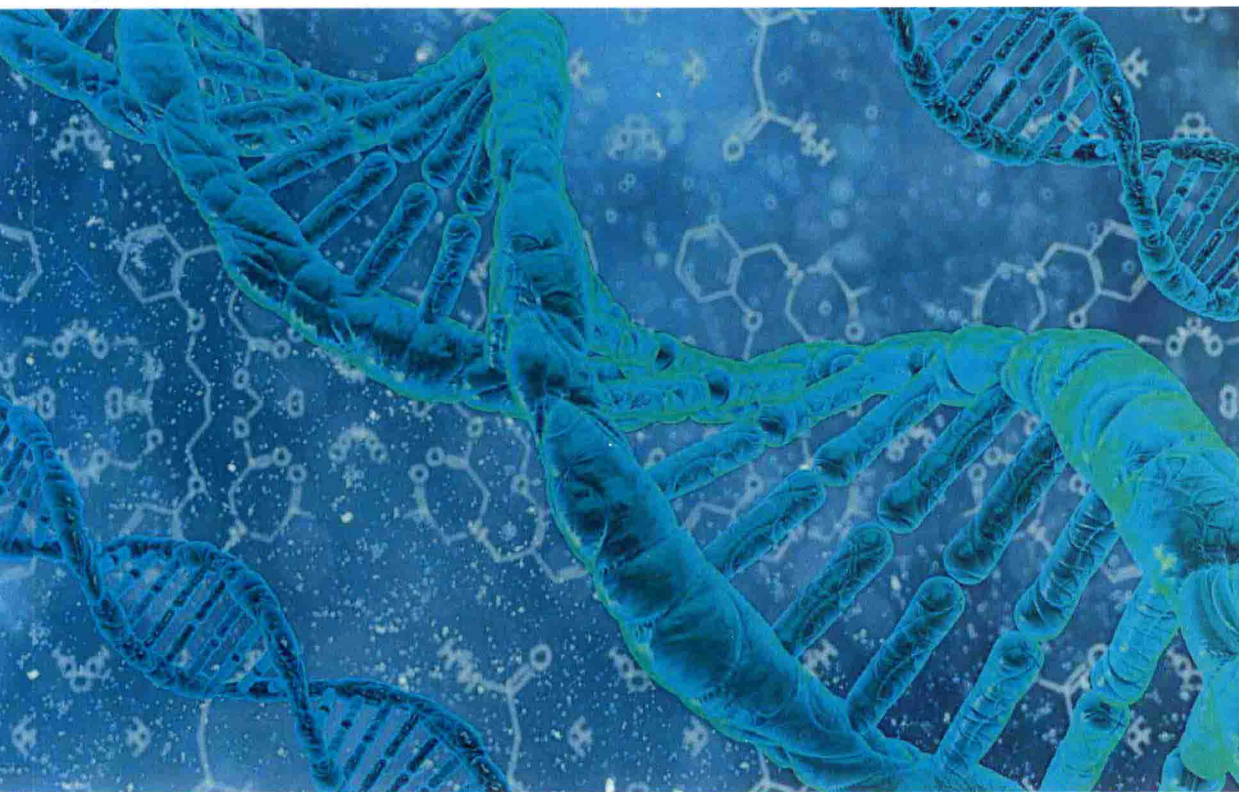


浅析转基因

QIAN XI ZHUAN JI YIN

史 峰 编著



西北农林科技大学出版社

浅析转基因

史 峰 编著

西北农林科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

浅析转基因 / 史峰编著. — 杨凌 : 西北农林科技大学出版社, 2016. 11
ISBN 978-7-5683-0177-0

I. ①浅… II. ①史… III. ①转基因技术—研究 IV. ① Q785

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 273079 号

浅析转基因

史峰 编著

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029—87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	西安华新彩印有限责任公司	
版 次	2016 年 11 月第 1 版	
印 次	2016 年 11 月第 1 次	
开 本	787mm×1092 1/16	
印 张	12.25	
字 数	182 千字	

