



21世纪高等院校教材

生·物·工·程·系·列



现代

主编 贺小贤

生物工程技术导论



CONTEMPORARY
BIOTECHNOLOGY
AND BIOENGINEERING



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材——生物工程系列

现代生物工程技术导论

主 编 贺小贤

副主编 刘 慧 杨 辉

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

《现代生物工程技术导论》是一本为大学本科学学生编写的教材,适用于非生物类专业公共课,亦可作为生物工程相关专业学生的参考书和各个领域关注生物工程发展、学习生命科学知识的读者的基本读物。

全书共分13章,内容包括绪论、现代生物工程基础、基因和基因组、基因工程、细胞与细胞工程、酶与酶工程、微生物与发酵工程、现代生物工程技术与农业和轻化工业、现代生物工程技术与现代生物材料、现代生物工程技术与生物医药、传染与免疫、生物多样性与环境治理、现代生物工程技术的安全性与社会伦理。教材内容的编排注重基础与前沿并重,深入浅出,利于读者理解。通过本书的学习,读者可对现代生物工程技术有一定的了解以及明确的认识,非生物专业的读者可找到生物工程技术与其本专业的结合点,学科交叉,促进创新。

图书在版编目(CIP)数据

现代生物工程技术导论/贺小贤主编. —北京:科学出版社, 2005
21世纪高等院校教材·生物工程系列
ISBN 7-03-015831-8

I. 现… II. 贺… 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(2005)第071793号

责任编辑:周 辉 彭克里 孙晓洁/责任校对:李奕莹
责任印制:安春生/封面设计:耕者设计工作室

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>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年9月第 一 版 开本: B5 (720×1000)
2005年9月第一次印刷 印张: 28 1/4
印数: 1—3 500 字数: 530 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

前 言

生物工程技术是 21 世纪高新技术革命的核心内容, 生物技术产业是 21 世纪的支柱产业。在人类所面临的粮食短缺问题、健康问题、环境问题、资源问题、人口问题和能源问题等方面, 生物工程技术显示出其强大的作用。生物技术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, 可促进传统产业的技术改造和新兴产业的形成, 对人类社会生活将产生深远的影响。生物工程与人们的日常生活、经济和社会的发展关系密切, 它几乎渗透到所有的学科。在 21 世纪各行各业、各个学科领域将会涌现出更多杰出的人才, 参与到与生命科学交叉的边缘领域的研究和开发中来。

在教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”和“新世纪初高等教育教学改革工程”的推动下, 全国各类院校已陆续为非生物工程专业的本科生开设了生命科学方面的课程, 其主要目的是为了加强和提高学生的高科技意识, 培养造就高素质人才, 使进入大学的学生们在更高层次上意识到生物工程技术对今后工作和生活的意义, 了解生物工程技术 and 国内外生命科学的研究现状、发展方向; 通过学习使学生对 21 世纪生命科学的发展趋势和热点有一个基本的认识, 对未来生物工程技术发展的重大学科方向和领域的有关知识能有所涉猎, 以便在专业学习中能找到生物工程技术知识与所学专业知识的结合点, 能够将生物工程技术合理的运用到自己所学的专业中, 启发思维, 开拓创新, 为今后的发展奠定基础。基于这样的目的, 本书作者在总结了十几所院校关于本课程的教学经验的基础上, 广泛收集并借鉴了近年来国内外同类教材的优点及科技文献资料, 组织编撰了这本《现代生物工程技术导论》, 作为高等院校非生物工程专业的本科教科书。

本书共有 13 章, 既有现代生物工程技术的基本知识和基本理论, 又有生物工程技术在各个领域的应用及其对人类社会的影响, 基础与应用并重。在课时受限的情况下, 教授内容应该简练而不必面面俱到, 可给学生留下自学的空间。教材第一章、第二章、第三章(除第六节外)、第四章、第五章(第一节(一、二)、第二节)、第六章、第八章、第十一章、第十二章(第一、二、七节)由贺小贤编写, 第三章第六节、第九章由杨辉编写, 第五章(除第一节(一、二)、第二节外)由王平诸编写, 第七章由刘慧编写, 第十章由齐香君编写, 第十二章的第三节到第六节由孙宏民编写, 第十三章由张

