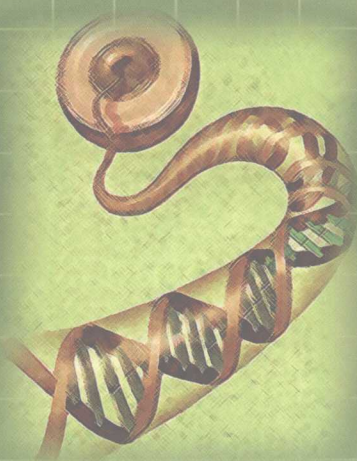


ZHUANJIYIN

ZHIDUOSHAO

转基因知多少

刘晓君
徐慧芳
编著



 中国出版社

中国环境出版社

CHINA ENVIRONMENTAL PUBLISHING HOUSE

转基因知多少



中国环境出版社

转基因知多少

刘晓君 编 著
徐慧芳

 中国社会出版社

图书在版编目(CIP)数据

转基因知多少/刘晓君,徐慧芳编著. —北京:中国
出版社,2009.6

ISBN 978-7-5087-2652-6

I. 转… II. ①刘…②徐… III. 生物—外源—遗传工程 IV. Q78

• 中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 081299 号

书 名:转基因知多少
编 著:刘晓君 徐慧芳
责任编辑:彭先芬

出版发行:中国出版社 邮政编码:100032
通联方法:北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦
电话:(010)66080300 (010)66083600
(010)66085300 (010)66063678
邮购部:(010)66060275
电 传:(010)66051713

网 址:www.shcbs.com.cn
经 销:各地新华书店

印刷装订:北京凯达印务有限公司

开 本:145mm×210mm 1/32
印 张:4.25
字 数:90 千字
版 次:2009 年 6 月第 1 版
印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷
定 价:9.00 元

目 录

从基因开始	1
基因的由来	1
DNA 的确认	2
基因如何“工作”	6
附：基因发展大年记	8
基因革命——转基因技术	11
何为转基因	11
为何转基因	12
转基因是否有风险	16
转基因对种植者的改变	18
附：转基因发展代表事件	21
奇特的新功能——转基因应用	25
转基因西红柿	25
抗虫害作物	26
超强转基因抗旱烟草	27
金 米	28
地雷探测草	29
能清除污染的植物	30
会吐丝的转基因植物	31
墨西哥矮小瘤牛	32

美国转基因鲑鱼	33
转基因猴	33
附：转基因发展现状	34
转基因食品是否安全	40
小土豆，大风波	40
毒性、抗生素抗性、过敏原问题	42
是否安全有待长期测试与评估	45
未知的不可预测效应	46
转基因食品安全评估	48
附：有关转基因食品的历史事件	51
转基因作物的环境安全之争	59
墨西哥玉米基因污染事件	59
转基因逃逸	60
斑蝶风波	64
非靶标效应	65
会有“超级害虫”吗？	67
生物多样性的威胁	69
转基因生物的环境安全性评估	72
附：《卡塔赫纳生物安全议定书》	74
转基因的社会和经济之争	77
能否解决世界粮食问题	77
生物技术伦理问题	79
技术垄断，农民要交“种子使用费”	81
无休止的贸易纷争	84
附：WTO 与转基因产品相关的贸易规则： 《SPS 协议》和《TBT 协议》	87

各国对转基因的态度和政策	92
美国对转基因作物安全性的管理与政策	92
欧盟对转基因作物安全性的管理与政策	97
其他组织或国家对转基因作物安全性的管理与 政策	104
附：对转基因食品的标识政策	108
转基因的未来	113
“完美”的转基因作物	114
多功能的转基因动物	120
生物制药	123
解决能源危机	125
正视转基因	128
参考文献	129

从基因开始

基因的由来

在今天，对很多人而言“基因”已经不是一个陌生的名词，如什么转基因作物、基因治疗、基因决定性状等。很多人可能并不能准确而专业地理解基因，但在科技昌盛的社会，对很多人而言，“基因”已经成为一个耳熟能详的名词。尽管如此，但它的发现之路却并不容易。在人类遗传学历史上，被后人尊为“遗传学之父”的奥地利原天主教神父、遗传学家约翰·格雷格尔·孟德尔最早发现了基因。1856年，孟德尔在修道院中开始了长达8年的豌豆杂交实验。在此期间，他尽可能多地观察和统计，在一次实验中，他竟仔细观察并统计了7324株豌豆。不同品种的豌豆有一些不同的特征，生物学上称其为生物性状，其表现是种子有圆有皱，植株的茎有高有矮等等。孟德尔共研究了七对性状，以豌豆种子的形状为例。把圆种子的品种与皱种子的品种进行杂交，得到的第一代杂交后代的种子全部都是圆的，而没有皱种子。像这种圆种子总是表现出来的性状被称为显性，而皱种子这种被掩盖住的性状叫做隐性性状。将第一代杂交后代自相交配，在得到的第二子代中，同时有圆种子和皱种子，经过统计，圆、皱种子的比例大约为3:1。在其余的六对性状也出现了类似的情况，即在第二子代，有 $\frac{3}{4}$ 出现了显性性状， $\frac{1}{4}$ 出现了隐性性

状。很显然，这是一条规律。

1866年，孟德尔在《布尔诺自然史学会》杂志上发表了他的实验结果，他总结出“遗传因子”的概念以及在生殖细胞成熟中同对因子分离、异对因子自由组合两条遗传规律，也就是现在被人称为孟德尔因子和孟德尔定律：遗传是公正平等的，每个遗传因子均有50%的遗传机会；遗传因子的结合是自由的，两两结合的机会符合统计规律。在孟德尔的文章中并没有描述过生物体内的基因，也没有观测到基因以及使用这个词汇，只是把其称为“遗传因子”。

遗憾的是，孟德尔的论文并没有引起科学界的注意，在此之后的30多年中，他的论文一直未被科学界所认知。因此，孟德尔所做的工作很快就被人置之脑后，直到20世纪初的1900年才重新被人们发现，从而确立了孟德尔在遗传学上的地位。现在我们知道孟德尔的发现具有划时代的意义，他总结出的这两条遗传基本定律就是新遗传学的起点。

1909年，丹麦生物学家约翰逊根据希腊文“给予生命”之义，创造了“gene”一词，并用此术语代替孟德尔的“遗传因子”概念，这就是后来被我们翻译过来的“基因”。从此，基因就是我们现在所说的生物性状的决定者，生物遗传变异的结构和功能的基本单位，它在细胞核染色体上占据特定的位置，是实实在在的物质。

DNA 的确认

孟德尔遗传定律告诉我们，在生物体内有成双成对的基因控制着生物性状。但是这些基因在生物体内的什么地方？细胞是生命的基本单位，所以基因必定在细胞内。细胞分成细胞核、细

胞质两部分，细胞质中还有各种细胞器，基因又在细胞中的哪个部分呢？

在 19 世纪末，科学家们已用实验证明了，细胞核决定着生物性状的遗传。例如，如果我们把单细胞的原生生物分割成两半，一半含细胞核，另一半不含细胞核，含细胞核的部分将再生出任何丢失的结构，重新长成为完整的细胞，而不含核的另一半只有死亡。这表明细胞核是控制细胞遗传的指挥部。在孟德尔遗传定律被重新发现后，人们就顺理成章地认定基因必定位于细胞核内。为了便于显微镜下观察细胞，细胞学家们尝试了各种染料，使细胞的不同结构能不同程度地被染色。在细胞核中有一些丝状物染色最深，被叫做“染色质”。人们观察到，在细胞分裂即将开始时，染色质凝缩成一些染色更深的带状物，成为“染色体”。每一个物种的细胞中都有固定数目的染色体，而且成双结对，例如人体有 23 对 46 条染色体。在细胞核被证明是控制基因的部位后，很快就有人提出染色体是遗传的载体。

美国遗传学家摩尔根和他的助手以果蝇作为实验材料，进一步证实了孟德尔所说的“遗传因子”的存在。并且，摩尔根第一次把代表某一特定形状的基因，同某一特定的染色体联系起来，从而创立了遗传的染色体理论。在哥伦比亚大学一间不足 25 平方米的果蝇实验室内，摩尔根和他的同事们取得了一系列重大的发现。1909 年，摩尔根在他培养的红眼野生型果蝇原种瓶中突然发现了一只白眼雄性果蝇，这种基因突变的现象引起了他的注意。他和他的学生通过一系列杂交实验，将决定眼睛颜色的基因定位于 X 染色体上，并进一步确认了染色体是基因的载体，从而确立了基因的染色体学说。此后，他们又发现了位于同一染色体上的基因之间的连锁遗传特性，由此建立了遗传学的第三定

