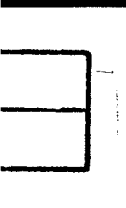
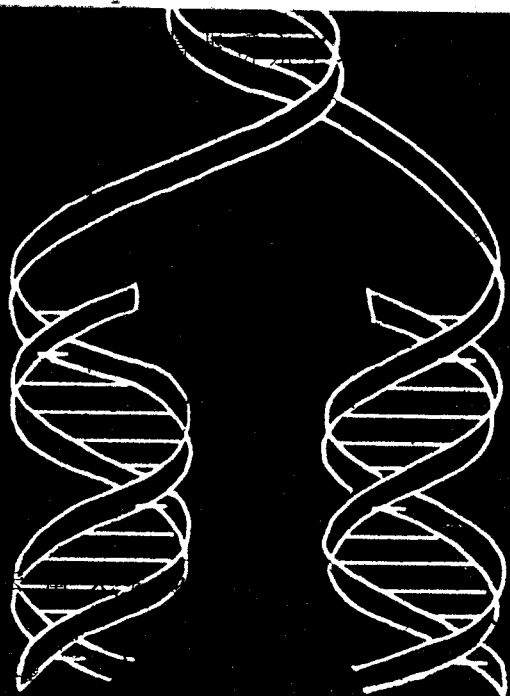




# 遗传学基础知识



**编者按:**

本文主要是根据英国菲利普高斯登 (Philip Goldstein) 所写的《遗传学易知》(Genetic Made Easy) 和近年来国外有关分子遗传学的一些研究结果编译的。目的是介绍遗传学的基础知识, 供从事作物、家畜育种及医学工作的同志、知识青年参考。

责任编辑: 科 群

封面设计: 李忠为

**遗传学基础知识**

云南省农科院科技情报研究室

\*

云南人民出版社出版

(昆明市书林街100号)

云南新华印刷三厂印刷 · 云南省新华书店发行

\*

开本: 787×1092 1/32 印张: 3.75 字数: 85,000

1981年7月第一版 1981年7月第一次印刷

统一书号: 13116·66 定价: 0.33元

# 目 录

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| 1. 孟德尔之前.....                       | ( 1 )  |
| 2. 关于孟德尔的著名试验.....                  | ( 4 )  |
| 3. 孟德尔的遗传观点概要.....                  | ( 11 ) |
| 4. 孟德尔以后.....                       | ( 12 ) |
| 5. 携带遗传质的染色体和染色体数.....              | ( 13 ) |
| 6. 生物染色体是怎样保持恒定的.....               | ( 17 ) |
| 7. 染色体——基因——DNA .....               | ( 21 ) |
| 8. 纯种和杂种.....                       | ( 24 ) |
| 9. 显性——完全显性和不完全显性.....              | ( 25 ) |
| 10. 基因的保存——分离与重组.....               | ( 31 ) |
| 11. 孟德尔式分离比和“机率”法则.....             | ( 32 ) |
| 12. 致死基因及孟德尔式分离的改变.....             | ( 34 ) |
| 13. 为什么性状是独立遗传的<br>——相对性状的独立分配..... | ( 35 ) |
| 14. 怎样求解问题.....                     | ( 38 ) |
| 15. 有什么样的性状会在一起遗传                   |        |
| 16. 基因的连锁和连锁群.....                  | ( 42 ) |
| 17. 染色体与染色体的交换.....                 | ( 46 ) |
| 18. 染色体和染色体结构.....                  | ( 47 ) |
| 18. 单基因的多效应.....                    | ( 49 ) |
| 19. 基因的相互作用——另一些改变了的分离比.....        | ( 50 ) |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 20.雄性或雌性——性别决定.....     | ( 58 ) |
| 21.雄性所表现的——性连锁.....     | ( 59 ) |
| 22.其它类型的染色体变化.....      | ( 62 ) |
| 23.突变——基因是会发生化学变化的..... | ( 66 ) |
| 24.经典遗传学的基本概念.....      | ( 70 ) |
| 25.分子遗传学的诞生.....        | ( 72 ) |
| 26.酵母的遗传.....           | ( 74 ) |
| 27.基因和酶.....            | ( 78 ) |
| 28.细菌的转化.....           | ( 82 ) |
| 29.从噬菌体得到的证据.....       | ( 84 ) |
| 30.DNA的成份和结构.....       | ( 88 ) |
| 31.DNA的复制.....          | ( 92 ) |
| 32.转录和转译.....           | ( 95 ) |
| 33.遗传密码.....            | ( 97 ) |
| 34.蛋白质的合成.....          | (101)  |
| 35.基因的活化与抑制.....        | (106)  |
| 36.遗传与发育.....           | (111)  |

## 1. 孟 德 尔 之 前

遗传学并不是从来就是一门科学的，过去曾被神秘色彩笼罩着。它的根基，是农民和牧民在改良作物和家畜中通过无数世代反复试验的努力逐渐形成的。它产生于世界人民千万代以来对遗传现象所产生的疑问、传说和迷信之中，经过暗中摸索，偶然的观察和有意的试验，从而累积了这方面的知识，最后不可避免地产生了遗传学这门科学。

什么是遗传学呢？遗传学就是要弄清生物间相互关系的科学，是试图解释生物为什么与双亲相像而又有区别的科学。它是分辨什么是遗传的，什么是不遗传的科学。也是研究生物物种间亲缘关系的科学。简而言之，遗传学就是研究遗传性和变异性的一门科学。

因为遗传与变异是繁殖的结果，所以当生物的生殖现象还没有了解清楚之前，遗传学是不可能获得作为一门科学的地位的。我们的祖先虽知道很多生殖现象，可是在概念上却是模糊并时常是错误的。例如约五千年前巴比伦人和阿西里安人就发现枣椰树要经过传粉授精而结果，但却不明白为什么要这样，于是就只好寻求神秘的和超自然的解释了。长期以来植物有性繁殖一直被看得很神秘，直到1694年才由鲁道夫肯麦尔（Rudolph Camerer）有科学根据的研究工作，加以澄清。动物的繁殖对古人也是神秘的，虽然他们知道动物须通过雌雄配合产生后代。1670年发现了精细胞，但对其功用仍不清楚，甚至坚持

精细胞是动物体内的一种寄生物的学说。1840年了解到它们是雄性动物所产生的。至于精细胞进入卵细胞而受精是到1854年才观察到。

那时要对遗传学进行认真的研究，科学知识还很不具备。直至约一百年前，世界各地发表了很多有关育种的试验报告，因为这些报告基本相似，现仅把其中一个名叫约翰高斯 (John Goss) 的试验结果用图描述于下 (图 1)，他在豌豆的遗传性方面提出了一些有趣的事实。

不幸的是，高斯没有把他的试验用统计学的方法加以分析，也没有留下任何解释。由于这个原因，本来在他的研究中已经呼之欲出的有关遗传性的基本法则却被他忽视了。其他同时期的研究者也未抓住他们所作试验的重要意义，而把这个任务留给了孟德尔来完成。

孟德尔也是用豌豆着手研究的。他种了34个豌豆品种，从中选择特定的 7 对相对性状进行比较 (他叫这些成对的相对性状为单位性状)，这些性状是：

| 孟德尔的 7 个<br>单位性状 | 每单位性状的表现                                   |
|------------------|--------------------------------------------|
| 1.种 形            | 成熟种子是光滑和圆的或是不光滑和绉缩的                        |
| 2.子叶色            | 黄色或绿色                                      |
| 3.种皮色            | 白色或灰色                                      |
| 4.荚 形            | 成熟荚在种子间是束缩的或是不束缩的                          |
| 5.荚 色            | 未成熟荚为绿色或黄色                                 |
| 6.荚(花)位          | 花和荚在茎秆上为腋生分布或在顶端成束<br>顶生                   |
| 7.茎 长            | 高 (6—7 英尺) 或矮 ( $3/4$ — $1\frac{1}{2}$ 英尺) |

孟德尔的试验结果，将在下一章中摘要介绍。

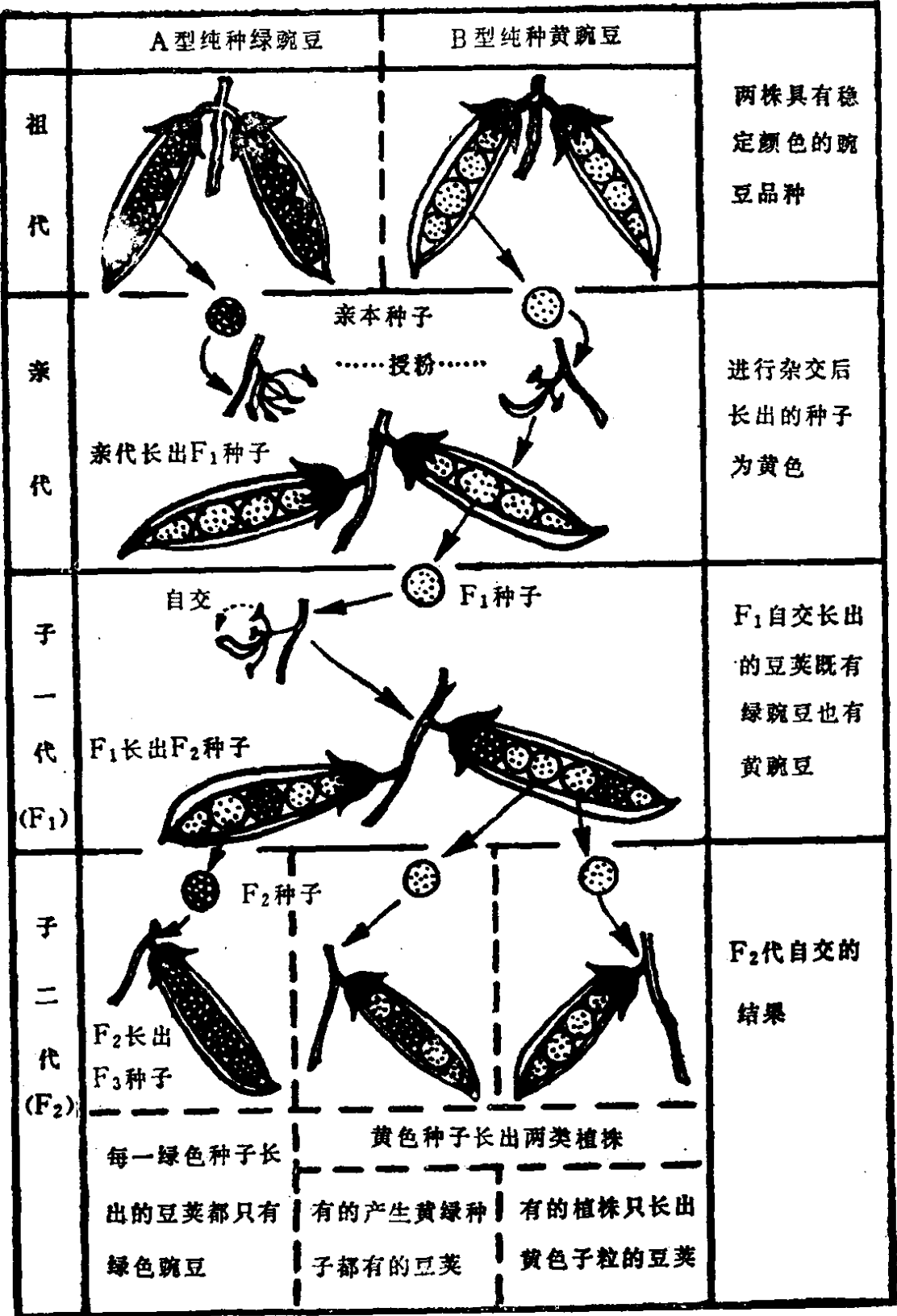


图 1 高斯氏1822年豌豆试验结果图解 (深浅表示子种颜色)

## 2. 关于孟德尔的著名试验

孟德尔是十九世纪奥地利自然历史学家，他曾用十四年的时间进行著名的豌豆试验。1865年孟德尔的试验以“植物的杂交试验”为题正式发表于布鲁恩，从而奠定了遗传学成为一门科学的基础。现将试验结果简介如下，为了叙述方便，把试验分为三类，假定每一类是为了回答一个特定问题，并尽可能用图表加以说明。

他在试验中所用的豌豆都是纯种，黄粒豌豆所产生的后代总是黄的，绿粒的后代总是绿的。于是，孟德尔提出如下问题：

问题一，具有不同单一性状的两株豌豆杂交，它们的后代会变成什么样子？

例如一株高豌豆和一株矮豌豆杂交其后代表现如何？从理论而言，可能有以下几种表现：都是两亲本的中间型，都是高的或都是矮的，有高有矮等等。但实际的表现是否如此？现将结果用图说明（图2）。

以上结果表明，在杂交中每对性状的一个性状有比其相对的性状显示更大影响的趋势。孟德尔叫这个第一代（ $F_1$ ）中表现强力的性状为“显性”，而那个隐藏着没有表现出来的性状为“隐性”。如豌豆的高和矮，高是显性。子叶的绿色和黄色，绿色是隐性。而两个纯系杂交所产生的后代叫“杂种”。

$F_1$ 代所有的隐性性状都不见了，这是个很可惊的现象，因而促使孟德尔要试图回答第二个问题。

问题二，在第一代（ $F_1$ ）杂种中消失了的隐性性状后来怎样？

| 研究性状 | 亲 本                                                                                                                                                                                  | F <sub>1</sub> 代                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 种子形状 | 平滑 × 皱缩<br> ×      | 全部平滑<br>            |
| 子叶色  | 绿色 × 黄色<br> ×      | 全部黄色<br>            |
| 种皮色  | 麻 × 白<br> ×        | 全部麻豌豆<br>           |
| 荚 形  | 无束缩 × 有束缩<br> ×    | 全部无束缩<br>                                                                                              |
| 荚 色  | 绿色 × 黄色<br> ×    | 全部绿色<br>                                                                                            |
| 荚 位  | 腋生 × 顶生<br> ×  | 全部腋生<br>                                                                                                                                                                              |
| 株 高  | 高 × 矮<br> ×    | 全部高茎<br>    |
| 显性定律 | 具有相反性状的豌豆杂交                                                                                                                                                                          | 所有的F <sub>1</sub> 代只表现相对性状的一个<br>另一个性状消失                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

图 2 孟德尔的第一组试验结果

例如高豌豆和矮豌豆杂交， $F_1$  杂种的植株都是高的。那么，矮的性状后来怎样呢？是永远不见了还是暂时隐藏？为了找出答案，孟德尔将  $F_1$  杂种自交，并对  $F_2$  进行细致的统计分析，结果归纳于图 3。

他观察到，在  $F_1$  中隐性性状虽然不见了，但并未丢失，又重新在  $F_2$  上表现出来。约有  $1/4$  的植株表现出原先隐藏着的隐性性状。要注意的是，隐性性状在与占优势的显性性状紧密相处于  $F_1$  杂种中时，它并没有丝毫变化，在  $F_2$  中仍按自己的原样重新显现出来。在  $F_2$  中表现出隐性性状的植株继续代代自交，其自交后代都只表现出隐性性状，证明隐性性状是纯的。

然而， $F_2$  中表现显性性状的植株在自交之后，却产生两种情况；一种是所有的世代都只表现出显性性状。另一种与原先的  $F_1$  杂种一样，其自交后代有表现显性性状的，也有表现隐性性状的，其比例为  $3 : 1$ 。可见， $F_2$  表现显性性状的植株有的是纯质的，而另一些表现显性性状但却带有被掩盖的隐性性状，是杂种。整个情况如图 4。图 4 中虽只用了花的颜色，但可代表孟德尔所研究的其他性状。

这个图清楚地指出，豌豆的性状遗传有一定的模式。孟德尔将此遗传模式表示如下，以  $A$  表示显性性状， $a$  表示隐性性状。那么，杂种就必然是  $Aa$ 。杂种自交，其后代有的表现出显性性状，也有的表现出隐性性状。其比例一般是， $AA + 2Aa + aa$ ，或 1 纯显性 + 2 杂种 + 1 纯隐性。纯显性 ( $AA$ ) 与杂种 ( $Aa$ ) 在外观上相似到难以区分，可是它们是根本不同的，纯显性  $AA$  只将  $A$  传递给后代，而杂种  $Aa$  则将  $A$  或  $a$  传递给后代。

