

遗传的三大基本规律

郭学聪

北京师范大学出版社

内 容 提 要

本书以通俗的语言,结合各种遗传现象,深入浅出地介绍了遗传的最基础内容——遗传的三大规律。包括基因的分离、自由组合、连锁与互换、基因定位、基因遗传传递的机理、以及基因怎样控制生物性状表现等基础知识,并在附录中介绍了用果蝇作遗传实验的基本方法。

遗传的三大基本规律

郭 学 聪

北京师范大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京市怀柔县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.25 字数: 111千

1984年2月第1版 1984年2月第1次印刷

印数: 1—16,000

统一书号: 13243·43 定价: 0.48元

写在前面

学习遗传的三大基本规律是了解遗传变异的基础。

孟德尔发表的《植物杂交的试验》论文，揭示了遗传的基本规律，使遗传研究纳入了科学的轨道，奠定了现代遗传学的基础。可是，这样一篇有价值的论文，竟默默无闻埋没35年之久，一旦被重新发现，它对科学界的震动以及对遗传学研究所产生的深远影响，在科学界是罕见的。

孟德尔是个神父，竟然对自然科学发生如此浓厚兴趣，以致成为现代遗传学的奠基者，这是罕见的。一个神父，能不顾宗教法规，在堂堂的修道院内，大规模、长时间地进行植物、动物的杂交实验，也是罕见的。

孟德尔和达尔文是同时代人。达尔文博览群书、遍查世界文献，研究遗传、变异与进化等问题，也曾谈到过豌豆的遗传变异，而竟没有见到孟德尔的论文，这不能不使人感到遗憾。如果他们两人的工作联系起来，可能会对科学发生更大的影响。可惜二人远在异国，各自进行研究，没能进行学术交流。孟德尔看过达尔文的《物种起源》巨著，并在该书的许多地方划过线。他虽在1862年去伦敦访问过，但两人未见过面。

摩尔根在培养果蝇时，偶而发现了一只白眼雄果蝇，

就用它和红眼雌果蝇杂交,发现了性连锁遗传规律,并把白眼性状与X染色体联系起来,成为有史以来首次把一个基因定在某一个具体的染色体上的学者。摩尔根等继而通过果蝇实验,揭示并确证了连锁与互换遗传规律。摩尔根的贡献得到了很多荣誉,1933年荣获诺贝尔奖金。小小的果蝇(一万只才一磅重)竟发生这样大的作用,也是很有意思的。

研究遗传的一个最简单的方法,就是将不同性状的个体进行杂交,观察其杂交后代以及亲本性状在各代中的表现,从而找出其遗传规律性。选材时注意性状明显,繁殖快,又容易栽培或饲养,并能产生大量后代等特点。孟德尔选用豌豆,摩尔根选用果蝇,都曾基于这样的考虑。直到现在,果蝇仍然是进行遗传学教学和科学研究的好材料。

遗传学的发展前景诱人,它不仅对认识自然、动、植物育种和医学实践有重要作用,而且对每个人的身体健康、生儿育女也有密切关系。现在已确定的遗传疾病近三千种,有人认为每个人都带有若干种遗传病基因(但若非近亲结婚,表现频率极低),所以,遗传学知识对计划生育、提倡优生、提高人口质量和全民族的健康水平都是有用的。这里所介绍的三大遗传规律,只是遗传学内容的一部分,希望它能给想学习遗传学的同志打点基础,使更多的青少年对遗传学发生兴趣,并进而愿意从事遗传学工作。

时代在前进,科学在发展,遗传学也经历了经典遗传学、细胞遗传学和分子遗传学等发展阶段。但不能忘记三大基本遗传规律的揭示者,不能忘记遗传学的奠基者孟德尔。不久(1984年1月6日)将是孟德尔逝世一百周年,这本小册子就作为对孟德尔逝世百周年的一个小小的纪念吧。

