



新世纪科学探索
宝库丛书

神奇的基因工程

SHENQI DE JIYIN
GONGCHENG

本书编写组◎编

EXPLORATION
XINSHIJI KEXUE
BAOKU CONGSHU



中国出版集团
世界图书出版公司

神奇的基因工程

本书编写组 编

中国出版集团

世界图书出版公司

广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

神奇的基因工程 / 《神奇的基因工程》编写组编
—广州：广东世界图书出版公司，2010.4
ISBN 978 - 7 - 5100 - 2007 - 0

I. ①神… II. ①神… III. ①基因 - 遗传工程 - 青少年读物 IV. ①Q78 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 049872 号

神奇的基因工程

责任编辑：程 静

责任技编：刘上锦 余坤泽

出版发行：广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编：510300)

电 话：(020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@gdst.com.cn, edksy@sina.com

经 销：各地新华书店

印 刷：北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编：102200)

版 次：2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

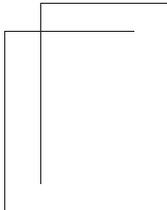
开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：13

书 号：ISBN 978 - 7 - 5100 - 2007 - 0/G · 0642

定 价：25.80 元

若因印装质量问题影响阅读，请与承印厂联系退换。



前 言

近些年，基因工程越来越受到人们的重视，许多科学家都致力于基因、基因工程、转基因技术、克隆技术等研究与探索。

在 20 世纪 70 年代，基因工程是在分子生物学和分子遗传学综合发展基础上诞生的一门崭新的生物技术科学。它使整个生物学科学、生物技术进入了一个新的时代，传统的生物技术与基因工程的结合，焕发了青春，产生了富有无限生机的现代技术。

作为第三次科技革命的重要组成部分，基因工程的研究势必会给人类带来重要的意义。目前基因工程研究领域主要集中在人类基因组研究、转基因技术、克隆技术、生物工程技术等上，同时在实际应用领域——医药卫生、农牧业、食品工业、环境保护等方面也展示出美好的应用前景。

本书共分十章，主要从上述领域对基因工程做全方面的介绍。有理论性较强的内容，也有轻松活泼的文字。

第一章是基因与基因工程的总体概述；第二章的主要内容是人类基因探秘中一些有意思的现象，比如出生之谜、孩子为什么会像父母、双胞胎都一样吗、近亲结婚都有哪些恶果等等；第三章从 DNA 的发现到对 DNA 的最新研究，详细介绍了有关 DNA 的各个方面；第四章，克隆羊多莉的诞生，是人类基因工程的一个突飞猛进的进步，克隆技术从此受到广泛重视，但同时克隆人的研究也受到了世界伦理的质疑；第五章，介绍了转基因农作物的发展及成果，多彩的玉米、紫色的番茄、巨大的青椒，这些多姿多彩



的食物会给人类带来什么呢？第六章会带你走进神秘的动物世界，人类和狗的基因图谱竟有90%以上是相同的！这是怎么回事呢？《基因决定我爱你》中的抑制肥胖基因药、抑制洁癖基因药等会应用到现实中吗？第七章的内容一定会吸引你的眼球！科学家们从蚊子的血液中可以提炼出恐龙的基因，《侏罗纪公园》中的情景会发生吗？第八章史前巨兽的复活会给你答案。第九章会介绍一些世界未解之谜，左撇子更聪明吗？人类智慧从哪里来？头颅可以移植吗？这些领域的基因探秘会告诉你人的基因是很神奇的。最后一章作为总结，展望了未来基因研究的方向。

基因工程的发展是日新月异的，最新的研究成果不断地发布，本书的介绍可能跟不上技术的发展，但作为一个爱好科学的读者来说，也可以初步了解基因与基因工程。



目 录

Contents

概 述	▼	双螺旋结构	52
什么是基因?	1	四种脱氧核苷酸	56
基因的种类	4	DNA 的复制	57
基因工程的兴起	6	“垃圾”DNA	62
基因工程的意义	7	重新认识“垃圾”DNA 片段	64
我国基因研究的成果	8	以“垃圾”的名义	65
基因突变	9	“垃圾”DNA 不是真正垃圾	67
基因重组	12	保守的垃圾	69
转基因技术	14	“滴血认亲”是真的吗?	71
基因工程以及基因的应用	18	人类指纹图的妙用	73
人类基因探秘	▼	基因与克隆技术	
出生之谜	25	什么是克隆?	77
孩子为什么会像父母?	27	小羊多莉的烦恼	80
双胞胎都一样吗?	30	植物“试管婴儿”	82
近亲结婚的恶果	33	人类都克隆了什么?	85
睡眠长短由基因控制	35	从羊到人的第二次进化	91
人类奴性基因	37	克隆人违背伦理遭反对呼声	95
疲劳基因	40	转基因农作物	
人类基因组	40	概 述	98
DNA——解开遗传的密码	▼	超级水稻	99
从豌豆实验到噬菌体的发现	47	太空青椒	102



