

第七章

1. 在番茄中，圆形 (O) 对长形 (o) 是显性，单一花序 (S) 对复状花序 (s) 是显性。这两对基因是连锁的，现有一杂交 $O_s/oS \times os/os$ 得到下面 4 种植株：圆形、单一花序 (OS) 23，长形、单一花序 (oS) 83，圆形、复状花序 (Os) 85，长形、复状花序 (os) 19。问： $O-s$ 间的重组率是多少？

答案：

$O-S$ 之间交换值为 20% ($42/210=0.2$)。

2. 根据上一题求得的 $O-s$ 间的重组率，你预期 $O_s/oS \times Os/oS$ 杂交结果，下一代 4 种表型的比例如何？

答案：

雌雄配子均有四种类型，且比例为： $O_s : oS : os : OS = 4 : 4 : 1 : 1$ ，

	O_s (0.4)	oS (0.4)	os (0.1)	OS (0.1)
O_s (0.4)	$OOSs$ (0.16)	$OoSs$ (0.16)	$Ooss$ (0.04)	$OOSs$ (0.04)
oS (0.4)	$OoSs$ (0.16)	$ooSS$ (0.16)	$ooSs$ (0.04)	$OoSs$ (0.04)
os (0.1)	$Ooss$ (0.04)	$ooSs$ (0.04)	$ooss$ (0.01)	$OoSs$ (0.01)
OS (0.1)	$OOSs$ (0.04)	$OoSs$ (0.04)	$OoSs$ (0.01)	$OOSs$ (0.01)

因此：

$O_S_$	O_ss	$ooS_$	$ooss$
圆单	圆复	长单	长复
0.51	0.24	0.24	0.01

3. 在家鸡中，白色由于隐性基因 c 与 o 的两者或任何一个处于纯合态，有色要有两个显性基因 C 与 O 的同时存在，今有下列的交配：

♀白色 $CCoo$ × ♂白色 $ccOO$

↓

子一代有色

子一代用双隐性个体 $ccoo$ 测交。做了很多这样的支配，得到的后代中，有色 68 只，白色 204 只。问： $o-c$ 之间有连锁吗？如有连锁，重组率是多少？

答案：

F_1 代为 $CcOo$ ，测交结果如下：

	CO	Co	cO	co
co	$CcOo$ (有色)	$Ccoo$ (白色)	$ccOo$ (白色)	$ccoo$ (白色)
	68	204		

由于有色：白色=1：3，因此反推全部配子中， CO 型占 1/4，恰巧符合自由组合定律，没有连锁；如果认为有连锁，计算重组率= $2/4=50\%$ ，亦可否认连锁。

4. 双杂合体产生的配子比例可以用测交来估算。现有一交配如下：

$$\begin{array}{c}
 AABb \times aabb \\
 \downarrow \\
 AaBb \times aabb \\
 \downarrow \\
 \begin{array}{cccc}
 AaBb & Aabb & aaBb & aabb \\
 (1-p) & p & p & (1-p)
 \end{array}
 \end{array}$$

问：①独立分配时， $p=?$ ②完全连锁时， $p=?$ ③有一定程度连锁时， $p=?$

答案：

- ① 独立分配时，双杂合子测交表型比例为 $1:1:1:1$ ，因此 $p=0.5$ ；
 ② 完全连锁时，只有两种非交换型的后代 $AaBb$ 和 $aabb$ ，因此 $p=0$ ；
 ③ 一定程度的连锁，含有较多的非交换型和较少的交换型 ($0 < p < 0.5$)，且重组率 $\theta = \text{交换型}/\text{全部子代} = 2p/1 = 2p$ ，因此 $p = \theta/2$ 。

5. 在家鸡中， px 和 al 是引起阵发性痉挛和白化的伴性隐性基因。今有一双因子杂种公鸡 $pxAl/Pxal$ 与正常母鸡交配，孵出 74 只小鸡，其中 16 只是白化。假定小鸡有一半是雌的，没有一只早期死亡，而 px 与 al 之间的重组率是 10%，那么在小鸡 4 周龄时，显出阵发性痉挛时，①在白化小鸡中有多少数目显出这种症状，②在非白化小鸡中有多少数目显出这种症状？