蒙王涵同志、贾鸿年同志协助拍洗照片，特此致谢！

由于编写时间仓促和学识所限，可能会存在一些不当之处，欢迎读者批评指正。

郭学聪于北京师范大学生物系

1983年2月

目 录

写在前面	(1)
一、引言	(1)
1. 什么是遗传和遗传学	(1)
2. 三大遗传规律的发现	(1)
3. 研究三大遗传规律的意义	(3)
二、孟德尔是怎样发现遗传规律的	(4)
1. 求知精神与治学态度	(4)
2. 科学方法	(6)
3. 三十五年的埋没	(7)
三、分离规律	(10)
1. 性状分离现象	(10)
2. 孟德尔对分离现象的解释	(14)
3. 因子(基因)分离规律的验证	(14)
4. 分离规律的普遍性	(17)
5. 显性的多样性与相对性	(25)
6. 分离规律的机理	(30)
7. 复等位基因的遗传	(34)
8. 分离规律在实践中的应用	(37)
9. 适合性的测定	(42)
四、自由组合规律	(46)
1. 性状的自由组合现象	(46)
2. 孟德尔对性状自由组合现象的解释	(47)
3. 因子(基因)自由组合规律的验证	(52)
4. 自由组合规律的机理	(52)

5. 自由组合规律的普遍性.....	(55)
6. 基因的相互作用与多效性.....	(57)
7. 自由组合规律在理论和实践中的应用.....	(69)
五、连锁与互换规律.....	(72)
1. 性状连锁遗传现象.....	(72)
2. 摩尔根等发现的规律.....	(75)
3. 互换的机理与互换率.....	(80)
4. 连锁与互换规律的普遍性.....	(87)
5. 性连锁遗传.....	(92)
6. 连锁和互换规律在实践中的应用.....	(101)
六、数量性状与三大遗传规律.....	(105)
1. 什么是数量性状.....	(105)
2. 数量性状的遗传基础——多基因假说.....	(105)
七、基因定位.....	(110)
1. 两点测验法.....	(110)
2. 三点测验法.....	(113)
3. 连锁群与基因位置图.....	(117)
八、基因是遗传信息的载体.....	(120)
1. DNA的基本结构.....	(120)
2. DNA的复制和转录.....	(122)
3. 遗传密码和密码的翻译.....	(125)
九、基因怎样控制性状.....	(130)
1. 基因的直接作用.....	(130)
2. 基因的间接作用.....	(131)
3. 操纵子学说.....	(134)
4. 性状表现的复杂性.....	(135)
十、基因发生变异后还受三大遗传规律支配吗.....	(139)

〔附录〕

一、果蝇的生活史、形态特征和雌、雄性的鉴别.....	(143)
二、果蝇的饲养.....	(148)
三、果蝇的杂交.....	(149)
四、果蝇幼虫唾腺染色体标本的制作.....	(153)
五、果蝇染色体.....	(155)
六、 X^2 值表	(157)

一、引言

在物理学上有运动的基本三定律。在遗传学上也有遗传的三大基本定律（或称规律）。为了了解这个问题，我们先谈谈遗传和遗传学。

1. 什么是遗传和遗传学

自古以来，人们就知道“种瓜得瓜，种豆得豆”，子女像父母，但又不完全和父母一模一样，“一母生九子，九子各别”，这种又像又不像，就包含了遗传和变异。遗传和变异是生物界由病毒、细菌一直到人普遍存在的现象，所以微生物、植物、动物以及人类本身都是遗传学研究的对象。用一句话来说，遗传学是研究生物的遗传和变异的科学。具体些说，就是研究生物的相似与相异。子代为什么像亲代，子代和亲代之间，以及子代个体之间，为什么又相似、又有不同。生物通过遗传一代代相延续，通过变异又不断的出现新性状，为生物的不断发展和提供基础。遗传学就是从不同水平，从群体水平、个体水平、细胞水平、分子水平去研究生物的相似与相异、遗传和变异规律的。

2. 三大遗传规律地发现

在科学发展过程中，人们常常根据一定的事实，提出某

个假说（或假设），然后用一定的实验予以验证，使假说上升为一个理论或学说，经过更多的实验证明，这个理论或学说确实具有相当普遍的意义，可以用它来解释或预测一些有关现象，就被作为一条规律而认识了，就是发现了一条客观存在的规律。对于三大遗传规律的认识，也经历了这样一个过程。

遗传学上所说的三大基本规律是指基因的分离规律、自由组合规律、以及基因的连锁与互换规律。为发现这三个基本规律作出突出贡献的是孟德尔和摩尔根。孟德尔从1857年开始，通过8年的豌豆杂交实验工作，揭示了遗传因子（后称基因）分离和自由组合的规律。他在科学实验中先根据实验提出假设，又用实验加以验证。在1866年发表了《植物杂交的试验》论文。他提出的一套遗传理论，后人常称为孟德尔学说。1903年，美国萨顿发现染色体的行为与孟德尔所说的遗传因子的行为很相似，提出了染色体是遗传物质载体的假说，发展成了染色体遗传学说。美国摩尔根等在前人工作的基础上，揭示了基因连锁与互换的规律，并确定基因在染色体上呈直线排列。他于1917年发表了基因学说的论文，以后又出版了《基因论》专著。就这样，在遗传学上逐渐形成了以三大基本规律为基础的一套经典的遗传学理论体系。按历史发展顺序来说，可以说先出现孟德尔学说和染色体学说，以后才有基因学说，基因学说是在前两者的基础上发展起来的，所以一般说的基因学说，概括了这三者的内容，使这三者成为一个有机整体，在遗传学中广泛应用。

遗传学发展到分子遗传学起主导作用阶段的今天，关于遗传的三大基本规律的基础知识，无论从分子水平、从细胞

水平分析遗传机理，从个体水平、从群体水平分析遗传变异的规律性，仍广泛应用，而且仍然是认识遗传变异现象的基础。

3. 研究三大遗传规律的意义

了解这些基本规律，不仅是从理论上认识遗传和变异现象的基础，在实践上也是很有用的。在农业实践上，利用和掌握这些规律培育动物和植物新品种，能起指导作用，从而增强计划性和预见性、减少盲目性。在医学实践上，现在已经发现的遗传病近三千种，许多病是由基因控制的，可以根据基因的遗传规律去了解遗传病的遗传性，缩小其危害范围，进而防治遗传病。它对计划生育、讲求优生、提高人口质量也具有积极作用。遗传学关系到每个人。不管你愿意不愿意，你都带有若干种遗传病基因，但也不必害怕，只要不近亲结婚，一般表现频率极低，如果近亲结婚，其危害就很大，这都是有遗传规律可循的。遗传学知识对个人健康、对生儿育女都有密切关系。所以，越来越多的人对遗传学感兴趣。总之，了解这些遗传规律很有用，与四化建设有着密切关系。

二、孟德尔是怎样发现遗传规律的

这一部分主要是谈谈孟德尔的治学态度和科学方法等

1. 求知精神与治学态度

孟德尔在他的《植物杂交的试验》论文绪言中说：“直到现在，还没有圆满地阐述一个能普遍应用的、控制杂种的形成和发育的规律，……”“这个问题的重要性在关系有机类型的进化历史方面是难以估计的。”

孟德尔为了研究这方面的问题，进行过许多植物、动物的杂交实验工作，如豌豆、菜豆、玉米、紫茉莉、水杨梅、山柳菊、毛蕊花、金鱼草、耬斗菜、鼠类、蜜蜂等。其中以豌豆杂交实验最为有名。

孟德尔（G. Mendel, 1822.7.22—1884.1.6）（图1）出身于奥地利一个贫寒的农民家庭，从小爱劳动，念中学时就对自然科学发生兴趣。中学时当家庭教师维持学习生活。26岁被授予神父职称，29岁到维也纳大学哲学系学习（非正式学员），二年的大学学习，打下了科学研究的基础。他当中等学校代理教员，从事教育工作达14年之久，教过数学、物理学、博物学等。46岁被选为修道院的终身院长。他在当



