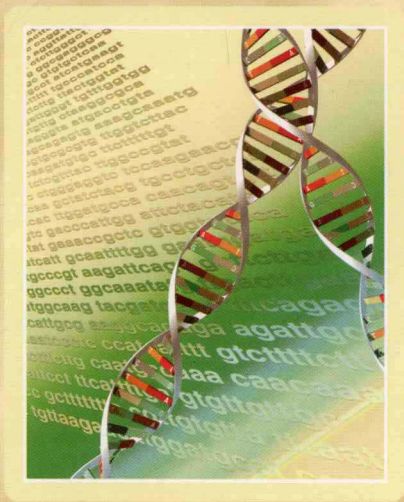



*Jiyin he Zhuanjiyin*

# 基因和转基因



舒惠国 主编

 中国人事出版社

# 基因和转基因

主 编：舒惠国

编写人员：张志芳 李轶女 门 炜

舒 帆 陈天俊

中国人事出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

基因和转基因/舒惠国主编. —北京: 中国人事出版社, 2010  
ISBN 978-7-80189-957-6

I. ①基… II. ①舒… III. ①基因-基本知识②生物-外源-遗传工程 IV. ①Q343.1  
②Q78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 105394 号

## 中国人事出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

\*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×960 毫米 16 开本 8.25 印张 106 千字

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-84643933/64929211/64921644

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.renshipublish.com>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

# 目 录

第一讲 基因是什么 .....	( 1 )
一、基因在哪里 .....	( 1 )
1. 牛羊有基因，水果蔬菜有基因吗 .....	( 1 )
2. 基因藏在哪里 .....	( 2 )
3. 人们的眼睛能看到基因吗 .....	( 6 )
4. 我们怎么知道基因的存在呢 .....	( 8 )
二、基因的作用 .....	( 13 )
1. 先讲讲细胞 .....	( 13 )
2. 基因在生物细胞中的位置 .....	( 20 )
3. 基因的作用 .....	( 21 )
三、DNA（脱氧核糖核酸）和 RNA（核糖核酸） .....	( 23 )
1. 现在经常看到的两组符号 .....	( 23 )
2. DNA .....	( 24 )
3. RNA .....	( 29 )
四、种瓜得瓜，种豆得豆 .....	( 31 )
1. 不变的基因 .....	( 31 )
2. 基因决定的是下一代的命运 .....	( 33 )
3. 种瓜会得豆吗 .....	( 34 )
4. 基因也是会有变化的 .....	( 35 )
5. 变了了的基因和没有变的基因就不是一回事了 .....	( 37 )
第二讲 转基因是怎么回事 .....	( 39 )
一、什么是转基因 .....	( 39 )
1. 转基因的概念 .....	( 39 )
2. 转基因是大自然中常发生的事情 .....	( 39 )
二、人类怎样就把基因给转了 .....	( 40 )

## 基因和转基因

1. 植物转基因的主要方法 .....	( 42 )
2. 动物转基因的主要方法 .....	( 43 )
3. 动物转基因技术的研究进展 .....	( 44 )
三、植物和动物转基因技术的成就 .....	( 45 )
1. 植物转基因技术取得的成就 .....	( 45 )
2. 动物转基因技术取得的成就 .....	( 47 )
<b>第三讲 转基因食品 .....</b>	<b>( 50 )</b>
一、转基因食品 .....	( 50 )
1. 什么是转基因食品 .....	( 50 )
2. 转基因食品的评价制度 .....	( 51 )
二、国际上专门关注转基因食品的机构 .....	( 54 )
三、转基因产品在外表上一般是不能看得出来的 .....	( 57 )
四、转基因工作也是有的放矢的 .....	( 58 )
1. 增产型 .....	( 60 )
2. 控熟型 .....	( 60 )
3. 营养品质型 .....	( 60 )
4. 保健防疫型 .....	( 62 )
5. 新品种型 .....	( 62 )
6. 加工型 .....	( 62 )
五、仁者见仁智者见智的讨论 .....	( 63 )
1. 持肯定态度的说法 .....	( 64 )
2. 持否定态度的说法 .....	( 65 )
3. 讨论仍将继续 .....	( 67 )
六、转基因水稻是不是魔鬼 .....	( 70 )
1. 转基因水稻是否影响人类健康 .....	( 71 )
2. 转基因水稻是否带来生态灾难 .....	( 74 )
3. 转基因水稻是否威胁国家粮食安全 .....	( 75 )
4. 转基因水稻是否忽略了公众知情权 .....	( 77 )
七、如何看待转基因食品安全风波 .....	( 80 )

