

内 容 提 要

本书详尽而通俗地介绍了生物技术。作者尽可能避用了一些艰深的专业术语,在向读者介绍一系列具体成果的同时,介绍了生物技术的原理和方法。通过阅读本书,读者可了解生物技术在工业、农业和医学中所取得的具体成果与未来前景。

本书适合中学、大学师生,工业、农业和医药部门的技术人员与管理干部阅读。

生 物 技 术

张树庸 李健新 编著

责任编辑:邓鼎年

封面设计:范惠民

技术设计:王予南

*

科学普及出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京三二〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/32 印张:8.5 字数:190千字:

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数:1-2050册 定价:7.00元

ISBN 7-110-01296-4/Q·20

序

生物学是一门与人类自身的生存和发展有关的科学，但是长期以来人们对它缺乏应有的了解和足够的重视。生物学研究的是极为复杂的生命现象。尽管随着科学技术的飞速发展，特别是一些先进技术手段的渗透，生物学本身在取得长足进展的同时，也为农业、工业和医学等解决了一系列重大的理论、技术难题。然而，当生物学不能彻底解决一些急待解决的课题与完全满足人们的紧迫需要时，就很难引人注目。

如果从比利时学者维萨里(Vesalius)于 1543 年发表《人体的构造》时起，时至今日，生物学已经历了 400 多年的发展历程。在此期间，一些卓越的生物学家以他们的辉煌成果推进了生物学的发展。这些先驱者为生物学的发展确立了光辉的里程碑。生物研究的水平已在群体、个体、组织、器官、细胞和亚细胞等层次全面展开。

随着其他学科的新理论、新技术向生物学渗透，特别是电子显微镜、X 射线衍射分析技术、超离心技术、超薄切片技术、放射自显影技术、电泳分析技术、色谱分析技术、质谱分析技术、分光光度分析技术、核磁共振仪和电子仪器等直接应用于生物学研究，大大促进了生物学的发展。新的分支学科不断涌现，如细胞化学、生物物理学、电生理学、数学生物学和生物统计学等。同时，生物学的研究成果也被其他学科所引用，产生了一些新的边缘学科，如仿生学、信息论和控制论等。因此，到本世纪 50 年代初，科学界已普遍认为，生物学的研究水平、方法和内容，已经突破经典生

物学领域，只有拓展为“生命科学”这一名词才能更确切地反映出它的研究水平和内容，以及它与其他学科之间的横向联系，以突出它的综合性。

必须指出，“生命科学”这一名词的产生，还在本质上反映出其研究水平已推进到分子、原子、电子直至光子。生命科学已明显地显示出领先科学的趋势。

从 1960 年开始，“分子生物学”这一名词已被普遍引用。此时，生物科学最大特征是，它的研究水平达到分子水平。1953 年，J.沃森(Jin Watson)和 F.克里克(Francis Crick)确立了 DNA 分子的双螺旋结构模型，由此揭开了遗传密码的谜底。这是生命科学史上一次划时代的冲刺，人类从此开始了改造和重新设计生命的征程。1966—1967 年，随着工具酶——DNA 限制性内切酶的发现和分离成功，美国斯坦福大学的科学家 H.博耶(Herbert Boyer)和 S.科恩(Stanley Cohen)，于 1973 年首次人工构建了一个嵌合质粒，并在大肠杆菌中进行了克隆。1977 年 11 月，美国加州国立医学中心与加州大学的科学家合作，第一次用大肠杆菌生产出人脑激素——生长激素释放抑制素(somatostatin)。这一事件引起了世界范围的轰动，并引发了世界性的生物工程(biotechnology)热。

近代生物工程学的崛起有其客观的必然性，最根本之点就在于：进入本世纪 70 年代以来，人类已能在细胞、亚细胞和分子水平上直接操纵生命。随着基因载体的发现及其人工构建成功、细胞融合技术的进一步发展与完善、固定化细胞与固定化酶技术的创建和高效生物反应器与传感器的出现，以及微机在调控生物过程中的应用，使生命科学已从实验研究转化为工厂化的批量生产。生物学与生物工程学的根