答案：

由于与正常母鸡交配，所以所有的子代雄鸡继承了 $PxAl$ ，表型均正常。

而在子代雌鸡中，由于交换值是 10%，可以反推配子比例和杂交比例如下：

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{pxAl}{Pxal} & \times & \frac{PxAl}{W} \\
 \downarrow & & \\
 \begin{array}{cccc}
 pxal & pxAl & Pxal & PxAl \\
 0.05 & 0.45 & 0.45 & 0.05
 \end{array}
 \end{array}$$

①全部白化鸡中，有痉挛的占 $0.05/(0.05+0.45)=1/10$ ，因此 16 只白化鸡中，有 1.6 只鸡有痉挛症状。

②非白化鸡中的雌鸡数目是 $74/2-16=21$ ，而其中，有痉挛的占 $0.45/(0.05+0.45)=9/10$ ，因此，有 18.9 只鸡有痉挛症状。

6. 因为 px 是致死的，所以该基因只能通过公鸡传递。上题的雄性小鸡既不显示 px ，也不显示 al ，因为它们从正常母鸡得到 Px 、 Al 基因。问多少雄性小鸡带有 px ？多少雄性小鸡带有 al ？

答案：

同理，根据配子比例，可知

雄鸡中带有 px 基因的比例是： $px = 0.05 + 0.45 = 50\%$ ， al 基因比例也是 50%，其中的 5% 同时带有 px 和 al 。

7. 在果蝇中，有一品系对三个常染色体隐性基因 a 、 b 和 c 是纯合的，但不一定在同一条染色体上，另一品系对显性野生型等位基因 A 、 B 、 C 是纯合体，把这两品系交配，用 F_1 雌蝇与隐性纯合雄蝇亲本回交，观察到下列结果：

表型	数目
<i>abc</i>	211
<i>ABC</i>	209
<i>aBc</i>	212
<i>AbC</i>	208

问：①这三个基因中哪两个是连锁的？②连锁基因间重组率是多少？

答案：

F_1 代是三杂合子 ABC/abc ，测交后的后代中除了亲本型外，还有两种重组型，根据这两种重组型可知

① *a-c* 连锁；

② *a-c* 重组值为 0，因为没有重组型出现。

8. 在番茄中，基因 *O* (oblate=flattened fruit), *p* (peach=hairy fruit) 和 *S* (compound inflorescence) 是在第二染色体上。对这三个基因是杂合的 F_1 ，用对这三个基因是纯合的隐性个体进行测交，得到下列结果：

测交的子代表型	数目
+++	73
++s	348
+p+	2
+ps	96
o++	110
o+s	2
op+	306
ops	63

问：①这三个基因在第二染色体上的顺序如何？②两个纯合亲本的基因型是什么？③这些基因间的图距是多少？④并发率是多少？

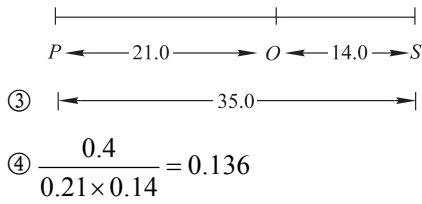
答案：

分析交换与非交换比例：

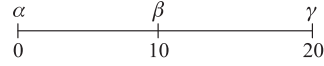
	数目	<i>O-p</i>	<i>p-S</i>	<i>O-S</i>
+++	73		✓	✓
++s	348 (亲本型)			
+p+	2	✓		✓
+ps	96	✓	✓	
o++	110	✓	✓	
o+s	2	✓		✓
op+	306 (亲本型)			
ops	63		✓	✓
总计	1000	210	342	140

