

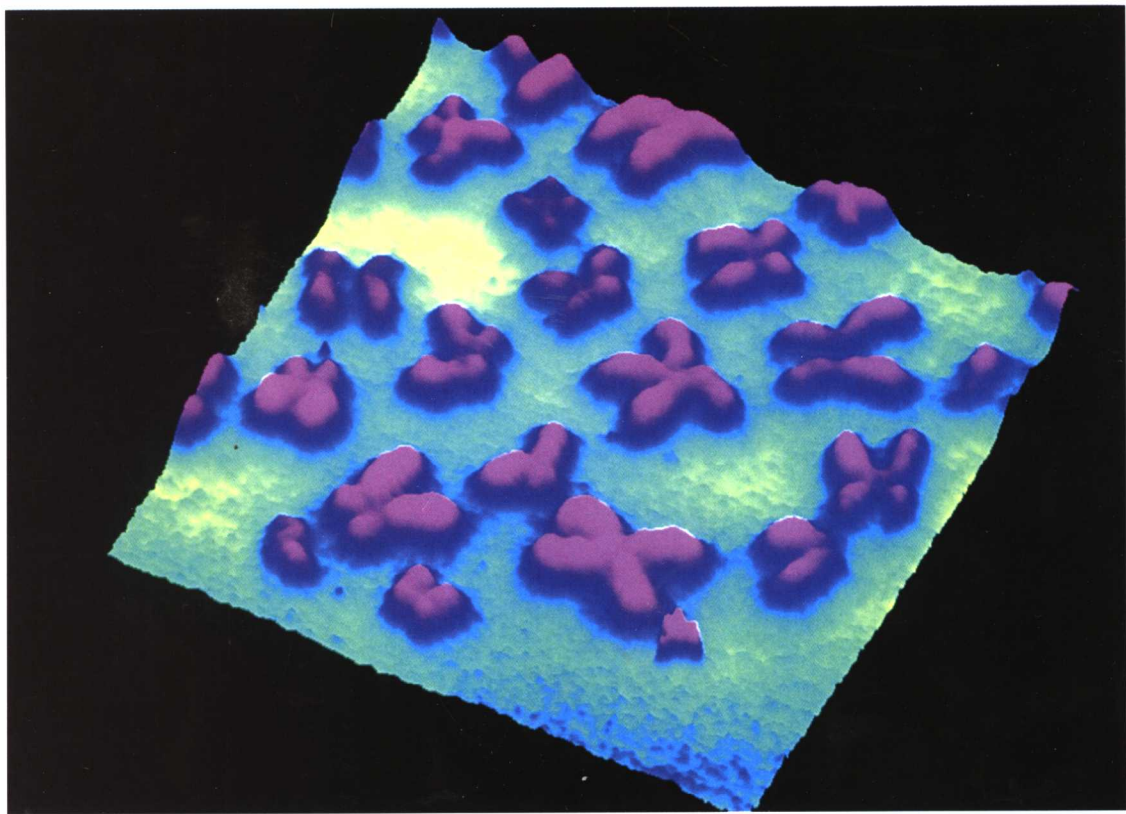


探识生物学

第3卷

遗传

GENETICS



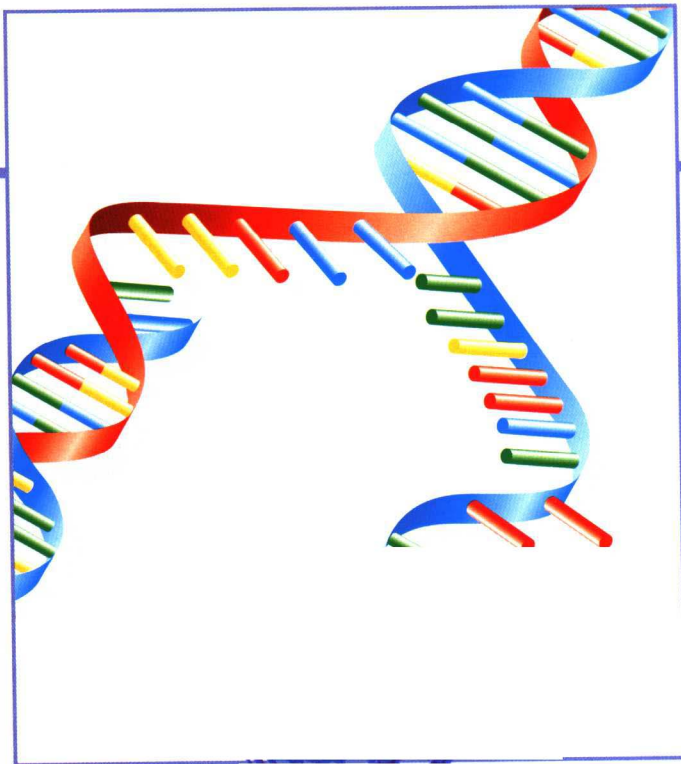
山东教育出版社



探识生物学

第 3 卷

遗 传



山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

遗传 / (英) 哈维 (Harvey, D.) 等著; 张学杰等译.
— 济南: 山东教育出版社, 2005
(探识生物学; 3)
ISBN 7-5328-4988-0

I. 遗... II. ①哈... ②张... III. 遗传学—普及读物 IV. Q3-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第031751号

Published 2004 by Grolier
An imprint of Scholastic Library Publishing
Old Sherman Turnpike
Danbury, Connecticut 06816

© 2004 The Brown Reference Group plc

All rights reserved. Except for use in a review, no part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or otherwise, without prior permission of Grolier.

