



高职高专“十二五”规划教材

生物技术系列

分子生物学基础 及应用技术

陶杰 田锦 主编

ENZI SHENGWUXUE JICHU JI YINGYONG JISHU



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材
生物技术系列

分子生物学基础及应用技术

陶 杰 田 锦 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是生物技术类专业高职高专“十二五”规划教材之一,从内容到形式上体现职业技术教育的最新发展特色。本着“实践技能培训为主导、理论知识够用”的原则,突出应用能力和综合素质的培养。本书共分6章,以较简明的形式概括了分子生物学的核心内容,全面重点阐述了分子生物学的基本理论,突出介绍了学科发展的前沿动态。考虑到高职高专特色,全书在编排上的系统性以及内容的完整性,将分子生物学中的新技术在实践中的应用也做了相应介绍。

本书可作为高等职业院校生物技术类专业学生的分子生物学教材,也可作为教师和生产企业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分子生物学基础及应用技术/陶杰,田锦主编. —北京:
化学工业出版社, 2013.6

高职高专“十二五”规划教材 生物技术系列

ISBN 978-7-122-16580-0

I. ①分… II. ①陶…②田… III. ①分子生物学-
高等教育-教材 IV. ①Q7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第030047号

责任编辑:梁静丽 李植峰

文字编辑:周 侗

责任校对:宋 夏

装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数277千字 2013年6月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00元

版权所有 违者必究

《分子生物学基础及应用技术》编写人员名单

主 编 陶 杰 田 锦

副主编 田 璐

编 者 (按照姓名汉语拼音排列)

邓黎黎 (郑州职业技术学院)

李祥江 (广西工业职业技术学院)

陶 杰 (天津生物工程职业技术学院)

田 锦 (北京农业职业学院)

田 璐 (北京农业职业学院)

苏 翔 (新疆轻工职业技术学院)

孙小玲 (濮阳职业技术学院)

赵 君 (三门峡职业技术学院)

主 审 傅志茹 (天津水产研究所)

前言

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分。近年来高职高专教育有了很大发展,为我国培养了大批急需的各类专门人才,使得高职高专教育成为当前社会关注的热点,并面临大好的发展机遇。我国《“十二五”生物技术发展规划》中对高职高专人才培养也提出了许多新的和更高的要求,迫切需要与之相适应的、面向 21 世纪的、适合高职高专学生使用的教材和教学参考书。为此,我们在化学工业出版社的组织下编写了这本教材。本书为生物技术类专业高职高专“十二五”规划教材,可以作为高等职业教育生物技术类专业两年制和三年制专科及三年制、五年制高职教材,亦可作为成人教育的教材以及生物技术工作人员、生产人员的参考书。

本书的编写按照教育部高职高专教材建设的要求,紧密围绕培养高等技术技能型专门人才这一宗旨。教材在编写时力求做到以下几点:①内容充实,条理清楚,重点突出,文字简明通俗,图片精美,篇幅适中,反映学科新进展。由于分子生物学是一个实验学科,本书各章深入浅出地讲述有关理论,并在此基础上介绍相关研究技术的基本原理,且力求反映新理论和新技术。使学生能够比较容易地学到扎实的分子生物学理论和技术原理,熟悉学科的发展动态,具备从事有关科学工作的基本能力,是本书追求的目标。②注重培养学生科学思维的能力和敬业精神。本书各章注重概要介绍一些重大科学发现的过程,如 DNA 结构的发现、遗传密码的破译、基因表达调控的研究方法等,使学生能够领悟科学思维的方法和科学工作者不畏劳苦的敬业精神。③教师容易教,学生容易学。在构建本书的知识框架时,语言表达力求简明、通俗,逻辑层次分明,使采用本教材的教师能够教得轻松,学生能够学得容易。

