

上海科普创作出版专项资金资助

基因宝库丛书

谈家桢 主编

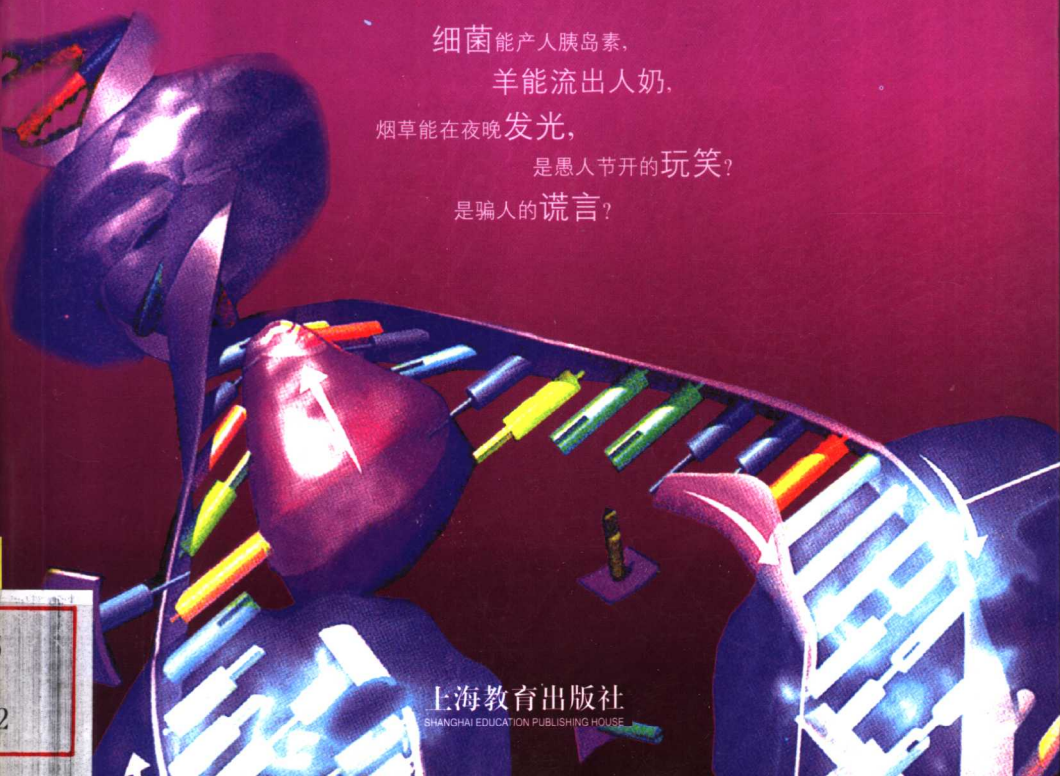
基因转移

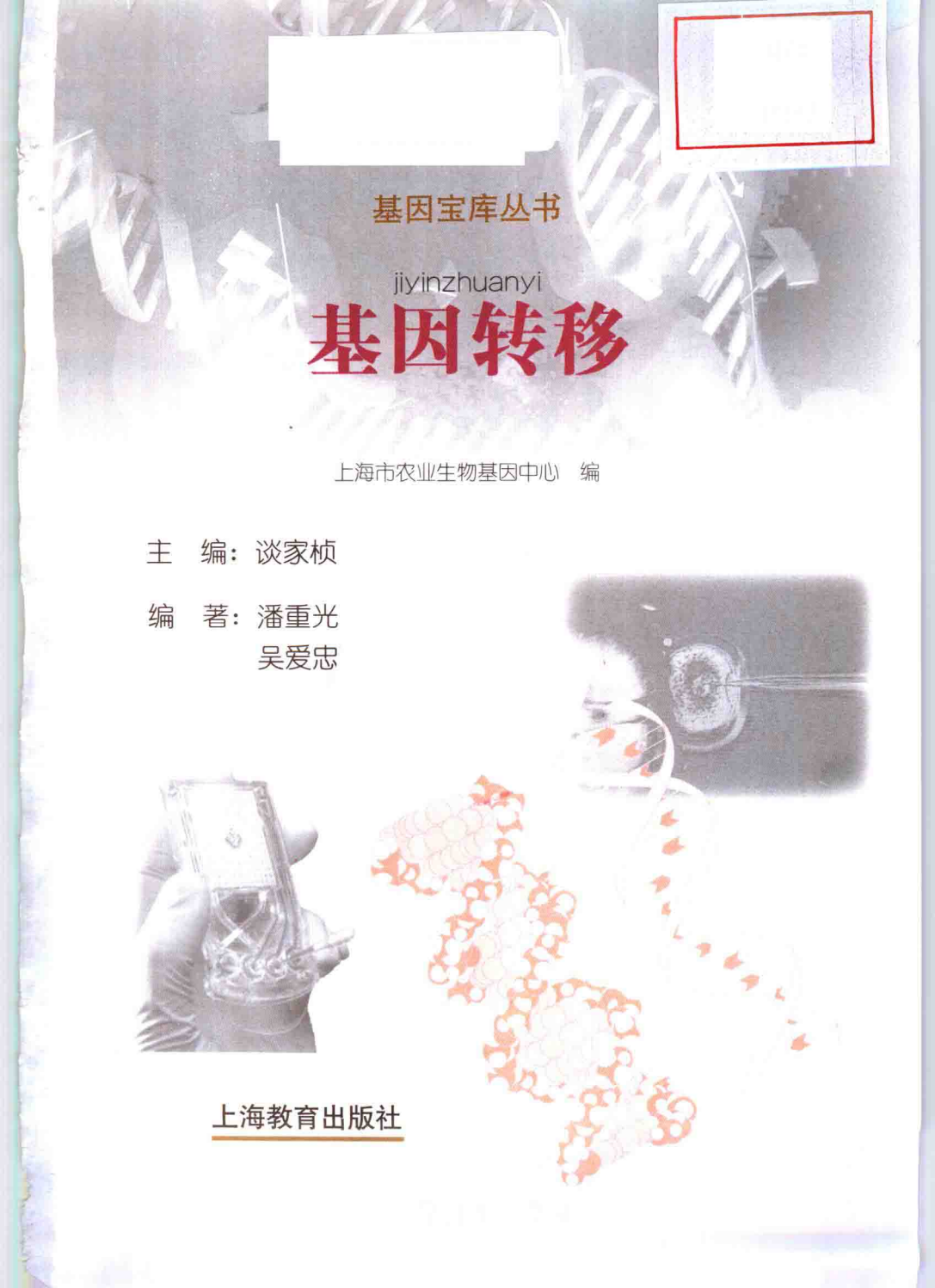
上海市农业生物基因中心 编

潘重光 吴爱忠 >>> 编著

细菌能产人胰岛素，
羊能流出人奶，
烟草能在夜晚发光，
是愚人节开的玩笑？
是骗人的谎言？

上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATION PUBLISHING HOUSE





基因宝库丛书

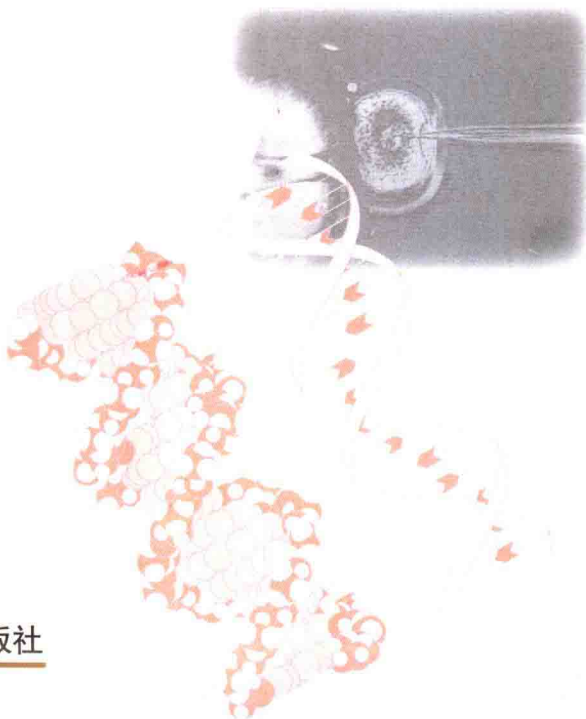
jīyīnzhhuānyī

基因转移

上海市农业生物基因中心 编

主 编：谈家桢

编 著：潘重光
吴爱忠



上海教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

基因转移 / 潘重光, 吴爱忠编著. —上海: 上海教育出版社, 2004.8

(基因宝库丛书 / 谈家桢主编)

ISBN 7-5320-9753-6

I. 基... II. ①潘... ②吴... III. 基因转移
IV. Q75

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第088923号

