

“十一五”国家重点图书出版规划项目
科技部科技计划科普化示范项目

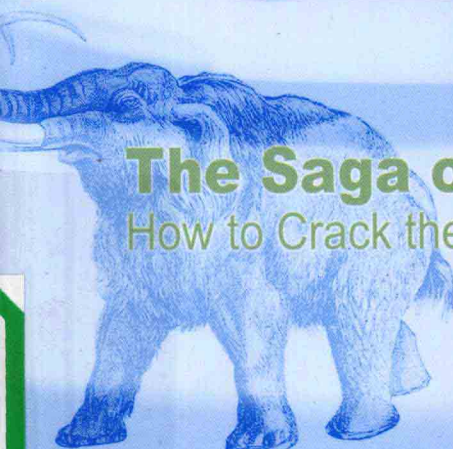


陈润生 刘 夙 / 著

基因的故事

——解读生命的密码

The Saga of Genes:
How to Crack the Code of Life



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



环境科学出版社
HJ 1111-2006



环境科学出版社
HJ 1111-2006

环境科学出版社
HJ 1111-2006

环境科学出版社
HJ 1111-2006

环境科学出版社
HJ 1111-2006

陈润生 刘 凤 / 著

基因的故事

——解读生命的密码



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

基因的故事——解读生命的密码 / 陈润生, 刘夙著. —北京: 北京理工大学出版社, 2010.1

(芦笛曲丛书)

“十一五”国家重点图书出版规划项目

科技部科技计划科普化示范项目

ISBN 978-7-5640-2899-2

I. 基… II. ①陈… ②刘… III. 基因—遗传工程 IV. Q78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 197140 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京中科印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 10.75

字 数 / 186 千字

版 次 / 2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 5000 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

“十一五”国家重点图书出版规划项目
科技部科技计划科普化示范项目



丛书项目组

组 长 李 普
副组长 范春萍

成 员 (按姓氏汉语拼音音序为序, 将不断有新成员加入)

陈润生*	董光壁	樊潞平	高 山	郭光灿*
郭艳玲	胡俊平	黄永明	霍裕平*	姬十三
解思深*	匡廷云*	李喜先	李永茂	刘 茜
刘育新	刘 夙	罗 勇	欧阳钟灿*	欧阳自远*
邱成利	史 军	唐孝威*	唐云江	武夷山
杨志坚	叶 青	尹传红	张家铝*	钟 掘*

主 持 唐云江

注: 标“*”者为中国科学院或中国工程院院士

The Saga of Genes:
How to Crack the Code of Life

总 序

今天，我们按动手机号码，可以和世界上任何地方的人通话；我们敲击电脑键盘，可以足不出户而知天下；我们开车行驶在大漠荒山，可以用GPS导航……科学已经无处不在，它改变着我们的生活，也改变着我们的思想和行为。

作为人类认识自然、与自然对话的一种方式，科学令人好奇和神往……

当早期的人类直面这个丰富多彩的世界的时候，世界混沌一片、浑然一体，一代一代的先辈，用观察、计数、分类、测量、计算、思辨、实验、解析、模拟……数不清的办法探索世界的奥秘，这也就是在各个时代有不同内容和不同表现形式的科学。

起源于生产实践，以技能技巧、经验积累为原初形态的技术，在当代社会与科学融为一体。

如今，科学技术作为人类社会实践的重要领域之一，成为复杂的巨系统工程，成为衡量一国综合国力的重要指标，成为推动社会进步的一种无与伦比的力量。科学需要全社会的理解、关注和参与，需要以公众科学素质的提高作为保障。

然而，科学也常使我们茫然和困惑：它带来的不都是福音，也有灾难和恐惧；同时，前沿科技发展越来越快，精深而艰涩，越来越远离我们的直觉和经验。加之科学的领域越来越宽，分类越来越细，甚至相同学科不同方向的科学家之间都很难明了对方的工作了。