棉花不长虫了!	104	复活史前巨兽是真的吗?	
能抗癌的“紫色番茄”	106	从蚊子到鸡到复活恐龙	152
改变基因的食物	107	猛犸象干尸的发现	157
转基因食品	111	袋狼是什么狼?	162
多彩的玉米	112	基因探寻世界未解之谜	
动物与人类的亲密接触		左撇子更聪明吗?	164
猿是人类的祖先	115	人类利他行为与基因有关	168
可爱的小老鼠	119	人类智慧起源之谜	169
狗是人类最好的朋友	122	人的潜力之谜	173
鸡的基因图谱	125	艾滋病毒从哪里来?	178
疯了牛	126	人的头颅可以移植吗?	184
塞舌尔鸢偷情是为改进后代遗传		基因损伤可使人变成吸血	
质量	128	鬼吗	186
气候变化改变动物基因	129	基因工程的展望	
生来的病痛		基因工程与医药卫生	190
哪些病是与生俱来的?	131	基因工程与农牧业、食品	
基因治疗技术	137	工业	192
“基因突变导致遗传性视网膜		基因工程与环境保护	192
病变”	138	转基因食品的发展	194
肥胖的身体带来的不便	140	转基因食品的安全性	195
减肥基因和瘦蛋白	142	基因技术: 进退两难的境地	197
寿命的性别差异	144	后基因组生物学研究	199
种族体质的“优劣”	145		



概 述

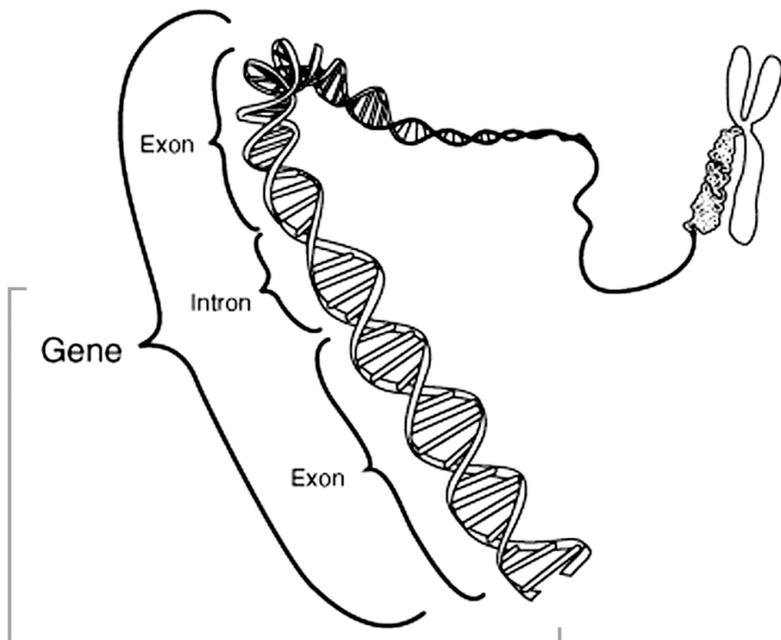
什么是基因？

基因——有遗传效应的 DNA 片断，是控制生物性状的基本遗传单位。

人们对基因的认识是不断发展的。19 世纪 60 年代，遗传学家孟德尔就提出了生物的性状是由遗传因子控制的观点，但这仅仅是一种逻辑推理的产物。20 世纪初期，遗传学家通过果蝇的遗传实验，认识到基因存在于染色体上，并且在染色体上是呈线性排列，从而得出了染色体是基因载体的结论。

20 世纪 50 年代以后，随着分子遗传学的发展，尤其是沃森和克里克提出双螺旋结构以后，人们才真正认识了基因的本质，即基因是具有遗传效应的 DNA 片断。研究结果还表明，每条染色体只含有 1~2 个 DNA 分子，每个 DNA 分子上有多个基因，每个基因有含有成百上千个脱氧核苷酸。由于不同基因的脱氧核苷酸的排列顺序（碱基序列）不同，因此，不同的基因就含有不同的遗传信息。1994 年中科院曾邦哲提出系统遗传学概念与原理，探讨猫之为猫、虎之为虎的基因逻辑与语言，提出基因之间相互关系与基因组逻辑结构及其程序化表达的发生研究。