到此为止，孟德尔每次试验的只是一种性状，当研究株高

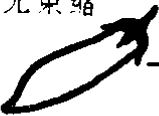
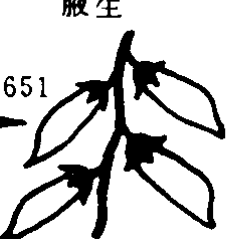
| 研究性状 | F <sub>1</sub> 杂种                                                                         | F <sub>1</sub> 自交后所产生的 F <sub>2</sub>                                                         |                                                                                                  | 比例     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|      |                                                                                           | 表现显性的                                                                                         | 表现隐性的                                                                                            | 显性比隐性  |
| 种子形状 | 平滑<br>   | 平滑<br>5474   | + 1850 皱缩<br> | 2.96:1 |
| 子叶色  | 黄色<br>   | 黄色<br>6022   | + 2001 绿色<br> | 3.01:1 |
| 种皮色  | 灰色<br>   | 灰色<br>705    | + 224 白色<br>  | 3.15:1 |
| 荚形   | 无束缩<br>  | 无束缩<br>882   | + 299 有束缩<br> | 2.95:1 |
| 荚色   | 绿色<br> | 绿色<br>428  | + 152 黄色<br> | 2.82:1 |
| 荚位   | 腋生<br> | 腋生<br>651  | + 207 顶生<br> | 3.14:1 |
| 株高   | 高<br>  | 高<br>787   | + 277 矮<br> | 2.84:1 |
| 显性定律 | 总和                                                                                        | 显性个体数                                                                                         | 隐性个体数                                                                                            | 2.98:1 |
| 摘要   | F <sub>1</sub> 自交后                                                                        | 第二代植株有的表现显性性状有的表现隐性性状                                                                         |                                                                                                  | 接近 3:1 |

