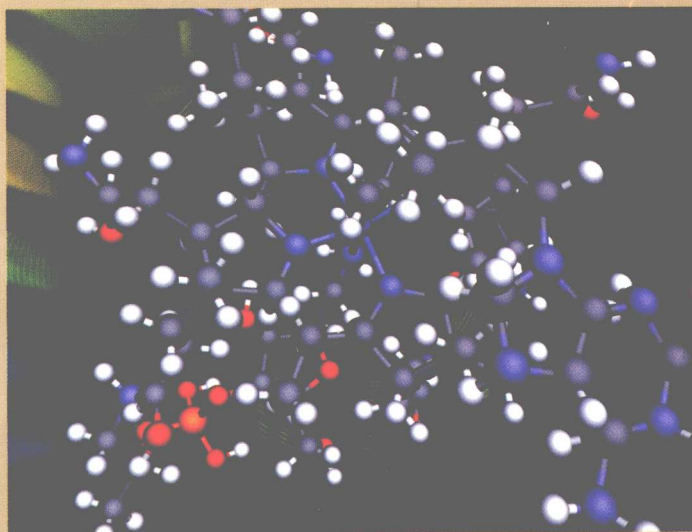


基因工程技术的建立将我们带入一个认识基因、改造基因、利用基因的新世纪，当然这里也必须遵循遗传和变异规律。

人类关于基因的研究成果预示着21世纪将是生物学世纪，且这个世纪来得可能比任何人预料的要早得多。

遗传与基因

刘月蕾 段聚宝 著

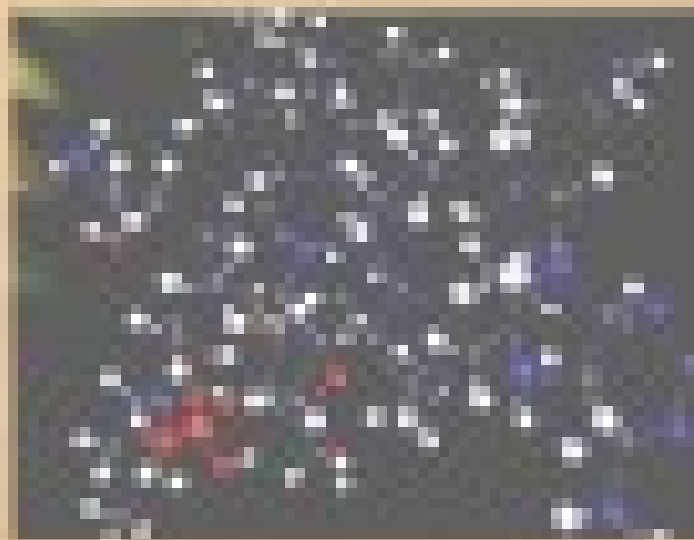


《遗传与基因》是《遗传学》系列丛书中的一本，主要介绍遗传学的基本概念、原理和方法，以及遗传学在医学、农业、工业等方面的应用。本书由著名遗传学家编写，内容翔实，语言通俗易懂，是遗传学爱好者和相关专业人员的必读书目。

本书共分八章，第一章介绍遗传学的发展史和现状，第二章介绍遗传学的基本概念和原理，第三章介绍遗传学的基本方法，第四章介绍遗传学在医学中的应用，第五章介绍遗传学在农业中的应用，第六章介绍遗传学在工业中的应用，第七章介绍遗传学在环境保护中的应用，第八章介绍遗传学在人类学中的应用。

遗传与基因

王德顺 编著



THE SERIES
OF FRONTIER

科技前沿书系

SCIENCE
&
TECHNOLOGY

遗传与基因

刘月蕾 著
段聚宝

山西出版传媒集团
山西教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

遗传与基因/刘月蕾,段聚宝著. —3 版. —太原:山西教育出版社,
2012.1

(科学前沿丛书/甘师俊,陈久金主编)

ISBN 978-7-5440-5061-6

I. ①遗… II. ①刘… ②段… III. ①遗传学-普及读物
②基因工程-普及读物 IV. ①Q3-49②78-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 182540 号

遗传与基因

YI CHUAN YU JI YIN

责任编辑 郭志强

复 审 薛海斌

终 审 刘立平

装帧设计 王耀斌

印装监制 贾永胜

出版发行 山西出版传媒集团·山西教育出版社

(太原市水西门街馒头巷7号 电话:0351-4035711 邮编:030002)

印 装 山西人民印刷有限责任公司

开 本 850×1168 1/32

印 张 6.75

字 数 167 千字

版 次 2012 年 1 月第 3 版 2012 年 1 月山西第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5440-5061-6

定 价 13.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。电话:0358-7641044

目 录

一 从种瓜得瓜种豆得豆说开去 (1)

二 开天辟地——孟德尔与遗传学 (5)

1. 遗传学的先驱孟德尔 (5)
 2. 种豌豆得到的遗传定律 (7)
 3. 杂交育种 (13)
 4. 近亲为什么不宜婚配 (14)
 5. 人类的 ABO 血型遗传 (17)
 6. 孟德尔学说的遭遇 (19)
-

三 继往开来——摩尔根与基因论 (22)

1. 细胞学说和早期的染色体学说 (22)
2. “果蝇”实验室里的遗传规律 (26)
3. 绘制基因位置图 (32)
4. 基因论 (35)
5. 连锁遗传与育种 (36)
6. 血友病与伴性遗传 (37)

四 突 变	(43)
1. 突变的种类	(43)
2. 染色体结构突变与应用	(44)
3. 染色体数目的变异与育种	(46)
4. 染色体畸变和人类遗传疾病	(48)
5. 基因突变的频率及可逆性	(50)
6. 基因突变与育种	(53)

五 基因的化学本质和功能	(56)
1. 基因是蛋白质还是 DNA	(56)
2. 肺炎双球菌的转化实验	(58)
3. 噬菌体感染实验	(63)
4. “一个基因一个酶”的假说	(66)

六 DNA 双螺旋结构模型	(72)
1. 欧美的三大学派	(72)
2. DNA 双螺旋的发现——一场激烈的“螺旋竞赛”	(74)
3. 沃森—克里克模型	(79)
4. 超速离心实验	(82)
5. 铁证如山——DNA 聚合酶	(84)

七 分子生物学的中心法则	(86)
---------------------------	--------

1. 至高无上的中心法则 (86)
 2. 中心法则的完善 (88)
 3. 基因的信使 mRNA (90)
 4. 氨基酸的运载车辆——tRNA (94)
 5. 蛋白质合成“四步曲” (95)
-

八 遗传密码的破译 (99)

1. 生物学上的神奇数字 20 (99)
 2. “三联密码”假说 (101)
 3. 密码被破译 (103)
 4. 摆动假说 (107)
 5. 密码不“密” (108)
-

九 水到渠成——基因工程 (110)

1. 什么是基因工程 (110)
 2. “剪刀”与“浆糊”——工具酶 (112)
 3. 工程运载体 (114)
 4. “工程原料”的获取 (115)
 5. 基因工程如何“施工” (118)
-

十 基因工程与绿色革命 (120)

1. 植物基因工程担当重任 (120)
2. 植物基因工程的关键——基因转移 (122)
3. 抗病毒抗虫害的转基因农作物 (127)
4. 消灭田间杂草 (129)

5. 抗腐烂的水果	(130)
-----------------	---------

十一 基因工程开创医学新纪元	(132)
-----------------------------	----------------

1. “细菌制药厂”	(132)
2. 基因工程乙肝疫苗	(137)
3. 可食用的植物疫苗	(138)
4. 遗传病的诊断与预防	(140)
5. 遗传病的基因治疗	(143)
6. 癌症和艾滋病的基因治疗	(146)
7. “动物制药厂”	(148)
8. 转基因动物好处多	(152)