本书由天津生物工程职业技术学院、北京农业职业学院、新疆轻工职业技术学院、濮阳职业技术学院、三门峡职业技术学院、广西工业职业技术学院、郑州职业技术学院的骨干教师联合编写,并得到了所在院校领导的大力支持;本书承蒙天津水产研究所所长傅志茹研究员主审,她对本书提出了宝贵意见,并指出了不足之处。对此作者一并表示衷心感谢。

高职高专教育正处于蓬勃发展阶段，本教材在高职高专教育特色方面作了尝试，但教学内容和体系改革是一个长期的、复杂的、需要反复探索和实践的系统工程，限于编者的水平，本书不妥和疏漏之处在所难免，衷心希望广大读者予以匡正，对此谨致以最真诚的谢意。

编 者

2013 年 3 月

目 录

第一章 绪论 /1

【知识目标】	1
第一节 分子生物学研究的内容	1
一、分子生物学定义	1
二、分子生物学研究内容	1
第二节 分子生物学的发展历史	2
一、分子生物学的开创时期 (1820~1950 年)	2
二、近代分子生物学的发展时期 (1950~1970 年)	3
三、分子生物学技术的深入发展应用时期	4
第三节 分子生物学的发展前景	6
一、分子克隆技术的发展	6
二、人类基因组计划与生物制药产业发展	7
【课后思考】	8

第二章 核酸 /9

【知识目标】	9
【能力目标】	9
第一节 DNA 复制	9
一、DNA 的半保留复制	10
二、DNA 的双向复制	10
三、DNA 复制的半不连续性	10
四、DNA 复制体系	11
五、原核生物 DNA 复制	15
六、真核生物 DNA 复制	19
七、线粒体 DNA 复制	24
第二节 RNA 的种类及其特点	25

一、RNA 种类	25
二、RNA 的功能特点	26
第三节 DNA 的损伤 (突变) 与修复	27
一、基本概念	27
二、突变的意义	27
三、引发突变的因素	28
四、基因突变的分子机制	30
五、DNA 损伤的修复	34
六、核酸含量检测	36
【课后思考】	37

第三章 基因转录 /38

【知识目标】	38
【能力目标】	38
第一节 基因	38
一、基因的概念	38
二、基因的结构	39
三、原核生物基因组	43
四、真核生物基因组	46
五、病毒基因组	49
第二节 真核细胞的转录	50
一、RNA 聚合酶	51
二、转录过程	51
三、转录产物的加工	52
第三节 原核细胞的转录	57
一、RNA 聚合酶	57
二、转录单位	58
三、转录过程	58
四、转录产物的加工	59
【课后思考】	60

第四章 蛋白质合成与基因表达调控 /64

【知识目标】	64
【能力目标】	64
第一节 蛋白质生物合成的主要物质	64
一、信使 RNA (mRNA——翻译的模板) 和遗传密码	65
二、转运 RNA (tRNA)	68

三、氨基酰-tRNA 合成酶 (AA-tRNA 合成酶)	70
四、核糖体与蛋白质合成场所	71
第二节 原核生物蛋白质合成	73
一、蛋白质生物合成的基本原理	73
二、原核生物蛋白质合成过程	73
三、多核糖体	80
四、原核生物蛋白质合成的抑制剂	81
第三节 真核生物蛋白质合成	82
一、真核生物蛋白质合成的特点	82
二、真核生物蛋白质合成过程	83
三、真核生物蛋白质合成的特异抑制剂	86
第四节 生物合成蛋白质运输及加工修饰过程	87
一、蛋白质运输	87
二、蛋白质的加工和修饰	90
第五节 基因表达调控	95
一、真核生物基因表达调控	95
二、原核生物基因表达调控	98
【课后思考】	101

第五章 分子生物学常用技术及应用 /103

【知识目标】	103
【能力目标】	103
第一节 PCR 技术	103
一、PCR 定义	103
二、PCR 基本原理	104
三、实现 PCR 的基本条件	104
四、PCR 技术的扩展	110
五、PCR 技术的应用	113
第二节 基因工程技术	116
一、基因工程技术原理	116
二、基因工程药物	127
三、基因工程技术开发药物的一般过程	127
四、基因工程药物制造实例——重组人干扰素生产工艺	128
第三节 基因诊断技术	131
一、基因诊断的概念和特点	132
二、基因诊断技术及理论基础	133