版权专有。未经Brown Reference Group许可, 不得以任何形式, 包括电子的或机械的方式进行照片复制或录音, 或是将信息存贮在任何检索系统上, 翻译或转载书中的任何内容。

中文简体字版由Brown Reference Group授于山东教育出版社出版, 并只在中华人民共和国境内销售。

山东省版权局著作权合同登记号:
图字15-2004-47号。

探识生物学

第3卷

遗传

(英) 哈维 (Harvey, D.) 等著
张学杰 张颖颖 齐兴云 译

出版者: 山东教育出版社
(济南市纬一路321号 邮编: 250001)

电话: (0531) 2092663 传真: (0531) 2092661

网址: <http://www.sjs.com.cn>

发行者: 山东教育出版社

印刷: 山东新华印刷厂临沂厂

版次: 2005年5月第1版第1次印刷

印数: 1—5000册

规格: 216mm × 279mm

印张: 4.5印张

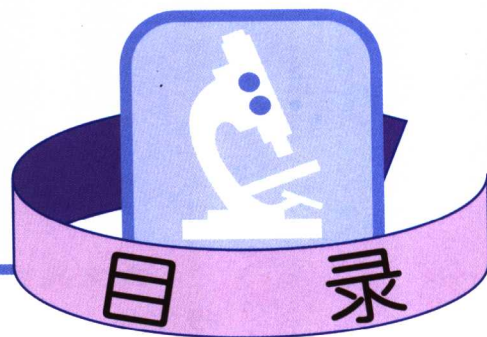
书号: ISBN 7-5328-4988-0

定价: 20.00元

生命的世界如此绚丽多彩, 还有什么能比生命的故事更令人沉醉呢? 《探识生物学》丛书为我们讲述了这些有关生命的故事。

丛书包括《生物学入门》、《细胞》、《遗传》、《微生物》、《植物》、《动物》、《人体》、《生殖》、《进化》、《生态》。丛书通过完整的结构、清晰的层次、浅显易懂的语言和精美的图片为你展示了生命科学的发展历程和最新思想, 而富有特色的专栏将令你对探索生命的奥秘产生无限的向往——

- **广角聚焦:** 让你更加详尽地了解一些生物学中的关键问题。
- **历史回顾:** 介绍生物学发展史中的重要事件和人物。
- **趣味尝试:** 通过简单易行的实验让你体会探索的乐趣。
- **你的观点:** 引导你在阐述自己观点的过程中提高分析问题的能力。
- **热点讨论:** 为你呈现生物学的热点问题及其引发的争议。
- **快乐点击:** 纠正你对生物学知识的一些错误认识。
- **遗传视角:** 列举了最新的遗传研究动态。
- **实际应用:** 展示了生物学知识在生产与生活中的应用。



第3卷
遗 传

什么是遗传学	4
从父母到子女	8
细胞与染色体	16
DNA和RNA	26
基因组	38
人类遗传学	50
应用遗传学	60
词汇表	71

什么是遗传学

究竟是什么决定了你的身高、头发颜色、耳廓、血型及身体的其他特征呢？答案是你的基因。

▼ 尽管生长环境会影响孩子的身高和体重等特征，但像眼睛的颜色等特征还是由从父母那里获得的基因决定的（见6页）。

我们的一切，从模样到身体怎样行使功能，都是由基因控制的。基因是组成遗传密码的信息包，你是从父

母那里获得它们的。基因是一长段叫做脱氧核糖核酸（DNA）的化学物质（见26—37页）。遗传学研究的是基因怎样在世代间传递以及DNA与其他化学物质的作用。

我们身体的大多数细胞都有一个控制中心，叫做细胞核。细胞核包含构建人体和维持其功能所需的全部基因。生物体的全套基因叫做





讨论差异

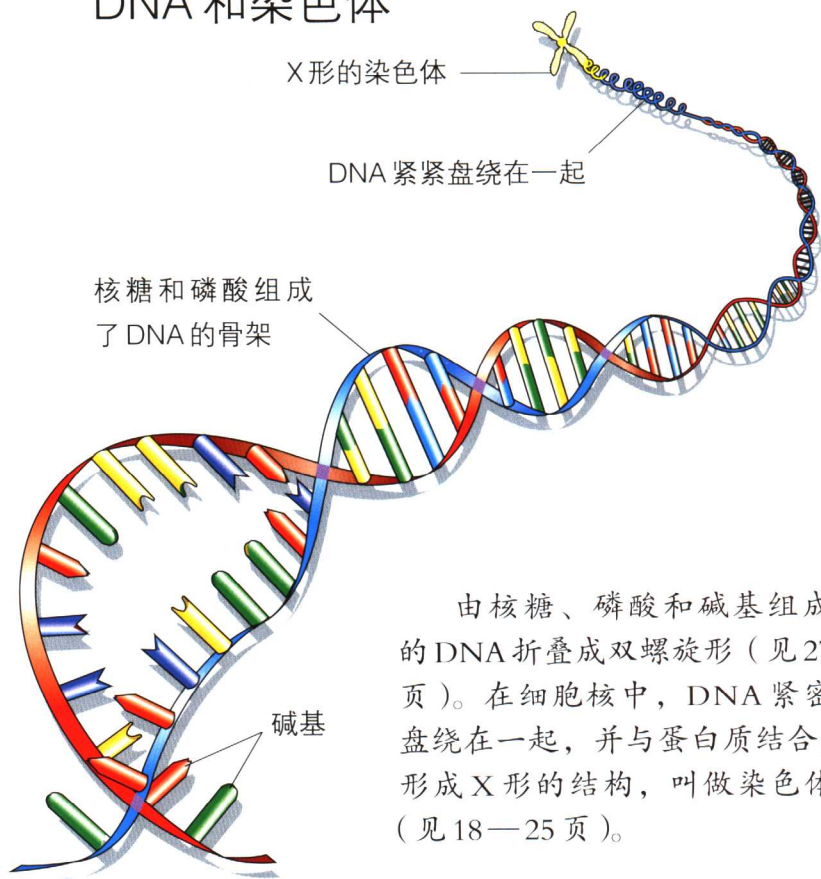
基因组（见38—49页）。携带基因的DNA组成染色体（见18—25页）。每个物种的染色体数目是固定的，如人类有46条染色体。

看看班级里其他同学，为什么会有好几种不同的发色？发色是由头发中的色素产生的。色素通过细胞内的化学反应来合成，不同的反应产生不同的色素，每个反应都需要一种酶。不同发色的人基因组成也不同，不同的组成导致产生不同的酶。

DNA的重要性

基因是DNA分子上的碱基序列。众所周知，离开了DNA生命就不能存在。DNA分子上的基因通过控制细胞内蛋白质的产生来起作用。蛋白质可以是激素类的产物（见7卷54—55页）。蛋白质还包括酶类，如果没有它们，体内的化学反应就无法进行（见1卷33—35页）。合成蛋白质需要用到DNA，还需要另一种相似的化学物质RNA。

DNA和染色体





◀ 科学家正在观察一个人的DNA电泳图（见36—37页）。遗传学的进展使科学家们在破案和生物学研究中可以运用一种重要的技术——DNA指纹技术。

因是相同的，但不同的等位基因也可成对组合。机体是如何判断该按照哪套遗传指令来工作的呢？

答案是有些等位基因是显性的，当显性基因存在时，由它们所编码的性状总是能表现出来。有些等位基因是隐性的，只有在缺少显性基因的情况下隐性基因才能发挥作用（见11—13页）。

继续进行

受精卵形成后，细胞进行多次分裂。随着生长，细胞分裂持续进行。有些种类的细胞在你出生后不久就停止了分裂，另外一些将在你的有生之年不断分裂，如修补伤口的细胞等。细胞分裂产生的新细胞需要新的染色体组。一个被称为有丝分裂的过程能够使DNA精确地分配到两个细胞中（见16—20

等位基因

我们身体每一个细胞里的46条染色体中，一半来自母亲，另一半则来自于父亲。雄性生殖细胞或者说是精子，携带着一组染色体。雌性生殖细胞或者叫做卵细胞，携带着另外一组染色体。在受精过程中，精子与卵细胞融合形成受精卵。你和其他任何人的生命都是从这个受精卵开始的。在那里，父母为你提供染色体组开始一起工作，它们造就了你。

染色体上携带的基因告诉你的细胞，头发应该是什么颜色、鼻子该有多大，你身体的每个特征都是由基因决定的。任何特征都是由一对等位基因编码的，一个来自你的母亲，另一个则来自你的父亲。有时候两个等位基

热点讨论

基因和环境

并不是所有的特征都是由基因决定的——有些是受环境影响的。比如说，人的体重受他摄入能量多少和进行锻炼多少的影响。同样，智力和犯罪倾向等特征也许与基因有关，但它们也受个体生长环境的影响。那么，环境和基因究竟哪个更重要呢？



应用遗传学知识

页), 这将保证体内的每个细胞都能拥有相同的一组基因。

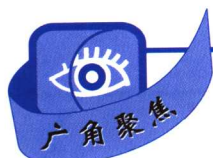
性细胞产生时, 情况就不同了。像其他细胞一样, 性细胞也通过分裂产生, DNA 需要进行复制。然而产生的性细胞只有 23 条染色体, 而不是 46 条。同时, DNA 还要稍稍混合一下以形成一些新的基因组合, 从而增加遗传多样性。性细胞产生的这一过程被称为减数分裂 (见 20—25 页)。

科学家们应用遗传学方面的知识来改变生物的特性。为获得有用的特性, 人们对植物和动物进行选择育种 (见 60—62 页)。近年来, 作物和牲畜已经被基因修饰 (改变) 以抵抗病虫害或提高产量。转基因生物在医药方面也大有用处, 如胰岛素的生产等 (见 65—66 页)。对遗传的了解有助于医生计算出血友病等遗传疾病发生的可能性。

2003 年 4 月人类基因组计划完成以后, 遗传学取得了更多进展 (见 58—59 页)。通过该计划, 得到了人类的基因图谱, 这对于医药工作者来说是无价之宝。