图1 孟德尔

神父、当中学代理教员期间，业余进行科学实验，自己钻研。他的科学兴趣是多方面的，对天文、气象、园艺、养蜂等都进行过研究。孟德尔最有名的科学实验是进行了8年的豌豆杂交工作（图2）。他对科学研究工作严肃认真，他自己在通信中说过：

“从春到秋，天天都要全神贯注、

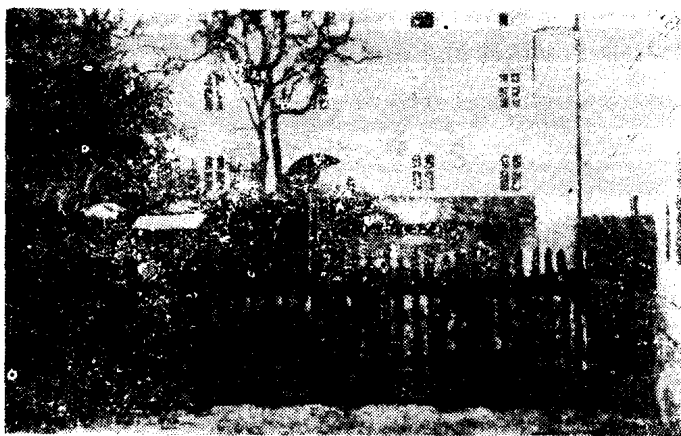


图2 布隆奥古斯丁修道院花园——孟德尔的实验园地

小心翼翼地监视着试验”。他仔细检查了数以万计的豌豆植株，从七对相对性状连续各代的表现观察对比、统计分析，从大量的数据中揭示了两个重要的遗传规律。

孟德尔虽是个神父，但他对科学实验的结果，并不是用

神学的观点来解释，而是用唯物主义的态度研究科学。他把宗教和科学分开来处理，不使混淆，实事求是，按照生物的本来面目去认识生物，因而能对遗传学的建立作出了重要贡献。在他的科学研究工作中，无论天文、气象、园艺、动、植物杂交等，都未见到他用神学观点来解释问题。孟德尔认识到他所进行的杂交实验工作，其“重要性在关系到有机类型的进化历史方面是难以估计的”。他对生物进化也很感兴趣，购买和阅读了达尔文的《物种起源》及《动物和植物在家养下的变异》等关于进化论的书籍。孟德尔虽然宗教教务工作很忙，又兼任社会工作较多，但仍然抓紧时间进行科学研究工作。孟德尔这种对待科学研究的精神，对我们今天青年一代的自学仍有启发和教育意义。

2. 科学方法

孟德尔在他的植物杂交试验的论文中说过：“任何试验的价值与用途，决定于材料之是否适宜于它所用作的目的，……”，“试验的目的是在每一对区分性状中观察这些变异，并且推出它们在连续的世代中出现的规律。”由此看出他试验的目的是要找出研究对象的遗传变异规律。为了达到这个试验目的，在他的实验中贯穿着一套科学的方法。这从他的植物杂交试验的论文可以看出：

(1) 精心选择实验材料。他重点选用豌豆作杂交实验，就是因为看到了它的优越性。豌豆的相对性状明显而稳定，自花授粉不易受外来花粉的干扰，花大易于人工授粉杂交，杂交后代繁殖力较强，生育期较短且易栽培等。他收集了34

个豌豆品种，用了二年的时间从中挑选了 22 个品种作为实验材料。

(2) 精心安排实验组合，每对相对性状的杂交组合都设有正交和反交。从简单入手，运用单因子分析，先是一对对性状进行研究，然后再进行研究分析多对性状，他重点研究了豌豆的七对相对性状在杂交中的遗传变异规律性。

(3) 系统地观察记录杂交各代的表现，运用数学的统计分析。他很重视数量关系，分析杂交植物性状的各代遗传表现的比例（如 3:1、1:1、9:3:3:1、1:1:1:1 等）关系，从中找出规律性的东西。

(4) 对实验结果，先根据实验提出假设，进而用实验（如用回交等）验证其假设，得出结论，揭示出遗传因子分离和自由组合的规律等。

孟德尔的工作不但奠定了现代遗传学的基础，他的植物杂交的实验方法，对遗传学的研究也树立了一个范例（具体可看孟德尔著《植物杂交的试验》，吴仲贤译，科学出版社，1957）。

3. 三十五年的埋没

孟德尔的《植物杂交的试验》论文，1865 年 2 月 8 日和 3 月 8 日在布隆自然科学家协会上宣读，第二年在该会会刊上发表。此后，默默无闻达 35 年之久，直到 1900 年才被三位植物学家（荷兰的德弗里斯、德国的科伦斯、奥地利的丘歇马克）各自重新发现，因此常把 1900 年看作遗传学作为一个独立学科而出现的一年。

是什么原因使这篇奠定现代遗传学基础的论文被埋没35年之久呢？可能的原因很多，重要者如：

（1）孟德尔的理论超越了当时学者所能接受的水平。当时是融合遗传的观点占统治，认为父母双亲的遗传特性在子代中融合在一起，呈现中间类型，像一杯墨水和一杯清水混合在一起，以后的世代中也不会有明显的分离现象。而孟德尔的理论，认为遗传是由遗传因子决定的，控制各种性状的遗传因子在遗传中互不沾染，这是完全不同于融合遗传的一种颗粒性遗传的观点。另外，孟德尔用数学统计方法来分析实验结果，也超越了当时学者所能接受的水平。恩格斯曾谈到过当时的情况“数学的应用：……在生物学中等于零。”，孟德尔本人在给他朋友的信中也谈到这一点，他说：

“我知道我所获得的实验结果是不容易同我们当代的科学知识相容的，既然如此，发表这样孤立的试验就是加倍危险的！”看来，孟德尔对当时的情况是深有体会的。据记载，在他宣读论文时，听众对其理论，既无发问者，也无讨论者，报告完了，听众散会后就漠然忘之了。

（2）孟德尔在宣读和发表论文时，只是一个神父、中等学校代理教员，不是知名的科学家，科学家们不重视这样的“小人物”，自然也不会去认真地分析和理解“小人物”提出的理论。论文宣读是在布隆小城布隆自然科学家协会。论文发表是在该会会刊，发表在这样小地方又是不重要的刊物上，自然容易被学者们忽视。据报导，刊登孟德尔论文的杂志，共寄出了115本，虽然有8本寄往柏林、6本寄往维也纳、4本寄往美国、2本寄往英国，但也没有引起寄往单位的重视。

(3) 当时的科学界，正热衷于达尔文的进化论。达尔文《物种起源》1859年出版后，学者们主要注意力在生物进化的问题。达尔文进化论很快传播到许多国家，引起各国学者的重视、赞赏和支持。虽然孟德尔的遗传理论与达尔文的进化论有深切关系，但当时学者还认识不到这一点。孟德尔1882年逝世时，人们也未把他看作是科学家，当地报纸（布隆日报）对孟德尔的颂词也只是把他当作一位自然科学的促进者，颂词是这样写的：“他的死使穷人失去了一位恩人，使人类失去了一位品质最高尚的人，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……。”

为什么默默无闻三十多年、偏偏在1900年被重新发现呢？这和1899年在英国伦敦召开的第一次遗传学国际会议（当时称为“植物杂交工作国际会议”）有密切关系。这次国际会议大大地激发了学者们进行植物杂交工作，所以第二年（1900年）三位植物学家各自独立地发现了孟德尔的论文。这三位学者多年的植物杂交工作，获得了与孟德尔35年前所发表的同样结果。