



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

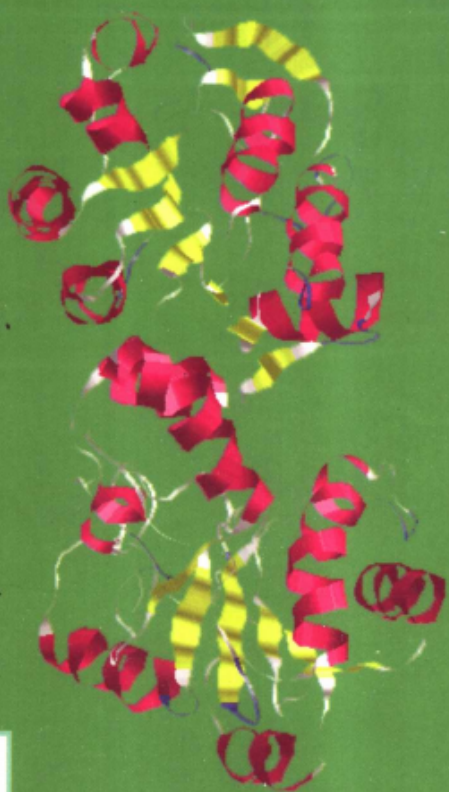
分子生物学

卢向阳 主编



中国 农业 出 版 社

Molecular Biology



ISBN 7-109-08791-3



9 787109 087910 >

定价：36.40 元



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

分子生物学

卢向阳 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分子生物学 / 卢向阳主编. —北京: 中国农业出版社,
2004.1

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-08791-3

I. 分... II. 卢... III. 分子生物学 - 高等学校 -
教材 IV. Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 119556 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 2 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 28.25

字数: 502 千字

定价: 36.40 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

分子生物学是在分子水平上研究生物大分子（核酸、蛋白质等）的结构与功能的学科，是深入研究生物遗传、生长、分化、发育、免疫等各种生命现象的基础，是启迪现代生物技术发展的知识源泉。自 1953 年沃森（Watson J. D.）和克里克（Crick F. H. C.）建立 DNA 反向平行双螺旋的结构模型，分子生物学随即迅速进入大发展时期，开创了生物学（包括医学和农学）研究的新时代。现在这一学科已经成为世界生命科学的主流。

进入 21 世纪，分子生物学跨入了后基因组时代。基因组计划的实施不仅促进了 DNA 分子技术的迅速发展，提供了大量的 DNA 潜存信息，而且也作为分子生物学研究提出了崭新的课题。对我们来说，纷繁复杂的分子生物学信息，即是机遇，也是挑战。为了适应农业教育与技术发展的新趋势，我们必须使培养出来的 21 世纪高等农业技术人才了解和掌握分子生物学知识。因此，作为高等农业院校的教师，必须转变多年因袭相传的教学理念，更新知识结构，培养富有创新精神与能力的高素质人才，以满足我国农业发展的需要。

本书在编写过程中，根据农业高等院校本科生的培养目标和教学计划，注意加强内容的前沿性、科学系统性及适应专业需要的实用性，同时注意有利于学生自学能力、创新思维能力的提高，在加强基本理论、基本知识和基本技能内容的前提下，结合农业科学的特点深入浅出地反映分子生物学的进展，以便学生得到启发并更好地从事农业生物技术工作和科学研究工作。

参加本书编写工作的有湖南农业大学的卢向阳（绪论、第三章和第十一章）、安徽农业大学的蒋立科（第一章和第八章）和罗曼（第一章和第八章）、山西农业大学的郭春绒（第二章）和潘登魁（第二章）、河南农业大学的刘卫群（第三章）、湖南农业大学的杨虹琦（第六章）和易克（第三章和第十一章及附录）、四川农业大学的程安春（第四章）、沈阳农业大学的吕淑霞（第五章）、江西农业大学的邱业先（第七章）、华南农业大学的赵亚华（第九章）、南京农业大学的沈文飏（第十章）、东北农业大学的陈维多（第十一章）。全书由主编统稿并最终定稿。湖南农业大学的罗泽民先生对本书进行了细致的审阅，并提出很多珍贵的修改意见，在此，表示衷心感谢。

本书在编写过程中得到了各有关院校领导的大力支持，中国农业出版社也给予了充分理解和帮助，湖南农业大学的徐向利老师、易克博士、方俊博士、田云硕士、许亮硕士、葛冰硕士、黄成江硕士、邹俊硕士、谢纛交硕士等参与了资料收集等工作，在此一并致以衷心的感谢！

