

我爱科学知识



解释生命的密码

——生物工程

主编 陈芳烈

编著 生吉萍 生小玲 申琳



晨光出版社

策 划 刘卫华
监 制 崔寒韦
责任编辑 一 民
责任校对 刘 洁
封面设计 王凌波
插 编 丁士瑾

我爱科学知识
解释生命的密码
——生物工程

陈芳烈 主编

生吉萍 生小玲 申 琳 策著

展 光 出 版 社 出 版 发 行 (昆明市书林街100号)
云 南 新 华 印 展 三 厂 印 装

开本:850×1168 1/32 印张:6.625 字数:130 000
1999年5月第1版 1999年5月第1次印刷
印数:1—5000

ISBN 7-5414-1623-1/G·1340 定价:6.20 元

凡出现印装质量问题请与承印厂联系调换

目 录

一 遥看生物工程	(1)
1 揭开遥传变异的奥秘	(1)
2 巧夺天工的基因工程	(6)
3 变化多端的酶工程	(10)
4 焕然一新的现代发酵工程	(15)
5 前景广阔的细胞工程	(20)
6 充满魅力的蛋白质工程	(24)
7 生物计算机	(28)
8 新兴的空间生物技术	(33)
二 开发食品新资源	(37)
1 未来餐桌上的转基因食品	(37)
2 单细胞蛋白的奉献	(39)
3 不是来自鱼的“脑黄金”	(44)
4 吃一个水果，等于注射一次疫苗？	(46)
5 超级水稻	(49)
6 不加糖的甜食	(51)
7 牛肉变嫩了	(53)
8 干酪的启示	(54)

9	新型啤酒	(57)
10	新型面包	(59)
11	淀粉糖	(62)
12	太空生物与太空食品	(64)
13	牛奶变“人奶”	(65)
三	治疗疾疾显神威	(68)
1	动物制药厂	(68)
2	价值连城的奶牛	(71)
3	特种鼠	(74)
4	爱滋病患者的福音	(77)
5	疟疾防治的新招数	(80)
6	一个幸运的女孩	(82)
7	可怕的疯牛病	(84)
8	隐生生物与海藻糖	(87)
9	抗癌新招	(91)
10	微生物生产人胰岛素	(93)
11	解除侏儒病人的烦恼	(97)
四	服务生产乐万家	(101)
1	大放异彩的固定化酶技术	(101)
2	生物探矿	(105)
3	微生物冶金	(107)
4	没有病虫害的作物	(109)
5	自己生长的庄稼	(113)

6	给植物去势	(118)
7	植物的“试管婴儿”——人工种子	(120)
8	让小草四季常青	(123)
9	生物肥料	(127)
10	生物农药	(130)
11	克隆生物	(133)
✕12	植物也有“耳朵”	(136)
五	生物燃料展新貌	(141)
1	解决能源危机的新希望	(141)
2	用之不竭的生物量	(142)
3	“绿色石油”——酒精	(144)
4	变废为宝话沼气	(147)
5	产油植物	(148)
6	充分挖掘矿井资源	(149)
六	消除公害立新功	(151)
1	环保的理想武器	(151)
2	环保纸	(153)
3	消除燃料的污染	(156)
4	神奇的有效微生物	(158)
5	生物塑料	(164)
6	可食纸	(167)
7	新型化妆品	(169)

七	保护海洋见行动	(171)
1	海洋“清道夫”	(171)
2	海洋捕鱼	(174)
3	绿化海底与蓝色牧场	(176)
八	献身人类做贡献	(178)
1	减肥基因	(178)
2	我们的寿命极限在哪里?	(180)
3	人类基因组的故事	(185)
4	中国参与“人类基因组计划”	(190)
5	寿命为什么会出现性别差异?	(192)
6	生物技术与人口控制	(195)
7	神奇的生物导弹	(198)
8	生物疫苗	(200)
9	由赵子龙的死因想到的	(203)

一 遥看生物工程

1 揭开遗传变异的奥秘

自古以来，人们都知道“种瓜得瓜，种豆得豆”、“一母生九子，九子各不同”。这些都是在讲生物的遗传变异特性。

那么，为什么孩子的长相总是像他的父母，而即使是同胞姊姊也有不同？为什么只有种“豆”才能得“豆”，而世界上没有完全相同的两个豆子呢？生物的特性是怎样一代代遗传和变异的呢？这一直是科学家们苦苦探索的奥秘。

遗传鼻祖孟德尔的先见

早在 19 世纪 60 年代，奥地利著名生物学家孟德尔，就发表了关于遗传的法则和遗传因子的论述。他通过著名的豌豆实验指出，控制豌豆各种遗传性状的遗传物质，是呈颗粒状的、成对存在的因子。他提到的遗传因子，就是现在我们所说的基因。

但遗憾的是，当时的科学界，正忙于讨论达尔文的进化论，对他这样一位牧师提出的学说，没有引起足够的重

视。

直到孟德尔去世 26 年之后的 20 世纪初，多位科学家从不同的角度，揭示生物的一些遗传变异规律，才重新认识到孟德尔遗传学说的伟大和他对生命科学的巨大贡献。但真正揭示遗传变异的奥秘，还是近几十年的事。

细菌实验引起的思考

1928 年，美国科学家格里菲斯，用两种细菌在老鼠身上做实验。一种是有荚膜、毒性强的肺炎球菌，另一种是无荚膜、毒性弱的肺炎双球菌。他发现，无荚膜菌可以长出蛋白质的荚膜，变成有荚膜的细菌。而其中的核酸，就是已被高温杀过的有荚膜的核酸。只是在加热中，有荚膜的核酸并没有被破坏。这一实验结果，引起了人们对核酸的高度重视。

1944 年，加拿大的爱成瑞，也完成了两种肺炎双球菌的转化实验，证实了脱氧核糖核酸（DNA）是遗传物质。同期的美国细菌学家艾弗里，也证明了有荚膜菌向无荚膜菌提供的就是遗传物质 DNA。以后，人们又进一步做了许多实验，最易于说明 DNA 是遗传物质的实验，是噬菌体侵染细菌的实验。

借腹生子的噬菌体

噬菌体是以细菌细胞为寄主的一种低等微生物。它外形有球形、棒形、扁盘形等多种，但其内部结构非常简单，只含 DNA。实验中的噬菌体病毒，外形像小蝌蚪，

它的外部是蛋白质组成的头膜和尾鞘，头膜内含有 DNA，尾鞘上有尾丝、基片和小钩。别看它结构这么简单，它可是个聪明的家伙。

噬菌体是这样侵染细菌的。当噬菌体接近细菌时，先把尾部末端扎在细菌的细胞膜上，然后将噬菌体内的 DNA 全部注入到细菌细胞中，留在细菌外面的噬菌体外壳就没什么作用了。进入细菌细胞内部的噬菌体 DNA，利用细菌细胞的营养物质，迅速复制噬菌体的 DNA，并在其外合成蛋白质，然后组装起来。这样，许许多多与原噬菌体大小形状一样的新的噬菌体，便被复制出来了。当细菌细胞解体以后，这些噬菌体被释放出来，再去侵染其它的细菌细胞。这个实验充分证实了，噬菌体的遗传繁殖是通过它体内 DNA 进行的，证明了 DNA 是生物的遗传物质。

划时代的双端旋

1945 年，阿斯伯利用 X 射线技术，发现 DNA 分子中嘌呤和嘧啶两个碱基之间的间隔为 3.4 埃（1 埃 = 10^{-10} 米），并且发现这两个碱基与 DNA 分子的长轴呈垂直状态。这一发现，从分子水平上揭示了 DNA 的结构。

1953 年，美国遗传学博士詹姆斯·沃森和英国剑桥大学的物理学家弗朗西斯·克里克共同研究，揭出的双螺旋结构模型，阐述了 DNA 进行有序功能活动的规律，从简揭示了 DNA 的分子结构及其遗传功能的奥秘，开辟了生命科学研究的新时代。沃森和克里克也因此获得了 1962

年的诺贝尔奖。这是一个划时代的发现。以后，所有基因的定位，都是在这两条 DNA 双螺旋链上进行的。

DNA 分子由四种脱氧核苷酸组成，每种脱氧核苷酸含有一种含氮碱基，它们分别是腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、胞嘧啶 (C) 和胸腺嘧啶 (T)。在 DNA 中，碱基配对结合，即腺嘌呤 (A) 只能与胸腺嘧啶 (T) 相互配对，鸟嘌呤 (G) 只能与胞嘧啶 (C) 相互配对。由于核苷酸的数量及碱基对的排列顺序不同，导致了生物种类的千差万别。

一只小白鼠 DNA 大约有 1.2 万个核苷酸对组成，它的碱基对可能有 4 的 12000 次方种排列方式。而人类的 DNA 大约有三十亿个核苷酸对，你可以想像它有多少种排列方式。也正是由于 DNA 的千差万别才会有各种生物各不相同的遗传性状和生现功能，才会有五彩缤纷、绚丽多彩的生命世界。

DNA 能进行自我复制，DNA 控制着细胞内蛋白质的合成。DNA 分子中能控制某种性状的遗传单位，称为“遗传基因”，它是 DNA 分子中的一个片段。一个 DNA 分子上具有若干个“基因”，每个基因大约有一千个碱基对长短，一个基因能够控制生物体的一个性状。基因控制着生物性状的代代相传，基因的重组导致生物性状的变化。人工合成基因，可使生物的某些性状，按照人类的设想定向发展。

