

刘仲敏 林兴兵 杨生玉 主编

现代应用生物技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

现代应用生物技术

刘仲敏 林兴兵 杨生玉 主编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

现代应用生物技术/刘仲敏, 林兴兵, 杨生玉主编.
北京: 化学工业出版社, 2004. 8
ISBN 7-5025-6000-9

I. 现… II. ①刘…②林…③杨… III. 生物技术-应用 IV. Q819

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 074370 号

现代应用生物技术

刘仲敏 林兴兵 杨生玉 主编
责任编辑: 张文虎 梁静丽
文字编辑: 傅四周 邵桂林
责任校对: 蒋 宇
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
现代生物技术与医药科技出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市前程装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 40 1/4 字数 1006 千字
2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6000-9/Q·111
定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

生物技术是以生命科学为基础，与众多相关学科和高新技术密切结合，利用生物（生物组织、细胞及其他组成部分）的特性和功能，设计、构建具有预期性能的新物质或新品系，加工生产产品或为社会提供服务的综合性应用技术学科。20 世纪 70 年代以来，DNA 重组等分子生物学技术的不断发展以及人类基因组计划的推动，使生命科学在理论和技术上取得了一系列的重大突破，赋予了生物技术崭新的内容，使之发展成为真正的高技术——现代生物技术。它促使工农业生产和医疗卫生事业发生了革命性的变化，产生了巨大的社会效益和经济效益。现代生物技术产业随之迅速崛起，已逐步成为当今高新技术群体中最富有活力的领域之一，并与信息技术等其他高新技术相互结合，在全球范围内形成了新的产业增值链，带动着医药产业、现代农业、食品与发酵工业、化学工业、环保工业等行业的提升和革命性发展，取得了巨大的成就。由于现代生物技术在解决人类面临的重大问题如粮食、健康、环境和能源等方面开辟了广阔的前景，越来越为各国政府和企业界所关注，它与信息技术、新材料和新能源技术并列为影响国计民生的四大科学技术支柱，是 21 世纪高新技术产业的先导。在生物经济即将来临的时代，生命科学的新发现、生物技术的新突破、生物技术产业的新发展将对经济和人类社会的发展产生巨大而深远的影响。

目前，生物技术产业在医药生物技术、农业生物技术、工业生物技术三个产业化浪潮推动下正快速由最具发展潜力的高技术产业向高技术支柱产业发展；并已在医药、农业、食品、环保、化工、能源等领域得到了广泛地应用，显示出了十分广阔的发展前景。基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、组织工程、蛋白质工程、抗体工程、干细胞研究、克隆技术、转基因技术、纳米生物技术、高通量筛选技术等生物高新技术的应用，无疑又会对自然科学的众多领域产生深远的影响。

医药生物技术仍是生物技术产业的先导和主流，现已形成了生物技术药物、生物技术疫苗、组织工程和再生医疗、基因治疗、临床诊断试剂和生物芯片等分支学科和产业组成的技术与产业群，并由此构成了生物技术产业的主体。据统计，全球生物药品市场规模 1997 年为 150 亿美元，2000 年为 300 亿美元，2003 年达到 600 亿美元。

在农业生物技术方面，转基因植物技术开创了农作物育种的新纪元，其在提高农作物产量和品质，减少农药污染，降低生产成本等方面显示出了巨大的威力。2002 年全球转基因作物的种植面积已达到 5867 万公顷。此外，生物农药，生物肥料、新型饲料添加剂的开发和应用将会更加有效地保护生态环境和食品安全。

生物技术的迅速崛起和发展形成了医药生物技术、农业生物技术、工业生物技术产业的三足鼎立发展框架。工业生物技术涉及产业面较广，对经济和社会的可持续发展具有重大而深远的影响，它不仅带动了生物材料、生物能源、环保等新兴生物技术产业的发展，而且对传统产业的提升起到了革命性的作用。以生物催化技术为核心的生物技术在化工、制药、发酵、食品、轻工、采矿、造纸等传统产业的广泛应用将为这些产业带来一场绿色革命，更多环境友好的工业过程用于生产，降低生产成本，提高产品质量，减少污染发生和排放，对于这些产业的可持续发展是至关重要的。