律——连锁交换定律^①。他们把 400 多突变基因定位在染色体上，制成染色体图谱。随后，他们又应用当时发展的基因作图技术，构筑了基因的连锁图，进一步揭示在染色体载体上基因是按线性顺序排列的。

摩尔根于 1928 年出版了《基因论》专著，对基因这一遗传物质进行了具体而明确的描述。他创立的基因学说实现了遗传学上的第一次理论综合。摩尔根在胚胎学和进化论之间架设了遗传学桥梁，推动了细胞学的发展，并促使生物学研究从细胞水平向分子水平过渡，以及遗传学向生物学其他学科的渗透，为生物学实现新的大综合奠定了基础。

在知道了染色体就是基因的载体之后，人们又面临一个新的问题：基因是由什么样的化学物质构成的？组成染色体的化学物质主要有两种，蛋白质和脱氧核糖核酸（DNA），究竟哪一种是遗传物质呢？蛋白质是一种链条状的聚合物，由更小的分子氨基酸连接而成。组成蛋白质的氨基酸有 20 种，一个蛋白质一般由数百个氨基酸组成。不同的氨基酸序列组成不同种类的蛋白质，有不同的结构，可以执行不同的功能。相比之下，DNA 则很简单。DNA 是一种核酸，是一种由核苷酸组成的聚合物。组成 DNA 的核苷酸只有四种，化学结构很简单。人们因此认为是染色体中的蛋白质在执行基因的功能，而 DNA 只是起某种其他方面的作用。但后来的研究结果却出人意料。

首先用实验证明基因的化学本质是 DNA 分子的是加拿大生物化学家艾弗里。1945 年，艾弗里与他的合作者在纽约针对肺炎

^① 处在同一染色体上的两对或两对以上的基因遗传时，联合在一起共同出现在后代中的频率大于重新组合的频率，重组类型的产生是由于配子形成过程中，同源染色体的非姊妹染色单体间发生局部交换的结果。重组频率的大小与连锁基因在染色体上的位置有关。

链球菌转化的研究表明，使细菌发生转化的因子是 DNA，而不是蛋白质。当时许多研究者都认为只有蛋白质才能决定细胞的特征和遗传。而艾弗里等人的工作打破了这种观念，在遗传学理论上确立了全新的观点，即 DNA 分子是遗传信息的载体。1952 年，美国微生物学家赫尔希与他的学生进一步证实了艾弗里的结论即 DNA 是遗传物质。他们的实验材料是 T2 噬菌体。T2 噬菌体的结构简单，其化学物质只有 DNA 和蛋白质组成。实验得出的结果是，进入细菌体内的是噬菌体的核酸部分，而不是蛋白质。由此说明携带遗传信息的是核酸。实验还表明，噬菌体的 DNA 分子不但包含着噬菌体自我复制的信息，而且还携带着合成噬菌体蛋白质所需要的全部信息。从此以后，再也没有人怀疑 DNA 是遗传物质了。

那么，DNA 究竟有怎样的分子结构，才能使它能够携带遗传信息呢？1952 年，博士毕业后的沃森进入了剑桥大学卡文迪什实验室医学研究组，并且与英国的生物物理学家克里克合作，他们决定共同来攻克 DNA 分子结构的难题。首先他们认为，应该利用物理学和化学的规律来进行 DNA 分子模型的研究。根据威尔金斯和富兰克林等人做的 DNA 纤维的 X 射线衍射图像和分析数据，他们推断出 DNA 分子应该具有螺旋状的结构。在研究工作开始，沃森和克里克认为，DNA 分子的螺旋结构应该是三螺旋。但这个设想却被威尔金斯和富兰克林否定了，在 1953 年 2 月 14 日的讨论中，威尔金斯出示了一幅富兰克林在 1951 年 11 月拍摄的一张十分漂亮的 DNA 晶体 X 射线衍射照片。这张照片突然激发了沃森头脑中“搭积木”思维方式的灵感，根据多年的研究工作经验，他非常肯定地认为，DNA 分子链只能是双链的结构，才会显示出这样漂亮而清晰的图像，并加以补充：脱氧核糖和磷酸在螺旋的外侧构成两条多核苷酸链的骨架，方向相反，每个脱