细心的发现

1951年，美国遗传学家巴巴拉女士，发表了关于基因的“跃迁”学说。她的研究发现，排列在染色体上的成串基因，是以不规则方式在不停地运动着，其位置不是固定不变，而是可以变换的。不仅如此，基因还可以从一个细胞跃迁到另一个细胞，她因此创立了“可动基因理论”，这大大丰富了经典遗传学理论。但她的发现起初并未被大多数人认识，她没有失望与悲观，顶着巨大压力潜心研究，直到20世纪60年代才被科学界公认，并于1983年获得了诺贝尔奖金。

1990年，中国的白春礼等人利用我国制造的扫描隧道显微镜，首次观察到变性噬菌体DNA的一种新结构——三链辫状缠绕结构。这一重大发现引起人们对DNA结构更深入研究的兴趣，很可能为进一步探索生物造传的奥妙开辟一条新的思路。

后来，许多科学家在研究中发现染色体的交换、染色体的重组、基因的突变等等，都是引起形状变异的原因。

有待于思考的来来

遗传基因传递着遗传信息，控制着细胞内的蛋白质的合成，而细胞内的蛋白质的合成与细胞的发育、分裂、生长息息相关。细胞的生长、发育、组合，决定着生物的形态、结构、习性、寿命、生活规律……DNA和遗传基因就是通过这样的途径来控制生物通传的。而通传基因在上

下代之间又是在不断变化的，因此，生物的变异，导致了世界上没有任何一个完全相同的生物存在。但是，到目前为止，人们对生物遗传变异的具体细节，还没有完全掌握，对生命的本质和奥秘只是部分了解，许多更加深入的深索和研究，仍在细续进行。研究遗传的奥秘，揭示生命的本质，仍是人们不断深索的重大课题。

2 巧夺天工的基因工程

基因工程，是现代人常常听到的新名词。这些年，什么基因工程羊啊，基因工程猪等等都一股脑儿诞生了。那么，什么是基因工程呢？

原理简单的基因工程

基因工程是 20 世纪 70 年代创立的一种定向改造生物的断兴科学。从原理上来说，是非常简单的。它是指在分子水平上，在生物体外，用人工方法将甲种生物的遗传物质“剪切”，与乙种生物的遗传物质拼接，重新组成一体，实现对生物基因的改遗和重新断组合，从而产生出人类需要的基因产物。

1973 年，美国科学家科恩等人，首次将两种不同的 DNA 分子进行体外重组，并在大肠杆菌中实现了表达，宣告了断的遗传物质的诞生。从此，“基因工程”等现代生物技术蓬勃发展。

操作复杂的基因工程

基因工程的原理简单，但操作“工序”十分繁杂。

第一步，制备需要的基因，即目的基因。目的基因是人们所简要的某些 DNA 分子片段，它含有一种或多种遗传信息的整套遗传密码。目前常用的制备目的基因的方法有，弹枪法、分子杂交法、超速离心法、噬菌体摄取法、反录酶法、人工合成法。取得目的基因后，可采用聚合链式反应（PCR）技术，使目的基因片段成千上万倍的扩增。

第二步，体外重组 DNA。选择目的基因所适合的基因运载工具，又称基因载体，用限制性内切酶在特定的切点，把载体 DNA 分子切开，再用 DNA 连接酶把目的基因与载体 DNA 在切断处连接起来，形成一个完整的 DNA “杂合子”。

第三步，基因转移。即将重组的 DNA 杂合子，向选定的生物受体细胞中转移，让重组 DNA 杂合子在受体细胞中复制、转录、翻译，实现表达。

第四步，筛选。一般引入受体的杂合子，常常只有极少部分能实现复制和表达，必须再进行细致的筛选工作，把已经转化了的和没有转化的细胞区分开来。已经转化了的受体细胞的 DNA 分子中含有目的基因，能够实现我们改造生物的目的。

事实上，基因工程的每一步都是非常复杂而繁琐的。DNA 是十分复杂的生物大分子，正常情况下，自身扭盘

成复杂的立体结构，而且经常发生变化，要想分析破译其碱基密码，进行定向剪切、重组是十分困难的。直到1970年，科学家们发现了限制性核酸内切酶之后，才使这项工作发展起来。

寻找生物“剪刀”

我们常说，“工欲善其事，必先利其器”。科学家们要很好地实施基因工程，必须有合适的工具才行。

幸好，科学家们在研究原核生物的过程中，发现一种能在DNA的特定部位进行切割的内切酶，我们称它限制性内切酶。限制性内切酶的发现，为基因工程的实施，找到了一把合适的剪刀。因为，它可以按照要求，在DNA分子的特定位置“切割”开。

