

遗传学应用题详解

100例

邱淑华 李玉峰 编著

四川科学技术出版社



遗传学应用题详解100例

邱淑华

编著

李玉峰

四川科学技术出版社

一九八七年·成都

责任编辑：何 光

封面设计：韩健勇

技术设计：杜 宁

ISBN 7-5364-0071-3/Q·3

遗传学应用题详解100例

邱淑华 李玉峰 编著

四川科学技术出版社出版
(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行
绵阳新华印刷厂印刷

统一书号：13298·170

1987年7月第1版 开本787×1092毫米 1/32

1987年7月第1次印刷 字 数118千

印 数 1—9,000 册 印 张 5.25

定 价：1.20元

前 言

生物学是自然科学四大基础之一，遗传学是现代生物学的重要分支。随着人们对遗传规律的认识日益深化，使之在充分利用现有基因资源选育良种、防病优生、开发新物质、新材料、迎接挑战的前进运动中焕发出无穷的生命力。

《遗传学应用题详解100例》正是基于对该学科重要性和困难度的基本认识，结合多年教学和科研实践而编写的。我们注意了从细胞遗传学的基础知识和基本技能着手，条分缕析地推导了单因子实验和多因子综合实验的一些问题，借以对遗传学三大基本规律(基因的分离规律、自由结合规律和连锁互换规律)的产生、实质、适用范围作了介绍和剖析。我们精选了近年来国内各省、市高校招生预选考试和部分高校教材中105个遗传应用问题，按照规范化要求，进行了推理、演绎和解答，结合解题，对人们生产和生活实践中呈现的分繁的遗传现象，作了初步规律性的说明，使之能对医、农、师范生物专业学生和中级农业科技工作者提供参考。针对中学生物教师和高考学生，我们尽可能做到题型丰富、概念准确、逻辑严密、各题独力推演、强化适用范围，以帮助学生开扩视野、突破学习难点、增强解题能力，有利于高考前的辅导与练习。

本书承四川大学生物系遗传教研室、省遗传学会秘书长

苏静娟老师审稿，绵阳市新华书店赵伦斌同志插图，文成之日，再次鸣谢。

“吾生也有涯而知也无涯”。由于我们的视野不宽，水平有限，文中的疏漏和缺点，欢迎读者斧正，作为以后工作的借鉴，特此致谢！

作 者

一九八七年六月

目 录

一、怎样认识遗传的三个基本规律.....	(1)
二、如何解遗传学的应用问题?	(8)
(一) 牢记一些基本概念.....	(8)
(二) 熟记遗传术语和常见的几种符号.....	(10)
(三) 掌握几个基本原则.....	(11)
(四) 解题方法及步骤.....	(16)
三、遗传应用问题实例解.....	(23)
(一) 基因分离规律的应用问题.....	(23)
(二) 基因自由组合规律的应用问题.....	(58)
(三) 基因连锁互换规律的应用问题.....	(110)
(四) 伴性遗传的应用问题.....	(136)

一、怎样认识遗传的三个基本规律

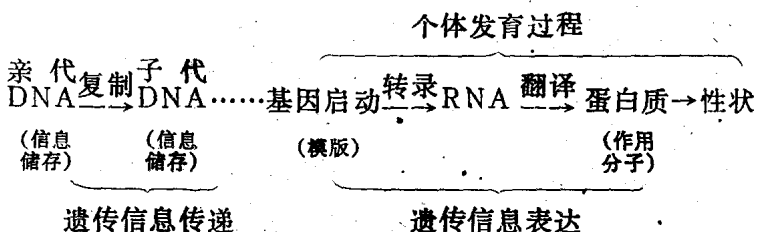
遗传和变异现象普遍存在于生物界，是生物的基本特征之一，也是比较复杂的重要的生命现象。

遗传和变异的物质基础是脱氧核糖核酸分子，简称DNA。它主要位于细胞核中的染色体上，所以，染色体是遗传物质的主要载体（载体还有细胞质中的叶绿体和线粒体）。遗传物质DNA的传递规律和其载体的传递规律具有平行性。由于DNA的载体不同，以及载体的分布不同，就呈现核遗传和细胞质遗传的不同规律。

