

实验动物科学丛书之二

洪 龙 编著

实 验 动 物

遗 传 学 基 础

实验动物遗传学基础

洪 龙

上海市科学技术委员会条件处
上海市畜牧兽医学会实验动物科学学组
上海市实验动物研究中心

一九八三年六月

内 容 简 介

本书共分十章，以**实验动物**为例，简要地介绍了遗传学的基础知识。内容包括遗传学的分离定律，自由组合定律和连锁定律，并且从细胞的结构，分裂时的特点验证了基因与染色体的关系。还对基因与环境的相互关系，性别决定与伴性遗传，数量性状的遗传，基因突变与染色体畸变，以及包括遗传工程在内的分子遗传学都作了简单明瞭的叙述。全书共附图53幅，以帮助理解。本书可供科研系统，医务系统和高教系统从事实验动物饲养和研究者参考，也可作为中等专业学校的教课书。凡具有中学水平的动物饲养爱好者，从中也可获得不少有益的启示。本书承复旦大学江绍慧同志审校及蔡华琬同志绘画插图特此致谢。

目 录

第一章 绪论..... (1)

第一节 遗传与变异

第二节 实验动物遗传学的发展史

第二章 孟德尔定律..... (4)

第一节 分离定律

一对性状的杂交试验

分离定律的解释

分离定律的验证

实现分离比例的条件

第二节 自由组合定律

两对性状的自由组合

自由组合定律的解释

自由组合定律的验证

卡平方检验在遗传学中的运用

自由组合定律的意义

第三章 遗传学的染色体学说..... (18)

第一节 细胞

染色体的数目和结构

第二节 细胞分裂

有丝分裂

成熟分裂

第三节 动物史中的染色体变化

第四节 遗传学的染色体学说

第四章 基因，环境和表现型…………… (29)

第一节 环境影响和基因效应

遗传与环境

遗传型与表现型

性状和基因的关系

基因显隐性关系的相对性

第二节 致死基因和有害基因

第三节 复等位基因

第四节 非等位基因间的相互作用

互作基因

上位效应

第五章 性别决定与伴性遗传…………… (45)

第一节 性别决定

性染色体

第二节 伴性遗传

芦花鸡的毛色遗传

金黄地鼠的毛色遗传

第三节 基因和环境对性别的影响

基因变化对性别表现的影响

环境对性别表现的影响

第六章 染色体和连锁群…………… (57)

第一节 连锁与交换

第二节 基因的定位和连锁群

基因重组值的计算

三点试验和基因的直线排列

连锁群和连锁图

第三节 连锁和交换的意义

在物种进化和育种上的意义

保存有用的隐性基因

连锁在测定隐性基因纯合或杂合时基因效应的作用

第七章 数量性状遗传…………… (79)

第一节 数量性状的多基因假设

修饰基因

第二节 分析数量遗传的统计方法

平均数

方差

第三节 遗传力及其估测

遗传力的概念和公式

遗传力估测

第四节 近亲繁殖和杂交优势

近交的遗传效应

回交的遗传效应和意义

杂交和杂种优势

杂种优势的遗传学解释

杂交优势的利用

第八章 染色体畸变..... (99)

第一节 染色体结构的改变

缺失

重复

倒位

易位

第二节 染色体数目的变化

整倍体的变异

染色体的非整倍性变异

第九章 基因突变..... (109)

第一节 基因突变的一般性质

突变的普遍性

突变率

突变的可逆性

突变的多方向性

基因的有害性与动物模型

第二节 基因的诱变

诱变剂的种类和机制

突变基因的性状表现

幅射诱变的规律

第十章 遗传物质的分子基础…………… (123)

第一节 DNA是遗传物质

染色体的化学组成

DNA是遗传物质的间接证据

DNA是遗传物质的直接证据

第二节 DNA的分子结构和复制

核酸的分类和成份

DNA的分子结构和模型

DNA的复制

第三节 DNA与蛋白质合成

性状与蛋白质

遗传信息

蛋白质合成与中心法则

第四节 遗传工程

遗传工程的含义

基因的获得

理想基因的输入

遗传工程的远景

第一章 绪 论

第一节 遗传与变异

生物体能够在自然界中生存，不仅需要维持生命，进行正常代谢活动，而且要进行繁殖，产生与自己相似的生物，以保证物种能够世代延续下去。这种下代在形态，生理等各方面特征与上代的一致性就称为遗传。例如小鼠的后代是小鼠，兔子的后代是兔子，狗的后代是狗，不会是其 他。可见，遗传现象是生物界的一个普遍现象。另一方面，若仔细地检查子代的各方面特性，就可以发现或多或少在某些方面与上代不一样，子代的各个体间也存在着差异。最常见的是子代的体长，体重与他们的双亲并不一致。有时也可以在灰褐色的原始群中突然发现一只红眼睛的白毛动物。或者，在正常的健康群中出现可遗传的生理缺陷，如株儒，小耳，高血压等疾病。这种后代与上代或者子代兄妹间的不一致就称为变异。变异现象也相当普遍，是生物的另一重要特点。

