

高中生物学常见遗传问题研究

生物学笔记

2025 年 11 月 9 日

目录

1 第一部分：遗传学基础概念	4
1.1 核心术语	4
1.2 遗传符号系统	5
2 第二部分：孟德尔遗传定律	5
2.1 分离定律	5
2.2 自由组合定律	6
3 第三部分：配子法（核心方法）	7
3.1 配子法的基本原理	7
3.2 一对相对性状的配子法	9
3.3 两对相对性状的配子法	10
3.4 三对相对性状的配子法	12
3.5 配子法的优势与应用	13
4 第四部分：常见遗传问题类型与解题方法	13
4.1 已知亲本求子代	14
4.2 已知子代推亲本	15
4.3 概率计算问题	17
5 第五部分：特殊遗传问题	18
5.1 不完全显性	18
5.2 共显性	19
5.3 母本效应	20
5.4 基因互作	21
5.5 致死基因	26

6 第六部分：连锁遗传与互换	29
6.1 连锁遗传的基本概念	29
6.2 连锁遗传的配子类型	30
6.3 互换概率的计算	32
6.4 逆推互换概率	33
7 第七部分：伴性遗传	34
7.1 伴性遗传的基本概念	34
7.2 X 连锁隐性遗传	35
7.3 X 连锁显性遗传	36
7.4 Y 连锁遗传	37
8 第八部分：人类遗传病与系谱图	38
8.1 系谱图的绘制规范	38
8.2 常见遗传病的遗传方式	38
8.3 系谱图分析方法	39
8.4 概率计算	40
9 第九部分：育种应用	40
9.1 单倍体育种	41
9.2 无籽西瓜（三倍体）	43
10 第十部分：解题技巧总结与快速参考	45
10.1 配子法解题流程	45
10.2 常见比例及对应基因型	46
10.3 快速计算方法	47
10.4 易错点提醒	47
11 附录：公式速查表	48
11.1 配子种类计算公式	48
11.2 子代基因型和表现型种类	48
11.3 概率计算技巧	48
11.4 三对等位基因计算公式	49
11.5 连锁遗传计算公式	49
11.6 伴性遗传计算公式	49
11.7 基因互作比例	50
11.8 致死基因计算	50

1 第一部分：遗传学基础概念

1.1 核心术语

定义：等位基因

等位基因 (allele): 控制相对性状的成对基因，位于同源染色体的相同位置上。

例如：控制豌豆高茎和矮茎的基因 A 和 a 就是一对等位基因。

定义：基因型与表现型

基因型 (genotype): 生物个体基因的组成，如 AA 、 Aa 、 aa 。

表现型 (phenotype): 生物个体表现出来的性状，如高茎、矮茎。

关系：表现型 = 基因型 + 环境条件

定义：纯合子与杂合子

纯合子 (homozygote): 基因型中成对的等位基因相同，如 AA 、 aa 。

杂合子 (heterozygote): 基因型中成对的等位基因不同，如 Aa 。

定义：显性与隐性

显性基因：在杂合子中能表现出其性状的基因，用大写字母表示（如 A ）。

隐性基因：在杂合子中不能表现出其性状的基因，用小写字母表示（如 a ）。

显性性状：由显性基因控制的性状。

隐性性状：只有在隐性纯合子中才能表现出来的性状。

1.2 遗传符号系统

关键要点：常用符号约定

- 显性基因：大写字母（ A 、 B 、 D 等）
- 隐性基因：小写字母（ a 、 b 、 d 等）
- 父本： \mathcal{P} 或 P（父本）
- 母本： \mathcal{P} 或 P（母本）
- 子一代： F_1
- 子二代： F_2
- 杂交：×
- 自交：○

2 第二部分：孟德尔遗传定律

2.1 分离定律

遗传定律：分离定律（Law of Segregation）

在生物的体细胞中，控制同一性状的遗传因子成对存在，不相融合；在形成配子时，成对的遗传因子发生分离，分离后的遗传因子分别进入不同的配子中，随配子遗传给后代。

核心要点：

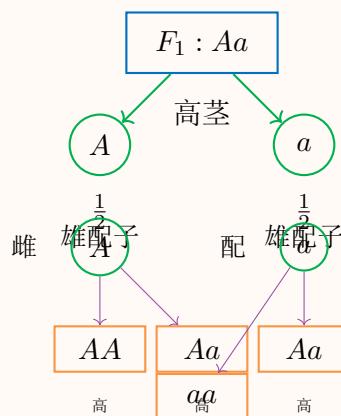
1. 成对的等位基因在形成配子时分离
2. 分离后的基因独立进入不同的配子
3. 配子中只含等位基因中的一个

解题技巧：分离定律的验证

实验： F_1 高茎豌豆（ Aa ）自交

过程：

1. F_1 产生配子： A 和 a ，比例 $1 : 1$
2. 雌雄配子随机结合
3. F_2 基因型： $AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$
4. F_2 表现型：高茎：矮茎 = 3 : 1



F_2 表现型比例：高茎：矮茎 = 3 : 1

图 1：分离定律图解

2.2 自由组合定律

遗传定律：自由组合定律（Law of Independent Assortment）

控制不同性状的遗传因子的分离和组合是互不干扰的；在形成配子时，决定同一性状的成对的遗传因子彼此分离，决定不同性状的遗传因子自由组合。

适用条件：

1. 两对或两对以上的等位基因
2. 控制不同性状的基因位于非同源染色体上
3. 各对基因独立遗传

解题技巧：自由组合定律的验证

实验：黄色圆粒 ($YYRR$) \times 绿色皱粒 ($yyrr$)

F_1 : 黄色圆粒 ($YyRr$)

F_1 自交产生 F_2 :

F_1 产生配子类型: YR 、 Yr 、 yR 、 yr , 比例 $1:1:1:1$

		雄配子					
		$Y\text{ }\text{ }\text{ }R$					
雌配子	$Y\text{ }\text{ }\text{ }R$	$YYRR$	$YYRr$	$YyRR$	$YyRr$		
	$Y\text{ }\text{ }\text{ }r$	$YYRr$	$YYrr$	$YyRr$	$Yyrr$		
	$y\text{ }\text{ }\text{ }R$	$YyRR$	$YyRr$	$yyRR$	$yyRr$		
	$y\text{ }\text{ }\text{ }r$	$YyRr$	$Yyrr$	$yyRr$	$yyrr$		

F_2 表现型:				
黄圆	黄皱	绿圆	绿皱	
9	3	3	1	

图 2: 自由组合定律棋盘格 (F_2)

F_2 表现型比例: 黄色圆粒: 黄色皱粒: 绿色圆粒: 绿色皱粒 = $9:3:3:1$

F_2 基因型种类: $3^2 = 9$ 种

3 第三部分：配子法（核心方法）

3.1 配子法的基本原理

定义：配子法

配子法是通过分析亲本产生配子的类型和比例，然后计算配子随机结合后子代基因型和表现型的方法。

核心步骤:

1. 确定亲本基因型
2. 分析亲本产生的配子类型及比例
3. 计算配子结合的概率
4. 统计子代基因型和表现型

关键要点：配子产生的规律

- 一对等位基因: Aa 产生 A 和 a , 比例 $1:1$
- 两对等位基因 (独立遗传):
 - $AaBb$ 产生 AB 、 Ab 、 aB 、 ab , 比例 $1:1:1:1$
 - 配子种类数 = 2^n (n 为杂合基因对数)
- 多对等位基因: 每对基因独立分离, 然后自由组合

3.2 一对相对性状的配子法

解题技巧：基础配子法应用

题目：高茎豌豆 (Aa) 与矮茎豌豆 (aa) 杂交，求子代基因型和表现型。

解题步骤：

步骤 1：确定亲本基因型

- 亲本 1: Aa (高茎)
- 亲本 2: aa (矮茎)

步骤 2：分析配子类型及比例

- Aa 产生: A ($\frac{1}{2}$)、 a ($\frac{1}{2}$)
- aa 产生: a (1)

步骤 3：配子结合 (利用概率)

- Aa 的概率: $P(A) \times P(a) = \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$
- aa 的概率: $P(a) \times P(a) = \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$

步骤 4：结果

- 基因型: $Aa : aa = 1 : 1$
- 表现型: 高茎: 矮茎 = 1 : 1

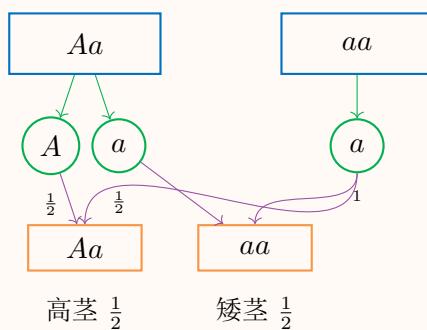


图 3: 一对相对性状配子法图解

3.3 两对相对性状的配子法

解题技巧：两对相对性状的配子法

题目： $AaBb$ 与 $Aabb$ 杂交，求子代基因型和表现型。

方法一：完整配子法

步骤 1：确定配子类型及比例

- $AaBb$ 产生： $AB (\frac{1}{4})$ 、 $Ab (\frac{1}{4})$ 、 $aB (\frac{1}{4})$ 、 $ab (\frac{1}{4})$
- $Aabb$ 产生： $Ab (\frac{1}{2})$ 、 $ab (\frac{1}{2})$

步骤 2：配子结合（棋盘格法）

$AaBb$ 配子	$Aabb$ 配子	
	$Ab (\frac{1}{2})$	$ab (\frac{1}{2})$
$AB (\frac{1}{4})$	$AABb (\frac{1}{8})$	$AaBb (\frac{1}{8})$
$Ab (\frac{1}{4})$	$AAAb (\frac{1}{8})$	$Aabb (\frac{1}{8})$
$aB (\frac{1}{4})$	$AaBb (\frac{1}{8})$	$aaBb (\frac{1}{8})$
$ab (\frac{1}{4})$	$Aabb (\frac{1}{8})$	$aabb (\frac{1}{8})$

步骤 3：统计结果

• 基因型（合并相同）：

- $AABb: \frac{1}{8}$
- $AaBb: \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$
- $AAAb: \frac{1}{8}$
- $Aabb: \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$
- $aaBb: \frac{1}{8}$
- $aabb: \frac{1}{8}$

• 表现型（假设 A 、 B 为显性）：

- $A_B_:$ $\frac{1}{8} + \frac{2}{8} = \frac{3}{8}$
- $A_bb:$ $\frac{1}{8} + \frac{2}{8} = \frac{3}{8}$
- $aaB_:$ $\frac{1}{8}$
- $aabb:$ $\frac{1}{8}$

方法二：分离定律分别计算

将两对基因分别考虑，然后用乘法原理：

第一对基因 ($Aa \times Aa$)：

- $AA: \frac{1}{4}$, $Aa: \frac{1}{2}$, $aa: \frac{1}{4}$

第二对基因 ($Bb \times bb$)：

- $Bb: \frac{1}{2}$, $bb: \frac{1}{2}$

3.4 三对相对性状的配子法

解题技巧：三对等位基因的配子法

题目： $AaBbCc$ 自交，求 F_2 的基因型种类、表现型种类及比例。

解题：

方法：分离定律分别计算

第一对基因 ($Aa \times Aa$)：

- 基因型： $AA (\frac{1}{4})$ 、 $Aa (\frac{1}{2})$ 、 $aa (\frac{1}{4})$
- 表现型：显性 ($\frac{3}{4}$)、隐性 ($\frac{1}{4}$)

第二对基因 ($Bb \times Bb$)：

- 基因型： $BB (\frac{1}{4})$ 、 $Bb (\frac{1}{2})$ 、 $bb (\frac{1}{4})$
- 表现型：显性 ($\frac{3}{4}$)、隐性 ($\frac{1}{4}$)

第三对基因 ($Cc \times Cc$)：

- 基因型： $CC (\frac{1}{4})$ 、 $Cc (\frac{1}{2})$ 、 $cc (\frac{1}{4})$
- 表现型：显性 ($\frac{3}{4}$)、隐性 ($\frac{1}{4}$)

配子类型：

$AaBbCc$ 产生配子种类 $= 2^3 = 8$ 种

配子类型： ABC 、 abc

各占 $\frac{1}{8}$

基因型种类：

F_2 基因型种类 $= 3^3 = 27$ 种

表现型种类及比例：

使用乘法原理，表现型比例 $= (3 : 1)^3$

展开： $(3 : 1)^3 = 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1$

具体表现型：

- 三显性 ($A_B_C_$): $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$
- 两显一隐 (A_B_cc): $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{64}$
- 两显一隐 ($A_bbC_$): $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$
- 两显一隐 ($aaB_C_$): $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$
- 一显两隐 (A_bcc): $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{64}$
- 一显两隐 (aaB_cc): $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{64}$
- 一显两隐 ($aabbC_$): $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{64}$
- 三隐性 ($aabbcc$): $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$

结果：

关键要点：三对等位基因的规律

- 配子种类: $2^3 = 8$ 种（每对基因产生 2 种配子）
- 基因型种类: $3^3 = 27$ 种（每对基因有 3 种基因型）
- 表现型种类: $2^3 = 8$ 种（完全显性时）
- 表现型比例: $(3:1)^3 = 27:9:9:9:3:3:3:1$
- 计算方法: 分离定律分别计算，然后用乘法原理组合

3.5 配子法的优势与应用

关键要点：配子法的优势

1. 直观清晰: 直接展示遗传过程
2. 计算准确: 基于概率原理, 结果可靠
3. 适用广泛: 适用于各种遗传问题
4. 易于理解: 符合遗传学基本原理

注意事项：配子法使用注意事项

- 确保等位基因正确分离
- 注意配子比例的计算
- 多对基因时, 确认基因是否独立遗传
- 合并相同基因型时不要遗漏
- 计算表现型时注意显隐性关系

4 第四部分：常见遗传问题类型与解题方法

4.1 已知亲本求子代

解题技巧：已知亲本基因型求子代

题目：黄色圆粒豌豆 ($YyRr$) 与绿色皱粒豌豆 ($yyrr$) 杂交，求 F_1 的表现型及比例。

解题：

方法一：配子法

亲本 1 ($YyRr$) 配子： YR 、 Yr 、 yR 、 yr ，各占 $\frac{1}{4}$

亲本 2 ($yyrr$) 配子： yr ，占 1

配子结合：

- $YyRr: \frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ (黄圆)
- $Yyrr: \frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ (黄皱)
- $yyRr: \frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ (绿圆)
- $yyrr: \frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ (绿皱)

结果： F_1 表现型比例 = 黄圆：黄皱：绿圆：绿皱 = 1 : 1 : 1 : 1

方法二：分离定律分别计算

第一对基因 ($Yy \times yy$):

- $Yy: \frac{1}{2}$ (黄色)
- $yy: \frac{1}{2}$ (绿色)

第二对基因 ($Rr \times rr$):

- $Rr: \frac{1}{2}$ (圆粒)
- $rr: \frac{1}{2}$ (皱粒)

组合（乘法原理）：

- 黄圆： $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
- 黄皱： $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
- 绿圆： $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
- 绿皱： $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

4.2 已知子代推亲本

解题技巧：逆推法：已知子代推亲本基因型

题目：某植物的高茎（显性）与矮茎（隐性）杂交， F_1 中高茎: 矮茎 = 1 : 1，求亲本基因型。

解题步骤：

步骤 1：分析 F_1 表现型比例

- 高茎: 矮茎 = 1 : 1
- 说明 F_1 中既有显性纯合或杂合，也有隐性纯合

步骤 2：反推配子类型

- F_1 基因型为 Aa 和 aa ，比例 1 : 1
- 说明一个亲本产生 A 和 a 配子（比例为 1 : 1），基因型为 Aa
- 另一个亲本只产生 a 配子，基因型为 aa

步骤 3：确定亲本

- 亲本 1: Aa (高茎)
- 亲本 2: aa (矮茎)

验证： $Aa \times aa \rightarrow Aa : aa = 1 : 1$ ，表现型高茎: 矮茎 = 1 : 1，符合题意。

解题技巧：复杂逆推：两对相对性状

题目：某植物两对相对性状杂交， F_1 表现型及比例为：

- 黄色圆粒：黄色皱粒：绿色圆粒：绿色皱粒 = 3 : 3 : 1 : 1

求亲本可能的基因型。

解题：

步骤 1：分别分析两对性状

第一对性状（颜色）：

- 黄色：绿色 = $(3 + 3) : (1 + 1) = 6 : 2 = 3 : 1$
- 说明第一对基因杂交为 $Aa \times Aa$

第二对性状（形状）：

- 圆粒：皱粒 = $(3 + 1) : (3 + 1) = 4 : 4 = 1 : 1$
- 说明第二对基因杂交为 $Bb \times bb$

步骤 2：组合得到亲本基因型

- 亲本 1： $AaBb$
- 亲本 2： $Aabb$

验证：

- $AaBb$ 产生配子： AB 、 Ab 、 aB 、 ab ，各 $\frac{1}{4}$
- $Aabb$ 产生配子： Ab 、 ab ，各 $\frac{1}{2}$
- 子代表现型：
 - 黄圆 ($A_B_$)： $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ (但实际应为 $\frac{3}{8}$ ，比例 $3 : 3 : 1 : 1$ 需要重新计算)

实际上，更精确的分析：

- 黄圆： $A_B_ = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$
- 黄皱： $A_bb = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$
- 绿圆： $aaB_ = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$
- 绿皱： $aabb = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

比例 = $\frac{3}{8} : \frac{3}{8} : \frac{1}{8} : \frac{1}{8} = 3 : 3 : 1 : 1$ ，符合题意。

4.3 概率计算问题

解题技巧：遗传概率计算

题目： $AaBb$ 自交，求 F_2 中：

1. 基因型为 $AABB$ 的概率
2. 表现型为双显性的概率
3. 基因型为 $AaBb$ 的概率
4. 至少有一对基因为纯合的概率

解题：

方法：分离定律分别计算

第一对基因 ($Aa \times Aa$)：

- $AA: \frac{1}{4}$
- $Aa: \frac{1}{2}$
- $aa: \frac{1}{4}$

第二对基因 ($Bb \times Bb$)：

- $BB: \frac{1}{4}$
- $Bb: \frac{1}{2}$
- $bb: \frac{1}{4}$

计算结果：

- (1) $AABB$ 的概率 $= \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$
- (2) 双显性 ($A_B_$) 的概率 $= \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
- (3) $AaBb$ 的概率 $= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
- (4) 至少有一对纯合的概率 $= 1 - \text{两对都是杂合的概率}$

- 两对都是杂合 ($AaBb$) 的概率 $= \frac{1}{4}$
- 至少有一对纯合 $= 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

解题技巧：条件概率问题

题目： $AaBb$ 自交，在 F_2 的双显性个体中，基因型为 $AABB$ 的概率是多少？

解题：

方法：条件概率公式

$$P(AABB|A_B_)=\frac{P(AABB \cap A_B_)}{P(A_B_)}=\frac{P(AABB)}{P(A_B_)}$$

- $P(AABB) = \frac{1}{16}$
- $P(A_B_)=\frac{9}{16}$
- $P(AABB|A_B_)=\frac{\frac{1}{16}}{\frac{9}{16}}=\frac{1}{9}$

结果：在双显性个体中， $AABB$ 占 $\frac{1}{9}$ 。

5 第五部分：特殊遗传问题

5.1 不完全显性

定义：不完全显性

不完全显性：杂合子的表现型介于两个纯合子之间，如 AA （红色） $\times aa$ （白色） $\rightarrow Aa$ （粉色）。

特点：

- 杂合子表现中间性状
- F_2 表现型比例 = 基因型比例 = $1 : 2 : 1$
- 表现型种类 = 基因型种类

解题技巧：不完全显性遗传

题目：紫茉莉花色遗传， RR （红花） $\times rr$ （白花） $\rightarrow Rr$ （粉花）。 F_1 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

$F_1: Rr$ （粉花）

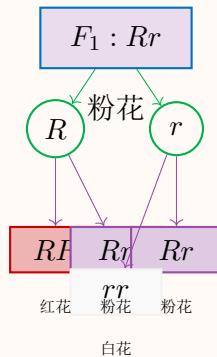
F_1 自交： $Rr \times Rr$

配子： R ($\frac{1}{2}$)、 r ($\frac{1}{2}$)

F_2 基因型及表现型：

- $RR: \frac{1}{4}$ （红花）
- $Rr: \frac{1}{2}$ （粉花）
- $rr: \frac{1}{4}$ （白花）

结果： F_2 表现型比例 = 红花: 粉花: 白花 = 1 : 2 : 1



F_2 比例：红花: 粉花: 白花 = 1 : 2 : 1

图 5: 不完全显性遗传图解

5.2 共显性

定义：共显性

共显性：杂合子中两个等位基因都能表达，如 AB 血型。

特点：

- 两个等位基因同时表达
- 表现型与基因型一一对应
- 常见的例子： ABO 血型系统中的 AB 血型

5.3 母本效应

定义：母本效应

母本效应 (maternal effect): 子代的某些性状由母本的基因型决定，而不是由子代自身的基因型决定。

特点：

- 子代表现型取决于母本基因型
- 属于细胞质遗传或早期发育影响
- 正反交结果不同
- 常见于细胞质中的遗传物质（如线粒体、叶绿体）

解题技巧：母本效应遗传

题目：紫茉莉叶色遗传，绿色叶片 (GG 或 Gg) \times 白色叶片 (gg)，正反交结果不同。分析其遗传特点。

分析：

正交：绿色 (GG) \times 白色 (gg)