经基因修饰的高粱。



基因的开启和关闭

几乎体内每个细胞都有相同的一组基因。这是因为在每次细胞分裂时, DNA 都进行复制。然而, 肌肉细胞和脑细

胞等最终怎样才能行使不同的功能呢? 在体内基因是开启还是关闭, 是由其在体内的位置和发育过程中所处的阶段来决

定的。因此, 尽管具有相同的基因, 但肌肉细胞能收缩, 脑细胞能传递神经冲动。



▲ 植物学家孟德尔被认为是遗传学之父。

现代生物学家关于遗传学的了解，即性状由父母传递给下一代的途径，开始于19世纪一位名叫格雷格尔·孟德尔（Gregor Mendel）的修士的发现。

你是否曾疑惑过，为什么你看上去更像你的家庭成员而不像你学校里的朋友？或者为什么猫不能生下一只狗？答案在遗传学研究中。

性状以基因的形式从亲代传递到子代。现在科学家们已经知道，基因由脱氧核糖核酸或者说是DNA分子上的片段携带着。

现在，性状在世代之间传递的途径已经非常清楚了。然而在19世纪晚期以前，遗传仍然是神秘的。揭示遗传奥秘的是奥地利修士孟德尔（1822—1884）。

修道院的实验

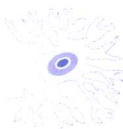
孟德尔在修道院的花园里进行了大量实验。他对不同的豌豆品种进行杂交。这



历史回顾

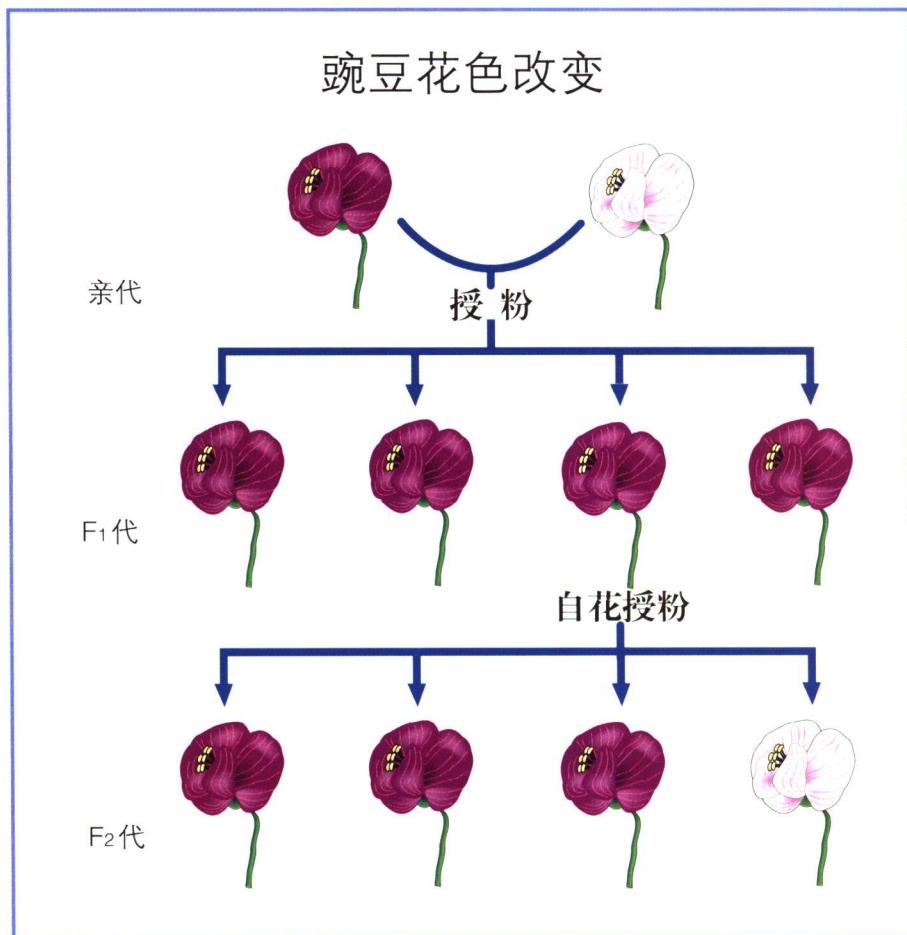
另外一种遗传理论

孟德尔发现，其他一些科学家的发现对他的研究很有用。德国植物学家约瑟夫·葛丽柏·克尔罗伊特（Josef Gottlieb Kolreuter）指出父母双方对子代性状的作用是相等的，但亲代究竟起到什么作用仍旧不清楚。在



些豌豆有各种不同性状，如花色和种子的形状，很容易区别和统计。雌花中的卵细胞由花粉受精，花粉是由雄花释放出来的，其中有性细胞（见5卷35—39页）。受精卵发育为种子。用细刷子来传粉，孟德尔可以对两株植物进行杂交或者使植物进行自花授粉。

右图表显示了孟德尔的一次实验中发生的情况。他将紫花豌豆与白花豌豆杂交，把产生的种子（称为F₁代）种植下去，所有长出的新个体都是紫花。



随后，孟德尔将F₁代进行自花授粉。在新个体（F₂代）中，四分之三是紫花，但有四分之一是白花。这究竟是因为什么呢？

▲ 孟德尔早期的一次实验中发生的情况。在豌豆的F₁代中，白花消失了，只有在F₂代中才再次出现。

孟德尔的工作没有被重新发现之前（见15页），查尔斯·达尔文（Charles Darwin, 1809—1882）等科学家猜测，性状是可以混合的，就像颜料混合那样（见9卷20—21

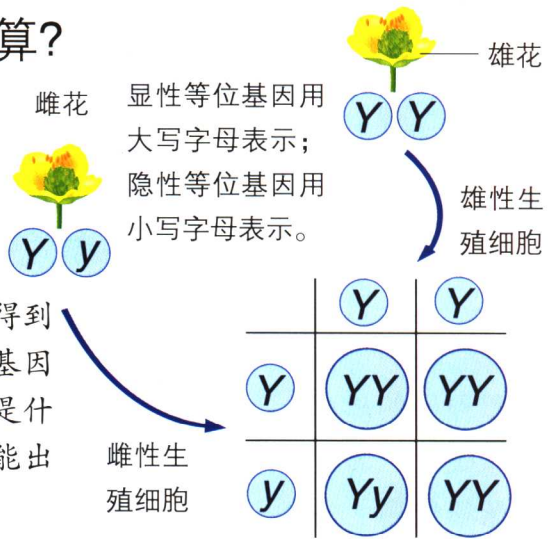
页）。所以，将红花和蓝花杂交将得到两者的混合物——紫色的花。然而，混合并不是正确答案，因为它将导致任何多样性很快消失。



怎样用棋盘格法进行计算？

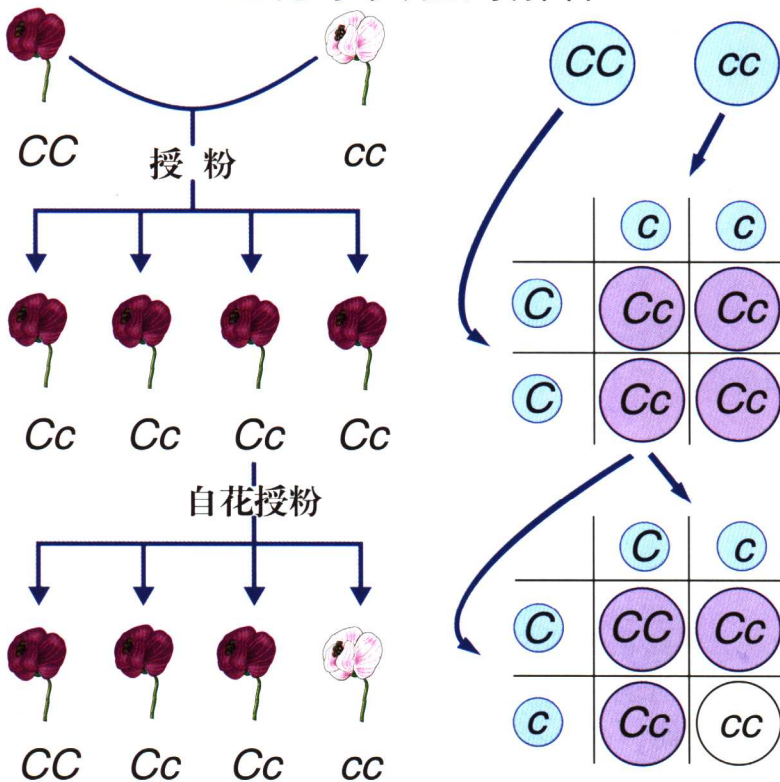
在已知亲本基因型的情况下，棋盘格法是一种简便的推断后代基因型的方法。要填充棋盘，首先要把亲本基因型的每个等位基因分开，这表示等位基因在生殖细胞形成过程中发生分离。然后，把雌性生殖细胞中的等位基因写在棋盘格的一

边，把雄性生殖细胞中的等位基因写在另一边。在棋盘格中，将其中一个等位基因与另外一个等位基因合起来，就得到了子代所有可能具有的基因型。这会告诉你子代将是什么样以及产生的表型可能出现的比例。



等位基因从亲本随机分布到子代中。棋盘格法显示了等位基因的组合和它们发生的比例。这里，四分之三的子代是YY，其余的是Yy。

孟德尔实验的解释



本图表说明了第9页所描述实验的结果。

对实验结果的解释

孟德尔推测，那些负责传递诸如花色等性状的粒子是成对存在的，每个亲本植物提供一个粒子。他还进一步推断，这些粒子在性细胞（此处指卵细胞和花粉）形成过程中相互分离。所以，每个性细胞里包含一个粒子。但是产生的子代中有两个粒子，这是由于两个性细胞融合形成子代。孟德尔的遗传粒子现在就叫做基因。在花



基因型与表型

“基因型”与“表型”是两个重要的名词。基因型是指生物体内的基因组成。表型是生物体的特性，由其基因型编码。在豌豆中，有两种可能的基因型会产生紫花表型，它们是CC和Cc。

色实验中，孟德尔推断紫花的亲本有两个相同的基因，我们记作CC。白花的亲本有另外两个相同的基因，记作cc。紫花亲本产生的每个性细胞中都包含有一个C基因，白花亲本产生的每个性细胞中都包含有一个c基因。

