

基因和遗传

谈家



科学普及出

内 容 提 要

在生物界，不论动物、植物、微生物，一方面，子代均象其双亲；另一方面，“一母生九子，九子各别”。这是为什么？对于这些奇妙的问题，有史以来，人们就十分关注并努力寻求正确答案。但，只是到了这个世纪，才有了打开这个奥秘之锁的钥匙。《基因和遗传》就是向人们介绍这把钥匙。它从人们常见的遗传变异现象出发，通过叙述基因学说创立和发展的历史，概述了孟德尔、摩尔根的工作，科学地揭示了“基因”的本质，扼要地阐明了遗传变异的基本规律，尤其是遗传学的三个基本规律，并综述了遗传工程的近况。本书结构严谨，概念准确文字流畅，图表清晰，对中学生物教师和医学院校、综合大学的生物系学生来说都不失为一本较好的参考书。

基 因 和 遗 传

谈 家 桢 等 著

*

科学普及出版社出版(北京西郊紫竹院公园内)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
89920部队印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：4 $\frac{1}{4}$ 字数：97千字
1980年5月第一版 1981年8月第二次印刷
印数：28,801—44,300册 定价：0.40元
统一书号：13051·1002 本社书号：0053

目 录

一、绪言	1
二、孟德尔第一规律	2
八年的豌豆杂交试验	2
分离规律的普遍性	8
“白化病”和一种“白痴”	11
一个遗传疾病治疗的例子	12
三、孟德尔第二规律	16
独立支配或自由组合	16
对培育良种的启示	20
四、细胞学和孟德尔规律	22
细胞分裂和染色体	22
减数分裂	25
怎样决定性别	28
伴性遗传	29
五、摩尔根的工作	35
连锁和交换	35
画一张染色体图	41
染色体遗传机制的意义	43
六、基因和性状发育	48
翻毛鸡和白玉米说明什么	48
生活条件和基因的相互作用	50
七、数量性状的遗传	53
多基因理论	53
多基因遗传和选择	58

高产的杂种玉米	60
八、基因和代谢	63
代谢作用和酶	63
基因和酶	65
基因、代谢和生活条件	67
九、突变	69
基因突变	69
影响突变的因素	73
染色体畸变	77
身体细胞突变	81
十、基因的化学构成和作用	84
一系列的探讨	84
核酸结构	87
遗传信息	93
遗传信息传递中的“错误”	96
十一、怎样解释达尔文的进化论	102
DDT 杀虫的试验	102
自然选择	104
物种形成的第一方式	106
物种形成的第二方式	109
十二、育种实践	113
人工选择	113
远缘杂交	117
十三、遗传工程	120
人工合成基因	120
不同水平上的遗传工程	122
“工具”酶和运载体	123
细菌产生了动物激素	128
展望与问题	129
十四、结束语	133

一、绪 言

人类很早就开始注意到生物遗传和变异的现象。我国古话说的：“种瓜得瓜，种豆得豆”，“一母生九子，九子各别”，讲的就是遗传和变异的现象。这些现象提出了两个问题：

1. 遗传现象有没有规律性？如果有的话，这个规律是怎样的？

2. 双亲传了些什么东西给子女？也就是说，遗传的物质基础是什么？

人类对以上两个问题经过了长时间的探索思考，直到十九世纪中叶，孟德尔从豌豆杂交试验中，才得出了性状分离和自由组合的规律。这两个规律，以后被证明在植物界、动物界都广泛适用，也适用于人类。二十世纪初年，细胞学的进展，为孟德尔规律提供了科学的基础。摩尔根和一些遗传学家们又进一步证实细胞中的染色体就是遗传的主要物质基础，并发现了基因（控制生物性状的遗传单位）在染色体上作直线排列的规律。那么基因是什么呢？1940年以后，由于化学和物理学的进展，人们对于基因本身的性质问题也得到了进一步的了解。

这本书将从十九世纪奥地利的孟德尔的实验和他所发现的两大规律开始，系统地、简要地介绍基因和遗传的知识。并对七十年代发展起来的新兴学科——遗传工程做了概要介绍。

二、孟德尔第一规律

八年的豌豆杂交试验

在十九世纪，欧洲有许多园艺家用杂交方法来培育果树、蔬菜和花卉的新品种。由于做杂交的人很多，成就很可观，可是对杂种及其后代的表现找不出规律，不能预见。如果能找出一些规律，当然对实践很有帮助。孟德尔就是在这个需要的推动之下，进行了为时八年的豌豆试验，取得了巨大的成功。

孟德尔的试验方法跟前人不同。他采用了严格自花授粉的豌豆做实验材料。他没有被整个杂交现象中的复杂性所迷惑。他把植物一个个明显的性状区别开来，分别作试验和观察。还根据这些明显的性状把杂种后代个体分成几类，记下每一类型中个体的数目，应用数学的方法来分析和综合。这几点都是前人没有做过的。他把杂交的研究工作提高了一大步，这是孟德尔成功的关键。

现在用他的一个实验为例。豌豆中有红花品种和白花品种(图1)。红花品种自花授粉，后代都是红花●；白花品种自花授粉，后代都是白花。拿这两个品种的植株做“亲代”杂交(用红花作父，白花作母；或白花作父，红花作母)后，所得种子和它长成的植株叫做“子一代”。子一代植株全部都

● 红花植株不但花是红色，在种皮和托叶上也有红色素。

是红花。子一代植株自花授粉，所得种子和它长成的植株叫做“子二代”。孟德尔得到929棵子二代豌豆植株，其中705棵是红花，224棵是白花，比数是3.15比1。

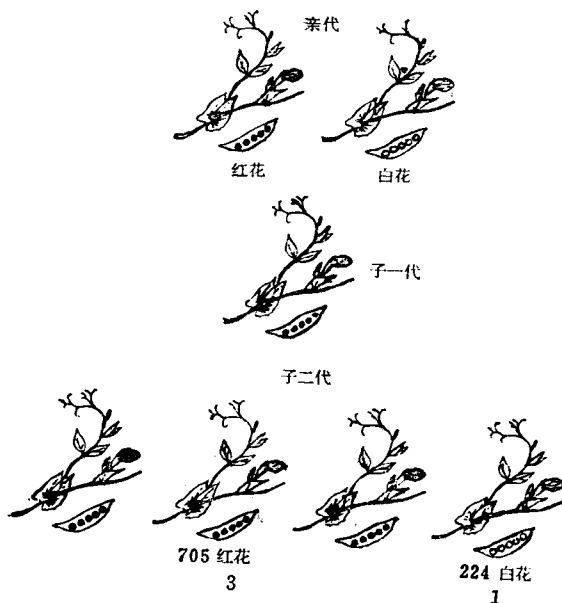


图1 孟德尔的一个试验

红花对白花来讲，是个“显性性状”；白花对红花来讲，是个“隐性性状”。合起来讲，这是一对“相对性状”。子一代没有白花，全是红花，这种现象叫“显性现象”；子二代中，隐性的白花性状又出现了，这种现象叫“分离现象”。

孟德尔除了研究红花和白花这一对相对性状以外，还研究了其他6对相对性状，情况与上述实验差不多。在子一代中，都可看到显性现象，在子二代中，也都发生分离现象。

他的实验结果，如下表所示：

相 对 性 状			子二代 植株总数	子二代中显性 植 株 数		子二代中隐性 植 株 数	
	显 性	隐 性		数 目	%	数 目	%
1	饱满子叶	皱瘪子叶	7,324	5,474	74.74	1,850	25.26
2	黄色子叶	绿色子叶	8,023	6,022	75.06	2,001	24.94
3	红 花	白 花	929	705	75.89	224	24.11
4	成熟豆荚 不 分 节	成熟豆荚 分	1,181	882	74.68	299	25.32
5	未熟豆荚 绿 色	未熟豆荚 黄 色	580	428	73.79	152	26.21
6	花 腋 生	花 顶 生	858	651	75.87	207	24.13
7	高 植 株	矮 植 株	1,064	787	73.96	277	26.03
总 和			19,959	14,949	74.90	5,010	25.10

在子二代中，显性植株都占75%左右，隐性植株都占25%左右，也就是说都是3比1，很有规律。为什么都是3比1呢？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”来说明它。然后根据这个假说，再做实验，考验这“假说”是否符合实际。

