



全国高等农林院校“十二五”规划教材

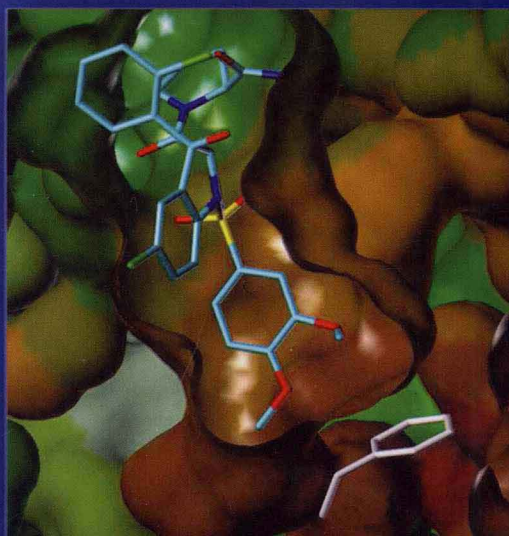


面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

分子生物学

第二版

卢向阳 主编



中国农业出版社

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century
全国高等农林院校“十二五”规划教材

分子生物学

第二版

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. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2011. 8

全国高等农林院校“十二五”规划教材 面向 21 世纪课程教材

ISBN 978-7-109-15971-6

I. ①分… II. ①卢… III. ①分子生物学-高等学校-教材 IV. ①Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 161571 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 100125)
责任编辑 刘 梁

北京中新伟业印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行
2004 年 1 月第 1 版 2011 年 8 月第 2 版
2011 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 27

字数: 644 千字

定价: 39.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

1480702

内 容 提 要

本教材是农业部“十二五”规划教材，也是教育部推荐的“面向 21 世纪课程教材”。

全书包括绪论和十章内容。绪论主要介绍分子生物学的基本概念、发展简史、研究现状与发展趋势等内容，第一章主要讨论生物大分子及其相互作用，第二章介绍核酸的结构和功能，第三至七章详细阐述了从 DNA 到 RNA，从 mRNA 到蛋白质，最后到系统生物学的整个生物信息流动的基本过程，第八至九章则分别叙述了原核生物和真核生物的基因表达调控，第十章回顾了主要的分子生物学技术发展及其在农业中的应用。每章都附有小结和复习思考题。书后附有与分子生物学相关的诺贝尔奖获奖情况、主要分子生物信息学软件和网站以及分子生物学常用词英汉对照等，以便教师教学和读者自学使用。

本教材是一本内容新颖而丰富的基础分子生物学教材，适合于高等院校生物学类和农学类相关专业的本科生使用，也可供教师、研究生以及科研工作人员参考。

第二版编写人员

主 编 卢向阳（湖南农业大学）

副主编 田 云（湖南农业大学）

刘卫群（河南农业大学）

沈文飏（南京农业大学）

参 编 （按姓名拼音排序）

陈东明（怀化学院）

胡新文（海南大学）

贾小云（山西农业大学）

梁建生（扬州大学）

饶力群（湖南农业大学）

王心宇（南京农业大学）

魏建民（内蒙古农业大学）

主 审 罗泽民（湖南农业大学）

第一版编写人员

主 编 卢向阳（湖南农业大学）

副 主 编 蒋立科（安徽农业大学）

程安春（四川农业大学）

编写人员（按姓名笔画排序）

卢向阳（湖南农业大学）

吕淑霞（沈阳农业大学）

刘卫群（河南农业大学）

杨虹琦（湖南农业大学）

邱业先（江西农业大学）

沈文飏（南京农业大学）

陈维多（东北农业大学）

易 克（湖南农业大学）

罗 曼（安徽农业大学）

赵亚华（华南农业大学）

郭春绒（山西农业大学）

蒋立科（安徽农业大学）

程安春（四川农业大学）

潘登魁（山西农业大学）

主 审 罗泽民（湖南农业大学）

第二版前言

分子生物学是通过从分子水平研究生物大分子的结构与功能，从而阐明生命现象本质的科学。进入 21 世纪以来，分子生物学已经成为自然科学领域中进展最迅速、最具活力的学科。分子生物学不仅是生命科学研究中非常重要的手段，也与农业、工业、医学、食品和环保等诸多领域有着十分广泛而又密切的联系。分子生物学作为促进生命科学迅速发展的核心学科，其理论和技术对推动农业科学面向现代化，培养具有创新意识的优秀人才，有着不可替代的作用。因此，分子生物学已成为高等农业院校生物学类和农学类相关专业教学计划中的核心课程，是培养和造就生物学和农学高层次专门人才所需基本素质的重要课程。