ISBN 978-7-5683-0177-0

定价: 32.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

序

“转基因”一词诞生于二十多年前，在它出现之初就备受争议，到如今仍是争论不休。尽管如此，“转基因”还是悄然地进入了我们的生活。比如，我们平时所吃的大豆油，绝大多数是由进口的转基因大豆榨制而成；我们身上穿的棉纺制品以及平时用的纯棉针纺制品，它的原料大部分来自于转基因抗虫棉。人类社会在不知不觉中已经进入了转基因制品的消费时代。

转基因及转基因技术代表先进的科学理念，是现代生物学研究的前沿科技。近两年的中央一号文件都强调研究转基因的重要性，表明国家对转基因食品（作物）研发的重视。特别是前不久农业部就转基因有关问题答媒体记者提问时指出要加快“转基因经济作物、原料作物的产业化”，更进一步表明政府的态度。由于任何新技术成果的推广应用都有一定风险，转基因及转基因技术的推广应用也是如此。因此，2016年中央一号文件又指出“加强农业转基因技术研发和监管，在确保安全的基础上慎重推广”。

正是在这样的社会背景下，我有幸读到陕西省农业经济学会常务理事、陕西省毒理学会理事、陕西省优质农产品开发服务中心农艺师史峰同志编写的《浅析转基因》书稿，该书以浅显易懂的语言介绍了什么是基因、转基因和转基因技术；转基因生物的种类以及转基因作物的种植情况；转基因安全问题争议的原因；主要国家对转基因生物及其制品的管理，并阐述了一些国家的相关法律法规及其管理制度的差异，特别是书后附有我国转基因生物安全管理条例与法规，很值得一读。

目前，鉴于介绍转基因的科普书籍较少，我愿意向读者推荐此书，希望有更多的人掌握转基因和转基因技术的相关知识，科学对待转基因安全的争议问题，正确宣传转基因和转基因技术，全面了解国内外农业转基因生物安全管理现状，为准确执行我国转基因生物安全管理条例与法规创造良好的社会环境。



2016年6月14日

前 言

转基因有广义和特定含义。广义转基因就是泛指生物间基因的转移，如自然界中物种间的天然杂交和自然选择、人类文明进程中所做的人工有性杂交和选育等等，它们都发生了基因的重新组合，都经历了基因的转移，因此，都可以认为是转基因。但人们现在常说的转基因却有其特定的含义，它专指利用现代基因工程（又称遗传工程）技术，将人们期望的目标基因，经人工分离和遗传修饰，重新导入生物体的基因组中，从而能够改善生物体原有性状或赋予其新的优良目标性状。因此，不难看出转基因是一门典型的应用科学，包含转基因技术的应用。转基因技术是为转基因的科学研究提供保障的技术体系，同时，它又是转基因的科学实践过程。

2010年中央一号文件首次提出推进转基因新品种产业化，要求“抓紧开发具有重要应用价值和自主知识产权的功能基因和生物新品种，在科学评估、依法管理基础上，推进转基因新品种产业化”。鉴于社会上人们对转基因问题出现某些争议，2014年中央一号文件提出，“加强以分子育种为重点的基础研究和生物技术开发”。在当年两会期间，农业部部长韩长赋在回答有关转基因的问题时强调：“农业部对转基因问题的态度是研究上要积极，坚持自主创新；推广上要慎重，做到确保安全。”

农业部于2016年4月13日举行新闻发布会，在会上农业部科技教育司司长廖西元表示，发展转基因是党中央、国务院做出的重大战略决策。全球转基因研发势头强劲，中国作为农业生产大国，必须在转基因技术上占有一席之地。廖西元司长同时指出，国家“关于转基因技术发展的政策是明确的，也是一贯的，我们将继续坚持自主创新、确保安全、依法管理”。

尽管国家及政府部门对于转基因的态度一直是明确的，但社会上对于转基因利弊的讨论却始终没有停止过，其中有反派，有挺派，也有中间派。鉴于此，本书试图通过“基因”“转基因”“转基因生物”“安全争议”“转基因管理”五个部分，较全面地向读者解释什么是“转基因”？“转基因”安全吗？有什么样的转基因食品和转基因作物？对“转基因”多一分了解，认识上就会多一点科学和理性，少一分神秘和疑虑。

由于在编写过程中掌握的资料和个人水平有限，不妥之处敬请读者批评指正。在本书编写过程中，得到西北农林科技大学农学院副院长、陕西省遗传学会理事长、博士生导师吉万全教授和陕西省毒理学会常务副会长、陕西省食品科学技术学会副理事长、西北大学博士生导师尉亚辉教授的指导，中国农业经济学会常务理事、陕西省农业经济学会会长罗久序研究员为该书作序，在此一并感谢。

编 者

2016年7月18日

目 录

第一章 基因的来历	1
第一节 遗传因子与遗传学定律	1
第二节 基因及其本质	7
第三节 遗传与变异	14
第二章 转基因与转基因技术	25
第一节 什么是转基因	25
第二节 转基因技术	35
第三节 植物转基因技术	49
第四节 动物转基因技术	54
第三章 转基因生物	60
第一节 概述	60
第二节 转基因动物	62
第三节 转基因作物	76
第四章 转基因的安全争议	83
第一节 争议的起因及其焦点	83
第二节 Bt 蛋白的毒性分析	92
第三节 有关安全事件的回顾	97
第五章 转基因生物及其产品的管理	109
第一节 管理机制与管理模式	109
第二节 美国转基因管理	115
第三节 欧盟转基因管理	121

第四节 日本转基因管理.....	130
第五节 中国转基因管理.....	136
附录：我国转基因生物安全管理条例与规章.....	146
附录 1：国务院：农业转基因生物安全管理条例	146
附录 2：国家质量监督检验检疫总局：进出境转基因产品 检验检疫管理办法.....	156
附录 3：农业部：农业转基因生物标识管理办法	160
附录 4：农业部：农业转基因生物安全评价管理办法	163
附录 5：农业部：农业转基因生物进口安全管理办法（修订）	177
附录 6：农业部：农业转基因生物加工审批办法	182
主要参考文献	185

第一章 基因的来历

在古典遗传学又常被称为孟德尔古典遗传学创立之前，关于遗传的物质基础历来有所臆测。比如，1864年英国哲学家斯宾塞（Herbert Spencer）将其称之为活粒；1868年英国生物学家进化论的创始者达尔文（Charles Robert Darwin）称之为微芽；1884年瑞士植物学家内格利（Karl Wihelm Von Nageli）称其为异胞质；1889年荷兰学者德弗里斯（Hugo de Vries）称之为泛生子；1883年德国动物学家魏斯曼（Weismann）称之为种质，他们都试图用这些假说来阐明亲代和杂交子代的性状之间的遗传规律，但遗憾的是都未获成功。直到1909年丹麦遗传学家约翰逊（Johannsen）首次提出以“基因”一词替代遗传因子的概念。

第一节 遗传因子与遗传学定律

一、遗传因子

1. 概念的提出

孟德尔在他发表的《植物杂交实验》论文中最先提出“遗传因子”这一概念。他指出，生物体表现出的性质和形状，比如大小、高矮、颜色等“性状”是人们可以通过观察感知到的表面现象，而这些现象的重复出现一定有某种内在的原因在起作用。这种决定性状的内在原因就是“遗传因子”。

2. 孟德尔生平

格雷戈尔·约翰·孟德尔（Gregor Johann Mendel, 1822—1884）（图



图 1-1 孟德尔

1-1) 著名的“豌豆杂交实验”揭示了生物遗传的奥秘，奠定了古典遗传学的基础，打开了现代遗传学的大门。因此，他被后人称为“现代遗传学之父”。他的一生颇具传奇。

孟德尔于 1822 年 7 月 20 日出生在奥地利西里西亚（现属捷克）一个叫海因策道夫的村庄。他的父母都擅长园艺，在父亲的直接熏陶和影响之下，孟德尔自幼就对植物的生长和开花产生了浓厚的兴趣。