- 子代基因型：全部 Gg
- 子代表现型：全部绿色（由母本绿色决定）

反交：白色 (gg) \times 绿色 (GG)

- 子代基因型：全部 Gg
- 子代表现型：全部白色（由母本白色决定）

特点：

- 正反交结果不同
- 子代表现型与母本一致
- 说明叶色由细胞质中的遗传物质控制

关键要点：母本效应与核遗传的区别

- **核遗传：**子代表现型由子代自身基因型决定，正反交结果相同
- **母本效应：**子代表现型由母本基因型决定，正反交结果不同
- **细胞质遗传：**遗传物质在细胞质中（如线粒体、叶绿体），只通过母本传递
- **判断方法：**通过正反交实验，如果结果不同，可能是母本效应或细胞质遗传

5.4 基因互作

定义：基因互作

基因互作：多对基因共同控制同一性状，不同基因之间相互作用，导致表现型比例偏离经典的 $9:3:3:1$ 。

特点：

- 多对基因控制同一性状
- 基因之间存在相互作用
- 表现型比例发生改变
- 常见类型：互补作用、累加作用、上位作用、抑制作用等

解题技巧：互补作用（9:7）

题目：香豌豆花色遗传， A_B 为紫色，其他为白色。 $AaBb$ 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

F_1 : $AaBb$ (紫色)

F_1 自交： $AaBb \times AaBb$

F_2 基因型比例（正常）： $9:3:3:1$

表现型分析：

- A_B : $\frac{9}{16}$ (紫色，需要 A 和 B 同时存在)
- A_bb : $\frac{3}{16}$ (白色，缺少 B)
- $aaB_$: $\frac{3}{16}$ (白色，缺少 A)
- $aabb$: $\frac{1}{16}$ (白色，缺少 A 和 B)

结果： F_2 表现型比例 = 紫色: 白色 = $9:7$

原理： A 和 B 基因互补，两者同时存在才表现紫色。

解题技巧：累加作用（9:6:1）

题目：南瓜果形遗传， A_B 为扁盘形， A_bb 或 aaB 为圆球形， $aabb$ 为长圆形。 $AaBb$ 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

F_1 : $AaBb$ (扁盘形)

F_1 自交： $AaBb \times AaBb$

表现型分析：

- A_B : $\frac{9}{16}$ (扁盘形)
- A_bb : $\frac{3}{16}$ (圆球形)
- aaB : $\frac{3}{16}$ (圆球形)
- $aabb$: $\frac{1}{16}$ (长圆形)

合并相同表现型：

- 扁盘形: $\frac{9}{16}$
- 圆球形: $\frac{3}{16} + \frac{3}{16} = \frac{6}{16}$
- 长圆形: $\frac{1}{16}$

结果： F_2 表现型比例 = 扁盘形: 圆球形: 长圆形 = 9:6:1

原理：显性基因数量决定表现型，2个显性基因 = 扁盘形，1个 = 圆球形，0个 = 长圆形。

解题技巧：显性上位（12:3:1）

题目：某植物花色遗传， $A_\underline{\quad}$ 为白色（ A 基因上位）， $aaB_\underline{\quad}$ 为红色， $aabb$ 为黄色。 $AaBb$ 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

$F_1: AaBb$ （白色）

F_1 自交： $AaBb \times AaBb$

表现型分析：

- $A_\underline{B}_\underline{\quad}$: $\frac{9}{16}$ （白色， A 上位）
- $A_\underline{bb}$: $\frac{3}{16}$ （白色， A 上位）
- $aaB_\underline{\quad}$: $\frac{3}{16}$ （红色）
- $aabb$: $\frac{1}{16}$ （黄色）

合并相同表现型：

- 白色： $\frac{9}{16} + \frac{3}{16} = \frac{12}{16}$
- 红色： $\frac{3}{16}$
- 黄色： $\frac{1}{16}$

结果： F_2 表现型比例 = 白色: 红色: 黄色 = 12:3:1

原理： A 基因对 B 基因有上位作用，只要存在 A 就表现白色。

解题技巧：隐性上位（9:3:4）

题目：某植物花色遗传， A_B 为紫色， A_bb 为红色， aa_B 为白色（ aa 基因上位）。 $AaBb$ 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

F_1 : $AaBb$ (紫色)

F_1 自交： $AaBb \times AaBb$

表现型分析：

- A_B : $\frac{9}{16}$ (紫色)
- A_bb : $\frac{3}{16}$ (红色)
- aaB : $\frac{3}{16}$ (白色, aa 上位)
- $aabb$: $\frac{1}{16}$ (白色, aa 上位)

合并相同表现型：

- 紫色: $\frac{9}{16}$
- 红色: $\frac{3}{16}$
- 白色: $\frac{3}{16} + \frac{1}{16} = \frac{4}{16}$

结果： F_2 表现型比例 = 紫色: 红色: 白色 = 9:3:4

原理： aa 基因对 B 基因有上位作用，只要存在 aa 就表现白色。

解题技巧：抑制作用（13:3）

题目：某植物花色遗传， A_bb 为白色，其他为有色（ A 基因抑制 B 基因）。 $AaBb$ 自交，求 F_2 表现型及比例。

解题：

F_1 : $AaBb$ (有色)

F_1 自交： $AaBb \times AaBb$

表现型分析：

- $A_B_$: $\frac{9}{16}$ (有色)
- A_bb : $\frac{3}{16}$ (白色, A 抑制 B)
- $aaB_$: $\frac{3}{16}$ (有色)
- $aabb$: $\frac{1}{16}$ (有色)

合并相同表现型：

- 有色： $\frac{9}{16} + \frac{3}{16} + \frac{1}{16} = \frac{13}{16}$
- 白色： $\frac{3}{16}$

结果： F_2 表现型比例 = 有色: 白色 = 13:3

原理： A 基因抑制 B 基因的表达，只有当 A_bb 时才表现白色。

关键要点：基因互作类型总结

- 互补作用：9:7，需要两对显性基因同时存在
- 累加作用：9:6:1，显性基因数量决定表现型
- 显性上位：12:3:1，一对显性基因抑制另一对基因
- 隐性上位：9:3:4，一对隐性基因抑制另一对基因
- 抑制作用：13:3，一对基因抑制另一对基因的表达
- 判断方法：根据 F_2 表现型比例判断基因互作类型

5.5 致死基因

定义：致死基因

致死基因：某些基因型会导致个体死亡，从而改变正常的分离比。

类型：

1. 显性致死：显性纯合子或杂合子致死
2. 隐性致死：隐性纯合子致死
3. 配子致死：某些配子不能存活

解题技巧：隐性致死遗传

题目：小鼠毛色遗传， YY （黄色）、 Yy （黄色）、 yy （黑色），但 YY 胚胎致死。黄色小鼠自交，求子代表现型及比例。

解题：

亲本： Yy （黄色， YY 致死）

自交： $Yy \times Yy$

正常情况：

- $YY: \frac{1}{4}$ （致死）
- $Yy: \frac{1}{2}$ （黄色）
- $yy: \frac{1}{4}$ （黑色）

考虑致死：

- 存活个体总数 = $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$
- Yy 概率 = $\frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3}$ （黄色）
- yy 概率 = $\frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} = \frac{1}{3}$ （黑色）

结果：子代表现型比例 = 黄色：黑色 = 2 : 1

解题技巧：显性致死遗传

题目：某植物 AA 致死， Aa 表现显性性状， aa 表现隐性性状。 Aa 自交，求子代表现型及比例。

解题：

亲本： Aa （显性性状）

自交： $Aa \times Aa$

正常情况：

- $AA: \frac{1}{4}$ （致死）
- $Aa: \frac{1}{2}$ （显性）
- $aa: \frac{1}{4}$ （隐性）

考虑致死：

- 存活个体总数 = $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$
- Aa 概率 = $\frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3}$ （显性）
- aa 概率 = $\frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} = \frac{1}{3}$ （隐性）

结果：子代表现型比例 = 显性：隐性 = 2 : 1

解题技巧：配子致死

题目：某植物 Aa 产生配子时， A 配子致死。 Aa 自交，求子代表现型及比例。

解题：

亲本： Aa

配子产生：

- A 配子：致死（不能形成）
- a 配子：正常（占 1）

实际配子：只有 a 配子

自交： $a \times a \rightarrow aa$

结果：子代全部为 aa （隐性性状），比例 1 : 0

解题技巧：合子致死

题目：某植物 $Aa \times Aa$, 其中 Aa 合子致死。求子代表现型及比例。

解题：

正常情况：

- $AA: \frac{1}{4}$ (显性)
- $Aa: \frac{1}{2}$ (致死)
- $aa: \frac{1}{4}$ (隐性)

考虑致死：

- 存活个体总数 $= \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$
- AA 概率 $= \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ (显性)
- aa 概率 $= \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ (隐性)

结果：子代表现型比例 = 显性: 隐性 = 1 : 1

解题技巧：条件致死

题目：某植物在高温条件下, aa 致死; 在常温条件下正常。 Aa 在常温下自交, 然后 F_1 在高温下培养, 求存活个体的表现型及比例。

解题：

常温下 $Aa \times Aa$:

- $AA: \frac{1}{4}$
- $Aa: \frac{1}{2}$
- $aa: \frac{1}{4}$

高温条件下, aa 致死:

存活个体:

- 存活总数 $= \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$
- AA 概率 $= \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$ (显性)
- Aa 概率 $= \frac{2}{3} = \frac{2}{3}$ (显性)

结果：高温下存活个体全部表现显性性状。

关键要点：致死基因的类型总结

- **显性致死：**显性纯合子或杂合子致死，改变 3 : 1 比例
- **隐性致死：**隐性纯合子致死，改变 3 : 1 比例
- **配子致死：**某些配子不能形成，严重影响子代比例
- **合子致死：**某些合子不能发育，改变正常分离比
- **条件致死：**在特定条件下致死，需要分条件计算
- **计算方法：**先按正常情况计算，然后除去致死个体，重新计算比例

6 第六部分：连锁遗传与互换

6.1 连锁遗传的基本概念

定义：连锁遗传

连锁遗传：控制不同性状的基因位于同一对同源染色体上，在形成配子时，这些基因倾向于连在一起传递给子代。

特点：

- 两对或两对以上的基因位于同一对同源染色体上
- 基因不遵循自由组合定律
- 表现型比例偏离 9 : 3 : 3 : 1
- 亲本型配子多于重组型配子

定义：完全连锁与不完全连锁

完全连锁：位于同一染色体上的基因完全不分离，只产生亲本型配子。

不完全连锁：由于同源染色体之间的交叉互换，产生部分重组型配子。

互换（交叉互换）：减数分裂过程中，同源染色体的非姐妹染色单体之间发生片段交换。

遗传定律：连锁遗传的规律

连锁定律：

1. 位于同一染色体上的基因连锁遗传
2. 互换概率 = 重组型配子比例
3. 互换概率 = $\frac{\text{重组型个体数}}{\text{总个体数}} \times 100\%$
4. 互换概率的范围: $0\% \leq \text{互换概率} \leq 50\%$

6.2 连锁遗传的配子类型

解题技巧：完全连锁遗传

题目：果蝇灰身长翅 ($BBVV$) 与黑身残翅 ($bbvv$) 杂交, B 和 V 基因完全连锁。求 F_1 产生的配子类型及 F_2 表现型比例。

解题：

亲本: $BBVV$ (灰身长翅) $\times bbvv$ (黑身残翅)

F_1 : $BbVv$ (灰身长翅)

完全连锁时:

F_1 产生配子:

- $BV: \frac{1}{2}$ (亲本型)
- $bv: \frac{1}{2}$ (亲本型)
- 无重组型配子

F_1 自交: $BV/bv \times BV/bv$

F_2 表现型:

- 灰身长翅 ($BBVV$ 、 $BbVv$) : $\frac{3}{4}$
- 黑身残翅 ($bbvv$) : $\frac{1}{4}$

结果: F_2 表现型比例 = 灰身长翅: 黑身残翅 = 3 : 1 (只有两种表现型)