基因宝库丛书

基 因 转 移

谈家桢 主编

上海世纪出版集团 出版发行
上海教育出版社

易文网: www.ewen.cc

(上海永福路123号 邮编:200031)

各地新华书店经销 上海中华印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 4.25 插页 2 字数 95,000

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

ISBN 7-5320-9753-6/Q·0001 定价:16.00元

序



年初，上海农科院吴爱忠教授和上海农业生物基因中心罗利军教授告诉我，上海市科委和科协将设专项基金资助科技工作者撰写科普书籍。他们打算组织长期从事教育和科技工作的专家编写基因科学丛书，定名为“基因宝库”。我认为科委和科协的决定及两位教授的打算很有意义。向公众传播科学知识，无疑能提高劳动者的科技素质，促进先进生产力的发展。

生命科学自上世纪50年代进入分子生物学时代以来，基因科学突飞猛进，新概念、新名词日新月异，与时俱增。基因也成为运用次数最多的字眼之一。但由于基因科学既包含遗传、变异，个体、群体，分子、细胞，基因、环境，核酸、蛋白质等诸多矛盾的统一，基因科学又与国计民生关系十分密切，丰衣足食、安居乐业、健康长寿、天下太平都离不开基因科学。因此要较全面地了解基因科学知识及基因科学在工业、农业、医学等诸多方面的应用价值，实非易事。组织专家编写普及基因科学的系列丛书，无疑又是先进文化发展的需要，我是非常支持的。

自我国取得抗击 SARS 的初步胜利后，吴爱忠、罗利军两位教授委托上海交大潘重光教授转告我，市科委、科协已正式同意资助“基因宝库”的编写，我很高兴。我因年迈已不能亲自参加丛书的编写，但我很乐意做力所能及的事。我托潘重光同志转告吴、罗两位教授，编写“基因宝库”丛书是一件很有意义的事，希望在编写过程中，特别要重视科学性，在保证科学性的基础上，应该积极探索趣味性和可读性，努力把“基因宝库”编成公众喜欢阅读的丛书。

读家书

2003 年 10 月 9 日



目 录

引言	1
一、基因转移	
1. 麦克林托克和“跳跃基因”	2
2. 基因转移，欢天喜地	8
3. 基因转移，哭哭啼啼	12
4. 基因搬迁，改头换面	16
5. 基因搬家，锦上添花	19
二、基因工程	
1. 基因工程的由来	22
2. 基因工程的物质条件	25
三、细菌制药创奇迹	
1. 胰岛素	44
2. 干扰素 $\alpha 1b$	46
3. 生长激素	48
4. 细菌生产的疫苗	49
四、绿色革命再创辉煌	
1. 植物基因工程的流程	53
2. 抗病、抗菌的植物	59
3. 不怕虫咬的植物	64
4. 耐贮藏的番茄	67
5. 抗除草剂的庄稼	69
6. 发光植物	70
7. 蓝色玫瑰	71
8. 疫苗植物	73
9. 金稻米	75

五、转基因动物创奇迹

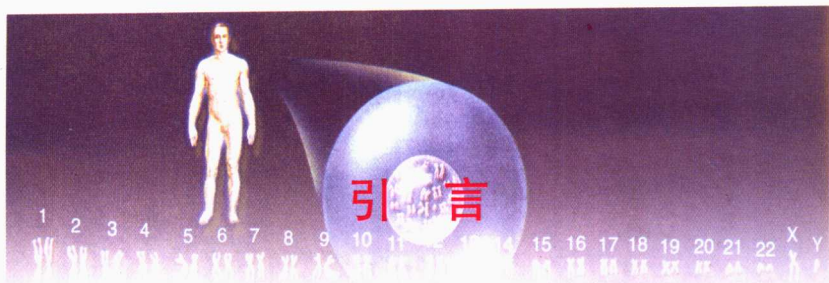
- | | |
|---------------|----|
| 1. 动物转基因的方法 | 78 |
| 2. 动物转基因的技术路线 | 83 |
| 3. 超级鼠的启示 | 87 |
| 4. 遍地会走的“制药厂” | 90 |
| 5. 转基因猪 | 93 |
| 6. 餐桌上的转基因鱼 | 97 |

六、新兴的基因治疗

- | | |
|-------------------|-----|
| 1. 基因治疗的缘起 | 99 |
| 2. 基因治疗的程序 | 103 |
| 3. 基因治疗 | 106 |
| 4. 基因治疗的曲折道路和光明前景 | 109 |

七、随心转基因的喜和忧

- | | |
|---------------|-----|
| 1. 真理越辩越明 | 113 |
| 2. 转基因食品的安全性 | 121 |
| 3. 转基因生物的安全性 | 125 |
| 4. 充满希望的转基因研究 | 127 |
-



细菌能产人胰岛素，羊能流出人奶，烟草能在夜晚发光，是愚人节开的玩笑？是骗人的谎言？不，这些都是有事实根据的新闻，是科学技术创造的奇迹，是按计划、有目的地转移基因创造的奇迹。

基因不是一个个排排坐在染色体上的吗？难道基因会“走”、会“跑”、会“跳”？科学把人的认识不断引向深入，位于染色体上的基因绝不是钉死在铁板上的钉，基因确实会“走”、会“跑”、会“跳”，总之一句话，基因是会转移的。

实际上，病毒、细菌和高等生物的基因都在不断地转移，一些病毒把基因转移到人体之后，可能会造成“千村薜荔人遗矢，万户萧疏鬼唱歌”的严重后果，而高等生物内部的基因转移，又会给我们带来“五谷丰登、六畜兴旺”的喜悦。

1973年，按计划有目的地转移基因首次在细菌之间取得成功。由此开始，动物基因、人的基因转到细菌里去了，植物、动物、细菌之间的基因互相转移也不断取得成功，这像开放后的中国，人员在世界范围内流动，随着科学的发展，甚至还要到“九天揽月”。

有计划、按目的转移心爱的基因（目的基因），目的基因到达新地方（受体细胞）又能安居乐业（整合表达），这样的基因转移技术就称为基因工程。“基因工程”还可叫“基因操作”、“基因克隆”、“遗传工程”等等。



麦克林托克(Barbara McClintock, 1902年6月16日~1992年9月2日)生于美国哈特福德。1923年毕业于康奈尔大学植物系,1927年获哲学博士学位。此后她一直埋头于玉米染色体的研究。从1931年起先后在好几所大学及研究机构工作;1942~1967年在纽约冷泉港卡内基研究所任研究员;1967年后任名誉研究员。

一、基因转移

1. 麦克林托克和“跳跃基因”

麦克林托克(McClintock)是提出基因能转移座位的第一个人,在她之前,所有研究遗传学的人都认为位于染色体上的基因就像铁板上钉的钉,一动也不动。

麦克林托克生于1902年,美国哈特福德是她的出生地,1923年毕业于康奈尔大学植物系,1927年获哲学博士学位。毕业后终身从事玉米的细胞遗传学研究,由于她的天赋和勤奋,她的玉米研究结果可与当时飞速发展的果蝇遗传学媲美。1939年,她当选为美国遗传学会副主席。1944年,时年42岁的她就成为美国国家科学院院士,1945年担任美国遗传学会主席,十多年的坚实工作,已使她成为当时遗传学界的中坚人物。

名声日盛的麦克林托克不喜欢沽名钓誉,而甘愿与玉米为伴,经过整整六年积累,终于在1950年写成“玉米易突变

位点的由来和行为”一文，文中明确指出，玉米籽粒颜色的改变是基因座位改变的结果。1951年，她在冷泉港的一次学术讨论会上提出了“跳跃基因”的新观念，听者众多，和者寥寥。1956年当她再度在冷泉港的学术讨论会上阐述“跳跃基因”的新观念时，不仅知音难觅，听众中除沉默者外许多人在窃窃私语，把她的新观念当作是疯子的胡话。从此以后，这位冉冉升起的科学新星光芒不再。据麦克林托克回忆：“有那么几年，我不能和任何人说我的想法，也没有人请我参加学术讨论”，有位经常到冷泉港去的著名遗传学家对她说：“我不想听你谈你现在做的事情。那可能很有趣，可是我知道那是一种发疯。”更有人把麦克林托克看成“只是冷泉港闲置了多年的一只旧手提包”。

麦克林托克的新观念给她带来了灭顶之灾，难道是她违背了科学精神？践踏了科学道德？否，是因为她的结论远远超越了时空，在二十世纪的五十和六十年代无法找到知音。

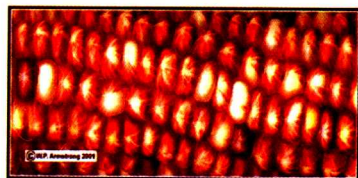
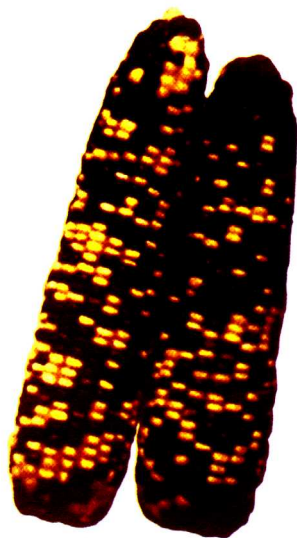
在孤立无援、黑云压城城欲摧的日子里，麦克林托克承受着巨大压力，但她坚信，是金子总是会闪光的。当她被当时的主流科学摒弃时，依然对玉米“情有独钟”，依然对遗传学“情有独钟”。她毫不气馁，始终陪伴着她“钟情”的玉米。

无知和偏见始终没有摧垮这位坚强的女性，上世纪六十年代末，基因能转移的证据从美国、英国、德国接二连三地被发现，被忽视了20年左右的麦克林托克在真理和勇气打垮了偏见和冷漠之后得到了迟到的补偿。1983年，她关于“基因能够转移”的结论被公认，她也因此而荣获了诺贝尔奖。

补偿虽然为时过迟，但对麦克林托克来说，毕竟是值得庆幸的，如果她没有长寿基因、或者她追名逐利、或者她人云亦云、或者……那么她无论如何等不到其他学者为她重新

赢得尊严和荣誉，也许就要抱恨九泉了（诺贝尔奖不授予已故科学家）。

81岁高龄的麦克林托克面对科学领域的最高荣誉，依然平静如镜。据美国《新闻周刊》的描述：“她坐在一屋子新闻记者的面前，感到非常不自在，她说，我一点也不喜欢出名，我只想躲到实验室的一个僻静的角落去。”



具有不同粒色的玉米

因为果皮细胞中的色泽基因不同，籽粒颜色就不同。

麦克林托克，这位伟大的科学家于1992年9月与世长辞了。她一生追求科学真理，宠辱不惊、甘耐寂寞的精神与日月同辉。

“跳跃基因”究竟是怎么回事呢？为什么会给麦克林托克带来如此大的麻烦和最高荣誉呢？

如果你看到过玉米，就会知道玉米的籽粒有黄色有紫色，也有紫中有黄，黄中带紫。当然，玉米籽粒具有什么颜色都决定于果皮细胞内的基因。如果所有的果皮细胞中都有一个紫色基因SG，那么玉米籽粒就为紫色，如果这个基因是隐性的sg，那么籽粒就是黄色。

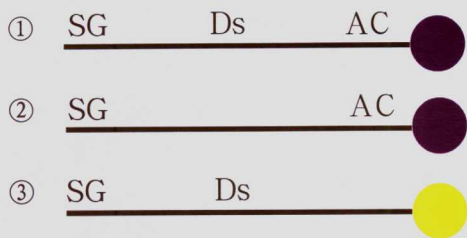
黄底紫斑或紫底黄斑的玉米粒又该如何解释呢？传统遗传学是用基因突变来解释的。原来玉米的每粒种子通俗的叫法是“籽粒”，科学名称是“颖果”，一粒玉米籽就是一个果实。玉米果实包括果皮、种皮、胚和胚乳四个部分。而有没有颜色只与果皮有关，因为即使是黑玉米，去掉果皮后，还是白色的。果皮为什么会有颜色呢？这与构成果皮的细胞有关，一层果皮是由许许多多细胞组成的，而这许许多多细胞又都来自一个细胞。现在我们就从形成许许多多果皮细胞的第一个细胞谈起。第一个细胞中若原来有一个SG基因，这个基因决定的色素是紫色，第一个细胞一分为二、二分为四……直至形成了一层果皮细胞，那么，这一层果皮细胞都有紫色基因SG，因此，这粒玉米就是紫色。若第一个细胞分裂到半层果皮时，其中的SG基因突变成了sg了，而带有sg基因的这个细胞接着一分为二又形成了果皮的另外半层细胞，这半层细胞都是sg基因了，而sg基因决定的是黄色，此时，一粒玉米看上去就是半粒紫色半粒黄色。如果第一个细胞分裂过程中，在形成了1/4层果皮时，SG突变成sg了，带sg基

因的这个细胞接着一分为二，在形成了 $1/4$ 层果皮时，又回复突变，sg变成了SG，带有SG基因的细胞接着一分为二，形成第三个 $1/4$ 果皮，果皮细胞中的SG又变成了sg，并由带sg的细胞形成最后的 $1/4$ 果皮，此时，一粒种子看上去就是紫、黄相间的花玉米了。黄底紫斑就是因为黄色基因的细胞在有丝分裂的某个时刻，细胞中的黄色隐性基因sg突变成了显性紫色基因SG了，这个基因发生突变的细胞在分裂过程中形成了一群突变细胞，因此在黄底上留下了一块紫斑。如果一粒玉米上的紫色与黄色都是小斑点，斑斑点点布满整粒玉米，这种现象又是什么原因造成的呢？主流遗传学家认为还是基因突变，是果皮细胞在有丝分裂过程中一会儿紫色基因变成了黄色基因，一会儿黄色基因又突变成紫色基因，真是眼睛一眨，老母鸡变鸭。

就在“玉米籽粒色泽遗传是由于基因突变”被看成是科学真理时，麦克林托克提出了异议，她根据自己多年研究积累的事实，提出了与基因突变说完全不同的新观点，那就是基因能转移的结论。能转移的基因叫“转座子”，形象化的说法就是“跳跃基因”。她指出，与玉米色泽有关的基因至少有三个，一是色素基因SG或sg，显性基因SG决定紫色，隐性基因sg决定黄色。二是解离基因(Ds)，这个基因能控制SG的作用，如果Ds与SG“坐”得很近，SG被DS抑制，就不能形成紫色。第三个基因是激活因子(AC)，这个基因可控制Ds基因，如果AC与Ds“坐”得很近，Ds就不能抑制SG了。由于AC和Ds都能控制别的基因，因而称为控制因子，而两者又能从染色体的这里跑到那里，即能转移座位，因此而得名“转座子”。“转座子”像个跳跳蹦蹦的小孩子，所以，被形象地称为“跳跃基因”。



