

两对等位基因随机交配问题的 三种解法及误区分析

戴金成

(恩施土家族苗族自治州高级中学,湖北 恩施 445000)

摘要:随机交配(自由交配)问题是孟德尔遗传定律、伴性遗传中考查频率很高的题型。本文总结该类遗传题的三种解题方法,并对解题中的误区进行分析。

关键词:两对等位基因;随机交配;解法;误区

随机交配(自由交配)问题是高中生物遗传部分常考的题型,在历年高考中也多有考查。以一对等位基因作为考查内容的随机交配问题相对简单,涉及两对等位基因则难度有所上升。在一轮复习中总结其题型特点及解题方法,并引导学生进行适当的选择,有助于学生积极应对。

解决随机交配问题,通常有“交配法”、“配子法”和“基因频率法”,其中以遗传平衡定律为基础的“基因频率法”最受青睐。下面通过例题的解析,对三种解法进行比较,并分析“基因频率法”的思维误区。

一、例题分析

例 1 一个植物群体中有 Aabb 和 AABb 两种基因型个体,其比例为 1:1。其随机交配一代后子代纯合子占

()

- A. $\frac{25}{64}$ B. $\frac{3}{8}$
C. $\frac{33}{85}$ D. $\frac{3}{4}$

本题正确答案为 B, A 为易错选项,错选比例较高。学生在训练过程难以发现错误及原因。

二、例题的三种解法

例题中错选 A 选项,其原因在于选用了不恰当的解题方法,存在思维误区。下面针对例题,给出三种解法,分析其中可能存在的误区。

1. 方法一——交配法

交配法,即利用棋盘或直接列出随机交配中存在的交配

方式,再计算所求基因型或表现型所占比例。随机交配中的交配方式可分为基因型相同的个体自交和基因型不同的个体杂交,其中两个杂交型可以看做是正交与反交,如表 1 中的杂交 1 和杂交 2。

此法例题解析如下。

表 1 随机交配中的交配方式

$\begin{array}{c} \text{♀} \\ \nearrow \\ \text{♂} \end{array}$	$\frac{1}{2} \text{ Aabb}$	$\frac{1}{2} \text{ AABb}$
$\frac{1}{2} \text{ Aabb}$	自交 1	杂交 1
$\frac{1}{2} \text{ AABb}$	杂交 2	自交 2

用棋盘列出所有交配方式(表 1),再结合加法原则依次计算子代纯合子比例。故子代中纯合子比例为 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \frac{1}{2} \times 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ 。

解法分析:在熟练掌握以后,可直接写出各种交配类型及结果,而不需要棋盘穷举,但易将不同基因型之间的正交与反交漏掉一种,也容易在自交类型中将亲本所占比例忽略,使得相关比例计算发生错误。另外,当亲本基因型较多时,例如亲本中存在 4 种基因型,则随机交配中就包含 16 种交配方式,容易漏掉或错算。

2. 方法二——配子法

配子法,即分别计算出亲代中雌、雄个体所能产生的配子种类及比例(往往雌、雄配子的种类和比例是一致的),再将雌雄配子随机结合,得到子代表现型及比例。

此法例题解析如下。

亲本中 Aabb 可产生两种配子,即 $\frac{1}{2}$ Aabb $\rightarrow\frac{1}{4}$ Ab、 $\frac{1}{4}$ ab;亲本中 AABb 可产生两种配子,即 $\frac{1}{2}$ AABb $\rightarrow\frac{1}{4}$ AB、 $\frac{1}{4}$ Ab。故亲本产生的雌、雄配子种类及所占比例均为 $\frac{1}{2}$ Ab、 $\frac{1}{4}$ ab、 $\frac{1}{4}$ AB(表 2)。

表 2 亲本产生的配子种类、比例与子代纯合子分布情况

$\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$	$\frac{1}{2}$ Ab	$\frac{1}{4}$ ab	$\frac{1}{4}$ AB
$\frac{1}{2}$ Ab	子代纯合子		
$\frac{1}{4}$ ab		子代纯合子	
$\frac{1}{4}$ AB			子代纯合子

故子代中纯合子比例为 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{3}{8}$ 。

解法分析:在亲本只有两种基因型的情况下,配子法和交配法计算量相差不大。当亲本基因型种类较多时,则配子法简便一些。

3. 方法三——基因频率法

所有雌雄个体间都能自由交配并产生后代是种群处于遗传平衡状态所需要的前提条件之一,而很多习题中默认其他四个前提条件,因此往往可以利用基因频率来计算子代的基因型及比例。但本文例题采用此法就会导致错选。

(1) 用基因频率法计算例题

① 拆分、统计亲代中各对等位基因基因型及比例,得亲本中 Aa : AA = 1 : 1; bb : Bb = 1 : 1。

② 计算各对等位基因频率,得 $P_A = \frac{3}{4}, P_a = \frac{1}{4}; P_B = \frac{1}{4}, P_b = \frac{3}{4}$ 。

③ 结合乘法原则计算子代纯合子比例,得 $(AA + aa) \times (BB + bb) = \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{16}\right) \times \left(\frac{1}{16} + \frac{9}{16}\right) = \frac{25}{64}$ 。

故选 A。

(2) 错解思维分析

从正向来看,解题的思路很明确,且比前两种解法都要简便。对比三种解法,可以发现第三种解法的答案是错误的。若将解题步骤①进行逆向思考,就会发现问题所在。

图 1 亲本基因型的拆分与逆向组合

亲代基因型及比例	Aabb : AABb = 1 : 1
↓ 拆分、统计	
A、a 相关基因型及比例	Aa : AA = 1 : 1
B、b 相关基因型及比例	bb : Bb = 1 : 1
↓ 逆向组合	
两对等位基因随机组合的	Aabb : AaBb : AABb :
结果	AABb = 1 : 1 : 1 : 1

如图 1 所示,显然在对亲本基因型及比例进行拆分与拆分后的逆向组合结果不一致,也即例题中亲本的基因型及比例并不是来自于两对等位基因的基因型及比例的随机组合。事实上,通过分析亲本中的交配方式也可以发现基因频率法在计算此题时,增加了一些不存在的情况,如两对等位基因的纯合子组合时会产生 aaBB,但由于亲本的限制,子代中不会有这一基因型个体。

(3) 如何利用基因频率法

要想利用基因频率法计算多对等位基因的随机交配问题,必须满足前提,即亲本基因型及比例由不同等位基因的基因型随机(自由)组合而来。如例 2。

例 2 用基因型为 YyRR 的植株和基因型为 yyrr 的植株杂交,得到 F₁。再将 F₁ 随机交配,得到 F₂。则 F₂ 中纯合子所占比例为_____。

答案: $\frac{5}{16}$

在例 2 中, F₁ 的基因型及比例为 YyRr : yyRr = 1 : 1, 满足上述前提,故可采用基因频率法进行计算。

三、小结

对比三种方法可以发现,结合棋盘的交配法比较直观、准确但不适宜用于较复杂的情况,配子法相对交配法更为简便且没有基因频率法中可能存在的陷阱,基因频率法最为简便但可能存在上述思维误区。在面对具体的问题时,需灵活、准确地选用解法,才能达到快速、准确的效果,否则适得其反。