进化的学说及其唯物主义的物种起源理论，是生物科学史上最伟大的创举之一，具有不可磨灭的贡献。为了纪念这位生物科学大师，人们把进化论称为“达尔文学说”。

1.1.2 细胞学说

早期生物科学家的另一大贡献是提出了细胞理论 (cell theory)。17世纪末叶，荷兰籍显微镜专家 Leeuwenhoek 制作成功了世界上第一架光学显微镜。通过这一装置，他看到了一系列肉眼看不到而又使人迷惑不解的微小生物，他将这些小生命称为“微动物” (animalcule)。若干年后，人们才知道它们是单细胞生物。

Leeuwenhoek 出身贫寒，16岁便失学当了学徒。在好奇心驱使下，他把

工余时间都用来研究、磨制、装配玻璃透镜。开始，他用自己磨制的透镜观察蜜蜂蜇人的“针”，看蚊子叮人的嘴，以及小甲虫的腿等等。随着制镜手艺的不断提高，他制成了能放大 200 倍的显微镜，他不断公布自己的观察结果，并将新发现报告给当时世界最权威的科学管理机构——英国皇家学会。他第一个观察到狗和人的精子，发现了酵母菌，描述了红细胞等等。为了表彰和鼓励 Leeuwenhoek 的研究工作，英国皇家学会吸收他为会员。一个小学徒终于成为受人尊敬的科学家。

1702 年，Leeuwenhoek 在观察轮虫时，偶然发现雨水中有微生物。这些生物是怎么来的呢？为了解开这个谜，他做了一个实验：收集开始下雨时的雨水来观察，里面并没有微生物。到了第四天再观察，就有许多微生物出现在水中。Leeuwenhoek 因此得出了一个结论：风能将空气灰尘中的微生物带入水中。以后经过对昆虫、海贝和鳝鱼等的细心研究，他进一步断定：微生物不是由泥沙尘埃产生的，而是和动物一样，有完整的生活史。这一有趣的发现使 Leeuwenhoek 更为出名。

大约与 Leeuwenhoek 同时代的 Hooke，第一次用“细胞”这个概念来形容组成软木的最基本单元。虽然直到 19 世纪中叶，这一概念才正式被科学界所接受，但它对生物学的贡献是不可估量的。随着显微技术、组织保存技术和超薄切片技术的不断发展，科学家发现动、植物组织都是由细胞所组成，而且细胞是可以分裂的，每一个细胞都是或曾经是一个单独的活的实体，包含有生命的全部特征。

动、植物的基本单元是细胞，这是 19 世纪三大发现之一的细胞学说的核心。建立这一学说的是德国植物学家 Schleiden 和动物学家 Schwann。Schleiden 出生于汉堡，22 岁就获得了法学博士学位，但他并不喜欢当律师。28 岁时，他到哥廷根和柏林学习植物学和医学，35 岁时获得医学和哲学博士学位。Schwann 是首饰匠的儿子，16 岁高中毕业后，没有按照父母的意愿学神学，而毅然去柏林学医。24 岁获得博士学位，在柏林解剖博物馆工作时结识了 Schleiden。他俩虽然个性、经历迥然不同，但共同的志趣和真诚的情感促成了他们多年的合作。Schleiden 研究被子植物的胚囊，Schwann 研究蛙类的胚胎组织，相同的研究方向，相似的研究方法，使他们取得了一致见解，共同创立了生物科学的基础理论——细胞学说。

1847 年，Schwann 在描述动物组织时这样写道：所有组织的最基本单元是形状非常相似而又高度分化的细胞。可以认为，细胞的发生和形成是生物学界普遍和永久的规律。

从此，细胞学说开始广为传播。越来越多的科学家发现，每一个动、植物个体实际上是千千万万个生命单元的总和，而这些微小单元——细胞，包含了所有的生命信息。细胞学说对生物科学最重要的贡献在于：因为单个细胞生长分裂，组织、器官和个体的生命现象实际上是细胞活动的总和，所以细胞可以而且应该成为生物学研究的首要对象。今天的细胞学和分子细胞学

就是在这个基础上发展起来的。

1.1.3 经典的生物化学和遗传学

进化论和细胞学说相结合,产生了作为主要实验科学之一的现代生物学,而以研究动、植物遗传变异规律为目标的遗传学和以分离纯化、鉴定细胞内含物质为目标的生物化学则是这一学科的两支柱。早在 19 世纪中初,人们就发现动物和植物细胞的提取液中主要是一些能受热或酸变性而形成纤维状沉淀的物质。这些物质包含有大体相等摩尔浓度的碳、氢、氧和氮。科学家将这些物质命名为蛋白质。生物化学家 Buchner 第一个实现了用酵母无细胞提取液和葡萄糖进行氧化反应,生成乙醇,证明化学物质转换并不需要完整的细胞而仅仅需要细胞中的某些成分。蛋白质是生活细胞中所有化学反应的执行者和催化剂。

生物化学从一开始就执行着双重使命。首先,分析细胞的组成成分;其次,弄清楚这些物质与细胞内生命现象的联系。19 世纪中叶到 20 世纪初,是早期生物化学的大发展阶段,组成蛋白质的 20 种基本氨基酸被相继发现(最晚分离的是苏氨酸,1935 年),著名生物化学家 Fisher 还论证了连接相邻氨基酸的“肽键”的形成。细胞的其他部分,如脂类、糖类和核酸也相继在那一阶段被科学家所认识和部分纯化。当时,科学家还无法解释细胞内最重要的生命活动,即细胞成分是如何世代相传的。

奥地利大科学家、经典遗传学创始人孟德尔(Gregor Mendel)发现并提出遗传学定律的故事像是不朽的神话,在生物学界被广泛传诵。

孟德尔从小爱好园艺,虽然因为家境贫寒,没有念完大学就当上了修道士,但他却矢志不渝地钻研科学。开始时,他对“种瓜得瓜,种豆得豆”的生物遗传现象感到好奇和困惑,就在修道院里种了许多花木,还挑选了 20 多种大小不同,形状、颜色各异的食用豌豆,反复进行杂交、自交等试验,并作了详细的记载。从 1857 年到 1864 年 7 年间,孟德尔选择了 7 对差异明显的简单性状,对豌豆的生长进行了仔细的观察。例如,他用产生圆形种子的豌豆同产生皱皮种子的植株杂交,得到几百粒全是圆形的杂交子一代(F_1)的种子。第二年,他种植了 253 粒 F_1 圆形种子并进行自交,得到 7 324 粒 F_2 种子,他发现有 5 474 粒是圆形的,1 850 粒是皱皮的,用统计学方法计算出圆皱比为 3 : 1。

他还进行了具有 2 个对立性状的豌豆品系之间的双因子杂交试验。他发现当选用产生黄色圆形种子的豌豆品系同产生绿色皱皮种子的豌豆品系进行杂交时,所产生的 F_1 种子全是黄色圆形的,但在自交产生的 F_2 556 粒种子中,不但出现了 2 种亲本类型,而且还出现了 2 种新的重组类型,其中黄色圆形 315 粒,黄色皱皮 121 粒,绿色圆形 108 粒,绿色皱皮 32 粒。这 4 种类型的比例接近于 9 : 3 : 3 : 1。

根据以上现象,孟德尔总结出生物遗传的两条基本规律: