

泰山护理职业学院教案

课程名称: 遗传与优生 授课班级: _____ 授课人: 安立冰 教案编号: _____
授课题目: 连锁互换定律 授课类型: _____ 授课时数: 2

一、教学目标

知识目标: 1.理解摩尔根完全连锁、不完全连锁遗传实验过程及其解释。

3.理解连锁互换定律的本质。

能力目标: 1.利用连锁互换定律解释遗传现象。

2.对摩尔根遗传实验过程、结果和解释进行介绍,训练学生归纳总结的思维能力。

情感目标: 对摩尔根研究过程进行介绍,培养善于观察、敢于质疑、严谨的科学态度。

二、教学重点、难点

重点: 1.完全连锁、不完全连锁的实验过程。

2.连锁互换定律的实质及应用。

难点: 对完全连锁、不完全连锁现象的解释及应用。

三、教学资源

教材: 《医学遗传学》 第1版 王英南主编 中国医药科技出版社

教具: 多媒体

四、教法与学法

教法: 1.理论讲授为主,结合人类性状的遗传,提高学生对连锁互换定律的理解应用。

2.利用多媒体课件展示,使学生了解科研的一般方法。

3.通过案例分析使学生达到熟练运用遗传的基本规律解释相关遗传现象。

学法: 1.加强学生理论联系实践,分析人类性状和遗传病的遗传,提高学生的综合实践能力。

2.做一些相关的课后练习,通过做练习巩固已学过的知识,发现薄弱环节及时查缺补漏,增强学习效果。

五、教学过程

(一) 检查复习

分离定律的实质

(二) 导入新课

上次课我们运用自由组合定律对两个性状的遗传规律进行了学习,这里需要强调的一点是只有这两个性状的基因是位于不同的染色体上时才遵循自由组合的关系,如果控制两个性状的基因位于一对同源染色体上时,遗传时遵循什么定律呢?

(三) 讲授新课 (板书设计)

第三节 连锁与互换定律

摩尔根(T. H. Morgan, 1866-1945), 美国的生物学家与遗传学家,他和他的学生们以果蝇为实验材料进行了大量的杂交实验,于1910年提出了连锁与互换定律,补充发展了孟德尔的遗传学说,极大地推动了遗传学的发展。

知识链接 摩尔根

摩尔根(图5-11), 美国的生物学家与遗传学家,他毕生从事胚胎学和遗传学的研究,发现了染色体的遗传机制,创立了染色体遗传理论,是现代实验生物学奠基人。提到摩尔根,就不得不提到一个神奇的小生物——果蝇。果蝇给摩尔根的研究带来巨大的成功,以致后人称果蝇是上帝专门为摩尔根创造的。1910年5月,摩尔根的实验室中诞生了一只白眼雄果蝇。摩尔根将它视为珍宝,晚上要把它带回家中,放在床头,白天再把它带回实验室。摩尔根和

他的学生们用果蝇做实验材料，在这个小生物体内发现了4对染色体，并鉴定了约100个不同的基因，还通过杂交实验而确定的连锁程度来测量染色体上基因间的距离。1911年，摩尔根提出了“染色体遗传理论”，创立了著名的基因学说，揭示了基因是组成染色体的遗传单位，它能控制遗传性状的发育，也是突变、重组、交换的基本单位。1933年，摩尔根获得诺贝尔生理学或医学奖。



图 5-11 摩尔根

1、 完全连锁遗传

(1) 完全连锁现象

野生型果蝇身体呈灰色，两翅较长，称为灰身长翅，摩尔根等人在长期的实验饲养过程中又发现了黑身残翅的突变型果蝇。用纯合的灰身长翅（简称灰长）果蝇和纯合的黑身残翅（简称黑残）果蝇杂交， F_1 代都是灰身长翅的，这一结果表明，灰身（B）对黑身（b）是显性，长翅（V）对残翅（v）是显性。再用 F_1 代灰长雄果蝇与黑残雌果蝇测交，按照自由组合规律预测， F_2 代将分为四种表型：灰身长翅、灰身残翅、黑身长翅和黑身残翅，比例是1:1:1:1。然而，实验结果却并非如此， F_2 代只出现了2种亲组合的表型，即灰身长翅和黑身残翅，比例是1:1（图5-12）。

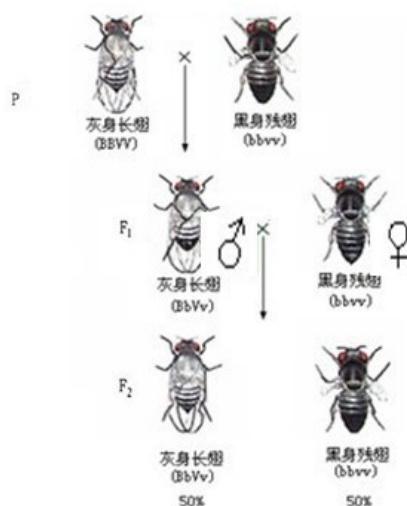


图 5-12 雄果蝇完全连锁实验示意图

(2) 对完全连锁现象的遗传分析

由上述实验结果推测， F_1 代灰长雄果蝇产生精子时，没有遵循自由组合规律产生4种精子，而是只形成两种数量相等的精子：BV和bv。该如何来解释这样的结果呢？

摩尔根认为，控制这两对相对性状的两对等位基因位于一对同源染色体上，其中基因B和V

位于一条染色体上，基因 **b** 和 **v** 位于该同源染色体中的另一条染色体上。形成配子时，**BV** 和 **bv** 只能随各自所在的一条染色体作为整体传递，不能发生分离和自由组合，因此只能形成 **BV** 和 **bv** 两种数量相等的精子。而双隐性亲本黑残雌果蝇只产生一种卵细胞，即 **bv**。随机受精后， F_2 代只有灰身长翅 (**BbVv**) 和黑身残翅 (**bbvv**) 两种表型，比例为 1 : 1 (图 5-13)。

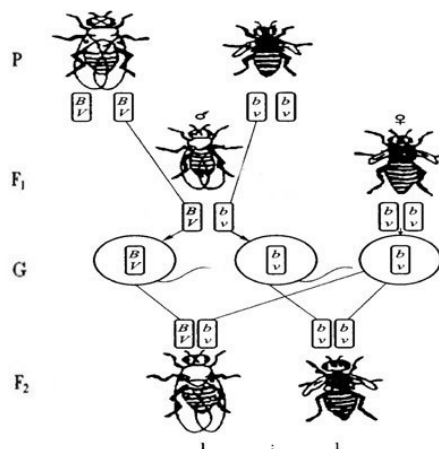


图 5-13 雄果蝇完全连锁遗传分析示意图

位于同一条染色体上的不同基因伴随染色体共同传递的现象，称为连锁(linkage)。如果连锁的基因在减数分裂时没有发生互换，都随该染色体作为一个整体向后代传递，这种后代完全是亲组合的现象，称为完全连锁(complete linkage)。

完全连锁现象在自然界并不多见，目前已知的物种只有雄果蝇和雌家蚕。

2、 不完全连锁

(1) 不完全连锁现象

摩尔根又用 F_1 代灰长雌果蝇与黑残雄果蝇测交，结果 F_2 代出现四种表型：灰身长翅、黑身残翅、灰身残翅和黑身長翅，其中前两种亲组合占 83% (各占 41.5%)，后两种重组组合占 17% (各占 8.5%)。实验结果既不同于自由组合定律的 1 : 1 : 1 : 1，也不同于雄果蝇的完全连锁 (图 5-14)。

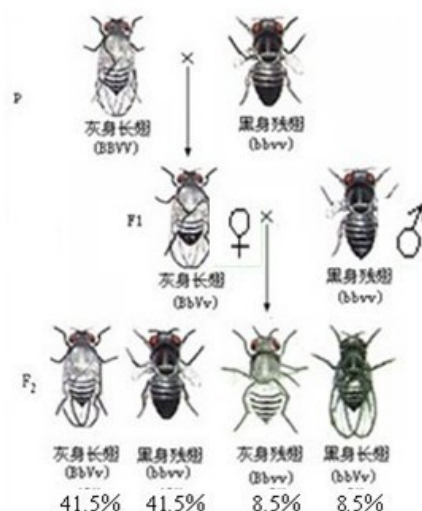


图 5-14 雌果蝇不完全连锁实验示意图

(2) 对不完全连锁现象的遗传分析

对于上述实验结果，摩尔根认为， F_1 代灰长雌果蝇在形成卵细胞的减数分裂过程中，位于一对同源染色体的一条染色单体上的 **BV** 和另一条染色单体上的 **bv** 多数情况下仍保持原来的连锁关系；