巨大的鸿沟横亘于科学和人文之间，横亘于科学界与公众之间。

本丛书是国家科技部“科技计划科普化示范项目”，并入评“‘十一五’国家重点图书出版规划项目”。丛书旨在向公众普及前沿科学技术知识，使每年巨额投入的各类科技计划成果在提高国家科技水平和科技能力的同时，也能以科普的形式，让自主创新的成果进一步惠及广大公众，对提高公众的科学素质、促进公众理解科学、吸引公众关注以至投身科技事业有益。另外，通过示范项目，引导形成科学家关心公众科学素质、承担社会科普责任、热心参与科普事

业的氛围,在科学家、工程师中发现和培养科普作家,探索科学家、科普作家、出版机构三结合的科普创作新模式。

然而,科技的前沿在哪里?一日千里、艰深难懂的前沿科技何以科普?

前沿,像是科技疆域的地平线,你站得越高,地平线越绵长,线外的未知领域也越广阔。科技的脚步在前行,科技的疆域在拓展,前沿的领域在扩张……

如何从科学的腹地出发,沿着崎岖的小路,理清前沿的发展线索,抓住最重要的前沿领域,成为对丛书成败的第一个考验。

前沿科普与成熟知识科普的最大不同在于前沿是发展的,是每日每时都可能变化的。前沿科普的作者一定要是一线科研工作者或能够理解一线工作和科研进展的人。于是动员一线科学家参与丛书的写作成为对丛书成败的第二个考验。

这是一项行动,一项一线科学家参与科普,参与前沿科普的开风气之先的示范性行动。

我们是幸运的,读者是幸运的。首批丛书有10位院士承诺参与,并积极投入到丛书特别是各自承担的分册的策划和著述中。

考虑到身处科研一线的院士们工作繁忙,我们为每一位院士挑选了一位科普助手,由两个人共同完成一本书的写作。两位作者思路、见解的融合,工作方式以及叙事、论理风格的互相接纳是对丛书成败的又一个考验。

更加幸运的是,试验取得了初步成功。丛书的前两本已经出版了,本书是第三本。接下来还将有新书陆续出版。

这套丛书设定为一套开放的书系,将不断有新书加入。在此,诚邀广大一线科研工作者加盟著述(可以是一线科研人员个人独立著述,也可以是一位一线科研人员与一位科普作者合作著述),使丛书所覆盖的前沿领域越来越宽广,为读者提供更多的精神食粮。

正如数学家外尔所言:“希尔伯特这个吹笛人所吹出的甜美的芦笛声,吸引着无数老鼠跟着他投入了数学的深河。”我们也希望这套丛书能像一支支芦笛曲,催生出读者对科学的向往和追随……

目 录

前 言

001

第一章 孟氏豌豆摩氏蝇 遗传研究称先行

003

孟德尔和豌豆

003

摩尔根和果蝇

008

基因本质初探

014

蛋白质或核酸：哪个是遗传物质？

016

第二章 双股螺旋惊天地 三联密码黯群星

020

双螺旋和遗传密码

020

挑战中心法则

027

天才科学家桑格

031

比想象的更复杂的基因

033

第三章 基因调控妙而准 细胞分化严且精

037

让基因动起来

037

身体里的信号传递

041

从受精卵到成体

045

抗体是怎么来的

050

第四章 核糖核酸亦非凡 远古时代本英雄 055

RNA：又一群多面手	055
和蛋白质争当基因调控者	059
重新审视非编码 DNA	064
先有核酸还是先有蛋白质	067

第五章 公私竞争成伟业 天书字字得誉清 071

一场抄录人类基因“全书”的竞赛	071
人类基因组探秘	075
“末日”基因库	080
想知道你的基因组吗？	084

第六章 魔剪剪出转基因 工业农业掀革命 087

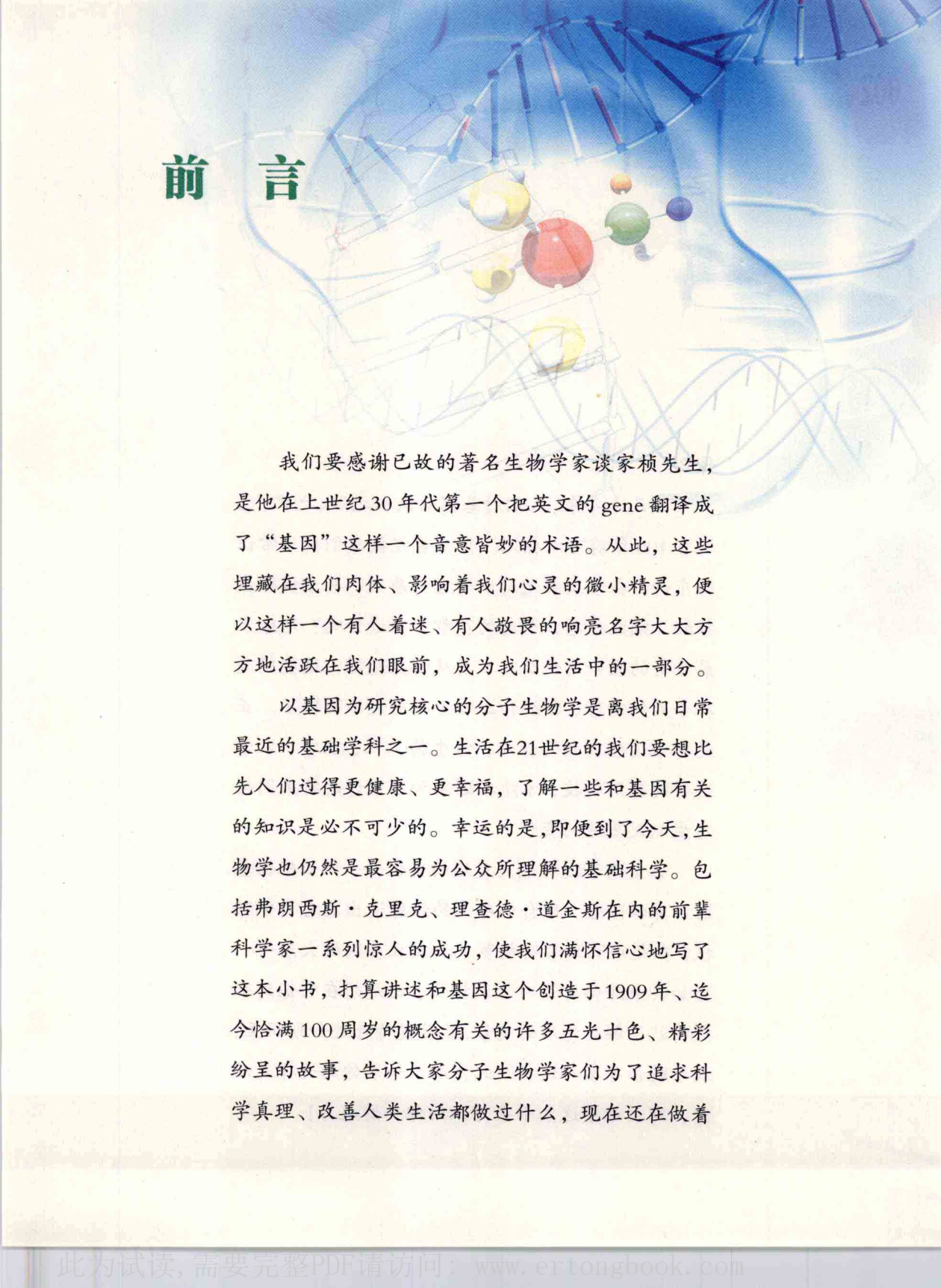
天然存在的“转基因”	087
“魔法剪刀”掀革命	090
备受争议的转基因作物	094
人造生物时代还有多远？	098

第七章 胖瘦强弱皆有由 人性一半由天赠 102

基因“掌纹”图	102
胖人、烟民和基因	104
基因兴奋剂	108
基因决定命运？	111

第八章 代代传病如梦魇 新型疗法初试用	115
欧洲王室的噩梦	115
揭秘遗传病	117
基因疗法的是是非非	119
胚胎干细胞风波	123
第九章 肿瘤成因有新说 抗癌妙想齐出动	128
肿瘤是怎么来的	128
疯狂的永生	132
肿瘤干细胞认识史	135
基因组时代的肿瘤疗法	139
第十章 生命之树重绘制 人类思想升新境	142
谁是最古的生物?	142
三条大道, 各走一端	146
重建生命之树	150
人类的由来	154
后记	159

