



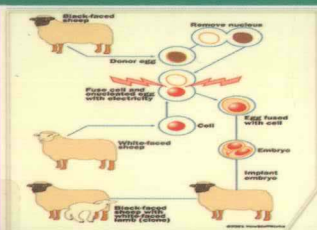
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物工程概论

(第二版)

SHENGWU GONGCHENG GAILUN

■ 主编 利容千



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

SHENGWUXUE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物工程概论

(第二版)

主 编：利容千

副主编：梅星元 彭银祥 刘隆炎

编 者：(以姓氏笔画为序)

王明全 叶 斌 付光明

刘隆炎 李 勃 李合生

李云捷 利容千 何昌义

陈明亮 张甲耀 禹邦超

胡耀星 黄方一 梅星元

彭银祥 谢朝阳 谭新国

主 审：吴柏春

华中师范大学出版社

内 容 提 要

本书全面地介绍了生物工程、生物技术的基本内容、应用及其产业化,内容丰富、通俗易懂、可读性强,是一本生物工程、生物技术的高级科学普及教材。全书共分为十三章,内容涉及基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和蛋白质工程,着重介绍生物技术在医药、农业、食品、环境保护、能源、海洋生物开发等领域的应用,以及现代生物技术的安全性及社会伦理等。

本书是为高等院校非生物工程、生物技术类专业编写的教材,也可供从事生物工程、生物技术领域工作的有关人员阅读、自学和参考。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

生物工程概论(第二版)/利容千 主编.—2 版.—武汉:华中师范大学出版社, 2007.8(2008.1 重印)

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-5622-3335-0

I. 生... II. 利... III. 生物工程—高等学校—教材 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 079759 号

书 名: 生物工程概论(第二版)

主 编: 利容千 ©

选题策划: 华中师范大学出版社第二编辑室 电话: 027-67867362

出版发行: 华中师范大学出版社

地 址: 武汉市武昌珞喻路 152 号 邮编: 430079

销售电话: 027-67863426 67863040 67867076 67867371 67861549

邮购电话: 027-67861321 传真: 027-67863291

网址: <http://www.ccupress.com> 电子信箱: hscbs@public.wh.hb.cn

经 销: 新华书店湖北发行所

责任编辑: 刘 敏

封面设计: 罗明波

责任校对: 张 忠

印 刷 者: 湖北恒泰印务有限公司

督 印: 章光琼

开本/规格: 787mm×960mm 1/16

印 张: 12.75

插 页: 1

字 数: 248 千字

版次/印次: 2007 年 8 月第 2 版 2008 年 1 月第 2 次印刷

印 数: 8 001—12 000

定 价: 23.00 元 (附 DVD 1 张)

敬告读者: 欢迎上网查询, 购书, 举报盗版, 电话 027-67861321。

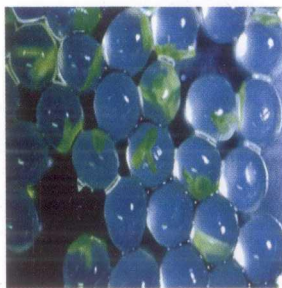
本书如有印装质量问题, 可向承印厂调换。



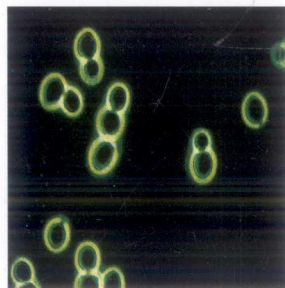
a



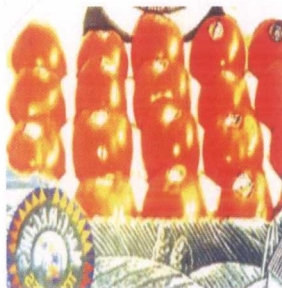
b



c



d



e



f



g



h



i



j



k



l

a. 单细胞培养；b. 试管苗；c. 人工种子；d. 细胞融合；e. 原生质体融合-蕃番茄；f. 生产促性腺绒毛激素的矮牵牛（美国）；g. 转基因抗虫棉（中国）；h. 乳汁中分泌人凝血因子Ⅸ的转基因山羊；i. 世界首例试管婴儿路易斯·布朗（英国）；j. 组织工程——裸鼠背部人耳（中国）；k. 世界首例体细胞克隆动物多莉（英国）；l. 世界首例干细胞培育出的人眼角膜（日本）



