



题型强化 · 多选

多选小卷

多选小卷 1

13. AD 【解析】本题考查免疫排斥反应。

超急性排斥反应(HAR)是由于受体体内的特异性抗体与供体器官表面的抗原结合,激活补体系统造成供体细胞裂解,本质属于体液免疫介导的免疫排斥。类风湿性关节炎属于自身免疫病,主要是抗体攻击自身关节组织,同时伴随细胞免疫、炎症因子介导的慢性炎症反应,二者机理不一致,A 错误。HAR 的关键环节之一是补体系统被激活,进而裂解供体细胞。若单克隆抗体能特异性结合并消耗补体,就能阻断补体系统被激活后产生的级联反应,减少供体细胞的裂解,从而缓解 HAR,B 正确。*GGTA1* 基因编码 $\alpha 1,3\text{-GalT}$,敲除 *GGTA1* 基因后,供体细胞表面 $\alpha 1,3\text{-GalT}$ 不再表达(或显著减少),抗体无法与之有效结合,补体系统就不会被激活,从而缓解 HAR,C 正确。抗 $\alpha 1,3\text{-GalT}$ 抗体作用于异种器官细胞表面的 $\alpha 1,3\text{-GalT}$,而人类的 *GGTA1* 基因因突变而失活,细胞表面不表达 $\alpha 1,3\text{-GalT}$ 。因此,将抗 $\alpha 1,3\text{-GalT}$ 抗体基因导入人体肿瘤细胞,表达的抗体无法识别和攻击肿瘤细胞,无法消除肿瘤,D 错误。

14. ACD 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

题目解读

①②③方式中物质从高浓度一侧运送到低浓度一侧,为被动运输,不需要能量,其中①不需要转运蛋白,为自由扩散,②③需要转运蛋白协助,为协助扩散;④为主动运输,需要消耗能量;⑤为胞吞(或胞吐),需要消耗能量。

【解析】本题考查物质跨膜运输方式。

题图 1 中戊为磷脂双分子层构成的脂质体,磷脂分子头部亲水,故脂质体内部是水环境,则药物 A 属于能在水中结晶的药物,A 正确。题图 2 中 H^+ 出细胞消耗 ATP 水解释放的能量,所以 H^+ 出细胞的方式为主动运输,蔗糖借助 H^+ 顺浓度梯度进细胞[关键:物质浓度梯度(电化学梯度)也可用于主动运输],需要载体蛋白,属于主动运输,B 错误。低温会影响细胞膜的流动性以及蛋白质和酶的活性,所以对题图 1 中物质进出细胞方式①~⑤都有影响;细胞呼吸抑制剂会抑制细胞呼吸产生能量,所以细胞呼吸抑制法对④⑤方式有影响,C 正确。题图 1 中①为自由扩散,一些不带电荷的小分子如氧气、二氧化碳等可以自由扩散方式进出细胞,离子不能自由通过磷脂双分子层,其跨膜运输须借助膜蛋白(载体蛋白或通道蛋白),D 正确。

15. ABC 卡住就看突破点 14 找思路、做练习

【解析】本题考查群落与生态系统。

生态恢复依赖于生态系统结构与功能的重建,其中物质循



环(如 N、P、K 等元素)和能量流动是维持系统稳定的基础(易错:物质循环指的是化学元素在生物群落和非生物环境之间循环往复,而不是化合物),**A 正确**。贫瘠、持水能力差的环境属于非密度制约因素(常考:非密度制约因素的作用强度与种群密度无关,如气候、土壤条件等),而密度制约因素是作用强度随种群密度变化的因素,**B 正确**。结合题图:RT(行道树)的土壤微生物生物量和总氮含量均高于 WBSF(防风固沙林)、SB(防风林)、PGS(公共绿地)等样地;GL(草坪)的相关指标也优于部分未精细化管理的样地。这说明精细化管理可能改善土壤微生物生物量和含氮量,提升生态恢复效果,**C 正确**。有效选择植物种类并合理布设,利用生物组分的自组织、自我调节能力促进生态恢复,体现的是生态工程的自生原理,**D 错误**。

16. BCD 卡住就看突破点 10 找思路、做练习

【解析】本题考查伴性遗传及自由组合定律。

双显性纯合雌性(AAX^BX^B)与双隐性纯合雄性(aaX^bY)杂交,所得 F_1 雌性(AaX^BX^b)测交,子代基因型及比例为 $AaX^BX^b : AaX^bX^b : aaX^BX^b : aaX^bX^b : AaX^BY : AaX^bY : aaX^BY : aaX^bY = 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1$,已知子代的体色及比例为红色:灰色 = 3 : 1(不考虑性别),灰色个体占 $\frac{1}{4}$,对灰色个体可能的基因型进行讨论。可能性 1: aaX^bX^b 、 aaX^bY 为灰色,即只要有 A 或 B 基因均表现为红色,双隐性为灰色, F_1 雄性基因型为 AaX^BY , F_1 自由交配子代灰色个体基因型为 aaX^bY ,占比为 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$,则 F_1 中雌雄自由交配所得子代的体色及比例可能为红色:灰色 = 15 : 1;可能性 2: AaX^BX^b 、 AaX^bY 为灰色,即 A 和 B 基因同时存在时表现为灰色,故 F_1 自由交配子代灰色个体的占比为 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$,则 F_1 中雌雄自由交配所得子代的体色及比例可能为红色:灰色 = 7 : 9;可能性 3: AaX^bX^b 、 AaX^bY 为灰色或 aaX^BX^b 、 aaX^BY 为灰色,即只有基因 A 没有基因 B 时为灰色,其余基因型均为红色,或只有基因 B 没有基因 A 时为灰色,其余基因型均为红色,则 F_1 中雌雄自由交配所得子代的体色及比例可能为红色:灰色 = 13 : 3。综合分析,**B、C、D 符合题意**。

多选小卷 2

13. ABC 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

【解析】本题考查肾小管重吸收。

抗利尿激素属于信息分子,与肾小管上皮细胞膜上的受体结合后,可以通过信号转导调节水通道蛋白基因的表达,从而促使肾小管上皮细胞快速重吸收原尿中的水分,**A 正确**;细胞依靠载体蛋白通过主动运输吸收氨基酸时,载体蛋白的空间构象会发生相应的改变,**B 正确**;肾小管上皮细胞吸收葡萄糖的过程属于主动运输,需要消耗能量,抑制线粒体

的功能会阻碍细胞有氧呼吸产生能量的过程,从而会影响肾小管对葡萄糖的重吸收速率,**C 正确**;转运蛋白分为载体蛋白和通道蛋白,在转运物质时,载体蛋白会与转运物质相结合,但通道蛋白不与被转运物质相结合,所以通道蛋白运输物质的特异性与结合位点无关,**D 错误**。

14. **CD** 卡住就看突破点 14 找思路、做练习

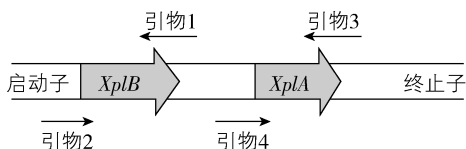
【解析】本题考查次生演替与人类活动影响。

集约化农田被废弃后,原有土壤条件基本保留,还可能留存植物的种子或其他繁殖体,在此基础上发生的植被变化过程属于次生演替,**A 正确**。传统牧场受中强度干扰,撂荒前物种丰富度最高,说明适度干扰可抑制优势种过度扩张,维持更高的物种多样性;撂荒后物种丰富度下降,可能是缺少适度干扰后,竞争力强的优势种占据大量资源,生境趋于单一,导致部分物种丧失,**B 正确**。营养结构越复杂的生态系统抵抗力稳定性越强,抵抗外界干扰并维持原状的能力越强,但由题图可知,与低强度干扰相比,中强度干扰下的生态系统物种丰富度更高、营养结构更复杂,其撂荒后物种丰富度的下降幅度远大于低强度干扰下的生态系统,说明撂荒对其影响更大,**C 错误**。由图可知,中强度干扰下撂荒前的物种丰富度高于低强度干扰下的,说明适度的人类干扰更有利于维持较高的生物多样性,并非干扰越小越好,**D 错误**。

15. **ACD** 卡住就看突破点 15 找思路、做练习

题目解读

基因转录方向是子链的 5' 到 3', 即模板链的 3' 到 5', 所以题图 1 中 *XplB* 基因转录方向是从右往左, *XplA* 基因转录方向是从左往右, 由于载体上基因表达是从启动子到终止子方向, 故引物与基因表达载体的结合位点如图。



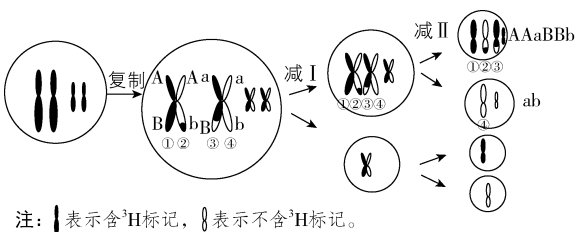
【解析】本题考查基因工程。

由题图 2 和题目解读可知, 为确保 *XplB* 基因定向插入载体, 需要在引物 1、2 的两端分别加入 *Xma* I、*Bcl* I 的识别序列,**A 正确**; 由题目解读可知, 要通过 PCR 检测两个基因是否正确插入, 需选用引物 2、引物 3,**B 错误**; 由于电泳只能区分 DNA 片段的长度, 不能确认片段的碱基序列是否为目的基因, 因此对符合预期的产物片段, 需要进行基因测序来验证,**C 正确**; 将 *XplA* 和 *XplB* 基因成功转入柳枝稷细胞并获得转基因植株后, 由于基因表达受多种因素影响, 不是所有个体都能正常表达这两个基因, 因此不是所有个体都具备降解 RDX 的能力,**D 正确**。

16. **BCD** 卡住就看突破点 12 找思路、做练习

题目解读

该生物有两对同源染色体,有丝分裂结束时所有染色体都带标记,再次进行 DNA 复制,每条染色体都有一条染色单体带标记,另一条染色单体不带标记。减数第一次分裂时,基因 A/a、B/b 所在同源染色体未分离,其 4 条单体全部进入一个次级精母细胞;另一个次级精母细胞不含该种染色体。减数第二次分裂时,携带该对同源染色体的次级精母细胞分裂异常,含基因 A、B 的染色体的姐妹染色单体未分离,产生基因型为 AAaBBb 的精子;不含该对同源染色体的次级精母细胞正常分裂,产生 2 个不含基因 A/a、B/b 的精子。由于基因型为 AAaBBb 的精子中 4 条染色体都带标记,可知是基因 A/a、B/b 所在同源染色体发生互换。可能的减数分裂过程如图。



【解析】本题考查细胞分裂异常情况分析。

对于未发生互换的染色体,每条染色体上只有 1 条染色单体带³H;由题目解读可知,发生互换后,基因 A/a、B/b 所在的染色体上会出现两条染色单体都带³H 的情况(互换导致含标记片段转移),**A 错误**。由于在减数第一次分裂时含基因 A/a、B/b 的同源染色体未分离,减数第二次分裂时该对同源染色体中的一条染色体又发生了染色单体移向同一极的情况,所以题述精子中有两条带放射性的染色体来源于移向同一极的两条姐妹染色单体,**B 正确**。由题目解读可知,另外 3 个精子的情况是 1 个基因型为 ab,另外 2 个不含基因 A、a 和 B、b,**C 正确**。由题目解读可知,不含基因 A、a、B、b 的 2 个精子,其染色体来自减数第一次分裂后期移向另一极的 1 条染色体,故 1 个含³H 标记,另 1 个不含³H 标记;含基因 a、b 的精子,其染色体来自减数第一次分裂后期移向同一极的 3 条染色体,这 6 条姐妹染色单体中 4 条含³H 标记的在减数第二次分裂后期移向同一极,另外 2 条不含³H 标记的移向另一极,故该精子不含³H 标记。因此,有 2 个精子不含³H 标记,**D 正确**。

易错总结

性原细胞在放射性培养基中进行有丝分裂,复制后每条染色单体都带标记,因为单体上的 DNA 都有一

条链带标记:

 2条染色单体都被标记

再复制,每条染色体上有一

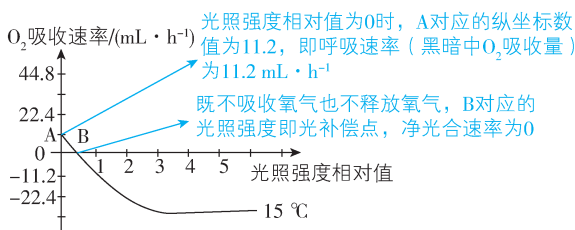
 条染色单体带标记,另一条不带:
 1条染色单体被标记



多选小卷 3

13. ABD

题目解读



【解析】本题考查气孔开闭的调节。

题图 1 中水分向箭头方向流动表示保卫细胞失水, 会导致气孔关闭。气孔关闭会使 CO_2 吸收减少, 暗反应中 CO_2 与 C_5 结合生成 C_3 的速率下降, 而 C_5 的生成速率暂时不变, 因此短期内叶肉细胞中 C_5 含量会增加, **A 错误**; 题图 1 中保卫细胞失水, 随着水分流失, 保卫细胞的细胞液渗透压升高, 吸水能力会逐渐增强, **B 错误**; 据题图 2 分析, 光照强度相对值为 1 时, 净光合速率(O_2 释放速率)约为 $11.2 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1}$, 呼吸速率(黑暗中 O_2 吸收速率)为 $11.2 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1}$, 总光合产 O_2 速率 = 净光合释放 + 呼吸消耗 = $11.2 + 11.2 = 22.4 (\text{mL} \cdot \text{h}^{-1})$, 故 8 小时总产 O_2 量 = $22.4 \times 8 = 179.2 (\text{mL})$, **C 正确**; 题图 1 水分流动方向改变, 即保卫细胞吸水、气孔开放, CO_2 供应增加, 光合速率提升, 光补偿点(B 点)会向左移动, **D 错误**。