1840 年，孟德尔考入奥尔米茨大学哲学院。1843 年毕业后进入布鲁恩（又译布隆）的奥古斯汀修道院做了一名修士，并在教会的一所中学谋得一个职位，主要教授自然科学。由于他教授的课程很受学生的欢迎，受到教会的重视。此后不久在教会的资助下，孟德尔得到了到首都维也纳大学继续深造的机会。在维也纳大学期间，他与一些著名学者的接触，为他以后在科学上取得的成就打下了坚实的基础。如著名的数学家、物理学家多普勒，数学家和物理学家依汀豪生，为细胞理论作出过重要贡献的恩尔格，孟德尔都做过他们的助手。

1856 年，孟德尔重新回到布鲁恩，用 8 年时间（1856—1864）对 22 个品种的 3 万多株豌豆进行杂交实验。并于 1865 年发表《植物杂交实验》的论文，首次提出了遗传因子的概念。用相应的数学关系式，解释了生物遗传的基本规律。这就是关于遗传因子分离和自由组合的“孟德尔第一定律”和“孟德尔第二定律”。

3. 重新认识

遗憾的是，由于他采用的不同于前人的创造性思维与实验的方法，在当时的时代显得过于超前。他的实验数据及论证过程，在同行眼里显得繁复而冗长，晦涩难懂，令他们无法理解。因此，孟德尔发表论文之后又恢复了他虔诚的修道生涯，从此再未进行过有关实验。而他的论文

则被束之高阁，在此后长达 35 年的时间里，再没有引起生物界同行们的注意。

1900 年，荷兰植物学家德弗里斯^①在《德国植物协会会刊》和《巴黎科学院纪事录》两个科学期刊分别上发表《杂种的分离率》和《关于杂种的分离定律》两篇论文，在论文中德弗里斯写道：“这项重要的研究（孟德尔，《植物杂交试验》）竟极少被人引用，以致在我总结我的主要试验并从实验中推导出孟德尔论文中已经给出的原理之前，竟然不知道这项研究。”

德弗里斯论文的发表，揭开了孟德尔定律戏剧性重新发现的序幕。同年，德国的科伦斯和奥地利的切尔马克紧跟其后也发表了他们各自的杂交试验结果和孟德尔式的解释，同样证实了孟德尔学说的正确性。从此，孟德尔的遗传学定律得到了重新认识和公认，遗传学的研究从此也得到快速的发展。

二、遗传学定律

孟德尔用 22 个品种的 3 万多株豌豆进行杂交实验，成就了他的著名的遗传学定律。那么，孟德尔为什么要用豌豆做他的遗传学研究的实验材料呢？这是因为：豌豆是严格的自花传粉，闭花授粉的植物，因此，在自然状态下获得的后代均为纯种；豌豆的不同性状之间差异明显易于区别，如高茎、矮茎，而不存在介于两者之间的第三高度。孟德尔还发现，豌豆的这些性状能够稳定地遗传给后代，用这些易于区分的、稳定的性状进行豌豆品种间的杂交，实验结果很容易观察和分析。还有，豌豆一次能繁殖产生许多后代，很容易收集到大量的数据用于分析。此外，豌豆花大也易于做人工授粉。

^①德弗里斯（Hugo de Vries），荷兰植物遗传学家。1900 年春与德国的科伦斯（C. Correns）和奥地利的切尔马克（E. Seysenegg Tschermak）一起发现了孟德尔在 35 年前发表的《植物杂交试验》论文，因而被称为“孟德尔定律的重新发现者”。

1. 孟德尔第一定律

(1) 定律概述

孟德尔第一定律又称分离定律 (Law of Segregation)，是指在生物体的细胞中，控制同一性状的遗传因子成对存在，不相融合；在形成配子时，成对的遗传因子发生分离，分离后的遗传因子分别进入不同的配子中，随配子遗传给后代。

孟德尔做过这样一次实验，他用一种开红花的豌豆作为母本，用另一种开白花的豌豆作为父本进行杂交实验，子一代 (F₁) 全部开红花，子一代再自交，子二代 (F₂) 红花与白花的比例为 3 : 1 (如图 1-2)。

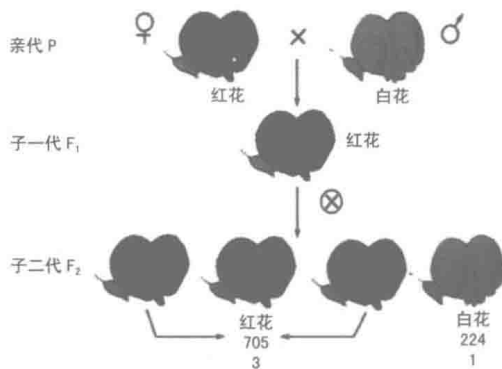


图 1-2 豌豆性状分离现象(选自百度百科: 孟德尔分离定律图册)

(2) 定律解析

那么，为什么子一代全部是红花？子二代红花与白花的比例是 3 : 1？为什么不全都是红花或白花？

孟德尔根据以往做过的大量实验掌握的数据，做了进一步推想。他认为决定豌豆花色的物质一定是存在于细胞里的颗粒性的遗传单位，也就是具有稳定性的遗传因子。他设想遗传因子是成双存在的；在生殖细胞里，遗传因子是单独存在的。

用 C 代表红花的遗传因子，它是显性因子；用 c 代表白花的遗传因子，它是隐性因子。这样，豌豆花色的杂交实验，就可以这样解释：

红花的性状由一对显性因子 CC 控制；而白花的形状由一对隐性因子

cc 控制。红花母本豌豆与白花父本豌豆杂交时，分别形成 C 和 c 两种配子，子一代形成一种豌豆类型 Cc，因 C 对 c 为显性，故表现为红花。

子一代自交，产生 C、c、C、c 四种配子，随机结合成 CC、Cc、Cc、cc 四种豌豆类型，前三种均表现为红花，最后一种因是由 cc 两个隐性因子控制，故表现为白花。这个比例正好是 3 : 1（如图 1-3）。

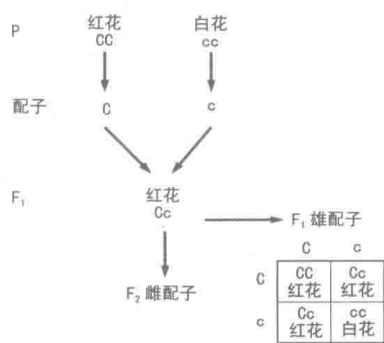


图 1-3 孟德尔对分离现象的解释（选自百度百科：孟德尔分离定律图册）

2. 孟德尔第二定律

（1）定律概述

孟德尔第二定律又称自由组合定律（Law of independent Assortment），或独立分配规律。即控制不同性状的遗传因子的分离和组合是互不干扰的；在形成配子时，决定同一性状的成对遗传因子彼此分离，决定不同性状的遗传因子自由组合。孟德尔是通过对控制豌豆的两对相对性状的杂交试验，得出这个结论。

孟德尔选取了具有两对相对性状差异的纯合体作为亲本进行这个杂交实验，其中，一个亲本是结黄色圆粒种子的豌豆品种，另一个亲本是结绿色皱形种子的豌豆品种。有趣的是，无论是采取正交还是反交的杂交形式，子一代（F₁）的种子全部都是黄色圆形。由此，孟德尔推断，豌豆的种皮黄色对绿色是显性，豌豆种的形状圆粒对皱粒是显性，所以子一代的豌豆种子呈现黄色圆粒的性状。