十二 聚合酶链式反应——PCR	(156)
------------------------------	----------------

1. 简单原理，无穷威力	(156)
2. 从“三口锅”开始	(161)
3. PCR 与医学诊断	(164)
4. PCR，一发辨雌雄	(167)
5. PCR 与 DNA 指纹图	(170)
6. 走入“侏罗纪公园”	(173)

十三 人类基因组计划	(176)
-------------------------	----------------

1. 浩大的工程	(176)
2. 人体的第二张解剖图	(180)
3. 基因组计划与明天的医学	(187)
4. 福兮祸所倚	(190)

5. 基因争夺战 (192)

十四 克隆问题 (195)

1. 克隆羊“多莉”引起的风波 (195)
 2. “克隆”本身并不神秘 (198)
 3. 亦喜亦忧话克隆 (201)
-

主要参考文献 (208)



从种瓜得瓜种豆得豆说开去

“种瓜得瓜，种豆得豆”是我们熟知的一种遗传现象。其实，早在公元前3世纪《吕氏春秋》中就已描述了这种普遍的遗传现象：“夫种麦而得麦，种稷而得稷，人不怪也。”看来，当时的人们已把植物产生与自身相同的后代看作是一种规律性的东西了。

我们还知道这样一句话：“一母生九子，九子各有别。”这里讲的就是遗传变异，也正是有利变异，才使得生物界多样性保持下来，这也是物种进化的动力。

遗传变异现象的本质是什么呢？其规律又是什么呢？我们从父母那儿到底遗传得到了什么东西？遗传和变异的物质基础是什么呢？

古人对这些遗传变异现象早有许多朴素的认识，在我们今天看来似乎是非常好笑的。比如曾有这样一种认识，即认为卵子中、精子中有父母的缩影。在一幅当时（17世纪末）科学家画的精子图中，精子里面就有一个小人，表示父亲的缩影。这些认识都没有科学的试验依据，仅是一些猜测。直到19世纪中叶后，孟德尔（G.J.Mendel）和摩尔根（T.H.Morgan）才分别利用豌豆和果蝇为实验材料，揭示了遗传和变异的规律，认识到决定这些性状的是基因，有机体携带并传递给子代很多基因。基因在染色体上呈线状排列，像串在线上的“念珠”。细胞分裂时，染色体一分为二，分别分布到两个子代细胞中，每个子代细胞都获得它

自己的一组染色体，基因就随着细胞分裂而分离；当父亲的精子细胞和母亲的卵子细胞结合时，这些基因又重新自由组合在一起。自然，随着基因在父母亲 and 子代之间的传递，性状也就由父母传递给子代，而基因的自由组合又使得子代与父母不完全相同，且“九子各有别”。但基因是什么东西呢？在孟德尔和摩尔根的遗传规律中，基因似乎也是一种神秘莫测的东西，没有人知道基因是由什么组成的，它如何将其性状赋予携带它的有机体，以及在细胞分裂时基因是如何忠实地自我复制的等等。

基因的“庐山真面目”终于被揭示出来。原来它就是一段 DNA（脱氧核糖核酸）分子，只不过它代表的是一种遗传信息——碱基的不同排列顺序。1953 年沃森（J.D. Watson）和克里克（F.H.C. Crick）建立了 DNA 分子的结构——双螺旋模型。两条对称的 S 型螺旋骨架由磷酸和脱氧核糖组成，中间空穴恰好让碱基以配对形式（G 对 C，A 对 T）填入，遗传密码则以三联体的形式贮藏在这些核酸 GATC 的不同组合顺序当中。DNA 双螺旋结构的确立标志着现代遗传学进入了分子生物学的新纪元，我们从此便进入了真正的基因世界。