需要指出的是,当代科学技术发展正在呈现出多学科融合发展的趋势。生物技术与其他高新技术的融合,形成了生物芯片、生物信息、生物材料、生物能源、生物光电、生物传感器等高新技术领域,产生了生物技术群。例如,生物芯片技术的开发和运用将在生物学及医学基础研究、疾病诊断、新药开发、食品、农业、环保等领域中开辟一条全新的道路,改变生命科学的研究方式,革新医学诊断和治疗。科技发展产生的这一突出现象以及由此带来的产业深层次变革,已经引起许多国家的高度关注。

我国政府高度重视生物技术及其产业的发展。20世纪80年代中期以来,我国应用生物技术的发展迅速。由于国家高新技术研究发展计划(即“863”计划)、攻关计划和国家自然科学基金都将生物技术作为优先发展领域予以重点支持,我国生物技术整体研究水平迅速提高。在国家“十五”高新技术产业发展规划中,生物技术产业工程被列入国家十二大高技术工程。目前我国已取得了一批科研和产业化成果,总体水平在发展中国家中居于领先地位,部分领域进入国际先进行列。

随着生物技术及其产业的迅猛发展,各种介绍生物技术及其应用的书籍,如雨后春笋,层出不穷,有力地促进了生物技术学科的发展。但是,由于生物技术应用领域十分广泛,分支学科非常多,因此,在目前已出版发行的各类书籍中,介绍生物技术基础理论的书籍多,介绍实际应用技术的书籍少;介绍某一领域或分支学科的专著多,而系统、全面介绍生物技术及其应用的综合性书籍很难见到。这与现代生物技术的发展以及大专院校中相关专业的不断建立是不相称的。对于广大高等院校师生和从事生物技术研发、生产、管理的各类科技人员来讲,迫切需要有一本系统、全面介绍生物技术及其应用的“工具书”,以了解和掌握生物技术及其应用的全貌,作为科研、生产与教学工作的参考与指导,这正是我们编写本书的主要意图。为此,我们组织科研、教学和产业方面的有关专家、学者编写了此书,本书共分为19章,内容涉及基因工程、蛋白质工程、酶工程、单克隆抗体与抗体工程、现代分子诊断技术、现代生物技术与疫苗、生物技术与制药、基因治疗、现代发酵工程、生物技术与食品、现代生物技术与能源开发、现代生物技术与环境保护、农业生物技术及其应用、生物农药、微生物肥料、人类基因组计划、现代生物技术应用规则和发明保护、现代生物技术安全性及社会伦理问题等诸多领域,从多个视角向读者全面系统地介绍了现代生物技术的概念、原理、研究方法、发展趋势,及其在工业、农业、医药、食品、环境等领域中的应用。全书结构精练,涉猎广泛,内容全面,信息量大,实用性强。本书可以作为下列专业大学本科或研究生的教科书或教学参考书:生物工程、生物技术、生物化工、微生物学、发酵工程、制药工程、食品工程及环境工程等;也可作为生物医药、农业生物技术、食品与发酵、环境保护等行业的科研、生产、管理人员参考。

在本书的编写过程中,我们一方面注意保持学科的知识性和系统性,另一方面强调了现代生物技术的实用性和先进性。在内容的选择上,力求基本理论可靠、论述准确、信息量大、尽可能包括现代生物技术的最新进展和研究成果。在不影响完整性的前提下,对与其他学科重复的内容做了简化。本书在编写过程中贯穿了如下几点指导思想和安排:①综合性。本书各个章节,几乎涵盖了生物技术应用的各个领域,力求使读者持有此书后,对整个生物技术的应用,有一个概括性的掌握和了解,能够更便捷地利用该书开展相关工作。②先进性。在本书的编写过程中,我们参考了近几年来生物技术在各个领域中应用的最新书目,文献和科研成果,并将新理论、新技术、新方法融为一体,力求反映生物技术的最新发展动态。③科学性。本书浓缩精华,对生物技术在各个领域的应用从理论到技术方法上都进行了