前言



我们要感谢已故的著名生物学家谈家桢先生，是他在上世纪30年代第一个把英文的 gene 翻译成了“基因”这样一个音意皆妙的术语。从此，这些埋藏在我们肉体、影响着我们心灵的微小精灵，便以这样一个有人着迷、有人敬畏的响亮名字大大方方地活跃在我们眼前，成为我们生活中的一部分。

以基因为研究核心的分子生物学是离我们日常最近的基础学科之一。生活在21世纪的我们要想比先人们过得更健康、更幸福，了解一些和基因有关的知识是必不可少的。幸运的是，即便到了今天，生物学也仍然是最容易为公众所理解的基础科学。包括弗朗西斯·克里克、理查德·道金斯在内的前辈科学家一系列惊人的成功，使我们满怀信心地写了这本小书，打算讲述和基因这个创造于1909年、迄今恰满100周岁的概念有关的许多五光十色、精彩纷呈的故事，告诉大家分子生物学家们为了追求科学真理、改善人类生活都做过什么，现在还在做着

什么。

近几十年来，人们对基因的认识之深、之广，已远非 100 年前可以相比。很多曾经被我们视为常识的东西，在今天都遭到新研究的质疑，甚至被彻底推翻。癌症是怎么引起的？智力会遗传吗？地球上最古老的生命是什么？人类从哪里起源？这些问题在今天的回答，已经和三四十年前大不相同了。正是有了这些崭新的认识，像生物工程、医学、农学这样的应用科技，才能在近年和可预计的将来同样发生翻天覆地的变化。

你是想等这些翻天覆地的变化——比如根据基因计算保险金，用自己身上的细胞造出器官自体移植，在超市买到带有胡萝卜和大豆基因的大米——突如其来降临身边时悚然惊立，还是想在它们到来之前就了解其背后的奥妙，然后笑待奇迹如期而至，或干脆亲身参与这壮阔的伟业？如果你的选择是后者，那么希望这本小书可以助你一臂之力！

第一章

孟氏豌豆摩氏蝇 遗传研究称先行

孟德尔和豌豆

1859年11月24日，英国伟大的生物学家查尔斯·达尔文（Charles R. Darwin）在伦敦出版了《物种起源》，这是一部系统地论述进化论和自然选择的巨著，第一版1250册，出版当天就被抢购一空。后世公认，这部书是一座光辉的里程碑，它的问世标志着现代生物学的诞生；但在当时，很多人却觉得它是一声可怕的炸雷，整个欧洲都为之震惊和不安。达尔文一下子成了西方社会万众瞩目的焦点，世人的非议，潮水般向他涌来。

这个时候，在奥匈帝国布隆（Brünn，今捷克共和国布尔诺）的一座天主教修道院里，一位默默无闻的修道士格里高尔·孟德尔（Gregor J. Mendel）已经将他的豌豆实验做到了第四年