①顺序是 *POS* 或 *SOP*

② $\frac{++S}{++s}$ 和 $\frac{PO+}{PO+}$



9. 下面是位于同一条染色体上的三个基因的隐性基因连锁图，并注明了遗传图距。



如果并发率是 60%，在 $a\beta\gamma/+++ \times a\beta\gamma/a\beta\gamma$ 杂交的 1000 个子代中预期表型频率是多少？

答案：

α - β 之间交换率为 10%；

β - γ 之间交换率为 10%；

α - γ 之间双交换率为 $2 \times 10\% \times 10\% \times 60\% = 1.2\%$ 。

因此，

双交换子代比例为： $1.2\%/2 = 0.6\%$ ，即 $\alpha+\gamma$ ， $+\beta+$ 各 0.3%；

α - β 交换子代包括 $+\beta\gamma$ ， $\alpha++$ 和双交换的 $\alpha+\gamma$ ， $+\beta+$ ，则 $+\beta\gamma$ ， $\alpha++$ 子代比例各为 4.7%；

β - γ 交换子代包括 $a\beta+$ ， $+++$ 和双交换的 $\alpha+\gamma$ ， $+\beta+$ ，则 $a\beta+$ ， $+++$ 子代比例各为 4.7%；

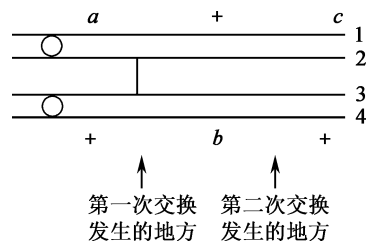
其余为非交换子代，比例为 80.6%， $a\beta\gamma$ ， $+++$ 各 40.3%。

10. 减数分裂过程中包括两次分裂，染色体的减数发生在减数第一次分裂的时候。我们已经知道基因在染色体上，既然染色体在第一次分裂时减数，为什么位于染色体上的基因有时可以在第二次分裂时分离呢？（提示：参考图 7-20。）

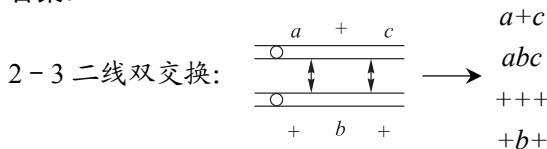
答案：

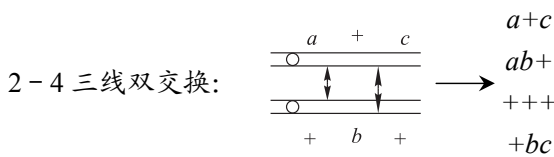
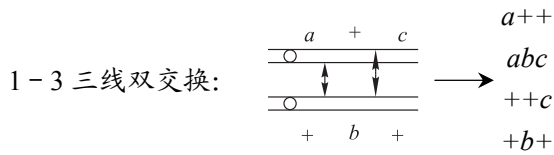
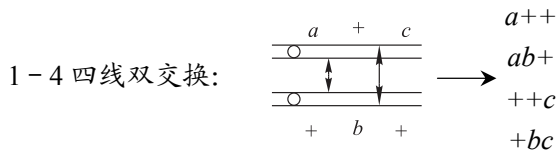
在减数第一次分离的时候，基因与着丝粒之间发生了交换。

11. 某次交换如下图所示，设第一次交换发生在非姐妹染色单体 2—3 间，如第二次交换可发生在任意两非姐妹染色单体间，机会相等，请画出四种可能的双交换，并分别写出子囊的基因型。



答案：





12. 根据表 7-5 的资料, 计算重组率, 得到

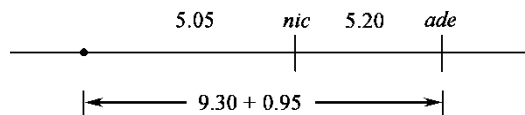
- —*nic* 5.05%
- nic*—*ade* 5.20%
- —*ade* 9.30%

为什么 $5.05\% + 5.20\% > 9.30\%$ 呢? 因为 • —*ade* 间的重组值低估了。我们看下表:

• —*ade* 间的重组值怎样被低估的?

