



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

Introduction to Biotechnology

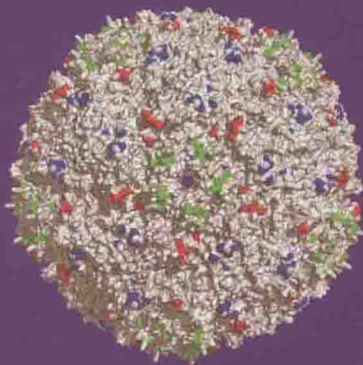
(Fourth Edition)

| 生命科学经典教材系列 |

生物技术概论

(第四版)

宋思扬 | 楼士林◎主编



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
生命科学经典教材系列

生物技术概论

(第四版)

宋思扬 楼士林 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书自1999年第一版面市以来,深受读者欢迎,已被许多高校选作教材。第三版和第四版分别被列为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“‘十二五’普通高等教育本科国家级规划教材”。此次改版是在原有结构体系的基础上增加新的进展,删除部分过时或庞杂的内容。

本书内容丰富、新颖、文字流畅,可读性强,全面介绍了现代生物技术的概念、原理、研究方法、发展方向及其实际应用。内容涉及基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程,以及生物技术农业、食品、医药、能源、环境保护等领域中的应用,同时还概要介绍了对生物技术发明创新的保护,以及生物技术的安全性等。全书共分13章,每章后附有小结及复习思考题,全书后附有主要参考文献。

本书可作为高等院校非生物专业学生素质教育的教材,也可供各类高校有关专业本科生、研究生及教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物技术概论/宋思扬,楼士林主编.—4版.—北京:科学出版社,2014
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材·生命科学经典教材系列
ISBN 978-7-03-041108-2

I. ①生… II. ①宋…②楼… III. ①生物技术-高等学校-教材 IV. ①Q81

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第129082号

责任编辑:席慧 杨晓庆/责任校对:李影

责任印制:阎磊/封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1999年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年7月第 四 版 印张:20 3/4

2014年7月第三十一次印刷 字数:524 000

定价:39.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第四版前言

《生物技术概论》自1999年第一版出版以来,已经历了15年的时间,自第三版出版至今也已经历了7年,自第一版起历经了30次重印发行。国内不少高等院校选择本书作为相关专业本科生或非生物专业本科生素质教育的教材,有的高等院校还将其选为研究生入学考试的参考书。本书于2006年和2012年分别被教育部遴选为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”和“‘十二五’普通高等教育本科国家级规划教材”。

本次再版,保持了本书一贯的结构体系和写作风格,即全书仍然分为13章,1~6章介绍了生物技术的基础知识和基本原理,7~13章介绍了生物技术在各个相关领域的应用。

此次再版的总原则是在篇幅不变的情况下,删繁就简。修订过程中,接受了兄弟院校在使用本书后提出的合理化意见和建议;吸收新的成果,引进新的资料,反映新的动态;对第三版中不尽合理的地方进行修改。总体原则是在生物技术的工程原理方面删除了过于繁杂部分,适当降低难度;在生物技术应用的热点问题方面,适当地增加篇幅展开讨论,如大众关心的生物技术安全性,特别是转基因产品的安全性问题,利用生物技术生产新能源的问题,生物技术与环境修复的问题。

此次改版同样秉承本书的指导思想——力求内容全面而新颖,概念准确,语言深入浅出,通俗易懂,能反映生物技术各领域的最新研究进展及其应用。限于作者的知识水平和写作能力,不一定能够达到以上的要求,书中可能还存在不妥之处,因此,真诚地希望各位读者一如既往地提出批评并指正,以便再版时改正。

本书的许多内容和插图来自多个方面,大多在书中相关的地方或参考文献中得以体现,在此作者特向各位同仁表示衷心感谢!本书的顺利出版、发行还得益于科学出版社各位编辑的辛勤劳动,在此一并表示衷心感谢!

作 者

2014年3月6日于厦门大学

第三版前言

《生物技术概论》自第一版出版以来已有 8 年，自第二版出版以来也已有 4 年，其间历经了 18 次重印。国内许多高等院校选择本书作为相关专业本科生或非生物学专业本科生素质教育的教材，有的高等院校还将其选为研究生入学考试的参考书。本书也被列为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

自第二版问世以来，虽然只有 4 年的时间，但在此期间，有关学科发展迅速，新技术、新成果不断涌现。兄弟院校在使用过程中，也提出了一些修改意见和建议。为了能够及时地吸收新成果，引进新资料，反映新动态，并对第二版中不尽合理的部分内容进行修改，我们决定重新修订。