但由于减数分裂过程中同源染色体联会和同源非姐妹染色单体之间发生片段的交叉互换，使小部分连锁基因 BV 和 bv 之间发生互换(crossing over)，形成 Bv 和 bV 的新连锁关系。因此，F₁代灰长雌果蝇形成 4 种卵细胞，即 BV、bv、Bv 和 bV。这 4 种卵细胞分别和精子(bv)结合后，F₂代就会出现 4 种基因型和 4 种表现型，即灰身长翅(BbVv)、黑身残翅(bbvv)、灰身残翅(Bbvv)和黑身長翅(bbVv)。由于发生交换的细胞占少数，所以亲组合类型多，重组合类型少，这种遗传方式称为不完全连锁(incomplete linkage) (图 5-15)。

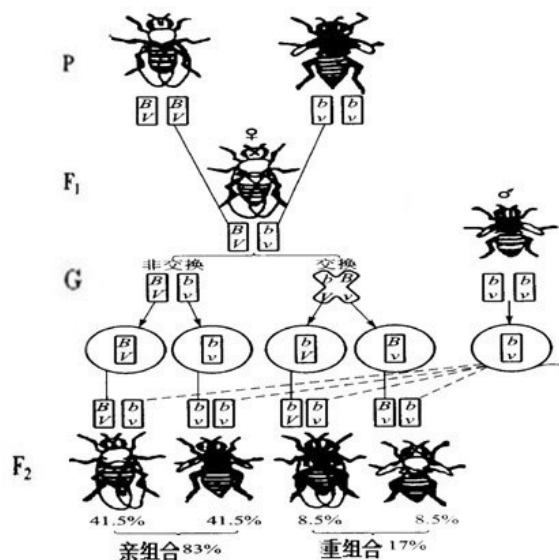


图 5-15 雌果蝇不完全连锁遗传分析示意图

3、 连锁与互换定律的本质

(1) 连锁与互换定律的内容

连锁与互换定律(law of linkage and crossing over)的内容是：①在形成生殖细胞（配子）时，位于同一条染色体上的不同基因连锁在一起，作为一个整体进行传递，称为连锁律。②在形成生殖细胞（配子）时，一对同源染色体上的不同对等位基因之间可以发生交换，使原来连锁的基因发生变化，构成新的连锁关系，称为交换律或互换律。连锁与互换定律又称为遗传学第三定律。

(2) 连锁与互换定律的细胞学基础及实质

连锁与互换定律的细胞学基础是减数分裂过程中同源染色体联会、同源非姐妹染色单体之间发生染色体片段的交叉互换。连锁与互换定律的实质是同一条染色体上的不同基因伴随染色体共同传递，同源染色体上的等位基因之间发生交换。

连锁与互换定律适用于解释生物体的两对或两对以上相对性状的遗传，且控制两对或两对以上相对性状的基因位于同一对同源染色体上。

4、 互换率

杂合体在形成配子时重组合类型的配子数占配子总数的百分率称为互换率。

$$\text{互换率}(\%) = \frac{\text{重组合类型数}}{(\text{重组合类型数} + \text{亲组合类型数})} \times 100\%$$

根据互换率，可以推测一条染色体上两个基因的相对位置及排列顺序，并可进一步将染色体上连锁基因的相对位置以及它们之间的遗传距离绘制成线性图，称为基因的连锁图(linkage map)。一

般以厘摩 (cM) 作为连锁图中的距离单位, 1 cM=1% 互换率。互换率可以反应两个基因在同一条染色体上的相对距离, 距离越远, 发生交换的概率就越大, 距离越近, 互换的概率则越小。

五、应用

例 1: 玉米胚乳有色 (C) 对无色 (c) 显性, 籽粒饱满 (S) 对皱缩 (s) 显性, 现有 F1 有色饱满的玉米与隐性亲本无色皱缩的玉米杂交, 测交后代共获得有色饱满 4032 粒, 无色皱缩 4035 粒, 有色皱缩 149 粒, 无色饱满 152 粒。