14. AC 【解析】本题考查血压调节。

由题干可知, 细胞外液 K^+ 浓度升高会抑制肾小管重吸收 Na^+ , 从而减少水分重吸收, 降低血容量, 进而降低血压, 因此高血压患者可以适当增加含钾食物的摄入, **A 错误**; 抗利尿激素的作用是促进肾小管和集合管重吸收水分, 使血浆容量增加、血容量升高, 因此该激素起作用时机体血压会略有升高, **B 正确**; 肾上腺皮质分泌的醛固酮具有保钠排钾的作用, 可促进 Na^+ 重吸收, 进而增加水分重吸收、升高血容量, 使血压升高, 不利于改善高血压, **C 错误**; 静息电位的形成机制是 K^+ 外流, 细胞外液 K^+ 浓度升高时, 细胞内外 K^+ 浓度差减小, K^+ 外流量减少, 外正内负的静息电位绝对值减小, **D 正确**。

15. BC 【解析】本题考查胚胎移植。

常使用孕激素对供、受体进行同期发情处理, 促性腺激素用于使供体超数排卵, **A 错误**; 分析题表数据可知, 对比无移植经历的 1、2 组, 有移植经历各组产活羔率均降低, **B 正确**; 相同移植经历下(如曾接受输卵管移植的 3、4 组), 本次移植子宫角组的妊娠率、产活羔率均高于本次移植输卵管组的, 故重复移植时选择子宫角作为胚胎移植部位更合适, **C 正确**; 胚胎移植前要检查胚胎的质量, 一般选择桑葚胚或囊胚进行胚胎移植, **D 错误**。

16. ABC 卡住就看突破点 10 找思路、做练习

【解析】本题考查伴性遗传。

在实验一中, 灰身白眼雄蝇与黑身红眼雌蝇杂交, 子代均为灰身红眼, 说明双亲均为纯合子, 且灰身对黑身为显性, 红眼对白眼为显性。若实验二子代眼色与性别相关, 则基因 B/b 位于性染色体上。不考虑 X 、 Y 染色体同源区段, 若基因 B/b 仅位于 X 染色体上, 则实验一中的亲本白眼雄蝇与红眼雌蝇的基因型分别为 X^bY 、 X^BX^B , 二者杂交所得子代的



基因型为 X^BY 、 X^BX^b ；在实验二中，实验一子代中的雄蝇 (X^BY) 与白眼雌蝇 (X^bX^b) 杂交，其子代的基因型为 X^BY 、 X^BX^b ，红眼均为雌性，白眼均为雄性，符合题意，**A 正确**。在实验二中，实验一子代中的雄蝇与黑身白眼雌蝇 (双隐性纯合子，只产生一种配子) 杂交，子代有 4 种表型，且占比相等，说明实验一子代中的雄蝇产生了 4 种比例相等的雄配子，进而说明基因 A/a 与 B/b 分别位于两对同源染色体上，它们的遗传遵循基因的自由组合定律，**B、C 正确**。若基因 B/b 仅位于 X 染色体上，则实验一亲本灰身白眼雄蝇与黑身红眼雌蝇的基因型分别为 AAX^bY 与 aaX^BX^b ，子代雌、雄个体的基因型分别为 AaX^BX^b 、 AaX^BY ，取实验一子代雌、雄个体杂交，在所得后代中，灰身白眼雄蝇 (A_X^bY) 的占比是 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ ，**D 错误**。

多选小卷 4

13. **ABD** 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

【解析】本题考查物质跨膜运输及细胞自噬调控。

题图显示，细胞在营养充足时，ATP 为溶酶体吸收 H^+ 提供能量，同时可以阻止溶酶体膜上 TPC1 和 TPC2 发挥作用，而在营养缺乏初期和后期，ATP 不足，此时溶酶体膜上的 TPC1 和 TPC2 均打开， Na^+ 外流运出溶酶体，说明 ATP 既能提供能量，又能调控 TPC 蛋白，**A 正确**；结合题图分析，细胞营养缺乏时能量供应也会不足，溶酶体膜上的 TPC1 和 TPC2 均打开，将钠离子转运到细胞质基质，由于该过程不消耗能量，所以是顺浓度梯度运输的，**B 正确**；葡萄糖在细胞质基质中被分解，细胞内 ATP 主要来自线粒体内有氧呼吸第二、三阶段，**C 错误**；细胞自噬过程需要溶酶体的参与，而题图所示的调节机制显示，动物细胞缺乏营养的后期，TPC1 受溶酶体内 pH 上升信号激活，增加了 Na^+ 的运输量，从而可以促进 H^+ 转运至溶酶体，溶酶体中 H^+ 浓度升高，pH 降低，推测该机制有利于维持溶酶体中酶的活性，从而有利于细胞自噬的发生，**D 正确**。

14. **BCD** 卡住就看突破点 13 找思路、做练习

题目解读

据题图分析可知，TTX 阻断 Na^+ 通道，从而阻断了内向电流，说明内向电流与 Na^+ 通道有关；TEA 阻断 K^+ 通道，从而阻断了外向电流，说明外向电流与 K^+ 通道有关。

【解析】本题考查膜电流变化曲线。

据题图分析可知，TEA 处理后，阻断了外向电流，只有内向电流存在，**A 正确**；据题图分析可知，TEA 阻断 K^+ 通道，从而阻断了外向电流，说明外向电流与 K^+ 通道有关，**B 错误**；据题图分析可知，TTX 处理后阻断 Na^+ 通道，从而阻断了内向电流，内向电流消失，**C 错误**；神经细胞内， K^+ 浓度高， Na^+ 浓度低，内向电流结束后，神经纤维膜内 Na^+ 浓度依然低于膜外，**D 错误**。

15. **ABD** 卡住就看突破点 10 找思路、做练习

【解析】本题考查染色体变异。

题图中虚线箭头指示位置断裂并发生错误连接时，会导致一种单基因遗传病，该变异属于染色体结构变异，不仅是 F 基因缺失了一段 DNA，**A 错误**。分析题图 2 电泳结果可知，正常片段扩增产物长度为 12 kb 和 10 kb，错误连接后两种异常片段长度均为 11 kb，使用引物组合 ABP 或 AQP 扩增时，正常片段 (10 kb、12 kb) 和异常片段 (11 kb) 的产物长度



不同,电泳可区分,因此能鉴定携带者,**B 错误**。题图 2 中使用 A+Q 或 P+B 引物组合时均只扩增出 11 kb 长的条带,结合电泳条带宽度可知妻子仅含异常片段,为患病纯合子,其父母双方应均含有致病基因,若妻子的父母有一方正常,则该病不可能为显性遗传病,应为隐性遗传病,**C 正确**。若该病为伴 X 染色体隐性遗传病,设异常 F 基因为 f,则该夫妇女儿的基因型为 $X^F X^f$,与正常男性($X^F Y$)婚配,后代的患病率为 $\frac{1}{4}$;若该病为伴 X 染色体显性遗传病,则正常男性为 $X^f Y$,后代患病率为 $\frac{1}{2}$,**D 错误**。

16. BCD 卡住就看突破点 15 找思路、做练习

【解析】本题考查基因工程基本流程。

PCR 技术可用于获取和扩增目的基因,因此步骤①可通过 PCR 的方法获取和扩增干扰素基因,**A 正确**;构建基因表达载体时,需将干扰素基因插入启动子和终止子之间,而非启动子和终止密码子之间,终止密码子位于 mRNA 上,**B 错误**;大肠杆菌属于原核生物,细胞内无内质网、高尔基体等细胞器,无法对基因表达产物进行复杂的加工修饰,不能直接获得有活性的干扰素,**C 错误**;干扰素的作用有抗病毒、抗肿瘤和免疫调节,不能用于治疗细菌感染(如幽门螺杆菌感染),**D 错误**。

多选小卷 5

13. BC 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

【解析】本题考查质子泵与物质跨膜运输。

两种质子泵(V 型和 F 型)都是转运 H^+ 的蛋白质,同时还能催化 ATP 的水解或合成,因此既有运输功能也有催化功能,**A 正确**;从题图中可以看到,V 型质子泵转运 H^+ 时消耗 ATP,方式为主动运输,**B 错误**;题干提到“ Na^+ 能够借助 H^+ 电化学梯度进入液泡,以减少 Na^+ 对细胞质基质的伤害”,这说明 Na^+ 是通过 V 型质子泵(位于液泡膜上)建立的 H^+ 梯度进入液泡,从而维持细胞质基质内的低 Na^+ 水平,而不是 F 型质子泵,F 型质子泵利用 H^+ 电化学梯度合成 ATP,**C 错误**;F 型质子泵能催化 ATP 合成,在真核细胞中可分布于线粒体内膜上,参与有氧呼吸第三阶段,耐盐植物根尖分生区细胞的 F 型质子泵也符合这一分布规律,**D 正确**。

14. ABC 卡住就看突破点 13 找思路、做练习

【解析】本题考查动作电位的产生与兴奋传导。

题图 1 的 a~c 过程中正在形成动作电位,此时神经纤维细胞膜上的钠离子通道正在打开,**A 正确**;题图 2 中电流表的两个电极一个接在膜外一个接在膜内同一位置,能测出静息电位,神经纤维受到刺激后可测得动作电位,**B 正确**;题图 1 中 b、d 时刻膜电位为 0 mV,膜两侧电位差为 0,电流表指针不偏转,与图 2 中指针状态一致,**C 正确**;题图 3 的③~⑤位置中,正在形成动作电位,神经纤维细胞膜上钠离子通道处于打开的状态, Na^+ 内流,**D 错误**。

15. BCD 卡住就看突破点 15 找思路、做练习

【解析】本题考查生物反应器。

步骤①是基因表达载体的构建,为基因工程的核心步骤,该过程所需的工具酶有限制酶、DNA 连接酶,载体属于基因工程的操作工具,**A 错误**;乳腺生物反应器需使用乳腺细胞特异性表达的基因的启动子,膀胱生物反应器需使用在膀胱组织细胞特异性表达的基因的启动子,二者所选启动子不



同, **B 正确**; 将重组表达载体导入动物受精卵的常用方法为显微注射法, **C 正确**; 膀胱生物反应器的目标是让 W 蛋白随转基因动物的尿液排出, 因此检测转基因动物的尿液中是否存在 W 蛋白, 可鉴定 W 蛋白基因是否成功表达, **D 正确**。

16. **AB** 卡住就看突破点 10 找思路、做练习

【解析】 本题考查伴性遗传。

由于 I-2 雄性个体无眼, 而 II-1 和 II-2 都为有眼, 所以果蝇无眼性状的遗传方式一定不是伴 X 染色体显性遗传, **A 正确**。用 A、a 表示控制该性状的基因, 结合 A 选项分析, 果蝇无眼性状可能是常染色体显性遗传、常染色体隐性遗传或伴 X 染色体隐性遗传。如果无眼是常染色体显性性状, 则 II-1 和 II-3 基因型都是 aa, 二者杂交, 子代全为正常眼; 如果无眼是常染色体隐性性状, 则 II-1 和 II-3 基因型都是 Aa, 二者杂交, 子代中雌性和雄性均为正常眼: 无眼 = 3:1; 如果无眼是伴 X 染色体隐性性状, 则 II-1 和 II-3 基因型分别是 $X^A X^a$ 和 $X^A Y$, 子代中雌性都是正常眼, 雄性既有正常眼, 又有无眼。所以可以通过观察子代表型, 确定无眼性状的遗传方式, **B 正确**。若 II-2 为杂合子, 则其基因型为 Aa 或 $X^A X^a$, 则可判断无眼为隐性性状, **C 错误**。若控制该性状的基因位于 X 染色体上, 则无眼为隐性性状, I-2 的基因型为 $X^a Y$, II-2 的基因型为 $X^A X^a$, II-3 基因型为 $X^A Y$, 则 III-2 的基因型及概率为 $\frac{1}{2} X^A X^A$ 、 $\frac{1}{2} X^A X^a$, III-1 基因型为 $X^A Y$, 两者杂交, 后代无眼果蝇的概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$, **D 错误**。

多选小卷 6

13. **AB** **【解析】** 本题考查特异性免疫。

基因工程操作中, 不能直接将目的基因导入受体细胞, 需要先将 CAR 基因与载体结合构建基因表达载体后, 再导入 T 细胞, **A 错误**; CAR 是位于 T 细胞膜上的受体蛋白, 属于膜蛋白, 需先在游离的核糖体上合成, 随后核糖体带着未合成完的肽链附着于内质网上继续合成, 还需要经内质网、高尔基体加工后运输到细胞膜上, **B 错误**; CAR-T 细胞是经改造的 T 细胞, 其接触癌细胞后诱导癌细胞凋亡, 属于细胞毒性 T 细胞裂解靶细胞的过程, 属于细胞免疫, **C 正确**; 取自患者自身的 T 细胞经改造后, 细胞表面的组织相容性抗原与患者自身完全匹配, 可避免患者对回输的 CAR-T 细胞产生免疫排斥, **D 正确**。