作为遗传物质的DNA之所以能控制不同的遗传性状，是由于DNA分子有很多具有遗传效应的片段——基因。各基因中脱氧核苷酸的种类、数量和排列顺序互不相同，基因的脱氧核苷酸排列顺序代表着遗传信息。在细胞分裂间期，DNA分子通过复制，在生物的传种接代中传递遗传信息，在后代的个体发育中，遗传信息以一定的方式反映到蛋白质的分子结构上，因此，具有与亲代相似的DNA分子，就能产生与亲代相同的蛋白质，从而使后代表现出与亲代相似的性状。

具体说来，DNA分子上控制生物某种性状的特定基因，其四种脱氧核苷酸的排列顺序是和其他基因有所区别的，通

过“转录”和“翻译”就可以合成有特异性的蛋白质，从而在子代的个体发育中形成特殊性状，这就是基因中遗传信息的传递和基因表达的过程。可简单表示为：



基因在亲子两代中的传递是有一定规律的，它表现为：核遗传三大规律（基因的分离规律、自由组合规律、连锁互换规律）和细胞质遗传特点等。由于遗传物质 DNA 主要存在于细胞核中，所以，生物性状的遗传主要受细胞核基因遗传规律的控制。

掌握核遗传规律的关键，是弄清杂种一代 (F_1) 通过减数分裂产生配子的过程中，基因随染色体的行为变化而表现出：分离、自由组合或连锁互换（包括性连锁遗传）。因而，三大规律的核心，都是揭示基因进入配子的方式。

具体说来，位于同源染色体上控制同一性状的等位基因，在体细胞中成对存在，在减数分裂过程中，成对的等位基因随同源染色体的分离，而独立地进入不同配子中；位于非同源染色体上的非等位基因，随非同源染色体在形成配子时的自由结合而自由组合；同一条染色体上的多个基因（或一对同源染色体上的多对基因）构成一个连锁群，随染色体进入配子，表现为完全连锁；在连锁遗传中，同源染色体上相对应的连锁基因，在形成配子时，由于同源染色体间片段

的交换而发生基因互换。

由此可见，等位基因的分离、非等位基因的自由组合和同一对染色体上非等位基因的连锁互换，都同时发生在形成配子的减数分裂过程中，它们与染色体在减数分裂过程中的行为紧密相关。因此，在了解三大遗传基本规律时，都要与减数分裂过程紧密联系起来。

由于基因是肉眼看不见的，我们看见的只是基因控制下的具体性状，所以，研究基因的遗传规律，主要是用杂交实验的方法，通过性状的遗传来推知的。

在一个个体上，决定某一质量性状的等位基因数目一般不超过两个。但是，对一个物种而言，决定某一性状的基因可以有多个——复等位基因（如控制ABO血型系统的基因为 I^A 、 I^B 和 i ），其作用机制可形象地表示为：

成对基因 $\xrightarrow[\text{酶}]{\text{控制}}$ 蛋白质 $\xrightarrow[\text{酶}]{\text{控制}}$ 相对性状的发育

完全显性

不完全显性（包括共显性和嵌镶显性）

具体说来，当用具有一对相对性状的亲本进行杂交实验时，如用高茎豌豆与矮茎豌豆作亲本进行杂交，由于高茎豌豆的每个细胞中都含有成对的高基因 DD ，矮茎豌豆的每个细胞中都含有成对的矮基因 dd ，杂交后产生的 F_1 代细胞中则具有 Dd 基因，表现型为高茎。这种 Dd 基因型的杂合体，在产生配子的减数分裂过程中， D 和 d 基因随同源染色体的分离而独立地分配到不同配子中去，所以 F_1 代只能形成两种不同类型的雌雄配子 D 和 d ，其比值接近 $1:1$ 。由于雌雄配子的结合机会是相等的，因此，上述两种雌雄配子的结

合，产生的 F_2 代便出现三种基因型： DD 、 Dd 和 dd ，它们之间的比值接近于 $1:2:1$ ，而在性状表现上，则为高：矮 $\approx 3:1$ 。所以，基因分离规律的实质是：在杂种体内，等位基因虽然共同存在于一个细胞中，但它们分别位于两个同源染色体上，具有一定的独立性，进行减数分裂时，等位基因随着同源染色体的分离而分开，分别进入不同配子中去，独立地随配子遗传给后代。

当进行具有两对或两对以上相对性状的亲本的杂交实验时，牵涉到两对或两对以上的等位基因，各对等位基因各自位于一对同源染色体上，当 F_1 产生配子时，由于同一对等位基因随同源染色体的分离而分离，不同对的等位基因随非同源染色体在配子中自由结合而自由组合，两对等位基因的杂合体如 $YyRr$ ，就可以产生四种不同类型的雌雄配子，它们是 YR 、 Yr 、 yR 、 yr ，它们的比值是 $1:1:1:1$ 。因而基因自由组合规律的实质是：具有两对（或更多对）相对性状的亲本杂交，在 F_1 产生配子时，等位基因分离，不同对的基因各自独立地分配到配子中去，在配子中自由组合，随配子遗传给后代（也就是一对等位基因与另一对等位基因的分离或组合是互不干扰的，各自独立地分配到配子中去）。这就是基因的自由组合规律，也叫独立分配规律。

进行两对或两对以上相对性状的亲本的杂交实验，牵涉到两对或两对以上的等位基因位于一对同源染色体上， F_1 代产生配子时（ F_1 代的基因型如 $\begin{smallmatrix} B & V \\ \text{---} & \text{---} \\ b & v \end{smallmatrix}$ ），由于同一条染色体上的基因常常连锁在一起不分离（如 $\begin{smallmatrix} B & V \\ \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} \end{smallmatrix}$ 连锁在一起，

b v 连锁在一起), 因而产生两种数量相等的雌雄配子, 其比值是 $B V : b v = 1 : 1$ 。这叫完全连锁。或者 F_1 代在减数分裂过程中同源染色体间因互换而产生四种类型的配子 $B V$ 、 $B v$ 、 $b V$ 、 $b v$, 其中 $B V$ 、 $b v$ 配子多, 互换型配子 $B v$ 、 $b V$ 少, 叫不完全连锁。所以基因连锁互

换规律的实质是: 两对 (或两对以上) 等位基因位于同一对同源染色体上, 在遗传时, 位于同一条染色体上的基因常常连锁在一起不分离, 表现为性状的连锁; 但减数分裂过程中, F_1 代细胞内来自父方的染色体和来自母方的同源染色体间, 相互交换对应部分, 使染色体上的基因产生新组合, 形成互换型的配子, 随配子遗传给 F_2 代, 从而打破完全连锁, 出现新的性状组合类型。

基因分离规律表现在 F_2 代的性状分离比例上至少有三种形式:

3 : 1, 这是多数二倍体生物在完全显性的情况下表现型之比。如高茎 (DD) 豌豆与矮茎 (dd) 豌豆杂交, 得 F_1 代的高茎 (Dd) 豌豆, F_1 代自交得到的 F_2 代, 其性状分离比为高茎 : 矮茎 $\approx 3 : 1$, 这一现象叫性状分离。产生性状分离现象的原因是: F_1 代在减数分裂过程中, 随着同源染色体和它们所携带的等位基因的分离, 产生了 D 和 d 两种比数相同的雌雄配子, 雌雄配子受精结合的结果, 产生了 F_2 代的三种基因型 $DD : Dd : dd \approx 1 : 2 : 1$, 按等位基因的显隐关系, F_2 代的性状表现为高茎 : 矮茎 $\approx 3 : 1$ 。