认真的归纳和提炼,力求简明扼要、深入简出。④实用性。本书向广大读者介绍的技术与方法成熟、先进、科学、可靠,能够指导科研、开发、生产与教学。

本书由刘仲敏研究员、林兴兵副研究员、杨生玉副教授主编;曹友声研究员、薛歧庚研究员主审;河南省科学院生物研究所、河南大学生命科学学院、河南省科学院、河南省生物技术开发中心、郑州牧业工程高等专科学校、河南双汇集团、三门峡天兴高新科技有限公司、三门峡湖滨果汁饮品有限公司等有关单位的专家、学者和工程技术人员参与了本书的编写。全书共分19章,各章的编写人员为:第一章刘仲敏、杨生玉,第二章于成德、王刚,第三章沈永红,第四章曾辉、王永芬,第五章刘丽,第六章宋惠娟,第七章唐秋艳,第八章李成文,第九章薛歧庚,第十章杨生玉、刘宇鹏,第十一章曲多,第十二章林兴兵、徐文彦、尤文辉,第十三章徐文彦、尤文辉,第十四章王子成,第十五章刘仲敏,第十六章王刚、于成德,第十七章董建军,第十八章林兴兵,第十九章董建军。

在本书的编著和出版过程中,河南省科技厅、河南省科学院生物研究所、河南理利生物工程有限公司等单位对该书的出版给予了鼎力支持;化学工业出版社的编辑对该书的组织编写及编校和出版倾注了大量心血,给予了多方面的指导;河南省生物工程学会为本书的编写做了大量的组织工作,在此一并表示衷心的感谢!

由于应用生物技术是一门涉及领域广,尚在发展之中的新兴学科,加之该书内容多,工作量大,编者自身的学术、技术水平和经验有限,书中难免有疏漏与不足之处。我们真诚希望有关专家、学者和读者不吝赐教,提出宝贵意见与建议。

编 者

2004年9月

内 容 提 要

现代生物技术的推广和发展是 20 世纪人类科技史上的重大进步,以现代应用生物技术及产业为核心的生物经济将成为继信息产业之后的又一个新的经济增长点。

本书从多个视角向读者全面系统地介绍了现代生物技术的概念、原理、研究方法、发展趋势及其在工业、农业、医药、食品、环境等领域中的应用。内容主要涉及生物技术四大工程、现代分子诊断技术、生物技术制药、基因治疗、发酵工程、生物能源、生物农药与生物肥料、现代生物技术安全性及社会伦理问题等诸多领域的内容。全书结构清晰,内容丰富,突出综合性、先进性、科学性、实用性。

本书可供生物工程、生物技术、生物化工、发酵工程、制药工程、食品工程及环境工程等专业师生参考;也适合生物医药、农业生物技术、食品发酵、环境保护等行业的科研、生产和管理人员参考。

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 现代应用生物技术的产生.....	1
一、传统生物技术.....	1
二、现代生物技术.....	2
第二节 现代应用生物技术的内容.....	2
第三节 全球应用生物技术的发展现状.....	4
第四节 中国应用生物技术的发展现状.....	8
第五节 现代应用生物技术展望	12
参考文献	13
第二章 基因工程	14
第一节 概述	14
一、基因研究及其发展	14
二、DNA 分子的结构和功能	15
三、基因工程的诞生	16
四、基因工程的步骤和内容	17
五、基因工程安全性问题	18
第二节 各种工具酶	18
一、工具酶与基因工程	18
二、限制性核酸内切酶	19
三、连接酶	21
四、基因工程中的修饰酶	21
第三节 目的基因的获得	23
一、物理化学法	23
二、鸟枪法	24
三、化学法合成目的基因	24
四、逆转录合成法	25
五、聚合酶链式反应	25
六、基因组文库的构建	26
七、cDNA 文库	28
第四节 基因载体的选择和构建	28
一、基因载体	28
二、质粒克隆载体	29
三、病毒和噬菌体载体	32
四、染色体定位整合克隆载体	33
五、人工染色体克隆载体	33