孟德尔提出这样一个假说：在每一个植株中，每一个相对性状都来源于两个相同的“基因●”，显性性状由显性基因得来，隐性性状由隐性基因得来。为了研究和叙述方便，一般习惯用不同的拉丁字母来作不同的基因的符号，大写字母代表显性，小写字母代表隐性。例如拿红花和白花的杂交试验来讲：红花性状有“红花基因”，符号为C；白花性状有“白花基因”，符号为c。照前面所假设，亲代的红花植株中

● “基因”是后来通用的名称，孟德尔当时叫它做“因子”。

有两个C，写作CC；亲代白花植株中有两个c，写作cc（图2）。他还假设，在产生生殖细胞（配子）时，每个生殖细胞中只得到这两个基因中的一个。红花植株产生的生殖细胞中只有一个C，白花植株产生的生殖细胞中只有一个c。受精时雌雄细胞结合成为合子，两个基因加在一起成为Cc，这就是子一代植株。因为C对c是显性，所以子一代植株都是红花。

亲代红花植株有两个基因是CC，白花植株也有两个基因是cc，这叫做基因型。基因型是生物体遗传的基础，是肉眼看不到的东西。CC的基因型表现为红花，cc的基因型表现为白花，这叫做表型。表型是生物体表现在外面的性状，是肉眼可以看到的。

不同的基因型表现为不同的表型，如CC表现为红花，cc表现为白花。也有不同的基因型表现为相同的表型的，如子一代红花植株的基因型是Cc，但它的表型与亲代基因型CC的表型相同，都是红花。CC和cc这两种基因型，由两个同是显性或同是隐性的基因接合而成，叫做同质接合；Cc这种基因型，由一个显性和一个隐性的基因接合而成，叫做异质接合。

异质接合的子一代植株的基因型Cc，在产生配子时，每个配子只得到两个基因中的一个。这时C就与c“分离”，产生两种配子（雌雄配子都是两种），一种有C，一种有c。两种配子数目相等——1比1。

因为雌雄配子各有两种，受精时就可有4种不同的组合：（1）C精核与C卵核结合；（2）C精核与c卵核结合；（3）c精核与C卵核结合；（4）c精核与c卵核结合——四

种组合的机会均等。第一种组合造成 CC ；第二、第三种组合都造成 Cc ——这 3 种在表型上都是红花；只有第四种组合造成 cc ，表型是白花。所以子二代植株中红花植株与白花植株的比数是 3 比 1。

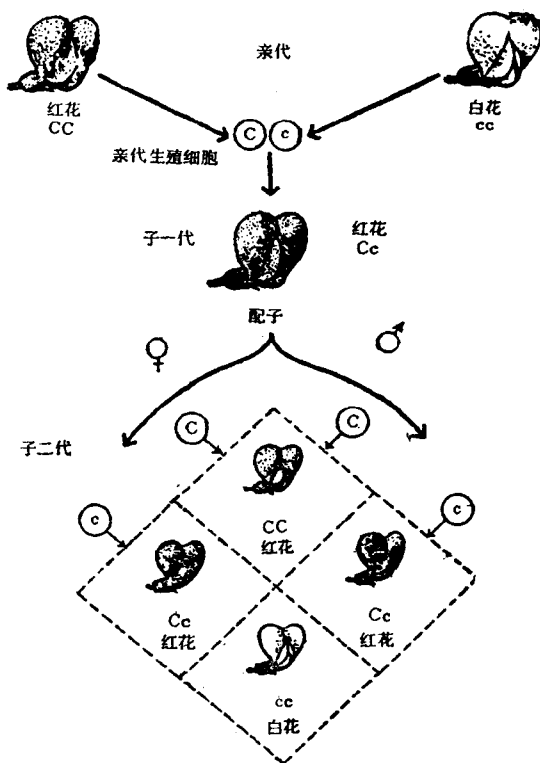


图 2 孟德尔的假说

孟德尔这个假说，对子二代中 3 比 1 的分离比数解释得

很完美。可是假说如果只能解释已有的实验（这虽然是成立假说的最起码条件），那还是不够的，还必须设计新的、另一种性质的实验，来考验这个假说。

孟德尔也做了这一步工作。他想，如果他的这个假说正确，那么：

第一，子一代红花植株与亲代白花植株交配^①，后代应该得到红花和白花两种类型，而且比数应当是1比1。因为照他的假说，子一代产生的两种配子C和c，数目相等，都跟亲代白花的配子c交配，子二代，一半是Cc，是红花；一半是cc，是白花。实验的结果与他所预期的完全符合。