虽然我们始终贯彻实用、新颖、科学、系统、准确的编写原则，但是限于水平，错误之处在所难免，敬请读者批评指正，以便再版时修正，使之更趋完善。

卢向阳
2003年12月

目 录

前言

绪论	1
一、分子生物学的基本含义	1
二、分子生物学的主要研究内容	1
三、分子生物学简史	4
四、分子生物学的研究现状与展望	9
五、分子生物学与农业科学的关系	11
第一章 生物大分子及其相互作用	14
第一节 生物活性物质的本质	14
一、生物活性物质的属性	15
二、生物活性分子的化学本质	15
三、生物大分子的高聚物特性	17
第二节 生物分子内相互作用的化学力	18
一、生物分子相互作用的化学力	18
二、生物分子内部的共价键	20
三、氢键	21
四、离子键	22
五、二硫键	23
六、短程力	23
七、疏水作用	24
八、配位键	25
第三节 生物分子的自组装	26
一、生物分子的共价结构	26
二、生物分子的自组装	26
三、生物分子的构型与构象	31

四、膜的组装	34
五、复杂聚集物的自我装配	36
第四节 生物分子的相互作用	37
一、核酸与蛋白质的相互作用	37
二、蛋白质与蛋白质的相互作用	41
三、糖与蛋白质的相互作用	43
四、脂与蛋白质的相互作用	47
本章小结	49
复习思考题	50
第二章 DNA 与染色体的结构	51
第一节 DNA 结构的多态性与动态性	51
一、DNA 一级结构	51
二、DNA 二级结构	54
三、DNA 二级结构的多态性	55
四、DNA 结构的动态性	60
五、DNA 结构的呼吸作用	61
第二节 DNA 的精细结构	62
第三节 DNA 的超螺旋结构和拓扑异构酶	64
一、DNA 的超螺旋结构	64
二、拓扑异构酶	65
第四节 DNA 的变性、复性与分子杂交	67
一、DNA 的变性	67
二、DNA 的复性	70
三、核酸的分子杂交	71
第五节 DNA 序列的异质性与主要序列类型	73
一、高度重复序列	74
二、中度重复序列	75
三、低度重复序列及单拷贝 DNA	77
四、反向重复序列	77
第六节 DNA 序列分析及其进展	78
一、Sanger 法	78
二、Maxam - Gilbert 化学修饰法简介	82
三、DNA 序列分析的自动化	83

四、DNA 杂交测序	84
第七节 DNA 与识别专一性碱基顺序蛋白的相互作用	84
一、DNA 顺式作用元件与反式作用因子的概念	84
二、识别 DNA 顺式作用元件的反式作用因子结构域类型	87
本章小结	89
复习思考题	90
第三章 基因与基因组结构	91
第一节 基因的概念	91
一、基因概念的发展	91
二、基因的命名法	96
第二节 原核生物基因组	97
一、原核生物基因组的特点	98
二、细菌基因组	98
三、噬菌体基因组	99
第三节 真核生物基因组	103
一、真核生物基因组与原核生物基因组的差异	103
二、真核生物基因组的 C 值悖理	103
三、DNA 复性动力学的应用与真核生物 DNA 序列的类型	104
四、串联重复序列	107
五、基因家族和基因簇	109
六、假基因	111
七、断裂基因	112
八、真核生物基因组的包装	117
第四节 人类基因组计划简介	119
一、人类基因组计划的提出	119
二、人类基因组计划的目标	120
三、人类基因组计划实施的策略	121
四、人类基因组计划的后续工作	128
本章小结	130
复习思考题	130
第四章 DNA 重组	132
第一节 同源重组	133

一、同源重组的分子机制	133
二、联会与同源重组及 DNA 的双链断裂模式	139
三、异源双链与基因转换	141
四、细菌 DNA 的重组	143
五、重组修复	147
第二节 位点专一性重组	149
一、 λ 噬菌体的整合与切除	149
二、 λ 噬菌体整合的分子机制	150
三、位点专一性重组调节基因表达	152
第三节 转座重组	154
一、转座子的类型和结构特征	155
二、转座子的转座机制和转座模式	158
三、转座子转座作用的调控	160
四、转座子的特征和遗传学效应	161
五、真核生物的转座子	163
六、转座子的应用	174
本章小结	175
复习思考题	176
第五章 DNA 复制	178
第一节 DNA 复制概况	178
一、DNA 复制的半保留性	178
二、DNA 的半不连续复制	180
三、复制起点的结构特征	180
四、RNA 引物	181
五、复制的高度忠实性	181
第二节 参与 DNA 复制的酶、相关蛋白及酶学机制	181
一、DNA 聚合酶与脱氧核糖核苷酸的聚合	182
二、DNA 旋转酶与 DNA 超螺旋的松弛	185
三、DNA 解旋酶和单链结合蛋白	187
四、引发酶与引物 RNA 的合成	188
五、DNA 连接酶	190
第三节 DNA 复制的几种主要方式	192
一、复制叉式复制	192

二、滚环式复制	194
三、线粒体 DNA 的 D-嘧啶复制	196
第四节 真核生物 DNA 复制	199
一、真核生物 DNA 复制的特点	199
二、真核生物 DNA 聚合酶	200
三、SV40 的 DNA 复制	201
四、真核生物复制过程中的核小体结构	203
五、真核生物 poly 和线粒体 DNA 复制	204
第五节 端粒及其复制	205
第六节 DNA 复制的忠实性及复制调控	208
一、DNA 复制的忠实性	208
二、DNA 复制的调控	213
本章小结	218
复习思考题	220
第六章 基因突变与 DNA 的损伤及修复	221
第一节 DNA 的损伤	221
一、DNA 的自发性损伤	222
二、物理因素导致的 DNA 损伤	224
三、化学因素导致的 DNA 损伤	226
第二节 DNA 损伤的修复	228
一、直接修复	229
二、切除修复	231
三、错配修复	234
四、复制后修复	236
五、SOS 修复	237
第三节 基因突变与生物进化	238
一、基因突变的类型	239
二、突变的意义	241
本章小结	243
复习思考题	244
第七章 RNA 的生物合成	245
第一节 转录概述	245

第二节 转录反应的模板	246
一、模板的必要性	246
二、RNA 聚合酶对模板的选择	247
三、模板中信息连续性	248
第三节 转录酶和转录因子	248
一、大肠杆菌 RNA 聚合酶的结构	248
二、RNA 聚合酶的基因	252
三、真核生物的 RNA 聚合酶	252
第四节 启动子与终止子	253
一、启动子	253
二、终止子	256
第五节 RNA 的酶促合成	257
一、RNA 合成的起始	257
二、RNA 合成链的延伸	258
三、RNA 合成的终止	260
第六节 原核生物 RNA 的转录后加工	262
一、原核生物 rRNA 前体的加工	262
二、原核生物 tRNA 前体的加工	264
三、原核生物 mRNA 前体的加工	265
第七节 真核生物 RNA 的合成	266
一、RNA 聚合酶 II 需要许多其他蛋白质因子	266
二、RNA 聚合酶和转录因子在启动子上的组装	268
三、RNA 合成的起始	268
四、RNA 合成的延长、终止和释放	269
五、RNA 聚合酶 II 活性的调节	269
六、DNA 指导的 RNA 聚合酶能被选择性地抑制	269
第八节 真核生物 RNA 的转录加工	270
一、mRNA 的转录后加工	270
二、rRNA 的转录后加工	271
三、tRNA 的转录后加工	272
四、RNA 的拼接、编辑和再编码	273
第九节 RNA 的生物学功能	278
本章小结	280
复习思考题	281

第八章 蛋白质的生物合成	283
第一节 遗传密码	283
一、遗传密码的解读	284
二、遗传密码子的特性	286
三、密码子与反密码子的相互识别	289
四、密码子的变异与使用	290
第二节 tRNA	292
一、tRNA 的形态特征	292
二、tRNA 的高级结构	293
三、tRNA 的专一性	294
四、校正 tRNA	295
五、起始 tRNA	296
六、转移-信使 RNA	297
第三节 rRNA 和核糖体	302
一、核糖体的组成	302
二、核糖体的结构形态	303
三、核糖体的自我组装	308
四、核糖体与 tRNA 的相互作用	309
第四节 蛋白质生物合成的机制	309
一、与蛋白质合成相关的重要蛋白质因子	310
二、氨基酸的活化与转运	312
三、原核生物蛋白质生物合成机制	314
四、真核生物蛋白质生物合成机制	319
第五节 基因表达在翻译水平的调控	320
一、翻译调控	320
二、翻译起始调节与 5'-UTR 结构相关	321
三、蛋白质生物合成中所需蛋白质因子的磷酸化对 翻译效率的影响	321
四、3'-UTR 结构对 mRNA 稳定性的调控	323
五、mRNA 的细胞质定位	325
六、蛋白质修饰、折叠及分选中的调控	325
第六节 新生肽的跨膜运输	325
一、胞内新生肽的易位与分泌	326