一本好的教材必须与国际接轨，必须与时俱进，重要内容需要及时更新，同时，对基本概念和基本理论等能深入浅出、循序渐进地进行表述。因此，本书在修订中不仅补充了分子生物学研究领域中的最新的研究资料，同时依据生物化学与分子生物学名词审定委员会编写出版的《生物化学与分子生物学名词》(2008)对分子生物学相关基本概念进行统一；并遵循教材修订原则，对教材的章节顺序进行了调整，在教材第 1 版第三章基因与基因组结构基础之上撰写成系统分子生物学独立章节。有些章节的名称和内容也都作了一定的调整，在各章节中都增添了新的内容，在深度和广度方面均有进一步的发展。同时，为了满足研究生、教师以及技术人员等更多读者的需要，在书后新增与分子生物学有关的附录，更新分子生物学常用词英汉对照，使该教材带有一点工具书的性质。

在本教材的编写过程中，根据高等农业院校生物学类和农学类专业本科生的课程培养目标和教学计划，进一步加强分子生物学内容的前沿性、整体性及其与专业需求的适应性，在加强基本理论、基本知识的前提下，着重增加了阐述分子生物学在农业领域应用的最新进展，以便启发学生更好地从事农业生物技术相关的科学研究与学习。

参加本书编写工作的有湖南农业大学的卢向阳（绪论和第五章）、田云（绪论、第七章、第十章、附录及参考文献）和饶力群（第四章）、河南农业大学的刘卫群（第七章）、南京农业大学的沈文飏（第九章）和王心宇（第九章）、内蒙古农业大学的魏建民（第一章）、山西农业大学的贾小云（第二章）、怀化学院的陈东明（第三章）、海南大学的胡新文（第六章）和扬州大学的梁建生（第八章）。全书由卢向阳和田云统稿并最终定稿。湖南农业大学的罗泽民先生对本教

材的修订进行了细致的审阅，并提出许多宝贵的修改意见，在此表示衷心的感谢和诚挚的祝福。

本教材在编写过程中得到了中国农业出版社和各编写单位领导的大力支持、充分理解与无私帮助。另外湖南农业大学的殷江南老师，博士生朱允华、李亚丹、曾黎明和王翀，硕士生王佳、戴倩、薛高尚、刘虎虎、潘虎、杨辉、潘乐毅、吴莎莎、梅花、谢媛、胡丽娟、肖凯夫、易文凯、赵飞和辛盛等参与了资料收集整理与编辑排版等工作，在此一并致以衷心的感谢！

虽然我们在该教材的编写过程中始终贯彻科学、实用、新颖、系统以及准确的编写和修订原则，但限于水平，错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便本教材再版时进一步修正，使之更趋完善。

卢向阳

2011年3月

第一版前言

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，既是机遇，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、谢馥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

第二版前言

第一版前言

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、分子生物学发展简史	3
四、分子生物学研究现状与发展趋势	9
五、分子生物学与农业科学的关系	10
第一章 生物大分子及其相互作用	13
第一节 生物活性物质的本质	13
一、生物活性物质的属性	13
二、生物活性分子的化学本质	14
三、生物大分子的高聚物特性	15
第二节 生物大分子内相互作用的化学力	16
一、生物大分子相互作用的化学力	16
二、生物大分子内部的共价键	17
三、氢键	18
四、离子键	19
五、二硫键	19
六、短程力	20
七、疏水作用	20
八、配位键	21
第三节 生物分子的自组装	22
一、生物分子的共价结构	22
二、生物大分子的自组装	22
三、生物大分子的构型与构象	26
四、膜的组装	28
五、复杂聚集物的自我装配	29
第四节 生物分子的相互作用	30
一、核酸与蛋白质的相互作用	30
二、蛋白质与蛋白质的相互作用	33
三、糖与蛋白质的相互作用	34
四、脂与蛋白质的相互作用	38
本章小结	39

复习思考题	39
第二章 核酸的结构与功能	40
第一节 细胞内的遗传物质	40
一、DNA 是主要的遗传物质	40
二、RNA 也是遗传物质	41
第二节 核酸的化学组成与共价结构	42
一、核酸的化学组成	42
二、核酸的共价结构	45
第三节 DNA 的高级结构	48
一、DNA 的二级结构	48
二、DNA 的三级结构	59
第四节 真核生物的染色体及其组装	61
一、真核生物的染色体	61
二、染色体中的组蛋白	62
三、核小体的形成	63
四、染色质的高级结构	64
第五节 RNA 的高级结构与生物学功能	65
一、tRNA 的高级结构	65
二、rRNA 的高级结构	67
三、mRNA 的高级结构	68
四、其他 RNA 的高级结构	69
五、RNA 的生物学功能	75
第六节 核酸的变性、复性与分子杂交	77
一、核酸的变性	77
二、核酸的复性	79
三、核酸的分子杂交	80
本章小结	81
复习思考题	83
第三章 DNA 的生物合成	84
第一节 DNA 复制概况	84
一、DNA 复制的半保留性	84
二、DNA 的半不连续复制	85
三、复制起点的结构特征	86
四、多种复制方式	86
五、RNA 引物和酶体系	90
六、复制的高度忠实性	99
第二节 原核生物 DNA 的复制	99
一、复制的起始	100
二、复制的延伸	101

三、复制的终止	103
第三节 真核生物 DNA 的复制	103
一、真核生物 DNA 复制特点	103
二、真核生物 DNA 聚合酶	104
三、SV40 的 DNA 复制	105
四、真核生物复制过程中的核小体结构	107
五、真核生物 poly 和线粒体 DNA 复制	108
第四节 端粒及其复制	108
第五节 DNA 复制的忠实性及复制调控	110
一、DNA 复制的忠实性	110
二、DNA 复制的调控	114
第六节 RNA 的逆转录	118
一、逆转录酶的发现	118
二、逆转录酶的性质	119
三、逆转录病毒的基因组	119
四、逆转录的过程	120
五、逆转录的生物学意义	122
本章小结	123
复习思考题	124
第四章 DNA 损伤、修复及重组	125
第一节 DNA 的损伤	125
一、DNA 的自发性损伤	125
二、物理因素导致的 DNA 损伤	127
三、化学因素导致的 DNA 损伤	128
第二节 DNA 损伤的修复	130
一、直接修复	131
二、切除修复	132
三、错配修复	134
四、复制后修复	136
五、SOS 修复	136
第三节 基因突变与生物进化	138
一、基因突变的类型	138
二、突变的意义	140
第四节 DNA 重组	141
一、同源重组	141
二、位点专一性重组	152
三、转座重组	156
本章小结	172
复习思考题	173

第五章 RNA 生物合成及其转录后加工	174
第一节 转录概述	174
第二节 参与 RNA 转录的模板、酶及其相关因子	175
一、转录反应的模板	175
二、DNA 指导的 RNA 聚合酶	176
三、启动子	181
四、转录因子	185
五、终止子	188
第三节 原核生物 RNA 的生物合成	189
一、转录的起始阶段	189
二、转录的延伸阶段	190
三、转录的终止阶段	192
第四节 原核生物 RNA 的转录后加工	194
一、原核生物 rRNA 前体的加工	194
二、原核生物 tRNA 前体的加工	195
三、原核生物 mRNA 前体的加工	196
第五节 真核生物 RNA 的生物合成	197
一、真核生物 RNA 转录的特点	197
二、真核生物 RNA 聚合酶 II 所催化的转录过程	197
三、RNA 转录的调节控制	199
四、RNA 转录的抑制作用	199
第六节 真核生物 RNA 的转录后加工	200
一、mRNA 的转录后加工	200
二、rRNA 转录后的加工	202
三、tRNA 的转录后加工	202
第七节 RNA 的剪接、编辑和再编码	203
一、RNA 的剪接	203
二、RNA 的编辑	211
三、RNA 的再编码	214
第八节 RNA 指导下 RNA 的生物合成	215
一、噬菌体 Q β RNA 的复制	215
二、病毒 RNA 复制的主要方式	217
本章小结	217
复习思考题	218
第六章 蛋白质生物合成、转运与降解	219
第一节 遗传密码	219
一、遗传密码的解读	219
二、遗传密码子的特性	222
三、密码子与反密码子的相互识别	223

四、密码子的变异与使用	224
第二节 参与蛋白质合成的 RNA、酶和有关装置	225
一、tRNA	225
二、rRNA 和核糖体	228
三、mRNA	233
第三节 蛋白质生物合成的机制	233
一、与蛋白质合成相关的重要蛋白质因子	234
二、氨基酸的活化与转运	235
三、原核生物蛋白质生物合成机制	237
四、真核生物蛋白质生物合成机制	240
五、新生多肽链的折叠与加工	240
六、蛋白质合成的忠实性	244
七、蛋白质生物合成的调节	245
八、蛋白质生物合成的抑制物	245
第四节 蛋白质的转运	246
一、蛋白质的信号肽与跨膜运输	247
二、线粒体和叶绿体蛋白质的跨膜转运	249
三、核定位蛋白的跨膜转运	250
四、细菌蛋白质的跨膜转运	252
第五节 蛋白质的降解	253
一、非特异性降解途径	253
二、特异性降解途径	254
三、蛋白质降解的生物学意义	259
本章小结	260
复习思考题	261
第七章 系统分子生物学	262
第一节 基因、基因组与基因组学	262
一、基因	262
二、基因组与基因组学	266
三、原核生物基因组	266
四、真核生物基因组	270
五、基因组计划研究概况	281
第二节 转录组与转录组学	292
一、转录组与转录组学的定义	292
二、转录组学的主要研究内容	292
三、转录组学的研究方法	293
四、转录组学的研究进展	293
第三节 蛋白质组与蛋白质组学	295
一、蛋白质组与蛋白质组学的诞生	295
二、蛋白质组学的主要研究内容及技术路线	296

三、我国蛋白质组学的研究现状	297
四、蛋白质组学发展趋势	300
第四节 代谢组与代谢组学	300
一、代谢组与代谢组学的诞生	300
二、代谢组学的研究方法	301
三、代谢组学的应用及其发展趋势	302
第五节 系统分子生物学	304
一、系统分子生物学的主要技术平台	304
二、系统分子生物学的基本工作流程	305
三、系统分子生物学的应用	305
本章小结	306
复习思考题	307
第八章 原核生物基因表达调控	308
第一节 原核生物基因表达调控概述	308
一、基因表达调控的意义	308
二、原核生物基因表达调控的特点与方式	308
三、原核生物基因表达调控的几个重要概念	309
第二节 乳糖操纵子	314
一、乳糖操纵子的调节机制	314
二、阻遏蛋白作用机制	316
第三节 色氨酸操纵子	319
一、色氨酸操纵子的阻遏系统	320
二、色氨酸操纵子的弱化系统	321
第四节 其他操纵子	324
一、阿拉伯糖操纵子	324
二、组氨酸操纵子	326
三、基因表达的时序控制	327
第五节 转录水平其他调控方式	328
一、 σ 因子的调节作用	328
二、组蛋白类似蛋白的调节作用	328
三、转录调控因子的调节作用	329
四、抗终止因子的调节作用	329
第六节 转录后水平调控方式	329
一、mRNA 自身结构元件对翻译起始的调节	330
二、mRNA 稳定性对转录水平的影响	330
三、调节蛋白的调控作用	330
四、反义 RNA 的调节作用	331
五、稀有密码子对翻译的影响	331
六、重叠基因对翻译的影响	332
七、翻译的阻遏	332

八、魔斑核苷酸水平对翻译的影响	333
本章小结	333
复习思考题	334
第九章 真核生物基因表达调控	335
第一节 真核生物基因表达调控的特点	335
第二节 真核生物 DNA 水平上的基因表达调控	340
一、基因扩增	340
二、基因重排	341
三、基因丢失	341
第三节 真核生物转录水平上的基因表达调控	341
一、真核生物基因的基础转录调控	342
二、真核生物基因转录水平的顺式调控	343
三、真核生物基因转录水平的反式调控	346
第四节 真核生物转录后水平上的基因表达调控	356
第五节 真核生物翻译水平上的基因表达调控	356
一、翻译调控	356
二、翻译起始调节与 5'-UTR 结构相关	357
三、蛋白质磷酸化对翻译效率的影响	357
四、3'-UTR 结构对 mRNA 稳定性调控	358
五、mRNA 的细胞质定位	360
第六节 真核生物翻译后水平上的基因表达调控	360
本章小结	362
复习思考题	362
第十章 分子生物学技术发展及其在农业科学中的应用	363
第一节 PCR 技术发展及其在农业科学中应用	363
一、基本原理	363
二、PCR 技术的发展	364
三、PCR 技术在农业科学中的应用	365
第二节 分子标记技术发展及其在农业科学中的应用	366
一、分子标记技术的主要特点	367
二、主要分子标记技术的基本原理	368
三、分子标记技术在农业科学中的应用	371
第三节 基因表达谱研究技术发展及其在农业科学中的应用	373
一、mRNA 差异显示技术	373
二、抑制消减杂交技术	375
三、cDNA - AFLP 技术	377
四、基因表达系列分析技术	379
五、微阵列技术	381