子囊型	每一子囊被计算为重组子的染色单体数			子囊数	在所有子囊中被计算为重组子的染色单体数			
	• — <i>nic</i>	<i>nic</i> — <i>ade</i>	• — <i>ade</i>		• — <i>nic</i>	<i>nic</i> — <i>ade</i>	• — <i>ade</i>	
2	0	4	0	1	0	4	0	
3	0	2	2	90	0	180	180	
4				5				
5				90				
6				1				
7				5				
				总计	202	+	208	≠ 372

这里, $\frac{202 + 208 - 372}{4000} = 0.95\%$, 是低估了的重组率。把这低估的数值加上去, 就完全符合了:



请在表中空白处填上数字。

答案:

子囊型	每一子囊中被计算为重组子的染色单体数		
	$\cdot \sim nic$	$nic \sim ad$	$\cdot \sim ad$
2	0	4	0
3	0	2	2
4	2	2	0
5	2	0	2
6	2	4	2
7	2	2	2
子囊型	在所有子囊中被计算为重组的染色单体总数		
	$\cdot \sim nic$	$nic \sim ad$	$\cdot \sim ad$
1	0	4	0
90	0	180	180
5	10	10	0
90	180	0	180
1	2	4	2
5	10	10	10

$$202 \quad + \quad 208 \quad \neq \quad 372$$

13. 雌果蝇 X 染色体的遗传组成是

$$\frac{+++++}{a b c d e f}$$

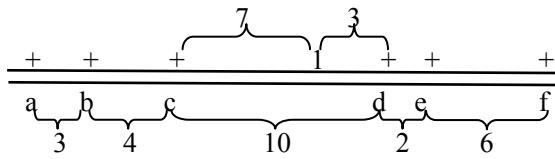
有一隐性致死基因 l 位于上面一条 X 染色体的某处，但不知其确切位置。经杂交后，统计此雌蝇产下的 1000 个雄性子代，其表型如下：

表型	数目
$a b c d e f$	750
$a b c d e$	60
$a b c d$	20
$a b c$	30
$d e f$	70
$c d e f$	40
$b c d e f$	30
合计	1000

为简易起见，不考虑多次交换，而且已经知道所给的基因顺序是正确的。请写出这些基因间的距离以及致死基因 l 的位置。

答案：

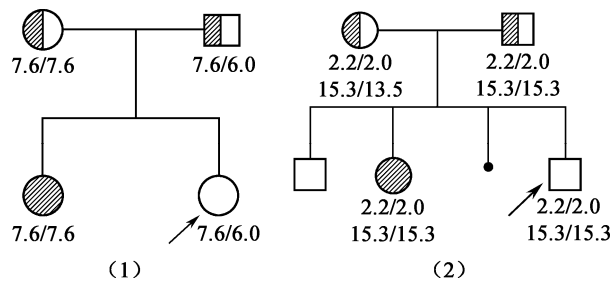
假设基因 l 位于野生型染色体上 a 与 b 基因座位之间的某一位置，那么在配子形成过程中，如果基因 l 座位和 a 基因座位之间的某一处发生交换，那么配子 $a l + + + +$ 无法得到存活后代，仅有 $+ b c d e f$ 个体可以检测到。以此类推，在存活后代中，由于没有 $a b + + + +$ ； $+ + + + e f$ 等个体，我们可推测基因 l 位于 c 、 d 基因座位之间，且基因之间的遗传图距如下：



14. β 地中海贫血为一种常见的遗传性贫血症，重型患者 (β^T/β^T , T代表 thalassmia) 常因心力衰竭而死亡。目前对此病尚无根治方法，仅能通过产前诊断，以防患儿出生。

曾溢滔等利用他们备有的几种 DNA 探针和几种限制性内切酶，对 5 例 β 地中海贫血家系的患者及其父母进行 RFLP 分析。根据所得结果，随即选用特定的限制性内切酶和探针针对胎儿的绒毛或羊水细胞 DNA 进行产前基因诊断。

下面是选出的 2 个 β 地中海贫血家系。请根据 RFLP 分析结果，对要进行产前诊断的胎儿作出你的判断，并加以讨论。

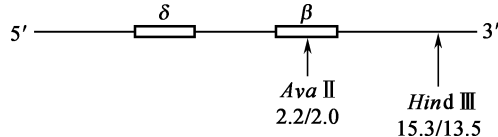


家系 (1): 用限制性内切酶 *Hinc* II 和探针 $\Psi\beta_1$ 进行分析。

家系 (2): 用限制性内切酶 *Ava* II 和探针 β IVS 以及限制性内切酶 *Hind* III 和探针 pRK28 进行分析。

[家系 (2) 解答提示:

(1) β 珠蛋白基因簇上限制性酶切位点如下图:



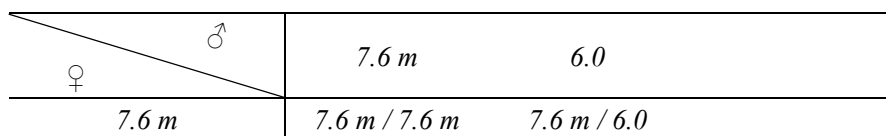
(2) 从 *Ava* II 酶切位点多态性来看: 患儿得父 2.2 与母 2.0, 或得父 2.0 与母 2.2; 胎儿也是如此, 所以胎儿或为 β^+/ β^+ (正常纯合体), 或为 β^T/ β^T (为什么?)

再从 *Hind* III 酶切位点多态性来看:

患儿从母亲得到的 15.3 这一染色体上有 β^T 基因, 所以胎儿不可能是正常纯合体, 从而必为 β^T/ β^T (重型患者)。

答案:

家系 (1) 患儿是限制性片段 7.6 的纯合子, 她继承了父亲的 7.6 和母亲的某一条 7.6, 换句话说, 父亲的 7.6 与突变基因连锁, 而 6.0 与正常基因连锁, 而母亲的一条 7.6 与突变基因连锁, 另一条 7.6 与正常基因连锁; 待诊断孩子的基因型是 7.6/6.0, 由于她继承了父亲的 6.0 及其连锁的正常基因, 因此她是个表型正常的个体, 由于无法判断她继承了母亲的哪一条染色体, 因此她可能是一个携带者, 也可能是个纯合的正常个体。具体分析过程如下:



7.6	7.6 m / 7.6	7.6 / 6.0
-----	-------------	-----------

家系 (2) 先看 *Ava* II 位点:

♀ \ ♂	2.2 m	2.0
2.0 m	2.2 m / 2.0 m	2.0 m / 2.0
2.2	2.2 m / 2.2	2.2 / 2.0

或者

♀ \ ♂	2.2	2.0 m
2.0	2.2 / 2.0	2.0 m / 2.0
2.2 m	2.2 m / 2.2	2.2 m / 2.0 m

可以看到, 子女中 2.2/2.0 的个体或者是重型患者, 或者是完全正常的个体。

再看 *Hind* III 位点的分析:

♀ \ ♂	15.3 m	15.3
15.3 m	15.3 m / 15.3 m	15.3 / 15.3 m
13.5	15.3 m / 13.5	15.3 / 13.5

又可以发现, 子女中 15.3/15.3 的个体或者是重型患者, 或者是表型正常的携带者。

综上, 要同时满足这两个位点的条件, 子女 2.2/2.0 15.3/15.3 只能是重型患者。

15. 以 RFLP 为代表的分子遗传标记与传统标记相比, 有哪些优点和缺点?

答案:

参考本章第三节。

16. 单基因遗传病和复杂疾病在遗传方式上各有什么特点? 如果你获得了一个单基因遗传病的大家系材料, 你打算如何设计实验定位该病的致病基因?

答案:

参考本章第三节。