按照麦克林托克的观点，玉米籽粒呈什么颜色是由色素基因和跳跃基因共同决定的。如果说，果皮细胞中存在着SG、Ds和AC三个基因，三个基因都“坐”得很近，此时AC控制着Ds，使Ds无法控制SG，这个SG就决定细胞为紫色，当这个细胞分裂形成一群细胞时，由于这些细胞都为紫色，因而种子的这部分是紫色。一旦在分裂过程中，AC基因离Ds和SG远去了，Ds获得了自由，开始抑制SG的作用，此时虽然细胞中基因未变，但细胞只能是黄色了，由这些细胞分裂而成的一群细胞全为黄色，种子的这个部分也为黄色。如果在细胞分裂的某一个时刻，Ds也跳走了，SG获得自由，细胞又为紫色。玉米籽粒的颜色变化就是这样由基因的跳跃决定的。这种解释实在太新奇了，所以麦克林托克的文章和发言都被认为是缺乏科学依据的异端邪说。



麦克林托克的玉米 AC/Ds 调控系统作用模式图

SG 紫色基因在第 9 号染色体上，AC 可在染色体组间的任何染色体上“跳跃”。

- ① AC 抑制了 Ds，Ds 不能抑制 SG。这种果皮细胞应是紫色。
- ② 无 Ds，SG 发挥作用了，这种果皮细胞也为紫色。
- ③ Ds 抑制 SG，AC 基因从 Ds 旁“跳走”了，因此 Ds 又抑制了 SG 的作用，此时的果皮细胞只能呈现黄色了。

麦克林托克提出“跳跃基因”这个新观点时，她已在遗传学界享有盛名，而久负盛名的麦克林托克不愿接受“突变说”这种主流派的观点，始终坚持自己的“跳跃基因”新见解。在新与旧的冲突中，主流派深怕麦克林托克的新见解把遗传学引入歧途，无知、偏见、冷漠一下子把麦克林托克团团围住，使她无法冲出重围。本该发光的黄金被踩在脚下，久而久之，居然被灰尘掩埋了，当时光重新把黄金从掩埋处挖掘出来时，被擦去锈迹的金块当然就更加光彩夺目了。

2. 基因转移，欢天喜地

没有想到吧，基因转移还会使你欢天喜地。什么基因转移会有此奇效呢？人，人的基因转移就会使你欢天喜地。

你知道吗？你和我，他和她都是基因转移的结果。

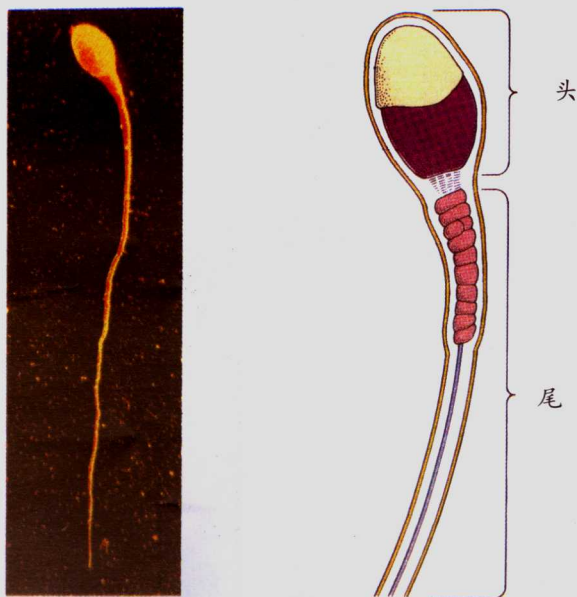
人的基因转移是按组进行的，或者说是基因组的转移。基因组就是决定生物体全部性状的一整套基因，这一套基因都“坐”在性细胞中的染色体上。如人的性细胞中有23条染色体，基因组中的基因就全部分散在这23条染色体上。正因为基因和染色体的这种关系，因此基因组也叫染色体组。