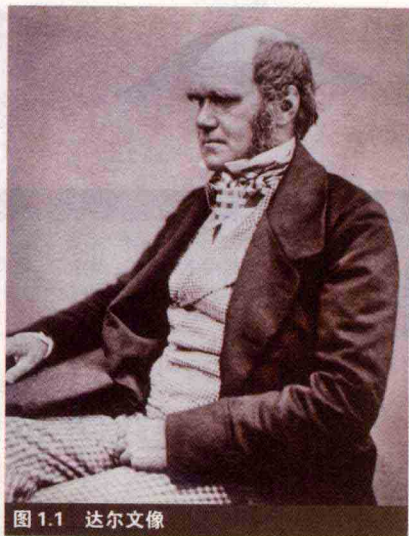


图 1.1 达尔文像

摄于1859—1860年间，达尔文时年50岁。

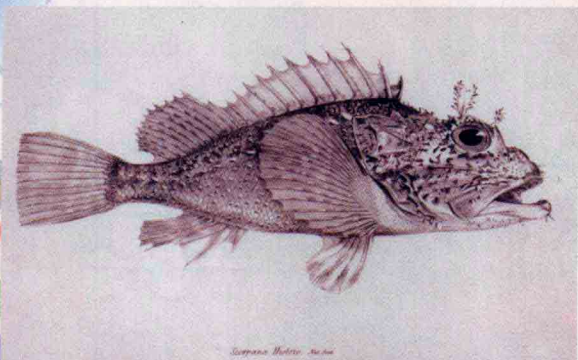


图 1.2

达尔文在“贝格尔”号航行中的画作之一，在《“贝格尔”号航行的动物学》中发表。这是一种南美洲的鱼。引自《科学的历程》（吴国盛著，北京大学出版社，2002年）

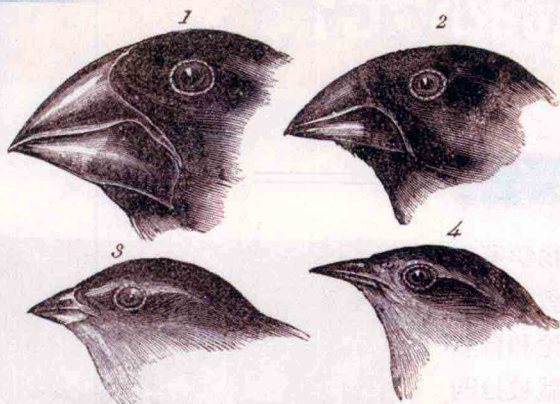


图 1.3

达尔文在加拉帕戈斯岛上观察的四种雀类，它们的喙适合不同的觅食技术，它们的相似性使达尔文相信它们一定来自一个相同的祖先。引自《彩图世界科技史》（彼得·惠特菲尔德著，科学普及出版社，2006年）

头。孟德尔的实验看起来很简单：每年4、5月份，是草长莺飞的时节，也是豌豆的花期，在花蕾还未开放之时，用袋子把一些花包起来，这样它们就和别的花隔离开来，雌蕊的柱头只能接受同一朵花的雄性生殖细胞，也就是花粉，进行自花授精——这在遗传学上叫“自交”；再小心地把另一些花里的雄蕊去掉，等它们开放的时候，用其他植株的花粉来为它们授精——这在遗传学上叫“杂交”。如果每次都要对成百上千的植株重复这两项简单的操作，那就成了一项枯燥、机械的工作。令人钦佩的是，任劳任怨的孟德尔，一干就是8年。

1865年，孟德尔总结了他的豌豆实验结果，在当地的一次学术会议上做了报告；第二年，由这篇报告改写而成的论文正式发表。孟德尔在论文中展示了他发现的有趣结果：豌豆种子有些是黄色、有些是绿色，这两种颜色是一对“势不两立”的性状。纯种的黄色豌豆，一代代自交下去，所得的种子都是黄

色；纯种的绿色豌豆，自交所得的种子则都是绿色。但如果把这两种豌豆杂交，所得的子一代种子全是黄色的，绿色性状似乎消失了；而如果再把这些杂交种子种下去，并让每一株自交，所得的子二代种子里面却又出现了绿色的，且数目正好是子二代中黄色种子的 $\frac{1}{3}$ 。



孟德尔生平

孟德尔于1822年7月20日出生于奥匈帝国海因岑多夫 (Heinzendorf, 今捷克共和国欣奇策 Hynčice)。他从小就对自然科学表现出浓厚的兴趣, 但由于家境贫穷, 在上完中学之后无力进大学深造, 只好听从他人的建议, 在布尔诺修道院当了一名修道士以糊口。但是孟德尔对科学的爱好始终不减, 曾经两次试图考取科学教师资格证书, 却因为种种原因都以失败告终。1868年, 孟德尔被选为布尔诺修道院院长, 从此把精力逐渐用于行政事务, 因而放弃了科学研究。1874年, 奥匈帝国政府新颁了一项专门针对修道院的严苛税法, 孟德尔对此表示强烈抗议, 也因此使自己在修道院陷于孤立。1884年1月6日孟德尔逝世, 继任的修道院院长烧毁了他的全部遗稿, 给科学史研究造成了无法弥补的巨大损失。