本区别在于其操作的规模。生物学家通常在毫微克或微克的数量级上进行研究，而生物工程学家则往往在公斤或吨的数量级上进行操作。

以生物工程技术为支柱的生物工业已经面世，并以其知识密集、技术密集的特点，与其它高技术共同跻身于世。随着生物工业第一个产品——胰岛素的投放市场，引起世界范围的震动，由于它的巨大的商业利润和潜在的市场规模，因此，对企业界有巨大的吸引力。至今，各种生物工程公司已纷纷成立，风险投资的数额尤为惊人。更引人瞩目的是，各国政府在科研投资、机构设置和人才培养方面，已经实现了重大的战略转移。人们已普遍认识到，生物工程技术是第四次产业革命的三大技术支柱之一，我国政府也把生物工程技术列为“七五”期间的重点科研项目。人们预计生物工程将会引起产业结构和科研体制等方面的巨大的变革，其影响将大大地超过微电子学。

生物工程技术可被定义为生物机体、生物系统或生物加工过程在制造业和服务性行业中的应用技术。因此，生物工程实际上是一种放大的生物过程。

生物工程学是生命科学的技术前沿之一。目前，科学家借助蛋白质工程技术，致力于研制低耗高效的第六代计算机——生物电子计算机（生物电脑）。因此，生物工程学在开发人工智能方面具有举足轻重的作用。目前，由此已经衍生出一门新的边缘学科——生物电子学。由于生物工业所利用的原料是可再生及可循环使用的生物能量，因此，它在解决世界范围内的能源危机、粮食危机和环境污染等方面将扮演主角。

本书的宗旨就是要向读者普及生物技术这一高技术的基

基础知识，在此，首先要向本书的所有撰稿人表示衷心感谢，他们尽可能避用了一些艰深的专业术语，全面地向读者介绍了生物技术的原理、方法和具体成果。编入本书的文章内容相互间虽有交叉重迭之处，但这样或许会更利于读者从不同的角度和层次去了解生物技术的具体成果。

必须指出，目前“biotechnology”有两种译名，即“生物技术”与“生物工程学”，所以，本书中这两种译名同时存在，读者阅读本书时不要产生误解。

本书有有 30 篇文章曾在中央人民广播电台《科学知识》节目播出。为了让读者能更多地了解生物技术的有关知识，所以，在广播稿的基础上进行了必要的增补，特别考虑到读者今后继续了解生物技术的知识的需要，因此，在本书的末尾还编入了《基因工程研究史略》和《专业词汇表》。

在本书的组稿和审稿过程中，中央人民广播电台科技组的同志们付出了辛勤的劳动，在此向他们表示衷心的感谢。

姚 鼎

1988 年 11 月

目 录

序

1.	造福人类的生物技术.....	(1)
2.	令人瞩目的生物工程学.....	(6)
3.	当代高技术的佼佼者 —— 生物技术	(23)
4.	蓬勃发展的生物技术产业及各国对策.....	(28)
5.	第三次农业革命的动力.....	(50)
6.	巧夺天工的植物基因移植.....	(55)
7.	农作物育种新技术 —— 分子育种	(60)
8.	神奇的胚胎移植技术.....	(65)
9.	植物的快速繁殖.....	(70)
10.	植物细胞的大规模培养.....	(75)
11.	转基因动物的应用.....	(80)
12.	高等动物的体细胞育种.....	(85)
13.	攻克癌症和遗传性疾病的锐利武器.....	(90)
14.	利用生物技术生产优良药品.....	(95)
15.	应用生物技术保障人类健康.....	(102)
16.	利用生物技术消除环境污染.....	(109)
17.	利用生物技术保护生态环境.....	(114)
18.	细胞工程和移核鱼.....	(119)
19.	生物技术与鱼类养殖业.....	(124)
20.	纤维素资源的开发利用.....	(129)
21.	大有前途的新能源 —— 生物放氢	(134)
22.	固定化酶的妙用.....	(139)
23.	细菌采矿.....	(144)

24. 单克隆抗体的应用.....	(149)
25. 开发人造肉单细胞蛋白.....	(154)
26. 生物技术下一个浪潮——蛋白质工程	(159)
27. 生物技术开发的国际竞争.....	(164)
28. 我国生物技术发展的条件及前景.....	(169)
29. 生物固氮.....	(174)
30. 世界市场的热门商品——生物传感器	(179)
31. 种植业的新浪潮——人造种子	(185)
32. 现代“魔罐”——生物反应器	(192)
33. 小细胞与大农业.....	(200)
34. 试管婴儿，喜中带忧.....	(212)
基因工程研究史略	(219)
专业词汇表	(230)

1. 造福人类的生物技术

刘永晖

当今世界上，人口增长很快，食物短缺，能源日益减少，环境严重污染，肝炎、癌症、艾滋病威胁着亿万人的健康和生命，这些都是人类面临的重大问题。要解决这些问题，必须依靠科学技术的进步。

近十几年来，生物技术的迅速发展，使人们对它寄予了很大的希望，生物技术有可能为解决这些问题作出重大贡献。所以世界上好多国家都在大力开发生物技术，我国也把生物技术做为发展高技术的首要项目。

什么是生物技术呢？

生物技术是利用生物体或者是生物的细胞组织成份的特性和功能，并结合工程技术原理来进行加工生产，为社会提供商品和服务的一门技术。生物技术是以生命科学为基础发展起来的，是涉及到多种学科和多种技术的综合性科学技术体系，也有人管它叫生物工程。在现阶段，生物技术的主要内容有四方面，就是基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程。

生物技术不是近年来才出现的。人类早在几千年前就已经会酿酒、制酱、造醋了。事实上，这就是最古老的生物技术。到了本世纪 40 年代，人们开始应用微生物发酵来生产

抗生素，引起了医药工业的重大变革。随后，用发酵技术生产味精、酶制剂、有机酸、酒精等工业也相继发展起来，形成了一批近代生物技术工业。到了 70 年代，随着科学的发展，基因重组，细胞融合，固定化酶、细胞大规模培养等一系列新技术先后诞生，这些新技术是具有划时代意义的。从此，生物技术这门古老的技术又焕发了青春的活力，成为世界新产业革命的重要支柱之一。

现代生物技术的兴起，到现在不过短短的十几年时间。但是，它的应用范围已经遍及农林牧渔、轻工食品、医药保健、化工能源、环境保护等各个领域。生物技术正在以无穷的威力造福于人类。下面我们来看看生物技术在各个领域都能干些什么：

第一、生物技术有希望解决食物短缺的问题。

据预测，到 2000 年，全世界将缺少粮食 600 亿公斤到 1000 亿公斤。人们期望生物技术能为此作出贡献。

首先，生物技术可以改造动、植物，创造新品种。现在，科学家们应用基因工程技术，已经能够打破物种之间的界限，构建新的遗传基因组合，从而可能按照人们的意愿，来设计和创造具有重要经济价值的动、植物新品种，这是用传统技术不可能做到的。到目前，科学家用这种技术，已经培育出了转基因型超级猪。这种猪的生长速度比普通猪快 25%。瘦肉率高 15%，而肉的味道跟普通猪肉完全一样。应用这种技术也已经成功地把菜豆贮藏蛋白质的基因转入向日葵细胞培育出“向日葵豆”。还有人把豆科植物的蛋白基因转入到马铃薯中，培育出含很多蛋白质的“肉土豆”。目前，这些由科学家创造出来的新的动植物，虽然有的还没有经济价值，但这些成果表明，现在人类已经步入了可以深刻改造

生物为自己服务的新纪元。不久的将来，科学家将有可能培育出各种抗病虫害、抗旱、抗盐碱、高蛋白、高光效、有固氮能力的农作物品种，还有各种具有优良性状的动物新品种。

其次，生物技术可以快速繁殖动植物的优良品种。例如，病毒危害农作物造成了严重的损失，可以使苹果减产 15% 到 45%，使葡萄减产 10% 到 15%，使马铃薯减产 50% 以上。人们利用植物组织培养技术，可以获得无病毒种苗并且可以快速繁殖，现在已经实现工业化生产了。在国外，已经有了庞大的花卉工业。我国也已经建成了年产 300 万棵苗的甘蔗种苗车间，还有可以年产 300 万棵苗的香蕉苗工厂。这样做不但节省了土地，使人类开始摆脱自然条件的束缚，而且可以使农作物复壮。由此带来的经济效益和社会效益是非常大的。

再说，生物技术可以生产微生物农药和牲畜用的疫苗，这也是保证人类生产更多食品的有效技术。微生物农药是利用微生物或它的代谢产物来杀灭病虫害和草害的新型农药。它具有高效率，无公害等优点，比化学农药强多了。全世界每年被病虫害和草害夺走大约三分之一到二分之一的谷物收成。微生物农药的发展和应用，将大大减少这种损失。据预测，到 2000 年，光是我国由于使用微生物农药可能减少的损失价值就在 20 亿元以上。

疫病流行常常造成大量牲畜死亡。据统计，全世界每年有 1 亿多头牲畜因为口蹄疫而被杀掉了。幼小家畜的腹泻造成了 10% 到 30% 的死亡率，一些重病区甚至达到 60% 到 70%。人们应用基因工程技术已经研制成功疫苗，每年可以避免 90 万头牛犊死亡，可以减少损失大约九千万美元。

光从刚才谈的这三个方面，就不难看出，生物技术确实可以为人类解决食物短缺问题做出重大贡献。

生物技术应用的第二个领域是人类的疑难病症的诊断和治疗。

首先，生物技术为人类提供了新型的临床诊断试剂。比如，利用淋巴细胞杂交瘤技术中以生产出单克隆抗体诊断试剂，把它用在临床诊断上，不但准确性高，而且灵敏快速。例如，诊断疱疹病毒感染，用常规化验需要3天到6天，而用单克隆抗体诊断试剂，只要10分钟到15分钟就可以做出准确的判断。自从1981年第一种单克隆抗体诊断试剂投放市场以来，现在全世界商品化的试剂已经有一百多种。随着这种的技术发展，许多目前还很难诊断的疾病，将会得到及时准确的诊断。

其次，基因工程疫苗将可以有效地预防一些恶性传染病。目前，全世界大约有两亿人身上带以乙型肝炎病毒；霍乱病在三、四十个国家和地区还在流行；全世界有将近10%的人口居住在病疫流行地区。另外，还有许多传染病在威胁人类的健康。过去人们虽然采取了许多措施，但一直没能有效地阻止这些恶性传染病的传播和危害。现在，人们用基因工程技术已经可以大量生产乙型肝炎疫苗。这种疫苗的问世，使得乙型肝炎有希望被连根除掉。人们还在积极地研制其它传染病的基因工程疫苗，一旦人们生产出各种新的疫苗，就会有效地防止这些传染病对人类的危害。

再说，生物技术的发展，将使癌症和心血管疾病得到治疗。癌症和心血管疾病是目前死亡率最高的两大类疾病。因此，人们非常重视这方面的研究。1986年用基因工程技术生产的一种干扰素在美国投放市场。另外，白细胞介素、肿

瘤坏死因子等一批用生物技术生产的药物，不久也将用到临床治疗中，它们将在治疗癌症和心血管疾病方面发挥巨大的作用。这些药物用常规的技术是很难生产的。此外，人们平常所说的“生的导弹”，也就是用单克隆抗体携带药物，以及基因治疗方法等等，目前也都在研究当中。相信不久的将来，现在被称为不治之症的癌症和死亡率很高的心血管疾病都将得到有效的治疗。

刚才我们介绍了生物技术应用的两大大领域，一个是为人类提供更多更好的食物，另一个是为人类诊断和治疗疑难疾病，保障健康。另外，生物技术还将为人类提供大量的新能源，还可以帮助人类消除环境污染，保护生态平衡，等等。生物技术正在以惊人的速度发展着，潜力巨大，前途广阔。科学家们预言，生物技术有可能在广度和深度上改变 21 世纪的工业体系，生物技术产业将成为 21 世纪的主导产业。

2. 令人瞩目的生物工程学

姚 鼎

生物学是一门与人类自身的生存和发展有关的科学，但是长期以来人们对它缺乏应有的了解和足够的重视。生物学研究的是极为复杂的生命现象。尽管随着科学技术的飞速发展，特别是一些先进技术手段的渗透，生物学本身在取得长足进展的同时，也为农业、工业和医学等解决了一系列重大的理论、技术难题。然而，当生物学暂不能彻底解决一些急待解决的课题与完全满足人们的紧迫需要时，就很难引人注目。

如果从比利时学者维萨里于 1543 年发表《人体结构》时起，时至今日，生物学已经历了 400 多年的发展历程。学科名称经历了“博物学”——“生物学”——“生命科学”的沿革。在此期间，一些卓越的生物学家以他们的辉煌成果推进了生物学的发展。这些先驱者为生物学的发展确立了光辉的里程碑。生物学研究的水平已在群体、个体、组织、器官、细胞和亚细胞等层次全面展开。因此，到本世纪 50 年代初，科学界已普遍认为，生物学的研究水平、方法和内容，已经突破经典生物学领域，只有拓展为“生命科学”这一名词才能更确切地反映出它的研究水平的内容，以及它与其他学科之间的横向联系，以突出它的综合性。

从 1960 年开始,“分子生物学”这一名词已被普遍引用。近代生物工程学的崛起有其客观的必然性,最根本之点就在于:进入本世纪 70 年代以来,人类已能在细胞、亚细胞和分子水平上直接操纵生命。随着基因载体的发现及其人工构建成功、细胞融合技术的进一步发展与完善、固定化细胞与固定化酶技术的创建和高效生物反应器与传感器的出现,以及微机在调控生物过程中的应用,使生命科学已从实验研究转化为工厂化的批量生产。生物学与生物工程的根本区别在于其操作的规模。生物学家通常在毫微克或微克的数量级上进行研究,而生物工程学家则往往在公斤或吨的数量级上进行操作。

现代生物工程学开拓了工业生产的新领域——生物工业。它是生命科学的尖端技术与现代先进生产工艺技术的结合,并以其知识密集、技术密集的特点,与其它高技术共同跻身于世。生物工业的原料是可再生、可循环使用的生物量,通过合成降解或转化来生产人类所需要的各种物质。生物工业不仅能生产诸如干扰素、胰岛素、生长激素和溶解血栓的尿激酶等昂贵药品,以及化工、食品和农药等新产品,而且可以节约能源、资源和减轻环境污染,甚至可以净化环境。因此,它在解决世界范围内的能源危机、粮食危机和环境污染等方面将扮演主角。人们已经把生物工程学与半导体、微电子学相提并论,并认为它是第四次产业革命的三大技术支柱之一。在各国政府的工业决策中,生物工程已占有不容忽视的地位。人们预计,生物工程将会在本世纪引起产业结构和科研体制等方面的变革,其影响将大大地超过微电子学。

近年来,“生物工程”或“生物技术”这类专业名词经常在

报刊、书籍中可见，它译自英文 Biotechnology；也有人在参照日文后将其译为“生物工艺学”。随着我国学者积极开展了生物工程技术的研究，以及对生物工程技术内容的深入了解，目前比较趋向一致的理解是“生物工程就是生物技术”。生物工程技术可被定义为“生物机体、生物系统或生物加工过程在制造业和服务性行业中的应用技术”。因此，生物工程实际上是一种放大的生物过程。生物工程的四个技术组成部分为：基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程（又名微生物工程）。

法因微生物学家、化学家路易·巴斯德（1822—1895年）生前已经预见到“利用微生物以工业化生产规模发酵生产食品的可能性”。为此，人们推崇路易·巴斯德为生物工程学之父。但必须指的是，近代生物工程学是在细胞、亚细胞直至分子的水平上去操纵遗传物质，从而创建出新的生物。因此，其产率和效益将大大超过传统产业。据推算，就获得新的遗传性状、创建新物种而言，传统的良种选育法比自然界中生物的缓慢进化快一万倍，而应用基因工程或细胞工程创建新生物，则比自然界中的生物进化要快 1—10 亿倍。

生物工程技术在制药工业中的效益更为惊人。例如：从两加仑大肠杆菌工程菌发酵液中能得到 5 毫克生长激素释放抑制因子，相当于从 50 万头羊脑组织中的提取量；从 2000 升工程菌发酵液能获得胰岛素精制品 100 克，相当于从 1600 磅动物胰脏中的提取量；从一升工程菌发酵液可提取 600 微克白细胞干扰素，相当于 1200 升人血中的干扰素产量。

最早投放市场的生物工业产品是一些难得的高价贵重药

品，如近三年来相继投入市场的干扰素、胰岛素、生长素和消溶血栓的尿激酶等，以及肝炎病毒和抗疱疹病毒一类的工程疫苗也将投放市场。这些药品价钱昂贵的原因，是目前尚未建立大批量的生产系统。预计，经过技术改进，1984 年左右即能批量生产尿激酶、人生长激素；1985—1989 年即能批量生产干扰素及人胰岛素；1990—2000 年新型抗菌素，新型疫苗、新生理活性物质及植物成分将投放市场。

传统的化学工业要在高温、高压条件下生产，要消耗大量的资源和能源。而生物工业在常温、常压下就能进行生产，既节约资源和能源，又减轻了对环境的污染。比如利用微生物或工程菌转化垃圾、工农业废料和人畜粪便的技术就可以同时生产出气体燃料。这样，不仅开发了能源，而且净化了环境。现在人们还用工程菌来清除漏油和煤炭等工业的副产品中的致癌芳香烃；还利用固氮工程菌加工处理含碳多而氮少的废物，使废物转化成氮素丰富的有机肥料。当然，对于地球上所蕴藏的大理泥炭资源，也可用工程菌将其转化为可用的燃料，如甲烷或乙醇。日本油脂公司生产作为洗涤原料的脂肪酸，过去应用传统的化工工艺要求在 250℃、50 个大气压下进行生产，每月消耗燃料 2000 吨。1982 年，由于应用了脂肪异构酶和 300 吨级的生物反应器，使生产过程仅需消耗极少的燃料。日本另一家工厂，由于应用了生物工程技术，使原来 30 米高的反应塔改换成 8 米高的反应罐，能源成本降为原来的 1 / 50。据预测，1990 年之后生物工业将会生产 20% 的石油化工产品。

在食品工业中，自本世纪 60 年代开始生产单细胞蛋白以来，英国卜内门公司目前已应用遗传工程技术组建了新的工程菌，大大提高了产量，而且已建成年产 5 万吨单细胞蛋

白的设备。联邦德国、日本等国也已实现单细胞蛋白生产的企业化。1980年，日本农林水产省食品综合研究所成功地将大豆蛋白基因转移至大肠杆菌，并已生产出大豆球蛋白。苏联的生物工程学家正在设法组建一种理想的工程菌，然后将其培养在固体培养基上，最后制作成人造香肠。由此可以预言，生物工程学将最终使人类摆脱对传统农业的依附，而按人的意志去重新组装各种生物，使粮食，肉类等食品的生产实现工厂化。

生物工程学在农业中的应用，使“绿色革命”增添了新的涵义。目前，生物工程学家正在组建高产而抗病虫害的新型“工程植物”。1979年，联邦德国科学家应用细胞融合技术组建成兼有西红柿和马铃薯特性的工程植物。最近据悉，“向日豆”和固氮番茄等工程植物已被组建成功。当前，科学家正在试图将固氮基因转移至禾谷类粮食作物中。如果这种“工程植物”一旦组建成功，则可大大提高粮食产量，并可节省因生产氮肥而耗费的大量资金和能源。

以上就生物工程学作了概括性的介绍，下面将介绍单克隆抗体——“生物导弹”、第六代计算机——生物计算机和国外的生物工程热。

一、单克隆抗体——生物导弹

被称为80年代“生物导弹”的单克隆抗体（以下简称单抗）已越来越被广泛地应用于疾病的诊断与治疗，并且已成为生命科学研究的有效手段。单抗的问世，不仅已经引起了一场免疫学的革命，而且单抗技术已经渗入到生命科学的每一分支。成为令人关注和热门的研究课题。