

经全国中小学教材审定委员会
2004 年初审通过

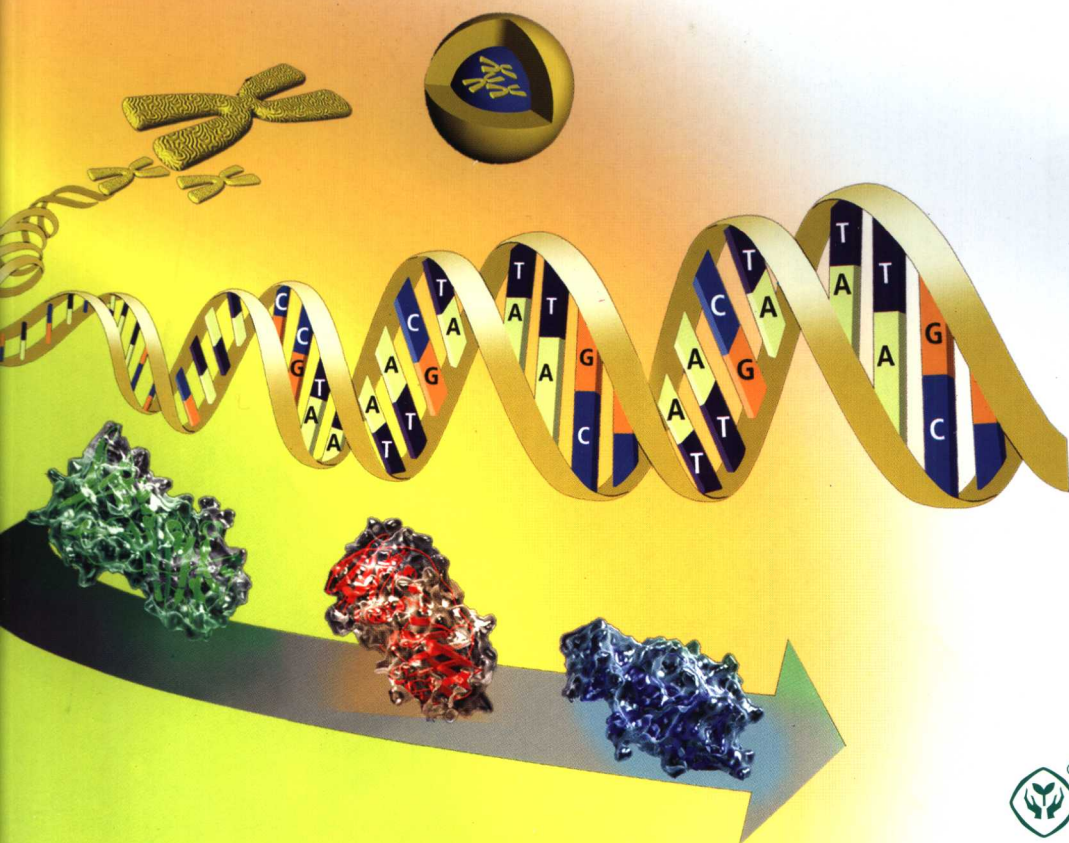
普通高中课程标准实验教科书

生物 2

必修

遗传与进化

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心 编著



 人民教育出版社

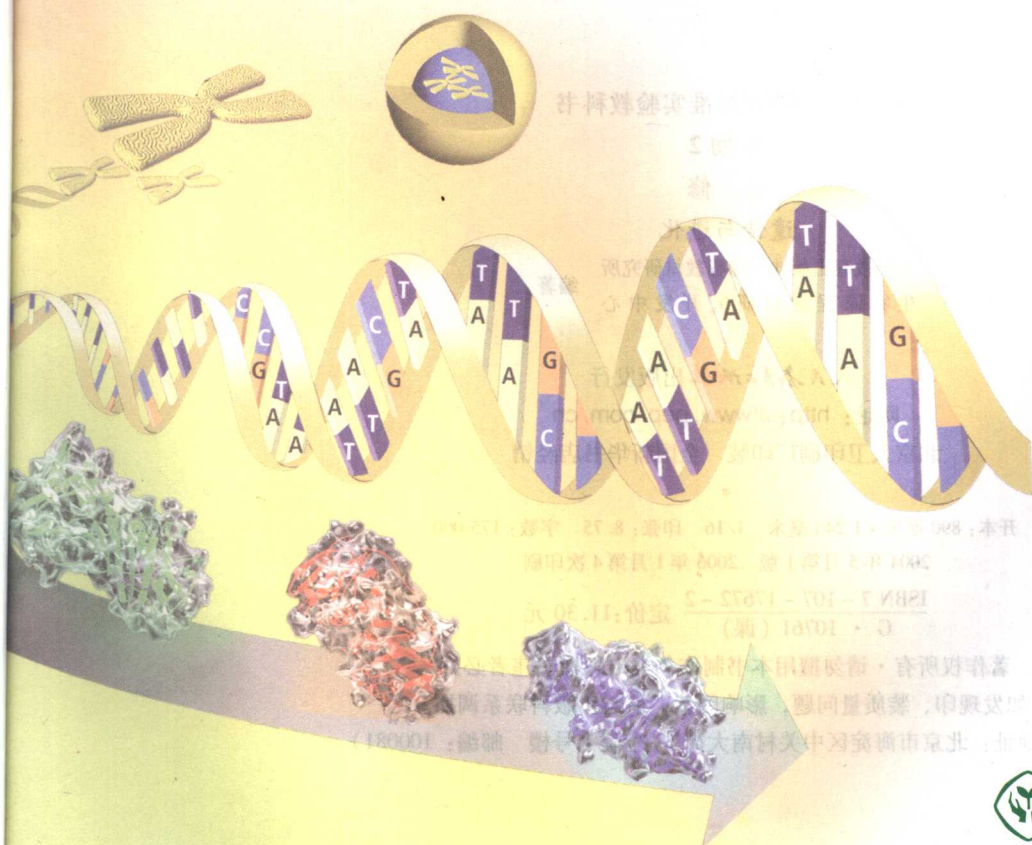
普通高中课程标准实验教科书

生物 ②

必修

遗传与进化

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
生物课程教材研究开发中心



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

生物 2

必修

遗传与进化

人民教育出版社 课程教材研究所
生物课程教材研究开发中心 编著

*

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京人卫印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张: 8.75 字数: 175 000

2004 年 5 月第 1 版 2006 年 1 月第 4 次印刷

ISBN 7-107-17672-2
G · 10761 (课) 定价: 11.30 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

主 编

朱正威 赵占良

编写人员

李新花 王伟光 曹保义 朱正威 王真真
吴兢勤 吴成军 王永胜 赵占良 李 红

责任编辑

李 红 吴兢勤

美术编辑

林荣桓

插图绘制

林荣桓 刘 菊 姜吉维 王国栋 高 巍

设计排版

北京大洋立恒设计有限公司

摄影或提供照片

朱 京 杨焕明 王伟光等

我赞叹生命的美丽

——与杨焕明教授一席谈



杨焕明

1988年获丹麦哥本哈根大学博士学位。研究员、博士生导师。现为北京华大基因研究中心暨中科院北京基因组研究所所长，国际“人类基因组计划”中国协调人。

刚从祖国大西北风尘仆仆赶回北京，就接受本书编者采访的杨焕明教授充满激情地赞叹道：“世界上最美最美的就是生命，我们人类自己也是生命，对生命的赞美早已融入各国、各民族的文化。”

杨焕明教授是研究基因的专家之一。他和同事们参与了“人类基因组计划”，使我国成为这一划时代科学创举中惟一的发展中国家。之后，他领导的研究小组又对水稻基因组进行了测序，并于2002年4月在美国《科学》杂志上发表了水稻基因组工作框架图。杨焕明教授因此被美国的《科学美国人》杂志评为2002年度科研领头人。

“我们
能想像吗？生命这么复杂、这么美丽，而生命与生命的连接点竟这么简洁。这个连接点就是DNA和基因。生命代代相传，就是通过基因，把遗传信息传递给下一代的。”说起他所热爱的基因研究工作，杨焕明教授侃侃而谈。

与杨焕明教授的对话

问：“人类基因组计划”完成

之后,将对人类的生活产生怎样的影响?

答:有了人类基因组图谱,我们就可以了解人类几万个基因的全部档案,如某个基因在哪条染色体的什么位置,这个基因的结构是怎样的,功能是什么。这样一来,人类对自身就会有比较全面的了解。了解了基因,就能够找到新的诊断和治疗疾病的方法。一个新生儿出世时,如果法律允许,父母可以拿到孩子的基因组图。这张图,将记录一个新生命的全部遗传奥秘,它可以告诉父母:这个孩子大概长多高,会不会秃顶、发胖,是不是色盲,以及有没有其他遗传病,等等。此外,人类基因组研究还会对生命科学其他领域的研究产生重大影响。

问:中国为什么要参与“人类基因组计划”,承担1%的测序任务?

答:“人类基因组计划”测定的序列由全人类共享,这是经过长期的斗争才争取到的。中国的参与是对“人类基因组计划”精神的支持,为全人类共享人类基因组信息作出了很大贡献。“1%测序项目”使我国能够理所当然地分享全部成果,包括数据、资源和技术,拥有有关事务的发言权。“1%测序项目”还使我国具备了自己的、接近世界水平的基因组研究的强大实力,为21世纪我国的生物技术产业带来了光明和希望。

问:您怎么想到要做水稻基因组的测序?

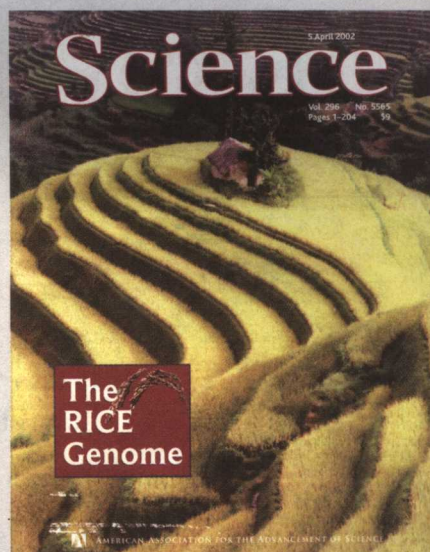
答:中国是农业大国,全世界约有30亿人以水稻为主要粮食,测定水稻基因组的序列对解决世界粮食问题无疑具有重大意义。

问:美国《科学》杂志刊登了水稻基因组序列的研究成果,该期封面是云南红河哈尼梯田,文中的插图上还写着“民以食为天”,这有什么深刻含义?

答:我国农业文明源远流长,种植水稻的历史有7000多年,采用梯田种植水稻体现了我国劳动人民在充分利用水、阳光等自然资源提高作物产量、品质方面的聪明智慧。我们希望这幅蕴涵中国悠久文明史的图片,能让人们感受到自然、科学与人文的和谐。

问:许多人对包括基因研究在内的生物技术忧心忡忡,您怎么看待科学研究有可能带来的负面效应?

答:这种担心不是没有道理的。一个小小的实验室,如果做出这样可怕的事:把艾滋病病毒与流感病毒接到一起,



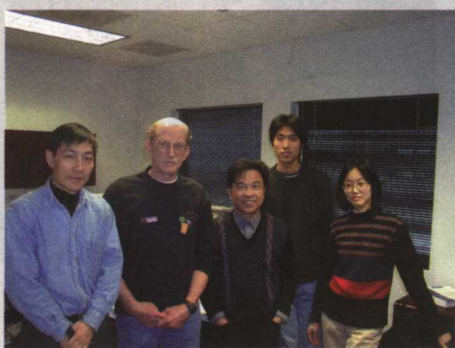
让艾滋病像流感一样大范围地传播开，这非常危险。因此，科学技术是一把双刃剑，既可以为人造福，也可能给人类带来灾难。每一位科学家，甚至每一位公民，不仅应该有事业心，还应该要有社会责任感，能够意识到自己在做什么，所做的事情将会给社会带来怎样的影响，科学和技术应该为人类带来光明和福祉。

问：有人说：“只要将基因研究清楚了，在生命科学领域就可以随心所欲了。”您怎么看待这种观点？

答：了解了基因，我们确实可以做很多事情，比如合成所需要的蛋白质，改良生物品质，有效治疗人类疾病，延长人类寿命，等等。但是基因不能决定一切，环境因素也很重要，基因决定论是不对的。再说，人们利用基因做什么事情，都应该考虑到对社会的影响，与伦理、道德的关系。科学家不应生活在脱离社会的“象牙之塔”里。

问：现在的许多科研项目，都是由多位科研工作者组成的课题小组完成的，有时还需要省际、甚至国际间的合作。合作精神对于科研工作的顺利开展是不是很重要？

答：的确很重要。随着科学的发展，对一个科学问题的阐明，往往需要多个专业领域的研究作基础。而每一位研究者都有他的专业局限性。如果能够以团队的形式协同攻关，发挥每一个人的智慧和特长，就会大大加快科学研究的进程，“众人拾柴火焰高”嘛。其实不光科研工作，现代社会的很多工作都需要集体合作来完成。因此，团队精神，与人合作、与人交流的能力的培养，是十分重要的。



我最想对高中生说的话：

Life is beautiful ! Exploring the secret of life will make our life more beautiful, also make the living world more beautiful! (生命是美丽的。探索生命的奥秘一定会使我们的人生更美好，也将使生命世界更美好！)

2004年1月

目 录



科学家访谈 我赞叹生命的美丽

第1章 遗传因子的发现 1

第1节 孟德尔的豌豆杂交实验（一） 2

第2节 孟德尔的豌豆杂交实验（二） 9



第2章 基因和染色体的关系 15

第1节 减数分裂和受精作用 16

一 减数分裂 16

二 受精作用 23

第2节 基因在染色体上 27

科学家的故事 染色体遗传理论的奠基人——摩尔根··· 32

第3节 伴性遗传 33



第3章 基因的本质 41

第1节 DNA 是主要的遗传物质 42

第2节 DNA 分子的结构 47

第3节 DNA 的复制 52

第4节 基因是有遗传效应的 DNA 片段 55

科学·技术·社会 DNA 指纹技术 58



第4章 基因的表达 61

第1节 基因指导蛋白质的合成 62

第2节 基因对性状的控制 68

科学前沿 生物信息学 72

第3节 遗传密码的破译（选学） 73

第5章 基因突变及其他变异 79

第1节 基因突变和基因重组 80

第2节 染色体变异 85

第3节 人类遗传病 90

科学·技术·社会 基因治疗 94



第6章 从杂交育种到基因工程 97

第1节 杂交育种与诱变育种 98

与生物学有关的职业 育种工作者 101

第2节 基因工程及其应用 102

与生物学有关的职业 生物技术产业的研发人员 106



第7章 现代生物进化理论 109

第1节 现代生物进化理论的由来 110

第2节 现代生物进化理论的主要内容 114

一 种群基因频率的改变与生物进化 114

二 隔离与物种的形成 119

与生物学有关的职业 化石标本的制作 122

三 共同进化与生物多样性的形成 123

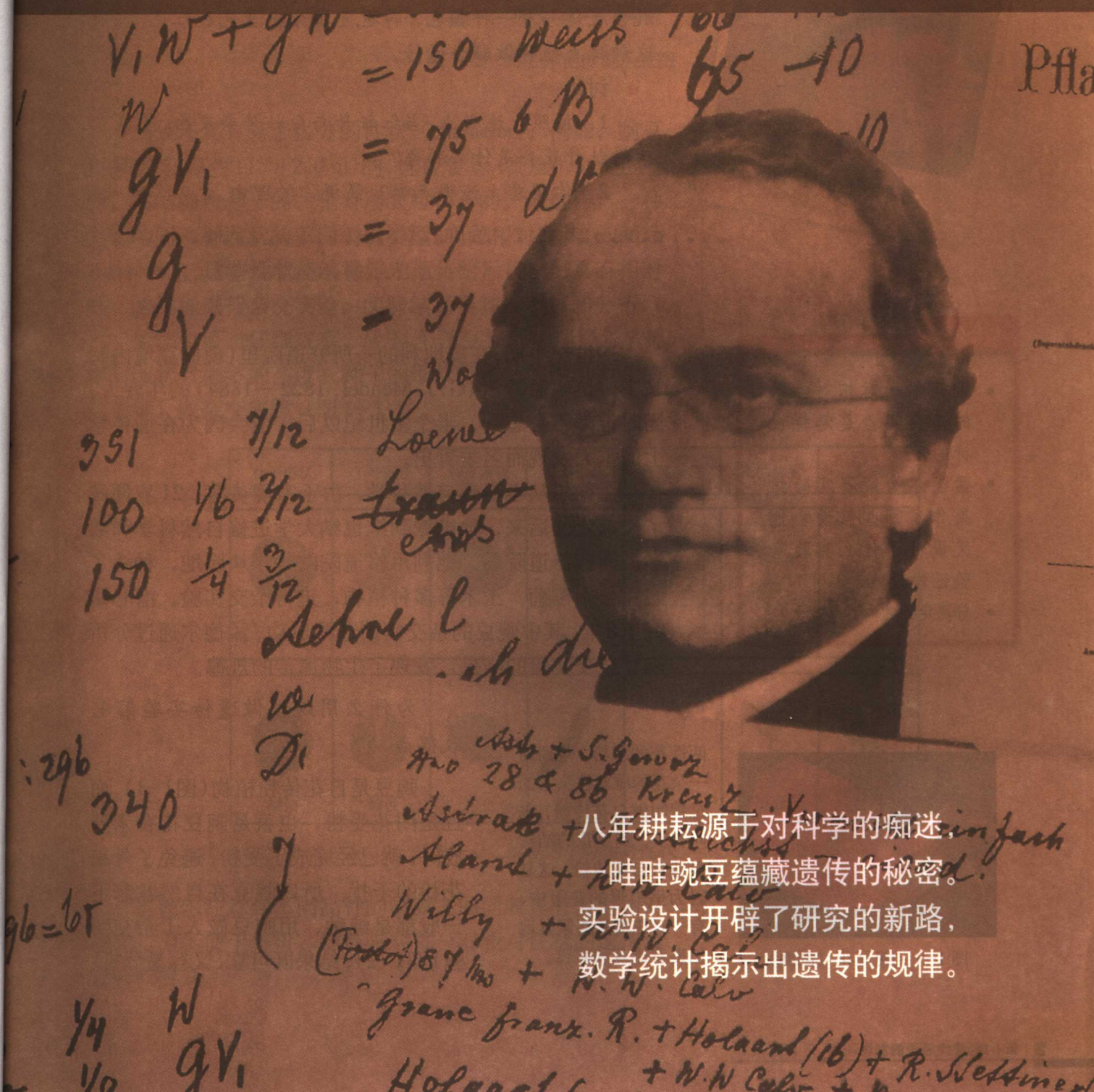
科学·技术·社会 理想的“地质时钟” 127



第1章 遗传因子的发现

遗传，俯拾皆是生物现象，其中的奥秘却隐藏至深。人类对它的探索之路，充满着艰难曲折，又那么精彩绝伦！

让我们从140多年前孟德尔的植物杂交实验开始，循着科学家的足迹，探索遗传的奥秘。



第1节 孟德尔的豌豆杂交实验（一）

问题探讨



不同颜色的牡丹花

人们曾经认为两个亲本杂交后，双亲的遗传物质会在子代体内发生混合，使子代表现出介于双亲之间的性状。就像把一瓶蓝墨水和一瓶红墨水倒在一起，混合液是另外一种颜色，再也无法分出蓝色和红色。这种观点也称做融合遗传。

讨论：

1. 按照上述观点，当红牡丹与白牡丹杂交后，子代的牡丹花会是什么颜色？
2. 你同意上述观点吗？说说你的理由。

本节聚焦

- 孟德尔一对相对性状的杂交实验是怎样设计的？
- 孟德尔为解释实验结果作了哪些假设？他又设计了什么实验来验证假设？
- 分离定律的内容是什么？

19世纪中期，在奥地利的一所修道院里（现捷克境内），来了一位叫孟德尔（G. J. Mendel, 1822—1884）的年轻人。当时谁都不会想到，半个多世纪以后，他会因为在遗传学上的重大发现而名垂青史。

孟德尔从小喜爱自然科学，由于家境贫寒，21岁便做了修道士。后来，他被派到维也纳大学进修自然科学和数学。回到修道院后，他利用修道院的一小块园地，种植了豌豆、山柳菊、玉米等多种植物，进行杂交实验，潜心研究了8年。其中豌豆的杂交实验非常成功，孟德尔通过分析豌豆杂交实验的结果，发现了生物遗传的规律。

为什么用豌豆做遗传实验容易取得成功？

豌豆是自花传粉植物（图1-1），而且是闭花受粉，也就是豌豆花在未开放时，就已经完成了受粉，避免了外来花粉的干扰。所以豌豆在自然状态下一般都是纯种，用豌豆做人工杂交实验（图1-2），结果既可靠，又容易分析。



图1-1 豌豆花（剖面）

两性花的花粉，落到同一朵花的雌蕊柱头上的过程叫做自花传粉，也叫自交。豌豆花的结构很适合自花传粉，这是因为呈蝶形花冠中，有一对花瓣始终紧紧地包裹着雄蕊和雌蕊。

两朵花之间的传粉过程叫做异花传粉。不同植株的花进行异花传粉时，供应花粉的植株叫做父本（♂），接受花粉的植株叫做母本（♀）。孟德尔在做杂交实验时，先除去未成熟花的全部雄蕊，这叫做去雄。然后，套上纸袋。待雌蕊成熟时，采集另一植株的花粉，撒在去雄花的雌蕊的柱头上，再套上纸袋。

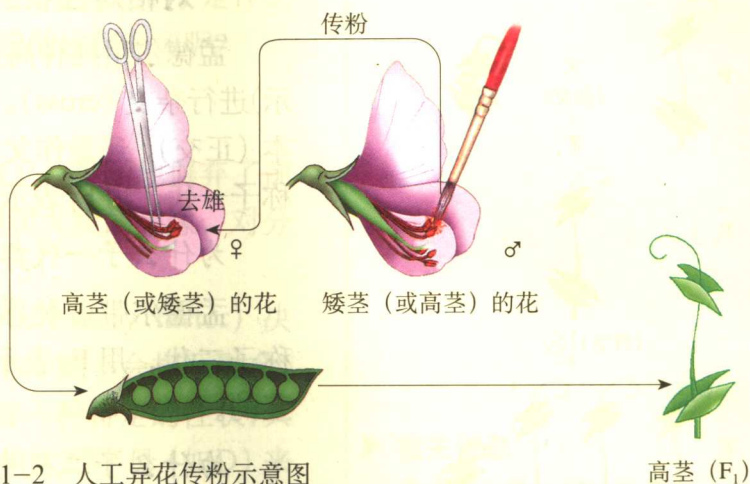


图 1-2 人工异花传粉示意图

豌豆还具有易于区分的性状 (character)。例如，豌豆中有高茎(高度1.5~2.0 m)的，也有矮茎(高度0.3 m左右)的；有结圆粒种子的，也有结皱粒种子的。像这样，一种生物的同一种性状的不同表现类型，叫做相对性状(relative character)。这些性状能够稳定地遗传给后代。用具有相对性状的植株进行杂交实验，实验结果很容易观察和分析。

孟德尔经过仔细观察，从 34 个豌豆品种中选择了 7 对相对性状（如茎的高度、种子的形状、子叶的颜色、花的位置等）做杂交实验（图 1-3）。

种子形状	子叶颜色	种皮颜色	豆荚形状	豆荚颜色	花的位置	茎的高度
 圆滑	 黄色	 灰色	 饱满	 绿色	 叶腋	 高茎
 皱缩	 绿色	 白色	 不饱满	 黄色	 茎顶	 矮茎

图 1-3 豌豆的 7 对相对性状

孟德尔注意到不同品种的豌豆之间同时具有多对相对性状。为了便于分析，他首先对每一对相对性状的遗传分别进行研究。

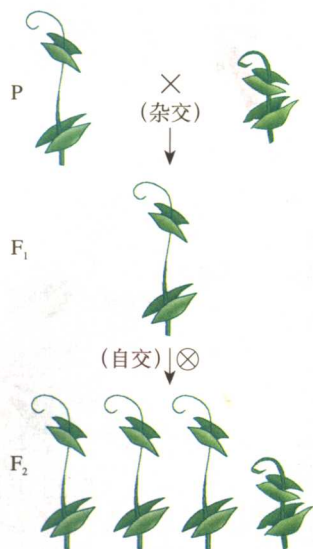


图 1-4 高茎豌豆和矮茎豌豆的杂交实验

一对相对性状的杂交实验

孟德尔用纯种高茎豌豆与纯种矮茎豌豆作亲本(用P表示)进行杂交(cross)。他惊奇地发现,无论用高茎豌豆作母本(正交),还是作父本(反交),杂交后产生的第一代(简称子一代,用 F_1 表示)总是高茎的(图1-4)。

为什么子一代都是高茎而没有矮茎的呢?