1. 权威专家的解读 .....	( 80 )
2. “普斯陶试验”究竟是怎么回事 .....	( 82 )
3. 准确的信息和理性的态度是讨论的前提 .....	( 84 )
<b>第四讲 基因工程 .....</b>	<b>( 86 )</b>
一、基因工程和工业 .....	( 86 )
1. 基因工程与食品工业 .....	( 86 )
2. 基因工程与医药工业 .....	( 88 )
3. 基因工程与能源工业 .....	( 90 )
4. 基因工程与饲料工业 .....	( 91 )
二、基因工程和农业 .....	( 92 )
1. 基因工程与作物营养品质改良 .....	( 92 )
2. 基因工程与培育抗虫作物 .....	( 93 )
3. 基因工程与培育抗病作物 .....	( 95 )
4. 基因工程与培育抗盐碱作物 .....	( 97 )
5. 基因工程与培育抗旱作物 .....	( 99 )
6. 抗除草剂 .....	( 100 )
7. 基因工程生物固氮 .....	( 100 )
三、医疗和基因 .....	( 101 )
1. 基因对人类健康的影响巨大 .....	( 101 )
2. 基因治疗, 人类寄予厚望 .....	( 105 )
<b>第五讲 克隆是什么 .....</b>	<b>( 115 )</b>
一、什么是克隆 .....	( 115 )
二、克隆技术研究现状 .....	( 116 )
三、克隆技术的应用前景 .....	( 118 )
四、克隆技术存在的问题 .....	( 120 )
五、关于克隆人 .....	( 121 )

# 第一讲 基因是什么

## 一、基因在哪里

### 1. 牛羊有基因，水果蔬菜有基因吗

“基因”概念的提出是遗传学奠基人奥地利人孟德尔（Gregor Johann Mendel, 1822—1884年），他在布尔诺的奥古斯丁教派修道院的菜园里，挥洒了8年的汗水，于1865年2月在奥地利自然科学学会会议上报告了自己植物杂交研究的结果，第二年在奥地利自然科学学会年刊上发表了著名的题为《植物杂交试验》的论文，论文论述了他发现的两个遗传学的基本规律——分离律和自由组合规律。论文中还指出，生物每一个性状都是通过遗传因子来传递的，遗传因子是一些独立的遗传单位。这样就把可观察的遗传性状和控制它的内在的遗传因子区分开来了，遗传因子作为基因的雏形名词就这样诞生了。基因的存在最早是由他在19世纪推断出来的，并不是观察的结果。在达尔文发表进化论后不久，孟德尔试图通过对豌豆进行试验来解释该理论，但是直到19世纪末他的研究才被人们所重视。虽然孟德尔还不知道这种物质是以怎样的方式存在，也不知道它的结构是怎样的，但孟德尔“遗传因子”的提出毕竟为现代基因概念的产生奠定了基础。

20世纪初，孟德尔的工作被重新发现以后，他的定律又在许多动植物中得到验证。1909年丹麦遗传学家约翰逊（W. Johansen, 1859—1927年）在《精密遗传学原理》一书中提出“基因”概念，以此来替代孟德尔假定的“遗传因子”。从此，“基因”一词一直伴

## 基因和转基因

随着遗传学发展至今。基因一词来自希腊语，意思为“生”。约翰逊还提出了“基因型”与“表现型”这两个含义不同的术语，前者是一个生物性状内在的遗传特性，后者则是这些基因所表现的性状。初步阐明了基因与性状的关系。不过此时的基因仍然是一个未经证实的，仅靠逻辑推理得出的概念。用它来指在任何一种生物中控制任何性状而其遗传规律又符合孟德尔定律的遗传因子。

1910年美国遗传学家兼胚胎学家 T. H. 摩尔根在果蝇中发现白色复眼（white eye, W）突变型，首先说明基因可以发生突变，而且由此可以知道野生型基因 W+ 具有使果蝇的复眼发育成为红色这一生理功能。1911年摩尔根又在果蝇的 X 连锁基因白眼和短翅两个品系的杂交子二代中，发现了白眼、短翅果蝇和正常的红眼长翅果蝇，首先指出位于同一染色体上的两个基因可以通过染色体交换而分处在两个同源染色体上。交换是一个普遍存在的遗传现象，但是直到 20 世纪 40 年代中期为止，还从来没有发现过交换发生在一个基因内部的现象。因此在当时认为一个基因是一个功能单位，也是一个突变单位和一个交换单位。