1 : 2 : 1, 这是具有不完全显性的两个亲本杂交, 得到基

因型为Bb的 F_1 代比例， F_1 代细胞中两个杂合基因(如B和b)独立存在，显性基因B未占绝对优势，隐性基因b仍能起作用，经“转录”和“翻译”成特殊的蛋白质， F_1 代表现出的性状就介于双亲的中间性状类型， F_1 代自交产生的 F_2 代，就会得到 $BB : Bb : bb \approx 1 : 2 : 1$ 的基因型比例，和 $1 : 2 : 1$ 的表现型之比。如紫茉莉的红花植株与白花植株杂交，杂合体Bb均表现为粉红花。

$1 : 1$ ，这是测交子代的性状分离比，是用 F_1 代和隐性亲本类型植株测交，测交子代的基因型和表现型的比例，它实质上是 F_1 配子基因型的反映。

基因自由组合规律表现在 F_2 代的性状分离比例上，至少有两种形式：

$9 : 3 : 3 : 1$ ，这是两对相对性状，分别由位于两对同源染色体上的两对等位基因控制， F_1 代自交产生的 F_2 代的性状分离比。实质上是 F_1 代在减数分裂过程中，各对等位基因分离，进入不同配子，不同对的非等位基因在配子中自由组合，因而 F_1 代产生了四类不同、但比值相等的雌雄配子，雌雄配子受精结合机会均等， F_2 代出现十六种结合方式，含九种基因型、四种表现型，性状分离比为 $9 : 3 : 3 : 1$ 。所以，实际上是 $(3 : 1)^2$ 按等比级数自由展开，它揭示了位于非同源染色体上的非等位基因间的遗传关系。

$1 : 1 : 1 : 1$ 是自由组合规律控制下的测交子代的性状分离比，是 $(1 : 1)^2$ 按等比级数自由展开，它揭示了 F_1 产生了四种不同类型但比数相等的配子。

由于基因的连锁互换规律是在测交实验中反映出来的，如为完全连锁，则测交后代的性状分离比为 $50\% : 50\% \approx$

1 : 1。如为不完全连锁，即 F_1 产生了少数互换类型的配子，则测交子代中，双亲原有性状类型占多数，基因互换而出现的新的性状类型占极少数。如果蝇中 F_1 代的雌果蝇测交，测交子代表现型之比为42% : 8% : 8% : 42% $\approx$ 3 : 1 : 1 : 3。

如何判断测交子代中双亲原有性状类型占绝对多数，新的性状组合类型占极少数是基因的连锁互换，还是特殊形式下的基因自由组合呢？如果测交亲本一个为 F_1 ，另一个为双隐性个体，且测交子代出现了接近42% : 8% : 8% : 42%或3 : 1 : 1 : 3的性状分离比，则为基因的连锁互换；否则，3 : 3 : 1 : 1或3 : 1 : 1 : 3的子代性状分离比，仍有可能为基因自由组合规律控制下的遗传现象。

二、如何解遗传学的应用问题

(一) 牢记一些基本概念

1、遗传和变异

遗传 (Heredity): 生物子代和亲代之间在形态构造、生理特点等方面相似的现象。遗传学上则是指遗传物质从亲代传给子代的现象。借助于遗传, 生物才能“物生其类”。

变异 (Variation): 生物的子代和亲代之间或子代个体之间的差异的现象。正如俗话所说: “一母生九子, 连娘十个样”。

2、性状和相对性状

性状 (Character): 生物体的形态特征 (外部形态, 内部构造的特征) 和生理特性统称为性状, 它是基因型和环境条件相互作用的结果。

相对性状 (Contrasting Character): 同一物种, 同一性状中的不同表现类型。例如, 豌豆花的颜色是一种性状, 而红花与白花则是一对相对性状。

3、基因、等位基因、非等位基因

基因 (Gene): 是控制生物性状的遗传物质的功能和结构单位, 是有遗传效应的 DNA 片段。

等位基因 (Allele): 是指在一对同源染色体上相同位

置、控制相对性状的一对基因。它是由基因突变产生的。例如，控制豌豆红花的 A 基因和白花的 a 基因，这两个基因互为等位基因，它们都位于豌豆细胞第一对染色体相同位点上，对豌豆花色起控制作用。