基因有两个特点，一是能忠实地复制自己，以保持生物的基本特征；



基因片段

二是基因能够“突变”，突变绝大多数会导致疾病，另外的一小部分是致非致病突变。非致病突变给自然选择带来了原始材料，使生物可以在自然选择中被选择出最适合自然的个体。

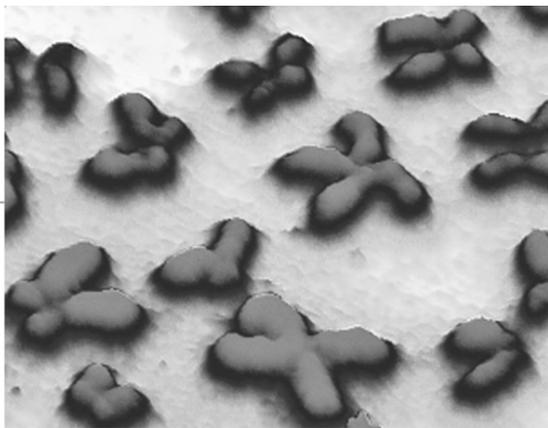
含特定遗传信息的核苷酸序列，是遗传物质的最小功能单位。除某些病毒的基因由核糖核酸（RNA）构成以外，多数生物的基因由脱氧核糖核酸（DNA）构成，并在染色体上作线状排列。基因一词通常指染色体基因。在真核生物中，由于染色体都在细胞核内，所以又称为核基因。位于线粒体和叶绿体等细胞器中的基因则称为染色体外基因、核外基因或细胞质基因，也可以分别称为线粒体基因、质粒和叶绿体基因。

在通常的二倍体的细胞或个体中，能维持配子或配子体正常功能的最低数目的一套染色体称为染色体组或基因组，一个基因组中包含一整套基因。相应的全部细胞质基因构成一个细胞质基因组，其中包括线粒体基因组和叶绿体基因组等。原核生物的基因组是一个单纯的DNA或RNA分子，



因此又称为基因带，通常也称为它的染色体。

基因在染色体上的位置称为座位，每个基因都有自己特定的座位。凡是在同源染色体上占据相同座位的基因都称为等位基因。在自然群体中往往有一种占多数的（因此常被视为正常的）等位基因，称为野生型基因；同一座位上的其他等位基因一般都直接或间接地由野生型



人类染色体扫描图

基因通过突变产生，相对于野生型基因，称它们为突变型基因。在二倍体的细胞或个体内有两个同源染色体，所以每一个座位上有两个等位基因。如果这两个等位基因是相同的，那么就这个基因座位来讲，这种细胞或个体称为纯合体；如果这两个等位基因是不同的，就称为杂合体。在杂合体中，两个不同的等位基因往往只表现一个基因的性状，这个基因称为显性基因，另一个基因则称为隐性基因。在二倍体的生物群体中等位基因往往不止两个，两个以上的等位基因称为复等位基因。不过有一部分早期认为是属于复等位基因的基因，实际上并不是真正的等位，而是在功能上密切相关、在位置上又邻接的几个基因，所以把它们另称为拟等位基因。某些表型效应差异极少的复等位基因的存在很容易被忽视，通过特殊的遗传学分析可以分辨出存在于野生群体中的几个等位基因。这种从性状上难以区分的复等位基因称为同等位基因。许多编码同工酶的基因也是同等位基因。

属于同一染色体的基因构成一个连锁群。基因在染色体上的位置一般并不反映它们在生理功能上的性质和关系，但它们的位置和排列也不完全是随机的。在细菌中编码同一生物合成途径中有关酶的一系列基因常排列



