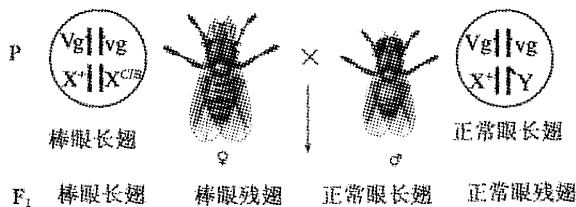


2014 年江苏省高考生物学第 33 题的几点释疑

黄建华 (江苏省南通大学附属中学 226019)

2014 年高考江苏卷 33 题以 CIB 技术为背景材料,考查了遗传的计算和分析,具体试题为:有一果蝇品系,其一种突变体的 X 染色体上存在 CIB 区段(用 X^{CIB} 表示)。B 基因表现显性棒眼性状;l 基因的纯合子在胚胎期死亡($X^{CIB}X^{CIB}$ 与 $X^{CIB}Y$ 不能存活);CIB 存在时,X 染色体间非姐妹染色单体不发生交换;正常果蝇 X 染色体无 CIB 区段(用 X^+ 表示)。果蝇的长翅(Vg)对残翅(vg)为显性,基因位于常染色体上。请回答下列问题:

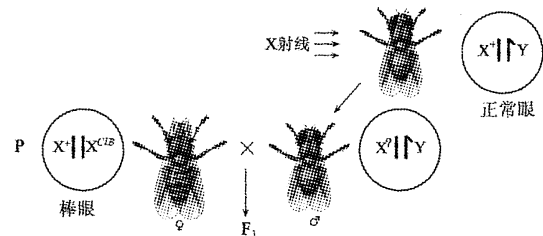
(1) 图示果蝇杂交实验。图中 F_1 长翅与残翅个体的比例为_____,棒眼与正常眼的比例为_____。如果用 F_1 正常眼长翅的雌果蝇与 F_1 正常眼残翅的雄果蝇杂交,预期产生正常眼残翅果蝇的概率是_____;用 F_1 棒眼长翅的雌果蝇与 F_1 正常眼长翅的雄果蝇杂交,预期产生棒眼残翅果蝇的概率是_____。



(2) 图示研究 X 射线对正常眼果蝇 X 染色体诱变。为了鉴定 X 染色体上正常眼基因是否发生隐性突变,需用正常眼雄果蝇与 F_1 中_____果蝇杂交,X 染色体的诱变类型能在其杂交后代_____果蝇中直接显现出来,且能计算出隐性突变频率,合理的解释是_____;如果用正常眼雄果蝇与 F_1 中_____果蝇

杂交,不能准确计算出隐性突变频率,合理的解释是_____。

这道题着力于学生能力的考查,背景新颖,但背景材料的简化处理给教师和学生留下了一些疑问,本文就这些疑问作简要解释。



1 CIB 区段中的 C 是什么

CIB 技术是 Muller 建立起来用于检测基因隐性突变和隐性致死突变的一种技术,其主要利用的就是 CIB 区段在遗传中的作用。试题中对 CIB 区段中的 l (隐性致死基因) 和 B (显性棒眼基因) 做了解释,而对 C 的意义没做解释。C 是取 Cross inhibition factor 的首写字母,代表交叉抑制因子,其本质就是发生倒位的染色体片段,该题中 X 染色体上 CIB 区段就是指 X 染色体上一段含有 l 基因和 B 基因的倒位区段。

2 CIB 存在时,X 染色体间非姐妹染色单体真不发生交换吗

该题干信息表明:CIB 存在时,X 染色体间非姐妹染色单体不发生交换,但事实上是会发生互换的。一对同源染色体中,若有一条染色体存在适度长度的倒位区段(如该题中 CIB 区段),则减数分裂同源区域联