本次修订保留了第一版和第二版的结构体系和写作风格，但面对庞大的知识体系，我们一方面力求吸收重大新技术和新成果；另一方面为避免篇幅过大，调整或删除了第二版的部分内容。

在本书的使用过程中，不少兄弟院校的任课教师希望能提供相应的课件以方便教学。所以此次修订在既往教学课件的基础上，我们一并编写了适用于教学用的课件。课件的内容是按照教材的结构体系和知识体系进行编排的。在具体使用过程中可以根据需要做适当的调整或删除。为了方便对课件进行调整和修改，课件的编写采用了常用的 PowerPoint 软件。

本书作者的科研和教学任务繁重，同时受限于知识水平和写作能力，尽管我们仍然秉持第一版和第二版写作时的指导思想——力求内容全面而新颖、概念准确、语言深入浅出、通俗易懂，反映生物技术各领域的最新研究进展，但书中的错误和问题肯定还有不少。我们衷心地希望读者能一如既往地对本书提出批评并给予指正。

作 者

2007 年 3 月于厦门大学

《生物技术概论》(第四版) 教学课件免费索取单

凡是使用《生物技术概论》(第四版) 作为教材的院校与教师, 均可免费获赠由作者提供的教学课件一份。欢迎来函、来电联系, 数量有限, 赠完为止。本活动解释权在科学出版社。

教师反馈表

姓名:	职称 / 职务:
大学:	院系:
电话:	QQ 号码:
电子邮件 (重要):	
通讯地址及邮编:	
所授课程 (一):	人数:
课程对象: ☐ 研究生 ☐ 本科 (____ 年级) ☐ 其他 _____	授课专业:
使用教材名称 / 作者 / 出版社:	
所授课程 (二):	人数:
课程对象: ☐ 研究生 ☐ 本科 (____ 年级) ☐ 其他 _____	授课专业:
使用教材名称 / 作者 / 出版社:	
您对《生物技术概论》(第四版) 的评价及对第五版的修改意见:	
贵校 (学院) 开设的与生命科学相关的公共课程有哪些? 使用的教材名称/作者/出版社?	
推荐国外优秀教材名称 / 作者 / 出版社:	
院系证明 (建议加盖公章):	

回执地址: 北京市东城区东黄城根北街 16 号 科学出版社 农林与生命科学分社 (邮编 100717)

本回执以扫描形式或照片形式发送至邮箱。

联系人: 席慧 咨询电话: 010-64000815

电子邮箱: xihui@mail.sciencep.com

目 录

第四版前言

第三版前言

1 生物技术总论	1
1.1 生物技术的含义	2
1.1.1 生物技术的定义	2
1.1.2 生物技术的种类及其相互关系	2
1.1.3 生物技术涉及的学科	3
1.2 生物技术发展简史	6
1.2.1 传统生物技术的产生	6
1.2.2 现代生物技术的发展	6
1.3 生物技术对经济社会发展的影响	7
1.3.1 改善农业生产, 解决食品短缺	7
1.3.2 提高生命质量, 延长人类寿命	9
1.3.3 解决能源危机, 治理环境污染	11
1.3.4 制造工业原料, 生产贵重金属	12
1.3.5 生物技术的安全及其对伦理、道德、 法律的影响	12
复习思考题	14
2 基因工程	15
2.1 基因工程概况	16
2.1.1 基因工程的含义	16
2.1.2 基因工程研究的理论依据	16
2.1.3 基因工程操作的基本技术路线	17
2.2 DNA 重组	18
2.2.1 DNA 的一般性质	18
2.2.2 获得需要的 DNA 片段	21
2.2.3 DNA 片段的连接	25
2.3 基因克隆载体	26
2.3.1 质粒载体	27
2.3.2 病毒(噬菌体)克隆载体	28
2.3.3 人工染色体载体	31
2.3.4 基因表达载体	32
2.4 目的基因	33
2.4.1 目的基因来源	33
2.4.2 分离目的基因的途径	33