14. **BCD** 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

【解析】 本题考查主动运输。

方式甲是 ATP 直接供能的主动运输方式, 载体蛋白磷酸化会导致其空间结构发生变化, 从而运输物质, **A 正确**; 方式乙中, B 为逆浓度梯度运输, A 为顺浓度梯度运输, B 利用 A 在膜两侧的浓度梯度进行主动运输, 制造并维持细胞内外物质 B 的浓度差, **B 错误**; 细菌是原核生物, 没有叶绿体, **C 错误**; 神经元产生静息电位时, 钾离子是通过钾离子通道外流的, 属于协助扩散, 与方式甲不同, **D 错误**。

15. **ABD** 卡住就看突破点 13 找思路、做练习

【解析】 本题考查膜电位曲线。

若 C 为兴奋性神经元, 能释放兴奋性神经递质, A 为抑制性神经元, 能释放抑制性神经递质, C 先兴奋会使 A 释放更多



抑制性神经递质,会导致神经元 B 膜电位绝对值增大,膜外电位会升高,**A 错误**; K^+ 与静息电位的形成有关, Na^+ 与动作电位的形成有关,因此若降低神经元 A 周围环境中的 K^+ 浓度,则其静息电位绝对值将增大,将更难以兴奋,**B 错误**;由图 2 可知,横坐标为位置,①处恢复静息电位,②处正在恢复静息电位, K^+ 外流,而④处正在形成动作电位, Na^+ 内流,因此兴奋传导的方向是从左向右,**C 正确**, **D 错误**。

16. **BD** 卡住就看突破点 12 找思路、做练习

【解析】 本题考查染色体变异与致死。

黄叶球植株自交,子代出现黄叶球和白叶球,由此判断黄叶球为显性性状,白叶球为隐性性状,因丙为显性纯合子,不考虑基因突变,第三组后代出现白叶球且只有白叶球个体染色体数目减少,可知 A/a 基因位于 3 号染色体上,丙的基因型为 AO(O 表示不含相应等位基因),**A 正确**;第二组后代黄叶球和白叶球都有,且染色体数目均正常,则乙植株 3 号染色体缺失 A 基因所在片段,变异类型为染色体结构变异,猫叫综合征变异类型是 5 号染色体片段缺失,也为染色体结构变异,**B 错误**;第一组后代均为黄叶球,且部分后代染色体数目增多,则甲基因型为 AAA, F_1 基因型为 AAa 和 Aa, Aa 基因型个体自交后代基因型有 AA、aa、Aa 三种, AAa 基因型个体可产生的配子有 A、AA、Aa、a,其自交后代基因型有 AA、AAaa、AAAA、aa、Aa、AAAa、AAa、Aaa、AAA,所以第一组中 F_1 自交后代基因型有 9 种,**C 正确**;由上述分析可知,第三组亲代白叶球基因型为 aa,丙基因型为 AO,杂交所得 F_1 基因型为 Aa(黄叶球)和 aO(白叶球),比例为 1:1,因为同源染色体缺失一条可存活,均缺失则致死,故 F_1 黄叶球植株自交后代基因型及比例为 AA:Aa:aa=1:2:1,即黄叶球:白叶球=3:1, F_1 白叶球植株自交后代基因型及比例为 aa:aO:OO(死亡)=1:2:1,存活个体均表现为白叶球,则 F_1 自交后代黄叶球:白叶球= $\left(\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}\right)$:

$\left[\frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{4} + \frac{3}{4}\right)\right] = 3:4$, **D 错误**。

多选小卷 7

13. **CD** 卡住就看突破点 9 找思路、做练习

【解析】 本题考查物质的跨膜运输。

由题图 1 可知,正常条件下, S1 可被囊泡转运至液泡中,最终在液泡中被降解,植物细胞中通常没有溶酶体,即不会被溶酶体酶水解,**A 错误**; S1 是 Na^+/H^+ 反向转运体,细胞膜上的质子泵消耗 ATP 将 H^+ 运出细胞,建立了细胞内外 H^+ 浓度梯度,盐胁迫作用下, S1 利用 H^+ 在细胞内外的浓度梯度,将 Na^+ 逆浓度梯度运出细胞,属于主动运输,**B 错误**;盐胁迫作用下,大液泡碎片化为多个小液泡,总液泡膜面积增大,可为更多的 S1 提供锚定位点,从而将更多 Na^+ 运输到液泡中,降低细胞质中的 Na^+ 浓度,**C 正确**;由题图 2 可知,高盐浓度下,液泡碎片化植株的根长显著长于液泡正常植株,根长更长说明耐盐能力更强,因此液泡碎片化有利于增强植株耐盐能力,**D 正确**。

14. **BC** **【解析】** 本题考查内环境稳态。

膝跳反射为二元反射弧,仅含 2 个神经元,突触数量少,缩手反射为三元反射弧,神经元和突触数量多,兴奋在突触处的传递存在时间延迟,因此兴奋经过膝跳反射神经中枢的时间比经过缩手反射神经中枢的短,**A 错误**;膝跳反射的低



级中枢位于脊髓,正常情况下受大脑皮层高级中枢的调控,而患者出现脑组织代谢障碍、昏迷等现象,说明高级中枢功能受损,对低级神经中枢的抑制作用减弱,因此膝跳反射增强,**B 正确**;静脉输入甘露醇后会升高血浆渗透压,促进脑组织中的水分进入血浆,且甘露醇不被肾小管重吸收,可随尿液排出并带走更多水分,因此静脉输入甘露醇能减轻患者脑组织水肿症状,**C 正确**;若禁食糖类且保证蛋白摄入,会导致氨基酸脱氨基作用增强,产生更多的氨,加重患者病情,因此患者急性期应补充糖类,减少蛋白质摄入,**D 错误**。

15. CD 【解析】本题考查生态系统的能量流动。

不考虑其他形式的能量输入,流经生态系统的总能量 = 生产者固定的太阳能总量 = 生产者净同化量 + 生产者呼吸消耗量,该海域浮游植物生长、发育和繁殖的能量为 $1\,000\text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,所以流经该生态系统的总能量大于 $1\,000\text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,**A 错误**;若异养细菌可吸收全部 DOM,则同化的 DOM 中的能量为 $1\,000 \times 40\% = 400 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,其中 25% 用于生长、发育和繁殖,因此异养细菌吸收的 DOM 能量中用于生长、发育和繁殖的能量为 $400 \times 25\% = 100 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,但是异养细菌不能将水体中 DOM 中的能量全部同化,故通过“微生物环”途径,异养细菌用于生长、发育和繁殖的能量小于 $100\text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,**B 错误**;浮游动物从“微生物环”中获得能量为 $3\text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (同化量),异养细菌 → 原生动物 → 浮游动物间的能量传递效率为 10%,因此原生动物同化量 = $3 \div 10\% = 30 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,异养细菌同化量 = $30 \div 10\% = 300 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,原生动物同化量占摄食量的 60%,因此原生动物摄食量 = $30 \div 60\% = 50 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,因此原生动物摄食量占异养细菌同化量的比例为 $\frac{50}{300} = \frac{1}{6}$,**C 正确**;浮游植物释放到水体中的 DOM 可通过“微生物环”进入食物链,促进了物质循环,有利于维持海洋的生态平衡,**D 正确**。

16. AD 卡住就看突破点 11 找思路、做练习

【解析】本题考查电泳图。

I-1 和 I-2 号正常,但他们的儿子患病,则该病为隐性遗传病,且 II-3 含有来自双亲的 A/a 相应的酶切片段,则该病的遗传方式不可能为伴 X 染色体隐性遗传,故该病的遗传方式为常染色体隐性遗传,**A 正确**;I-1、I-2 电泳结果均有二个条带,说明 I-1、I-2 两条同源染色体上相应 DNA 片段大小不同,**B 错误**;II-3 是纯合子,其两个致病基因,一个来自亲本的 4.2 kb 片段,另一个来自另一亲本的 4.0 kb 片段,都是 a 基因,若 II-4 为正常人,由于 II-4 有两个条带,这两个条带对应的基因应分别来自亲本正常基因所在的染色体,因此 II-4 基因型为 AA,**C 错误**;II-5 表现正常,两个条带一个可来自一个亲本的致病基因,另一个可来自另一亲本正常的基因,因此电泳结果可能只有 4.0 kb 的 DNA 片段,**D 正确**。

多选小卷 8

13. ABC 卡住就看突破点 11 找思路、做练习

【解析】本题考查遗传系谱图。

根据系谱图可知,II₁ 和 II₂ 都不患半乳糖血症,生育了患半乳糖血症的女儿 III₂,可推知半乳糖血症的遗传方式是常染色体隐性遗传,**A 正确**;由题意可知,I₁ 和 I₂ 不患血友

病,却生出了患病的儿子 II_2 ,说明血友病为隐性遗传病,又因为 I_2 不携带血友病致病基因,说明该病是伴 X 染色体隐性遗传病, III_2 患半乳糖血症(相关基因型一定为 aa) 但不患血友病,其父亲 II_2 是血友病患者(X^dY),因此 III_2 基因型为 aaX^DX^d , III_3 患半乳糖血症(相关基因型一定为 aa),不患血友病,其父亲 II_4 不患血友病(X^DY),母亲 II_3 是血友病携带者(生育了血友病儿子 III_5 ,因此相关基因型为 X^DX^d),因此 III_3 基因型及概率为 $\frac{1}{2}\text{aaX}^D\text{X}^D$ 、 $\frac{1}{2}\text{aaX}^D\text{X}^d$,即 III_2 和 III_3 基因型相同的概率为 $\frac{1}{2}$,**B 正确**; III_4 不患半乳糖血症,其父亲 II_4 是半乳糖血症患者(aa),因此 III_4 相关基因型一定为 Aa, III_4 只有与正常人中的携带者婚配才有可能生出患半乳糖血症的后代,已知人群中半乳糖血症(aa) 发病率为 $\frac{1}{810\ 000}$,则 a 的基因频率为 $\frac{1}{900}$,A 的基因频率为 $\frac{899}{900}$,人群正常个体中携带者(Aa) 的概率为 $\left(2 \times \frac{1}{900} \times \frac{899}{900}\right) \div \left(1 - \frac{1}{810\ 000}\right) = \frac{2}{901}$,则后代患半乳糖血症的概率约为 $\frac{2}{901} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{1\ 802}$,**C 正确**;半乳糖血症是单基因遗传病,羊水穿刺检测胎儿核型只能检测染色体数目或结构异常,无法检测单基因遗传病,**D 错误**。

14. **BD** 【解析】本题考查动作电位的产生。

①组仅有冷刺激,膜电流相对值为 1.0,产生动作电位,说明冷刺激可单独使 DRG 神经元产生动作电位;②组添加 IL-33 处理时,膜电流相对值为 3.5,显著高于①组,说明 IL-33 能增大 TRPM8 的开放程度,也能使 DRG 神经元产生动作电位,即 IL-33、冷刺激均能使 DRG 神经元产生动作电位,**A 正确**。②组处理为 IL-33,冷刺激后膜电流相对值为 3.5;③组处理为 IL-33+抗 ST2 抗体(抗 ST2 抗体可阻断 IL-33 与 ST2 受体的结合),冷刺激后膜电流相对值为 1.1,接近①组数据,可推知,IL-33 通过 ST2 受体发挥促进 TRPM8 开放的作用,**B 错误**。②组添加 IL-33 处理,冷刺激后膜电流相对值为 3.5;④组处理为 IL-33+钙螯合剂(钙螯合剂可降低 Ca^{2+} 浓度),冷刺激后膜电流相对值为 2.0,低于②组,说明 Ca^{2+} 浓度下降时 TRPM8 活性降低,即 Ca^{2+} 对 TRPM8 的活性有正向调节作用,**C 正确**。④组处理为 IL-33+钙螯合剂,冷刺激后膜电流相对值为 2.0,IL-33 可直接促进 TRPM8 开放,钙螯合剂仅降低 Ca^{2+} 浓度,若抑制胞内 Ca^{2+} 激活的信号通路, Ca^{2+} 无法通过该通路调节 TRPM8 活性,但 IL-33 仍可直接促进 TRPM8 开放,此时膜电流水平不会低于①组,**D 错误**。

15. **AD** 【解析】本题考查生态工程。

该模式考虑了生物与环境、生物与生物的协调与适应,兼顾生态(固沙)、经济(光伏发电、畜牧)和社会效益,主要体现了生态工程的协调、整体原理,**A 正确**; ^{15}N 是稳定性同位素,没有放射性,所以用 ^{15}N 标记 N_2 后,无法通过同位素的放射性强弱变化研究沙漠地区的氮循环,**B 错误**;非密度制约因素是指对种群数量的作用强度与该种群密度无关的因素,火灾是影响草本植物数量变化的非密度制约因素,**C 错误**;沙漠保留了土壤条件以及植物种子或繁殖体,从沙漠群落到草本植物群落的演替属于次生演替,**D 正确**。