第二版前言

自 20 世纪 70 年代初以来,以基因工程为核心的现代生物技术雨后春笋般地迅速发展,成为影响世界经济的重要科学技术之一。进入 21 世纪,随着人类基因组测序取得巨大成功,生物技术步入了后基因组时代,DNA 芯片、蛋白质组学、药物基因组学、生物信息学和系统生物学研究兴起,为生物技术的发展注入了巨大的生机和活力。2006 年初,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006 年—2020 年)》,提出要在生物领域的前沿技术,如靶标发现技术、动植物品种与药物分子设计技术、基因操作和蛋白质工程技术、基于干细胞的人体组织工程技术和新一代工业生物技术等五个方面达到世界先进水平,并把“生物技术作为未来高新技术产业迎头赶上的战略重点,加强生物技术在农业、工业、人口和健康等领域的应用”,以加速我国生物技术、生物产业和生物经济的整合发展,提升国际地位,扩大国际影响,造福世界人民。

我校是全国生物工程类普通高等本科院校,以培养应用型生物工程技术专门人才为目标,与此同时,还要使全校非生物工程、生物技术专业的学生都能了解生物工程技术这门学科的基本内容及其与国计民生、人类社会的密切关系,促进文、理、工学科交融和文科管理人才培养模式的创新。为此,《生物工程概论》第一版自 2006 年 6 月出版以来,作为非生物专业学生的通读教材,以其科学性、严谨性、针对性、可读性深受广大读者的欢迎和同行专家的好评,并荣幸地被教育部审定批准为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为了进一步提高教材的质量,在华中师范大学出版社的建议下,我们结合在教学实践中的体会以及读者反馈的意见,重点从本书的系统性、前瞻性和应用性进行修订和改版。

第二版保留了初版的结构体系和写作风格,调整了部分章节的改编人员,如彭银祥(第二版前言),王明全、刘隆炎(第 3 章),禹邦超(第 5 章),黄方一(第 6 章),张甲耀、陈明亮、谢朝阳(第 10 章),付光明、李勃(第 11 章);其他章节由原书相应作者负责修改。全书由刘隆炎统稿。



本书再版承蒙武汉生物工程学院院长邓宗琦教授的悉心指导,在此表示最衷心的感谢。由于当今世界生物技术的发展异常迅速,使我们在第二版中仍可能有许多的不足之处,在此衷心欢迎广大读者不吝指正,以使本书再版时,更臻完善。

编 者

2007年5月于武汉生物工程学院



第一版前言

生命科学是 21 世纪科技与经济竞争的焦点之一。人类目前所面临的人口与健康、粮食、环保、能源、资源等重大技术问题的解决,都有赖于生命科学和生物技术领域理论与技术的突破;理、工、农、医等科技的发展,伦理、道德、法律等社会问题也都与生命科学有着密切的关系。生命科学与技术的发展对人类社会生活、生命安全产生着重大的影响,从而给世界带来了机遇与挑战,也为中国及其企业的发展带来了机遇与挑战。相对于其他领域,我国现代生物技术领域的水平与发达国家相比差距是最小的,如果我们能够抓住这个千载难逢的历史机遇,落实科学发展观,则必能为中华民族复兴这一宏伟目标的实现作出我们的贡献。

中央政府已经对生物产业发展作出战略部署,提出我国要发展生物经济,造福世界人民,要成为生物技术强国和生物技术大国。我校是全国第一所生物工程类普通高等本科院校,不仅要培养生物工程技术专门人才,还要使全校非生物工程、生物技术专业的学生都能了解生物工程、生物技术这门学科的基本内容及其与国计民生、人类社会的密切关系,结合他们的专业将来更好地为社会服务,故非常有必要开设“生物工程概论”课程,进行知识拓展。为此,我们特组织有关专业的教师编写了这部教材。

本书共十三章,分为两大部分。前部分 1~6 章,包括绪论、基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和蛋白质工程,介绍基本理论知识;后部分 7~13 章,介绍生物技术与医药、农业、食品、环境保护、生物能源、海洋生物开发以及现代生物技术的安全性及社会伦理等各个领域的应用。

本书编写的指导思想是力求内容丰富全面、文字通俗易懂,尽可能反映现代生物技术各领域的最新成就和研究进展。本书定位于生物类高级科普读物,可供非生物工程、生物技术的其他专业学生、干部、科技工作者和工作人员阅读和参考。

参与本书编写的有利容千(第 1、12 章),刘隆炎(第 2、7、13 章),王明全(第 3 章),梅星元、谭新国、叶斌(第 4 章),禹邦超(第 5 章),彭银祥、黄方一(第 6 章),李合生(第 8 章),胡耀星、李云捷(第 9 章),陈明亮、谢朝阳(第 10 章),何昌义(第 11 章),另外,黄方一还参加了书稿体例的编排及全书的整理工作。



本书承蒙武汉生物工程学院院长邓宗琦教授的关心和指导,吴柏春教授对本书内容进行了审定,在此一并致谢!