2.5 目的基因导入受体细胞	36
2.5.1 受体细胞	36
2.5.2 重组 DNA 分子导入受体细胞	37
2.5.3 克隆子的筛选	39
2.5.4 重组子的鉴定	41
2.6 基因工程技术与国计民生	43
2.6.1 基因工程技术用于诊断疾病	44
2.6.2 基因工程技术用于研制药物	44
2.6.3 基因工程技术用于转基因植物	45
2.6.4 基因工程技术用于转基因动物	46
2.6.5 基因工程的安全性问题与对策	46
复习思考题	47
3 细胞工程	48
3.1 细胞工程的基础知识与基本技术	49
3.1.1 基础知识	49
3.1.2 基本操作	49
3.2 植物细胞工程	50
3.2.1 植物组织培养	50
3.2.2 植物细胞培养和次生代谢物的生产	52
3.2.3 植物细胞原生质体制备与融合	54
3.2.4 单倍体植物的诱发与利用	56
3.2.5 人工种子的研制	58
3.2.6 植物脱病毒技术	60
3.3 动物细胞工程	60
3.3.1 细胞、组织培养	61
3.3.2 动物细胞融合	62
3.3.3 淋巴细胞杂交瘤产生单克隆抗体 技术	63
3.3.4 细胞核移植与动物克隆	64
3.3.5 染色体转移	70
3.3.6 干细胞研究	71
3.4 微生物细胞工程	74
3.4.1 原核细胞的原生质体融合	75

3.4.2 真菌的原生质体融合	75	5.4.3 固定化酶(细胞)的性质	120
3.5 人工编码细胞(细菌)	76	5.4.4 固定化酶(细胞)的技术指标	121
复习思考题	79	5.5 酶反应器	121
4 发酵工程	80	5.5.1 酶反应器的基本类型	122
4.1 发酵工程概况	81	5.5.2 酶反应器的设计原则	123
4.1.1 发酵类型	81	5.5.3 酶反应器的性能评价	123
4.1.2 发酵技术的特点	82	5.5.4 酶反应器的操作	124
4.1.3 发酵技术的应用	82	5.6 生物传感器	125
4.2 微生物发酵过程	83	5.6.1 生物传感器的原理	125
4.2.1 发酵工业中的常用微生物	83	5.6.2 生物传感器的分类	126
4.2.2 培养基	85	5.6.3 生物传感器的发展前景	127
4.2.3 发酵的一般过程	87	5.7 酶的应用	128
4.3 液体深层发酵	88	5.7.1 酶应用的领域	128
4.3.1 发酵的操作方式	88	复习思考题	129
4.3.2 发酵工艺控制	92	6 蛋白质工程	130
4.3.3 发酵设备	94	6.1 蛋白质结构基础	131
4.3.4 下游加工过程	96	6.1.1 蛋白质结构的基本构件	131
4.4 固体发酵	98	6.1.2 蛋白质的高级结构	133
4.5 典型产品的发酵生产	99	6.1.3 蛋白质分子之间的相互作用	135
4.5.1 抗生素发酵生产	99	6.1.4 蛋白质结构与功能的关系	135
4.5.2 氨基酸发酵生产	101	6.2 蛋白质工程的研究方法	136
4.5.3 维生素发酵生产	102	6.2.1 蛋白质工程的研究策略	136
复习思考题	103	6.2.2 蛋白质全新设计	137
5 酶工程	104	6.2.3 改变现有蛋白质的结构	138
5.1 酶的发酵生产	105	6.3 蛋白质工程的应用实例	140
5.1.1 优良产酶菌种的筛选	105	6.3.1 胰蛋白酶	140
5.1.2 基因工程菌(细胞)的构建	105	6.3.2 金属硫蛋白	140
5.1.3 微生物酶的发酵生产	106	6.3.3 人白细胞介素-2	140
5.2 酶的分离纯化	109	6.3.4 组织纤维蛋白溶酶原激活因子	141
5.2.1 酶制剂的制备	109	6.3.5 枯草杆菌蛋白酶	141
5.2.2 酶的纯化与精制	110	6.3.6 工业用酶	141
5.2.3 酶的纯度与酶活力	111	6.3.7 生物酶定向进化	142
5.2.4 酶制剂的保存	111	6.4 蛋白质组学	142
5.3 酶分子的改造	112	复习思考题	143
5.3.1 酶分子修饰	112	7 生物技术与农业	144
5.3.2 酶的蛋白质工程	113	7.1 生物技术与种植业	145
5.3.3 生物酶的人工模拟	115	7.1.1 生物技术在诱导植物雄性不育中的 利用	145
5.4 生物催化剂的固定化	116	7.1.2 生物技术培育抗逆性作物品种	146
5.4.1 酶的固定化方法	117	7.1.3 转基因作物品质改良	149
5.4.2 细胞的固定化方法	119		