16. AD 卡住就看突破点 15 找思路、做练习

【解析】本题考查 PCR 扩增的原理及过程。

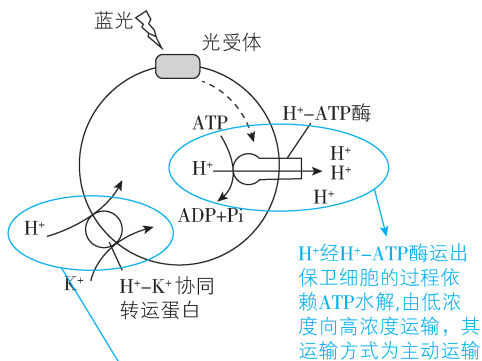
根据引物延伸的方向为 $5' \rightarrow 3'$, 可知目的基因的①④端为 $-OH$ (3'端), ②③端为磷酸基团 (5'端), **A 正确**; PCR 的原理是 DNA 的半保留复制和 DNA 的热变性, **B 错误**; 利用引物 1、2 在第一轮复制即可得到等长的目的基因, **C 错误**; 由 DNA 复制过程可知, 复制的子代 DNA 分子中, 只有含有最开始模板链的 DNA 分子含有一种引物, 其他 DNA 分子都同时含有两种引物, 因此理论上第 4 轮循环产物中含两种引物的 DNA 片段占比为 $\frac{2^4-2}{2^4} = \frac{7}{8}$, **D 正确**。

多选重难突破

突破点 9 物质跨膜运输方式判断与影响因素分析

1. ACD

题目解读



H^+ 顺浓度梯度进入保卫细胞, 因此 H^+ -K $^+$ 协同转运蛋白介导的 H^+ 的运输方式为协助扩散, K $^+$ 的运输方式为主动运输, 动力来自膜两侧 H^+ 的浓度差

【解析】光受体感受到蓝光后激活保卫细胞膜上的 H^+ -ATP 酶, 使 ATP 水解, 而不是利用光能合成 ATP, **A 错误**; 由题目解读可知, K $^+$ 通过 H^+ -K $^+$ 协同转运蛋白进入保卫细胞的方式为主动运输, **B 正确**; 呼吸抑制剂处理后, ATP 合成减少, H^+ 通过 H^+ -ATP 酶运出减少, 细胞外 H^+ 浓度减小, H^+ -K $^+$ 协同转运蛋白运输 H^+ 和 K $^+$ 的速率降低, 不利于气孔开放, **C 错误**; H^+ -K $^+$ 协同转运蛋白协同转运 K $^+$ 和 H^+ , 而不转运其他离子, 说明该转运蛋白具有特异性, **D 错误**。

2. AB

【解析】由题图 1 可知, 甲氨蝶呤通过 RFC-1 顺浓度梯度进入细胞, 需要转运蛋白协助, 属于协助扩散, 协助扩散的转运速率受载体 (RFC-1) 数量、浓度差限制, **A 正确**; 甲氨蝶呤从细胞内运到细胞外是逆浓度梯度运输, 故转运方式为主动运输, 需要消耗能量, **B 正确**; 摄入的药物量降低会使肿瘤细胞耐药性增加, RFC-1 是将药物转运至细胞内的转运蛋白, 排出药物的转运蛋白是 P-gp, 在甲氨蝶呤耐药型细胞中, RFC-1 的含量应较低, P-gp 的含量应较高, 题图 2 中蛋白 I 在耐药型细胞中含量较高, 则蛋白 I 应为 P-gp 而非 RFC-1, **C 错误**; P-gp 可将细胞内的甲氨蝶呤运输到细胞外, 若抑制 P-gp 活性, 药物运出减少, 细胞内甲氨蝶呤浓度升高, 会增强药物对肿瘤细胞的杀伤作用, 药物疗效应增强, **D 错误**。



1 min 速解

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:膜运输综合题先别急着给“主动”“被动”贴标签,最稳的办法是顺着箭头把每种物质的运输方向、浓度梯度和能量来源各记一遍。尤其要分清:载体负责“运进来”还是“排出去”,耐药性往往在两种运输方向上都有体现。

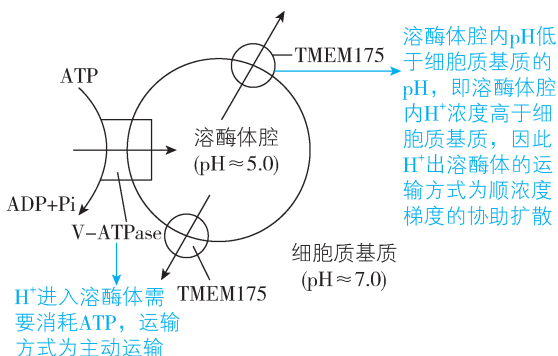
本题中 RFC-1 把甲氨蝶呤运入细胞,符合顺浓度梯度的协助扩散;P-gp 则消耗能量把药物外排。于是 A、B 可以直接判断正确。再看耐药型细胞:越耐药越需要加强外排,所以图 2 中含量较高的蛋白 I 应是 P-gp 而不是 RFC-1;抑制 P-gp 会让胞内药物增多,也就能快速排除 C、D。这个“先看箭头,再判效果”的方法对药物转运题很通用。

3. **ABD** 【解析】蛋白质在发生磷酸化时其空间结构会发生改变,进而导致其构象改变,所以 KdpD 与 KdpE 被磷酸化,其构象均会发生改变,**A 正确**;KdpA 是负责 K^+ 转运的蛋白,从题图中可以看出 K^+ 的转运需 KdpB 提供能量, K^+ 需要先与 KdpA 上特定的结合位点结合,然后才能通过,**B 正确**;KdpC 的作用是“对 KdpB 具有促进作用”,并非直接传递 ATP,**C 错误**;由题图可知, K^+ 通过 Kdp 系统进入细胞时消耗了 ATP,因此 K^+ 通过 Kdp 系统进入细胞的方式为主动运输,**D 正确**。

4. **ABD** 【解析】题图中 Ca^{2+} 通过 OSCA 进入细胞, H^+ 通过 H^+ -ATP 酶进入液泡, Na^+ 通过 H^+ - Na^+ 逆向转运蛋白进入液泡,这三种转运蛋白均为载体蛋白,在物质跨膜运输过程中,载体蛋白与被转运物质结合后,其空间结构会发生改变,**A 正确**;由题图可知, Ca^{2+} 途径促进了单糖进入液泡,ABA 途径促进了 Na^+ 进入液泡,它们在液泡中的积累都会提高细胞液的浓度,增加细胞液的渗透压,从而有利于植物在干旱环境中吸收和保持水分,这两条途径共同作用,提高细胞液浓度以抵御干旱胁迫,**B 正确**;由题图可知, H^+ 逆浓度梯度以主动运输的方式进入液泡,即液泡内的 H^+ 浓度高于细胞质基质,所以液泡的 pH 应低于细胞质基质的 pH, H^+ - Na^+ 逆向转运蛋白利用 H^+ 的浓度梯度将 Na^+ 逆浓度梯度运进液泡,**C 错误**;耐旱植物在长期进化中形成了应对干旱的机制,其体内含有相关的抗逆基因,可通过转基因技术将耐旱植物中的这些基因转入农作物中,提高农作物的抗逆性,这是目前改良农作物的有效途径,**D 正确**。

5. **ACD**

题目解读



【解析】TMEM175 是溶酶体膜上的氢离子通道,且 H^+ 顺浓度梯度从溶酶体进入细胞质基质,所以 TMEM175 功能缺失会导致溶酶体内 H^+ 浓度升高(注意:转运蛋白受损,被转运的物质的转运过程受到阻碍,导致其在膜一侧浓度上升),但题干并无信息指明溶酶体内 H^+ 浓度升高与 V-ATPase 活



性的激活相关, **A 错误**; 由题干信息可知, TMEM175 是溶酶体膜上的氢离子通道, PD 患者的 TMEM175 发生变异, 使得 H^+ 进入细胞质基质的过程受阻, 溶酶体内的 H^+ 浓度上升, pH 下降, 会影响溶酶体功能, 从而引发神经元损伤, **B 正确**; V-ATPase 是质子泵, 属于载体蛋白, 载体蛋白在运输物质时, 其空间结构会发生变化, 从而实现对物质的转运(要点: 载体蛋白只容许与自身结合部位相适应的分子或离子通过, 且每次转运时载体蛋白的空间构象都会发生改变), 所以 H^+ 从细胞质基质转运进溶酶体时, V-ATPase 的空间结构会发生变化, **C 错误**; 已知 TMEM175 是溶酶体膜上的氢离子通道, 它能和质子泵 V 型 ATP 酶 (V-ATPase) 互相配合, 共同调节溶酶体的 pH 平衡, 所以溶酶体的 pH 平衡依赖于 TMEM175 和 V-ATPase, **D 错误**。

要点归纳 判断物质跨膜运输的方式

若某物质逆浓度梯度运输, 需要消耗细胞内化学反应释放的能量, 或构成协同转运体 (借助某一物质在膜内外的浓度差, 帮助另一物质逆浓度转运), 则该物质的跨膜运输方式为主动运输。若顺浓度梯度转运某物质, 则为被动运输, 再看其是否有转运蛋白参与, 若有转运蛋白参与, 则为协助扩散; 若不需要转运蛋白参与, 则为自由扩散。

6. **BC** 【解析】根系拒盐体现为 Na^+ 实际吸收值远低于 Na^+ 理论吸收值, 由题表可知, 随着外界盐浓度的逐渐升高, Na^+ 吸收率变化为 $12.6\% \rightarrow 7.4\% \rightarrow 6.9\% \rightarrow 7.8\%$, 表明拒盐占比随盐浓度升高先增大后减小, **A 错误**。题表中 Na^+ 实际吸收值 = 植株积累 Na^+ + 地上部分泌 Na^+ , 说明实际吸收的 Na^+ 一部分在植株体内积累, 另一部分则通过地上部分泌出去, **B 正确**。盐腺通过囊泡排盐, 依赖线粒体供能和膜更新, 故盐腺细胞的线粒体多、生物膜更新快, **C 正确**。排盐效率需比较 Na^+ 分泌量占比, 即地上部分泌 Na^+ 量与 Na^+ 实际吸收值的比值。50 $mmol \cdot L^{-1}$ 时, 排盐效率为 $\frac{64}{111} \times 100\% \approx 57.7\%$, 100 $mmol \cdot L^{-1}$ 时, 排盐效率为 $\frac{98}{162} \times 100\% \approx 60.5\%$, 150 $mmol \cdot L^{-1}$ 时, 排盐效率为 $\frac{137}{262} \times 100\% \approx 52.3\%$, 200 $mmol \cdot L^{-1}$ 时, 排盐效率为 $\frac{169}{325} \times 100\% = 52\%$, 即该实验中外界盐浓度为 100 $mmol \cdot L^{-1}$ 时, 盐腺拥有最大的排盐效率, **D 错误**。



1 min 速解

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说: 数据表里同时给出“理论值”“实际值”“比例”“去向”时, 先找守恒关系, 再统一口径比较。较常用的两步是: 实际吸收量是否等于各去向之和; 所谓效率或占比, 分母是理论值还是实际值。

本题中每组数据都满足“ Na^+ 实际吸收值 = 植株积累 Na^+ + 地上部分泌 Na^+ ”, 所以 B 可以直接确认正确。盐腺排盐需要频繁的囊泡运输, 盐腺细胞线粒体较多、生物膜更新较快符合功能与结构相适应的观点, C 成立。A 项把根系拒盐比例看成单调增加, 但 Na^+ 吸收率先降后升。D 项用分泌量 ÷ 实际吸收量计算排盐效率, 50 $mmol \cdot L^{-1}$ 的外界盐浓度对应的排盐效率不是最大的。表格题先验算等式, 再看趋势, 通常比逐句分析快得多。



突破点 10 伴性遗传及其规律应用

1. **ACD** 【解析】依题意, $X:A=0.5$ 时, 即使存在 M 基因也会发育为雄性, AAX^MY 和 AAX^mY 中 $X:A$ 均为 0.5 , 因此 AAX^MY 和 AAX^mY 都表示有两个染色体组的可育雄果蝇, **A 正确**。基因型为 AAX^MX^M 的果蝇, $X:A=1$ 且含 M , 为雌性; 基因型为 AAX^MO 的果蝇, $X:A=0.5$, 为雄性, 由于雄蝇无 Y 染色体不可育, 即 AAX^MO 为不可育雄蝇, 故无杂交后代, **B 错误**。基因型为 AAX^MX^m 的雌蝇产生的雌配子为 AX^M 、 AX^m , 基因型为 AAX^mY 的雄蝇产生的雄配子为 AX^m 、 AY , 后代基因型(性别)及其比例为 AAX^MX^m (雌性): AAX^MY (雄性): AAX^mX^m (雄性): AAX^mY (雄性) = $1:1:1:1$, 即雌雄之比为 $1:3$, **C 正确**。 AAX^MX^mY 和 AAX^mY 的果蝇杂交, 常染色体组数为 2 , 故含有两条 X 且含 M 基因的 AAX^MX^mY 为雌性, AAX^mY 为雄性。单独考虑性染色体, X^MX^mY 个体减数分裂时产生的雌配子性染色体组成及其比例为 $X^M:X^m:X^MY:Y:X^mY:X^mY=1:1:1:1:1:1$, 与 X^mY 的雄果蝇杂交, 子代情况如表所示:

		雌配子					
		X^MX^m	Y	X^MY	X^m	X^mY	X^M
雄配子	X^m	$X^MX^mX^m$ (致死)	X^mY (雄性)	X^MX^mY (雌性)	X^mX^m (雄性)	X^mX^mY (雄性)	X^MX^m (雌性)
	Y	X^MX^mY (雌性)	YY (致死)	X^MY (雄性)	X^mY (雄性)	X^mYY (雄性)	X^MY (雄性)