第五节 基因的体外重组和克隆	34
一、基因重组	34
二、基因重组对载体的要求	34
三、目的基因与载体连接前的处理	35
四、黏性末端 DNA 片段的连接	36
五、平齐末端 DNA 片段的连接	37
第六节 基因的转移与重组体的检测	38
一、重组体向受体细胞的导入	39
二、重组体克隆的筛选与鉴定	40
第七节 原核生物中目的基因的表达	42
一、大肠杆菌基因表达系统	43
二、芽孢杆菌表达系统	45
三、原核生物表达产物的分离纯化	46
第八节 真核生物细胞中目的基因的表达	47
一、酵母表达系统	47
二、哺乳动物细胞基因表达系统	48
参考文献	49
第三章 蛋白质工程	50
第一节 概述	50
一、蛋白质工程的主要内容和目的	50
二、蛋白质工程发展的基础	51
三、蛋白质工程研究手段	65
第二节 定点诱变在蛋白质工程中的应用	71
一、寡聚核苷酸介导的定点诱变	71
二、盒式诱变法	74
三、PCR 诱变	74
第三节 蛋白质改造的其他方法	75
一、蛋白质修饰	75
二、蛋白质分子设计	78
第四节 蛋白质工程进展	81
一、蛋白质结构预测	82
二、基于蛋白质结构的药物分子设计	84
三、蛋白质工程的应用	85
参考文献	87
第四章 酶工程	88
第一节 概述	88
一、酶的研究及其发展	88
二、酶工程简介	89
三、国内外酶制剂工业概况	90
第二节 酶的生产	92

一、微生物酶的发酵过程	93
二、动植物原料酶的生产和动植物细胞培养产酶	96
三、固定化细胞发酵产酶	97
第三节 酶的分离纯化	98
一、酶制剂的制备一般过程	99
二、酶的纯化与精制	100
三、酶纯度的鉴定技术	104
四、酶的保存	106
第四节 酶和细胞的固定化	106
一、酶的固定化	107
二、细胞的固定化	111
三、评价固定化酶(细胞)的指标	112
四、固定化酶(细胞)的应用	112
第五节 酶反应器	115
一、酶反应器的类型及特点	115
二、酶反应器的设计及选择	117
第六节 酶工程的其他一些研究领域	118
一、酶的化学修饰	118
二、非水相介质中的酶催化反应	120
三、酶的人工模拟	122
四、核酶和脱氧核酶	125
五、酶定向进化	126
第七节 酶的应用	128
一、酶在食品工业中的应用	128
二、酶在轻工业方面的应用	132
三、酶在医药方面的应用	134
四、酶在分析检测方面的应用	136
五、酶在环境保护方面的应用	137
参考文献	138
第五章 单克隆抗体和抗体工程	139
第一节 抗体概述	139
一、抗体的发展简介	139
二、抗体的结构与功能	140
第二节 单克隆抗体的产生	141
一、引言	141
二、单克隆抗体的生产	141
第三节 基因工程抗体	145
一、鼠单克隆抗体的人源化	145
二、单链抗体	146
三、抗体融合蛋白	146