变异有不同的类型，有的可以遗传，有的不能遗传。凡是遗传物质发生变化的变异是可以遗传的，反之，遗传物质没有改变的变异是不能遗传的。例如曾经有人将老鼠的尾巴截去造成人为变异，并将这项工作连续进行了20多代，结果产下的仔鼠还是有尾巴的。这个事实说明截尾虽然可以产生变异，由于没有改变老鼠的遗传基础，这种变异是不能遗传的。另外，确实存在一种缺尾巴的小鼠，“短尾”这一特性

是可以遗传的，它是在正常的原始群中突然发现的，称作突变。突变是动物遗传基础发生改变的结果。遗传和变异在生物的进化中有着重要的意义。没有变异，遗传只能是机械的简单重复，生物不会进化。遇到不利的环境条件时，生物可能就此绝种，没有遗传，变异了性状都不能传给后代，进化失去物质基础。生物体的遗传，变异，再变异，再遗传，不断循环是生物进化的根本动力。遗传学就是研究生物的遗传和变异的一门学科。实验动物遗传学是遗传学的基本规律在实验动物中的具体运用和发展。

第二节 实验动物遗传学的发展史

对实验动物的遗传学研究是在奥地利牧师格里高，孟德尔（1822—1884）的“植物杂交试验”论文在1900年重新发现后，首先在小鼠中开始的。从事哺乳动物遗传学研究的最早创始人是威廉，欧内斯脱，卡斯脱尔博士。克拉伦斯，库克，利脱尔是最早从事肿瘤遗传的学者。1907年他和普雷雪一起研究小鼠毛色的遗传规律。1909年起，他采用全同胞（兄妹）交配的方法，固定育成的纯质的淡褐色（银鹿色）小鼠，开创了哺乳动物纯系育种的方法。1922年证明小鼠乳腺癌是由显性基因控制的，是可以遗传的，并且建立了C₃H肿瘤高发率品系。继美国遗传学家萨顿（W, S, Sutton 1902），提出遗传因子（后来称为基因），与染色体有平行现象之后，摩尔根（morgan）发现了连锁交换定律，确立了基因在染色体上直线的排列方式，从此形成了以染色体学说为核心的经典遗传学。

毕德（G, W, Beadle）1941年提出“一个基因一

种酶”的理论，使遗传学的研究由形态和生理的研究进入生化水平的研究，把基因与蛋白质的功能结合起来了。

遗传物质确定为DNA之后，沃森和克里克（J. D. Watson and F. H. C. Crick 1953）提出了DNA的双螺旋模型，解决了遗传物质的复制问题，从此开创了分子遗传学的研究，到七十年代进入了遗传工程的研究，其中很多实验都是在动物中进行的，这在本书也可找到一些具体事例。可以预料，随着科学的发展，实验动物遗传学也一定越加兴旺。

第二章 孟德尔定律

孟德尔 (Gregor, Mendel), 从1857到1865年, 经过八年的豌豆杂交试验, 发现两条重要的遗传定律: 遗传因子的分离定律和自由组合定律, 奠定了遗传学的基础。事实证明这二条定律对整个生物界具有普遍意义。

第一节 分离定律

研究遗传规律时, 为了方便, 常常以对应的性状作为研究对象。例如, 研究小鼠毛皮的色泽时, 白色和黑褐色是一对相对性状。研究小鼠癌的遗传时, 发病的和不发病的是一对相对性状。研究是从一对性状开始的, 只有明确了一对性状的遗传规律后, 才能掌握几对性状的遗传规律。