- 则 AAX^MX^mY 和 AAX^mY 的果蝇杂交子代雌雄之比为 $3:7$, **D 正确**。
2. **BC** 【解析】纯种红眼果蝇(果蝇甲)与纯种白眼果蝇(果蝇乙)杂交, F_1 中紫眼雌性果蝇:红眼雄性果蝇 = $1:1$, 子代雌雄个体均能合成眼色色素, 与性别无关, 说明等位基因 A/a 位于常染色体上, F_2 能合成色素的个体:不能合成色素的个体 = $3:1$, 说明基因 A 存在时果蝇会产生眼色色素, **A 正确**; 纯种红眼果蝇与纯种白眼果蝇杂交, F_1 中雌性都为紫眼, 雄性都为红眼, 则红眼由隐性基因 b 控制, 紫眼由显性基因 B 控制, 因此可判断果蝇甲为雌性, 基因型为 AAX^bX^b , 果蝇乙为雄性, 基因型为 aaX^BY , **B 错误**; F_1 中紫眼雌果蝇基因型为 AaX^BX^b , 红眼雄果蝇基因型为 AaX^bY , 这两种果蝇交配产生的白眼果蝇基因型有 aaX^BX^b 、 aaX^bX^b 、 aaX^BY 、 aaX^bY , 共四种, **C 错误**; 可用 F_1 中红眼雄果蝇(AaX^bY)鉴定 F_2 中白眼雌果蝇(aaX^BX^b 或 aaX^bX^b)的基因型, 二者杂交, 若后代紫眼果蝇:红眼果蝇:白眼果蝇 = $1:1:2$, 则 F_2 中白眼雌果蝇的基因型为 aaX^BX^b , 若后代红眼果蝇:白眼果蝇 = $1:1$, 则 F_2 中白眼雌果蝇的基因型为 aaX^bX^b , **D 正确**。
3. **ABC** 【解析】已知只有同时携带 A 和 a 基因时才可能为玳瑁猫, 若 A/a 位于常染色体, 亲本橘色(AA) $\times$ 黑色(aa), 后代全为 Aa , 与题干信息矛盾, 因此 A/a 位于 X 染色体上, 由于两对基因独立遗传, 所有基因不位于 Y 染色体上, 因此另一对基因 B/b 位于常染色体上, **A 正确**; 由题干信息及上述分析推知, 亲本雄性基因型为 BBX^aY (金眼黑猫), 亲本蓝眼橘猫是基因型为 bbX^AX^A 的雌性, F_1 为金眼玳瑁色雌猫(BbX^AX^a)、金眼橘色雄猫(BbX^AY), **B 正确**; F_1 随机交配, F_2 关于 B/b 的基因型及比例为 $BB:Bb:bb=1:2:1$, 关于 A/a



的基因型及比例为 $X^A X^A : X^A X^a : X^A Y : X^a Y = 1 : 1 : 1 : 1$, 雌猫和橘色雄猫 ($_ _ X^A Y$) 随机交配后, 子代蓝眼 (bb) 的概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, F_2 橘色雄猫基因型为 $X^A Y$, 产生的配子类型及比例为 $X^A : Y = 1 : 1$, F_2 雌猫中 $X^A X^A : X^A X^a = 1 : 1$, 产生的雌配子类型及比例为 $X^A : X^a = 3 : 1$, 故子代中蓝眼玳瑁色占 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32}$, **C 正确**; 玳瑁色雄猫基因型为 $X^A X^a Y$, 需母本提供 X^a 、父本 (F_1 雄猫 $X^A Y$) 提供 $X^A Y$ 或母本提供 $X^A X^a$ 、父本提供 Y (正常配子)。父本产生 $X^A Y$ 配子应是减数第一次分裂时 X 与 Y 不分离 (同源染色体未分离), 减数第二次分裂异常仅影响姐妹染色单体分离, 不会产生 $X^A Y$ 配子, 因此不可能是父本减数第二次分裂异常所致, **D 错误**。

4. **BCD** 【解析】题图信息显示 P 为泰和鸡 (σ) 与仙居鸡 (♀), F_1 公鸡为黄皮肤 (仙居鸡), 母鸡为黑皮肤 (泰和鸡), 结合题干信息可知, 黑色素的形成由 A 基因控制, 但 B 基因会抑制黑色素的出现, F_1 性状与性别相关联, 说明至少有一对等位基因只位于 Z 染色体上, 根据 F_2 的表型比例是 $9 : 3 : 3 : 1$ 的变式, 说明鸡的肤色受两对独立遗传的基因控制, 遵循自由组合定律, 若 A 、 a 基因位于 Z 染色体上, B 、 b 基因位于常染色体上, 则亲本基因型为 $bbZ^A W$ 和 $BBZ^a Z^a$, F_1 应均为仙居鸡, 与题图不符, 说明 A 、 a 基因位于常染色体上, B 、 b 基因位于 Z 染色体, 亲本基因型为 $AAZ^b Z^b$ 、 $aaZ^B W$, F_1 的基因型为 $AaZ^B Z^b$ 、 $AaZ^b W$, **A 错误, B 正确**; F_1 泰和鸡 (雌性) 的基因型为 $AaZ^b W$, F_2 中泰和鸡只能选雄性, 基因型为 $A_Z^b Z^b$, 包含基因型 $AAZ^b Z^b$ 、 $AaZ^b Z^b$, 两者的比例为 $1 : 2$, 两种泰和鸡杂交的后代中常染色体上的基因组成为 aa 时表现为仙居鸡, 比例是 $\frac{2}{3} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{6}$, 即后代中仙居鸡占 $\frac{1}{6}$, **C 正确**; F_2 雌性仙居鸡基因型为 $AAZ^B W$ 、 $AaZ^B W$ 、 $aaZ^B W$ 、 $aaZ^b W$, 共 4 种, 其中杂合子为 $AaZ^B W$, 共 1 种, **D 正确**。

5. **BD** 【解析】 F_1 全为黑体可判断黑体为显性性状, 由 F_1 雌蝇全为刚毛、雄蝇全为截毛可判断刚毛为显性且 B/b 基因在 X 染色体上, 但体色 (A/a) 存在两种遗传情况: 一是在常染色体上, 亲本基因型为 $AA X^b X^b \times aa X^B Y$; 二是 A/a 与 B/b 均在 X 染色体上, 亲本基因型为 $X^{Ab} X^{Ab} \times X^{aB} Y$, **A 错误**。若 $sDNA$ 导入 B 基因所在染色体且不破坏任何基因, 情况 1 (A/a 基因在常染色体上): 转基因雌蝇 ($Aa X^{B-sDNA} X^b$) 与 $Aa X^b Y$ 杂交, 子代基因型为 $X^{B-sDNA} X^b$ 、 $X^{B-sDNA} Y$ 、 $X^b X^b$ 、 $X^b Y$, 由于 $sDNA$ 抑制 B 表达, X^{B-sDNA} 表现为 X^b 基因控制的性状, 则 F_2 均为截毛; 情况 2 (A/a 、 B/b 基因均在 X 染色体上): 转基因雌蝇 ($X^{Ab} X^{aB-sDNA}$) 与 $X^{Ab} Y$ 杂交, 子代基因型为 $X^{Ab} X^{Ab}$ 、 $X^{Ab} Y$ 、 $X^{aB-sDNA} X^{Ab}$ 、 $X^{aB-sDNA} Y$, 子代均为截毛。两种情况 F_2 均为截毛, **B 正确**。若 $sDNA$ 导入 A 基因所在染色体且破坏 A 基因, 情况 1 (A/a 基因在常染色体上): 转基因雌蝇基因型为 $A^{sDNA} a X^B X^b$, 其产生的配子为 $A^{sDNA} X^B$ 、 $A^{sDNA} X^b$ 、 $a X^B$ 、 $a X^b$, 与 $Aa X^b Y$ (产生配子为 $A X^b$ 、 $A Y$ 、 $a X^b$ 、 $a Y$) 杂交, 后代截毛: 刚毛 = $3 : 1$; 情况 2 (A/a 、 B/b 基因均在 X 染色体上): 转基因雌蝇基因型为 $X^{A-sDNA b} X^{aB}$, 产生配子 $X^{aB} : X^{A-sDNA b} = 1 : 1$, 与 $X^{Ab} Y$ 杂交, 子代刚毛 ($X^{aB} X^{Ab}$ 、 $X^{aB} Y$): 截毛 ($X^{A-sDNA b} X^{Ab}$ 、 $X^{A-sDNA b} Y$) = $1 : 1$ 。两种情况不全是截毛: 刚毛 = $3 : 1$, **C 错误**。 $sDNA$ 导入 b 基因所在染色体且破坏 b 基因, 情况 1 (A/a 基因在常染色体上): 转基因雌蝇基因型为 $Aa X^B X^{b-sDNA}$, 与 $Aa X^b Y$ 杂交, 子代 $X^{b-sDNA} Y$ 因无完整的 B 或



b 基因而胚胎死亡,存活个体中刚毛 : 截毛 = 2 : 1; 情况 2 (A/a 、 B/b 基因均在 X 染色体上): 转基因雌蝇为 $X^{Ab-sDNA}X^{aB}$, 与 $X^{Ab}Y$ 杂交, 子代 $X^{Ab-sDNA}Y$ 因无完整的 B 或 b 基因而胚胎死亡, 存活个体中刚毛 : 截毛 = 2 : 1。两种情况 F_2 均为刚毛 : 截毛 = 2 : 1, **D 正确**。

**1 min 速解**

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说: 遇到“插入片段既能影响表达, 又可能破坏基因”的遗传题, 最好画一个“三层小账本”: ①插到哪条染色体, ②原基因还完不完整, ③最后哪个等位基因能表达。不要一看到显隐性就直接开始计算比例。

本题的 sDNA 本身不决定刚毛性状, 却会抑制基因 B 表达; 若插入导致基因 B 或 b 不完整, 还要把胚胎致死单独筛掉。按这三层逐类检查, sDNA 插入基因 B 所在染色体但不破坏基因时, 携带基因 B 的个体也会表现为截毛, B 成立。插入并破坏基因 b 时, 先删去没有完整基因 B 或 b 的死亡类型, 再统计存活后代, 可得两种情况下刚毛 : 截毛 = 2 : 1, D 成立。复杂新情境题, 先把“位置、功能、存活”拆开, 计算会清晰很多。

- 6. BCD** 【解析】选取纯合黑羽公鹌与纯合白羽母鹌杂交, F_1 全为不完全黑羽, F_1 雌雄相互交配所得 F_2 中栗羽 : 不完全黑羽 : 黑羽 : 白羽 = 3 : 6 : 3 : 4, 其中白羽全为母鹌, 说明白羽的表现与性别相联系, 假设 B/b 基因位于 Z 染色体上, 根据题意, 则亲本纯合黑羽公鹌的基因型为 hhZ^bZ^b , 纯合白羽母鹌的基因型为 HHZ^BW , 杂交产生的 F_1 的基因型为 HhZ^BZ^b 和 HhZ^bW , 表型都为不完全黑羽, F_1 雌雄相互交配所得 F_2 中栗羽 : 不完全黑羽 : 黑羽 : 白羽 = 3 : 6 : 3 : 4, 符合题意, **A 正确**; 根据 A 选项, 基因型为 HhZ^BZ^b 和 HhZ^bW 的 F_1 相互交配所得 F_2 中栗羽个体的基因型及比例为 $HHZ^BZ^b : HHZ^bZ^b : HHZ^bW = 1 : 1 : 1$, 不完全黑羽、黑羽个体同理, 雌雄比例为 1 : 2, **B 错误**; 根据 A 选项, 基因型为 HhZ^BZ^b 和 HhZ^bW 的 F_1 相互交配所得 F_2 中的栗羽公鹌的基因型及比例为 $HHZ^BZ^b : HHZ^bZ^b = 1 : 1$, 黑羽母鹌的基因型全为 hhZ^bW , 则 F_2 中的栗羽公鹌与黑羽母鹌随机交配产生的子代的基因型及比例为 $HhZ^BZ^b : HhZ^bW : HhZ^BW : HhZ^bZ^b = 1 : 3 : 1 : 3$, 其中白羽个体的基因型为 HhZ^BW , 全为雌鹌, 占比为 $\frac{1}{8}$, **C 错误**; 根据前三个选项的分析, F_2 中的白羽个体的基因型及比例为 $HHZ^BW : HhZ^BW : hhZ^BW = 1 : 2 : 1$, 其中与亲代纯合白羽母鹌 (HHZ^BW) 基因型相同的个体占白羽个体的 $\frac{1}{4}$, **D 错误**。

突破点 11 遗传系谱图的识别与综合应用

- 1. ABC** 【解析】假设 *FAH* 基因用 A/a 表示, *TAT* 基因用 B/b 表示, 已知第 I 代均正常, 第 II 代出现患病女儿, 说明该病属于常染色体隐性遗传病, 即 aa、bb 致病。II₂ 和 II₃ 均患该隐性遗传病, 但生育正常儿子, 说明两个家庭发生缺陷的不是同一种基因。已知 II₂ 的 *TAT* 基因正常, 则 I₁ 和 I₂ 家庭携带 *FAH* 缺陷基因, 第 II 代患者基因型为 aaB₋, 所以 II₂ 的基因型为 aaBB, I₃ 和 I₄ 均携带 *TAT* 缺陷基因, 第 II 代患者基因型为 A₋bb, 又因为 II₂ 和 II₃ 的孩子 III₁ 为患者, 则 II₃ 的基因型只能是 Aabb。II₂ 和 II₃ 婚配 (aaBB × Aabb), 若 III₃ 不