由此可见，基因的概念最早就是由植物学家提出来的。所以，不仅牛羊有基因，水果蔬菜也是有基因的。基因是绝大部分生物遗传信息的化学载体。

### 2. 基因藏在哪里

遗传因子实际上是孟德尔根据其实验结果所虚拟假想的某种东西，从那时起遗传学家就踏上了寻找基因本体的艰难历程。1903年萨顿（W. S. Sutton, 1877—1916 年）和鲍维里（T. Boveri 1862—1915 年）两人注意到在杂交试验中遗传因子的行为与减数分裂和受精中染色体的行为非常吻合，他们做出“遗传因子位于染色体上”的“萨顿—鲍维里假想”：他们根据各自的研究，认为孟德尔的“遗传因子”与配子形成和受精过程中的染色体传递行为具有平行性，并提出了遗传的染色体学说，认为孟德尔的遗传因子位于染色体上，即承认染色体是遗传物质的载体，第一次把遗传物质和染色体联系



起来。这种假想可以很好地解释孟德尔的两大规律，在以后的科学实验中也得到了证实。

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 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位置。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，这种细胞或个体就称为杂合体。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，表现性状的这个基因称为显性基因，另一个不表现性状的基因则称为隐性基因，但也有极少数例子，两个等位基因的性质同时得到表现，此时称为共显性基因。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