本书在编写过程中,尽管参考了国内外有关书籍和近期文献,但限于编者知识水平和写作能力有限,谬误和不足之处在所难免,敬请读者赐教指正。

编 者

2005 年 10 月于武汉生物工程学院



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物工程与生物技术的含义	1
1.2 生物技术的产生	1
1.2.1 传统生物技术	2
1.2.2 近代生物技术	2
1.2.3 现代生物技术	2
1.3 生物工程的基本内容	2
1.3.1 基因工程	2
1.3.2 细胞工程	3
1.3.3 酶工程	3
1.3.4 发酵工程	3
1.3.5 蛋白质工程	3
1.3.6 五大生物工程技术之间的关系	3
1.4 生物技术涉及的学科及其技术	4
1.5 现代生物技术的应用与产业化	5
1.5.1 生物技术在各个领域的应用	5
1.5.2 应用生物技术的产业化及其基本特征	7
1.6 现代生物技术的发展现状	8
1.7 现代生物技术对于人类生活、社会生存的重要影响	10
思考题	11
第 2 章 基因工程	12
2.1 基因工程的概念	12
2.2 DNA 的结构与功能	13
2.2.1 DNA 的化学组成和分子结构	13
2.2.2 基因的分子结构	15
2.2.3 基因的功能	16
2.3 基因工程的“施工”步骤	18
2.4 目的基因的分离与合成	19
2.4.1 反向转录法	20



2.4.2 从细胞基因组中直接分离	20
2.4.3 用 PCR 技术从基因组中扩增出目的基因	21
2.5 基因工程工具酶	21
2.5.1 限制性内切酶	22
2.5.2 连接酶	23
2.5.3 其他基因工程工具酶	23
2.6 基因克隆载体	23
2.6.1 质粒克隆载体	24
2.6.2 病毒(噬菌体)克隆载体	24
2.6.3 人工染色体克隆载体	25
2.7 目的基因导入受体细胞	25
2.7.1 受体细胞	25
2.7.2 重组 DNA 导入受体细胞途径	26
2.8 基因工程的发展趋势	27
思考题	30
第 3 章 细胞工程	31
3.1 基本概念	31
3.1.1 细胞的基本结构	31
3.1.2 细胞分裂	32
3.2 植物细胞工程	34
3.2.1 植物细胞的全能性	34
3.2.2 植物组织培养程序	34
3.2.3 细胞培养	36
3.2.4 原生质体培养和融合	39
3.2.5 单倍体	41
3.3 动物细胞工程	44
3.3.1 动物细胞培养	45
3.3.2 昆虫细胞培养	47
3.3.3 动物细胞融合	47
3.3.4 核移植与动物克隆	48
3.3.5 干细胞技术	52
3.3.6 组织工程	53
思考题	53



第4章 发酵工程	54
4.1 发酵工程概述	54
4.1.1 发酵与发酵工程	54
4.1.2 发酵工程的发展回顾	55
4.2 发酵工业的生产过程和设备	57
4.2.1 原料预处理	58
4.2.2 发酵培养基的配制	58
4.2.3 发酵生产中的灭菌技术	58
4.2.4 无菌空气的制备	59
4.2.5 种子的扩大培养	59
4.2.6 发酵过程的设备	59
4.2.7 发酵过程的操作方式	60
4.2.8 发酵产品的分离和纯化	61
4.3 我国发酵工业的现状与展望	62
4.3.1 我国发酵工业的现状	62
4.3.2 我国发酵工业的展望	63
思考题	64
第5章 酶工程	65
5.1 酶工程的概念	65
5.1.1 酶催化的特点	66
5.1.2 酶工程的六大板块	67
5.2 酶的生产	67
5.2.1 获得生物催化剂的基本途径	67
5.2.2 酶的发酵生产	68
5.2.3 酶的分离纯化	69
5.3 工程酶	73
5.3.1 工程酶的概念	73
5.3.2 固定化酶	73
5.3.3 修饰酶	75
5.3.4 人工酶	76
5.4 酶反应器	76
5.4.1 酶反应器的基本类型	76
5.4.2 酶反应器的选择	77
5.4.3 酶反应器的操作	78