图 3 孟德尔的第二组试验结果

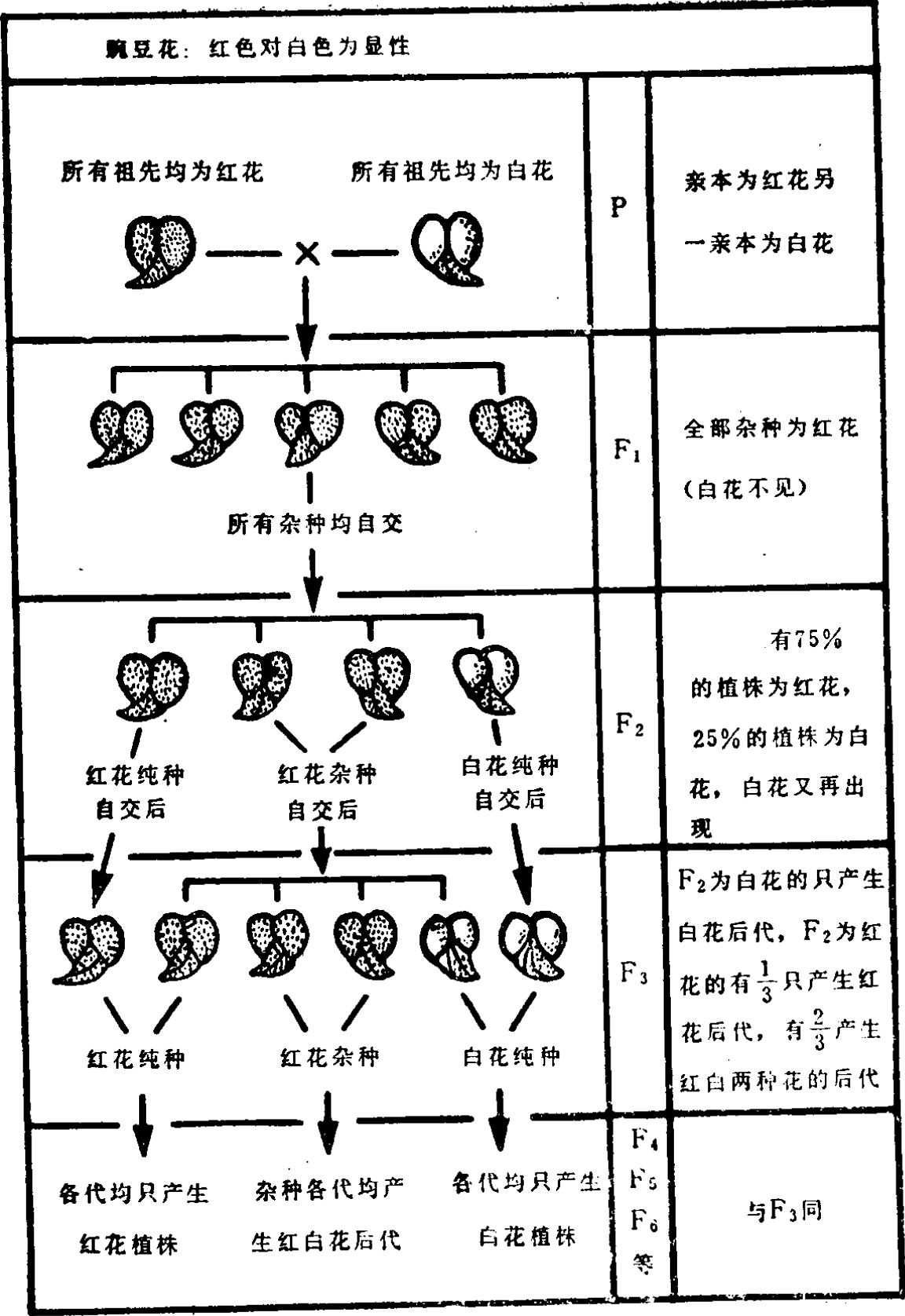


图 4 孟德尔的豌豆花色遗传试验

时则不管花的部位。相反，当研究花的部位时则不管株高。这样做的结果，使他成功的形成了前人所没有过的新概念。现在他要转过来研究比较复杂的几个性状是如何同时遗传的问题了。于是，孟德尔为自己提出第三个问题。

问题三，当同一杂交组合包含着几个相对性状时，它们是独立遗传呢还是一起遗传？

例如束缩黄荚豌豆与正常绿荚豌豆杂交，它们的后代表现怎样？正常黄荚与束缩绿荚杂交，其后代又是怎样的表现？孟德尔作了这两类杂交，结果 $F_1$ 都是表现出两个显性性状，不管这两个显性性状来自一个亲本还是来自不同的两个亲本。 $F_1$ 自交所产生 $F_2$ 也是如此。如图5所示。值得注意的是荚形和荚色两种性状并不相连，每个性状都是独立遗传的。从 $F_2$ 表现的事实明显地得到证实，即各种可能的性状组合：束缩绿色、束缩黄色、平滑绿色、平滑黄色的每种都有。

以两个或三个其它性状进行类似测验，其结果仍然相同。 $F_1$ 只表现出显性性状，隐性性状要在 $F_2$ 中才重新出现，并产生可能有的性状组合。每个性状对其它性状都显然是独立遗传的。性状组合受数学机率的支配。

孟德尔用数学公式解释于后：如果杂种  $Aa$  自交的后代为  $(A A + 2Aa + aa)$ ，杂种  $Bb$  自交的后代为  $(B B + 2Bb + bb)$ 。那么，双杂交种  $AaBb$  自交的后代就是  $(A A + 2Aa + aa) \times (B B + 2Bb + bb)$ 。如果杂种还有第三个性状，这个三交种  $AaBbCc$  自交的后代则是  $(A A + 2Aa + aa) \times (B B + 2Bb + bb) \times (C C + 2Cc + cc)$ 。其余类推。

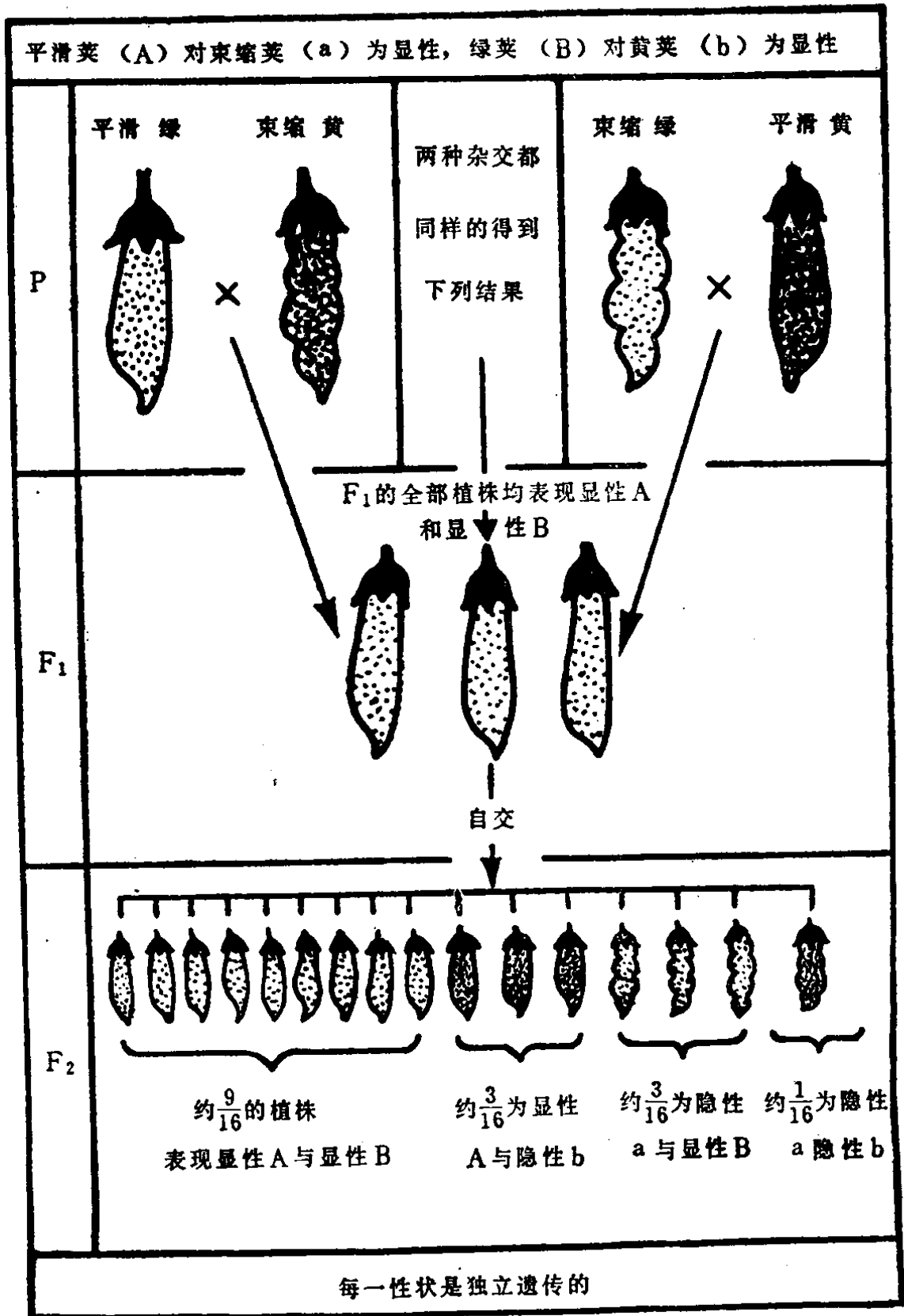


图 5 孟德尔的两对性状遗传试验

### 3. 孟德尔的遗传观点概要

孟德尔所致力试验的结果回答了他自己所提出的问题，从而得出了一些有关遗传规律性的概念，其要点归纳于下。

1. 孟德尔指出，性状是以成对的形式存在的，如子叶的绿色和黄色（今天称这种成对性状为相对性状、对性、或等位基因）。

2. 他认为，每个性状是由一对遗传因子所支配。以 A, a, B, b, 等英文字母表示（即现今所称的基因）。

3. 每对性状中能掩盖对方而显现出来的叫显性性状，被显性性状掩盖没有表现出来的叫隐性性状（今天仍沿用这两个名词）。

4. 孟德尔认为成对的遗传因子虽共居于一个杂种个体中，当形成性细胞时这一对因子又彼此分开，各自进到一个生殖细胞中去，结果是每个生殖细胞中只含有一对相对因子的一个，并不因原先和对方接近而互相影响（现称此现象为“分离”）。