F₁代从双亲那里各得到一个基因。但是所有的子代都是紫花，这是因为C基因表达而c基因没有表达。生物学家把同一基因的不同形式称为等位基因。其中一个等位基因C编码紫花的性状，另外一个等位基因c编码白花的性状。只要有等位基因C，

就能产生紫花，我们称C为显性基因。只有在没有C的时候，基因c才能表达（这里产生白花），我们称c为隐性基因。

F₂代

因为所有F₁代的基因型都是Cc，所以它们的花都是紫色的（可见上边的框内）。看一下第10页上的棋盘格，就能明白是怎么回事了。F₁代植株有等位基因c，如果显性基因C不存在的话，就能产生白花。每个性细胞只能得到一个等位基因，这就是孟德尔第一定律——分离定律。



▲ 假定有一个等位基因E控制着胸部羽毛的颜色，那么这只北美红雀的基因型应该是EE或者Ee。红的毛色是一种与等位基因的这两种组合密切相关的表型。

怎样描述成对的等位基因？

生物学家用一些术语来表示成对的等位基因。要是两个等位基因相同——如在花色实验中的CC，它们就形成纯合子。如果不同——如Cc，那么这对等位基因就是杂合子。



随机的重要性

等位基因传递到下一代的途径大多是随机的。使卵细胞受精的花粉粒携带的等位基因是显性还是隐性是一个随机事件。可以假定孟德

尔在他的花色实验中正好用到了杂合的植株 (Cc)，植株将会产生大体相等数量的携带C基因和c基因的花粉粒。然而，由于随机性，可

能最终只有携带c基因的花粉使其他植株受精。孟德尔使用了成千的植株来进行实验，以便将随机对结果的影响降到最小。



测交

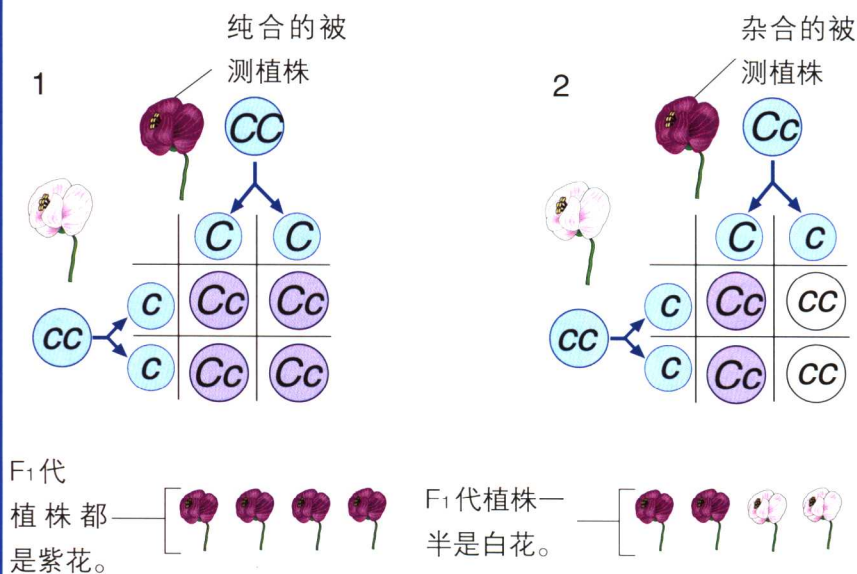
孟德尔意识到他可以通过测交来检测植株的基因型。要查明一株紫花豌豆的基因型，孟德尔将其与一株开白花的植株杂交。这很容易理解：有两个隐性等位基因的植株开白花。孟德尔知道，白花豌豆的基因型一定是cc。

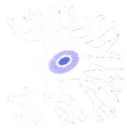
他知道被测植株至少有一个C基因，因为其花色为紫色。要是其基因型为CC (1)，所有的F₁代应该都是紫花的（因为其基因型均为Cc）。如果被测植株基因型为Cc (2)，子代中应有一半的白花植株（因其基因型为cc）。

将F₁代植株进行自交，子代可能出现以下三种基因型：CC、Cc和cc。第10页的棋盘格已经解释了其原因。这三种基因型只有两种表型——由于C能够掩盖c，所以CC和Cc具有相同的表型。四分之三的F₂代植株开紫花，其余的开白花。

等位基因的去向

在植物形成性细胞的时候，是不是从母本处获得的等位基因进入一个性细胞，而来自父本的等位基因则进





入另一个性细胞中？或者是单独一个性细胞就能获得来自父母双方的等位基因？孟德尔设计了一个实验以揭示真相。14页上的图表显示了实验中发生的情形。

豌豆种子的颜色和形状是受基因控制的。有两个等位基因控制颜色：显性的Y能产生黄色的种子，隐性的y纯合时产生绿色的种子。种子的形状也是由两个等位基因控制的：显性的为R，产生饱满的种子；隐性的为r，产生皱缩的种子。

在孟德尔的实验中，一个亲本能产生饱满的黄色种子（其基因型为YYRR），另外一个亲本产生绿色皱缩的种子（yyrr）。将它们杂交，产生的F₁代植株对两个基因来说都是杂合子，即YyRr。F₁代植株中存在着显性等位基因，它们是黄色和饱满的。然后，