目前，已发现四百多种限制性内切酶。限制性内切酶的发现，对基因工程的实施和DNA排列顺序的分析研究具有重要的意义。

20世纪80年代中期，日本开始用核酸内切酶和超声波，进行DNA分子的切割，可以将DNA分子链，切割成只含600个~700个核苷酸对的小片段。80年代后期，日本又发明了精密化学分析机械人，可以利用计算机来控制DNA分子分析中从化学段列到分离干燥，大约二百个工序的自动化操作。1991年，美国橡树岭国立实验室研究人员介绍了一种叫GRALL的人工智能设备，在分析500万个DNA的基因后，能很快测定出90%的核苷酸顺序。1992年，日本现化研究所首次成功建立用于破译遗传信

息的自动分析系统。这个系统能够自动重复运转，对所谓的“选择”、“伸长反应”、“确定排列”三种主要程序作出综合分析，每天可以自动测定出 10 万个碱基对。在这套系统中装重着三台不间断工作的电池装置，每台每天能破译 3.6 万个碱基对。科学家认为，这一自动分析系统的研制成功，将会有力地推动生命信息的深入研究。

基因工程所需的其池“工具”

除了“剪刀”之外，还需要缝合、转移及其它修补工具。因此，除了核破内切酶外，还需要用于“缝合”用的连接酶，以及转移酶、逆转录酶、聚合酶、核破激酶、核激外切酶等等。

另外，选择运载基因的工具——载体也是非常不易的。因为理想的载体必须符合以下条件：有自我复制能力；大小适当，能从外部进入细胞；安全可靠；有适传标记和选择性的信号标记等。通常选用的载体有三类。一类是，细菌质粒。它存在于细菌细胞中，是染色体外的环状 DNA，也叫“核外染色体”，是具有适传特性的物质。例如，在土壤杆菌中存在着一种环状 DNA，叫 Ti 质粒，它能携带重组的基因，稳定地整合到受体细胞的细胞核基因组中去，并进行复制、转录和表达。Ti 质粒是目前高等核物基因工程中常用到的基因载体。第二类，是噬菌体和病毒。如 N—噬菌体和 SV40 等，在微生物和哺乳动物体细胞的基因工程中，被作为基因载体广泛应用。在核物病毒中，除了利用自然无毒的病毒品系外，对其他绝大多数

的病毒都必须进行若干修饰和改造，减弱或消除其致病性。第三类载体，是转座子和人造粘接体等。

只有在人们掌握了基因工程的各种“工具”和各个操作步骤后，才能达到定向改造生物物种的目的。或许在不久的将来，人们真的能把牛和西红柿的基因组合在一起，生产出具有牛肉风味的“牛肉西红柿”，或地上长麦穗，地下长地瓜的“地瓜小麦”……

目前，我国科学家已用基因工程的方法，把抗棉铃虫的基因植入棉花中，培育出不生棉铃虫的“抗虫穗”，走在了世界的前列。我们相信，在不久的将来，人类一定有能力实现自己的梦想。

3 变化多端的酶工程

酶工程离我们并不遥远。我们的生活中就有许多酶工程的产品，如加酶洗衣粉中的蛋白质，牙膏中的 SOD，可口可乐中的高果糖浆，医院里用的氨卞青霉素等等。有人说，酶工程像魔术师，一夜之间，它的产品千千万。

那么，什么是酶工程呢？

酶工程是现代生物技术的重要组成部分。它是在一定生物反应器中，利用酶的特异催化功能，快速高效地将相应原料转化成有用物质的技术。它包括酶的分离、提纯、固定及加工改造等技术。

威力巨大的酶

提起酶工程，人们就不能不谈到酶。酶工程那变化多端的能力，就是由于酶的作用。

酶是一种有生命活性的蛋白质，是一种特异的生物催化剂，被称为生物技术的开拓先锋。在生物的新陈代谢、能量转化及降解等各种反应中，都离不开酶的催化作用。

酶能够加快反应进程，而自身并不发生变化，能反复多次使用。

酶可以在常温常压和低浓度条件下，使复杂的生化反应快速完成。它能在1秒钟之内使数以万计的生物分子拆散或联合；能迅速把分解后的多种微粒，合成所需的其他物质。

科学家们推算，生物界中的酶有数百万种，一个细胞中也会有上千种不同的酶。现已知道的酶就有八千多种。它们推动着细胞和生物的各种生命活动，可以说，没有酶就没有一切生命活动。

酶工程中的酶

早期的酶工程主要是从动物、植物、微生物材料中提取、分离、纯化各种酶制剂，并将其应用于化工、食品和医药等工业领域。

50年代形成了以微生物酶为主体的酶制剂工业。应用领域涉及到食品、医药、发酵、日用化工、轻纺、制革、水产、木材、造纸、能源、农业、环保等部门。酶制