解题技巧：不完全连锁遗传

题目：果蝇灰身长翅（ $BBVV$ ）与黑身残翅（ $bbvv$ ）杂交， B 和 V 基因不完全连锁，互换概率为 20%。求 F_1 产生的配子类型及比例。

解题：

亲本： $BBVV$ （灰身长翅） $\times bbvv$ （黑身残翅）

F_1 ： BV/bv （灰身长翅， B 和 V 连锁， b 和 v 连锁）

配子类型及比例：

亲本型配子（不发生互换）：

- $BV: \frac{1-0.2}{2} = 40\%$
- $bv: \frac{1-0.2}{2} = 40\%$

重组型配子（发生互换）：

- $Bv: \frac{0.2}{2} = 10\%$
- $bV: \frac{0.2}{2} = 10\%$

结果：配子比例 = $BV : bv : Bv : bV = 40\% : 40\% : 10\% : 10\% = 4 : 4 : 1 : 1$

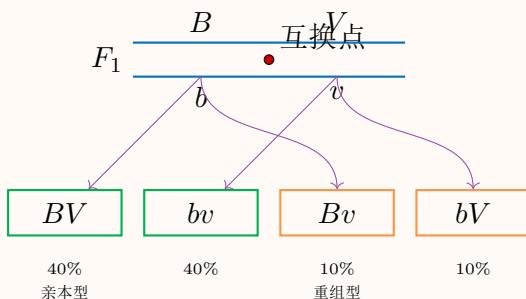


图 6：不完全连锁遗传的配子形成

6.3 互换概率的计算

解题技巧：计算互换概率

题目：果蝇 BV/bv 与 bv/bv 测交，子代表现型及数量为：

- 灰身长翅：420 只
- 黑身残翅：430 只
- 灰身残翅：45 只
- 黑身长翅：55 只

求 B 和 V 基因之间的互换概率。

解题：

步骤 1：确定亲本型和重组型

亲本型（数量多）：

- 灰身长翅：420 只
- 黑身残翅：430 只

重组型（数量少）：

- 灰身残翅：45 只
- 黑身长翅：55 只

步骤 2：计算总数和重组型总数

$$\text{总数} = 420 + 430 + 45 + 55 = 950 \text{ 只}$$

$$\text{重组型总数} = 45 + 55 = 100 \text{ 只}$$

步骤 3：计算互换概率

$$\text{互换概率} = \frac{\text{重组型总数}}{\text{总个体数}} \times 100\% = \frac{100}{950} \times 100\% \approx 10.5\%$$

结果： B 和 V 基因之间的互换概率约为 10.5%

6.4 逆推互换概率

解题技巧：逆推互换概率

题目：已知果蝇 BV/bv 自交， F_2 中：

- 灰身长翅：72%
- 黑身残翅：22%
- 灰身残翅：3%
- 黑身长翅：3%

求 B 和 V 基因之间的互换概率。

解题：

方法一：通过重组型比例计算

重组型比例 $= 3\% + 3\% = 6\%$

由于 F_1 自交，重组型配子产生的重组型个体比例为：

- 重组型配子比例 $= \sqrt{0.06} \approx 0.245$
- 互换概率 $= 0.245 \times 2 = 0.49 = 49\%$

方法二：通过配子比例计算

设互换概率为 x ，则：

- 亲本型配子： BV 和 bv ，各占 $\frac{1-x}{2}$
- 重组型配子： Bv 和 bV ，各占 $\frac{x}{2}$

F_1 自交， F_2 中重组型个体比例 $= 2 \times \frac{1-x}{2} \times \frac{x}{2} + 2 \times \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} = x(1-x) + x^2 = x$

因此： $x = 6\%$

结果：互换概率 $= 6\%$

注意： F_1 自交时，重组型个体比例 = 互换概率

关键要点：互换概率计算要点

- 测交法：互换概率 $= \frac{\text{重组型个体数}}{\text{总个体数}}$
- 自交法： F_1 自交时，重组型个体比例 = 互换概率
- 配子法：重组型配子比例 $= \frac{\text{互换概率}}{2}$
- 范围： $0\% \leq \text{互换概率} \leq 50\%$
- 距离关系：基因距离越远，互换概率越大

7 第七部分：伴性遗传

7.1 伴性遗传的基本概念

定义：伴性遗传

伴性遗传：控制性状的基因位于性染色体（ X 或 Y 染色体）上，因此性状的遗传与性别相关联。

特点：

- 基因位于性染色体上
- 遗传方式与性别相关
- 正反交结果不同
- 常见类型： X 连锁显性、 X 连锁隐性、 Y 连锁

定义：性染色体

X 染色体：雌性有两条 X 染色体（ XX ），雄性有一条 X 染色体和一条 Y 染色体（ XY ）。

Y 染色体：只在雄性中存在，长度较短，基因较少。

性连锁：位于性染色体上的基因，其遗传方式与性别相关。

7.2 X 连锁隐性遗传

解题技巧：X 连锁隐性遗传

题目：人类红绿色盲是 X 连锁隐性遗传病，正常基因为 X^B ，色盲基因为 X^b 。正常男性与携带者女性婚配，求子代的基因型和表现型。

解题：

亲本： $X^B Y$ （正常男性） $\times X^B X^b$ （携带者女性）

父本配子： X^B ($\frac{1}{2}$)、 Y ($\frac{1}{2}$)

母本配子： X^B ($\frac{1}{2}$)、 X^b ($\frac{1}{2}$)

子代基因型及表现型：

- $X^B X^B$: $\frac{1}{4}$ (正常女性)
- $X^B X^b$: $\frac{1}{4}$ (携带者女性，表现正常)
- $X^B Y$: $\frac{1}{4}$ (正常男性)
- $X^b Y$: $\frac{1}{4}$ (色盲男性)

结果：

- 女性：正常：携带者 = 1 : 1 (全部表现正常)
- 男性：正常：色盲 = 1 : 1
- 总体：正常：色盲 = 3 : 1

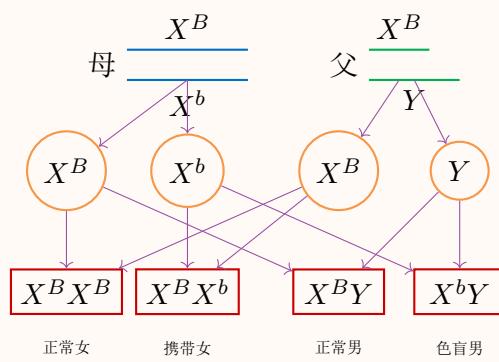


图 7: X 连锁隐性遗传图解

关键要点：X 连锁隐性遗传的特点

- 男性患者多于女性患者
- 交叉遗传：男性患者将基因传给女儿，女儿传给外孙
- 女性携带者与正常男性婚配，儿子有一半概率患病
- 常见疾病：红绿色盲、血友病、进行性肌营养不良

7.3 X 连锁显性遗传

解题技巧：X 连锁显性遗传

题目：抗维生素 D 佝偻病是 X 连锁显性遗传病，正常基因为 X^d ，患病基因为 X^D 。患病男性与正常女性婚配，求子代的基因型和表现型。

解题：

亲本： $X^D Y$ （患病男性） $\times X^d X^d$ （正常女性）

父本配子： X^D ($\frac{1}{2}$)、 Y ($\frac{1}{2}$)

母本配子： X^d (1)

子代基因型及表现型：

- $X^D X^d$: $\frac{1}{2}$ (患病女性)
- $X^d Y$: $\frac{1}{2}$ (正常男性)

结果：

- 女性：全部患病
- 男性：全部正常
- 总体：患病：正常 = 1 : 1

关键要点：X 连锁显性遗传的特点

- 女性患者多于男性患者
- 男性患者将基因传给所有女儿
- 女性患者可以是杂合子或纯合子
- 常见疾病：抗维生素 D 佝偻病、遗传性肾炎

7.4 Y 连锁遗传

定义：Y 连锁遗传

Y 连锁遗传：基因位于 Y 染色体上，只在男性中遗传和表达。

特点：

- 只在男性中表现
- 父传子，子传孙
- 女性不患病，也不传递
- 常见例子：外耳道多毛症

解题技巧：Y 连锁遗传

题目：外耳道多毛症是 Y 连锁遗传。患病男性与正常女性婚配，分析子代的遗传情况。

解题：

亲本： XY^H （患病男性） $\times XX$ （正常女性）

子代：

- 男性：全部 XY^H （全部患病）
- 女性：全部 XX （全部正常）

特点：

- 只有男性患病
- 父传子，代代相传
- 女性不患病，也不传递

关键要点：伴性遗传的判断方法

- 正反交结果不同：可能是伴性遗传
- 与性别相关：男性与女性表现不同
- 交叉遗传： X 连锁隐性遗传的特征
- 父传子： Y 连锁遗传的特征
- 通过系谱图分析：观察遗传方式与性别的关系

8 第八部分：人类遗传病与系谱图

8.1 系谱图的绘制规范

定义：系谱图

系谱图 (pedigree chart): 用特定符号表示家族中个体之间关系的图示，用于分析遗传病的遗传方式。

常用符号：

- 方形 (□): 男性
- 圆形 (○): 女性
- 实心 (■、●): 患病个体
- 空心 (□、○): 正常个体
- 横线 (—): 婚姻关系
- 竖线 (|): 亲子关系
- 罗马数字 (I、II、III): 世代
- 阿拉伯数字 (1、2、3): 同代个体编号

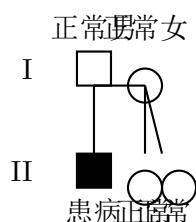


图 8: 系谱图符号示例

8.2 常见遗传病的遗传方式

关键要点：人类常见遗传病

- 常染色体显性：多指、并指、软骨发育不全
- 常染色体隐性：白化病、苯丙酮尿症、镰刀型细胞贫血症
- X 连锁显性：抗维生素 D 佝偻病
- X 连锁隐性：红绿色盲、血友病、进行性肌营养不良
- Y 连锁：外耳道多毛症

8.3 系谱图分析方法

解题技巧：系谱图分析

题目：分析以下系谱图的遗传方式。

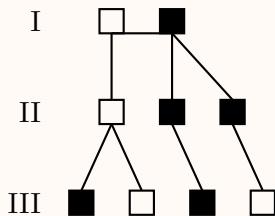


图 9: 系谱图分析示例

分析步骤：

步骤 1：判断显隐性

- II-1 和 II-2 都正常，但 III-1 患病
- 说明是隐性遗传（无中生有）

步骤 2：判断常染色体还是性染色体

- 如果是 X 连锁隐性，II-1 正常，III-1 不应该患病
- 但 III-1 是男性患者，说明可能是常染色体隐性
- 如果是 X 连锁隐性，II-2 应该是携带者，但 III-2 正常，不符合
- 因此判断为常染色体隐性遗传

步骤 3：确定基因型

- I-1: AA （正常）
- I-2: aa （患病）
- II-1: Aa （正常，携带者）
- II-2: Aa （正常，携带者）
- III-1: aa （患病）
- III-2: AA 或 Aa （正常）

结果：该遗传病为常染色体隐性遗传。

关键要点：系谱图判断技巧

- 无中生有为隐性：父母都正常，子代患病
- 有中生无为显性：父母都患病，子代正常
- 隐性看女病：隐性遗传时，看女性患者的父、子
- 显性看男病：显性遗传时，看男性患者的母、女
- 伴性遗传特点：与性别相关，交叉遗传

8.4 概率计算**解题技巧：系谱图概率计算**

题目：上例中，III-2 与一个正常女性（人群中携带者概率为 $\frac{1}{100}$ ）婚配，求子代患病的概率。

解题：

III-2 的基因型： AA 或 Aa

III-2 是 Aa 的概率 = $\frac{2}{3}$ (因为 III-2 正常，排除 aa)

正常女性是 Aa 的概率 = $\frac{1}{100}$

子代患病 (aa) 的条件：

- III-2 是 Aa (概率 $\frac{2}{3}$)
- 正常女性是 Aa (概率 $\frac{1}{100}$)
- 两者都是 Aa 时，子代 aa 的概率 = $\frac{1}{4}$

$$\text{子代患病概率} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{600}$$

结果：子代患病概率为 $\frac{1}{600}$ 。

9 第九部分：育种应用

9.1 单倍体育种

定义：单倍体育种

单倍体育种：通过花药（花粉）离体培养获得单倍体植株，然后通过染色体加倍获得纯合子，从而缩短育种年限的方法。

优点：

- 快速获得纯合子，缩短育种年限
- 后代不发生性状分离
- 可用于筛选优良性状

解题技巧：单倍体育种过程

过程：

步骤 1：花药离体培养

- 取 F_1 的花药 ($AaBb$)
- 花药中的花粉是单倍体 (AB 、 Ab 、 aB 、 ab)
- 通过组织培养获得单倍体植株

步骤 2：染色体加倍

- 使用秋水仙素处理单倍体植株
- 抑制纺锤体形成，使染色体加倍
- 获得纯合二倍体 ($AABB$ 、 $AAbb$ 、 $aaBB$ 、 $aabb$)

步骤 3：筛选

- 选择具有优良性状的纯合子
- 直接用于生产，不发生性状分离

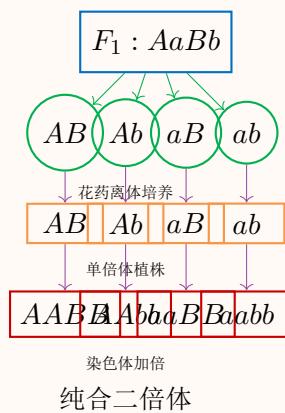


图 10: 单倍体育种过程

9.2 无籽西瓜（三倍体）

定义：三倍体

三倍体：体细胞中含有三套染色体组的个体，染色体数为 $3n$ 。

特点：

- 减数分裂时染色体不能正常配对
- 产生的配子大多不正常
- 无法形成正常的种子
- 应用：无籽西瓜、无籽香蕉

解题技巧：无籽西瓜的培育

原理：三倍体西瓜在减数分裂时，同源染色体不能正常配对，导致配子染色体数异常，无法形成正常的种子。

培育过程：

步骤 1：获得四倍体

- 用秋水仙素处理二倍体西瓜 ($2n = 22$)
- 染色体加倍，获得四倍体 ($4n = 44$)

步骤 2：获得三倍体

- 四倍体 ($4n$) \times 二倍体 ($2n$)
- 子代为三倍体 ($3n = 33$)

步骤 3：产生无籽西瓜

- 三倍体植株开花
- 用二倍体花粉刺激（提供生长素）
- 果实发育，但种子不发育（无籽）

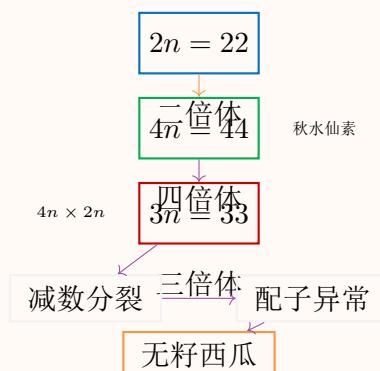


图 11: 无籽西瓜培育过程

关键要点：三倍体无籽的原理

- **减数分裂异常：**三倍体减数分裂时，同源染色体不能正常配对
- **配子异常：**产生的配子染色体数大多不正常（ n 、 $2n$ 、0 等）
- **无法受精：**异常配子无法正常受精，不能形成种子
- **需要刺激：**用二倍体花粉刺激，提供生长素，使果实发育
- **应用：**无籽西瓜、无籽香蕉、无籽柑橘

10 第十部分：解题技巧总结与快速参考

10.1 配子法解题流程

关键要点：配子法标准流程**1. 确定亲本基因型**

- 直接给出
- 通过表现型推断
- 通过子代逆推

2. 分析配子类型及比例

- 每对基因独立分离
- 多对基因自由组合
- 注意纯合子只产生一种配子

3. 计算配子结合概率

- 使用棋盘格（直观）
- 使用概率乘法（快捷）

4. 统计子代结果

- 合并相同基因型
- 根据显隐性确定表现型
- 计算比例或概率

10.2 常见比例及对应基因型

关键要点：经典分离比

- 3 : 1: $Aa \times Aa$ (完全显性, F_2)
- 1 : 1: $Aa \times aa$ (测交)
- 1 : 2 : 1: $Aa \times Aa$ (不完全显性, F_2)
- 9 : 3 : 3 : 1: $AaBb \times AaBb$ (两对独立基因, F_2)
- 1 : 1 : 1 : 1: $AaBb \times aabb$ (测交)
- 3 : 3 : 1 : 1: $AaBb \times Aabb$ 或 $AaBb \times aaBb$
- 27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1: $AaBbCc \times AaBbCc$ (三对独立基因, F_2)
- 9 : 7: 互补作用 (基因互作)
- 9 : 6 : 1: 累加作用 (基因互作)
- 12 : 3 : 1: 显性上位 (基因互作)
- 9 : 3 : 4: 隐性上位 (基因互作)
- 13 : 3: 抑制作用 (基因互作)
- 2 : 1: 显性致死或隐性致死

10.3 快速计算方法

解题技巧：分离定律快速计算

对于独立遗传的多对基因，可以分别计算每对基因，然后相乘。

公式：

- 子代基因型种类 = $\prod_{i=1}^n m_i$ (m_i 为第 i 对基因的子代基因型种类)
- 子代表现型种类 = $\prod_{i=1}^n p_i$ (p_i 为第 i 对基因的子代表现型种类)
- 特定基因型概率 = $\prod_{i=1}^n P_i$ (P_i 为第 i 对基因的相应基因型概率)

例子： $AaBbCc \times AabbCc$

第一对 ($Aa \times Aa$)： $AA (\frac{1}{4})$ 、 $Aa (\frac{1}{2})$ 、 $aa (\frac{1}{4})$

第二对 ($Bb \times bb$)： $Bb (\frac{1}{2})$ 、 $bb (\frac{1}{2})$

第三对 ($Cc \times Cc$)： $CC (\frac{1}{4})$ 、 $Cc (\frac{1}{2})$ 、 $cc (\frac{1}{4})$

子代 $AabbCc$ 的概率 = $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

10.4 易错点提醒

注意事项：常见错误

1. 配子类型遗漏：多对基因时，注意配子种类数 = 2^n (n 为杂合对数)
2. 比例计算错误：合并相同基因型时，概率要相加
3. 显隐性判断：注意不完全显性、共显性等特殊情况
4. 独立遗传假设：确认基因是否位于非同源染色体上
5. 条件概率：注意题目问的是“在... 中”的条件概率
6. 致死基因：考虑致死基因型后，要重新计算比例
7. 连锁遗传：注意区分连锁遗传和独立遗传，互换概率的范围
8. 伴性遗传：注意性染色体的遗传方式，正反交结果不同
9. 基因互作：注意表现型比例偏离 $9:3:3:1$ 的情况
10. 系谱图分析：注意判断显隐性和常染色体/性染色体
11. 三倍体：注意三倍体减数分裂异常，配子大多不正常
12. 母本效应：注意正反交结果不同，子代表现型由母本决定

11 附录：公式速查表

11.1 配子种类计算公式

关键要点：配子种类数

- 一对等位基因： Aa 产生 2 种配子
- n 对独立等位基因：产生 2^n 种配子
- 杂合对数 m ：产生 2^m 种配子
- 纯合子：只产生 1 种配子

11.2 子代基因型和表现型种类

关键要点：种类数计算

- 基因型种类：
 - 一对基因：3 种 (AA 、 Aa 、 aa)
 - n 对独立基因： 3^n 种
- 表现型种类（完全显性）：
 - 一对基因：2 种
 - n 对独立基因： 2^n 种
- 表现型种类（不完全显性）：
 - 一对基因：3 种
 - n 对独立基因： 3^n 种

11.3 概率计算技巧

关键要点：概率计算

- 乘法原理：独立事件同时发生的概率 = 各事件概率的乘积
- 加法原理：互斥事件任一发生的概率 = 各事件概率的和
- 条件概率： $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$
- 至少一个： $P(\text{至少一个}) = 1 - P(\text{全不})$

11.4 三对等位基因计算公式

关键要点：三对等位基因

- 配子种类: $2^3 = 8$ 种
- 基因型种类: $3^3 = 27$ 种
- 表现型种类（完全显性）: $2^3 = 8$ 种
- 表现型比例: $(3:1)^3 = 27:9:9:9:3:3:3:1$
- 计算方法: 分离定律分别计算，然后用乘法原理组合

11.5 连锁遗传计算公式

关键要点：连锁遗传

- 互换概率（测交法）: $r = \frac{\text{重组型个体数}}{\text{总个体数}} \times 100\%$
- 互换概率（自交法）: $r = \frac{\text{重组型个体比例}}{1} \times 100\%$
- 重组型配子比例: $\frac{r}{2}$
- 亲本型配子比例: $\frac{1-r}{2}$ (每种)
- 范围: $0\% \leq r \leq 50\%$
- 完全连锁: $r = 0\%$, 只有亲本型配子
- 独立遗传: $r = 50\%$, 等于自由组合

11.6 伴性遗传计算公式

关键要点：伴性遗传

- X 连锁隐性: 男性患者比例 = 基因频率
- X 连锁显性: 女性患者多于男性患者
- Y 连锁: 只在男性中遗传, 父传子
- 交叉遗传: 男性患者 \rightarrow 女儿 (携带者) \rightarrow 外孙 (患者)
- 概率计算: 考虑性别比例, X 染色体随机分配

11.7 基因互作比例

关键要点：基因互作

- 互补作用：9 : 7（需要两对显性基因）
- 累加作用：9 : 6 : 1（显性基因数量决定）
- 显性上位：12 : 3 : 1（一对基因抑制另一对）
- 隐性上位：9 : 3 : 4（一对隐性基因抑制另一对）
- 抑制作用：13 : 3（一对基因抑制另一对的表达）
- 基础比例：独立遗传时为 9 : 3 : 3 : 1

11.8 致死基因计算

关键要点：致死基因

- 存活个体比例： $1 - P(\text{致死基因型})$
- 调整后比例： $\frac{P(\text{基因型})}{P(\text{存活})}$
- 显性致死：显性纯合子或杂合子致死
- 隐性致死：隐性纯合子致死
- 配子致死：某些配子不能形成
- 合子致死：某些合子不能发育