第二，子一代自花授粉得到的子二代在表型上虽然只有两种：红花和白花，但表型为红花的植株中，却有两种不同的基因型，一种是CC，一种是Cc，而且两者的比数是1比2。那么，如果子二代每株红花植株再做自花授粉以得到子三代的话，应当有1/3的红花植株产生的子三代全是红花植株；而2/3的红花植株产生的子三代是红花植株和白花植株，比数又是3比1。因为1/3的红花植株基因型是CC，自花授粉，第三代当然还是CC，是红花。2/3的红花植株自花授粉，应当和子一代自花授粉一样，都是Cc与Cc交配，得出来的也就应当是CC，Cc，Cc，cc。3分是红花，1分是白花。实验的结果又与这预期的完全符合。

这样就建立了孟德尔第一规律，即“分离规律”：**一对基因在异质接合状态下并不相互影响，相互沾染，而在配子形成时完全按原样分离到不同的配子中去。**在一般情况下，配

① 杂种与亲代纯种交配，科学上叫做“回交”，这个试验就叫“回交试验”。

子分离是 1 比 1，子二代基因型分离是 1 比 2 比 1，子二代

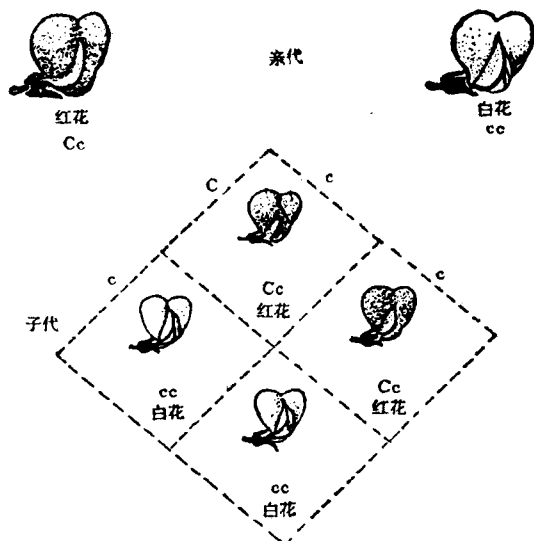


图 3 回交试验

表型分离是 3 比 1。分离出来的隐性同质接合和原来隐性亲本在表型上是一样的，隐性基因并不因为曾与显性基因处于同一个体内而改变它的性质。

一对基因的分离规律是遗传学上最基本的规律。

分离规律的普遍性

一开始有人怀疑，孟德尔的规律只适用于豌豆，不一定有普遍意义。从孟德尔到现在，世界各国许多科学家在各种生物上做了实验，都证实了分离规律。

以玉米的实验为例子：用紫玉米与白玉米杂交，紫是显

性，白是隱性。如用白玉米做母本，父本的紫色性状马上在种子（子一代种子）上表现出来。把这子一代种子种下，长成子一代植株。让子一代植株自花授粉，那么结成的种子是什么颜色呢？ $\frac{3}{4}$ 紫玉米， $\frac{1}{4}$ 白玉米，完全符合孟德尔规律。

这个实验有两点说明：第一，这是个“种子性状”，在亲代植株结生的种子上就看得出；第二，这是个“胚乳性状”，而胚乳与胚胎不同。不过这一点关系不大，因为在同一粒子中，胚胎和胚乳的基因型总是一样的。

糯米和粳米的实验也得到同样结果。我们吃米主要是吃胚乳，胚胎是米上很小的一点。粳米的胚乳中都是淀粉。粳米饭或稀饭加点碘酒都变蓝色，这是淀粉和碘所起的化学变化。糯米没有淀粉，糯米是另外一种东西，叫做“果胶假淀粉”，碰到碘不变成蓝色。

粳米对糯米来讲是显性。如果我们用糯米做母本，用粳米的花粉来杂交，得到的子一代种子全是粳米——糯米植株上结粳米种子！一个稻穗上可以有几粒稻花做杂交（剔去雄蕊，套袋，人工授粉），其余让它自花授粉。自花授粉的仍是糯米，杂交的都结粳米，一个稻穗上又有糯米又有粳米。

把这种杂交粳米种子（子一代种子，异质接合）种下，长成子一代植株。抽穗时，让所有的谷子都自花授粉，结果稻穗上 $\frac{3}{4}$ 谷子是粳米， $\frac{1}{4}$ 谷子是糯米，又符合孟德尔规律。

这个实验还有个好处。原来粳米基因（可用G来表示）和糯米基因（可用g来表示）的作用，在花粉中已经有表现了。我们把亲代粳米品种的花粉放在玻璃片上，加一滴碘酒，放在显微镜下看，所有的花粉都变成蓝黑色，因为粳米的花

粉中就有淀粉。糯米花粉加碘酒，没有一个花粉成蓝黑色，全是红褐色（碘的颜色）。糯米与粳米杂交，结生子一代粳米种子（基因型是 Gg）；把它种下，得到子一代植株，拿它的花粉加一滴碘酒在显微镜下面看：半数花粉蓝黑色，半数红褐色。

这完全证明了孟德尔的假说：子二代分离的原因，是子一代配子的分离，而且配子分离的比数是 1 比 1。

其他，如拿红番茄与黄番茄（红是显性），正常叶番茄与马铃薯叶番茄（正常叶是显性），正常果番茄与牛心果番茄（正常果是显性），红叶棉与普通棉（红叶棉是显性），鸡脚棉与普通棉（鸡脚棉是显性），青紫蓝兔与白兔（青紫蓝是显性），喜马拉雅兔与白兔（喜马拉雅是显性）等来做实验的时候，都可以证明孟德尔第一规律的正确性。

有些实验初一看与孟德尔规律不符，但分析到最后却反而更证实了孟德尔规律，使这规律更加充实和丰富了。在孟德尔所研究的 7 对相对性状中，显性现象都是“完全”的，其异质接合（例如 Cc）与显性同质接合（例如 CC）在表型上几乎完全不能区别。但后来发现有些相对性状中，显性现象是“不完全”的。例如，在金鱼草（又叫做龙口花）中，深红花与白花杂交，子一代全是淡红花。子一代自花授粉得到子二代，其中 $\frac{1}{4}$ 植株是深红花， $\frac{2}{4}$ 植株是淡红花， $\frac{1}{4}$ 植株是白花。这与孟德尔规律好象不符合，但仔细一想，岂不更加证明孟德尔规律的正确吗？因为深红花的基因和白花的基因照样分离，在分离以后，都显出原来性状。这说明杂种的呈淡红色并非两种基因的搀和沾染，只能是由于显性基因的显性不完全。

金鱼的实验得到同样结果。普通金鱼的身体是不透明的。有一种金鱼是透明的，身体没有色素，从外面可以看到内脏。我国学者陈桢用不透明的与透明的金鱼进行杂交，发现子一代是五花鱼，介于两个亲本之间；子二代出现 $1/4$ 透明鱼、 $2/4$ 五花鱼、 $1/4$ 不透明鱼。这也是显性现象不完全的例子，同样证明了孟德尔规律的正确性。

“白化病”和一种“白痴”

孟德尔规律对人类也是适用的。举两个例子：

人类中有一种“白化病”，上海人叫它“羊白头”，头发和汗毛都是白的或淡黄色的；皮肤也是白的，没有色素；眼珠是淡红色（因为眼珠内没有黑色素，因此显出血液的颜色）。这种性状在遗传上是隐性。它的遗传规律完全符合孟德尔规律。如果父亲和母亲都没有白化病，而在子女中却出现了白化病，父母就一定都是白化病基因的异质接合。

第二个例子。有些人从小生下智力就特别差，被称为“白痴”。“白痴”里面有一类，他们的小便里面有一种特别的物质，化学上叫做“苯丙酮酸”。我们可以在药房里买到一种很便宜的化学试剂叫氯化高铁的，把氯化高铁配成溶液，加一滴到他们的小便中去（或者滴到小孩尿布的尿迹上），如果显出蓝色，那就说明小便中有苯丙酮酸。这一类“白痴”在医学上叫做“苯酮尿症”病人。这是一种“遗传病”，也是隐性，遗传规律与白化病完全一样。“苯酮尿症”病人的父母如果都不是白痴，那么他们在基因型上一定都是异质接合。

人类里面，象白化病和苯酮尿症白痴这种“遗传病”的种类还不少。许多“遗传病”的遗传规律都与上述两种“遗

传病”一样：由于某一隐性基因成为同质接合，使这不良的隐性基因的作用得以表现。但是对某一个隐性基因来讲，在人类里面的数目总是不多的。因此，必须父母两人都是这个基因的异质接合，才有可能让它在子代表现出来。

一个苯酮尿症基因异质接合的人刚好与另一个苯酮尿症基因异质接合的人结婚，儿女中就可能出现同质接合。这种情况一般讲不很多，可是在表亲结婚的情况下这种机会相当大。我们试想，如果有一个男人是某一不良基因的异质结合，这个不良基因可能传给他的儿子和女儿。如果儿子又传给孙子，女儿又传给外孙女，然后表兄妹结婚，那么在他们的子女里面，就有可能有隐性同质接合分离出来。所以表兄妹结婚（姑表、姨表、舅表都一样），子女中出现“遗传病”的可能性要比普通非表亲结婚的大得多。上海精神病院调查了6个苯酮尿症白痴的家庭，其中3个家庭是表亲结婚的。一般人常说表亲结婚不好，到底道理何在呢？就是这么一个道理。

顺便说明一下“遗传疾病”问题。根据目前的资料，人类的遗传疾病有两、三千种之多，但其中常见的、较严重的不过十来种。医学家根据遗传的机理，对少数遗传疾病已有治疗办法，但是绝大多数的遗传疾病还无法根治。不过，这并不是说，它们是不治之症。随着科学的进步，特别是遗传工程的出现，遗传疾病的治疗前景，会是更加光明的。

一个遗传疾病治疗例子

1961年7月21日《解放日报》登载了一篇上海《医学集锦》，其中有一段说：

“有一个名叫黄雅贤的产妇，过去曾生育过三胎，除头

胎健在外，其余两个孩子都是出生后不多几天就得黄疸病死亡。第四胎由于医院早作准备，给新生儿换血，挽救了这条小生命。

“这种孩子出世就得黄疸病，医学上叫‘新生儿溶血症’……目前只有给新生儿换血的办法来治疗。

“但要找到适合这种病孩的血液很麻烦。当黄雅贤第四次怀孕时，上海市立医学化验所就根据她和她丈夫的血型去找寻，在340多人中才找到合乎需要的血液。等待孩子生下，便给孩子换血。

“另外市立医学化验所为一个姓朱的产妇（她已是生第十一胎，除了头两个孩子长大，以后8个都是黄疸、死胎或流产）做了179次血液试验，找到了能够换孩子血液的血液。

“目前，这两名孩子都健康地生活着。”

这种新生儿溶血症，往往是产妇第一胎或第一二胎正常，以后几胎都是出生后几天就发生黄疸，须要给新生儿换上合适的血液，才能正常发育；而及时换过合适的血液之后，发育就完全正常。这种现象与父母双亲的基因都有关。

人类有个基因，我们用R和r来代表，RR个体的红血球上有一种特殊的物质，叫做Rh抗原，rr的个体没有这种物质。R是显性，Rr个体也有Rh抗原。在中国人中间，rr个体极为少见。大多数人是RR。

“新生儿溶血症”病孩的母亲一定是rr，而父亲是RR，所以每一胎小孩的基因型都是Rr。胎儿红血球上的Rh抗原使母亲的血液产生抗Rh抗体。母亲在怀第一胎时，血液内即产生这种抗体，但一般并不影响胎儿的发育。第一胎生出