的数学模型,很容易区别这几个极易混淆的概念。再如,关于 DNA 经 n 次复制所需游离的某种脱氧核苷酸数和第 n 次复制所需游离的某种脱氧核苷酸数的区别,学生常混淆不清。可通过图解分析,师生一起建构数学模型:n 次复制所需游离的某种脱氧核苷酸数 = $(2^n - 1)m$ (注:m 为 1 个 DNA 分子所含某种脱氧核苷酸数);第 n 次复制所需游离的某种脱氧核苷酸数 = $2^{n-1}m$,难题即能迎刃而解。

3.2 建构数学模型,将遗传题化难为易 在基因的自由组合规律部分,经常遇到概率推算的题,运用数学概率的原理,将相对独立的两对或两对以上等位基因间的概率用乘法原理来计算,就变得十分简单。例如,求表现型比例:基因型为 AaBbCC 和 AabbCc 的亲本杂交

后代中三对性状均为显性的个体所占比例是多少? 根据基因分离定律,每对基因单独相交的后代为显性的概率为: $Aa \times Aa \rightarrow A_ = 3/4$, $Bb \times bb \rightarrow Bb = 1/2$, $CC \times Cc \rightarrow C_ = 1$, 三对等位基因独立遗传,运用乘法原理,后代中三对性状均为显性的个体占 $3/4 \times 1/2 \times 1 = 3/8$ 。再如,求基因型比例:杂交组合 aaBbCc \times AaBbcc 的后代中基因型为 aabbcc 的个体比例为: $1/2 \times 1/4 \times 1/2 = 1/16$ 。求杂交后代分离比: AaBb \times aaBb 的后代基因型分离比为: $(1:1) \times (1:2:1) = 1:2:1:1:2:1$, 表现型分离比为: $(1:1) \times (3:1) = 3:1:3:1$ 。

通过建构数学模型,有利于学生对知识的理解和掌握,也可使学生感悟生物学中有许多现象和规律可以用数学语言来表示,培养逻辑思维能力。◆

会时会形成倒位环,当非姐妹染色单体间的交换发生在倒位环内,交换产生的染色单体是重复和缺失的,使交换产生的配子不育,不能在后代中表现出来,这就与没有发生交换的结果是一样的,从后代表现型分析好像抑制了非姐妹染色体单体之间的交换。对于这种现象的准确表述应该是:当 CIB 存在时,X 染色体间非姐妹染色单体会发生细胞学的重组互换,但能抑制遗传学的重组交换(因为交换产生的配子是不育的)。所以题干表述“CIB 存在时,X 染色体间非姐妹染色单体不发生交换”是不严谨的。

3 如何计算隐性突变率

该题考查到学生选择 F_1 何种(棒眼、正常眼)雌性果蝇来检测隐性突变率的问题,所以如何计算隐性突变率对解题是非常关键的,而题干中并非说明如何计算。学生的惯性思维(甚至有些解析资料)都认为隐性突变率是用 F_2 代中隐性突变基因所占的比例来表示的,这种方法必需建立在每个杂交组合繁殖能力都相同且后代中无死亡个体的基础之上的,而实际情况是后代有雄果蝇死亡的,且每个杂交组合繁殖能力也不可能一样的,这必然对突变率的计算结果产生很大的影响。那应如何计算隐性突变率呢,分析图 1 可知,计算正常眼隐性突变率就是计算 F_1 代雌果蝇(棒眼或正常眼或全部)中携带隐性突变基因个体所占的比例。按图 2、3 将 F_1 代雌果蝇(棒眼和正常眼)分别单独与正常眼雄果蝇杂交,可检测 F_1 代雌果蝇(棒眼、正常眼)是否携带隐性突变基因,若 F_2 代雄果蝇出现隐性性状,则说明 F_1 代雌果蝇(棒眼、正常眼)携带隐性突变基因,若 F_2 代雄果蝇未出现隐性性状,则说明 F_1 代雌果蝇(棒眼、正常眼)不携带隐性突变基因,进而可计算出隐性突变率。

所以计算隐性突变率时,可将 F_1 代雌果蝇(棒眼或正常眼或全部)一个个分别取出单独与正常雄果蝇做成许多杂交组合(一个杂交组合在一个培养瓶中完成),调查并计算 F_2 代中出现隐性性状雄果蝇的培养瓶所占的比例,这个比例就代表隐性突变率。但在实际检测时选的是 F_1 代棒眼雌果蝇,不选正常眼雌果蝇(解释第 5 点释疑)。

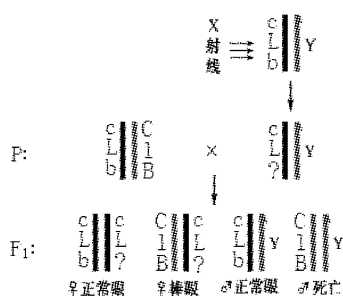


图 1

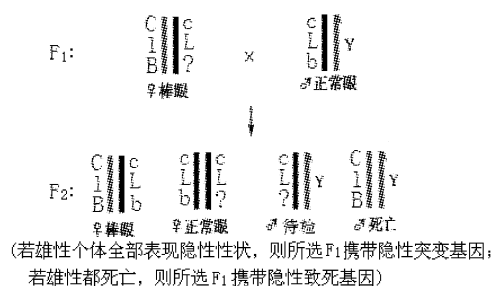


图 2

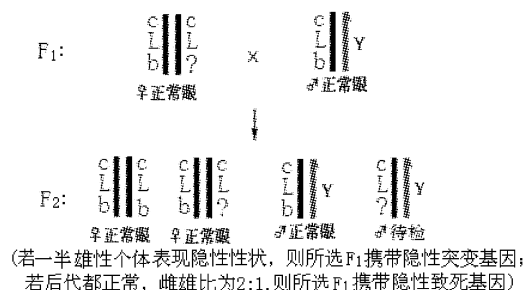


图 3

4 选 F_1 代正常眼雌果蝇来检测,X 染色体间非姐妹染色单体的交换会影响突变频率的计算吗

该题第(2)问考查计算隐性突变率时选 F_1 代何种雌果蝇与正常眼雄果蝇杂交进行检测,并分析原因。试题认为选 F_1 代正常眼雌果蝇来检测,会由于 X 染色体间非姐妹染色单体的交换而影响突变频率的计算,这种观点有待商榷。分析图 3 可知,若 F_1 代正常眼雌果蝇携带隐性突变基因,且减数分裂过程中 X 染色体间非姐妹染色单体发生互换,对产生配子的种类(含正常眼基因的配子和含隐性突变基因的配子)和比例没影响的,对 F_2 代的性状分离比也是没有影响的,按突变率的计算方法能够准确计算出突变率的,所以选 F_1 代正常眼雌果蝇来检测,X 染色体间非姐妹染色单体的交换不会影响突变频率计算。

5 实际检测时,为何都选 F_1 代棒眼雌果蝇进行检测

实际上用 CIB 技术检测隐性突变和隐性致死突变时,都是选 F_1 代棒眼雌果蝇来进行检测的。一方面因为棒眼作为一种标记易区分,更重要的是选用 F_1 代棒眼雌果蝇进行检测时, F_2 代中无待测 X 染色体的雄果蝇全部死掉,诱变类型能在 F_2 代所有雄果蝇中直接显现出来,这样便于观察统计和计算;如果选 F_1 代正常眼雌果蝇来进行检测,那么 F_2 代的雄果蝇中有一半不含待测 X 染色体,诱变类型只能在 F_2 代的半数雄果蝇中显现出来,这样增加了统计工作量。所以实际实验都选 F_1 代棒眼雌果蝇(不选正常眼雌果蝇)来进行检测,是遵循了实验设计的简便性原则,而不是因为 F_1 代正常眼雌果蝇 X 染色体间非姐妹染色单体可能发生交叉互换。◆