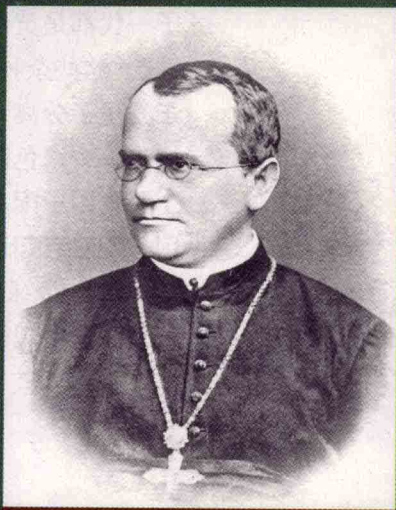


图 1.4 孟德尔像

无独有偶, 豌豆种子的饱满形态 (圆粒) 和皱缩形态 (皱粒), 也是这样一对“势不两立”的性状。纯种圆粒和纯种皱粒杂交, 子一代都是圆粒; 子一代再自交, 子二代里便又出现了皱粒的, 它的数目也正好是子二代中圆粒种子的 $1/3$ 。

孟德尔猜测, 在豌豆体内一定存在一些未知的因子, 决定着它的各种性状, 而且一对性状是由一对因子决定的。在开花的时候, 这对因子发生分离, 雄蕊的花粉和雌蕊的胚珠 (种子的前身) 各只含有一个因子; 授精之后, 花粉的因子和胚珠的因子又结合在一起, 这样, 下一代就有了一对因子, 一个来自父本, 一个来自母本。

就拿种子颜色来说吧。纯种黄色豌豆含有一对黄色因子，纯种绿色豌豆含有一对绿色因子。当它们杂交时，一个黄色因子和一个绿色因子结合，但是黄色因子总是“压制”绿色因子，所以子一代都是黄色。在遗传学上，就说黄色是“显性”，绿色是“隐性”。这些杂种子一代在产生花粉和胚珠时，黄色因子和绿色因子发生了分离，花粉和胚珠各有一半携带一个黄色因子，另一半携带一个绿色因子。于是，在授精之后，就形成了3种情况：两个黄色因子配对，一个黄色因子和一个绿色因子配对，两个绿色因子配对，其比例是1:2:1。前两种情况的子二代种子都是黄色，后一种则是绿色，所以子二代里黄色种子和绿色种子的比例是3:1。这个规律，后来被叫做孟德尔第一定律（又叫基因的分离