一对性状的杂交试验

卡斯脱尔和利脱尔在1909年报导了粉红色眼睛(Pink)小鼠和正常褐色眼睛小鼠杂交的结果(见图2—1)。

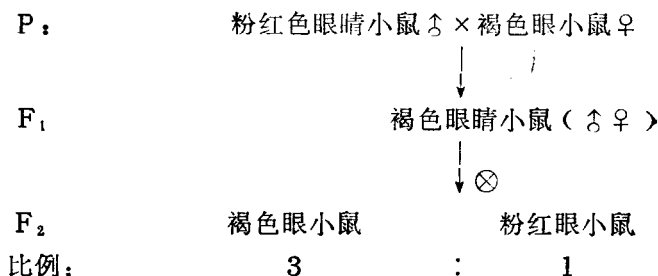


图2—1 小鼠眼睛色泽的遗传

P表示亲代，F₁表示子一代，F₂表示子二代，×表示交配，⊗表示自交，本例指兄妹交。♂表示雄体，♀表示雌体。

由图2—1可知，粉红色眼睛雄性小鼠和褐色正常眼睛雌性小鼠交配后所产的仔一代F₁个体均表现褐色眼睛，与其父亲的性状一致，F₁代雌雄个体相互交配所得的F₂代又出现亲代的粉红色眼睛和褐色眼睛二种色泽。若F₂代有足够数目，褐色眼睛的F₂代仔鼠数和粉红色眼睛F₂代仔鼠数之比必然等于或接近3:1。

反之，若我们在亲代中不是选择粉红色眼睛雄鼠与褐色眼睛雌鼠的交配方式，而是选择褐色眼睛雄鼠与粉红色眼睛雌鼠的交配方式，从图2—2可知，P₁代和F₂代将获得同样结果。

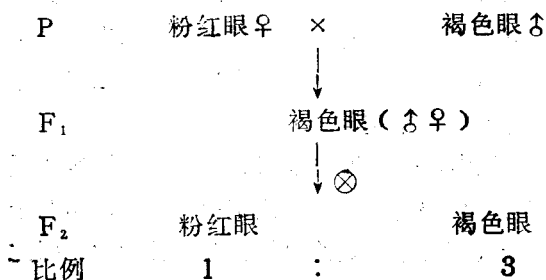


图2—2 一对基因反交的遗传结果。

图中的符号与图2—1相同。

总结粉红色眼睛的小鼠和褐色眼睛小鼠正反交的结果，可以清楚地看出亲代的二个性状—粉红眼和褐色眼，在子一代F₁中只表现出其中的一种，另一种眼色被掩盖了，不表

现出来，直到 F_1 代雌、雄个体相互交配后，才在 F_2 代中重新表现出来，遗传学中称在 F_1 代表现出某一亲本的性状为显性性状，另一个在 F_1 代中没有出来的相对性状称为隐性性状。大量的试验证明：在正常的情况下，一对显隐性性状的 F_1 杂种在 F_2 代的分离比例都呈 3:1。

分离定律的解释

对分离现象的解释首先是由孟德尔提出的，其要点如下：

1. 遗传性状是由遗传因子（后来称为基因）决定的，决定相对性状的基因称作等位基因。不同的性状由不同的基因对决定的，不同对的基因称作非等位基因。

2. 基因在体细胞中是成对地存在的，一个来自父亲，一个来自母亲，在形成配子时，彼此分开（即分离）。因此一个配子（精子或卵子）就某一对单位基因来说，只有一个基因，雌、雄配子结合，受精卵的基因又恢复两个。由受精卵分裂形成的体细胞都有两个基因。

3. 在杂种 F_1 代中，一对等位基因的二个基因虽然性质不同，一个决定粉红色眼睛，另一个决定褐色眼睛，但两个基因彼此不相融合或者混杂，始终保持相对的独立性，因此可以认为基因从本质上讲是颗粒状的。

