



北京师范大学国家基础教育
课程标准实验教材总编委会组编

经全国中小学教材审定委员会 2005 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

生物学

SHENG WU XUE

(选修 3) 现代生物科技专题

主编 吴相钰 刘恩山



○ 浙江科学技术出版社

普通高中课程标准实验教科书

生物学

(选修3) 现代生物科技专题

主编 吴相钰 刘恩山



浙江科学技术出版社

主 编 吴相钰 刘恩山
本册编者 梁前进 高文臣 曾少举
 李晓辉 朱立祥 刘恩山

普通高中课程标准实验教科书
生 物 学
(选修3)现代生物科技专题

出 版 浙江科学技术出版社
制 作 杭州万方电脑制作部
印 刷 浙江新华印刷技术有限公司
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 6.25
字 数 110 000
版 次 2005 年 6 月第 1 版
印 次 2005 年 11 月第 2 次
书 号 ISBN 7-5341-2662-2
定 价 6.45 元

引言

传统生物科学技术的起源,可以追溯到古人的酿酒工艺,其历史几乎与人类的文明史一样源远流长。纵观人类文明的长河,生物科学技术的发展过程浓缩着人类生活的智慧精华。从公元前原始的酿造技术,到20世纪70年代的分子克隆技术、20世纪90年代的高等哺乳动物无性繁殖的成功和21世纪初人类基因组序列的公布,生物科学技术掀起了一次次人类生活革命的浪潮,而且有频率加快的趋势。

现代生物科技革命的一个重要特征是:对生物材料的结构进行拆分、修改、增删、重组,探讨生物结构与功能的关系,并以此满足人类在生存、健康、发展上的需求。现代生物科技革命从20世纪70年代开始走向成熟。遗传工程(genetic engineering)正是在这一时期发展起来的一种新技术。它的诞生令人耳目一新,预示着人类自主地改变、创造生命的设想有望成为现实。遗传工程诞生的基础是基因的分离和合成、限制性核酸内切酶(restriction endonuclease)的发现以及细菌质粒(plasmid)和噬菌体的研究。

作为生物工程(bioengineering)的主体——基因工程(gene engineering)已经成为当代产业革命的重要组成部分。随着基因工程的发展,细胞工程(cell engineering)和胚胎工程(embryo engineering)等方面技术的创新,势如破竹。

与人类生存环境、生活质量密切相关的另一项生物科技工程是生态工程(ecological engineering)。这是利用生态学原理,在人工辅助能量和物质的参与下,以生物种群为基本组分的生产工艺系统,目前在生态农业、生态林业以及环保工程方面已经取得了突出成就。

目前,在分子生物学时代发展壮大的生物科技,经历微观和宏观两方面的发展,加上人工智能技术的融入,正在服务于人类,造福于人类。

本模块将主要以20世纪50年代以来生命科学的发展,特别是在微观上的深入和宏观上的扩展两个方面的重要事例为线索,从科学、技术、社会的相互关联的角度,揭示现代生物科技对人类生活、生产和社会发展的影响,以利于认知生物科技,激发探求运用生物科技造福人类的兴趣。

目 录

第一章 基因工程	1
第一节 工具酶的发现和基因工程的诞生	2
第二节 基因工程的原理和技术	5
第三节 基因工程的应用	9
第四节 基因工程的发展前景	14
第二章 克隆技术	17
第一节 什么是克隆	18
第二节 植物的克隆	21
第三节 动物的克隆	27
第三章 胚胎工程	40
第一节 从受精卵谈起	41
第二节 胚胎工程	47

第四章 生物技术的安全性和伦理问题	56
第一节 来自生物技术的忧虑	57
第二节 现代生物技术对人类社会的总体影响	62
第五章 生态工程	67
第一节 生态工程的主要类型	68
第二节 生态工程在农业中的应用	71
第三节 水利工程中的生态学问题	82
第四节 生态工程的前景	90