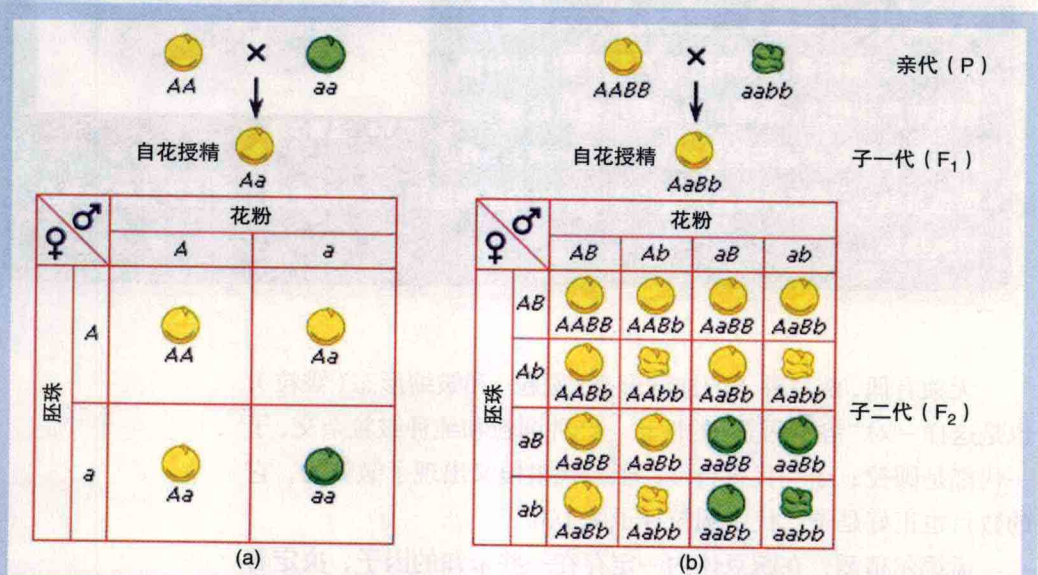


图 1.5 孟德尔定律图解

(a) 如果用A表示豌豆种子为黄色，a表示豌豆种子为绿色，那么纯种黄色豌豆的“基因型”就是AA，纯种绿色豌豆的基因型则是aa。它们杂交所得的“子一代”的基因型都是Aa，因为A对a是显性，所以子一代种子全都是黄色。因为基因的分离，子一代自交产生的“子二代”里面出现了AA、Aa和aa3种基因型，比例为1:2:1。(b) 如果用B表示豌豆种子饱满，b表示豌豆种子皱缩，那么纯种黄色圆粒豌豆的基因型就是AABB，纯种绿色皱粒豌豆的基因型则是aabb。它们杂交所得的子一代的基因型都是AaBb，因为B对b也是显性，所以子一代种子全都是黄色圆粒。子一代自交产生的子二代里面则出现了9种不同的基因型，说明A/a和B/b这两对性状是独立遗传、自由组合的。

定律)。

为了验证这一假说,孟德尔设计了好几种测试实验,其中最重要的一种是这样的:把纯种的黄色圆粒植株和绿色皱粒植株杂交,因为黄色对绿色来说是显性,圆粒对皱粒来说也是显性,所以子一代种子应该都是黄色圆粒。如果决定种子颜色和种子饱满与否的两对因子彼此互不影响、自由组合的话,那么子二代应该出现16种几率相同的搭配,让种子表现出4种性状组合:黄色圆粒、黄色皱粒、绿色圆粒和绿色皱粒,它们的比例应该是9:3:3:1。令人激动的是,实验结果和这一预测符合得相当好。这个规律,后来被叫做孟德尔第二定律(又叫基因的自由组合定律)。

孟德尔的遗传因子假说,对于传统的遗传观念无疑是个革新。在人们的印象中,遗传似乎是混合式的。不是吗?白色和紫红色的紫茉莉杂交,得到的是粉红色的花;黑人和白人生子,孩子的皮肤是棕色的。但是孟德尔的假说却明白地告诉世人,遗传绝不是混合式的,而是“颗粒式”的。那种看上去的混合式遗传,不过是“颗粒式”遗传的一种宏观表现形式罢了!

遗憾的是,如此天才的假说,却未能得到同时代生物学家的重视。据说孟德尔曾经把他的论文寄给达尔文,可是达尔文却连一页都没有看过。这对达尔文来说,也是一大憾事,因为达尔文一直找不到一种理想的遗传学说,能够完美地解释他的自然选择理论。在主张混合式遗传的学者提出质疑的时候,为了招架他们,虽然达尔文也想出了“颗粒式”的“泛生子”假说,却因为没有实验数据的支撑,远不如孟德尔的假说更准确。

假如达尔文当时认真地看过了孟德尔的论文,现代



肤色基因

皮肤的颜色是由一种叫黑色素的复杂化学物质决定的。皮肤细胞中的黑色素含量越高,肤色就越深,反之就越浅(第八章提到的白化病人因为身体完全不能合成黑色素,所以肤色最浅)。决定黑色素合成的基因主要有6个,这6个基因不同形式的组合,最终决定了黑色素的总量,从而决定了肤色的深浅,但是每一个基因的遗传仍然是遵循孟德尔定律的。