4. 杂种体在形成配子时，带有不同类型基因的精子数和卵子数相等。各种类型的精子和卵子在结合时是随机的，也就是说，它们都有相同的结合机会。

5. 杂种动物的一对等位基因必定是杂合的，但杂种动物只表现出显性基因决定的性状。隐性基因决定的性状在杂种

体中不会表现出来。只有当一个动物体的二个等位基因都为隐性基因时，即隐性基因纯合时，才表现出隐性性状。

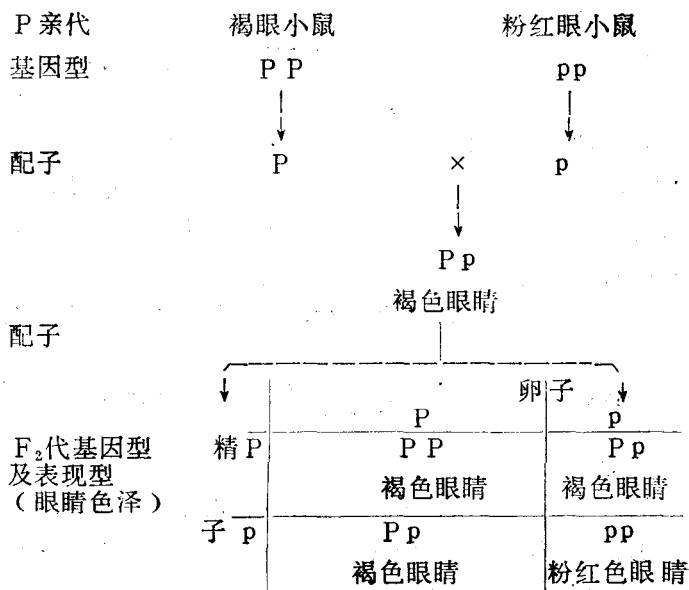


图2—3 一对基因的遗传规律

在遗传学中，基因的符号，一般都用它所决定的对应性状的英文名称的第一个字母表示，若字母发生重复，则用第一，第二两个字母表示，大写字母表示显性基因，小写字母表示隐性基因。显隐性都是与正常的基因（又称野生型基因）相对而言的。因此，上述不同眼睛色泽的小鼠交配中，显性亲代褐色眼睛个体可用 P P 表示，隐性亲代用 p p 表示（图2—3），二个纯合亲代产生的配子分别为 P 配子和 p 配子。两种配子结合，产生的子一代 F₁ 个体基因结构为 (P p)。

由于P基因对它的等位基因p完全显性，所以，F₁代个体表现为褐色眼睛的性状。F₁代产生的配子，不论精子还是卵子都有二种，一种带P基因，另一种带p基因，它们的数目相等，各为一半。精子和卵子结合的机会相等，因此，在F₂代将有1/4 PP个体，2/4 Pp个体和1/4 pp个体。因P基因是显性，所以1/4 PP和2/4 Pp个体的眼睛都为褐色，只有1/4 pp个体表现粉红色眼睛。可见，F₂代虽有PP，Pp和pp三种基因型（或叫遗传型），但表现出来的性状（表现型）却只有褐色和粉红色二种，它们的比例为3:1。

基因型是动物体的遗传结构，不能从外貌上加以识别，

必须通过杂交才能鉴别。表现型可以用肉眼看到或者可以借助试剂和仪器测定。由两个相同的基因组成的个体称为同质结合，或叫纯质结合子（纯合体）。例如PP个体和pp个体均为纯合体，由不相同的两个基因结合的动物体称异质结合，或杂合体。纯合体与纯合体交配，纯合体的性状可以稳定地遗传给下代，而杂合体相互交配，后代将发生分离现象。

分离定律的验证

要检验分律定律是否正确，可以采用孟德尔提出的测交方法，就是将杂种F₁代与隐性亲代回交的方法，这种方法称作测交，参见图2—4。从图2—4可知，若分离定律成立，P基因和p基因以颗粒状存在于杂种F₁代，两者不相混合在形成配子时杂种F₁代必然会产生两种配子，一种带P基因，一种带p基因。隐性亲代只能产生一种配子，即p配

子。雌、雄配子结合时又是随机的，没有选择性，那么， F_2 代的结果，必然是褐眼小鼠数：粉红眼小鼠数 = 1:1。试验结果确实如此，用许多类型的生物进行多次类似的测交都得到一致的结果，说明分离定律是正确的。

交配方式	隐性亲代	F_1 代杂种鼠
表现型	粉红眼睛色	褐色眼睛
遗传型	pp	Pp
	↓	↓
配子及 F_2 代	p	P p
		Pp pp
F_2 表现型		褐色眼睛 粉红色眼睛
F_2 代表型比例		1 : 1

图2—4 杂合体测交的结果

测交在遗传学研究中很有用处，常用来检定一个未知动物的基因结构。在实验动物中要检定一个品系是否纯，其方法之一就是采用测交。

实现分离比例的条件

在一对性状的遗传中，杂种 F_1 代个体相互交配，在 F_2 代中二种性状要出现3:1的比例必须满足一定的条件。同样，若将 F_1 代杂种个体与隐性亲代进行测交，要想 F_2 代中得到1:1的分离比例，也必须满足一定的条件。这些条件是：

1. 杂种 F_1 代产生的两种配子，生活力和数量相同，两