5. 每代性细胞的遗传因子都要“重新组合”。这些来自父本和来自母本的遗传因子，其组合完全受机会所支配，所以后代中各种可能有的组合都会产生（今天仍用“重组”表示这个概念）。

上述五点，前三点已被早先的科学家所发现，而后两点即“分离”和“重组”则是孟德尔的卓越贡献，它使我们遗传的整个概念起了深刻变化。

在孟德尔以前，遗传性曾被认为是不同血统的混合。血统一旦混合了，就成为不可分的一股，就好像红的和蓝的染料混

在一起，变成了紫色，而原来的红色与蓝色永远消失。

孟德尔的贡献在于使我们明瞭遗传因子虽结合在一起，但它却能照原先的样子重现。并且，成对的遗传因子一再混合，仍不受侵染，无改变地一代又一代遗传给后代。

有人又把孟德尔的观点称为“孟德尔法则”：

1.显性法则：杂种在相对性状上各有一个性状来自纯的生物体，其 $F_1$ 只显现一对性状中的一个性状。

2.分离法则：隐藏于 $F_1$ 杂种的隐性性状不会消失，它以一定的百分比在 $F_2$ 中再现。

3.独立分配法则（或叫单位性状法则）：每一个性状对其他性状来说是独立遗传的。

## 4. 孟 德 尔 以 后

孟德尔的论文发表以后，有相当长的一段时间没有引起应有的注意。但各国自然科学家以后的试验结果，证实了“孟德尔法则”不仅适用于豌豆，也同样适用于其它植物和动物，这使年青的遗传学得到很大发展。

在遗传学发展过程中，美国的摩尔根和他的助手们对红眼果蝇做了大量的工作，对遗传学有很大的贡献。红眼果蝇繁殖快（一年产生25代），需求小（数百个果蝇在一个奶瓶中能安适地生活），这为他们的研究提供了方便。二十世纪上半叶，从果蝇研究中了解的遗传知识甚至超过用其它生物为研究对象的总和。仅几年时间就有数以千计的试验和无数报告发表。其中，有的看来是重要的，有的则没有多大价值。这里不准备对它们在廿年或一百年后的意义以及今后遗传研究的方向作什么

评价，但须指出遗传学已和其它一些较老的科学联系得很紧密。

例如，遗传学在很大程度上依靠数学。孟德尔就曾用数学的方法解释遗传机制。今天，生物统计学、概率论和数学分析在个体及群体性状的遗传研究上都是经常用着的。

很早以来，遗传学就与研究细胞组织的细胞学联系在一起。它们相互支持，共同解决了很多有关遗传机制的问题。从十九世纪开始，随着时间的推移，这两门科学联系得越来越紧。

同样，当x射线、紫外线、原子能及其它种类的射线被用来帮助遗传学研究时，物理学很快地进入遗传学的研究范畴。

最近遗传学还和化学结合产生了生化遗传学。它是要了解遗传如何影响生物体内的化学反应。或者说，要解释基因是怎样控制生命基本化学反应的。

还有所谓动力、生理或发育遗传学。这样的遗传研究把遗传学家，胚胎学家（研究卵发育成有机体的过程）及生理学家（他们感兴趣的是有机体的生活功能）结合起来，共同致力于探讨由基因所支配的性状在胚胎中的发展和以后在个体中的作用。

自1953年基因的化学结构被阐明以来，分子遗传学有了极大的进展，以至竟有人要把生命现象还原为生物化学和生物物理的过程。

## 5. 携带遗传质的染色体和染色体数

显微镜发明后不久，好奇的人们对动植物组织进行了研究，发现它们由不连续的单位所组成。这些单位就是细胞，随