

基因定位方法的总结与例析

马成涛 (山东省济宁市育才中学 济宁 272000)

摘要 本文通过对典型例题的分析,总结通过观察杂交子代性状进行个体水平基因定位的方法。让学生充分理解减数分裂的过程与遗传规律的实质。

关键词 基因定位 自由组合 伴性遗传 单体 三体

基因在染色体上的位置即进行基因定位是遗传学的热点命题。熟练掌握基因定位的方法,有助于学生更好地将学科知识应用于实践。本文根据基因定位所依据的生物学原理进行分类例析。

1 利用自由组合定律进行基因定位

由于位于非同源染色体上的非等位基因的传递遵循自由组合定律,而位于同源染色体上的非等位基因的传递则遵循连锁互换定律,因此可以根据非等位基因的传递是否遵循自由组合定律进行基因定位。

例 1 (2017 全国理综 III 卷 32 题) 已知某种昆虫的有眼(A)与无眼(a)、正常刚毛(B)与小刚毛(b)、正常翅(E)与斑翅(e)这三对相对性状各受一对等位基因控制。现有三个纯合品系:①aaBBEE、②AAbbEE和③AABBee。假定不发生染色体变异和染色体交换,回答下列问题。

(1) 若 A/a、B/b、E/e 这三对等位基因都位于常染色体上,请以上述品系为材料,设计实验来确定这三对等位基因是否分别位于三对染色体上。(要求:写出实验思路、预期实验结果、得出结论)

第(2)小题略。

解析: 本题考查利用自由组合定律对基因进行定位。由题意可知, A/a、B/b、E/e 这三对等位基因都位于常染色体上,且每对基因控制一对性状。根据自由组合定律,若任意两对等位基因位于两对同源染色体上,则两对基因均为杂合子的个体自交,后代会出现

9:3:3:1 的性状分离比。让①和②杂交,①和③杂交,②和③杂交,得到的 F₁ 分别自交,观察 F₂ 的表现型及其比例。如果各杂交组合的 F₂ 中均出现 4 种表现型,且比例为 9:3:3:1,则说明这三对等位基因分别位于三对染色体上;如果出现其他结果,则说明这三对等位基因不是分别位于三对染色体上。

总结: 两对等位基因在染色体的位置有以下三种情况(图 1),其中只有图 1a 所示的两对基因符合自由组合定律。由此可以得出,如果已知其中一对等位基因所在的染色体位置,则可以通过双杂合体自交或测交,判断另一对等位基因是否在同一对同源染色体上。若自交子代比例为 9:3:3:1 或测交子代为 1:1:1:1,则基因不在已知染色体上。

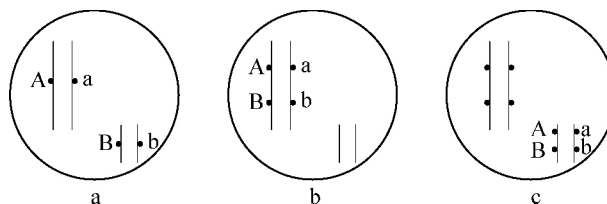


图 1 两对等位基因在染色体的位置

2 利用伴性遗传特点进行基因定位

伴性遗传是指控制性状的基因位于性染色体上,遗传上总是和性别相关联的现象。因此可以根据子代的性状表现与性别是否相关进行基因定位。

3.4 植物吸收水分及水分在植物体内的运输的意义

提问: 在植物的移栽过程中为什么有时会导致植物枯死?

在学生回答的基础上,引导学生了解:物体在生长过程中不仅需要水,也需要各种营养成分(如矿物质等),这些营养物质可以溶解在水中,随水分的吸收而吸收,随水分在植物体内的运输而被输送到全身各处,因此水分的正常吸收和运输,是植物体正常生长的根本保证。移栽过程中,往往会造成植物的根毛区受损,植物无法正常吸收水分,所以会导致植物枯死。因此在移栽过程中应尽量保护好植物的根,移栽完应及

时浇水。

4 教学反思

本节课以植物体对水分的吸收和运输为线索,充分调动学生参与课堂活动,通过科学探究活动培养学生科学观察、理性思维的能力。注重感性认识与理性认识相结合,在感性认识的基础上学习生物学知识,提升理论水平。注重理论与实践相结合,用生物学知识解释生活中的生命现象。需要注意的是:在观察水分在芹菜茎中的运输的演示实验中,可能会给学生造成植物的茎也会吸收水分的错觉,认为植物的茎有吸收和运输水分的功能,在教学中教师要注意引导。◊

例 2 (2016 年全国理综 I 卷 32 题) 已知果蝇的灰体和黄体受一对等位基因控制, 但这对相对性状的显隐性关系和该等位基因所在的染色体是未知的。同学甲用一只灰体雌蝇与一只黄体雄蝇杂交, 子代中 ♀ 灰体: ♀ 黄体: ♂ 灰体: ♂ 黄体为 1:1:1:1。同学乙用两种不同的杂交实验都证实了控制黄体的基因位于 X 染色体上, 并表现为隐性。请根据上述结果, 回答下列问题:

(1) 仅根据同学甲的实验, 能不能证明控制黄体的基因位于 X 染色体上, 并表现为隐性?

