

基因定位的渐进规律分析

北京市第四中学教师 高露

基因定位是遗传学研究分析的核心问题。高考注重考查学生在真实情境下,解决真实生活问题和科研问题的能力。因此,基于真实科研情境的基因定位问题,必然是高中遗传部分复习的重点。但同时,对于学生来说也是理解的难点。因此,复习备考中需要梳理总结如何逐步深入实现基因的定位,以及其中的解题规律。

一、确定基因位于细胞质还是细胞核

通过正反交实验,可以判断某基因是位于细胞核还是细胞质中。若具有相对性状的亲本正、反交后代表现型均与母本相同,则基因位于细胞质中,反之则位于细胞核。

二、确定基因在常染色体、X染色体非同源区段或X、Y同源区段

通过杂交实验,根据亲本和子代表现型,可以将基因定位于常染色体或X染色体非同源区段或者X、Y染色体的同源区段。在高考和模拟考中,常常需要先进行此类基因定位,再进行后续的遗传规律解题。总结规律方法如下:

1. 区分常染色体和X染色体定位

在未知显隐性的情况下,进行正反交实验,若正反交后代表现型一致,则该基因位于常染色体上;若不一致,则定位于X染色体上。

已知显隐性的情况下:雌性隐性个体和雄性显性个体杂交,若后代雌雄表型相同,则定位于常染色体上;若后代雄性表现隐性,雌性表现显性,则定位于X染色体上。

2. 区分X非同源区段和X、Y同源区段定位

已知显隐性的情况下,通过雌性隐性个体与纯合雄性显性个体杂交,若后代表现型均为显性,则定位于X、Y同源区段;若后代雄性表现隐性,雌性表现显性,则定位于X非同源区段上。

3. 区分常染色体和X、Y同源区段定位

通过雌性隐性个体与纯合雄性显性个体杂交, F_1 雌雄个体间随机交配。若 F_2 雄性全为显性,雌性显隐性均有,则定位于X、Y同源区段;若 F_2 雌雄均有显隐性,则定位于常染色体上。

典型例题:

果蝇的长翅(A)对残翅(a)为显性、刚毛(B)对截毛(b)为显性。为探究两对相对性状的遗传规律,进行如下实验。

| | 亲本组合 | F_1 表现型 | F_2 表现型及比例 | | | | | |
|-----|-----------------|-----------|--------------|------|------|------|------|------|
| 实验一 | 长翅刚毛(♀)×残翅截毛(♂) | 长翅刚毛 | 长翅刚毛 | 长翅刚毛 | 长翅截毛 | 残翅刚毛 | 残翅刚毛 | 残翅截毛 |
| | | | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| | | | 6 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 实验二 | 长翅刚毛(♂)×残翅截毛(♀) | 长翅刚毛 | 长翅刚毛 | 长翅刚毛 | 长翅截毛 | 残翅刚毛 | 残翅刚毛 | 残翅截毛 |
| | | | ♂ | ♀ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| | | | 6 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |

(1)若只根据实验一,可以推断出等位基因A、a位于_____染色体上;等位基因B、b则可能位于_____染色体上,也可能位于_____染色体上(填“常”“X”“Y”或“X”和“Y”)。

(2)实验二中亲本的基因型为_____。若只考虑果蝇的翅型性状,在 F_2 的长翅果蝇中,纯合体所占比例为_____。

(3)用某基因型的雄果蝇与任何雌果蝇杂交,后代中雄果蝇的表现型都为刚毛。在实验一和实验二的 F_2 中,符合上述条件的雄果蝇在各自 F_2 中所占比例分别为_____和_____。

分析:

本题目考查根据后代表现型及比例判断基因在常染色体、X染色体非同源区段或X、Y同源区段的定位。而后进行相关比例计算。

(1)实验一中 F_1 随机交配,为果蝇正交与反交实验, F_2 雌性个体中长翅:残翅=3:1,雄性个体中长翅:残翅=3:1,雌雄性后代表现型一致,因此属于常染色体遗传; F_2 中雌性只有刚毛,雄性刚毛:截毛=1:1,雌雄性比例不同,属于伴性遗传,基因可能位于X染色体非同源区段,也可能位于X、Y染色体的同源区段上。

(2)由实验一得到B、b位于X染色体上,根据实验二亲本为刚截毛基因的雌性隐性和雄性显性个体的杂交, F_1 表现型全为显性刚毛。因此,可定位B、b基因于X、Y染色体同源区段。所以,亲本基因型是长翅刚毛(♂)为 AAX^BY^B 、残翅截毛(♀)为 aaX^bX^b 。若只考虑果蝇的翅型性状, F_1 的基因型是Aa, F_2 的长翅果蝇的基因型是AA或Aa,纯合体占1/3。