7.1.4 植物细胞工程的应用	150	8.5.1 新时代食品工业呈现的新特点 ...	189
7.1.5 生物农药及生物控制	152	8.5.2 现代生物技术在未来食品工业上的 应用	189
7.2 生物技术与养殖业	153	复习思考题	190
7.2.1 动物分子育种技术	154	9 生物技术与人类健康	191
7.2.2 动物繁殖新技术	157	9.1 生物技术与疫苗	192
7.2.3 生物技术在动物饲料工业上的应用	162	9.1.1 疫苗概说	192
7.2.4 畜禽基因工程疫苗	163	9.1.2 免疫系统及疫苗的作用机制	194
7.2.5 动物生物反应器	164	9.1.3 病毒性疾病的疫苗	195
7.2.6 核移植技术及其在养殖业中的应用	165	9.1.4 细菌性疾病的疫苗	202
7.2.7 胚胎干细胞技术及其在养殖业中的 应用	166	9.1.5 寄生虫病疫苗	203
复习思考题	167	9.1.6 基因疫苗	204
8 生物技术与食品	168	9.1.7 治疗性疫苗	204
8.1 生物技术与食品生产	169	9.2 生物技术与疾病诊断	205
8.1.1 超级稻与单细胞蛋白	169	9.2.1 ELISA 技术与单克隆抗体	205
8.1.2 食品和饮料的发酵生产	172	9.2.2 DNA 诊断技术	208
8.1.3 酶与食品加工	178	9.3 生物技术与生物制药	212
8.1.4 新型甜味剂	178	9.3.1 抗生素及其他天然药物	212
8.1.5 其他食品添加剂	179	9.3.2 基因工程药物	214
8.1.6 转基因食品	180	9.3.3 治疗性抗体	215
8.1.7 在农副产品深加工和综合利用方面 的应用	181	9.4 生物技术与生物疗法	216
8.2 生物技术与食品包装	182	9.4.1 基因治疗	216
8.2.1 酶工程在食品包装中的应用	182	9.4.2 干细胞的利用	220
8.2.2 基因工程在食品包装中的应用 ...	183	9.5 人类基因组计划	221
8.2.3 包装检测指示剂在食品包装中的 应用	183	9.5.1 HGP 产生的背景	221
8.2.4 生物信息技术在包装检测中的应用	183	9.5.2 HGP 的任务	222
8.3 生物技术与食品检测	184	9.5.3 HGP 的研究进展	222
8.3.1 免疫学技术的应用	184	9.5.4 HGP 对医学发展的影响	223
8.3.2 分子生物学技术的应用	185	9.5.5 基因资源的保护	223
8.3.3 生物传感器技术的应用	186	9.5.6 我国的 HGP 计划	225
8.4 转基因食品的检测	187	复习思考题	226
8.4.1 转基因食品的 PCR 检测	187	10 生物技术与能源	228
8.4.2 转基因食品的 ELISA 检测	188	10.1 微生物技术与石油开采	229
8.4.3 转基因食品的生物芯片检测	188	10.1.1 微生物勘探石油	229
8.5 生物技术与未来食品工业	189	10.1.2 微生物二次采油	229
		10.1.3 微生物三次采油	231
		10.2 未来石油的替代物——乙醇 ...	232
		10.2.1 生产乙醇燃料的意义及其生化 机制	232
		10.2.2 乙醇替代汽油的实例	232

10.2.3 乙醇代替石油所用的原材料和面临的困难	233	12 对生物技术发明创新的保护	267
10.2.4 纤维素发酵生产乙醇	234	12.1 专利保护	268
10.3 植物“石油”	235	12.1.1 专利的特征	268
10.3.1 产“石油”的树	235	12.1.2 授予专利权的条件	268
10.3.2 油料植物	236	12.1.3 生物基因可专利性的争论	269
10.3.3 藻类产油	236	12.1.4 生物基因专利审查的标准	270
10.4 传统可再生能源——甲烷	237	12.1.5 基因专利授权范围	273
10.4.1 生产甲烷的生化机制	237	12.1.6 人类基因的可专利性	275
10.5 未来的新能源	239	12.1.7 专利保护的缺陷	276
10.5.1 氢能	239	12.2 商业秘密	277
10.5.2 生物燃料电池	241	12.2.1 商业秘密的要件	277
复习思考题	244	12.2.2 商业秘密形式的优势与缺陷	278
11 生物技术与环境	245	12.2.3 我国关于保护商业秘密的相关法律规定	279
11.1 污水处理	246	12.3 生物技术发明的其他保护形式	279
11.1.1 稳定塘法	246	12.4 生物技术专利保护的负面影响	281
11.1.2 人工湿地处理系统法	247	复习思考题	282
11.1.3 污水处理土地系统法	248	13 生物技术安全性及其应对措施	283
11.1.4 活性污泥法	249	13.1 转基因生物的安全性问题	284
11.1.5 生物膜处理法	251	13.1.1 转基因微生物	284
11.2 大气净化	251	13.1.2 转基因作物及食品	287
11.2.1 生物净气塔	252	13.1.3 转基因动物	300
11.2.2 渗滤器	252	13.2 动物克隆	302
11.2.3 生物滤池	252	13.2.1 动物克隆技术与动物克隆的热潮	302
11.3 固体废弃物的生物处理	253	13.2.2 克隆人研究引起的恐慌	303
11.3.1 固体垃圾的生物处理	253	13.2.3 克隆人的挑战与机遇	304
11.3.2 矿渣的生物淋溶处理	256	13.2.4 治疗性克隆	305
11.4 污染环境的生物修复	257	13.2.5 干细胞研究	306
11.4.1 生物修复概述	257	13.2.6 人造生命	310
11.4.2 生物修复的方法	258	13.3 生物武器	310
11.4.3 生物修复技术的应用	258	13.3.1 生物武器的危害	310
11.5 环境污染监测与评价的生物技术	262	13.3.2 国际社会对生物武器的管控措施	311
11.5.1 指示生物	262	13.3.3 生物恐怖主义及其应对措施	312
11.5.2 核酸探针和 PCR 技术	263	复习思考题	314
11.5.3 生物芯片	264	主要参考文献	315
11.5.4 生物传感器及其他	264		
复习思考题	266		