显性是怎样起作用的

是什么使一个等位基因为显性而另一个为隐性呢？基因指导着细胞内酶类等蛋白质的合成（见31—37页）。显性等位基因产生执行特定功能的酶类，隐性等位基因不编码这些酶类。因此显性等位基因能表现出来，隐性等位基因则不能。

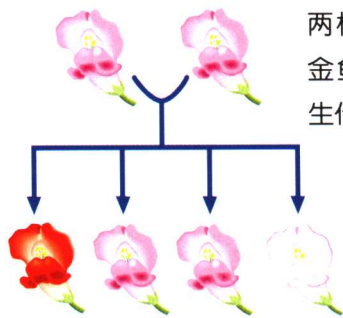
单独一个显性等位基因必须合成足够的酶来产生与其相关的表型。然而，有时这种情况并不出现。将开红

花的金鱼草与开白花的金鱼草杂交，得到F₁代金鱼草，它们的花却是粉红色的。这是由不完全显性造成的。

在金鱼草中，显性等位基因（P）能合成红色素。在杂合子植株（Pp）中，植物体产生的色素只能使之呈现出粉红色。要是想呈现红色的话，金鱼草植株必须是纯合子（PP），由一对显性等位基因产生色素才能呈现红色。

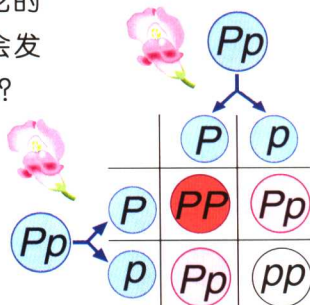


红花的金鱼草有两个显性等位基因（PP）。 粉红色花的金鱼草有一个显性等位基因（Pp）。 白花的金鱼草没有显性等位基因（pp）。



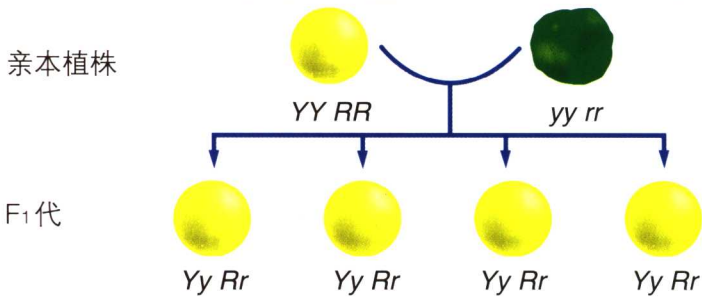
1. F₁代植株中将出现红色和白色的花。

两株粉红色花的金鱼草杂交会发生什么情况呢？



2. 棋盘格说明为什么出现这种情况。

亲本的等位基因是如何分离的



雄性生殖细胞中的等位基因

YR Yr yR yr

F₂代

雌性生殖细胞中的等位基因

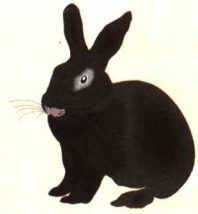
	YR	Yr	yR	yr
YR	$YY RR$	$YY Rr$	$Yy RR$	$Yy Rr$
Yr	$YY Rr$	$YY rr$	$Yy Rr$	$Yy rr$
yR	$Yy RR$	$Yy Rr$	$yy RR$	$yy Rr$
yr	$Yy Rr$	$Yy rr$	$yy Rr$	$yy rr$

F₂代中各种颜色和形状所占的百分比

形状	75%	25%
颜色	75%	25%

各种基因型的全部比率

9	3	3	1



深灰色

可能的基因型:

GG 、 Gg^{ch} 、 Gg^h 或者 Gg

孟德尔将F₁代进行自交。如果等位基因依然保持其在亲本中的结合方式的话，那么F₁代植株产生的性细胞就会有两种基因型——YR和yr中的一种。这样，F₂代植株中的四分之三将会是黄色饱满的，四分之一将会是绿色皱缩的。由于饱满的种子总是黄色的，皱缩的种子总是绿色的，我们似乎没有理由认为这些性状受不同的基因控制。

然而，事实并非如此。在性细胞的形成过程中，Y与y和R与r的分离是独立的。F₁代植株产生相等数量的具

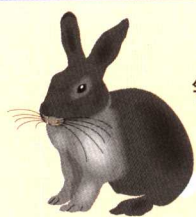
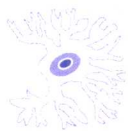
快乐点

关于连锁

在孟德尔死后很久，其他科学家发现了一些其第二定律的例外情况。正如孟德尔指出的那样，控制豌豆种

子形状和颜色的基因位于不同的染色体上，能够独立分离。然而，在同一染色体上的基因往往一起进入性细胞

中，这样的基因被认为是连锁的。



银灰色

基因型：
 $g^{ch}g^{ch}$



浅灰色

可能的基因型：
 $g^{ch}g^h$ 或者 $g^{ch}g$



喜马拉雅兔

可能的基因型：
 g^hg^h 或者 g^hg



白兔

基因型：
 gg

有四种不同基因型的性细胞，它们分别是YR、yR、Yr和yr。棋盘格显示，F₂代中有九种可能的基因型组合。新个体可能会具有三种颜色基因型（YY、Yy或yy）中的任何一种，也可能具有三种形状基因型（RR、Rr或rr）中的任何一种。

F₂代的表型

这些基因型的组合能产生四种表型，包括一些在亲本中未曾出现的表型，如黄色皱缩的种子等。棋盘格使我们能够预测F₂代中每种表型出现的多少。

通过该实验，孟德尔建立了其第二定律，即自由组合定律：不同基因的等位基因在性细胞形成的过程中自由分离。每个基因可能有多一个不同的等位基因，例如兔子皮毛的颜色是由四种等位

▲ 四种等位基因（G、g^{ch}、g^h和g）的不同组合决定了兔子的毛色。

基因控制的（见上图）。

不为人知的故事与发现

孟德尔在1866年发表了他的工作。在此后将近40年的时间里，一直没有引起人们的重视。后来，其他科学家再次发现了孟德尔的研究，并利用它得到了关于遗传的更多认识。科学家们发现基因位于染色体内，基因本身是由一段DNA分子组成的。

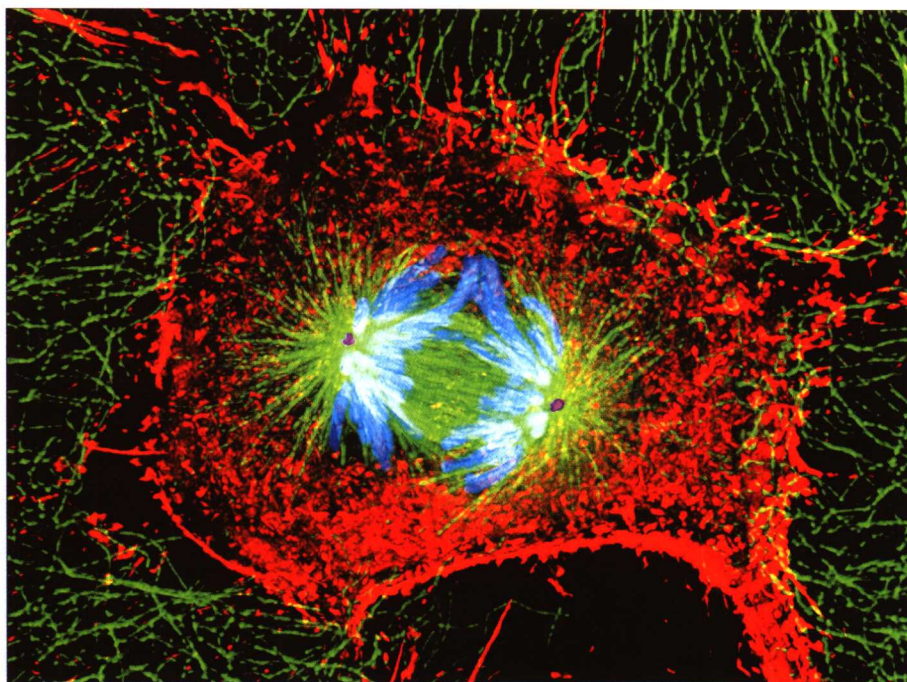
2003年遗传学家们完成了人类基因组计划，这是一张人体全部基因的图谱（见58—59页）。如果没有150多年前孟德尔在修道院花园里的工作，就不可能取得这一令人难以置信的成就。



孟德尔的结局

后来孟德尔又研究了豌豆之外其他植物的遗传，但这却使问题变得混乱。例如，山柳菊就不遵循孟德尔在豌豆中观察到的遗传模式。受到这个挫折后，加上他的成果发表后在学术界的影响不大，以及他还是修道院院长，孟德尔停止了实验。

孟德尔于1884年去世，在1903年以前，他所作工作的重要性一直没有被其他科学家认识到。尽管他在有生之年被忽视，但今天人们仍把他作为遗传学之父，并和达尔文一起被认为是历史上最伟大的生物学家之一。



▲ 这一细胞正准备进行分裂。纺锤体开始形成，在移动到每个新细胞中之前，染色体排列在纺锤体上。

生长、痊愈和繁殖：
所有这些过程都依靠细胞分裂。

细胞是组成生物体的基本单位。你身体的每个部分，从你的心脏、肝脏和胃等器官到神经甚至血液等组织都包含着细胞。每个细胞的功能及其怎样发育很大程度上取决于细胞内的DNA。DNA携带着基因，它是一种告诉细胞应该做什么（见26—37页）的指令序列。你从父母那里得到基因（见8—15页）。

动物和植物等生物的细胞有一个控制中心，叫做细胞核，内含DNA。细胞核被胶状的细胞质所包围，细胞质中含有各种细胞器。细胞的所有内含物被细胞膜包围着（见17页）。



在间期细胞并不休息

细胞在绝大多数时间处于间期。对细胞来说，间期是一个繁忙的时期，因为它要为细胞分裂做准备。子细

胞所需的化学物质要在间期合成。细胞的中心粒也要进行复制，在分裂时，它们能辅助形成纺锤体（见19页）。

最重要的是，DNA本身也要进行复制，这将确保每个子细胞能得到一组完整的遗传指令。