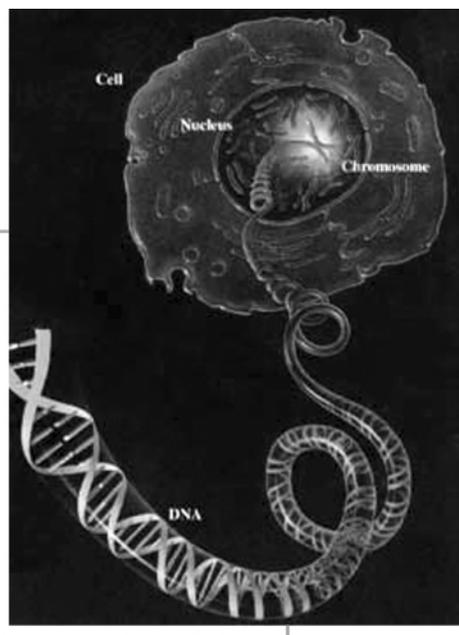
在一起，构成一个操纵子；在人、果蝇和小鼠等不同的生物中，也常发现在作用上有关的几个基因排列在一起，构成一个基因复合体或基因簇或者称为一个拟等位基因系列或复合基因。

基因的种类

20 世纪 60 年代初 F·雅各布和 J·莫诺发现了调节基因。把基因区分为结构基因和调节基因是着眼于这些基因所编码的蛋白质的作用：凡是编码酶蛋白、血红蛋白、胶原蛋白或晶体蛋白等蛋白质的基因都称为结构基因；凡是编码阻遏或激活结构基因转录的蛋白质的基因都称为调节基因。

但是从基因的原初功能这一角度来看，它们都是编码蛋白质。根据原初功能（即基因的产物）基因可分为：①编码蛋白质的基因。包括编码酶和结构蛋白的结构基因以及编码作用于结构基因的阻遏蛋白或激活蛋白的调节基因。②没有翻译产物的基因。转录成为 RNA 以后不再翻译成为蛋白质的转移核糖核酸（tRNA）基因和核糖体核酸（rRNA）基因。③不转录的 DNA 区段。如启动区、操纵基因等等。前者是转录时 RNA 多聚酶开始和 DNA 结合的部位；后者是阻遏蛋白或激活蛋白和 DNA 结合的部位。

已经发现在果蝇中有影响发育过程的各种时空关系的突变型，控制时空关系的基因有时序基因、格局基因、选择基因等。



基因密码



一个生物体内的各个基因的作用时间常不相同，有一部分基因在复制前转录，称为早期基因；有一部分基因在复制后转录，称为晚期基因。一个基因发生突变而使几种看来没有关系的性状同时改变，这个基因就称为多效基因。

数目不同生物的基因数目有很大差异，已经确知 RNA 噬菌体 MS2 只有 3 个基因，而哺乳动物的每一细胞中至少有 100 万个基因。但其中绝大部分为重复序列，而非重复的序列中，编码肽链的基因估计不超过 10 万个。除了单纯的重复基因外，还有一些结构和功能都相似的为数众多的基因，它们往往紧密连锁，构成所谓基因复合体或叫做基因家族。

等位基因

等位基因是位于一对同源染色体的相同位置上控制某一性状的不同形态的基因。不同的等位基因产生例如发色或血型等遗传特征的变化。等位基因控制相对性状的显隐性关系及遗传效应，可将等位基因区分为不同的类别。在个体中，等位基因的某个形式（显性的）可以比其他形式（隐性的）表达得多。等位基因是同一基因的另外“版本”。例如，控制卷舌运动的基因不止一个“版本”，这就解释了为什么一些人能够卷舌，而一些人却不能。有缺陷的基因版本与某些疾病有关，如囊性纤维化。值得注意的是，每个染色体都有一对“复制本”，一个来自父亲，一个来自母亲。这样，我们的大约 3 万个基因中的每一个都有两个“复制本”。这两个复制本可能相同（相等等位基因），也可能不同。但有些基因带却不同，说明这两个“版本”（即等位基因）不同。

拟等位基因

拟等位基因是表型效应相似，功能密切相关，在染色体上的位置又紧密连锁的基因。它们像是等位基因，而实际不是等位基因。

拟等位基因不仅在功能上和真正的等位基因很相似，而且在转位后能产生突变体表现型。它们不仅存在于果蝇中，而且在玉米中也已发现，特



别在某些微生物中发现的频率相当高。分子遗传学对这个问题曾有很多解释，然而由于目前对真核生物的基因调节还知之不多，所以还无法充分了解。

复等位基因

基因如果存在多种等位基因的形式，这种现象就称为复等位基因。任何一个二倍体个体只存在复等位基中的二个不同的等位基因。

在完全显性中，显性基因中纯合子和杂合子的表型相同。在不完全显性中杂合子的表型是显性和隐性两种纯合子的中间状态。这是由于杂合子中的一个基因无功能，而另一个基因存在剂量效应所致。完全显性中杂合体的表型是兼有显隐两种纯合子的表型。此是由于杂合子中一对等位基因都得到表达所致。