1 生物技术总论

学习目的：①了解生物技术的含义、特点及生物技术的发展史。②掌握生物技术的种类及其相互关系。③认识生物技术的应用领域及其对人类社会发展的影响。

生物技术被世界各国视为一项高新技术，它广泛应用于医药卫生、农林牧渔、轻工、食品、化工和能源等领域，促进传统产业的技术改造和新兴产业的形成，对人类生活将产生深远的革命性的影响。因此，生物技术对于提高国力，迎接人类所面临的诸如食品短缺、健康问题、环境问题及经济问题的挑战是至关重要的；生物技术是现实生产力，也是具有巨大经济效益的潜在生产力，它将是 21 世纪高新技术革命的核心内容，生物技术产业将是 21 世纪的支柱产业。许多国家都将生物技术确定为增强国力和经济实力的关键性技术之一。我国政府同样把生物技术列为高新技术之一，并组织力量追踪和攻关。

生物技术不完全是—门新兴学科，它包括传统生物技术和现代生物技术两部分。传统的生物技术是指旧有的制造酱、醋、酒、面包、奶酪、酸奶及其他食品的传统工艺；现代生物技术则是指 20 世纪 70 年代末 80 年代初发展起来的，以现代生物学研究成果为基础，以基因工程为核心的新兴学科。当前所称的生物技术基本上都是指现代生物技术。

本书主要讨论现代生物技术。

1.1 生物技术的含义

1.1.1 生物技术的定义

生物技术 (biotechnology), 有时也称生物工程 (bioengineering), 是指人们以现代生命科学为基础, 结合其他基础学科的科学原理, 采用先进的工程技术手段, 按照预先的设计改造生物体或加工生物原料, 为人类生产出所需产品或达到某种目的。因此, 生物技术是一门新兴的、综合性的学科。

先进的工程技术手段是指基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程和蛋白质工程等新技术。改造生物体是指获得优良品质的动物、植物或微生物品系。生物原料则指生物体的某一部分或生物生长过程产生的能利用的物质, 如淀粉、糖蜜、纤维素等有机物, 也包括一些无机化学品, 甚至某些矿石。为人类生产出所需的产品包括粮食、医药、食品、化工原料、能源、金属等各种产品。达到某种目的则包括疾病的预防、诊断与治疗, 食品的检验, 以及环境污染的检测和治理等。

生物技术是由多学科综合而成的一门新学科。就生物科学而言, 它包括了微生物学、生物化学、细胞生物学、免疫学、遗传与育种等几乎所有与生命科学有关的学科, 特别是现代分子生物学的最新理论成就更是生物技术发展的基础。现代生命科学的发展已在分子、亚细胞、细胞、组织和个体等不同层次上, 揭示了生物的结构和功能的相互关系, 从而使人们得以应用其研究成就对生物体进行不同层次的设计、控制、改造或模拟, 并产生了巨大的生产能力。

1.1.2 生物技术的种类及其相互关系

近几十年来, 科学和技术发展的一个显著特点就是人们越来越多地采用多学科的方法来解决各种问题。这将导致综合性学科的出现, 并最终形成了具有独特概念和方法的新领域。生物技术就是在这种背景下产生的一门综合性的新兴学科。根据生物技术操作的对象及操作技术的不同, 生物技术主要包括以下 5 项技术 (工程)。