然后，孟德尔对子一代（F₁）再自交，得到 556 粒子二代（F₂）种子中，

有四种不同的表现类型（如图 1-4）。即出现了明显的形状分离现象。这其中，有两种是亲本原有的性状组合，即黄色圆形种子和绿色皱形种子，还有两种不同于亲本类型的新组合，即黄色皱形种子和绿色圆形种子，其结果显示不同相对性状之间的自由组合现象。如果以数量最少的绿色皱形种子 32 粒作为比例数 1，那么子二代（F₂）四种表现型的比例大约为 9 : 3 : 3 : 1。

P	黄色、圆粒 × 绿色、皱粒					
F ₁	黄色、圆粒					
	自交					
F ₂	黄色	黄色	绿色	绿色	总数	
	圆粒	皱粒	圆粒	皱粒		
实得粒数	315	101	108	32	556	
理论比例	9 : 3 : 3 : 1				16	

图 1-4 豌豆两对性状的杂交试验

(2) 定律解析

用 Y 代表黄色的遗传因子，R 代表圆形的遗传因子，都是显性因子，黄色圆形的豌豆类型为 YYRR；用 y 代表绿色的遗传因子，r 代表皱形的遗传因子，都是显性因子，绿色皱形豌豆类型为 yyrr。这样，上述豌豆杂交试验的结果，就可以这样解释：

由于这两个亲本都是纯合体，所以它们都只能产生一种类型的配子，即黄色圆形（YYRR）产生 YR 配子，绿色皱形（yyrr）产生 yr 配子。二者杂交，YR 配子与 yr 配子结合，所得子一代（F₁）的类型全为 YyRr，即全为杂合体。由于 Y 对 y 为显性，R 对 r 为显性，所以子一代（F₁）的表现型全为黄色圆形种子。

子一代（F₁）自交，在形成子配时，根据分离规律，Y 与 y 分离，R 与 r 分离，产生四种不同类型、相等数量的配子，即 Y 与 R 组合成 YR；Y 与 r 组合成 Yr；y 与 R 组合成 yR；y 与 r 组合成 yr。由于彼此间相互组合的几率相等，所以，这四种不同类型的雌雄配子随机结合，在子二代（F₂）中产生的 16 种组合中有 9 种类型的合子。由于显隐性遗传因子的存在，

这 9 种类型的合子只能有四种表现型，即黄色圆形、黄色皱形、绿色圆形、绿色皱形（如图 1-5）。它们之间的比例为 9 : 3 : 3 : 1。

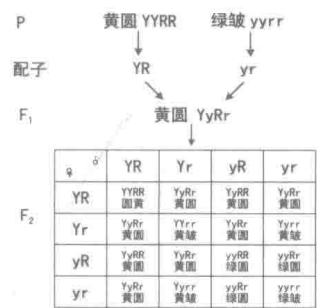


图 1-5 孟德尔对自由组合的解释

第二节 基因及其本质

一、基因概述

1. 基因概念的提出

基因 (gene) 一词来自希腊语，意为“生命”。“基因”这一概念，是由丹麦遗传学家约翰逊最先提出，是控制性状的基本遗传单位。基因通过指导蛋白质的合成来表达自己的遗传信息，从而控制生物个体的性状表现。

2. 约翰逊生平

维尔赫姆·路德维希·约翰逊 (Wilhelm Ludwig Johannsen, 1857—1927) (图 1-6) 与孟德尔一样，他的一生同样充满传奇。

1857 年 2 月 3 日，约翰逊生于丹麦哥本哈根。1872 年中学毕业后因父亲负担不起大学费用，于是到了一家药店成为一名药剂师的学徒。约翰逊先后在丹麦和德国的几家药房工作，他自学并同时培养起对植物学的浓厚兴趣。

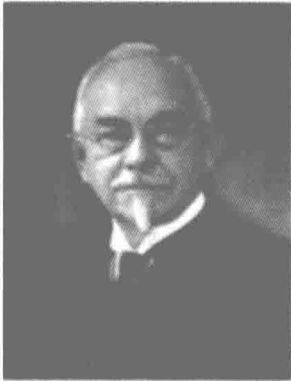


图 1-6 约翰逊

1881年，约翰逊开始在约翰·凯耶达尔^①的卡尔斯堡实验室化学部任助理，研究植物种子、块茎和芽的休眠，并于1887年发现制止植物芽类冬眠的方法。1892年他成为哥本哈根农学院的讲师，讲授植物学和植物生理学。1905年起担任该校教授，全力进行遗传学实验。