# 基因和转基因

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。

摩尔根实验过程及分析：

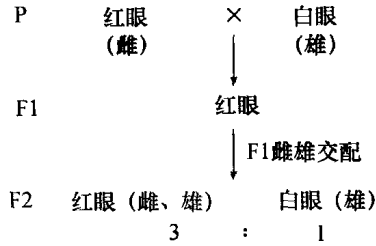


图 1—1

相对性状：红眼（显性）—白眼（隐性）

与孟德尔一对相对性状的实验结果相同。但是其杂交第二代 F2 中白眼为什么全部是雄性呢？

当时对果蝇的染色体已经有了一定了解。

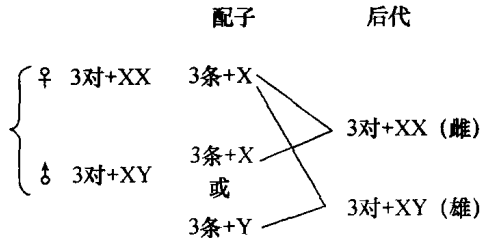


图 1—2

怎样解释杂交第二代 F2 白眼果蝇全部为雄性这一与性别相联系的现象呢？

排除该基因在 Y 染色体上：

若在 Y 染色体上，杂交第二代 F2 是白眼，则逆推杂交第一代 F1 雄性应为白眼，这与事实不符。

若基因在 X 染色体上而 Y 染色体上没有相应的等位基因呢？

这种解释虽能说明实验事实，但能否能说明其他情况还有待

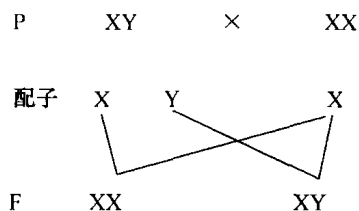


图 1—3

验证。

摩尔根所做的测交实验：

- ① F<sub>2</sub> 中的白眼雄蝇 × F<sub>1</sub> 红眼雌蝇
- ② 红眼雄蝇 × 白眼雌蝇
- ③ 白眼雄蝇 × 白眼雌蝇

测交实验与事实符合，白眼基因在 X 染色体上。

通过科学家的工作，确定了很多基因在染色体上的定位信息。

小结：一条染色体上有许多个基因，基因在染色体上呈线性排列。

把基因放在染色体上考虑，形成配子的过程可表示如下：

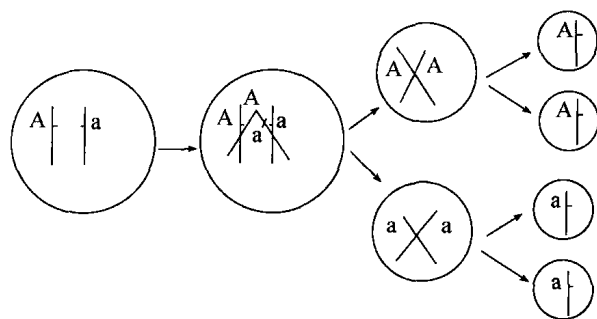


图 1—4

孟德尔分离定律——Aa 的个体产生的配子是 A 或 a，原因是什么呢？由图 1—4 可以知道这是减数分裂时等位基因随着同源染色体的分开而分离，进入不同的配子中。

## 基因和转基因

那么 AaBb 的生物体产生的配子为什么有 AB、Ab、aB、ab 四种呢？

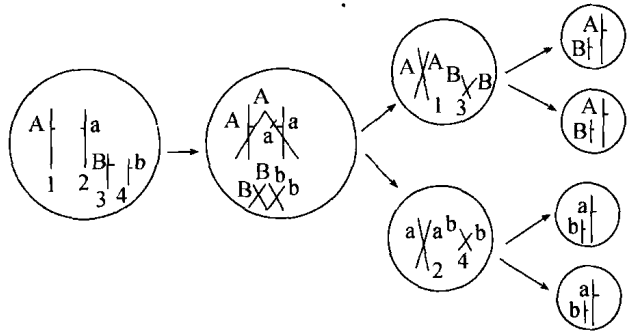


图 1—5

或者

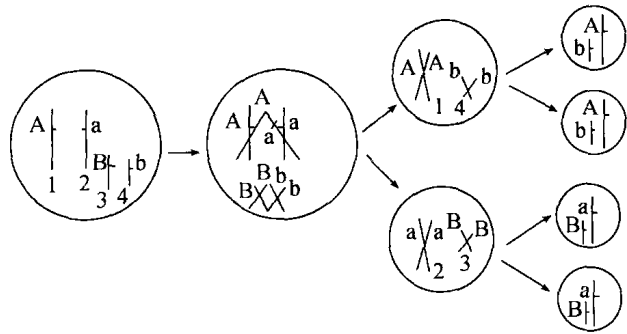


图 1—6

小结：形成配子时，由于非同源染色体自由组合，所以非同源染色体上的非等位基因也自由组合。

### 3. 人们的眼睛能看到基因吗

基因是一段具有特定功能的 DNA 序列，由脱氧核糖核酸 (DNA) 组成。因此，人的肉眼是看不到的，但是在实验室通过一些特殊的染色处理后，可以在光学显微镜下观察到染色体上的核酸片段。

染色体显带技术。借助细胞学的特殊处理程序，使染色体显现

出深浅不同的染色带。染色带的数目、部位、宽窄和着色深浅均具有相对稳定性，所以每一条染色体都有固定的分带模式，即称带型。染色体带型是鉴别染色体的重要依据。通过分带机理的研究，可获得染色体在成分、结构、行为和功能等方面的许多信息。

染色体分带的研究工作始于 20 世纪 60 年代末。染色体分带技术就是经过理化因素处理后，用染色法使染色体呈现特定的深浅不同的带纹的方法，这又称显带技术。而用一般细胞学染色法，染色体的着色是均匀的。经分带技术处理后，在染色体上所呈现的带纹反映了染色体的固有结构，可显示不同物种染色体的差异或同一物种不同染色体的差异。常用的显带技术所显示的带有 Q 带、G 带、C 带、R 带、T 带等。就每一种分带技术而言，每一染色体的带型都是高度专一和恒定的。Q 带技术是 1968 年瑞典细胞化学家卡斯珀松 (T. Caspersson) 建立的，所显示的是中期染色体经芥子噻吡因染色后在紫外线照射下所呈现的荧光带，这些区带相当于 DNA 分子中 AT 碱基对成分丰富的部分。G 带即吉姆萨带，是将处于分裂中期的细胞经胰酶或碱、热、尿素等处理后，再经吉姆萨染料染色后所呈现的区带。C 带又称着丝粒异染色质带，由 M. L. 帕多 (M. L. Pardue) 在 1970 年建立，是将中期染色体先经盐酸，后经碱 (如氢氧化钡) 处理，再用吉姆萨染色，显示的是紧邻着丝粒的异染色质区。R 带是中期染色体不经盐酸水解或不经胰酶处理的情况下，经吉姆萨染色后所呈现的区带，所呈现的是 G 带染色后的带间不着色区，故又称反带。T 带又称端粒带，是染色体的端粒部位经吉姆萨和吖啶橙染色后所呈现的区带，典型的 T 带呈绿色。20 世纪 70 年代后期，由于细胞同步化方法的应用和显带技术的改进，因而可获得更长而带纹更为丰富的染色体，这种染色体即称为高分辨染色体。例如 1975 年以后，美国细胞遗传学家龙尼斯 (J. J. Ronneys) 等建立了高分辨显带法，先用氨甲喋呤使细胞分裂同步化，然后用秋水酰胺进行短时间处理，使之出现大量的晚前期和早中期的分裂相。早期染色体比正中期染色体长，显带后可制出分带细、带纹更多的染色体。例如在前中期分裂相可显示 555~842 条带，晚前期可