1.1.2.1 基因工程

基因工程 (gene engineering) 是 20 世纪 70 年代以后兴起的一门新技术, 其主要原理是应用人工方法把生物的遗传物质, 通常是脱氧核糖核酸 (DNA) 分离出来, 在体外进行切割、拼接和重组。然后将重组了的 DNA 导入某种宿主细胞或个体, 从而改变它们的遗传品性; 有时还使新的遗传信息 (基因) 在新的宿主细胞或个体中大量表达, 以获得基因产物 (多肽或蛋白质)。这种通过体外 DNA 重组创造新生物并给予特殊功能的技术就称为基因工程, 也称 DNA 重组技术。

1.1.2.2 细胞工程

一般认为, 所谓的细胞工程 (cell engineering) 是指以细胞为基本单位, 在体外条件下进行培养、繁殖; 或人为地使细胞某些生物学特性按人们的意愿发生改变, 从而改良生物品种或创造新品种; 或加速繁育动植物个体; 或获得某种有用的物质的过程。因此细胞工程应

包括动植物细胞的体外培养技术、细胞融合技术（也称细胞杂交技术）、细胞器移植技术、克隆技术、干细胞技术等。

1.1.2.3 酶工程

所谓酶工程（enzyme engineering）是利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能，或通过对酶进行修饰改造，并借助生物反应器和工艺过程来生产人类所需产品的一项技术。它包括酶的固定化技术、细胞的固定化技术、酶的修饰改造技术及酶反应器的设计等技术。

1.1.2.4 发酵工程

利用微生物生长速度快、生长条件简单及代谢过程特殊等特点，在合适条件下，通过现代化工程技术手段，由微生物的某种特定功能生产出人类所需的产品称为发酵工程（fermentation engineering），也称微生物工程。

1.1.2.5 蛋白质工程

蛋白质工程（protein engineering）是指在基因工程的基础上，结合蛋白质结晶学、计算机辅助设计和蛋白质化学等多学科的基础知识，通过对基因的人工定向改造等手段，对蛋白质进行修饰、改造、拼接以产生能满足人类需要的新型蛋白质的技术。

应该指出，上述5项技术并不是各自独立的，它们彼此之间是互相联系、互相渗透的。其中的基因工程技术是核心技术，它能带动其他技术的发展。例如，通过基因工程对细菌或细胞改造后获得的“工程菌”或“工程细胞”，都必须分别通过发酵工程或细胞工程来生产有用的物质；通过基因工程技术对酶进行改造，以增加酶的产量、酶的稳定性，以及提高酶的催化效率等（图1-1）。

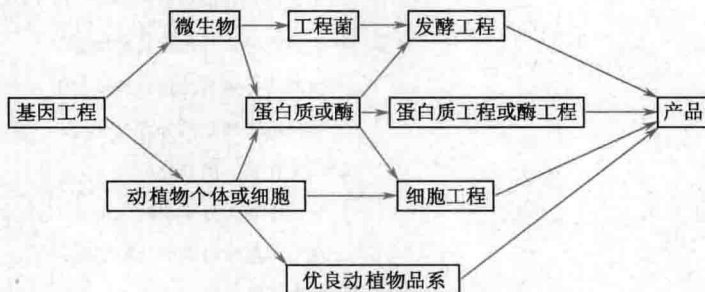


图 1-1 基因工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程和细胞工程之间的相互关系

1.1.3 生物技术涉及的学科

现代生物技术是所有自然科学领域中涵盖范围最广的学科之一。它以包括分子生物学、细胞生物学、微生物学、免疫生物学、人体生理学、动物生理学、植物生理学、微生物生理学、生物化学、生物物理学、遗传学等几乎所有生物科学的次级学科为支撑，结合了诸如化学、化学工程学、数学、微电子学、计算机科学、信息学等生物学领域之外的尖端基础学科，形成一门多学科互相渗透的综合性学科。其中，又以生命科学领域的重大理论和技术的

突破为基础。例如,如果没有 Watson 和 Crick 的 DNA 双螺旋结构及阐明 DNA 的半保留复制模式,没有遗传密码的破译及 DNA 与蛋白质的关系等理论上的突破,没有发现 DNA 限制性内切核酸酶、DNA 连接酶等工具酶,就不可能有基因工程高技术的出现;如果没有动植物细胞培养方法及细胞融合方法的建立,就不可能有细胞工程的出现;如果没有蛋白质结晶技术和蛋白质三维结构的深入研究,以及化工技术的进步,就不可能有酶工程和蛋白质工程的产生;如果没有生物反应器、传感器及自动化控制技术的应用,就不可能有现代发酵工程的出现。另外,所有生物技术领域还使用了大量的现代化高精尖仪器,如超速离心机、电子显微镜、高效液相色谱仪、DNA 自动合成仪、DNA 序列分析仪、核磁共振仪、X 光衍射仪等(表 1-1)。这些仪器全部都是由微型计算机控制,全自动化的。这就是现代微电子学和计算机技术与生物技术的结合和渗透。没有这些结合和渗透,生物技术研究就不可能深入到分子水平,也就不会有今天的现代生物技术。