四、噬菌体抗体.....	149
第四节 抗体的应用.....	150
一、抗体在临床疾病治疗中的应用.....	150
二、抗体在疾病诊断中的应用.....	156
第五节 抗体的表达系统.....	159
一、哺乳动物细胞表达系统.....	159
二、大肠杆菌表达系统.....	159
三、酵母表达系统.....	160
四、昆虫细胞表达系统.....	160
五、动植物表达系统.....	160
参考文献.....	161
第六章 现代分子诊断技术	162
第一节 酶联免疫吸附测定.....	163
一、酶联免疫吸附测定的原理.....	163
二、酶联免疫吸附测定的试剂与材料.....	163
三、常用酶联免疫吸附测定诊断技术.....	164
四、酶联免疫吸附测定最佳工作浓度的选定.....	168
五、酶联免疫吸附测定的应用.....	169
六、酶联免疫吸附测定的局限性.....	170
第二节 DNA 诊断技术	171
一、核酸杂交.....	171
二、疟疾的分子诊断.....	184
三、细菌性传染病及病毒性疾病的分子诊断技术.....	184
第三节 遗传疾病的分子诊断.....	187
一、遗传疾病的检测系统.....	187
二、遗传疾病的基因诊断选择.....	191
三、PCR 技术在遗传病诊断中的应用	193
第四节 癌症的分子诊断技术.....	194
一、癌基因与抑癌基因.....	195
二、肿瘤发生中的基因变化.....	197
三、原癌基因与抑癌基因的检测与评价.....	199
第五节 环境微生物的检测.....	201
一、PCR 技术在环境微生物检测中的应用	201
参考文献.....	204
第七章 现代生物技术与疫苗	206
第一节 概述.....	206
一、疫苗的研究与发展.....	206
二、疫苗的种类.....	207
三、疫苗的应用.....	208
第二节 现代生物技术在疫苗学中的应用.....	211

一、分子生物学与疫苗学·····	211
二、疫苗研究的技术·····	214
第三节 基因工程疫苗·····	217
一、简述·····	217
二、基因工程疫苗的免疫学基础·····	217
三、基因工程疫苗的反应原性和免疫原性·····	218
四、基因工程疫苗研究的进展·····	218
五、乙肝基因工程亚单位疫苗的产生·····	219
六、基因工程疫苗的应用前景·····	220
第四节 核酸疫苗·····	220
一、核酸疫苗的理论基础·····	220
二、核酸疫苗的作用机理·····	222
三、核酸疫苗的构建方法·····	222
四、DNA 疫苗免疫接种的方法及途径 ·····	225
五、DNA 疫苗的发展现状及趋势 ·····	226
第五节 活体重组疫苗及其载体·····	227
一、活体重组疫苗·····	227
二、活体疫苗载体·····	228
三、门哥病毒载体·····	230
四、金丝雀痘病毒载体·····	230
五、仙台病毒疫苗载体·····	231
六、麻疹病毒疫苗载体·····	231
七、沙门菌属疫苗载体·····	231
第六节 细菌性疫苗及其他疫苗·····	232
一、抗细菌疫苗·····	232
二、抗独特型抗体疫苗·····	233
三、恶性疟原虫疫苗·····	233
四、避孕疫苗·····	234
第七节 肿瘤疫苗·····	235
一、肿瘤细胞疫苗·····	235
二、胚胎抗原疫苗·····	236
三、病毒疫苗·····	236
四、癌症疫苗·····	236
五、合成多肽肿瘤疫苗·····	237
六、抗独特型疫苗·····	237
七、用肿瘤细胞冲击 APC 制备肿瘤疫苗 ·····	238
八、以双特异（功能）抗体修饰肿瘤细胞制备肿瘤疫苗·····	238
第八节 艾滋病疫苗·····	238
一、艾滋病病毒结构与感染特性·····	239
二、HIV 基因组及编码蛋白 ·····	239