第一章

基因工程

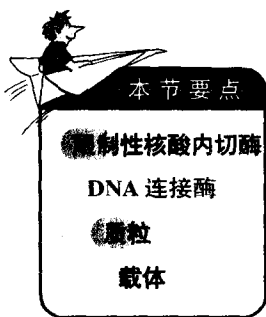
基因工程是狭义的遗传工程(genetic engineering),但广义的遗传工程泛指把一种生物的遗传物质(细胞核、染色体脱氧核糖核酸等)移到另一种生物的细胞中去,并使这种遗传物质所带的遗传信息在受体细胞中表达。基因工程的核心是构建重组DNA分子,因此,早期也将基因工程称为重组DNA技术。基因工程不仅在基因的结构、功能和表达调控等基础理论研究方面具有重要意义,而且在生产实践中开拓了广阔的应用前景,它给生命科学的研究及应用注入了无限生机和希望。



● 本章学习要点

1. 解释限制性核酸内切酶和DNA连接酶的发现对基因工程诞生的意义。
2. 阐明质粒的定义并解释其在基因工程中的作用。
3. 描述重组DNA技术的基本步骤。
4. 列举基因工程的应用领域。
5. 概述蛋白质工程。

第一节 工具酶的发现和基因工程的诞生



基因工程诞生于20世纪70年代，它的问世是几十年来许多科学家不断探索和研究的结果，其中包括DNA是生物遗传物质的发现、DNA双螺旋结构的确立以及遗传信息传递方式的认定，它们是基因工程诞生的理论基础，而限制性核酸内切酶、DNA连接酶和质粒载体的发现与应用，又为基因工程的创建提供了技术上的保障。限制性核酸内切酶和DNA连接酶为基因的分离和重组提供了必要的手段，而载体能够将外源基因运送到细胞中，达到基因工程的目的。

限制性核酸内切酶(restriction endonuclease) 限制性核酸内切酶是能够识别和切割DNA分子内一小段特殊核苷酸序列的酶。早在1970年，科学家就从细菌中分离出了这种酶，此后科学家又发现和鉴定了数千种限制性核酸内切酶。它们能对DNA分子上不同的特定的核苷酸序列进行识别和切割，如其中一种限制性核酸内切酶的识别序列是GAATTC，它能在G和A之间切断DNA(图1-1)；

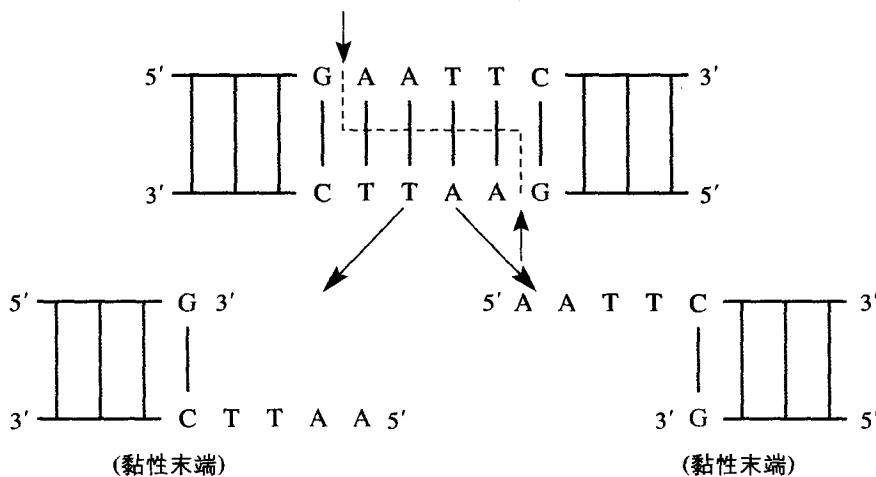


图1-1 限制性核酸内切酶切割DNA分子示意图

而另一种限制性核酸内切酶的识别序列则是 AAGCTT，它能够在 A 和 A 之间切断 DNA。如果利用限制性核酸内切酶处理 DNA 分子，就能够把 DNA 分子切割成许多不同的片段，因此，限制性核酸内切酶可作为切割 DNA 分子的手术刀，它的发现和应用，使 DNA 重组成为可能。