表 1-1 重要的现代生物技术仪器和设备

名 称	用 途
DNA(自动)测序仪	(自动)测定核酸的核苷酸序列
蛋白质/多肽自动测序仪	测定蛋白质、多肽的氨基酸序列
DNA 自动合成仪	合成已知寡核苷酸序列
蛋白质/多肽自动合成仪	合成已知氨基酸序列的蛋白质或多肽
生物反应器	细胞的连续培养
发酵罐	微生物细胞培养
聚合酶链反应仪(PCR 仪)	DNA 快速扩增
基因转移设备	将外源 DNA 引进靶细胞
膜分离设备	大批量物质的分离
高效液相色谱仪	物质的分离与纯化及纯度鉴定
电泳设备	物质的分离与纯化及纯度鉴定
凝胶电泳系统	蛋白质和核酸的分离与分析
毛细管电泳仪	质量控制、组分分析
超速、高速离心机	分离生物大分子物质
电子显微镜	观察细胞及组织的超微结构
物质谱仪	蛋白质及多肽的研究
流式细胞仪	细胞的计数、分离和收集
冷冻干燥仪	样品的低温冷冻干燥
液氮罐/超低温冰箱	样品或细胞的冻存
核磁共振仪	生物分子的结构解析
X 光衍射仪	蛋白质三维结构分析

人类已进入知识经济时代,知识经济的基本特征就是知识不断创新,高新技术迅速产业化。作为高新技术领域重要组成部分的生物技术,必然在知识经济的发展过程中大显身手并做出特殊的贡献。我国是发展中国家,农业经济、工业经济、知识经济三元并存,面临着新

的机遇和挑战。在这种形势下,大力发展高新技术及其产业,加大知识经济在经济结构中的比重具有特别重要的意义。生物技术与其他高新技术一样具有“六高”的基本特征,即高效益,可带来高额利润;高智力,具有创造性和突破性;高投入,前期研究及开发需要大量的资金投入;高竞争,时效性的竞争非常激烈;高风险,由于竞争的激烈,必然带来高风险;高势能,对国家的政治、经济、文化和社会发展有很大的影响,具有很强的渗透性和扩散性,有着很高的态势和潜在的能量。

另外,生物技术广阔的应用前景,高额的利润也促使生物技术快速发展。生物技术的应用领域非常广泛,它包括医药、农业、畜牧业、食品、化工、林业、环境保护、采矿冶金、材料、能源等领域(图1-2)。这些领域的广泛应用必然带来经济上的巨大利益。因此,各种与生物技术相关的企业如雨后春笋般地涌现。概括地说,生物技术相关的行业可分为8大种类(表1-2)。



图 1-2 生物技术树

表 1-2 生物技术所涉及的行业种类

行业种类	经营范围
疾病治疗	用于控制人类疾病的医药产品及技术, 包括抗生素、生物药品、基因治疗、干细胞利用等
诊断	临床检测与诊断, 食品、环境与农业检测
农业、林业与园艺	新的农作物或动物, 肥料, 生物农药
食品	扩大食品、饮料及营养素的来源
环境	废物处理、生物净化、环境治理
能源	能源的开采、新能源的开发
化学品	酶、DNA/RNA、特殊化学品、美容产品
设备	由生物技术生产的金属、生物反应器、计算机芯片及生物技术使用的设备等

1.2 生物技术发展简史

前面说过, 生物技术不是一门新学科, 它可分为传统生物技术和现代生物技术。现代生物技术是从传统生物技术发展而来的。

1.2.1 传统生物技术的产生

传统生物技术应该说从史前时代起就一直为人们所开发和利用, 以造福人类。在石器时代后期, 我国人民就会利用谷物造酒, 这是最早的发酵技术。在公元前 221 年, 我国人民就能制作豆腐、酱和醋, 并一直沿用至今。公元 10 世纪, 我国就有了预防天花的活疫苗; 到了明代, 已经广泛种植痘苗以预防天花。16 世纪, 我国的医生已经知道被疯狗咬伤可传播狂犬病。在西方, 苏美尔人和巴比伦人在公元前 6000 年就已开始啤酒发酵。埃及人则在公元前 4000 年前就开始制作面包。