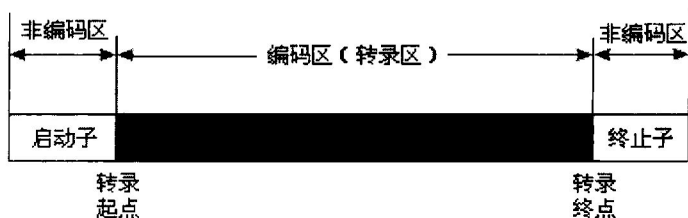
氧核糖上都连着一个碱基；碱基在螺旋内侧，两两对应。一连几天，沃森、克里克在他们的办公室里兴高采烈地用铁皮和铁丝搭建着模型。1953年2月28日，第一个DNA双螺旋结构的分子模型终于诞生了。

DNA分子双螺旋结构的发现，震惊了全世界，它标志着分子生物学从此诞生。DNA分子双螺旋结构理论不仅说明了DNA为什么是遗传信息的携带者，更说明了基因的复制和突变等机理。随着研究工作的进一步深入，人们已经了解到生物界并非所有的基因都由DNA构成，某些病毒以及噬菌体，它们遗传体系的基础是RNA，而不是DNA。1956年，德国科学家吉尔和施拉姆在研究烟草花叶病毒时，首先发现了RNA分子也能够传递遗传信息，同时，他们还发现，烟草花叶病毒的RNA成分在感染的植株叶片中能够诱导合成新的病毒颗粒。

基因如何“工作”

沃森和克里克提出的DNA双螺旋模型能够解释基因是如何携带并复制遗传信息，以及突变是如何出现的。但是遗传信息是如何控制细胞活动的呢？

在细胞内基因是活动的，它像一台机器那样不停地在运转。虽然一个生物个体内每个细胞都含有该物种全套的基因，但基因“机器”的开启却是有严格的时间和空间规律。也就是说，启动某个组织的器官所需要的那些基因，只是在需要的时间开动，其他基因此时都是关闭着的，或者在不需要的时间关闭着。每种基因“机器”都有它自身很独特的开关，这个开关科学家称之为“启动子”。本质上，启动子也是一段DNA，位于基因的前端，紧接着就是基因的编码区本身，最后就是终止序列。



基因结构示意图

其中很有意思的是，一般基因的启动子受所在细胞诸多因素的控制，要是把它们放到其他组织或其他种类的生物个体中，它启动其他基因的能力就会受到影响，不是弱化，就是根本不工作。但病毒基因启动子的本事却大得很，通常不受细胞类型的限制，而且启动能力依旧很强，这也是病毒难以对付的原因。不过，也正是因为病毒基因启动子具有这个特点，为人类所利用，所以成了动、植物基因工程的重要工具。

每个基因一般都储存着一种独特蛋白质序列的密码，究竟这些 DNA 密码是如何能够指令它的特异蛋白质产生呢？研究发现，DNA 在细胞内各种酶的作用下按密码的指令合成一段游离的单链核糖核酸分子。这些单链核糖核酸分子因为含有 DNA 原来的编码信息，所以被称为“信使核糖核酸”（简称 mRNA），这个过程叫做“转录”。接着 mRNA 转移到细胞质，根据 mRNA 上的密码合成它所编译的蛋白质，这个过程称为“转译”。整个过程本质上是基因所储存的某种遗传信息的展现，也就是遗传信息的流动，用一个科学名称概括，就叫做“基因表达”。

现在我们可以回答“基因是什么”的问题了。基因是控制生物性状的遗传因子，位于染色体上，由核酸组成（除了某些病毒的基因由 RNA 组成）。核酸的碱基序列携带着遗传信息，主要用

于编码蛋白质，简单地说，基因就是染色体上编码蛋白质的DNA片段。不同生物的不同基因虽然作用不同，但是都有相同的化学成分，都是由核酸组成，而且都采用相同的编码方式，只是他们的序列不同而已。