比如决定人类 ABO 血型系统四种血型的基因 IA、IB、i，每个人只能有这三个等位基因中的任意两个。

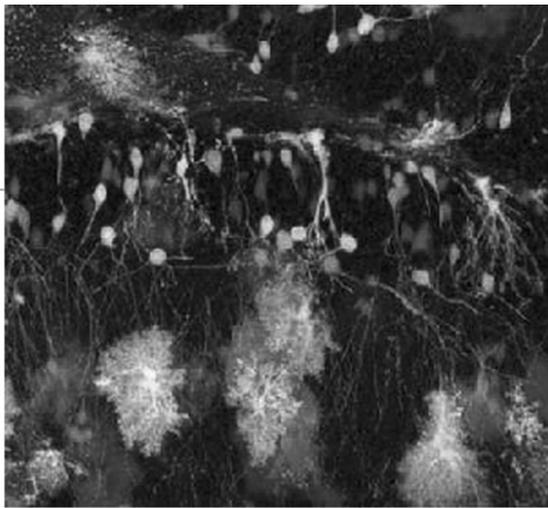
基因工程的兴起

基因工程是生物工程的一个重要分支，它和细胞工程、酶工程、蛋白质工程和微生物工程共同组成了生物工程。所谓基因工程是在分子水平上对基因进行操作的复杂技术，是将外源基因通过体外重组后导入受体细胞内，使这个基因能在受体细胞内复制、转录、翻译表达的操作。它是用人为的方法将所需要的某一供体生物的遗传物质——DNA 大分子提取出来，在离体条件下用适当的工具酶进行切割后，把它与作为载体的 DNA 分子连接起来，然后与载体一起导入某一更易生长、繁殖的受体细胞中，以便让外源物质在其中“安家落户”，进行正常的复制和表达，从而获得新物种的一种崭新技术。

基因工程具有以下几个重要特征：首先，外源核酸分子在不同的寄主生物中进行繁殖，能够跨越天然物种屏障，把来自任何一种生物的基因放



置到新的生物中，而这种生物可以与原来生物毫无亲缘关系，这种能力是基因工程的第一个重要特征。第二个特征是，一种确定的 DNA 小片段在新的寄主细胞中进行扩增，这样实现少量 DNA 样品“拷贝”出大量的 DNA，而且是大量没有污染任何其他 DNA 序列的、绝对纯净的 DNA 分子群体。科学家将改变人类生殖细胞



基因工程

DNA 的技术称为“基因系治疗”，通常所说的“基因工程”则是针对改变动植物生殖细胞的。无论称谓如何，改变个体生殖细胞的 DNA 都将可能使其后代发生同样的改变。

基因工程的意义

一、遗传工程的用途主要是用来形成自然界中没有的生物新品种、新物种，进而利用这些生物生产人类所需要的其他产品。

当前，生物学中富有前瞻性的基因工程技术正以惊人的速度发展着，其中如 DNA 序列测定技术、基因突变技术以及基因扩增技术等一大批新技术正在逐渐走向成熟。下面我们只是简单介绍一下基因工程的基本技术的应用。

20 多年前诞生的基因工程使整个生物学科学、生物技术进入了一个新的时代，传统的生物技术与基因工程的结合，焕发了青春，产生了富有无限生机的现代技术。



例如，从前用原来的生物技术要获得 1 毫克生长激素抑制素，需用 10 万只羊的下丘脑才行，其所耗费资金的数量，与航天领域中，借助于载人飞行器阿波罗宇宙飞船从月球上搬回 1 千克石头相当。现在，借助于基因工程，就简单多了，所需费用也小得多，只要 2 升细菌培养液就可以了。我们将人工合成的人生长激素抑制素基因，通过重组成为一个高效表达载体，它们在大肠杆菌中进行表达，只需要 10 升这种重组的大肠杆菌培养液，就可以获得了。

二、基因工程可用于医疗。

例如，许多人生病是因为体内缺少一定量的某种抗体。用传统的方法来制备抗体，时间长耗资大，而且不够稳定。1989 年，美国生物学家运用基因工程技术，将获得抗体的重链基因和轻链基因进行基因重组，并使之转入烟草细胞，利用植物细胞组织培养技术，培养出了转基因烟草。这样，在烟草叶片上就能够产生占叶蛋白总量 1.3% 的抗体，这些抗体足够 27 万病人使用 1 年！