非等位基因 (Non-allelic genes)：同一条染色体上的不同基因，或者一对同源染色体上不同位置的基因都是非等位基因。

4、同源染色体与非同源染色体

同源染色体 (Homologous Chromosome)：形态结构和功能相同，在减数分裂时配对，一个来自父方，一个来自母方的染色体。

非同源染色体 (Non-homologous Chromosome)：与同源染色体形态结构大小不同的另一些染色体互称非同源染色体。

5、基因型和表现型

基因型 (Genotype)：是指生物体被研究性状的有关基因组成。它是决定性状发育的等位基因的组合形式。例如，研究豌豆植株高度，其基因型有 DD、Dd、dd 三种。

表现型 (Phenotype)：是指所研究的基因型的性状表现。它是基因型与环境相互作用表现出来的具体性状。

6、纯合体与杂合体

纯合体 (Homozygote)：由两个基因型相同的雌雄配子结合成的合子发育成的个体叫纯合体 (纯种)。如高茎 (DD) 豌豆和矮茎 (dd) 豌豆植株都是纯合体。纯合体能稳定地遗传，后代不会出现性状分离现象。

杂合体 (Heterozygote)：由两个基因型不同的雌雄

配子结合而成的合子发育而成的个体叫杂合体。如高茎 (Dd) 豌豆植株就是杂合体 (杂种)。杂合体不能稳定地遗传, 后代会出现性状分离现象。

7、显性、隐性、不完全显性、完全显性

在 F_1 代中显现出来的那个亲本性状叫显性性状, 简称显性 (Dominance)。在 F_1 代中未显现出来的那个亲本的性状叫隐性性状, 简称隐性 (Recessive)。控制显性性状的基因用大写字母代表, 如 A; 控制隐性性状的基因用小写字母代表, 如 a。

完全显性 (Complete dominance): F_1 代中只表现亲本之一的性状, 或同时表现双亲的性状, 但不是双亲性状的中间型的现象。

不完全显性 (Incomplete dominance): 具有相对性状的两个亲本杂交, F_1 的表现型介于两个亲本性状之间, 不分显隐性, 叫不完全显性。如红花紫茉莉与白花紫茉莉杂交, F_1 是粉红花紫茉莉。

(二) 熟记遗传术语和常见的几种符号

1、亲本 (Parental generation)

参与杂交过程的雄性和雌性个体的总称。用符号 “P” 表示。

父本: 参与杂交过程的雄性个体。用符号 “♂” 表示。

母本: 参与杂交过程的雌性个体。用符号 “♀” 表示。

2、杂交、自交、回交和测交

杂交 (Cross breeding): 基因型不同的生物体相互交配或结合, 从而产生杂种的过程。用符号 “×” 表示。

自交 (Selfing): 实质是两个基因型相同的个体的结合。植物的自花授粉和雌雄同株异花植物的同株授粉, 或同亲本的雌雄个体间交配的过程。用符号“ $\otimes$ ”表示。

回交 (Reciprocal cross): F_1 与亲本之一交配的方式。

测交 (Test cross): 是回交的一种特殊方式。即让 F_1 与隐性亲本交配, 它用以测定 F_1 基因型。

3、 F 、 F_1 、 F_2

F (Filial generation): 表示杂交子代。

F_1 (First filial generation): 杂种第一代, 简称子一代。

F_2 : 指 F_1 自交得到的杂种第二代, 简称子二代。

(三) 掌握几个基本原则

1、纯合体 (不管等位基因对数) 只能产生一种配子。
如:

P	DD	dd	YYRR	yyrr	$\begin{matrix} B & V \\ \text{---} & \text{---} \\ B & V \end{matrix}$
配子	$\downarrow$ D	$\downarrow$ d	$\downarrow$ YR	$\downarrow$ yr	$\downarrow$ $\begin{matrix} B & V \\ \text{---} & \text{---} \end{matrix}$

2、杂合体按 2^n 的规律产生配子 (n 表示相对性状的对数或等位基因的对数)。

如: