

生 物 技 术 概 论

宋思扬 楼士林 主编

2 0 0 2

内 容 简 介

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、发展方向及其应用领域。全书共分12章,内容涉及基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程以及生物技术 in 农业、食品、医药、能源、环境保护等领域中的应用。本书可作为高等院校非生物专业学生素质教育的教材,也可供综合性大学、师范、农林、医药院校有关专业本科生、研究生及教师作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

生物技术概论/宋思扬,楼士林主编.-北京:科学出版社,
1999.8
(高等院校选用教材系列)
ISBN 7-03-007418-1

.生... . 宋... 楼... .生物工程-高等学校-教材
.Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 16839 号

责任编辑:林 鹏 霍春雁/ 责任校对:陈玉凤
责任印制:刘士平/ 封面设计:高海英

出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

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:850 × 1168 1/32

2003 年 1 月 第七次印刷 印张:12

印数:23 001—28 000 字数:308 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换 北燕)

(Q-0871.0107)

《厦门大学面向 21 世纪系列教材》

出版说明

培养同现代化建设和社会主义市场经济体制要求相适应的大量高素质人才是高等学校的根本任务,也是关系 21 世纪我国社会主义事业成败的关键性因素之一。大学应当教给学生什么样的知识,如何在知识传授过程中提高大学生的素质,是近几年我校一直在探索和实践的重大课题。我们认为大学素质教育决不是随意增开一些课程、指定必读的各个学科的经典著作或开设很多讲座让学生无所不知、无所不为。在知识大爆炸的现代社会,一个人不可能无所不知、无所不为,也没有必要无所不知、无所不为。有所不为才能大有作为。大学教育仍主要面向社会对人才的需求,让学生具备从事职业活动所需要的知识和能力。当前,专业划分过窄、知识分割过细、课程体系不合理、注重单纯的灌输式知识传授,教学方法呆板,忽视学生个性发展的要求和能力、素质培养的状况要改变。但也不能走向极端,不讲知识体系的科学性、合理性、完整性,想让学生无所不知,结果只能无所专长,使学生成为杂家。为了提高大学生的素质,增加高等教育在大学生未来成才中的作用份量,我们认为大学首先要教给学生认识世界和改造世界的方法论,要培养学生树立正确的世界观、人生观,这除了让学生学好哲学、思想品德等课程以外,还应当要求学生学习各个主要学科的基本课程,因为这些课程是人类文明的结晶,是认识世界改造世界的一般方法在各个领域的具体化。其次,大学要教给学生终身受用的知识,就是要教给学生那些学会学习、获取知识和运用知识解决实际问题的知识,这些知识同样来源于各个学科的构成其基本理论的基本课程,学生掌握了这些基本理论、基本知识,也就具备了宽厚的基础和进行创新的能力,在信息瞬息万变的时代以不变应万变,适应社会经济发展的变化,在竞争中立于不败之地并为人

类作出有价值的贡献。

为了达到上述目的,我们对大学的素质教育的路子进行了尝试。在不仅不增加课时而且有较大幅度压缩的前提下,除了要求所有科类的学生都要学习大学语文、高等数学以外;除了继续改进政治理论、电子计算机、大学英语等课程教学效果,提高教学质量以外;我们还充分发挥综合性大学的优势,对课程体系进行了改革,开出了各学科基本课程 35 门左右供全校学生选学,计有文史政法艺术类课程 15 门左右、理工类课程 10 门左右、经济管理类课程 10 门左右,要求学生跨类选修各三门以上,计 18 个学分,同时相应减少同量专业课。通过这一改革,加大文理渗透的力度,增强学生的科学和文化基础,从世界观、方法论层面上提高学生适应世界、认识世界、改革世界的能力,通过潜移默化使学生的素质得到提高,也就是使学生的做人和处事的品格、修养、功底或发展的身心基础得到进一步完善。

这套系列正是为满足上述教学改革需要而编写的。参加本系列教材编写的同志均是我校学术造诣深、教学效果好的优秀教师。本系列教材可作各院校进行素质教育的教科书,也可作为非本专业课程的教学参考书。如果广大干部、企业界人士、具备一定文化基础的工农群众和在校学生愿意通过自学了解政治、经济、文化、科学各方面、各学科的基本理论、最新知识,提高自身修养,阅读本系列教材也将是最佳选择。

厦门大学教务处

1999 年 3 月

前 言

当今世界,各国综合国力的竞争,实际上是现代科学技术的竞争。现代生物技术被世界各国视为一种高新技术。我国早在1986年初制定的《高技术研究发展计划纲要》中就将生物技术列于航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术和新材料技术等高技术的首位,并组织力量追踪和攻关,足见其重视程度。生物技术之所以会被世界各国如此重视和关注,是因为它是解决人类所面临的诸如食品短缺问题、健康问题、环境问题及资源问题的关键性技术;还因为它与理、工、医、农等科技的发展,与伦理、道德、法律等社会问题都有着密切的关系,对国计民生将产生重大的影响。

普及现代科学技术知识是培养造就高素质人才群体的基础条件。在日益重视、提倡素质教育的今天,对高等院校的学生加强科学技术的普及教育,提高学生的高科技意识就显得特别重要。为此,我们编写《生物技术概论》一书作为高等院校本科非生物学类专业学生素质教育的教材之一。目的是使学生了解生物技术的基本知识和国内外生物技术各领域发展的来龙去脉、研究现状、发展方向和相应对策及其对一个国家在政治、经济、军事、文化等社会各方面的深刻影响。

高新技术的重要特征之一是学科的横向渗透,纵向加深,综合交错发展迅速。1986年国家科委制订“中国生物技术政策纲要”时,作为高新技术之一的生物技术包括基因工程、酶工程、细胞工程和发酵工程四个方面。同时,在“七五”攻关计划中,又增加了生化工程和蛋白质工程。就其应用领域来讲,生物技术又可分为:医学生物技术、植物生物技术、动物生物技术、食品生物技术、环境生

物技术等。所以本书在编排上分为两大部分,前半部分主要介绍各个工程的基本原理及其基本方法,后半部分主要介绍生物技术各个领域中的应用。在具体授课时,可根据需要选用。

我们编写本教材的指导思想是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。为此我们组织一批有丰富教学经验的相关任课教师在多年教学实践的基础之上,合作完成本教材的编写工作。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,内容也可能有错漏之处,敬请读者提出批评指正。

本书的编写工作是在生物技术教研室主任张凤章副教授精心组织和指导下完成的。此外,在编写过程中还承蒙曾定教授、许良树教授审阅全书,特向他们表示衷心的感谢!

作者

1998 年 12 月 25 日

目 录

《厦门大学面向 21 世纪系统教材》出版说明

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	(4)
1.2	生物技术发展简史	(8)
1.2.1	传统生物技术的发展	(8)
1.2.2	现代生物技术的发展	(9)
1.3	生物技术对经济社会发展的影响	(9)
1.3.1	改善农业生产、解决食品短缺	(9)
1.3.2	提高生命质量、延长人类寿命	(12)
1.3.3	解决能源危机、治理环境污染	(16)
1.3.4	制造工业原料、生产贵重金属	(17)
2	基因工程	(20)
2.1	核酸的结构和功能	(20)
2.1.1	核酸的结构	(20)
2.1.2	核酸的功能	(23)
2.2	基因工程工具酶和 DNA 加工	(27)
2.2.1	限制性内切酶	(27)
2.2.2	DNA 连接酶	(29)
2.2.3	DNA 片段末端修饰酶	(30)
2.3	基因克隆载体	(31)

2.3.1	质粒载体.....	(31)
2.3.2	噬菌体和病毒克隆载体.....	(34)
2.4	目的基因.....	(38)
2.4.1	结构基因组成.....	(39)
2.4.2	分离目的基因的途径.....	(41)
2.5	目的基因导入受体细胞.....	(44)
2.5.1	受体细胞.....	(44)
2.5.2	目的基因组入克隆载体.....	(45)
2.5.3	重组 DNA 分子导入原核生物细胞	(45)
2.5.4	重组 DNA 分子导入真核生物细胞	(47)
2.6	克隆子的筛选和鉴定.....	(50)
2.6.1	利用克隆载体携带的选择标记基因筛选克隆子	(51)
2.6.2	利用双酶切片段重组法初筛克隆子.....	(52)
2.6.3	利用报告基因筛选克隆子.....	(52)
2.6.4	克隆子的进一步鉴定.....	(52)
2.7	基因工程研究进展.....	(55)
2.7.1	基础研究.....	(55)
2.7.2	应用研究.....	(57)
3	细胞工程.....	(61)
3.1	细胞工程的基础知识与基本技术.....	(61)
3.1.1	基础知识.....	(61)
3.1.2	基本操作.....	(62)
3.2	植物细胞工程	(63)
3.2.1	植物组织培养.....	(63)
3.2.2	植物细胞培养和次生代谢物的生产.....	(67)
3.2.3	植物细胞原生质体制备与融合.....	(71)
3.2.4	单倍体植物的诱发与利用.....	(76)
3.2.5	人工种子的研制.....	(80)
3.3	动物细胞工程.....	(84)

3.3.1	细胞组织培养.....	(84)
3.3.2	动物细胞融合.....	(88)
3.3.3	淋巴细胞杂交瘤产生单克隆抗体技术.....	(90)
3.3.4	细胞拆合.....	(91)
3.4	微生物细胞工程.....	(97)
3.4.1	原核细胞的原生质体融合.....	(97)
3.4.2	真菌的原生质体融合.....	(98)
4	发酵工程	(101)
4.1	发酵工程概况	(102)
4.1.1	发酵工程的内容	(102)
4.1.2	发酵技术的特点及应用	(104)
4.2	微生物发酵过程	(106)
4.2.1	工业生产常用微生物	(107)
4.2.2	培养基	(109)
4.2.3	发酵的一般过程	(112)
4.3	发酵操作方式及工艺控制	(115)
4.3.1	发酵的操作方式	(115)
4.3.2	发酵工艺控制	(121)
4.4	发酵设备	(126)
4.4.1	机械搅拌式发酵罐	(126)
4.4.2	通风搅拌式发酵罐	(129)
4.4.3	厌氧发酵设备	(130)
4.5	下游加工过程	(132)
4.5.1	发酵液预处理和固液分离	(132)
4.5.2	提取	(133)
4.5.3	精制	(134)
4.5.4	成品加工	(134)
4.6	固体发酵	(135)
4.7	典型产品的发酵生产	(136)
4.7.1	抗生素发酵生产	(136)

4.7.2	氨基酸发酵生产	(139)
4.7.3	维生素发酵生产	(141)
5	酶工程	(144)
5.1	酶的发酵生产	(145)
5.1.1	优良产酶菌种的筛选	(146)
5.1.2	微生物酶的发酵生产	(147)
5.2	酶的分离纯化	(150)
5.2.1	酶制剂的制备	(151)
5.2.2	酶的纯化与精制	(152)
5.2.3	酶的纯度与酶活力	(156)
5.2.4	酶制剂的保存	(157)
5.3	酶分子的改造	(157)
5.3.1	酶分子修饰	(158)
5.3.2	生物酶工程	(159)
5.4	生物催化剂的固定化	(163)
5.4.1	酶的固定化方法	(164)
5.4.2	细胞的固定化方法	(168)
5.4.3	固定化酶(细胞)的性质	(169)
5.4.4	固定化酶(细胞)的指标	(170)
5.5	酶反应器	(171)
5.5.1	酶反应器的基本类型	(172)
5.5.2	酶反应器的设计原则	(174)
5.5.3	酶反应器的性能评价	(175)
5.5.4	酶反应器的操作	(175)
5.6	生物传感器	(177)
5.6.1	生物传感器的原理	(178)
5.6.2	生物传感器的分类	(180)
5.6.3	生物传感器的发展前景	(182)
5.7	酶的应用	(182)
6	生物技术与农业	(188)

6.1	植物生物技术	(188)
6.1.1	植物雄性不育及杂种优势利用	(189)
6.1.2	植物抗逆性研究	(192)
6.1.3	生物农药及生物控制	(197)
6.1.4	植物生物技术的其他应用	(198)
6.2	动物生物技术	(202)
6.2.1	动物转基因技术	(202)
6.2.2	胚胎工程——家畜繁殖的新技术	(207)
6.2.3	生物反应器	(210)
7	生物技术与食品	(214)
7.1	生物技术与食品加工	(215)
7.1.1	单细胞蛋白	(215)
7.1.2	发酵生产食品和饮料	(222)
7.1.3	酶与食品加工	(228)
7.1.4	新型甜味剂	(229)
7.1.5	其他食品添加剂	(231)
7.2	生物技术与食品检测	(233)
7.2.1	免疫学技术的应用	(233)
7.2.2	分子生物学技术的应用	(235)
7.3	遗传工程食品	(236)
8	生物技术与人类健康	(239)
8.1	生物技术与疫苗	(239)
8.1.1	疫苗概说	(239)
8.1.2	病毒性疾病的疫苗	(241)
8.1.3	细菌性疾病的疫苗	(248)
8.1.4	寄生虫病疫苗	(251)
8.1.5	避孕疫苗	(252)
8.2	生物技术与疾病诊断	(254)
8.2.1	ELISA 技术与单克隆抗体	(254)
8.2.2	DNA 诊断技术	(258)

8.3	生物技术与生物制药	(266)
8.3.1	抗生素及其他天然药物	(266)
8.3.2	基因工程药物	(268)
8.4	疾病的基因治疗	(274)
8.4.1	遗传性疾病的基因治疗	(275)
8.4.2	瘤苗与肿瘤的基因治疗	(278)
8.5	人类基因组计划	(281)
8.5.1	HGP 产生的背景	(282)
8.5.2	HGP 的任务	(283)
8.5.3	HGP 对医学发展的影响	(284)
8.5.4	基因资源的保护	(285)
8.5.5	我国的 HGP 计划	(286)
9	生物技术与能源	(290)
9.1	微生物与石油开采	(291)
9.1.1	微生物勘探石油	(291)
9.1.2	微生物二次采油	(292)
9.1.3	微生物三次采油	(293)
9.2	未来石油的替代物——乙醇	(295)
9.2.1	生产乙醇燃料的意义及生化机理	(295)
9.2.2	乙醇替代石油的典例	(296)
9.2.3	乙醇代替石油所用的原材料和所面临的困难	(298)
9.2.4	纤维素发酵生产乙醇	(299)
9.3	植物“石油”	(301)
9.3.1	能产“石油”的灌木树	(301)
9.3.2	油料植物	(302)
9.3.3	藻类产油	(302)
9.4	甲烷与燃料源	(302)
9.4.1	生产甲烷的生化机理	(303)
9.4.2	应用举例	(304)

9.5	未来新能源	(305)
9.5.1	氢能	(305)
9.5.2	生物燃料电池	(307)
10	生物技术与环境.....	(311)
10.1	水污染处理.....	(313)
10.1.1	稳定塘法.....	(314)
10.1.2	人工湿地处理系统法.....	(315)
10.1.3	污水处理土地系统.....	(317)
10.1.4	活性污泥处理法.....	(318)
10.1.5	生物膜处理法.....	(321)
10.2	大气净化生物技术.....	(322)
10.2.1	生物净气塔.....	(322)
10.2.2	渗滤器.....	(323)
10.2.3	生物滤池.....	(324)
10.3	固体垃圾的处理.....	(325)
10.3.1	填埋技术.....	(325)
10.3.2	堆肥法.....	(327)
10.4	生物恢复和生物淋溶技术.....	(330)
10.4.1	生物恢复技术.....	(330)
10.4.2	生物淋溶技术.....	(333)
10.5	基因工程与污染治理.....	(335)
10.5.1	降解卤代芳烃的基因工程菌.....	(336)
10.5.2	降解除草剂的基因工程菌.....	(336)
10.5.3	防治杀虫剂的基因工程菌.....	(337)
10.5.4	分解尼龙寡聚物的基因工程菌.....	(337)
10.5.5	防治重金属污染的基因工程菌.....	(337)
10.5.6	清除石油污染物的基因工程菌.....	(338)
10.6	环境污染监测与评价的生物技术.....	(339)
10.6.1	指示生物.....	(339)
10.6.2	核酸探针和 PCR 技术	(340)

10.6.3	生物传感器及其他.....	(341)
11	对生物技术发明的保护.....	(344)
11.1	专利保护.....	(345)
11.2	商业秘密.....	(349)
11.3	植物育种者的权益.....	(349)
11.4	对生物技术发明实施保护的紧迫性.....	(351)
12	生物技术的安全性及其影响.....	(354)
12.1	微生物技术.....	(355)
12.2	基因作物及食品.....	(356)
12.3	动物克隆.....	(359)
12.4	生物武器.....	(361)
12.5	人类基因的研究、应用与影响	(363)

1 生物技术总论

学习目的 概要了解生物技术的含义、特点以及生物技术的发展史。了解生物技术的各项技术及其相互关系。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,它对于提高国力,迎接人类所面临的食品短缺、健康问题、环境问题及经济问题的挑战是至关重要的,所以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。当代的生物技术为什么会引起世界各国如此普遍的关注和重视?它同国民经济的发展有什么样的关系?它同理、工、农、医等科技及生产实践的发展,同国计民生又是怎样的关系?首先,生物技术是解决全球性经济问题的关键技术。在迎接人口、资源、能源、食物和环境等五大危机的挑战中将大显身手。其次,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,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革命性的影响。所以,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。生物技术将是 21 世纪高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。

生物技术不完全是一门新兴学科,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 70 年代末 80 年代初发展起来的,以现代生物研究成果为基础,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, 结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理, 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所能利用的物质, 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、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、育种技术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(gene engineering)

基因工程是 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)。这种创造新生物并给予新生物以特殊功能的过程就称为基因工程,也称 DNA 重组技术。

1.1.2.2 细胞工程(cell engineering)

一般认为,所谓的细胞工程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,从而达到改良生物品种和创造新品种,加速繁育动、植物个体,以获得某种有用的物质的过程。所以细胞工程应包括动、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)、细胞器移植技术等。

1.1.2.3 酶工程(enzyme engineering)

所谓酶工程是利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能,或对酶进行修饰改造,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(fermentation engineering)

利用微生物生长速度快、生长条件简单以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,有时也称微生物