三、基因诊断技术在临床上的应用	145
第四节 反义核酸技术	147
一、RNA 干扰技术	148
二、反义寡核苷酸	150
第五节 基因敲除技术	150
一、基本原理	150
二、基因敲除技术的操作程序	151
三、基因敲除技术的应用	151
第六节 分子生物学技术在其他领域的应用	152
一、基因改造物种（动物、植物、微生物）及其转基因生物食品	152
二、神奇基因工程分析技术	153
三、分子生物学与环境保护	154
【课后思考】	155

第六章 分子生物实验技术 /157

【知识目标】	157
【能力目标】	157
第一节 生物安全实验室常识	157
一、生物安全实验室的设施和设备要求	158
二、实验室生物安全防护	159
第二节 生物安全实验室的特性及安全防护措施	159
一、生物安全实验室的特性	159
二、生物实验室事故的历史与现状	160
三、生物实验室安全防护措施	160
第三节 危害实验室安全的因素和应对方案	161
一、自然灾害	161
二、设备故障	162
三、人为因素	163
第四节 分子生物学实验综合规程与实验操作	166
实验一 仪器设备简介、操作、实验规范训练及实验准备	167
实验二 植物基因组 DNA 的提取	173
实验三 DNA 的琼脂糖凝胶电泳	175
实验四 植物总 RNA 的提取	176
实验五 聚合酶链反应基因扩增	179
实验六 聚丙烯酰胺凝胶电泳（PCR 差异显示片段的回收）	180
实验七 LB 培养基的配制	182

实验八 E. coli 感受态细胞的制备 184

实验九 目的产物的 T 载体的连接与转化 185

实验十 阳性克隆的筛选及序列测定结果分析..... 186

参考文献 /187

第一章

绪 论

【知识目标】

1. 识记蛋白质（包括酶）的结构和功能、核酸的结构和功能及生物调控的分子基础和生物进化过程。
2. 能阐明这些复杂的结构及结构与功能的关系。

随着生命科学的不断发展，人们对生物体的认知已经逐渐深入到微观水平。从单个的生物体到器官到组织到细胞，再从细胞结构到核酸和蛋白质的分子水平，分子生物学是在分子水平研究各种生命现象本质的一门新兴边缘学科。人们可以通过检测分子水平的线性结构（如核酸序列），来横向比较不同物种、同物种不同个体、同个体不同细胞或不同生理（病理）状态的差异，为人类认识生命现象和改造生物创造了极为广阔的前景。

第一节

分子生物学研究的内容

一、分子生物学定义

分子生物学是研究核酸等生物大分子的形态、结构、功能及其重要性和规律性的科学，是人类从分子水平上真正揭示生物世界的奥秘，由被动地适应自然界转向主动地改造和重组自然界的基础学科。

狭义：偏重于核酸的分子生物学，主要研究基因或 DNA 的复制、转录、表达和调节控制等过程，其中也涉及与这些过程有关的蛋白质和酶的结构与功能的研究。

二、分子生物学研究内容

1. 核酸的分子生物学

核酸的分子生物学研究核酸的结构及其功能。由于核酸的主要作用是携带和传递遗传信息，因此分子遗传学是其主要组成部分。由于 20 世纪 50 年代以来的迅速发展，该领域已形成了比较完整的理论体系和研究技术，是目前分子生物学内容最丰富的一个

领域。

研究内容包括核酸（基因组）的结构，遗传信息的复制、转录与翻译，核酸存储的信息突变与修复，基因表达调控和 DNA 重组技术，基因工程技术的发展和应用等。遗传信息传递的中心法则是其理论体系的核心，它有着广阔的应用前景。