人的基因组转移是单方向的，总是由男方向女方转移。

人的基因组不会自己转移，需要“乘坐”交通工具，即人的基因组是被运走的，运基因的“交通工具”称为“基因载体”。人的基因载体就是精子。

在显微镜下看人的精子，个个长着大脑袋、瘦脖子、粗身子、细尾巴，活像青蛙的子女——蝌蚪。一个精子从头至尾全长只有60微米（1微米=1/1000毫米），每个精子都可分为头、颈、体、尾四部分。正面看精子，头为卵圆形，侧面看精子，头为鸭梨形。头部主要是高度浓缩的细胞核，基因组就集中在细胞核内。在核的前方，精子的头上还戴着一顶“圆帽子”，这

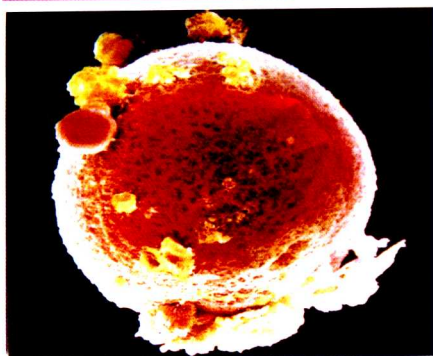




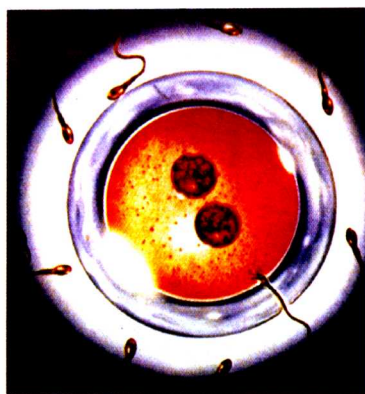
人的基因载体——精子

顶帽子叫顶体。顶体内部贮藏着多种酶，精子在与卵子相遇时，依靠顶体释放出的酶攻破道道防线而进入卵。因此顶体犹如穿通隧道的“钻头”。精子的“尾巴”很长，长度几乎是头的10倍，它是精子向前、向上、翻跟斗、打圈圈的“推进器”。

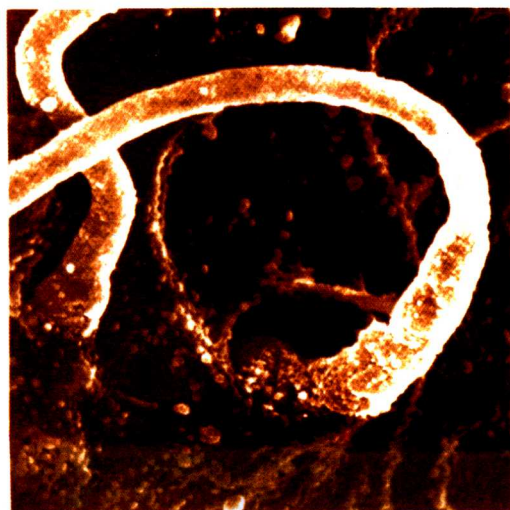
数以千万计甚至亿计的精子通过男女性爱进入女性阴道，这支庞大的精子队伍靠精子尾部的不断摆动和女性生殖道肌肉的收缩，以每分钟2~3毫米的速度沿着阴道上行，通过子宫颈，进入子宫腔，穿越子宫腔后就抵达输卵管，在那里“恭候”卵子的到来。



人的卵子



精子游向卵子



精子的顶体钻开了
了卵子的外膜