然而，遗传信息又是怎样从 DNA 反映到象征性状表现的蛋白质上的呢？在 DNA 双螺旋结构的基础上，人们研究了 DNA 的复制、转录和翻译过程，提出了中心法则。指出 DNA 解开双链，通过自身复制实现遗传信息忠实的倍增复制；然后通过转录将遗传信息赋予一种信使——mRNA；mRNA 在核糖体内通过一种转移核糖核酸分子（tRNA）将氨基酸搬运到身边，按遗传密码的要求组装成蛋白质。这样，遗传信息就实现了从 DNA 到蛋白质的“流动”。

基因在体内实现重新组合可引起变异，那么体外基因的重新组合会是什么样子呢？日新月异的关于基因的研究终于使人们可以将基因从染色体上取出，然后再把它放到另外一个地方或转移

到另外一种生物体内。这便是 DNA 体外重组技术，又称基因工程。基因工程就是按照生物体遗传变异的规律，预先缜密地设计出改变生物遗传特性的方案，有目的地去改造生物。如果说 DNA 双螺旋模型开辟了分子生物学的新纪元，那么 70 年代末的基因工程技术的建立则我们将我们带入了一个认识基因、改造基因、利用基因的新世纪。如今，通过基因工程技术可以将人体内某些有药用价值的基因放到细菌体内，让细菌源源不断地产生大量的重组药物，细菌变成了“制药厂”。利用基因工程还可以改良农作物的性状，生产更大、更甜、更易保存的水果，产量更高的作物。甚至基因工程食品也已写进了我们的食谱。基因工程使我们可以做到“种瓜得豆，种豆得瓜”，当然这里也必须遵循遗传和变异规律。

人类关于基因的研究成果似乎预示着 21 世纪将是生物学世纪。但这个世纪现在就突然来到我们面前——来得比任何人的预计要早许多。1997 年 2 月 27 日，英国的一位本来默默无闻的科学家宣布自己利用克隆技术制造了一个成年绵羊的复制品——克隆羊“多莉”（Dolly）。它是由一只成年羊的乳腺 DNA 来取代普通羊卵母细胞中的基因，然后再促使这个卵子成长发育而来，“多莉”是那只被从乳腺取出 DNA 的成羊的精确遗传复制品。在这里，仅仅体现了遗传现象而失去了变异。“多莉”的诞生被人们视为“打开了潘多拉（Pandora）的盒子”^①，带给我们的是喜忧参半。然而，这只被大肆宣传的“多莉”仅代表下个世纪在生物学领域中即将出现的新事物中的一小部分。生物学正处在理

① 潘多拉的盒子：据希腊神话，潘多拉是主神宙斯命火神用粘土制成的人类第一个女性。宙斯命潘多拉带着一个宝盒（即潘多拉的盒子）下凡，潘多拉私自打开盒子，于是里面的疾病、罪恶等各种祸害全跑出来散布到世上。常用来比喻祸福并存的东西或事件。

解和操纵生命的能力史无前例的爆炸边缘。

目前，科学家正在破译从人到微生物的全部基因组中的遗传信息。这个称为基因组计划的庞大工程可与“阿波罗登月”和“曼哈顿工程”相媲美，它耗时 15 年，到 2005 年这个计划将如期完成。随着对基因组全部遗传信息的破译，生命的本质就可得到阐述，人们可以了解哪种疾病是由哪个基因控制，人的衰老是由哪些基因控制，人的身高、智能和体能又该如何提高。基因组计划的研究成果，将使人们的想象力不断扩大，使人们尽可大胆地思考、提出并回答过去连做梦都想不到的问题。

这个世界正昂首迈向生物学世纪，到 2003 年，农民将种植能足以减少我们对石油依赖的含石油类植物；大量遗传信息将有望提供许多新药品和疗法，并更深入地了解人类的行为、健康和疾病。随着我们进入新的世纪，生物技术将利用它自己的成就为人类历史开创锦绣前程。在展望新世纪美好前景的时刻，让我们回过头来再来看一下我们曾经走过的认识遗传和变异的基因之路吧。

二

开天辟地——孟德尔与遗传学

遗传学是与孟德尔的名字联系在一起的，是他通过植物杂交试验提出遗传单位（即后来的基因）的概念，阐明了遗传的重要规律，为遗传学的创立和发展奠定了基础。

1. 遗传学的先驱孟德尔

孟德尔祖籍德国，1822年出生于奥地利的一个贫苦农民家庭。少年时期的孟德尔勤奋好学、聪明过人，被称为“乡村中学的高材生”。1840年，孟德尔中学毕业，全部课程成绩均为优秀，但由于家境过于贫困，使得他上大学的梦想几乎破灭。后来他妹妹拿出了部分嫁妆费，才使他进入大学。在奥尔果茨哲学院中，孟德尔除了学习德国古典哲学外，还学习自然科学。在大学期间，他找到一份家庭教师的工作以勉强维持学业。

1843年10月，孟德尔在物理学老师弗朗茨（F. Franz）教授的推荐下进入布尔诺奥古斯丁教派修道院。他惊喜地发现，修道院不仅可以解决生活问题，还可以学习、研究学问。这对于热爱自然科学、爱好钻研学问的孟德尔来说，简直就是最大的恩赐。布尔诺修道院位于现在捷克的摩拉维亚地区，当时还是奥地利的属地。它负有通过学术研究发展该地区的工业、农业和文化的使命，修道院中大多是科学家或技术人员。在纳普主教的支持下，修道院内建立了植物标本室和植物园。孟德尔当时只是对生物学

充满浓厚兴趣，后来在克拉塞尔（Klaczal）等人的影响和支持下，使他酷爱生物学。1848年孟德尔被提升为神父，次年被主教派任代理教员，讲授物理学和博物学。由于他出色地完成教学工作，受到国家道德教育部的通报表扬。

1851年，孟德尔进入奥地利的最高学府维也纳大学深造。在两年的学习中，他不仅学习了数学、物理、化学以及动物学、植物学、昆虫学和古生物学等，同时也受到一些杰出科学家的影响，学会了许多重要科学方法和接受了许多科学思想，这对他以后的科学工作产生了极为深远的影响。

孟德尔回到修道院后，仍当过一段时期的代课教师，讲授物理和博物学，同时开始从事植物杂交试验。在19世纪及19世纪以前一个很长时期内，为了提高果树、蔬菜、粮食等的产量和增加新品种，欧洲大批园艺家和科学家尝试用杂交方法来培育新品种。虽然做杂交试验的人很多，成就也很可观，可是对杂种及其后代的表现却找不出规律，不能预见下一代的状况。如果能找出一些规律，当然对实践会很有帮助。孟德尔就是在这个需要的推动下，进行了为期8年的豌豆杂交试验，最终提出了遗传学方面的两个基本定律，即分离定律和自由组合定律。这两大定律和1926年提出的基因连锁及互换定律一起，被称为遗传学上的三大定律。孟德尔学说是一项划时代的开拓性成就，奠定了现代遗传学的基础，在近代生物学史上可以与达尔文的进化学说相媲美。

1884年1月6日，孟德尔与世长辞。孟德尔一生曲折坎坷，多灾多病。但是他总是能够克服外界环境的干扰和自身疾病的折磨，顽强地从事科学研究。他为人善良、愿意帮助穷人。布尔诺日报为孟德尔写下这样的颂词：“他的死使穷人失去了一位恩人，使人类失去了一位品质高尚的人，一位热情的朋友，一位自然科学的促进者和一位模范的牧师。”

2. 种豌豆得到的遗传定律

(1) 分离定律

孟德尔经过认真思考和分析，选择了豌豆这种自花授粉植物作为杂交实验的对象，开始了长达 8 年的孜孜不倦的试验和研究。孟德尔在做豌豆实验时，注意到各种不同品种的豌豆都具有 7 对区别明显的相对性状。它们分别是：茎的高度：高的（1.8 米~2.1 米）和矮的（0.2 米~0.45 米）；花的位置：叶腋的和顶端的；成熟的豆荚：饱满膨大或不饱满而有收缩部分；未成熟豆荚的颜色：绿色和黄色；种子的形状：圆的和皱的；子叶的颜色：黄色和绿色；种皮的颜色：灰色和白色。这些性状在原有品种中都是很稳定的。孟德尔让这些具有相对性状的品种互相杂交，结果发现：不管哪一对相对性状，在杂交子一代（ F_1 ）只出现某一种性状，称为显性性状；尚未出现的另一种性状，则称为隐性性状。子一代植株自花授粉所得种子和它长成的植株叫子二代

（ F_2 ）。他发现在子二代中显性和隐性性状的豌豆数量之比均为 3:1，很有规律。这种规律的本质是什么？通常的科学方法是先提出一个假说来解释，然后再根据这个假说做实验予以验证。孟德尔就采用了这种方法。

为了解释豌豆实验中出现的 3:1 这种现象，孟德尔提出这样一个假说：在每一个植株中，每一个相对性状都由两个因子（即后来的基因）所决定，显性性状由显性因子得来，隐性性状由隐性因子得来。以高茎和矮茎豌豆为例，高茎为显性性状，用 HH 表示，矮茎为隐性性状，用 hh 表示，H 对 h 是显性。用高茎豌豆和矮茎豌豆杂交后，得到的子一代 F_1 一定是杂种，既含有 H 因子，又含有 h 因子，可以用 Hh 表示。由于 H 对 h 为显性，所

以就只表现出 H 即高茎的性状。子一代植株在产生配子时，每个配子只得到两个因子中的一个，这时 H 与 h 就分离，产生两种配子，一种有 H，一种有 h，两种配子数目相等。结果在子二代 F₂ 中，分别得到了 HH 和 Hh。这个过程用公式表示为： $Hh \times hh \rightarrow 1HH + 2Hh + 1hh$ ，而 1HH 和 2Hh 均表现为高茎，只有 1hh 表现为矮茎，故高茎与矮茎之比为 3:1，即显性性状和隐性性状之比为 3:1。其他 6 种相对性状与高、矮茎表现出相同的结果。从图 2—1 我们可更清楚地看出这一点。 二

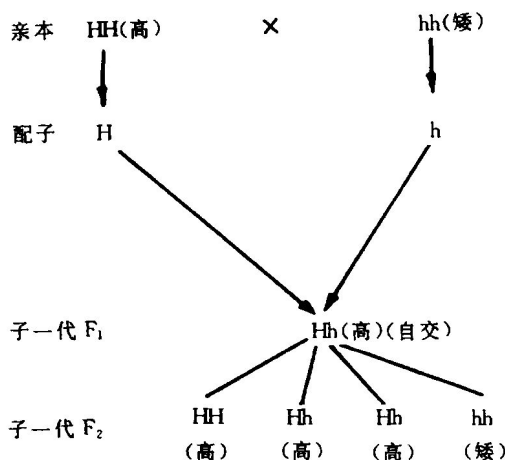


图 2—1 孟德尔豌豆杂交实验表现型示意图

孟德尔的这个假说，对子二代 3:1 的分离规律解释得很完美。为了检验这个假说的正确性，孟德尔做了进一步的实验。

第一，如果上述假说正确，那么子一代高茎植株与亲代矮茎植株交配（科学上把杂种与亲代纯种交配叫回交），后代应该得到相等数量的高茎和矮茎两种类型。因为按照他的假说，子一代产生的两种配子 H 和 h 数目相等，都跟亲代矮茎的配子 h 交配，子二代中就有一半是 Hh，是高茎；另一半是 hh，是矮茎。实验