5.5 酶的应用及酶工程研究新领域	79
5.5.1 酶的应用概述	79
5.5.2 酶工程研究的新领域	80
思考题	81
第6章 蛋白质工程	82
6.1 蛋白质结构基础	82
6.1.1 蛋白质的化学组成	82
6.1.2 蛋白质的结构	83
6.1.3 蛋白质结构与功能的关系	84
6.2 蛋白质工程的研究方法	85
6.2.1 蛋白质工程的研究的一般步骤	85
6.2.2 蛋白质的纯化	86
6.2.3 蛋白质的分子设计	86
6.2.4 蛋白质工程与基因工程	86
6.3 定位诱变技术在蛋白质工程中的应用	87
6.3.1 提高 T4 溶菌酶的热稳定性	87
6.3.2 提高重组 β 干扰素的专一活性与稳定性	87
6.3.3 胰岛素的蛋白质工程	87
6.4 蛋白质工程展望	89
思考题	90
第7章 生物技术与医药	91
7.1 天然药物制药	91
7.1.1 动植物来源的药物	91
7.1.2 微生物来源的药物	92
7.1.3 天然海洋药物	92
7.2 DNA 诊断	93
7.2.1 DNA 诊断概念与特点	93
7.2.2 DNA 诊断在遗传性疾病中的应用	93
7.2.3 产前 DNA 诊断	95
7.2.4 DNA 诊断在恶性肿瘤中的应用	96
7.2.5 DNA 诊断在感染性疾病中的应用	96
7.2.6 基因检测——21 世纪预防医学最伟大的发明	97
7.2.7 DNA 芯片(DNA chip)	98
7.3 基因工程制药	98



7.3.1 激素和多肽类	100
7.3.2 酶类	100
7.3.3 疫苗	100
7.3.4 单克隆抗体	101
7.4 基因治疗	102
7.4.1 基因治疗概述	102
7.4.2 基因治疗的策略	103
7.4.3 遗传性疾病的基因治疗	103
7.4.4 肿瘤的基因治疗	104
7.4.5 神经系统疾病的基因治疗	104
7.4.6 反义疗法	105
7.4.7 自杀基因疗法	105
7.5 DNA 指纹鉴定	106
7.6 干细胞技术与治疗性克隆	106
7.6.1 干细胞技术	106
7.6.2 治疗性克隆	107
7.7 人类基因组计划	108
思考题	109
第 8 章 生物技术与农业	110
8.1 农业植物生物技术	110
8.1.1 植物组织培养技术在农业上的应用	110
8.1.2 细胞融合技术的应用	113
8.1.3 植物转基因育种	114
8.1.4 植物人工种子的研制和应用	118
8.1.5 农作物分子标记辅助育种	119
8.2 农业动物生物技术	120
8.2.1 动物转基因技术与分子育种	120
8.2.2 动物胚胎生物工程	123
8.2.3 动物克隆技术	127
8.2.4 生物技术在动物饲料作物育种及饲料工业上的应用	127
8.3 农业微生物技术	129
8.3.1 微生物肥料	129
8.3.2 生物固氮	129
8.3.3 微生物农药	130



8.3.4	农产品有害残留物质的微生物降解	131
8.3.5	微生物精饲料	131
8.3.6	微生物在粗饲料资源开发上的利用	131
思考题		132
第9章 生物技术与食品		133
9.1	生物技术与食品加工	133
9.1.1	蛋白制品加工	133
9.1.2	乳品工业	134
9.1.3	酿造类食品	134
9.1.4	蛋品加工	135
9.1.5	面包焙烤与谷类食品发酵	135
9.2	生物技术与食品贮藏和保鲜	136
9.2.1	生物技术在食品保鲜贮存中的应用	136
9.2.2	生物技术在食品贮藏与保鲜中存在的问题及发展趋势	137
9.3	新型食品原料综合利用	137
9.3.1	生物技术在果蔬综合利用中的应用	137
9.3.2	生物技术在肉制品加工综合利用中的应用	138
9.3.3	生物技术在粮油综合利用中的应用	139
9.4	生物技术在食品分析中的应用	139
9.4.1	检测食品鲜度	140
9.4.2	食品分析中的应用	140
9.5	生物技术与食品添加剂	140
9.5.1	调味剂和香料	140
9.5.2	天然色素的开发	142
9.5.3	生物防腐剂的开发	143
思考题		144
第10章 生物技术与环境保护		145
10.1	环境问题——人类生存与发展面临的严峻挑战	145
10.2	环境污染监测与评价的生物技术	146
10.2.1	指示生物在环境监测与评价中的应用	146
10.2.2	核酸探针和PCR技术在环境监测与评价中的应用	147
10.3	不同类型污染的生物处理技术	148
10.3.1	污水的生物处理	148
10.3.2	大气污染的生物处理	150