DNA 连接酶(DNA ligase) 对基因工程的创立具有重要意义的另一种酶是 DNA 连接酶，它是 1967 年被科学家发现的。这种酶的作用是将具有末端碱基互补的 2 个 DNA 片段连接在一起，形成的 DNA 分子称为重组 DNA 分子(图 1-2)。因此，DNA 连接酶具有缝合 DNA 片段的作用，可以将外源基因和载体 DNA 连接在一起。

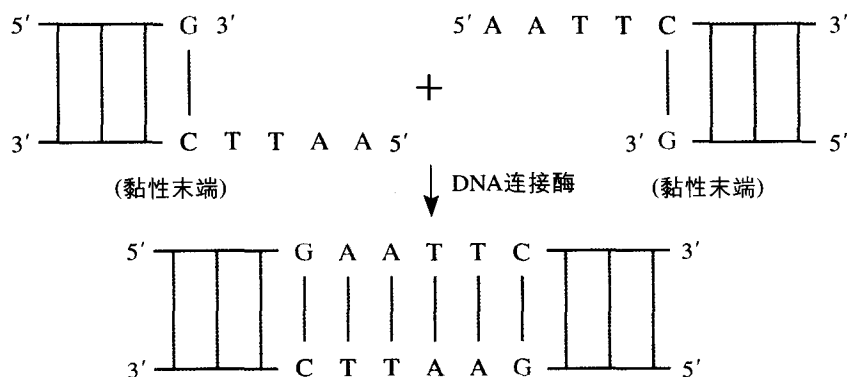


图 1-2 DNA 连接酶的连接作用示意图

质粒(plasmid) 1973 年，科学家将质粒(见章图)作为基因的载体使用，为基因工程的诞生准备了另一个条件。那么，什么是质粒呢？质粒是能够自主复制的双链环状 DNA 分子，它们在细菌中以独立于染色体之外的方式存在，是一种特殊的遗传物质。科学家利用质粒的这个特性，把它作为基因工程的载体。最常用的质粒是大肠杆菌的质粒(图 1-3)，其中常含有抗生素抗性基因，如四环素的抗性基因。

1972 年，美国斯坦福大学的科学家首次用一种限制性核酸内切酶切割猿猴病毒 SV40 的 DNA 和 λ 噬菌体 DNA 分子，然后用 DNA 连接酶对被切开的猿猴病毒 DNA 与 λ 噬菌体 DNA 进行连接，形成了重组 DNA 分子。这是世界首次成功的 DNA 体外重组实验，是第一个人工 DNA 重组产物。

1973 年，斯坦福大学的科学家进一步实现了细菌之间的性状转移。他们将来自两种大肠杆菌的含四环素抗性基因的质粒和含卡那霉素抗性基因的质粒，

分别用同一种限制性核酸内切酶切割,然后用DNA连接酶连接,形成了重组的DNA分子,最后把它们转入大肠杆菌中,结果某些接受了重组DNA分子的大肠杆菌同时具有抗四环素和抗卡那霉素的性状。这是基因工程发展史上第一个成功的基因克隆实验,它标志着基因工程的诞生。