孟德尔带着疑惑,用子一代自交,结果在第二代(简称子二代,用 F_2 表示)植株中,不仅有高茎的,还有矮茎的。

为什么子二代中矮茎性状又出现了呢?

看来矮茎性状在子一代中只是隐而未现。

孟德尔把 F_1 中显现出来的性状,叫做显性性状(dominant character),如高茎;未显现出来的性状,叫做隐性性状(recessive character),如矮茎。在杂种后代中,同时出现显性性状和隐性性状的现象叫做性状分离。

孟德尔没有停留在对实验现象的观察与描述上,而是对 F_2 中不同性状的个体进行数量统计,分析 F_2 中高茎植株与矮茎植株之间的数量关系。结果发现在所得的1 064株 F_2 植株中,787株是高茎,277株是矮茎,高茎与矮茎的数量比接近3:1。

F_2 中出现3:1的性状分离比是偶然的吗?

孟德尔还对豌豆的其他6对相对性状进行了杂交实验,实验结果如表1-1。

表 1-1 孟德尔做的豌豆杂交实验的结果

性 状	F_2 的表现				
	显 性		隐 性		显性:隐性
种子的形状	圆粒	5 474	皱粒	1 850	2.96 : 1
茎的高度	高茎	787	矮茎	277	2.84 : 1
子叶的颜色	黄色	6 022	绿色	2 001	3.01 : 1
种皮的颜色	灰色	705	白色	224	3.15 : 1
豆荚的形状	饱满	882	不饱满	299	2.95 : 1
豆荚的颜色(未成熟)	绿色	428	黄色	152	2.82 : 1
花的位置	腋生	651	顶生	207	3.14 : 1

看来, F_2 中出现 3:1 的性状分离比不是偶然的。是什么原因导致遗传性状在杂种后代中按一定的比例分离呢?

对分离现象的解释

孟德尔在观察和统计分析的基础上, 果断地摒弃了前人融合遗传的观点, 通过严谨的推理和大胆的想像, 对分离现象的原因提出了如下假说(图 1-5)。

(1) 生物的性状是由遗传因子(hereditary factor)决定的。这些因子就像一个个独立的颗粒, 既不会相互融合, 也不会传递中消失。每个因子决定着一种特定的性状, 其中决定显性性状的为显性遗传因子, 用大写字母(如 D)来表示; 决定隐性性状的为隐性遗传因子, 用小写字母(如 d)来表示。

(2) 体细胞中遗传因子是成对存在的。例如, 纯种高茎豌豆的体细胞中有成对的遗传因子 DD, 纯种矮茎豌豆的体细胞中有成对的遗传因子 dd。像这样, 遗传因子组成相同的个体叫做纯合子。因为 F_1 自交的后代中出现了隐性性状, 所以在 F_1 细胞中必然含有隐性遗传因子; 而 F_1 表现的是显性性状, 因此 F_1 体细胞中的遗传因子应该是 Dd。像这样, 遗传因子组成不同的个体叫做杂合子。

(3) 生物体在形成生殖细胞——配子时, 成对的遗传因子彼此分离, 分别进入不同的配子中。配子中只含有每对遗传因子中的一个。

(4) 受精时, 雌雄配子的结合是随机的。例如, 含遗传因子 D 的配子, 既可以与含遗传因子 D 的配子结合, 又可以与含遗传因子 d 的配子结合。

► 相关信息

在孟德尔提出这一假说时, 生物学界还没有认识到配子形成和受精过程中染色体的变化。孟德尔根据实验现象提出的遗传因子在体细胞中成对存在, 在配子中单个出现, 是超越自己时代的一种非凡的设想。

❓ 假如雌雄配子的结合不是随机的, F_2 中还会出现 3:1 的性状分离比吗?

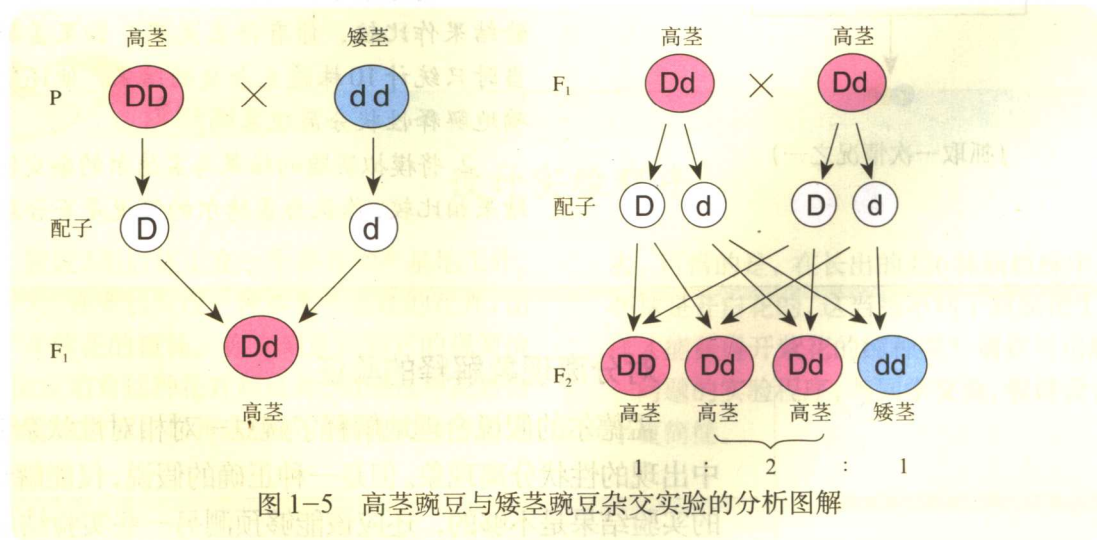


图 1-5 高茎豌豆与矮茎豌豆杂交实验的分析图解

请你根据孟德尔的假设,和同桌同学讨论高茎豌豆与矮茎豌豆杂交实验的分析图解。

我们还可以通过模拟实验,来体验孟德尔的假说。



实验

性状分离比的模拟

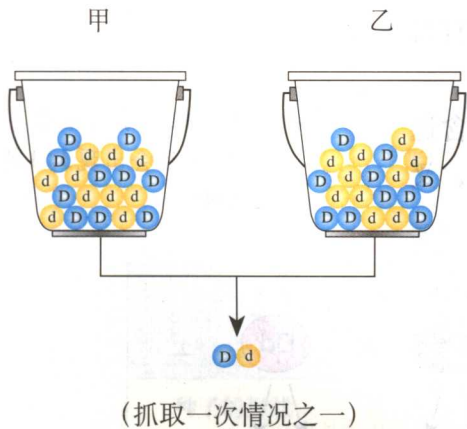
本实验用甲、乙两个小桶分别代表雌、雄生殖器官,甲、乙小桶内的彩球分别代表雌、雄配子,用不同彩球的随机组合,模拟生物在生殖过程中,雌雄配子的随机结合。建议两人一组合作完成。

目的要求

通过模拟实验,认识和理解遗传因子的分离和配子的随机结合与性状之间的数量关系,体验孟德尔的假说。

材料用具

小桶2个,分别标记甲、乙;两种不同颜色的彩球各20个,一种彩球标记D,另一种彩球标记d;记录用的纸和笔。



方法步骤

- (1)在甲、乙两个小桶中放入两种彩球各10个。
- (2)摇动两个小桶,使小桶内的彩球充分混合。
- (3)分别从两个桶内随机抓取一个小球,组合在一起,记下两个彩球的字母组合。
- (4)将抓取的彩球放回原来的小桶内,摇匀,按步骤(3)重复做50~100次。

结果和结论

1. 统计实验结果:彩球组合有几种?每种组合的数量是多少?计算彩球组合类型之间的数量比。设计表格,记录实验结果。
2. 统计全班的实验结果,求平均值。计算小球组合类型之间的数量比。
3. 两个彩球的组合代表什么?
4. 结论: _____。

讨论

1. 将每个小组的实验结果与全班总的实验结果作比较,你有什么发现?如果孟德尔当时只统计10株豌豆杂交的结果,他还能正确地解释性状分离现象吗?
2. 将模拟实验的结果与孟德尔的杂交实验结果相比较,你认为孟德尔的假说是否合理?

对分离现象解释的验证

孟德尔的假说合理地解释了豌豆一对相对性状杂交实验中出现的性状分离现象。但是一种正确的假说,仅能解释已有的实验结果是不够的,还应该能够预测另一些实验结果。

假说—演绎法 在观察和分析基础上提出问题以后，通过推理和想像提出解释问题的假说，根据假说进行演绎推理，再通过实验检验演绎推理的结论。如果实验结果与预期结论相符，就证明假说是正确的，反之，则说明假说是错误的。这是现代科学研究中常用的一种科学方法，叫做假说—演绎法。

想一想，这种方法与传统的归纳法有什么不同？

孟德尔巧妙地设计了测交 (test cross) 实验，让 F_1 与隐性纯合子杂交。假设孟德尔的假说是正确的，请你预测测交实验的结果。

孟德尔用子一代高茎豌豆 (Dd) 与矮茎豌豆 (dd) 杂交，在得到的 64 株后代中，30 株是高茎，34 株是矮茎，这两种性状的分离比接近 1 : 1 (图 1-6)。孟德尔所做的测交实验的结果验证了他的假说。