显示 843~1 256 条带，而从早前期获得的更长的染色体上可显示出 3 000~10 000 条具有分辨程度更高的带型。高分辨技术能为染色体及其畸变提供更多的细节，有助于发现更多细微的染色体异常，这样就可以对染色体的断裂点作更为精确的定位，这些对基因图的详细绘制有着重要的价值。

总之，无论在细胞遗传学和遗传学理论研究中，还是在医疗诊断、动植物育种等方面，分带技术都是一种用途广泛的重要技术。

### 4. 我们怎么知道基因的存在呢

基因对于生命体的影响，可分为遗传和变异两个方面。对人类而言基因指导人体内重要物质蛋白质等的合成，维持着生命体的正常生理功能。如果一个基因不正常，甚至基因中一个非常小的片段不正常，就可以引起发育异常、疾病，甚至死亡。它还可以通过复制把遗传信息传递给下一代，从而使其后代表现出与亲代相同的性状。

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，等位基因的某种形式（显性的）可以比其他形式（隐性的）表达得多。等位基因（allele）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。有缺陷的基因版本常与某些疾病有关，如囊性纤维化。值得注意的是，每对染色体（chromosome）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（相同等位基因 allele），也可能不同。图 1—7 显示的是一对染色体，上面的基因用不同颜色表示。在细胞分裂过程中，染色体的外观就是如此。如果比较两个染色体（男性与女性）上相同部位的基因带，就会看到一些基因带是相同的，说明这两个等位基因是相同的；但有些基因带却不同，说明这

两个“版本”（即等位基因）不同。

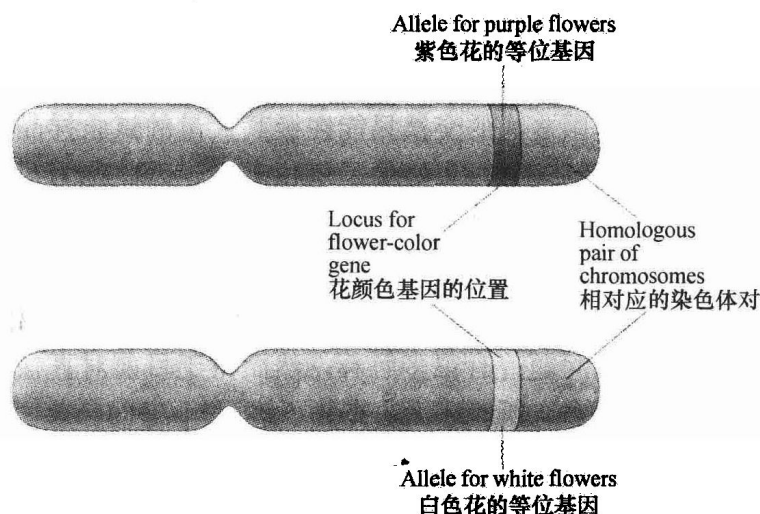


图 1—7

拟等位基因 (pseudoalleles) 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。

传统的基因概念由于拟等位基因现象的发现而更趋复杂。摩尔根学派在其早期的发现中特别使他们感到奇怪的是相邻的基因，一般似乎在功能上彼此无关，各行其是。影响眼睛颜色、翅脉形成、刚毛形成、体色等的基因都可能彼此相邻而处。具有非常相似效应的“基因”一般都仅仅不过是单个基因的等位基因。如果基因是交换单位，那就绝不会发生等位基因之间的重组现象。事实上，摩尔根的学生在早期（1913年，1916年）试图在白眼基因座位发现等位基因的交换之所以都告失败，后来才知道其主要原因是由于试验样品少。然而自从斯特体范特（1925年）提出棒眼基因重复的不均等交换学说，以及布里奇斯（1936年）根据唾液腺染色体所提供的证据支持这一学说之后，试图再一次在仿佛是等位基因之间进行重组的时机已经成熟。奥利弗（Oliver，1940年）首先取得成功，在普通果蝇的菱形基因座位上发现了等位基因不均等交换的证据。两个