是患儿,其基因型为 $AaBb$, 概率是 $\frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$, **A 错误**。Ⅲ₃ 是

患病男孩(基因型为 $aaBb$) 的概率是 $\frac{1}{2} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ (**易错: 容易漏算为男孩的概率**), **B 错误**。第 I 代的 4 个个体均有可能

将致病基因传给 $Ⅲ_3$, **C 错误**。由 $Ⅱ_2$ 和 $Ⅱ_3$ 基因型可知, $Ⅲ_3$ 无论是正常人还是患者,肯定含有两种致病基因, **D 正确**。

- 2. ABD 【解析】**由于不考虑 X、Y 染色体的同源区段, 该病可能是常染色体显性遗传病、常染色体隐性遗传病、伴 X 染色体显性遗传病、伴 X 染色体隐性遗传病, 用 A/a 表示控制该病的基因, 现逐一分析: ①如果该病是常染色体显性遗传病, 1 号基因型是 AA 或 Aa , 2 号基因型是 aa , 如果 1 号是 AA 且对应丁, 则 2 号对应乙, 3 号和 4 号基因型都是 Aa , 对应甲和丙, 与电泳图相符, 成立; 如果 1 号基因型是 Aa , 对应条带甲, 2 号是 aa , 对应条带乙, 丁的基因型是 AA , 1 号和 2 号不可能生出 AA 的个体, 所以丁在系谱图中没有对应的个体, 不成立。所以如果该病是常染色体显性遗传病, 则 1 号基因型是 AA , 2 号基因型是 aa , 3 号和 4 号基因型均为 Aa 。②如果该病是常染色体隐性遗传病, 1 号基因型是 aa , 对应乙, 2 号基因型可能是 AA 或 Aa , 如果 2 号基因型是 AA , 对应丁, 3 号和 4 号基因型均为 Aa , 对应甲和丙, 成立; 如果 2 号基因型是 Aa , 对应甲, 丁对应的基因型是 AA , 1 号和 2 号不可能生出基因型为 AA 的个体, 丁在系谱图中没有对应的个体, 不成立。所以如果该病是常染色体隐性遗传病, 则 1 号基因型是 aa , 2 号基因型是 AA , 3 号和 4 号基因型均为 Aa 。③如果该病是伴 X 染色体显性遗传病, 1 号基因型是 $X^A Y$, 对应丁, 2 号基因型是 $X^A X^a$, 对应乙, 3 号基因型是 $X^A X^a$, 对应甲, 4 号基因型是 $X^a Y$, 在电泳图中没有对应的样本, 所以该病不可能是伴 X 染色体显性遗传病。④如果该病是伴 X 染色体隐性遗传病, 1 号基因型是 $X^a Y$, 对应乙, 2 号基因型可能是 $X^A X^A$ 或 $X^A X^a$, 如果是 $X^A X^A$, 对应丁, 4 号基因型是 $X^A Y$, 也只能对应丁, 与题干不符; 如果 2 号基因型是 $X^A X^a$, 对应甲, 3 号基因型是 $X^A X^a$, 对应丙, 4 号基因型是 $X^A Y$, 对应丁, 与题干相符。所以如果该病是伴 X 染色体隐性遗传病, 则 1 号基因型是 $X^a Y$, 2 号基因型是 $X^A X^a$, 3 号基因型是 $X^A X^a$, 4 号基因型是 $X^A Y$ 。综上所述, 致病基因可能位于 X 染色体上; 若致病基因为显性, 只可能为常染色体上的显性遗传病, 3 号和 4 号个体成年后都会患病; 若致病基因为隐性, 2 号可能携带致病基因(伴 X 染色体隐性遗传病); 若致病基因位于常染色体上, 则 3 号和 4 号的基因型相同, **A、B、D 正确, C 错误**。

- 3. ACD 【解析】**分析题图中甲家庭, 1 号和 2 号个体均有 2 个条带, 患病的 4 号个体只有 1 个 A_1 突变条带, 再分析题图中乙家庭, 5 号和 6 号个体表型正常, 其女儿(7 号)患病, 说明该病是常染色体隐性遗传病, **A 正确**; 由题图中甲家庭可知, 4 号个体患病, 且仅能被探针 1 检测, 设其基因型是 $a_1 a_1$, 由题图中乙家庭可知, 7 号个体患病, 但探针 1 所在位置没有条带, 说明其不是 A_1 位点突变所致, 应是 A_1 之外的其他位点突变, 即甲、乙两个家庭致病基因的突变位点不同, **B 错误**; 3 号个体表现正常又有探针 1 条带, 故其基因型为 Aa_1 , 即一定为杂合子, **C 正确**; 假设乙家庭是 A_2 位点突变, 则 7 号个体基因型为 $a_2 a_2$, 则 5 号和 6 号基因型都是 Aa_2 , 8 号正常, 且探针 2 检测的是正常基因或致病基因 a_2 , 故 8 号基因型及概率为 $\frac{1}{3} AA$ 、 $\frac{2}{3} Aa_2$, 结合上述分析可知甲中 3 号个体



基因型是 Aa_1 , 3 号和 8 号婚配, 子代基因型为 AA 、 Aa_1 、 Aa_2 、 a_1a_2 的概率分别为 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{6}$ 、 $\frac{1}{6}$, 其中具有两个检测条带 (Aa_1 、 a_1a_2) 孩子的概率为 $\frac{1}{2}$, **D 正确**。

- 4. ACD** 【解析】I-1 和 I-2 均不患乙病, 生出患乙病的女儿, 推知乙病为常染色体隐性遗传病, 已知在甲、乙两种单基因遗传病中一种为伴 X 染色体遗传, 则甲病为伴 X 染色体遗传病, 又因为 I-1 和 I-2 均不患甲病, 生出患甲病的儿子, 故甲病为伴 X 染色体隐性遗传病, **A 正确**。假设甲病相关基因用 A/a 表示, 乙病相关基因用 B/b 表示, III-1 为正常男性, 甲病相关基因型为 X^AY , 其 X^A 只能来自母亲 II-2, Y 来自父亲 II-1, II-2 的父亲 I-1 基因型为 X^AY , 母亲 I-2 基因型为 X^AX^a (因 II-3 为患甲病男性 X^aY , X^a 只能来自母亲 I-2), II-2 的两条 X 染色体: 一条来自 I-1 (固定为 X^A), 一条来自 I-2 (X^A 或 X^a , 概率各 $\frac{1}{2}$), 因此 III₁ 的甲病正常基因来自 I-1 的概率不为 $\frac{1}{2}$, **B 错误**。乙病为常染色体隐性遗传病, II-2 为乙病患者 (基因型 bb), 因此 I-1 和 I-2 的乙病相关基因型均为 Bb , II-3 不患乙病, 基因型为 BB ($\frac{1}{3}$) 或 Bb ($\frac{2}{3}$), 因此携带乙病致病基因的概率为 $\frac{2}{3}$, II-3 为甲病患者, 且有概率携带乙病致病基因, 属于遗传病高风险人群, 生育前建议夫妻双方接受遗传咨询, **C 正确**。乙病概率计算: II-2 为乙病患者 (bb), 因此 III-1 (表型正常) 的乙病相关基因型为 Bb , 婚配女性为乙病携带者 (Bb), 后代不患乙病的概率为 $\frac{3}{4}$ 。甲病概率计算: 由题干可知, 甲病致病基因 X^a 频率为 1%, 正常基因 X^A 频率为 99%, 正常女性中, 携带者 X^AX^a 的概率为 $\frac{1\% \times 99\% \times 2}{99\% \times 99\% + 1\% \times 99\% \times 2} = \frac{2}{101}$, III-1 甲病相关基因型为 X^AY , 仅当女性为携带者时, 才会生育患甲病的孩子 (X^aY), 概率为 $\frac{2}{101} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{202}$ 。综上所述, 只患甲病的概率为患甲病概率 $\times$ 不患乙病概率 $= \frac{1}{202} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{808}$, **D 正确**。

**1 min 速解**

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说: 两种遗传病叠在一张系谱图里时, 不要同时推。先把其中一种病完全遮住, 分别判断遗传方式和关键个体基因型, 最后再用独立事件相乘。若题目给了群体基因频率, 也只在涉及相应疾病的那一步使用。

这题可以先由系谱图结合题干确定甲病与乙病各自的遗传方式, 再锁定 III-1、II-3 等关键个体。之后再处理“基因来自谁”“携带概率”“只患一种病”三个问题: 来源题沿染色体传递路线追, 携带题用系谱图关系算概率, 婚配题分别求出概率再相乘, 这样能避开最常见的误区——把两种病的概率从第一步就混在一起计算。

- 5. BC** 【解析】由甲家系中正常双亲生育患病女儿, 可推知甲家系中该病为隐性遗传病, 且排除伴 X 染色体遗传 (常考: 无中生有为隐性, 隐性遗传看女病, 女病父不病, 是常非伴

性),若致病基因位于 X、Y 染色体同源区段,女儿 II_1 患病,可推出 I_1 的 Y 染色体携带正常基因,则其后代男性应该均正常,但 II_2 患病,故甲家系致病基因不可能位于 X、Y 染色体同源区段,只能位于常染色体上,**A 错误**。乙家系中 II_1 不携带致病基因,却与患病女性 II_2 生育了患病儿子 III_2 和正常儿子,可排除隐性遗传和显性致病基因位于 Y 染色体上;若显性致病基因位于 X 染色体上,则 I_1 (患病男性)与 I_2 (正常女性)的女儿应全部患病,但 II_4 为正常女性,与事实矛盾,故乙家系该病的遗传方式为常染色体显性遗传,**B 正确**。设甲家系致病基因用 A 和 a 表示,乙家系用 B 和 b 表示,每个家系中仅含一种致病基因。所以甲家系 III_2 个体基因型及概率为 $\frac{1}{3}AAbb$ 和 $\frac{2}{3}Aabb$,乙家系 III_2 个体基因型为 $AABb$,所以二者生育一个正常男孩 (A_bb) 的概率为 $1 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$,**C 正确**。遗传咨询应在孕前进行,怀孕后进行遗传咨询无法完全避免患儿出生,且“避免患儿出生”表述绝对,还需结合产前诊断等手段,**D 错误**。

6. **BD** 【解析】甲病是由位于 X 染色体上的一对等位基因控制的遗传病,致病基因和正常基因是等位基因关系,是由基因突变导致的,而不是由 X 染色体失活引起染色体变异导致的,X 染色体失活仅使基因无法表达,不改变基因结构,**A 错误**;结合题图 2 可知,正常基因有一个酶切位点,酶切后可形成长度为 320 kbp 和 128 kbp 的两种 DNA 片段,而基因突变增加了一个酶切位点,酶切后可形成长度为 227 kbp、93 kbp 和 128 kbp 的三种 DNA 片段,这说明突变基因新增的酶切位点位于长度为 320 (227+93) kbp 的 DNA 片段中,**B 正确**;若 $II-4$ 为男性,根据系谱图中 $I-1$ 和 $I-2$ 正常, $II-1$ 、 $II-3$ 患病,再结合题图 2 可知, $II-4$ 男性个体 X 染色体上有致病基因,但无法判断致病基因的显隐性,**C 错误**;根据题意以及题图 1、2, $I-1$ 为杂合子, $I-2$ 男性个体表型正常且只有一条 X 染色体,二者的女儿 $II-2$ 为杂合子或纯合子,概率各为 $\frac{1}{2}$,据题图 2 可知 $II-1$ 为杂合子,因而 $II-1$ 和 $II-2$ 的条带相同的概率为 $\frac{1}{2}$,**D 正确**。

7. **BCD** 【解析】 $II-1$ 和 $II-2$ 均表现正常,而 $III-1$ 患甲病,可知甲病为隐性遗传病, $II-4$ 不携带乙病致病基因, $III-3$ 和 $III-4$ 均患乙病,可推断乙病为显性遗传病,而红绿色盲为伴 X 染色体隐性遗传病,故甲病是红绿色盲 (相关致病基因记作 b),因控制两病的基因独立遗传,故乙病是常染色体显性遗传病 (相关致病基因记作 A),**A 错误**;由上述分析可知, $II-3$ (基因型为 $AaX^B X^b$) 和 $II-4$ (基因型为 $aaX^B Y$) 再生一个正常小孩 ($aaX^B _$) 的概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$,**B 正确**; $III-4$ 的基因型及概率为 $\frac{1}{2}AaX^B X^b$ 、 $\frac{1}{2}AaX^B X^B$,因 $II-3$ 的基因型为 $AaX^B X^b$, II_2 基因型为 $aaX^B Y$,可确定 $I-1$ 的基因型为 $AaX^B X^b$,故 $III-4$ 与 $I-1$ 的基因型相同的概率为 $\frac{1}{2}$,**C 正确**; $III-1$ 的性染色体组成为 XXY 且患红绿色盲,则其基因型为 $X^b X^b Y$,父母都不患红绿色盲,故致病基因 X^b 来源于母亲,因此可能是因为母亲减数第二次分裂后期两条 X^b 染色体移向了细胞同一极,产生了基因型为 $X^b X^b$ 的卵细胞,**D 正确**。