(2) 请用同学甲得到的子代果蝇为材料设计两个不同的实验, 这两个实验都能独立证明同学乙的结论。(要求: 每个实验只用一个杂交组合, 并指出支持同学乙结论的预期实验结果。)

解析: 本题考查如何利用伴性遗传的特点进行基因定位。解题的切入点是伴 X 染色体隐性遗传和常染色体隐性遗传的区别。在同学甲得到的子代中, 灰体和黄体的雌雄之比为 1:1, 在常染色体隐性遗传中也会出现这种比例, 故无法证明。第二问中通过控制黄体的基因位于 X 染色体上, 并表现为隐性可以判断甲同学得到的子代中雌性灰体是杂合子, 雌性黄体是纯合子, 而雄性个体只携带一条 X 染色体, 相关基因只有一个, 故可选择雌性灰体与雄性灰体杂交, 若子代中雌性全是灰体, 雄性灰体和黄体各占一半, 即说明该基因位于 X 染色体上; 或选择雌性黄体与雄性灰体杂交, 若子代中雌性全是灰体, 雄性全是黄体也说明该基因位于 X 染色体上。

总结: 在伴 X 染色体遗传中, 隐性雌 × 显性雄 ($X^bX^b \times X^BY$) 与显性杂合雌 × 显性雄 ($X^BX^b \times X^BY$) 两种杂交组合的子代可以明显表现出性状表现与性别相关现象。由于显性杂合雌 × 显性雄 ($X^BX^b \times X^BY$) 亲本组合中无法根据性状表现判断雌性亲本为纯合子还是杂合子。所以一般选择隐性雌 × 显性雄 ($X^bX^b \times X^BY$) 杂交组合, 通过观察子代是否出现交叉遗传的现象, 即雌性子代性状与父本相同, 雄性子代性状与母本相同, 将基因定位于 X 染色体。

判断基因仅位于 X 染色体还是 X、Y 染色体的同源区段, 同样可以选择隐性雌性与显性雄性纯合亲本杂交, 通过观察子代的性状表现情况进行基因定位。

判断基因位于常染色体还是 X、Y 染色体的同源区段, 若用隐性雌性与显性雄性纯合亲本杂交, 仅通过观察 F_1 性状表现无法判断基因的位置, 可以继续选择 F_1 雌雄个体互交或选择 F_1 显性雄性个体与母本回交, 通过观察 F_2 的性状表现情况进行基因定位。

3 利用单体和三体进行基因定位

单体和三体分别是指二倍体生物中体细胞的某对同

源染色体只有一条或有三条的个体。在进行减数分裂时, 单体和三体所产生配子的种类及比例与正常二倍体存在差异。根据子代性状的比例可以将基因进行定位。

3.1 单体定位 例 3 已知果蝇正常肢对短肢为显性性状, 由位于常染色体上的等位基因 (A、a) 控制。科学家获得一些 IV 号染色体单体果蝇 (IV 号同源染色体缺少 1 条), 现有纯合正常肢且 IV 号染色体单体的果蝇与短肢果蝇, 请设计实验来确定这对等位基因是否位于 IV 号染色体上。(要求: 写出实验思路、预期实验结果、得出结论。)

解析: 本题考查利用单体进行基因定位。将纯合正常肢且 IV 号染色体单体的果蝇与短肢果蝇进行杂交, 若基因不位于 IV 号染色体上, 则杂交亲本的基因型为 AA 和 aa, 子代基因型为 Aa, 全部表现为正常肢; 若基因位于 IV 号染色体上, 杂交亲本的基因型为 AO 和 aa, 子代正常肢: 短肢 = 1:1。

总结: 在单体不致死的情况下, 将隐性纯合体与某号染色体缺失 1 条的单体显性纯合体杂交, 观察子代的性状表现及比例, 若子代出现隐性性状且显、隐性之比为 1:1, 则基因位于该号染色体上。

3.2 三体定位 例 4 现有 4 种 (2、6、7、10 号) 三体玉米, 即第 2、6、7、10 号同源染色体分别多出一条。三体玉米减数分裂一般产生两类配子: 一类是 $n+1$ 型, 即配子含有两条该同源染色体; 一类是 n 型, 即配子含有一条该同源染色体。已知玉米抗病 (B) 对感病 (b) 为显性, 现以上述 4 种三体且纯合抗病的玉米分别与感病普通玉米杂交, 从 F_1 中选出三体植株后再分别与感病普通玉米进行杂交, 请预测实验结果并确定等位基因 (B、b) 位于几号染色体上。

解析: 本题考查利用三体进行基因定位。若等位基因 (B、b) 位于三体染色体上, 则三体亲本的基因型是 BBB, F_1 三体的基因型为 BBb, 其产生的配子种类及比例为 B: Bb: BB: b = 2:2:1:1, F_2 的表现型及比例为抗病: 感病 = 5:1。若等位基因 (B、b) 不位于三体染色体上, 则三体亲本的基因型是 BB, F_1 三体的基因型为 Bb, F_2 的表现型及比例为抗病: 感病 = 1:1。

总结: 在正常产生配子的情况下, 将某号染色体三体的杂合个体与正常隐性个体进行测交或自交, 观察子代的性状表现及比例, 若子代显隐性之比不是 1:1 或 3:1, 则可认为该基因位于该号染色体上; 若比例是 1:1 或 3:1 则可认为该基因不在该号染色体上。

总之, 基因定位是遗传学研究的一个基本环节, 也是高中生物学遗传分析和计算要解决的核心问题。通过对基因定位方法的总结分析可以帮助学生充分理解减数分裂的过程与遗传规律的实质。◇