10.3.3 固体废弃物的生物处理·····	151
10.4 污染环境的生物修复·····	152
10.4.1 生物修复工程的主要处理方法·····	153
10.4.2 重金属污染土壤的生物修复·····	154
10.4.3 海洋污染的生物修复技术·····	155
10.5 环境污染预防的生物技术·····	157
10.5.1 清洁生产技术·····	157
10.5.2 环境友好材料开发中的生物技术·····	158
思考题·····	158
第 11 章 生物技术与能源 ·····	159
11.1 生物能源概述·····	159
11.2 生物质转化燃料酒精技术·····	161
11.2.1 燃料酒精的基本概况·····	161
11.2.2 燃料酒精的工业化生产·····	162
11.2.3 生物质转化燃料酒精的技术难点·····	163
11.2.4 蒸汽爆碎技术·····	163
11.3 生物柴油·····	164
11.3.1 生物柴油的主要特征·····	164
11.3.2 生物柴油的生产方法·····	164
11.3.3 国外生物柴油的发展状况·····	165
11.3.4 我国生物柴油的发展状况·····	166
11.3.5 我国生物柴油的产业化前景·····	167
11.4 沼气·····	168
11.4.1 沼气发酵条件·····	168
11.4.2 发酵工艺·····	169
11.4.3 沼气综合效益·····	169
11.5 生物制氢·····	170
11.5.1 生物产氢·····	170
11.5.2 氢能发展远景·····	170
思考题·····	171
第 12 章 生物技术与海洋生物开发 ·····	172
12.1 海洋生物农业·····	172
12.1.1 海洋农业·····	172
12.1.2 海水农业开发·····	173



12.2 海洋生物药物与保健品	174
12.3 海洋生物能源	175
12.4 海洋生物生产有用物质	176
12.4.1 微生物酶制剂	176
12.4.2 海洋生物毒素	177
12.4.3 海洋生物新材料	177
12.4.4 海洋生物中的新肥料	178
12.5 发展海洋生物工程的前景	178
思考题	179
第13章 现代生物技术的安全性及社会伦理问题	180
13.1 生物技术的安全性	180
13.1.1 生物技术的安全性概念	180
13.1.2 世界各国对生物安全问题的认识和管理	181
13.1.3 关于生物安全的对策和建议	182
13.1.4 生物武器	182
13.2 人类基因组计划与伦理	184
13.2.1 保护基因隐私权,反对基因歧视	185
13.2.2 畸形优生学的死灰复燃	186
13.2.3 基因专利转化商品出售的伦理问题	186
13.3 动物克隆和人类克隆与伦理	187
13.3.1 克隆人的伦理与法律	187
13.3.2 利用克隆动物器官进行器官移植的伦理问题	188
思考题	189
主要参考文献	190



第1章 绪 论

1.1 生物工程与生物技术的含义

21 世纪是生命科学的世纪。而生物工程和生物技术是科技与产业发展的重点,是国际科技和经济竞争的焦点,对于世界经济将产生革命性变革的影响。那么,什么是生物工程和生物技术呢?实际上生物技术来源于生命科学和工程技术的结合,英文名为“biotechnology”,有时也称为生物工程(bioengineering),但也有人认为生物工程就是生物技术的统称,是指运用生物化学、分子生物学、微生物学、遗传学等原理与生化工程相结合来改造或重新设计细胞的遗传特性,培育出新的品种;以工业规模利用现有生物体系、生物化学过程来制造工业产品。换句话说,就是将活的生物体、生物体系或生命过程产业化的过程。

1982 年国际经济合作与发展组织对生物技术这一名词的定义为:生物技术是应用自然科学及工程学的原理,依靠生物体(微生物、动物、植物体)作为反应器,将物料进行加工并提供产品来为社会服务的技术。

较为完整的概念,生物技术就是正在逐步形成的,与微生物学、生物化学、化学工程等多学科密切相关并相结合的综合性边缘学科,它是以生命科学为基础,利用生物(细胞组织及其组成部分)的特性和功能,设计构建具有预期性能的新物质或新品系,以及与工程原理相结合,加工生产成产品或提供服务的综合性技术。

因此,通常提到的生物技术密切联系到生物工程的内容;而生物工程必然包含有生物技术的具体方法和手段。而运用各种生物技术,是为最终达到生产成生物工程新产品的目的。

1.2 生物技术的产生

现在我们谈论的生物技术是广义的生物技术,从更广泛的意义上讲,生物技术的历史几乎与人类文明史同时开始,最初农业活动的产生,便是生物技术的起点。各项与生命活动的改造、改良有关的技术都称为生物技术也未尝不可,于是人们把生物技术大致地分为三个不同的发展阶段:传统生物技术、近代生物技术和现代生物技术。