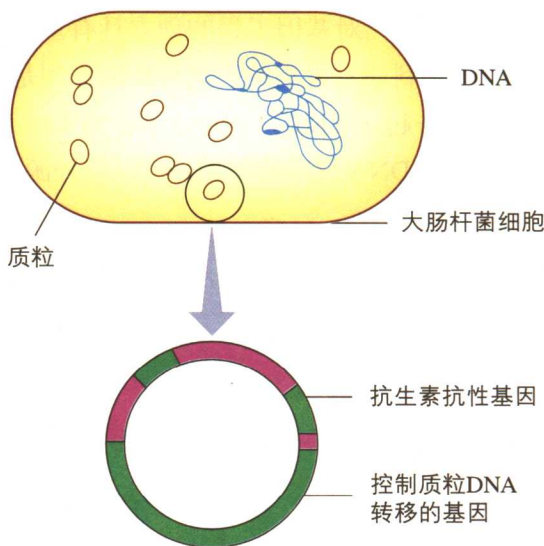


图 1-3 大肠杆菌质粒的分子结构示意图



基因工程的载体

载体是运载外源DNA进入宿主细胞的车子,即运载工具。除质粒外,基因工程的载体还有 λ 噬菌体、植物病毒和动物病毒,其中质粒和 λ 噬菌体可以将外源基因载入到大肠杆菌等宿主细胞中,而植物病毒和动物病毒能够将外源基因分别带到植物细胞和动物细胞内。



一、判断题

1. 限制性核酸内切酶的识别序列是GAATTC,只能在G和A之间切断DNA。 ()

2. DNA 连接酶能够将任意 2 个 DNA 片段连接在一起。 ()
3. 质粒是能够自主复制的双链环状 DNA 分子。 ()
4. 基因工程的载体只有质粒一种。 ()

二、简答题

简单叙述限制性核酸内切酶和 DNA 连接酶的发现对基因工程的诞生有什么意义。

第二节 基因工程的原理和技术



基因工程的基本原理是让人们感兴趣的基因(目的基因)在宿主细胞中稳定和高效表达。根据不同的实验目标,目的基因可以有很多种,如抗虫基因、抗病基因、抗除草剂基因、人胰岛素基因和人干扰素基因等,因此表达的产物各不相同。科学家通过基因工程的基本操作,就能实现他们的目标。

基因工程的基本操作步骤

为了实现基因工程的目标,通常要有多种工具酶、目的基因、载体和宿主细胞等基本要素,并按照一定的程序进行操作,它包括目的基因的获得、重组DNA的形成、重组DNA导入受体细胞(也称宿主细胞)、筛选含有目的基因的受体细胞和目的基因表达等几个方面(图 1-4)。

获得目的基因 即获得我们所需要的基因,如前面提到人的胰岛素基因、干扰素基因、白细胞介素基因,植物的抗病基因、抗虫基因、抗除草剂基因等。获得目的基因通常有两种办法,如果目的基因的序列是已知的,我们可以用化学方法合成目的基因,如胰岛素基因,或者用聚合酶链式反应(PCR)扩增目的基因;如果目的基因的核苷酸序列是未知的,我们可以建立一个包括目的基因在内的基因文库,把DNA分子的所有基因都包括在这个基因文库里面,它的作用相当于一个大的图书馆,我们需要的图书就是目的基因,从基因文库中找到我们想

要研究的目的基因。

形成重组 DNA 分子 获得目的基因后，要将其与载体 DNA 连接在一起，通常是用相同的限制性核酸内切酶分别切割目的基因和载体 DNA(如质粒)，这样会在目的基因和载体 DNA 的两端形成相同的黏性末端，然后用 DNA 连接酶将目的基因和载体 DNA 连接在一起，形成重组 DNA 分子。