1898年，约翰逊在读到弗朗西斯·高尔顿^②1876年出版的《遗传理论》一书时，对证明“如果用自花授粉的植物后代，选择是无效的”这一理论的实验有深刻的印象，促使他用一种菜豆重复了这项研究工作。此后，他发表论文，提出了著名的“纯系学说”。

1896年，约翰逊发表《论遗传和变异》一文，阐述了他的遗传学思想。后来他看到孟德尔30年前发表的《植物杂交实验》的论文，随即做了相同的实验，验证了其结果。约翰逊根据孟德尔定律对论文再次进行了修订和补充，并在1905年以《遗传学原理》为书名重新出版。

3. 提出新概念

1909年，《遗传学原理》德文版成为当时欧洲最杰出、最有影响力的遗传学著作。书中，约翰逊首次用“基因（geen）”一词代替遗传因子的概念，并受到遗传学届的广泛认可，一直使用至今。他还创造性地将基因（gene）与词根“类型”（type）连接在一起，组成了“基因型”（genotype）这个词。

基因型又称生物的遗传型，即控制性状的基因组合类型，是生物体从它的亲本获得的全部基因的总和。它是性状表现的内在因素，人用肉眼是看不到的，但可以通过杂交实验来鉴定。与基因型相对应的就是“表现型”一词。表现型简称表型，是具有特定基因型的个体，在一定环境条件下，所表现出来的性状特征的总和。它包括基因的产物（如蛋白质和酶），

①约翰·凯耶达尔（Johan Kjeldahl），丹麦化学家，于1883年提出检测有机化合物中氮含量的凯氏定氮法，为蛋白质的检测做出了巨大贡献。

②弗朗西斯·高而顿（Sir Francis Galton），查尔斯·达尔文的表弟。他是维多利亚时代英国著名的人类学家、优生学家、热带探险家、地理学家、发明家、气象学家、统计学家、心理学家和遗传学家。

各种形态特征和生理特性，甚至各种动物的习性和行为等。

1914年，约翰逊著书谴责了生物学中的神秘主义。1917年他成为哥本哈根大学校长。这位自学成才的科学家达到了他事业的顶峰。晚年的约翰逊主要从事遗传科学史的撰写工作。1927年11月11日，约翰逊病逝于哥本哈根。

二、基因的本质

1. 染色体——基因的载体

染色体在显微镜下呈圆柱状或杆状，在细胞发生有丝分裂时期容易被碱性染料（例如龙胆紫和醋酸洋红）着色（如图1-7），因此而得名。

（1）最早描述

1879年，德国生物学家奥瑟尔·弗莱明（Alther Fleming）把细胞核中的丝状和粒状的物质，用染料染红，以便于观察它们的变化。在观察中弗莱明发现这些物质平时散漫地分布在细胞核中，当细胞分裂时，散漫的染色物体便浓缩，形成一定数目和一定形状的条状物，到分裂完成时，条状物又疏松为散漫状。这是最早对染色体的描述。

（2）萨顿—鲍维里假想

1902年，萨顿^①和鲍维里^②两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，他们作出“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

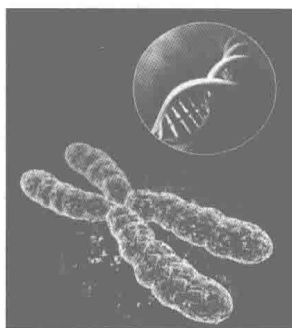


图1-7 染色体（选自百度百科：染色体—细胞器的组成部分）

①萨顿（Walter Stanborough Sutton, 1877—1916），美国遗传学家，生物学家。他提出“基因在染色体上”。

②鲍维里（T.H.Boveri, 1862—1915），德国遗传学家。