分离定律

孟德尔一对相对性状的实验结果及其解释，后人把它归纳为孟德尔第一定律，又称分离定律 (law of segregation)：在生物的体细胞中，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。

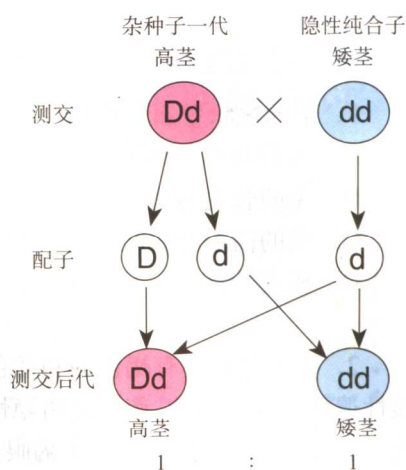


图 1-6 一对相对性状测交实验的分析图解



技能训练

设计实验程序

假设 3 年后你正在一个花卉生产基地工作。有一天，你突然发现一种本来开白花的花卉，出现了开紫花的植株。你立刻意识到它的观赏价值，决定培育这种花卉新品种。知道这种花是自花受粉的以后，你将这株紫花植株的种子种下

去，可惜的是，在长出的 126 株新植株中，却有 46 株是开白花的，这当然不利于商品化生产。怎样才能获得开紫花的纯种呢？请你写出解决这一问题的实验程序，与同学交流，看谁设计的程序更简捷。



练习

一、基础题

1. 下列性状中属于相对性状的是:

- A. 人的身高与体重;
- B. 兔的长毛与短毛;
- C. 猫的白毛与蓝眼;
- D. 棉花的细绒与长绒。

答 []

2. 人眼的虹膜有褐色的和蓝色的, 褐色是由显性遗传因子控制的, 蓝色是由隐性遗传因子控制的。已知一个蓝眼男人与一个褐眼女人(这个女人的母亲是蓝眼)结婚, 这对夫妇生下蓝眼女孩的可能性是:

- A. $1/2$;
- B. $1/4$;
- C. $1/8$;
- D. $1/6$ 。

答 []

3. 水稻的非糯性和糯性是一对相对性状, 非糯性花粉中所含的淀粉为直链淀粉, 遇碘变蓝黑色, 而糯性花粉中所含的是支链淀粉, 遇碘变橙红色。现在用纯种的非糯性水稻和糯性水稻杂交, 取 F_1 花粉加碘液染色, 在显微镜下观察, 花粉有一半呈蓝黑色, 一半呈橙红色。请回答:

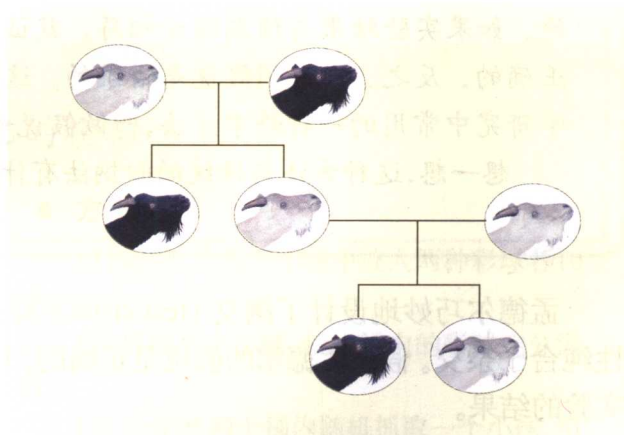
(1) 花粉出现这种比例的原因是_____

(2) 实验结果验证了_____

(3) 如果让 F_1 自交, 产生的植株中花粉有_____种类型。

4. 观察羊的毛色遗传图解, 据图回答问题。

(1) 毛色的显性性状是_____, 隐性性状是_____。



羊的毛色遗传图解

(2) 白毛羊与白毛羊通过有性生殖产生的后代中出现了黑毛羊, 这种现象在遗传学上称为_____. 产生这种现象的原因是_____。

二、拓展题

1. 某农场养了一群马, 马的毛色有栗色和白色两种。已知栗色和白色分别由遗传因子B和b控制。育种工作者从中选出一匹健壮的栗色公马, 拟设计配种方案鉴定它是纯合子还是杂合子(就毛色而言)。

(1) 在正常情况下, 一匹母马一次只能生一匹小马。为了在一个配种季节里完成这项鉴定, 应该怎样配种?

(2) 杂交后代可能出现哪些结果? 如何根据结果判断栗色公马是纯合子还是杂合子?

2. 孟德尔说: “任何实验的价值和效用, 决定于所使用材料对于实验目的的适合性。”结合孟德尔的杂交实验, 谈谈你对这句话的理解。

3. 除孟德尔的杂交实验外, 你还能举出科学研究中运用假说—演绎法的实例吗?