(3)参考答案:0,1/2

三、确定基因在常染色体上的具体定位

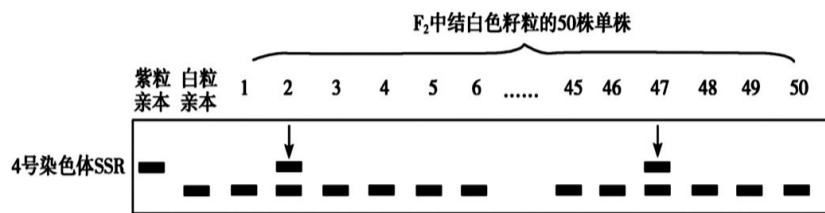
若确定了基因在常染色体上,则需要定位该基因在具体几号染色体上。以下两种方法是考题中较常考查的。

1. 利用已知基因定位

利用已知基因位置的基因作为标记基因,通过分子水平的检测信息,分析未知基因与已知基因间的相对位置关系,从而实现未知基因的定位。

典型例题:

水稻的紫粒和白粒是由1对等位基因控制,利用SSR技术可以进行基因在染色体上的定位。SSR是DNA中的简单重复序列,非同源染色体上的SSR重复单位不同(如CA重复或GT重复),不同品种的同源染色体上的SSR重复次数不同(如CACACA或CACACACA),因此常用于染色体特异性标记。研究者将纯种紫粒和白粒水稻杂交, F_1 全为紫粒, F_1 自交后提取 F_2 中结白色籽粒的50株单株的叶肉细胞DNA,利用4号染色体上特异的SSR进行PCR扩增,结果如下图。



- 据图2判断,控制籽粒颜色的基因位是否位于4号染色体上,请写出依据。
- 如果该基因不位于4号染色体上,请写出SSR扩增结果的类型及可能的比例。
- 2号和47号单株出现特殊的扩增结果,请写出可能的原因。

分析:

本题目考查依据分子水平PCR结果证据,判断未知基因与某具体染色体标记的位置关系。

根据题干,设紫粒亲本基因型为AA,其4号染色体上为S标记,白粒为aa,4号染色体上为s标记。则图2中紫粒亲本为S的扩增结果,白粒亲本为s的扩增结果。

若假设控制籽粒颜色的基因不位于4号染色体上,则A/a与S/s不连锁,两者之间的遗传遵循自由组合定律。 F_1 个体基因型为AaSs,则在 F_2 代白粒个体(aa)中SSR标记基因应遵循 $SS:Ss:ss=1:2:1$ 的分离比。

若假设控制籽粒颜色的基因位于4号染色体上,则A与S连锁,a与s连锁。非姐妹染色单体间存在一定概率的交叉互换。若不发生交叉互换,则在 F_2 代白粒个体(aa)中SSR标记基因应全部为ss。若发生交叉互换,则互换后可能出现Ss个体。由图2结果可得第二种假设成立,且2、47号个体为交叉互换的结果。

参考答案:

- 位于4号染色体上,依据是“ F_2 白粒植株4号染色体的SSR扩增结果多数与白粒水稻亲本4号染色体的SSR扩增结果基本一致”。
- 3种且比例为1:2:1。
- F_1 形成配子过程中,籽粒颜色基因与SSR标记之间发生了交叉互换,形成了同时含白粒基因和紫粒水稻亲本SSR标记的配子。

2. 利用染色体三体变异定位

典型例题:

某大豆突变株表现为黄叶(yy)。为进行Y/y基因的染色体定位,用该突变株做父本,与不同的三体(2N+1)绿叶纯合体植株杂交,选择 F_1 中的三体与黄叶植株杂交得 F_2 ,下表为部分研究结果。以下叙述错误的是()

| 母本 | F_2 代表现型及数量 | |
|-------|---------------|-----|
| | 黄叶 | 绿叶 |
| 9-三体 | 21 | 110 |
| 10-三体 | 115 | 120 |

- F_1 中三体的概率是1/2
- 三体绿叶纯合体的基因型为YYY
- 突变株基因y位于9号染色体上
- 可用显微镜观察法初步鉴定三体

分析:

本题目考查三体的特征,利用三体进行基因定位及计算。黄叶突变体基因型为yy,与不同的三体绿叶纯合子(YY或YYY)杂交,产生的子一代三体植株的基因型为Yy或YYy,再与突变体黄叶yy杂交,后代的性状分离比为黄叶(yy):绿叶(Yy)=1:1或黄叶(1yy):绿叶(2Yy,1YYy,2Yyy)=1:5。21:110≈1:5,说明母本基因型为YYY,Y、y在9号染色体上;115:120≈1:1,说明母本基因型为YY,则说明Y、y不在10号染色体上。所以三体绿叶纯合体的基因型为YYY或YY,B错误。

参考答案:B

高三备考复习内容庞杂,更要注重复习知识的逻辑性和关联性。在理解的基础上,总结规律,在真实的生活情境和科研问题中应用和巩固。