要点归纳

配子中存在等位基因,可能是因为减数第一次分裂,同源染色体未分离,或者减数第一次分裂时发生互换且减数第二次分裂时姐妹染色单体未分离;配子中存在相同基因,纯合子可能是减数第一次分裂异常也可能是减数第二次分裂异常,杂合子则是减数第二次分裂异常。

8. ABD

题目解读

色觉基因位于 X 染色体上,显隐性关系为正常色觉基因 $B > \text{色弱基因 } B^- > \text{色盲基因 } b$,基因 B 、 B^- 、 b 所含碱基数相同,则说明是碱基对的替换导致的基因突变,限制酶切割后形成不同长度的 DNA 片段,对应电泳图中不同条带。 II_2 为色弱男性 ($X^{B^-}Y$),对应题图 2 显示的电泳条带②③,表示色弱基因 X^{B^-} 电泳产生②③, II_4 为色盲男性 (X^bY),则色盲基因 X^b 电泳产生②④⑤,由此可推知 II_1 、 II_3 的基因型分别为 $X^B X^{B^-}$ 、 $X^B X^b$,同时可得出,①由正常色觉基因 B 电泳产生。

【解析】正常色觉基因 B 电泳产生①对应一个 DNA 片段,色弱基因 X^{B^-} 电泳产生②③对应两个 DNA 片段,色盲基因 X^b 电泳产生②④⑤对应 3 个 DNA 片段,故基因 B 、基因 B^- 和基因 b 存在限制酶的酶切位点数分别是 0、1、2, **A 正确**;基因 B^- 和基因 b 对色觉性状的控制可以通过转录、转录后加工、翻译等多个过程实现,所以基因 B^- 和基因 b 转录得到的 mRNA 部分碱基序列可能相同, **B 正确**; II_3 (基因型为 $X^B X^b$) 与色弱男性 ($X^{B^-}Y$) 结婚,生育一个女孩 ($X^B X^{B^-}$ 、 $X^{B^-} X^b$),出现色弱的概率为 $\frac{1}{2}$, **C 错误**;在不考虑其他变异的情况下,人类关于色觉的基因型有 9 种,男性 3 种 ($X^B Y$ 、 $X^{B^-} Y$ 、 $X^b Y$),女性 6 种 ($X^B X^B$ 、 $X^{B^-} X^{B^-}$ 、 $X^b X^b$ 、 $X^B X^{B^-}$ 、 $X^B X^b$ 、 $X^{B^-} X^b$),婚配方式有 $3 \times 6 = 18$ (种), **D 正确**。



30 s 速解

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:伴 X 染色体的复等位基因再叠加电泳图时,可以把题目拆成两套语言:电泳条带负责识别等位基因,系谱图负责判断谁把哪条 X 染色体传给谁。最后需要数婚配方式时,先分别数女性和男性基因型,注意该题涉及 3 个等位基因,千万不要直接套 2 个等位基因的结论。

9. ABD

题目解读

I_1 和 I_2 不患甲病,生育的女儿 II_3 患甲病,可推断甲病的遗传方式为常染色体隐性遗传。基因 1、2 与甲病有关, I_2 同时含有基因 1、2,为杂合子且表型正常, II_3 只含有基因 1 且患病,故基因 1 对应甲病致病基因 a ,基因 2 对应甲病正常基因 A 。 II_4 和 II_5 患乙病,生育的孩子 III_4 不患乙病,可推断乙病是显性遗传病,又因为男性患者 II_4 只含有与乙病有关的基因 3,即 II_4 与乙病相关的基因型是纯合的,因此控制乙病的基因 B/b 位于 X 染色体上,即乙病的遗传方式为伴 X 染色体显性遗传, **A 错误**,基因 3 为乙病致病基因 B ,基因 4 对应乙病正常基因 b 。

【解析】结合题目解读和题表可知, III_3 的基因型为 $AAX^B X^B$,

与正常男性(A_X^bY)结婚,后代均不患甲病,但均患乙病,**B 错误**;Ⅲ₂是正常女性,其基因型为 $A_X^bX^b$,一定含有基因A和基因b,因此对Ⅲ₂的基因进行检测,其一定能被检测到题表中的基因2、4,**C 正确**;题图中同时含有基因1、3两种致病基因的个体有I₂、Ⅱ₄、Ⅱ₅,**D 错误**。

突破点 12 生物的变异类型与结果判断

1. **CD** 【解析】有丝分裂后期和减数分裂Ⅱ后期着丝粒分裂,姐妹染色单体分离,该过程需要分离酶发挥作用,而P蛋白是分离酶的抑制剂,因此P蛋白应在有丝分裂后期和减数分裂Ⅱ后期之前被降解,**A 正确**;P蛋白突变体可能无法抑制分离酶发挥作用,即无法抑制姐妹染色单体分开,因此P蛋白突变体的姐妹染色单体间的黏连蛋白可能提前降解,**B 正确**;染色体片段交换实现基因重组发生在减数分裂Ⅰ前期同源染色体的非姐妹染色单体之间,**C 错误**;着丝粒分裂与纺锤丝的牵引无关,**D 错误**。

2. BCD

题目解读

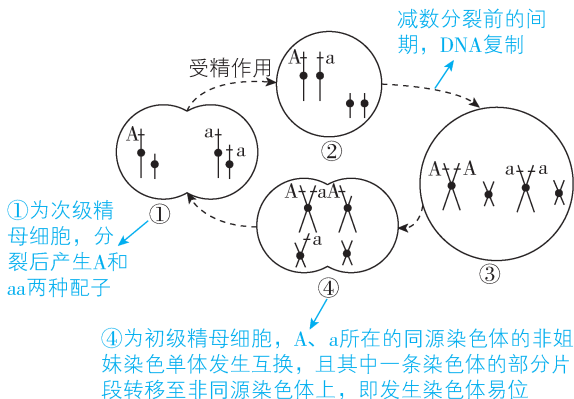
题图给了HBB基因的部分序列及对应部分氨基酸序列,异常途径Ⅰ中终止密码子提前出现,异常途径Ⅱ中启动子区域发生胞嘧啶的甲基化修饰。根据异常途径Ⅰ出现了终止密码子5'-UGA-3',其对应的基因序列为5'-TGA-3',而非互补序列3'-ACT-5',说明题图为DNA的非模板链,即mRNA对应序列为5'-CUGACUCCUGAG-3'。

【解析】根据碱基互补配对原则,与49位脯氨酸(Pro)的密码子5'-CCU-3'互补配对的tRNA上的反密码子为5'-AGG-3',**A 正确**;异常途径Ⅰ中,HBB碱基序列中第49位氨基酸对应的非模板链中碱基CC缺失,这种基因突变的类型属于碱基对的缺失,**B 错误**;异常途径Ⅱ是DNA甲基化,属于表观遗传,表观遗传指的是基因的碱基序列不变,基因表达和表型发生可遗传改变的现象,故异常途径Ⅱ中,HBB基因的碱基序列不变,即其储存的遗传信息未改变,**C 错误**;β-珠蛋白基因(HBB基因)与β-地中海贫血有关,在红细胞中处于活动状态,胰岛细胞中有该基因但不表达(基因的选择性表达),**D 错误**。

3. ABC

题目解读

题图中细胞①分裂结束后参与受精作用,所以题图①所示细胞分裂方式为减数分裂,细胞①④的细胞质均等分裂,所以可推知该动物为雄性。



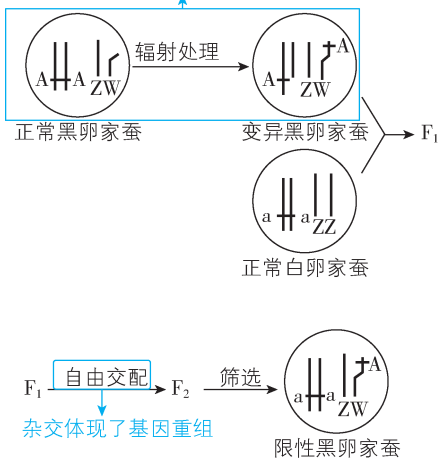
【解析】题图中初级精母细胞④发生了染色体易位和互换,次级精母细胞①分裂后可产生两种精子,**A 正确**;细胞①处于减数分裂Ⅱ后期,和细胞②(受精卵)的染色体组数相同,都

含有 2 个染色体组,由于发生了染色体易位,所以细胞①中非同源染色体上含有等位基因,**B 正确**;细胞③到细胞④的分裂过程中,发生了互换(基因重组)和染色体易位(染色体变异),含有 a 基因的染色体片段移接到非同源染色体上,**C 正确**;细胞④处于减数分裂 I 后期,由于发生了互换和染色体易位,所以不是所有的等位基因都随同源染色体的分离而分开,**D 错误**。

4. ABD

题目解读

可遗传变异中的染色体结构变异——易位



【解析】由题目解读可知,题述培育限性黑卵家蚕过程中发生的可遗传变异有染色体变异和基因重组,**A 错误**;变异黑卵家蚕与正常白卵家蚕杂交, F_1 的基因型为 $AaZW^A$ 、 $AaZZ$ 、 $OaZZ$ 、 $OaZW^A$ (O 代表缺失相应基因的染色体), F_1 相互杂交,可利用分离定律解决,只考虑 A、a 基因,雌性产生的配子类型及概率为 $\frac{1}{4}A$ 、 $\frac{1}{2}a$ 、 $\frac{1}{4}O$,雄性产生的配子类型及概率

与雌性相同,子代中基因型为 OO 的概率为 $\frac{1}{16}$,基因型为 aa 的概率为 $\frac{1}{4}$,已知若受精卵中无基因 A 或 a 会导致胚胎致死,因此 OO 与 ZZ 的组合会致死,所以致死个体占 $\frac{1}{16} \times \frac{1}{2} =$

$\frac{1}{32}$, F_2 中限性黑卵雌蚕 ($aaZW^A$) 所占比例为 $\frac{\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}}{1 - \frac{1}{32}} = \frac{4}{31}$,**B 错误**;

将题图中限性黑卵家蚕 ($aaZW^A$) 与正常白卵家蚕 ($aaZZ$) 杂交,子代基因型为 $aaZZ$ 和 $aaZW^A$,表型为黑卵的家蚕只有雌蚕,表型为白卵的家蚕只有雄蚕,因此在子代中可通过卵的颜色筛选出雄蚕[拓展:欲通过外在表型(控制性状的基因在性染色体上)区分雌雄,可选同型隐(ZZ/XX ,隐性性状)、异型显(ZW/XY ,显性性状)进行杂交],**C 正确**;若对家蚕进行基因组测序,应检测 27+Z+W 即 29 条染色体上的 DNA 碱基序列(易错:对某生物基因组进行测序,需要对每对常染色体中的一条+2 条性染色体上 DNA 的碱基序列进行检测),**D 错误**。

5. ABD

【解析】蓝粒小麦染色体组成为 $40W+2E$,产生的配子为 $20W+1E$ (共 21 条染色体);普通小麦染色体组成为 $42W$,产生的配子为 $21W$ (共 21 条染色体)。二者杂交后, F_1 染色体组成为 $41W+1E$,减数分裂前期同源染色体联会形成

四分体, F_1 中只有 20 对 W 染色体可以联会配对, 剩余 1 条 W 和 1 条 E 无同源染色体, 无法联会, 因此 F_1 在减数分裂 I 前期会出现 20 个四分体, **A 正确**。 F_1 中 2 条未配对的染色体 (1 条 W、1 条 E) 减数分裂时随机分配, 若两条都不进入同一配子, 则配子染色体数为 20; 若只有其中 1 条进入一个配子, 则配子染色体数为 21; 若两条都进入同一配子, 则配子染色体数为 22。因此配子染色体数目可能为 20、21、22 条, **B 正确**。蓝粒单体小麦的染色体组成为 $40W+1E$, F_1 ($41W+1E$) 产生的 4 种配子类型及比例为 $20W+0E : 21W+0E : 20W+1E : 21W+1E = 1 : 1 : 1 : 1$, 得到 $40W+1E$ 需要 $20W+1E$ 和 $20W+0E$ 结合, 概率为 $2 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$, **C 错误**。蓝粒单体小麦 ($40W+1E$, 浅蓝色) 产生的配子及概率为 $\frac{1}{2}$ ($20W+1E$)、 $\frac{1}{2}$ $20W$, 自交后代种子的染色体组成 (颜色) 及比例为 $40W+2E$ (深蓝色) : $40W+1E$ (浅蓝色) : $40W$ (白色) = 1 : 2 : 1, 缺体表现为白色, 因此无需镜检, 仅凭种子颜色即可鉴定出缺体, **D 正确**。

6. **ABC** 【解析】*Xist* 基因编码 *Xist* RNA, 该 RNA 通过包裹在 X 染色体上引起 X 染色体失活, 据此推测 *Xist* RNA 包裹在 X 染色体上, 可能引起了 X 染色体上的 DNA 甲基化或组蛋白甲基化修饰, 使得相关基因不能表达, 从而引起 X 染色体的失活, **A 正确**。有活性的另一条 X 染色体表面结合了阻遏因子, 从而逃避了失活, 可能是阻遏因子的结合阻止了 *Xist* RNA 包裹在 X 染色体上, **B 正确**。女性 $X^B X^b$ 个体能产生数目相等的 X^B 、 X^b 两种配子, 据此推测, 雌性个体在产生生殖细胞的过程中, 失活的 X 染色体恢复活性, 和另一条未失活的 X 染色体正常配对, 并被随机分配到卵子中, **C 正确**。XO 型 Turner 综合征患者仅含 1 条 X 染色体, 表现出异常症状; 正常女性本就只有 1 条 X 染色体发挥作用, 若失活 X 染色体的所有基因都不起作用, XO 的表型应和正常女性一致, 与事实矛盾, 说明失活 X 染色体上仍有部分基因发挥作用, **D 错误**。