惠玲编写。薛海燕参加第八章的校对工作。

在参考了多本国内外优秀教材和教学实践的基础上,经过近三年的辛苦工作,《现代生物工程技术导论》终于编写完成,谨此向为本教材的编写和出版提供鼓励、支持、指导和帮助的各级领导、同行表达衷心的感谢。由于现代生物工程技术进展甚快,涉及的知识领域较广,又限于作者的知识水平和写作能力,本书中的错误及不妥之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见,全体编著人员将不胜感激。

编 者

2005年1月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 生命科学是 21 世纪的带头学科	1
一、生命科学的起源及发展	2
二、生命科学的含义	4
三、生命科学与现代生物工程技术的关系	5
四、生命科学是 21 世纪的带头学科	9
第二节 现代生物工程技术的内容和特点	9
一、现代生物工程技术的主要内容	10
二、现代生物工程技术的特点	14
第三节 现代生物工程技术的发展及其对社会的影响	15
一、现代生物工程技术的发展	15
二、现代生物工程技术对当代社会的影响	16
第四节 现代生物工程技术与可持续发展	18
一、21 世纪人类所面临的挑战	18
二、现代生物工程技术与可持续发展	19
第二章 现代生物工程基础	23
第一节 蛋白质与酶的结构和功能	23
一、蛋白质的种类与元素组成	23
二、蛋白质与酶的空间结构与功能	24
三、多肽蛋白药物研究进展	29
第二节 核酸的结构和功能	30
一、RNA 的结构与功能	31
二、DNA 的结构与功能	33
三、分子生物学中心法则	38
第三节 多糖结构与功能	40
一、淀粉结构与功能	41
二、纤维素结构与功能	42
三、果胶物质结构与功能	43

四、几丁质结构与功能	43
第三章 基因和基因组	45
第一节 基因的概念及其本质	45
一、基因的现代概念	45
二、基因的特点	47
三、基因的表达符号	47
四、碱基顺序与氨基酸顺序的关系	47
第二节 基因的分离与合成	50
一、基因的分离	50
二、基因的合成	52
第三节 基因的表达与调控	53
一、原核生物基因的表达与调控	53
二、真核生物基因的表达与调控	56
三、原核生物与真核生物基因表达的比较	58
四、重组 DNA 的表达与调控	58
第四节 基因突变	68
一、基因突变的特点	69
二、基因突变的类型	70
三、基因突变的规律	74
第五节 遗传与人类疾病	76
一、遗传病及其诊断与治疗	76
二、人类优生优育	81
第六节 基因组	81
一、基因组	81
二、人类基因组计划	82
三、后基因组计划	87
四、生物信息学在人类基因组计划中的应用	88
第四章 基因工程	92
第一节 基因工程工具酶	95
一、限制性内切核酸酶	96
二、DNA 连接酶	101
三、DNA 聚合酶	102
四、其他酶类	103
第二节 基因工程载体	103

一、质粒克隆载体	104
二、噬菌体载体	108
三、柯斯质粒载体	110
四、YAC 载体	110
第三节 目的基因	111
一、物理法获得目的基因	113
二、化学合成目的基因	113
三、从基因文库中提取目的基因	114
四、利用 PCR 法扩增目的基因	117
第四节 目的基因与载体 DNA 的连接	118
一、插入灭活法	119
二、定向克隆法	119
第五节 重组 DNA 分子导入受体细胞	120
一、受体细胞	121
二、重组 DNA 分子导入受体细胞	122
第六节 重组体的筛选	126
一、利用抗生素抗性基因筛选	127
二、利用核酸杂交法筛选	128
三、利用 β -半乳糖苷酶显色反应筛选	129
四、利用免疫检测法筛选	130
第七节 现代基因工程的成就及其应用	131
一、现代基因工程的成就	131
二、现代基因工程的应用	132
第五章 细胞与细胞工程	135
第一节 细胞基本概念及基本技术	135
一、细胞的基本概念	135
二、细胞内酶活性的调节	138
三、细胞培养技术	139
四、细胞融合技术	141
第二节 动、植物细胞的培养特征及营养需求	142
一、动、植物细胞的培养特征	142
二、动、植物细胞的营养需求	143
第三节 植物细胞工程	146
一、植物细胞培养的意义	147

二、植物细胞培养的方法	147
三、人工种子	149
第四节 动物细胞工程	152
一、动物细胞培养的意义	152
二、动物细胞培养的方法	154
三、动物细胞大规模培养技术的应用	155
第五节 染色体工程	157
一、植物染色体工程	158
二、动物染色体工程	159
第六节 干细胞研究	160
一、干细胞技术	160
二、胚胎干细胞和组织干细胞	161
三、干细胞研究的进展	163
第七节 胚胎工程与动物克隆技术	164
一、胚胎工程	165
二、动物克隆技术	169
第八节 细胞工程的研究进展和前景展望	172
一、生物制药	172
二、干细胞的研究、生殖克隆和治疗克隆	174
第六章 酶与酶工程	176
第一节 酶与酶工程概述	176
一、酶与酶工程的概念	176
二、酶工程研究的内容	177
三、酶的分类、命名与结构特点	179
四、酶的活力与活力单位	182
五、酶的来源与酶的生产方法	184
第二节 酶的发酵生产	186
一、酶生物合成的基本理论	186
二、酶发酵生产	188
三、酶生物合成的模式	191
四、产酶细胞生长动力学	193
五、酶合成的动力学	194
六、提高酶产量的措施	195
第三节 固定化细胞发酵产酶	197

一、固定细胞的制备方法及性质	197
二、固定化细胞发酵产酶的特点	199
三、固定化细胞发酵产酶的工艺条件	200
第四节 酶的应用与酶分子的修饰	201
一、酶的应用	201
二、酶分子的修饰	202
第五节 酶工程研究进展	203
一、人工合成酶和模拟酶	204
二、核酸酶	205
三、抗体酶	205
四、极端酶	207
第六节 蛋白质工程	207
一、蛋白质分子设计与改造	208
二、蛋白质组学的研究内容	210
三、蛋白质组学研究在医学方面的应用	211
四、蛋白质工程研究进展	211
第七章 微生物与发酵工程	214
第一节 发酵及发酵工程的概况	214
一、发酵工程的发展简史	214
二、发酵产品的类型	216
三、一般发酵过程及其特点	218
四、发酵工程的应用	219
五、发酵工程的发展现状与前景	221
第二节 微生物的基本知识	223
一、微生物细胞的结构	223
二、微生物对营养物质的吸收方式	232
第三节 发酵过程控制	234
一、发酵方法及发酵操作方式	234
二、发酵过程的工艺控制	237
第四节 发酵生产设备	242
一、厌氧发酵设备	242
二、好氧发酵设备	246
第五节 下游加工技术	249
一、下游加工技术概论	249

二、发酵液的预处理	251
三、发酵产品的分离提取方法	253
第八章 现代生物工程技术与农业和轻化工业	264
第一节 现代生物工程技术 with 化学工业	265
一、生物催化剂与化学工业	265
二、发酵法生产化工产品	267
三、现代生物工程技术在化学工业中的应用前景	272
第二节 现代生物工程技术 with 农业	273
一、现代生物工程技术 with 种植业	273
二、现代生物工程技术 with 养殖业	276
第三节 现代生物工程技术 with 食品工业	276
一、利用现代生物工程技术开发食品新资源	277
二、利用现代生物工程技术改善和提高食品品质	279
三、利用现代生物工程技术进行食品检测	282
四、转基因食品	285
第四节 现代生物工程技术 with 造纸工业	287
一、利用基因重组技术改良造纸原料	288
二、利用现代生物工程技术合成纤维素	288
三、生物制浆	289
四、生物漂白	289
第五节 现代生物工程技术 with 皮革、纺织工业	291
一、现代生物工程技术在皮革工业中的应用	291
二、现代生物工程技术在纺织工业中的应用	291
第九章 现代生物工程技术 with 现代生物材料	293
第一节 概述	293
一、生物材料及其发展	293
二、生物材料应满足的条件	294
三、生物材料的分类	294
第二节 天然生物材料	295
一、天然生物材料的结构特征	295
二、天然生物材料的活性	296
第三节 医用生物材料	296
一、无机生物材料	296
二、高分子生物材料	298