① 可用于大量生产某些正常细胞代谢中产量很低的多肽，如激素、抗生素、酶类及抗体等，提高产量，降低成本，使许多有价值的多肽类物质得到广泛应用。

② 可用于定向改造某些生物的基因结构，使它们所具备的特殊经济价值得到成百上千倍提高。如用在分解石油、生产避孕疫苗及在实验室生产蜘蛛丝等。

③ 可用于基础研究。如对启动子、增强子的研究及对转录因子的克隆与分析的研究等。

2. 蛋白质的分子生物学

蛋白质的分子生物学研究执行各种生命功能的主要大分子——蛋白质的结构与功能。它具有生物活性的条件有两个：

① 具有特定的空间结构（三维结构）；

② 在它发挥生物学功能的过程中必定存在着结构和构象的变化。

3. 结构分子生物学

结构分子生物学是研究生物大分子特定的空间结构及结构的运动变化与其生物学功能关系的科学。它包括结构的测定、结构运动变化规律的探索及结构与功能间的相互关系三个主要研究方向。

尽管人类对蛋白质的研究比对核酸研究的历史要长得多，但由于其研究难度较大，与核酸分子生物学相比发展较慢。近年来，虽然在认识蛋白质的结构及其与功能关系方面取得了一些进展，但是对其基本规律的认识尚缺乏突破性的进展。

第二节 分子生物学的发展历史

一、分子生物学的开创时期（1820～1950 年）

从何时起，人类开始认识生物性状的遗传与变异特征，现在已无史可考、不得而知了。但可以肯定的一点是，在驯养和培育最早的畜禽品种之前，人们就已经有意无意地利用了遗传和变异现象，而且栽培谷物的历史可能还早于动物的驯养历史。

人类是善于思考的。多少年来，人们常常会提出三个与生命现象有关的问题：①生命从何而来？②为什么“有其父必有其子”？③生物个体如何从受精卵发育而来？对于这些问题的解释就产生了许许多多的学说，而且有些学说还被宗教神权所利用，一度成为控制人们思想的工具。直到 19 世纪，随着农业、畜牧业的发展，品种改良和杂交育种的进行，情况才有所改变。

1865 年，孟德尔发表了他的《植物杂交实验》一文，首次阐述了生物界有规律的遗传现象“遗传因子”。

1900 年，孟德尔遗传规律被证实，成为近代遗传学基础。

1910 年，美国的生物学家与遗传学家摩尔根（Morgan）的染色体-基因遗传理论，

基因存在于染色体上。进一步将“性状”与“基因”相耦联,成为现代遗传学的基石。摩尔根荣获了1933年诺贝尔生理学及医学奖。

1944年,美国微生物学家阿维利(Avery)等人从肺炎球菌转化试验中得出DNA是遗传物质的结论。阿维利(Avery)证明基因就是DNA分子,提出DNA是遗传信息的载体。

二、近代分子生物学的发展时期(1950~1970年)

1953年,美国生物学家沃森(J. D. Watson)和英国物理学家克里克(F. H. C. Crick)依据英国物理学家威尔金斯(Maurice Wilkins)和富兰克林(Rosalind Franklin)的DNA X射线衍射图片及美国科学家查可夫(Chargaff)提出的查可夫当量定律两个直接依据,在《自然》杂志上发表文章,提出DNA双螺旋结构模型理论。

DNA双螺旋发现的最深刻意义在于:确立了核酸作为信息分子的结构基础,提出了碱基配对是核酸复制、遗传信息传递的基本方式,从而最后确定了核酸是遗传的物质基础,为认识核酸与蛋白质的关系及其在生命中的作用打下了最重要的基础。

1958年,克里克提出中心法则。

1958年, Meselson 和 Stahl 证明DNA半保留复制。

1962年 Watson、Crick 与 Wilkins 共享诺贝尔生理学及医学奖。

半保留复制是遗传信息能准确传代的保证,是物质稳性的分子基础。半保留复制是描述DNA的复制方式,目前已知的所有细胞皆以此方式进行复制。也是唯一确认存在于自然界中的模型。