附：基因发展大年记

- 1859年 达尔文发表《物种起源》，提出自然选择学说，指出那些能更好地适应环境的性状更有可能被遗传下去。
- 1866年 孟德尔根据7对豌豆不同性状的杂交实验，总结出遗传因子的概念以及在生殖细胞成熟中同对因子分离、异对因子自由组合两条遗传规律，也就是人们称为的孟德尔因子和孟德尔定律。
- 1869年 米歇尔发现“核素”（即核酸）。
- 1882年 弗莱明发现染色质。
- 1900年 德弗里斯、柯伦斯和丘歇马克分别宣布发现和证实孟德尔遗传定律，遗传学诞生。
- 1909年 约翰逊首次使用“基因”这一术语。
- 1911年 摩尔根实验室通过果蝇实验证明基因位于染色体上，并能测定某个基因在染色体上的位置。
- 1927年 缪勒发现用X射线能够诱发果蝇的基因突变。
- 1944年 O. 埃弗里等人证明，在多数生物中，遗传物质——基因是DNA而不是蛋白质。
- 1953年 美国生物化学家J. 沃森和英国生物物理学家F. 克里克提出DNA双螺旋结构模型，奠定了遗传物质可以储存、转移和复制的理论基础。

- 1966 年 美国 M. 莱伦伯格破译全部遗传密码。
- 1970 年 美国首次在试管中人工合成 DNA。
- 1972 年 美国 P. 贝尔格运用连接酶和内切酶这类工具酶，装配成功世界上第一个重组 DNA 分子。
- 1973 年 美国 S. 科恩等人利用重组的质粒 DNA 首次在细菌细胞内实现蟾蜍 DNA 的扩增，即基因可以通过无性的方式增值（称为“分子克隆”），从此宣告遗传工程技术正式诞生。
- 1976 年 美国国立卫生研究所颁布世界第一部遗传工程生物的安全法规——《重组 DNA 研究准则》。
- 1977 年 美国一家生物技术公司宣布首次使用 DNA 重组技术在细菌中生产人体蛋白质——促生长素抑制素。
- 1978 年 美国首次实现在大肠杆菌工程菌中表达人源的多肽——生长激素抑制素。
- 1980 年 第一个遗传工程动物（转基因小鼠）在美国问世。
- 1982 年 美国食品与药物管理署批准使用细菌生产的重组人胰岛素可作为治疗糖尿病的药物治疗，成为第一种上市的重组蛋白质。
- 1983 年 第一批遗传工程植物（转基因拟南芥和烟草）在美国和比利时几个实验室几乎同时独立培育成功。
- 1985 年 抵抗害虫、细菌和病毒的转基因植物开始田间试验；美国农业部批准第一种经遗传工程改造的生物体上市，这是一种能使猪产生抵抗疱疹免疫力的病毒；第一头转基因家畜（转基因绵羊）诞生。
- 1986 年 美国食品与药物管理署批准第一种重组疫苗——抗乙型肝炎病毒。
- 1990 年 人类基因组计划启动，计划在 15 年内测定人类基

因组全部序列；第一种抗除草剂的转基因作物（棉花）成功地进行田间试验；第一种转基因奶牛诞生，生产用于配方奶粉的人乳蛋白；第一种转基因木本植物（胡桃树）开始田间试验。

- 1992 年 中国种植了世界上第一批商用转基因作物——转基因烟草。
- 1993 年 美国食品与药物管理署裁决转基因食品对健康无害，无需特殊管理。
- 1994 年 第一种遗传工程作物（转基因西红柿）在美国上市。
- 1996 年 转基因抗虫棉花和耐除草剂大豆在美国获批准大规模种植。
- 1997 年 第一只用体细胞克隆的哺乳动物（绵羊多利）诞生；转基因作物开始在南美和亚洲一些国家大规模推广种植。
- 2000 年 第一只转基因灵长类动物（一只被转入了水母绿色荧光蛋白基因的猴子）诞生；联合国成员在加拿大蒙特利尔签署《〈生物多样性公约〉的卡塔赫纳生物安全议定书》。
- 2003 年 人类基因组序列全部测定，人类基因组计划提前两年完成。
- 2006 年 全球转基因作物种植面积突破 1 亿公顷。