三、药物控制释放材料	302
第四节 组织工程材料	303
一、表面工程	304
二、生物材料的表面固定化方法	307
三、生物材料表面拓扑结构化	309
第五节 仿生智能材料	312
一、人工细胞外基质	313
二、工程化组织表型控制	313
三、新一代组织工程材料	316
四、人工细胞外基质智能化	318
第六节 纳米生物材料	320
一、纳米材料的基本特性	320
二、纳米生物材料的基本性能要求	321
三、纳米生物材料的制备及应用	322
第十章 现代生物工程技术与生物医药	323
第一节 现代生物工程技术在抗生素工业中的应用	327
一、提高抗生素的产量	327
二、改善抗生素组分	328
三、改进抗生素生产工艺	329
第二节 基因诊断和基因治疗	329
一、基因诊断	330
二、基因治疗	332
第三节 基因工程疫苗	336
一、核酸疫苗	336
二、肿瘤疫苗	339
三、艾滋病疫苗	339
四、乙肝疫苗	340
五、其他疫苗	343
第四节 现代生物工程技术在新药研究中的应用	344
一、革新药物筛选模型	344
二、开发药物新资源	347
三、开拓新的先导化合物的来源	348
第十一章 传染与免疫	351
第一节 病原性微生物的传染	351

一、病原性微生物感染的方式和途径	351
二、病原性微生物传染的机制	352
第二节 人体的免疫反应	354
一、宿主的非特异性免疫	354
二、宿主的特异性免疫	357
三、变态反应	359
第三节 抗原与抗体	359
一、抗原及其特性	359
二、抗体的结构与功能	361
第十二章 生物多样性与环境治理	366
第一节 生物多样性丧失及其原因	366
一、生物多样性的内容	366
二、生物多样性受威胁的现状	368
三、生物多样性丧失的原因	368
第二节 生物多样性保护的意义	369
一、生物多样性的价值	370
二、保护生物多样性的目标和策略	371
第三节 环境的生物监测与评价	373
一、环境的生物监测与评价的意义	373
二、环境的生物监测的分类	376
三、环境的生物监测与评价方法	376
第四节 污染环境的生物修复	379
一、生物修复的方法	380
二、影响生物修复技术的主要因素	381
三、生物修复技术的应用	381
第五节 水质污染的治理	384
一、废水水质指标与排放标准	384
二、废水的处理方法	388
第六节 大气的净化	394
一、生物净化法	394
二、膜分离法	396
第七节 固体废弃物的生物处理	398
一、固体垃圾的生物处理	399
二、矿渣的生物淋溶技术	400

第十三章 现代生物工程技术的安全性与社会伦理	401
第一节 克隆人的伦理问题	401
一、克隆动物存在的问题	402
二、克隆技术的应用价值及可能影响	403
三、克隆人的社会伦理问题	405
第二节 生物武器与生物战剂	409
一、生物武器与生物战剂	409
二、生物战剂施放方式与侵染途径	413
三、检测生物战剂的技术	414
四、防御生物武器与生物战剂的措施	415
第三节 转基因食品的安全性	420
一、转基因食品安全性的担忧	420
二、转基因食品安全性的评价	425
第四节 人类基因的研究应用与影响	426
一、人类基因组计划诞生的背景	426
二、人类基因组研究涉及的伦理、法律和社会问题	427
三、人类基因组科学的社会效应	430
参考文献	432

第一章 绪 论

生命科学 (life science) 是推动 21 世纪自然科学发展与社会进步的关键性学科,亦是 21 世纪的支柱学科。生命科学不仅研究生命体的生命活动现象及其本质,也研究生命与环境之间的相互关系。回顾科学发展的历史,不难看出,在 20 世纪上半叶,科学发展主要集中在物理学,其中由爱因斯坦 (Einstein) 提出的相对论将现代物理学推到了光辉的顶峰;而在下半叶,科学的重心明显地偏向于生命科学。从 20 世纪 50 年代一直到最近几年的诺贝尔奖 (Nobel prize) 获得者中也可以看出,这个公认的最高科学奖项越来越青睐于生命科学领域。即便是名为化学奖的某些奖项也是因为选择了与生命活动相关的研究对象或领域并取得了突破性成就而获奖的。

生命科学在 20 世纪取得了最辉煌的发展,蛋白质、糖和 DNA 的分子结构相继被阐明,试管婴儿、转基因植物、转基因动物陆续问世,人类基因组计划的启动,世界上第一只克隆羊“多莉”的诞生,这些飞速进展越来越多地向人们表明,21 世纪是生命科学的世纪。这其中包括两方面的含义:首先,生命科学将成为带头学科,并将为其他学科的研究和发展提供新的思路和方法;其次,生物工程产业将成为 21 世纪的支柱产业,而生物工程农业和生物工程药业是生物工程产业的两大重要组成部分。生物工程将最终解决世界人口、粮食、环境、健康、能源和海洋等影响人类生存的重大问题。

第一节 生命科学是 21 世纪的 带头学科

20 世纪是生命科学迅猛发展的时期,尤其是最后 20 年的发展速度之快更加令人瞩目。利用基因技术培育的转基因食品 (genetically modified food, GMF 食品) 已经摆上了普通百姓的餐桌;基因技术已经开始挽救患者的生命;克隆技术 (clone biotechnology) 的重大突破,已使动物的复制成为可能。人类数千年来的梦想正随着生命科学的发展而逐一实现,随着物理学世纪让位于生命科学世纪,世界还将会有更多的奇迹出现。可以预计,在发展和危机并存的 21 世纪,生命科学将成为自然科学的带头学科。

一、生命科学的起源及发展

生命科学是一门历史悠久的学科，起源于古代，形成于近代，高度发展于现代。

在远古时期，人们在生产实践中接触到形形色色的动、植物，看到生物的生生死死，看到天体的变幻，于是产生了万物皆变的带有朴素唯物主义思想性质的生命观。但在当时人们对变化莫测的生命现象无法解释，因而又产生了万物皆有灵的原始宗教观念。约在 6000~7000 年前我国农业已达到相当高的水平，5000~6000 年前已发展了原始畜牧业，3000 多年前已开始室内养蚕，牛痘的应用比西方早 800 多年。春秋战国的《诗经》中记有 260 多种动物和 350 多种植物；北魏的《齐民要术》系统全面地总结了公元 6 世纪前我国农业技术上的成就，是我国古代的一部农业百科全书；宋元时期的《梦溪笔谈》中除了生物分类、形态地理分布、驯养等生物学知识外，还有许多关于解剖学、生理学及医药方面的资料，可认为是“中国科学史上的坐标”；秦汉时的《黄帝内经》较系统地论述了人体的结构和生理，介绍了疾病相关知识；汉代的《神农本草经》记载了 365 种药物；明代著名学者李时珍的《本草纲目》共记载药物 1892 种，李时珍的分类和进化思想使之成为林耐 (Linnaeus) 和达尔文 (Darwin) 之前的生物学界的巨人。16 世纪以前的研究主要反映在医学 (包括药理学) 和农学方面，具有经验性和适用性的特点，通常采用直观描述、分类、解剖等方法，使形态分类、解剖学知识迅速发展。

16 世纪以后，随着欧洲文艺复兴运动和资本主义的迅速发展，真正的实验自然科学以崭新的面貌出现在世人的面前，生命科学也有了新的发展。哈维 (Harvey) 发现了血液循环，并将力学和化学定量实验引入到研究之中，奠定了生理学基础；虎克 (R. Hooke) 用自制显微镜观察并首次描述了细胞，打开了微观世界的大门；林耐建立了第一个科学的生物分类系统，从而确立了生物界的秩序，为分类学成为一门独立的学科奠定了基础；沃尔弗 (Wolff) 借助于实验技术研究了鸡胚发育，提出了胚胎的渐成论，建立了科学的胚胎学等。总的来说，16~18 世纪生命科学突出的成就是一些分支学科如生理学、分类学、胚胎学等的陆续建立和发展。

19 世纪是科学的世纪，生命科学也得到全面发展，其中最重大的进展是细胞学说、进化论和遗传学的建立。施莱登 (Schleiden) 和施旺 (Schwann) 创立了细胞学说，指出细胞是一切生物体构造和功能的基本单位，在细胞水

平上说明了生物基本结构的一致性。20 世纪,特别是 50 年代以后,随着现代物理、化学、数学、计算机新理论和方法的广泛深入,生命科学有了巨大变革和发展,生命科学已从静态的、定性描述性的学科向动态的、精确定量的学科转化,实验生物学走向了全面发展的新阶段。

1900 年孟德尔遗传学原理的重新发现和证实,揭开了现代遗传学的序幕。1926 年摩尔根 (Morgan) 基因论的提出,标志着现代遗传学的正式建立。摩尔根遗传学在胚胎学和进化论之间架起了桥梁,直接推动了细胞学的发展,促使了生物学研究从细胞水平向分子水平的过渡,并为生物学实现新的大综合奠定了基础。20 世纪下半叶,生物化学的发展,为分子生物学及分子遗传学的诞生打下了基础。1941 年比德尔 (Beadle) 和塔特姆 (Tatum) 提出“一个基因一个酶”(one gene one enzyme) 的学说,把基因 (gene) 与蛋白质 (protein) 的功能结合起来。1944 年艾弗里 (Avery) 等用细菌作材料进行实验,以及 1952 年赫希 (Hershey) 等进行的噬菌体感染 (phage infect) 实验,证明了 DNA 是遗传信息的载体。1953 年沃森 (Watson) 和克里克 (Crick) 建立 DNA 双螺旋结构 (DNA double helix structure) 模型,奠定了分子生物学的基础,以此为突破口,开创了从分子水平上阐明生命活动本质的新纪元。此后,分子生物学“中心法则”的提出,生命界统一的遗传密码 (heredity code) 的破译等,从分子水平上证实了生命界统一的发展联系,于是生命科学进入了分子生物学新时代。

分子生物学作为当代生命科学的生长点,已渗入到生命科学的各个分支领域,随之派生出一系列新兴学科,如分子细胞生物学、分子神经生物学、分子结构生物学、分子分类学、分子发育生物学、分子病毒学等,把各个层次的生命活动有机联系起来,多学科综合地从本质上去探讨生命活动的规律,从而开辟了现代生命科学的全新局面。另一方面,1973 年重组 DNA (recombinant DNA) 获得成功,创立了基因工程。20 世纪 80 年代以后,以基因工程为主体的生物技术作为高新技术产业在世界范围内兴起,将生物技术转化为强大生产力已展示出其广阔的应用前景。1990 年开始的现代生命科学中最宏伟的研究项目“人类基因组计划”,已于 2000 年 6 月圆满完成了工作草图的绘制,目前进展顺利,令人振奋。在宏观生物学方面,现代生态学已发展成以人类为研究主体的、多层次的综合性学科,在解决对人类发展有影响的全球问题上,正发挥着越来越重要的作用。

生命活动是自然界最高级、最复杂的现象。正由于这样,生命科学有着一种无限的推动力,激励越来越多的科学家,如物理学家、化学家、数学家、计算机科学家参与到生命科学的研究中,大大促进了最近几十年生命科