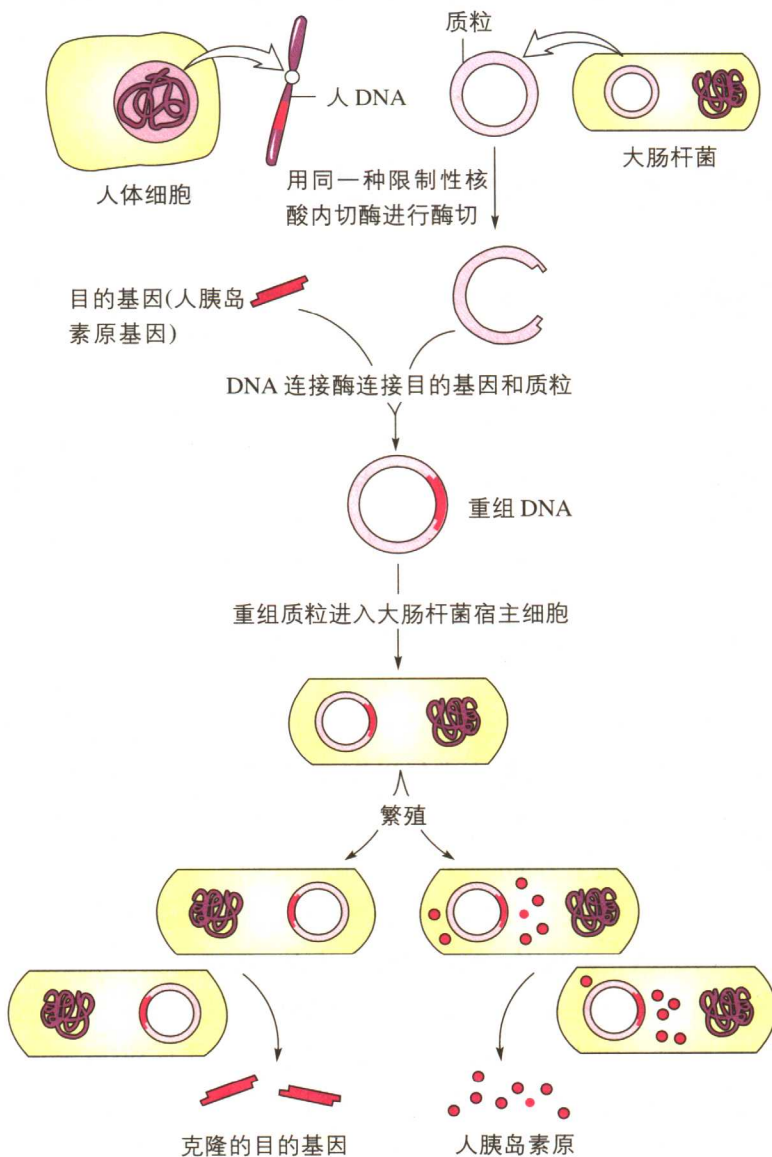


图 1-4 基因工程的基本操作步骤示意图

将重组 DNA 分子导入受体细胞 用适当的方法将形成的重组 DNA 分子转移到合适的受体细胞中。常用的受体细胞有大肠杆菌、枯草杆菌、酵母菌和动植物细胞等。例如,用质粒作为载体,宿主细胞应该选择大肠杆菌,用氯化钙处理大肠杆菌,增加大肠杆菌细胞壁的通透性,使含有目的基因的重组质粒进入大肠杆菌宿主细胞。

筛选含有目的基因的受体细胞 因为不是所有的细胞都接纳了重组 DNA 分子,所以需要筛选。由于质粒上有抗生素如四环素的抗性基因,所以含有这种重组质粒的受体细胞就能够在有四环素的培养基中生长,而没有接纳重组 DNA 分子的细胞则不能在这种培养基上生长,这样就能够筛选到含有重组 DNA 分子的受体细胞。经过培养,目的基因能够和质粒一起在宿主菌内大量扩增。

目的基因的表达 目的基因在宿主细胞中表达,产生人们需要的功能物质,如转入了人胰岛素原基因的大肠杆菌,可以合成人胰岛素原。经进一步的加工后可获得具有生物活性的胰岛素。

基因工程在多个领域具有广阔的应用前景。农牧业上,可以利用基因工程技术让转入目的基因的生物获得某种优良性状,以达到定向改造生物的目的;医药工业领域,可以通过基因工程生产我们所需要的蛋白质;在医学上,可以通过基因治疗手段来治疗人类的遗传病。基因工程还广泛应用于环境保护领域和基础理论研究等方面。

聚合酶链式反应(PCR)



1985 年美国科学家 Mullis 发明了聚合酶链式反应(polymerase chain reaction)技术,即 PCR 技术。PCR 技术问世以来,已经在分子生物学、医学、考古学、法学、人类学等诸多领域得到了广泛应用。Mullis 也因发明该技术在 1993 年获得了诺贝尔奖。