1961年,法国科学家 Francois Jacob 和 Jacques Monod 提出在分子水平上特定基因被激活或抑制的机制。由于他们提出了乳糖操纵子学说以及在酶合成的遗传调控方面的重大贡献而获得1966年诺贝尔奖。

1962年,美国生物化学家尼伦伯格(M. W. Nirenberg, 1927—)和马太(H. Matthaei)首先发现UUU是苯丙氨酸的遗传密码。到1963年测出了20种氨基酸的遗传密码,加上柯拉纳(H. G. Khorana, 1922—)的努力,到1969年,全部64个遗传密码都已测出。1968年, Nirenberg、Holley 和 Khorana 解读了遗传密码及其在蛋白质合成方面的技能而分享诺贝尔生理学及医学奖。

1967年,DNA连接酶被发现(Gellert, 1967)。DNA连接酶主要用于基因工程,将由限制性核酸内切酶“剪”出的黏性末端重新组合,故也称“基因针DNA连接线”。

1970年,美国微生物遗传学家史密斯(H. Smith, 1931—)提取出可以在特定位点切割DNA的限制性内切酶。美国学者内森斯(D. Nathans, 1928—)成功地用限制性内切酶切割了猴病毒SV40的基因分子,并绘制成切割图谱。1978年,阿尔伯、史密斯和内森斯共获诺贝尔生理学及医学奖。

1970年,美国分子生物学家巴尔的摩(D. Baltimore, 1938—)和特明(H. Temin, 1934—)各自独立发现逆转录酶,该酶能以RNA为模板合成DNA,对遗传学中的“中心法则”提出了重要补充。他们与美国杜尔贝克(R. Dulbacco, 1914—)共获1975年诺贝尔生理学及医学奖。

三、分子生物学技术的深入发展应用时期

1972年,美国分子生物学家伯格(P. Berg, 1926—)将猿猴病毒SV40的DNA与 λ 噬菌体P22的DNA体外重组成功,标志着DNA重组技术的建立及基因工程的诞生。Berg获得1980年诺贝尔奖。

那些能获得诺贝尔奖的科学成就是很难得的,能够创造数十亿美元产值的科学成就更是少见。所以,既能获得诺贝尔奖又能够创造数十亿美元产值的科学成就自然更加珍贵,人们把这两种兼有的科研成果称为“蓝月亮”。而这种罕见的“蓝月亮”在生物技术产业就有两个,DNA重组技术为“蓝月亮”,利用这种技术将基因植入细胞中可以获得药物,其中最有代表的药物是治疗贫血的促红细胞生成素(erythropoietin, EPO),安进公司因为最先研发出EPO,而成为年产值超过55亿美元的生物产业巨头。

另一个“蓝月亮”的受益者是人类第一个生物技术公司——基因技术公司,该公司生产的单克隆抗体类药物每年给基因技术公司带来22亿美元的销售额。

1973年,美国分子生物学家科恩(S. N. Cohen)等将抗四环素质粒与抗链霉素质粒在体外拼接成嵌合质粒,将此种重组质粒导入大肠杆菌后能表达出两种质粒的遗传信息。这是基因工程的第一个成功实例。

1975年,英国化学家桑格(F. Sanger, 1918—)建立并不断改进DNA的测序法,1977年完成了对噬菌体 ϕ X174全部5386个碱基序列的分析。1980年,Sanger与Gilbert和Berg共享诺贝尔化学奖。

1975年,丹麦学者耶诺(N. K. Jerne, 1911—)创立了天然抗体选择学说及免疫系统的“网”学说,从而阐明了抗体产生的机制。英籍阿根廷免疫学家米尔斯坦(C. Milstein, 1927—)和德国柯勒(G. Köhler, 1941—)发明了用化学手段制单克隆抗体的技术,从而可以大量生产具有专一特性的单克隆抗体。为此,米尔斯坦、柯勒和耶诺共获1984年诺贝尔生理学及医学奖。