三、艾滋病病毒侵入人体后的基因表达·····	240
四、实验性艾滋病疫苗的动物模型·····	240
五、艾滋病疫苗的研究现状·····	241
第九节 自身免疫性疾病的疫苗·····	242
第十节 治疗性疫苗·····	244
一、病毒性感染疾病的治疗疫苗·····	244
二、心血管疾病的治疗疫苗·····	244
三、细菌造成的血液感染的治疗疫苗·····	245
四、其他应用·····	245
五、附录：免疫发展的里程碑·····	245
参考文献·····	246
第八章 生物技术与制药·····	248
第一节 天然药物制药·····	248
一、植物来源的药物·····	248
二、动物来源的药物·····	252
三、人体来源的药物·····	255
四、天然海洋药物·····	256
五、微生物及矿物质类药物·····	258
第二节 基因工程药物·····	258
一、概述·····	258
二、基因工程药物分类·····	259
三、基因工程药物的生产·····	260
四、基因工程药物制备实例·····	263
参考文献·····	265
第九章 基因治疗·····	267
第一节 概述·····	267
一、基因治疗的研究及其发展·····	267
二、基因治疗的现状·····	268
第二节 基因转移载体·····	270
一、简述·····	270
二、逆转录病毒载体·····	271
三、腺病毒载体·····	271
四、腺相关病毒载体·····	272
五、单纯疱疹病毒载体·····	272
六、痘苗病毒载体·····	273
七、非病毒载体·····	274
第三节 基因治疗的方式·····	276
一、基因治疗的策略·····	276
二、基因治疗中基因转移的途径和方法·····	277
三、基因治疗的靶组织·····	278

第四节 常见疾病的基因治疗.....	278
一、血液循环疾病的基因治疗.....	278
二、心血管病的基因治疗.....	279
三、肿瘤的基因治疗.....	281
四、自杀基因治疗.....	283
五、HIV 感染的基因治疗	285
六、其他疾病的基因治疗.....	286
七、基因治疗前景.....	288
参考文献.....	288
第十章 现代发酵工程	289
第一节 概述.....	289
一、发酵工业发展简史.....	289
二、发酵工业的特征.....	292
三、发酵工业的应用范畴.....	293
四、现代发酵工程的意义和展望.....	296
第二节 微生物发酵.....	296
一、菌种及工业生产常用微生物.....	296
二、培养基.....	299
三、灭菌.....	304
四、发酵的一般过程.....	306
第三节 菌种的选育及保藏.....	308
一、自然选育.....	308
二、诱变育种.....	309
三、杂交育种.....	314
四、代谢控制育种.....	318
五、基因工程育种.....	319
六、微生物菌种的保藏与复壮.....	321
第四节 微生物代谢与调控.....	324
一、微生物的代谢.....	324
二、微生物初级代谢的调节控制.....	325
三、微生物次级代谢的调节控制.....	327
第五节 发酵过程控制.....	331
一、发酵过程的主要控制参数.....	331
二、发酵过程中的代谢变化.....	333
三、基质的影响及补料的控制.....	334
四、温度的影响及其控制.....	337
五、pH 的影响及其控制	339
六、溶解氧的影响及其控制.....	340
七、CO ₂ 的影响及其控制	342
八、泡沫的影响及其控制.....	344

九、发酵终点的确定·····	346
十、发酵染菌的防治及处理·····	346
十一、基因工程菌发酵的控制·····	350
第六节 发酵产品的提取和精制·····	353
一、发酵液的预处理和过滤·····	354
二、发酵产品的提取·····	355
三、发酵产品的精制·····	357
参考文献·····	360
第十一章 生物技术与食品 ·····	362
第一节 生物技术与食品加工·····	362
一、生物技术与蛋白类食品·····	362
二、生物技术与酿造类食品·····	365
三、生物技术与饮料工业·····	368
四、食品添加剂·····	372
五、功能性食品·····	374
第二节 生物技术与食品检测·····	376
一、免疫学技术在食品检测中的应用·····	376
二、分子生物学技术应用·····	378
第三节 转基因食品·····	378
一、转基因食品概述·····	378
二、转基因食品的检测·····	380
三、转基因食品的安全性及其展望·····	382
参考文献·····	383
第十二章 现代生物技术与能源开发 ·····	384
第一节 微生物冶金·····	384
一、微生物冶金的原理·····	384
二、用于冶金工业的微生物·····	385
三、细菌浸出的工业化方法·····	387
四、微生物冶金技术的实际应用·····	388
五、微生物冶金的前景·····	389
第二节 燃料乙醇·····	390
一、采用燃料乙醇的意义·····	390
二、燃料乙醇的生产·····	391
三、乙醇汽油的调和方法·····	392
四、燃料乙醇的发展状况·····	393
第三节 沼气发酵·····	394
一、发展沼气的意义·····	394
二、沼气发酵·····	395
参考文献·····	398
第十三章 现代生物技术与环境保护 ·····	400