二、细胞内蛋白质跨膜运输机制	327
三、新生蛋白质的定向跨膜运输	329
四、分子伴侣	330
第七节 蛋白质生物合成与蛋白质组学	332
一、蛋白质组学产生的科学背景	332
二、蛋白质组学研究的内容	332
三、蛋白质组学的研究进展	334
本章小结	335
复习思考题	336
第九章 原核生物基因表达调控	338
第一节 原核生物基因表达调控概述	338
一、基因表达调控的意义	338
二、原核生物基因表达调控的特点与方式	339
三、原核生物基因表达调控的几个重要概念	339
第二节 乳糖操纵子	342
一、乳糖操纵子的调节机制	342
二、小分子效应物的作用	344
三、降解物对基因活性的调节	345
四、阻遏蛋白作用机制	346
第三节 色氨酸操纵子	350
一、色氨酸操纵子的阻遏系统	351
二、色氨酸操纵子的弱化系统	353
第四节 阿拉伯糖操纵子	357
第五节 组氨酸操纵子	360
第六节 正调控和负调控	361
一、正调控系统	361
二、负调控系统	363
本章小结	364
复习思考题	365
第十章 真核生物基因表达调控	366
第一节 真核生物基因表达调控概述	366
一、真核生物基因组的特点	366

二、真核生物基因表达调控概述	369
第二节 真核生物基因转录水平调控	374
一、真核生物基因的基础转录调控	374
二、真核生物基因转录水平的顺式调控	376
三、真核生物基因转录水平的反式调控	380
第三节 mRNA 前体的可变剪接	392
一、mRNA 前体可变剪接的概念	393
二、真核生物基因的内含子	394
三、mRNA 前体可变剪接的类型	395
四、mRNA 前体可变剪接的生物学意义	396
第四节 RNA 编辑	396
一、RNA 编辑的类型和机理	396
二、RNA 编辑的功能	399
本章小结	400
复习思考题	400
第十一章 分子生物学技术及其在农业中的应用简介	401
第一节 聚合酶链式反应技术及其在农业中的应用	401
一、基本原理	401
二、PCR 技术在农业中的应用	403
第二节 分子标记技术及其在农业中的应用	404
一、各类标记的基本原理	404
二、分子标记技术在农业中的应用	407
第三节 mRNA 差异显示技术	409
一、mRNA 差异显示技术的原理	410
二、mRNA 差异显示技术的发展	411
第四节 反义 RNA 技术及其在农业中的应用	416
一、反义 RNA 的概念和调控方式	416
二、反义 RNA 在农业中的应用	417
第五节 基因敲除及其在农业中的应用	418
一、基因敲除的概念和原理	418
二、基因敲除技术在农业上的应用	419
第六节 DNA 芯片技术	420
一、DNA 芯片技术	420

二、DNA 芯片的制作	421
三、DNA 芯片技术在农业中的应用	422
本章小结	423
复习思考题	424
附录 分子生物学常用词英汉对照	425
主要参考文献	435

绪 论

生物学经历了一个漫长的研究历程。从最早对动植物的形态、解剖和分类开始，到从细胞水平研究各种生命现象，逐渐发展出细胞学、遗传学、微生物学、生理学、生物化学等多门分支学科。20世纪中叶以来，以Watson和Crick的DNA双螺旋结构模型为标志，将生物大分子作为主要研究对象独立形成了一门新的分支学科——分子生物学。自此，人们开始从分子水平认识生物世界。

一、分子生物学的基本含义

分子生物学是从分子水平研究生命本质的一门新兴学科，它以核酸和蛋白质等生物大分子的结构及其在遗传信息和细胞信息传递中的作用为研究对象，是当前生命科学中发展最快并正与其他学科广泛交叉与渗透的重要前沿领域。随着分子生物学的迅猛发展，多种重要生物的基因组计划的完成，为人类认识生命现象带来了前所未有的机会，也为人类利用和改造生物创造了极为广泛的前景。

所谓在分子水平上研究生命的本质，主要是指对遗传、生殖、生长和发育等生命基本特征的分子机理的阐明，从而为利用和改造生物奠定理论基础和提供新的手段。这里的分子水平指的是那些携带遗传信息的核酸和在遗传信息传递及细胞内、细胞间通讯过程中发挥着重要作用的蛋白质等生物大分子。这些生物大分子均具有较大的分子质量，由简单的小分子核苷酸或氨基酸排列组合以蕴藏各种信息，并且具有复杂的空间结构以形成精确的相互作用系统，由此构成生物的多样化和生物个体精确的生长发育和代谢调节控制系统。阐明这些复杂的结构及结构与功能的关系是分子生物学的主要任务。

二、分子生物学的主要研究内容

分子生物学是在各门生物分支学科发展的基础上建立起来的新学科，其后