1981年,以中国科学院上海生物化学研究所王德宝(1918—)为首的一批科学工作者,人工合成了酵母丙氨酸tRNA,这是世界上首次人工合成的具有生物活性的RNA大分子。

1983年,美国遗传学家McClintock因发现可移动的遗传因子而获得诺贝尔生理学及医学奖。

1985年,美国Cetus公司的马利斯(K. B. Mullis)和塞基(R. K. Saiki)发明聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)技术。应用PCR技术,在2~4h内即可使单个DNA分子扩增 10^6 倍以上。此法简便、灵敏,在分子生物学检测与研究中有广阔的应用前景。

1988年,在温泉中分离出耐热的Taq DNA聚合酶,使PCR技术成熟并得到广泛应用。1993年,Mullis由于发明PCR仪而与加拿大学者Smith(第一个设计基因定点突变)共享诺贝尔化学奖。

1989年,美国两个实验室用扫描隧道电子显微镜(STM)首次拍摄到DNA分子双螺旋结构的照片,进一步证实了沃森和克里克于1953年提出的DNA结构模型。

1989年,美国学者毕晓普(J. M. Bishop, 1936—)和瓦姆斯(H. E. Varmus, 1939—)用内切核酸酶和转染技术首次分离出肉瘤病毒的癌基因,并探明它的真谛,共获1989年的诺贝尔生理学及医学奖。

1990年10月,由美国科学家倡议,英国、日本、德国、法国和中国相继加入,计划历时15年,被称为“生命科学阿波罗计划”的“人类基因组计划(HGP)”正式启动。

英国罗伯茨(R. J. Roberts)和美国夏普(P. A. Sharp)因1977年各自独立发现了断裂基因(split gene)而同获1993年诺贝尔生理学及医学奖。他们的实验证明,真核生物的基因内部是不连续的,基因中的编码区被一些非编码区所断裂。

1997年2月24日,遗传学者们在位于苏格兰爱丁堡附近的Roslin研究所设法从一只六岁绵羊的乳腺组织克隆出一只绵羊“多莉”。这是科学家们第一次克隆了一个成年的哺乳动物。

1997年,大肠杆菌基因组测序完成。

1997年,参加人类基因组计划的科学家决定将研究成果无偿向全世界公开。

1998年,Andrew和Craig发现RNA干扰,两人于2006年度荣获诺贝尔生理学及医学奖。

人们发现,双链RNA可以抑制含有特定序列的基因的表达。应用RNA的这一特点,在生物体外强有力地使基因沉默,即RNA干扰(简称RNAi)。这使得生物技术领域的第三个“蓝月亮”诞生了。简单地说,RNAi是细胞的一种自然生理过程。研究人员能够利用这种技术有选择地使基因失活。RNAi激起科学家研究热情的原因主要有两方面:第一,它可以缩短人类对人类基因功能的认识时间,从几十年缩至几年;第二,科研人员有望利用这种技术获得使致病基因失活的新型药物,而基因药物一直是生物技术追逐的金杯。

1999年9月,中国获准加入人类基因组计划,负责占全部1%的序列测定。

2000年6月,国际人类基因组计划小组宣告人类基因组草图绘制完成。

2000年,美国科学家用无性繁殖技术成功地克隆出一只猴子“泰特拉”,这意味着克隆人类自身已没有技术障碍。

2001年,美国、意大利科学家联手展开克隆人的工作。位于美国马萨诸塞州沃塞斯特的先进细胞技术公司宣布首次克隆成功了处于早期阶段的人类胚胎。

2002年初,中国克隆大熊猫和克隆家畜首席科学家陈大元领导完成了中国首例成年体细胞克隆牛项目。这一项目实现了中国成年体细胞克隆牛成活群体零的突破,并推动中国克隆技术达到世界先进水平。大熊猫克隆研究进展显著,最终成功的可能性是存在的。