1、请计算这两对等位基因之间的交换律。

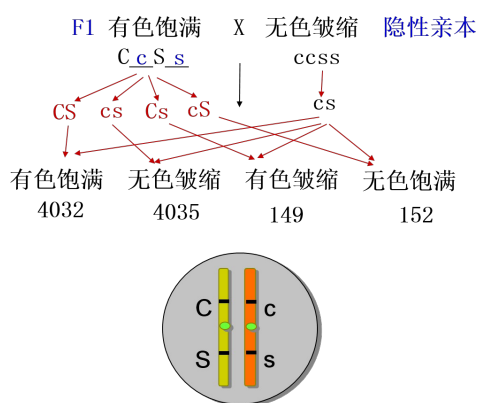
2、请判断 F1 的基因型及在染色体上的排列。

解:

互换率 (%) = 重组类型数 / (重组类型数 + 亲组合类型数) × 100%

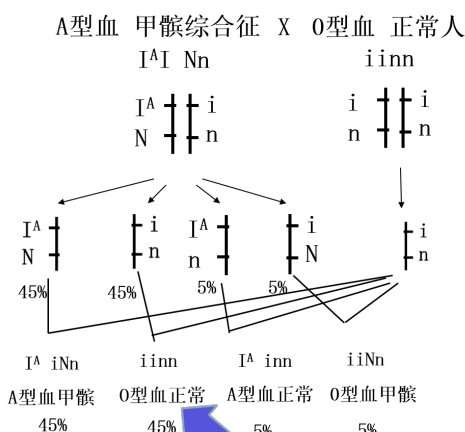
= (149 + 152) / (4035 + 4032 + 149 + 152) × 100%

≈ 3.6%



例 2: 已知甲醚综合征基因同位于第 9 号染色体

合征的致病基因 N 与 ABO 血型体上, 呈连锁遗传, 互换率为 10%。有一个 A 型血甲醚综合症患者与一个 O 型血的正常人婚配, 生有一个甲醚综合症的 A 型血患儿和一个 O 型血的正常人, 若这对夫妇再生育, 应该选择生育什么血型的子女?



这对夫妇应该

选择保留 O 型血的胎儿。

(四) 布置作业

1、红绿色盲 (a) 和血友病 (b) 都是 X 连锁隐性遗传病, 其致病基因都位于 X 染色体上, 交换率为 10%。现有一个家庭, 父亲红绿色盲, 母亲正常, 婚后生育 3 个子女, 其中女儿是色盲, 一

个儿子是色盲，另一个儿子患血友病，试问他们再生育子女，子女的子发病风险如何？

解：假设色盲基因为a，血友病基因为b。两个儿子，一个红绿色盲，另一个是血友病，说明母亲是血友病基因和色盲基因的携带者且这两个基因不是位于同一条X染色体上。因此母亲的基因型是 $X^{Ab}X^{aB}$ ，父亲正常，父亲的基因型是 $X^{AB}Y$ ，根据连锁互换规律，推测后代的发病风险（图6-27）。

亲代		父亲正常		母亲正常	
		$\frac{A}{B}\frac{+}{+}$		$\frac{A}{+}\frac{b}{+}$ $\frac{+}{+}\frac{a}{B}$	
配子	♀	$\frac{A}{+}\frac{b}{+}$ 45%	$\frac{+}{+}\frac{a}{B}$ 45%	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}$ 5%	$\frac{+}{+}\frac{a}{b}$ 5%
	♂	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}\frac{+}{+}$	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}\frac{+}{+}$
子代	♀	$\frac{A}{+}\frac{b}{+}\frac{A}{+}\frac{+}{+}$ 女儿正常	$\frac{A}{+}\frac{b}{+}\frac{+}{+}\frac{a}{B}$ 女儿正常	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}\frac{A}{+}\frac{+}{+}$ 女儿正常	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}\frac{+}{+}\frac{a}{b}$ 女儿正常
	♂	$\frac{A}{+}\frac{b}{+}\frac{+}{+}$ 儿子血友病	$\frac{+}{+}\frac{a}{B}\frac{+}{+}$ 儿子色盲	$\frac{A}{+}\frac{+}{+}\frac{+}{+}$ 儿子正常	$\frac{+}{+}\frac{a}{b}\frac{+}{+}$ 儿子血友病且色盲

图6-27 两种单基因病连锁与互换的遗传图解

2、完成试题库作业。

3、预习单基因遗传与单基因病。

六、课后评析

1. 以遗传病引起学生的兴趣，调动其进入学习的积极性，通过展示课件直观易懂，易于学生的理解掌握。
2. 通过情境练习提高学生理论应用能力。