基因工程前景广阔，各国科学家都在加紧研究。我们国家的基因工程研究，与国外相比，虽起步较晚，但也获得了较大的发展，取得了一定的科研成果。例如，已经研制成功和正在研制的基因工程产品就有几十种，有些已经投产并开始使用，如基因工程 α 抗干扰素，基因工程乙型肝炎疫苗等等。

总之，基因工程及应用给传统生物技术带来了彻底的革新，而且其应用范围仍然在不断加深、扩大，前景是十分诱人的。它等待着我们这一代青少年，去探索，去实践，从而取得更大的成功。

我国基因研究的成果

以破译人类基因组全部遗传信息为目的的科学研究，是当前国际生物医学界攻克的前沿课题之一。据介绍，这项研究中最受关注的是对人类疾



病相关基因和具有重要生物学功能基因的克隆分离和鉴定，以此获得对相关疾病进行基因治疗的可能性和生产生物制品的权利。

人类基因项目是国家“863”高科技计划的重要组成部分。在医学上，人类基因与人类的疾病有相关性，一旦弄清某基因与某疾病的具体关系，人们就可以制造出该疾病的基因药物，对人类健康长寿产生巨大影响。据介绍，人类基因样本总数约 10 万条，现已找到并完成测序的约有 8000 条。

近些年我国对人类基因组研究十分关注，在国家自然科学基金、“863 计划”以及地方政府等多渠道的经费资助下，已在北京、上海两地建立了具备先进科研条件的国家级基因研究中心。同时，科技人员紧跟世界新技术的发展，在基因工程研究的关键技术和成果产业化方面均有突破性的进展。我国人类基因组研究已走在世界先进行列，某些基因工程药物也开始进入应用阶段。目前，我国在蛋白基因的突变研究、血液病的基因治疗、食管癌研究、分子进化理论、白血病相关基因的结构研究等项目的基础性研究上，有的成果已处于国际领先水平，有的已形成了自己的技术体系。而乙肝疫苗、重组 α 型干扰素、重组人红细胞生成素，以及转基因动物的药物生产器等 10 多个基因工程药物，均已进入了产业化阶段。

基因突变

由于 DNA 分子中发生碱基对的增添、缺失或改变，而引起的基因结构的改变，就叫做基因突变。

1 个基因内部可以遗传的结构的变化，又称为点突变，通常可引起一定的表型变化。广义的突变包括染色体畸变，狭义的突变专指点突变。实际上畸变和点突变的界限并不明确，特别是微细的畸变更是如此。野生型基因通过突变成为突变型基因。突变型一词既指突变基因，也指具有这一突变基因的个体。

基因突变通常发生在 DNA 复制时期，即细胞分裂间期，包括有丝分裂



间期和减数分裂间期；同时基因突变和脱氧核糖核酸的复制、DNA 损伤修复、癌变和衰老都有关系，基因突变也是生物进化的重要因素之一，所以研究基因突变除了本身的理论意义以外还有广泛的生物学意义。基因突变为遗传学研究提供突变型，为育种工作提供素材，所以它还有科学研究和生产上的实际意义。

基因突变的特性

不论是真核生物还是原核生物的突变，也不论是什么类型的突变，都具有随机性、低频性和可逆性等共同的特性。

1. 随机性。指基因突变的发生在时间上、在发生这一突变的个体上、在发生突变的基因上，都是随机的。在高等植物中所发现的无数突变都说明基因突变的随机性。在细菌中则情况远为复杂。

2. 低频性。突变是极为稀有的，基因以极低的突变率（生物界总体平均为 0.0001%）发生突变。

3. 可逆性。突变基因又可以通过突变而成为野生型基因，这一过程称为回复突变。正向突变率总是高于回复突变率，一个突变基因内部只有一个位置上的结构改变才能使它恢复原状。

4. 少利多害性。一般基因突变会产生不利的影 响，被淘汰或是死亡，但有极少数会使物种增强适应性。

5. 不定向性。例如控制黑毛 A 基因可能突变为控制白毛的 a⁺ 或控制绿毛的 a⁻。

基因突变的种类

基因突变可以是自发的也可以是诱发的。自发产生的基因突变型和诱发产生的基因突变型之间没有本质上的不同，基因突变诱变剂的作用也只是提高了基因的突变率。

按照表型效应，突变型可以区分为形态突变型、生化突变型以及致死突变型等。这样的区分并不涉及突变的本质，而且也不严格。因为形态的