第一节 污水的微生物净化.....	400
一、废水生物处理概述.....	400
二、好氧生物处理技术.....	404
三、厌氧生物处理工艺.....	408
第二节 大气净化生物技术.....	410
一、生物处理废气的原理.....	411
二、废气生物处理的工艺.....	411
三、二氧化碳的生物处理.....	413
四、废气生物处理的现状与展望.....	415
第三节 固体垃圾的处理.....	416
一、堆肥法.....	416
二、填埋技术.....	418
第四节 生物修复技术.....	418
一、生物修复的基本原理和主要方法.....	418
二、土壤污染的生物恢复技术.....	420
三、地下水污染的生物修复技术.....	423
第五节 基因工程与污染治理.....	424
一、降解卤代芳烃的基因工程菌.....	425
二、降解除草剂的基因工程菌.....	425
三、防治杀虫剂的基因工程菌.....	425
四、石油降解功能菌.....	425
第六节 环境污染监测与评价的生物技术.....	426
一、环境污染的生物监测与评价.....	426
二、核酸探针在环境监测中的应用.....	430
三、PCR 技术	431
四、生物传感器.....	431
参考文献.....	435
第十四章 农业生物技术及其应用.....	436
第一节 植物细胞工程.....	436
一、植物组织培养.....	436
二、植物原生质体培养和体细胞杂交技术.....	443
第二节 植物转基因技术及应用.....	446
一、植物基因转化技术.....	447
二、转基因植物的应用研究.....	450
第三节 动物克隆技术.....	458
一、动物克隆的概念及意义.....	458
二、动物胚胎分割技术.....	460
三、动物胚胎细胞核移植技术.....	461
四、动物分化体细胞核移植.....	463
五、动物克隆主要技术操作举例.....	463

六、动物克隆技术的发展及产业化.....	464
七、克隆技术存在的问题.....	466
第四节 转基因动物研究.....	466
一、转基因动物研究概述.....	466
二、动物转基因技术.....	468
三、转基因家畜、鱼和家禽.....	471
四、动物转基因面临的问题和展望.....	474
参考文献.....	474
第十五章 生物农药	476
第一节 概述.....	476
一、生物农药的分类.....	476
二、生物农药的成分来源、作用机制和作用对象.....	477
第二节 生物农药的毒力和药效.....	482
一、毒力和药效的概念.....	483
二、毒力的表示及分析.....	483
三、药效的表示及分析.....	485
第三节 生物农药的开发生产和使用.....	488
一、细菌杀虫剂的开发与生产.....	488
二、真菌杀虫剂的开发与生产.....	490
三、病毒杀虫剂的开发与生产.....	493
四、线虫和原生动物杀虫剂的开发与生产.....	494
五、农用抗生素的开发与生产.....	495
六、微生物除草剂的开发与生产.....	495
七、植物源生物化学农药的开发与生产.....	496
八、生物农药的加工剂型和辅助剂.....	496
九、生物农药的使用方法.....	497
第四节 生物农药的质量检验.....	498
一、白僵菌.....	498
二、苏云金杆菌.....	499
三、昆虫病毒杀虫剂.....	499
四、农用抗生素.....	500
第五节 生物农药发展与应用展望.....	501
参考文献.....	503
第十六章 微生物肥料	504
第一节 概述.....	504
一、微生物肥料的含义和特点.....	504
二、微生物肥料的主要类型.....	505
三、微生物肥料的作用.....	506
第二节 营养元素循环及其在植物中的作用.....	508
一、氮循环.....	508