## 基因和转基因

不同等位基因 (Izg/Izp) 被标志基因拼合在一起的杂合子以 0.2% 左右的频率回复到野生型。标志基因的重组证明发生了“等位基因”之间的交换。

非常靠近的基因之间的交换只能在极其大量的试验样品中才能观察到，由于它们的正常行为好像是等位基因，因此称为拟等位基因。它们不仅在功能上和真正的等位基因很相似，而且在转位 (transposition) 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。

位置效应的发现产生了深刻影响。杜布赞斯基在一篇评论性文章中曾对此作出下面的结论：“一个染色体不单是基因的机械性聚合体，而且是更高结构层次的单位……染色体的性质由作为其结构单位的基因的性质来决定；然而染色体是一个和谐的系统，它不仅反映了生物的历史，它本身也是这历史的一个决定因素。”

有些人并不满足于这种对基因的“串珠概念”的温和修正。自从孟德尔主义兴起之初就有一些生物学家（例如 Riddle 和 Child）援引了看来是足够分量的证据反对基因的颗粒学说。位置效应正好对他们有利。出生于德国，后来到美国的动物学家、遗传学家戈德施米特这时变成了他们的最雄辩的代言人。他提出一个“现代的基因学说”（1955 年）来代替（基因的）颗粒学说。按照他的这一新学说，并没有定位的基因而只有“在染色体的一定片段上的一定分子模式，这模式的任何变化（最广义的位置效应）就改变了染色体组成部分的作用从而表现为突变体”。染色体作为一个整体是一个分子“场”，习惯上所谓的基因是这个场的分立的甚至是重叠的区域；突变是染色体场的重新组合。这种场论与遗传学的大量事实相矛盾因而未被承认，但是像戈德施米特这样一位经验丰富的知名遗传学家竟然如此严肃地提出这个理论，这件事本身就表明基因学说还是多么不巩固。

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 (multiple allelism)。任何一个二倍体个体只存在复等位基因中的两个不同的等位基因。

在完全显性中，显性基因中纯合子和杂合子的表型相同。这是由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。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。这是由于杂合子中一对等位基因都得到表达所致。

比如决定人类 A、B、O 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。

正是基于此，才有了丰富多彩的世界。

我国著名的蚕业学家、中国工程院院士、西南大学向仲怀教授对家蚕基因组进行系列研究，他领导的中国家蚕基因组计划获得巨大成功，40 个不同地理类型家蚕品种和野蚕基因组的测序揭示了驯化事件及驯化相关基因。科学家就是这样不断地探索着生命的奥秘。

2009 年中国考古工作者发现安阳西高穴村的曹操高陵，这无疑是一重大考古成果，但也有学者提出质疑。考古学家做了许多工作研究论证。在科学发展的今天又计划用更先进的 DNA 测定来确证，引起了世人的关注。有专家说，DNA 辨别真假曹操，最快可在半年内完成。

基因的研究是科学的发展，人们了解一些有关基因的知识也是必要的，至少不会被“忽悠”，有人说找对象要看基因，你信吗？

下面选编了《北京科技报》关于采用基因检测筛选“意中人”的一篇报道文章。

### (1) 基因筛选“意中人”

“基因决定我爱你！”如此语出惊人的广告在一家名为“金婚配”的婚恋交友网站上分外醒目。对方声称：“通过生物信息学软件进行数据库匹配，能检测出不同个体间的基因匹配度，从而为客户提高婚配成功率。”找对象如今真的也要看基因了？

于是，记者致电位于上海的“金婚配”公司，决定了解一下如何用基因筛选“意中人”。该公司一位李姓小姐告诉记者，首先你要从公司网站公布的会员中，挑选若干“合眼缘”的对象，然后在双