PCR 技术就是在体外的小试管中通过酶促反应有选择地大量扩增特定 DNA 片段的技术。在 PCR 反应体系中加入作为模板的 DNA 序列、与计划获得的目的基因双链各一端序列相互补的两个 DNA 引物、*Taq* DNA 聚合酶和 4 种脱氧核糖核苷酸。在高温下(如 95℃),作为模板的双链 DNA 解旋成为单链 DNA;反应体系温度降低时(如 55℃),引物与模

板的单链 DNA 的特定互补部位相配对和结合；当反应体系的温度回升时(如 72°C)，DNA 聚合酶以目的基因为模板，将 4 种脱氧核糖核苷酸逐个按照碱基互补配对原则连接在引物之后，使合成的新链延伸，形成互补的 DNA 双链。如此进行多个循环，就可以有选择地大量扩增需要的 DNA 片段。



基因工程的受体细胞

小资料

基因工程的受体细胞主要有大肠杆菌、枯草杆菌、酵母菌、植物细胞和动物细胞。根据不同的实验目的和研究内容，可以选择不同的受体细胞。如以大肠杆菌为受体细胞，已经研制出的转基因产品有人胰岛素、人生长激素、白细胞介素-2 等；以酵母菌为受体细胞，已经研制出 α -干扰素、乙型肝炎疫苗等蛋白质产品；以植物或动物细胞为受体细胞，成功地培育出了抗虫棉、转基因鼠等生物新品种。



思考与练习

一、判断题

1. 基因可以用化学方法合成。 ()
2. 基因工程中所用的宿主细胞只有大肠杆菌一种。 ()
3. 基因工程中所用的目的基因都是相同的。 ()
4. 用氯化钙处理大肠杆菌，增加大肠杆菌细胞壁的通透性，使含有目的基因的重组质粒进入大肠杆菌宿主细胞，所有的细胞都能接纳重组 DNA 分子。 ()

二、简答题

1. 举例说明什么是目的基因。
2. 举例说明如何筛选出含有目的基因的受体细胞。

第三节 基因工程的应用



基因工程的诞生，带动了现代生物技术的迅猛发展，在农牧业、医药和医学、环境保护等领域有着广泛的应用。

基因工程与遗传育种

基因工程已经应用于农业，改变了传统的育种方法，取得了可喜的成绩。20 世纪 80 年代，转基因植物和转基因动物分别获得成功。

转基因植物(transgenic plant) 培育高产、优质的农作物一直是科学家追求的目标，科学家利用传统的育种方法已经培育出了许多农作物的新品种，它们的应用和推广提高了农作物的产量，但是，这种方法的不足之处是培育新品种所需时间较长，而且远缘亲本难以杂交。植物基因工程的应用解决了传统育种的缺陷(图 1-5)。科学家利用基因工程技术已经培育出了多种转基因农作物，如抗除草剂的转基因烟草、番茄和马铃薯，抗害虫的转基因棉、番茄、烟草、马铃薯、水稻和杨树，抗植物病毒的转基因烟草、番茄、苜蓿和马铃薯，耐贮存的转基因番茄等。这些高产、优质农作物的问世，为解决人类面临的粮食短缺问题做出了贡献。除此之外，利用基因工程培育抗盐碱、抗寒、抗干旱和提高作物营养价值的转基因农作物的工作也正在研究之中。