2003年,人类基因组计划提前完成。2003年4月14日美国联邦国家人类基因组研究项目负责人弗朗西斯·柯林斯博士隆重宣布,由美国、英国、日本、法国、德国和中国科学家经过13年努力,共同绘制完成了人类基因组序列图。由30亿个碱基对(3×10^9 bp)组成的人类基因组蕴藏着生命的奥秘,科学家发现人类基因数目约为3.4万至3.5万个,仅比果蝇多2万个,远小于之前10万个基因的估计。

第三节 分子生物学的发展前景

一、分子克隆技术的发展

分子克隆技术是 20 世纪 70 年代才发展起来的, 它的出现和应用开辟了分子遗传学研究的新领域, 打开了人类了解、识别、分离和改造基因、创造新物种的大门。它的成就对工业、农牧业和医学产生深远影响, 并将为解决世界面临的能源、食品和环保三大危机开拓一条新的出路。

1. “傻瓜式”克隆: 批量化复制高产奶牛

克隆技术能为人类做些什么?“多莉”出生后, 几乎每个生物学家都思考过这个问题。国际动物繁殖协会认为, 动物克隆技术对于动物育种的革命性, 远大于人工授精、胚胎移植、试管动物三次技术变革的总和。克隆技术就如同复印机, 可以让优秀基因毫无损耗地延续下去。

1997 年, 美国成立 Infigen Inc., 以推进牛克隆技术在奶类、肉牛生产及医药等领域的产业化应用。克隆技术很快成为美国、日本等国家的投资热点。

虽然在提到克隆动物产品的时候, 大多数的外行都只能想象到一块来自克隆牛的牛排, 或者一瓶来自克隆羊的羊奶。但真正从事克隆动物产品研究的专家们, 却完全不会这样简单地思考, 克隆动物产品最早出现在药物中, 而不是超市的货架上。

单纯的克隆, 从产业化的角度来看并不是克隆技术最大的价值, 而与转基因技术结合的克隆动物, 是将来克隆产业化最热门的方向。美国的 GTC 公司是这个领域的“先锋”, 从 20 世纪 90 年代开始用克隆转基因技术从羊奶中研制药用蛋白。GTC 于 2006 年 8 月 2 日才实现第一批产品上市, 但它给其他朝着动物克隆产业化努力的企业树立了榜样。从 GTC 的经验看, 传统用仓鼠细胞生产蛋白质药物, 购买生产设备所需的资金是 4 亿~5 亿美元, 而用转基因山羊来生产同样的药物, 所需成本只有 0.5 亿美元。巨大的商业价值, 是克隆动物产业化研究掀起热潮的最主要原因。

2. 新中国档案: 从克隆动物到修复生命

孙悟空拔下一撮毫毛, 在嘴边一吹, 立即变化出无数小孙悟空。这也许是中国人对“克隆”最早的想象。经过几代科学家的努力, 这一想象已经变成现实。一个小小的细胞, 就能复制出一个新的生命体, 就能成为修复生命的希望。

2002 年, 在“多莉”5 岁时, 山东曹县的 12 头接受克隆胚胎移植的奶牛进入预产期。2002 年 1 月 18 日晚 9 时 25 分, 我国第一头体细胞克隆牛“妥妥”落地。接下来的几天, 陆续又有 13 头克隆牛出生 (图 1-1)。

2009 年 7 月 23 日, 一只名叫“小小”的小鼠成为全球媒体关注的焦点 (图 1-2)。“小小”是世界上用诱导多功能干细胞 (iPS 细胞) 克隆出的第一批完整活体鼠之一。它的诞生, 意味着在用克隆技术和干细胞修复生命的道路上, 人类又向前迈进了一大步。而在它身后, 是几十年来中国克隆技术从领先到奋起直追再到重新抢占先机的历程。

将克隆技术及随之兴起的干细胞技术用于修复生命, 这几乎被科学家认为是克隆技