1676 年, 荷兰人 Leeuwenhoek (1632~1723 年) 制成了能放大 170~300 倍的显微镜并首先观察到了微生物。19 世纪 60 年代, 法国科学家 Pasteur (1822~1895 年) 首先证实发酵是由微生物引起的, 并首先建立了微生物的纯种培养技术, 从而为发酵技术的发展提供了理论基础, 使发酵技术纳入了科学的轨道。到了 20 世纪 20 年代, 工业生产中开始采用大规模的纯种培养技术发酵化工原料丙酮、丁醇。20 世纪 50 年代, 在青霉素大规模发酵生产的带动下, 发酵工业和酶制剂工业大量涌现。发酵技术和酶技术被广泛应用于医药、食品、化工、制革和农产品加工等部门。20 世纪初, 遗传学的建立及其应用, 产生了遗传育种学, 并于 20 世纪 60 年代取得了辉煌的成就, 被誉为“第一次绿色革命”。细胞学的理论被应用于生产而产生了细胞工程。在今天看来, 上述诸方面的发展, 还只能被视为传统的生物技术, 因为它们还不具备高新技术的诸要素。

1.2.2 现代生物技术的发展

现代生物技术是以 20 世纪 70 年代 DNA 重组技术的建立为标志的。1944 年, Avery 等阐明了 DNA 是遗传信息的携带者。1953 年, Watson 和 Crick 提出了 DNA 的双螺旋结构模型, 阐明了 DNA 的半保留复制模式, 从而开辟了分子生物学研究的新纪元。由于一切生命

活动都是由酶和非酶蛋白质行使其功能的结果,因此遗传信息与蛋白质的关系就成了研究生命活动的关键问题。1961年,Khorana和Nirenberg破译了遗传密码,揭开了DNA编码的遗传信息传递给蛋白质的秘密。基于上述基础理论的发展,1972年,Berg首先实现了DNA体外重组技术,标志着生物技术的核心技术——基因工程技术的开始。它向人们提供了一种全新的技术手段,使人们可以按照意愿在试管内切割DNA、分离基因并经重组后导入其他生物或细胞,借以改造农作物或畜牧品种;也可以导入细菌这种简单的生物体,由细菌生产大量有用的蛋白质,或作为药物,或作为疫苗,或作为酶制剂;也可以直接导入人体内进行基因治疗。显然,这是一项技术上的革命。以基因工程为核心,带动了现代发酵工程、现代酶工程、现代细胞工程,以及蛋白质工程的发展,形成了具有划时代意义和战略价值的现代生物技术。

1.3 生物技术对经济社会发展的影响

近代科技史实表明,每一次重大的科学发现和技术创新,都使人们对客观世界的认识产生一次飞跃;每一次技术革命浪潮的兴起,都使人们改造自然的能力和推动社会发展的力量提高到一个新的水平。生物技术的发展也不例外,它的发展将越来越深刻地影响着世界经济、军事和社会发展的进程。

1.3.1 改善农业生产,解决食品短缺

“民以食为天”,粮食问题是一个国家经济健康发展的基础。目前,世界人口已已达70亿,而耕地面积不但没有增加,反而有减少的趋势。因此,在今后几十年的发展中如何满足人们对食品增加的需求,将是各国政府首先要解决的问题。

1.3.1.1 提高农作物产量及其品质

(1) 培育抗逆的作物优良品系 通过基因工程技术对生物进行基因转移,使生物体获得新的优良品性,称为转基因技术。通过转基因技术获得的生物体称为转基因生物。例如,转基因植物,就是对植物进行基因转移,其目的是培育出具有抗寒、抗旱、抗盐、抗病虫害等抗逆特性及高产量和品质优良的作物新品系。1996年,全世界推广转基因作物的种植面积为250万 hm^2 ,到了2011年已达1.6亿 hm^2 ,涉及的作物种类包括马铃薯、油菜、烟草、玉米、水稻、番茄、甜菜、棉花、大豆、苜蓿等。转基因性能包括抗除草剂、抗病毒、抗盐碱、抗旱、抗虫、抗病及作物品质改良等。我国2011年种植的转基因植物面积约390万 hm^2 ,主要品种有棉花、甜椒、番茄、木瓜等。

我国是人口大国,人多地少,粮食问题更是我国经济发展、社会稳定的关键。我国政府对农业生物技术极为重视,投入了大量的人力、物力,并取得了举世瞩目的成就,已培育了水稻、棉花、小麦、油菜、甘蔗、橡胶等一大批作物新品系。例如,我国的“超级杂交水稻”2012年百亩^①试种已达到平均亩产917.72kg。

^① 1亩 $\approx 666.6\text{m}^2$ 。