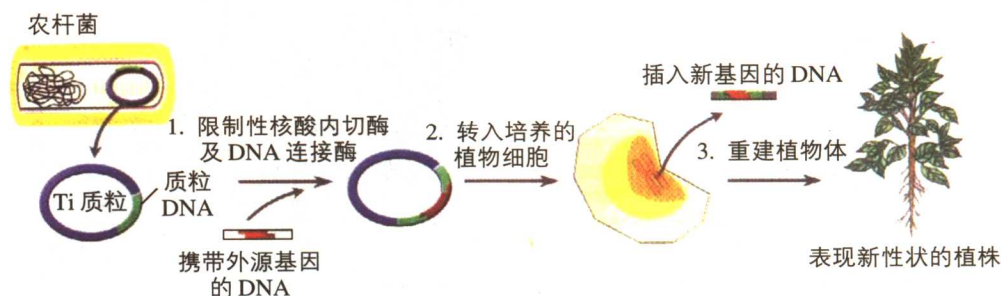


图 1-5 转基因植物的产生过程



图 1-6 基因改良的矮牵牛花

用基因工程的方法还能够改变花卉的花色，目前科学家已经将外源基因转入矮牵牛，培育出了开橙色花的矮牵牛新品种(图 1-6)。随着研究的不断深入，科学家还会培育出各种珍贵颜色的玫瑰、康乃馨和郁金香。我们相信，基因工程在花卉优良品种的培育方面将发挥越来越大的作用，以满足人们对花卉日益增长的需求。

转基因动物(transgenic animal) 转基因动物是指转入了外源基因的动物。

多年以来，传统的动物育种方法一直是改良家畜遗传性状的主要途径，并已经选育出许多家畜和家禽品种，但这种传统的杂交育种方法费时、费力。20 世纪 80 年代，科学家开始利用以基因工程为主的现代生物技术进行动物育种，并已取得一定的经济效益。具有多种优良遗传性状的转基因鼠、牛、羊、猪、鸡和鱼已经问世，如生长速度加快的转基因鼠(图 1-7)、鱼和猪以及具有抗病能力的转基因鸡和牛等。目前科学家正在研究培育能生产彩色羊毛的转基因羊，它会更加美化我们的生活。



图 1-7 普通鼠与生长速度加快的转基因鼠对比

基因工程与疾病治疗

基因工程在医药工业和医学领域的应用主要包括基因工程药物和基因治疗。

基因工程药物 1977年,科学家在大肠杆菌中生产了生长素释放抑制激素。此后,基因工程药物如胰岛素、人生长激素、干扰素和乙型肝炎疫苗等相继问世,并已投放市场,这为疾病的治疗带来了新的希望。

胰岛素 胰岛素是一种蛋白质激素,它存在于人和动物的胰脏中。胰岛素是治疗胰岛素依赖型(IDDM)糖尿病的有效药物,传统的生产胰岛素的方法只能从猪和羊的胰腺中提取,获得1g胰岛素大约需要100kg的猪胰脏,因此生产成本高,患者难以支付昂贵的药费。1978年,科学家在大肠杆菌中成功地表达了人胰岛素,并于1982年被美国正式批准生产和销售。1985年,日本也研制出了表达了胰岛素的技术并有产品投放市场。用基因工程方法生产胰岛素的产量可达100mg/L。它的问世和上市,为众多的糖尿病患者带来了福音。

干扰素 干扰素是病毒侵入细胞后产生的糖蛋白,它有 α 、 β 和 γ 三大类型。干扰素具有抗病毒、抗细胞分裂和免疫调节等多种生物学功能,是治疗病毒性肝炎和肿瘤的药物。传统生产干扰素的方法是从人血液中提取,产量极低,治疗一个肝炎患者需要几万美元。1980年,人白细胞干扰素基因获得克隆和表达,美国的基因工程产品 α 、 β 和 γ -干扰素分别于1986年、1990年和1993年获准投放市场。我国科学家也对基因工程 α -干扰素进行了研究,并于1989年投入工业化生产(图1-8),这是我国第一个基因重组新药。基因工程干扰素的表达成功,大大降低了患者的治疗费用。

乙型肝炎疫苗 乙型肝炎是全球性传染病,全世界乙型肝炎病毒携带者约有2亿人,这一疾病在我国尤为突出,目前还没有特效药物治疗此病,因此,研制乙肝疫苗迫在眉睫。1982年,乙肝抗原在酵母菌中表达成功;1986年,美国的酵母乙肝疫苗正式投放市场;1988年,法国的哺乳动物细胞乙肝疫苗开始批量生产,为预防乙型肝炎做出了重要贡献。近年来,我国在乙型肝炎疫苗的研制和乙型肝炎的防治中也取得



图1-8 干扰素产品