7. **BD** 【解析】油菜和萝卜之间可以杂交产生 F_1 , F_1 中含有 A、C、R 三个不同的染色体组, 无成对的同源染色体, 减数分裂时联会紊乱, 不可育, **A 错误**。异源多倍体的染色体组为 AACCR, 含有 56 条染色体, 可以形成染色体组为 ACR 的配子, 含有 28 条染色体; 油菜的染色体组为 AACC, 含有 38 条染色体, 可以形成染色体组为 AC 的配子, 含有 19 条染色体。两种配子结合后, 可以形成染色体组为 AACCR 的 BC_1 , 含有 47 条染色体。由萝卜 $RR=18$, 得 R 代表的染色体组含有 9 条染色体, A 和 C 代表的染色体组中染色体数之和为 19, 染色体组为 AACCR 的 BC_1 在形成配子时, R 中的染色体随机分配到配子中, 故 BC_1 形成的配子中含有的染色体数目最少为 19 条, 最多为 28 条; BC_1 与油菜杂交得到的 BC_2 植株中的染色体数目为 38~47, **B 正确**。油菜在产生配子时, A 和 A 染色体组中的染色体相互配对并分离, C 和 C 染色体组中的染色体相互配对并分离, 因此只可以产生 AC 一种配子, **C 错误**。选择染色体数为 39 且抗线虫病的 BC_2 植株自交 (染色体组成为 AACCR, R 代表含抗线虫病基因的染色体), 正常情况下后代染色体组成及比例为 AACCR : AACCR : AACCR = 1 : 2 : 1, 故子代表型及比例为抗线虫病 : 不抗线虫病 = 3 : 1, **D 正确**。



1 min 速解

上海交通大学 李孟泽

(1) 高等植物育性判断核心是减数分裂能不能联会,育性和染色体数目奇偶没有直接关联。远缘物种杂交产生的后代,通常只有染色体加倍,形成异源多倍体后,染色体才能顺利联会,恢复育性。A 项, F_1 植株体细胞无同源染色体,减数分裂时染色体配对紊乱,不可育。

(2) 回交后代染色体数目判断技巧: BC_1 配子染色体数(范围)+亲本配子染色体数,直接锁定子代染色体数区间。B 项, BC_1 里面来自萝卜的 9 条染色体,分裂时随机分配到配子中,配子染色体数最少为 19,最多为 28,和亲本油菜的含 19 条染色体的配子结合,子代染色体数就落在 38~47 这个区间。

8. AB

题目解读

正常果蝇体色基因 B/b 位于常染色体上,X 射线照射后携带有体色基因的片段转移至性染色体(非同源染色体)上,即发生了染色体结构变异中的易位。

【解析】和甲相比,乙和丙在性染色体上均出现了控制体色的基因,导致果蝇体色的遗传表现出伴性遗传特点,A 正确。乙和丙出现的变异均为染色体结构变异中的易位,两种变异导致相应的 X、Y 染色体长度不同,可以通过光学显微镜观察进行区分,B 正确。若缺失体色相关基因的染色体用 O 表示,则变异雄蝇乙基因型为 $bOXY^B$,其与正常灰体雌蝇($bbXX$) 交配,子代雌性均为灰体,雄性均为黑体;变异雄蝇丙(bOX^BY) 和正常灰体雌蝇($bbXX$) 交配,子代雌性均为黑体,雄性均为灰体,因此可以根据体色区分变异类型,C 错误。正常黑体雌蝇的基因型为 $BBXX$ 或 $BbXX$,若基因型为 $BBXX$,则和乙或丙交配产生的子代均为黑体,灰体占比为 0;若基因型为 $BbXX$,其产生的配子类型及概率为 $\frac{1}{2}BX$ 、 $\frac{1}{2}bX$,其和乙或丙交配,产生的子代中灰体均占 $\frac{1}{4}$,D 错误。



30 s 速解

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:染色体结构变异题最容易被复杂图形带跑。我的做法是只关注两件事:控制性状的基因最后落在哪条染色体上,以及某种配子到底是否缺失该基因所在的染色体片段。先把位置翻译成遗传方式,再看子代表型。

本题 X 射线照射后,控制体色的基因转移到性染色体上,后代自然会表现出伴性遗传特征;乙、丙的染色体长度和结构不完全相同,能用光学显微镜区分,因此 A、B 项正确。

9. BD

题目解读

Ⅱ 号染色体三体,减数分裂产生含 1 条Ⅱ 号染色体的正常配子和含两条Ⅱ 号染色体的异常配子,异常雌配子可育,而异常雄配子不育,故雌雄同株、无性染色体的植株正反交结果不同。

【解析】实验一 F_1 中有毛黄肉:有毛白肉:无毛黄肉:无毛白肉=24:8:3:1=(8:1)(3:1),而实验二 F_1 中有毛黄肉:有毛白肉:无毛黄肉:无毛白肉=15:5:3:1=(5:

1) (3 : 1), 说明 B/b 与 R/r 的遗传遵循自由组合定律, 且 F_1 中有毛和无毛的比例不为 3 : 1, 说明该比例的出现受到了三体的影响, 因而可判断基因 R/r 位于 II 号染色体上, **A 正确**。只考虑果肉颜色, 两组实验都是黄肉亲本杂交, 得到的子代表型及比例为黄肉 : 白肉 = 3 : 1, 说明黄肉是显性, 且不存在三体现象, 亲代基因型都是 Bb。而只考虑果皮的有毛和无毛性状, 基因型不同的两种有毛三体 RRr (♀)、 Rrr (♂) 进行杂交, 其中异常雄配子不育, 利用棋盘法分析如下:

雄配子	雌配子			
	2R	2Rr	1RR	1r
1R	2RR (有毛)	2RRr (有毛)	1RRR (有毛)	1Rr (有毛)
1rr (不育)	—	—	—	—
2Rr (不育)	—	—	—	—
2r	4Rr (有毛)	4Rrr (有毛)	2RRr (有毛)	2rr (无毛)

有毛 : 无毛 = 16 : 2 = 8 : 1, 与实验一结果相同; 同理 RRr (♂) 与 Rrr (♀) 进行杂交, 子代有毛 : 无毛 = 5 : 1, 与实验二结果相同。说明实验一中乙♂基因型为 Rrr , 甲♀基因型为 RRr , 实验一 F_1 中无毛白肉个体的基因型为 rbb , 其作为父本, 与 F_1 其余个体杂交不可确定各个体基因型, 如基因型为 RRR 和 RR 的有毛个体就无法通过该杂交方式区分, 因为后代均表现为有毛, **B 错误**。实验二中, 甲基因型为 RRr , 乙基因型为 Rrr , 甲 (RRr) 减数分裂产生的雄配子基因型及比例为 $Rr : R : RR : r = 2 : 2 : 1 : 1$, 其中可育的雄配子的基因型及比例为 $R : r = 2 : 1$, 乙 (Rrr) 减数分裂产生的雌配子基因型及比例为 $Rr : rr : R : r = 2 : 1 : 1 : 2$, 求实验二的 F_1 有毛黄肉个体中三体植株所占的比例实际可以直接求有毛个体中三体植株所占的比例, 根据雌雄配子自由结合可得到, 有毛植株的占比为 $1 - \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$, 有毛三体 (RRr 、 Rrr) 所占的比例为 $\frac{2}{3} \times \frac{2}{6} + \frac{2}{3} \times \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \times \frac{2}{6} = \frac{4}{9}$, 则实验二的 F_1 有毛黄肉个体中三体植株所占的比例为 $\frac{4}{9} \div \frac{5}{6} = \frac{8}{15}$, **C 正确**。结合 C 项可知, 实验二 F_1 中有毛三体的基因型为 RRr 、 Rrr , 且二者的比例为 1 : 1, 前者产生的配子基因型及比例为 $Rr : R : RR : r = 2 : 2 : 1 : 1$, 后者产生的配子基因型及比例为 $Rr : rr : R : r = 2 : 1 : 1 : 2$, 综合分析, 该群体中, 雌配子基因型及比例为 $R : rr : Rr : r : RR = 3 : 1 : 4 : 3 : 1$, 三体无毛个体 (rrr) 产生的可育雄配子只有 r 一种类型, 因此后代中无毛个体占 $\frac{4}{12} \times 1 = \frac{1}{3}$, **D 错误**。

突破点 13 兴奋的传递或传导的影响分析

1. BCD

题目解读

血浆 K^+ 浓度升高 → 刺激胰岛素分泌 → 胰岛素与下丘脑特定神经元上的胰岛素受体结合 → 该神经元的某种激酶、 K^+ 通道相继被激活 → 通过 A 神经作用于肝脏 → 肝脏中葡萄糖的生成减少 → 血糖水平降低。

【解析】 反射必须依赖完整的反射弧才能完成, 该过程中血浆



K^+ 升高直接刺激胰岛分泌胰岛素,并非通过完整反射弧完成调节,因此不属于反射,更不是非条件反射,**A 错误**;神经元 K^+ 通道激活后, K^+ 外流增加,神经元细胞膜静息电位绝对值增大,更难达到产生动作电位所需的阈电位,因此会降低神经元的兴奋性,**B 正确**;中枢神经系统包含脑和脊髓,与脑相连的脑神经和与脊髓相连的脊神经都属于外周神经系统,外周神经系统含有传入神经和传出神经,“最终通过 A 神经作用于肝脏”说明 A 神经属于外周神经系统,**C 正确**;A 神经的作用是使肝脏中葡萄糖生成减少以降低血糖,若 A 神经受损,该调节通路中断,会导致血糖不能及时降低,持续高血糖会刺激胰岛素过量分泌,则可能引发高胰岛素血症,**D 正确**。

**30 s 速解**

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:神经—体液调节题可以把信号通路分成“感受变化、激素作用、神经输出、效应器反应”四段。某一步看起来像反射,不代表它已经构成反射;判断兴奋性则只需看膜内外电位差是更接近阈值还是更远离阈值。

血浆 K^+ 升高先刺激胰岛素分泌,再经下丘脑神经元和 A 神经影响肝脏,这条调节链并不等同于反射,A 不成立; K^+ 通道开放使 K^+ 外流增加,膜内电位更负,神经元更难兴奋,B 成立;从中枢发出并支配肝脏的 A 神经属于外周神经系统,C 成立;若 A 神经受损,肝脏中葡萄糖生成难以减少,血糖升高又会持续刺激胰岛素分泌,因此 D 也合理。

2. **ABD** 【解析】KCC 转运 K^+ 是顺浓度梯度进行的,属于协助扩散; Cl^- 逆浓度梯度运输的动力来自膜两侧 K^+ 的浓度梯度,属于主动运输,无需 ATP 直接供能,**A 错误**。KCC 含有 1 个 K^+ 和 2 个 Cl^- 的结合位点,是载体蛋白,不是通道蛋白,**B 错误**。KCC 异常会导致 Cl^- 运出细胞受阻,细胞内 Cl^- 浓度升高,则抑制性神经递质作用时, Cl^- 内流减少,对神经元的抑制作用减弱,神经元更易产生动作电位,出现持续兴奋,引发癫痫,**C 正确**。 Cl^- 的跨膜运输由 K^+ 浓度梯度驱动,因此改变细胞内外 K^+ 浓度差会影响 Cl^- 的运输,**D 错误**。

**30 s 速解**

上海交通大学 李孟泽

看到“需要 ATP 直接供能”优先警惕。

(1)协同转运不直接“啃”ATP,它用的是另一种离子的电化学势能。

(2)协同转运底层逻辑:一种离子顺浓度梯度运输,带动另一种离子逆浓度梯度运输,改变顺浓度梯度运输的离子在膜内外的浓度差,一定会影响逆浓度梯度转运离子的运输。

3. **ACD** 【解析】GABA 与 GABAR 结合后,会使 Cl^- 内流,导致突触后神经元超极化,难以产生动作电位,因此 GABA 能抑制突触后神经元产生动作电位,**A 正确**;桦木醇能破坏细胞膜上的 GABAR,使 GABA 无法结合, Cl^- 内流减少,对肌细胞的抑制作用减弱,肌细胞更容易产生兴奋,同时桦木醇能抑制 GABAR 基因的转录,使膜上 GABAR 数量减少,GABA 对肌细胞的抑制作用也会减弱,因此桦木醇会促进桃蚜的肌细胞产生兴奋,**B 错误**;题图中显示桦木醇抑制 GABAR 基因的转录,导致 GABAR 合成减少,膜上 GABAR 数量减少,**C 正确**;桦木醇能影响 GABAR 功能,并且能影响 GABAR 基因

表达,减少细胞膜上 GABAR 数量,使 GABA 的抑制作用减弱,肌细胞可能持续兴奋,从而引起桃蚜肌肉痉挛,**D 正确**。

4. **AC** 【解析】只要刺激强度达到阈值,就会产生动作电位,且峰值不会随刺激强度增加而升高,**A 错误**。静息电位为外正内负,存在较大的膜电位绝对值;细胞接受适宜电刺激产生动作电位时,膜电位由外正内负变为外负内正,膜电位绝对值先减小后增大,**B 正确**。刺激强度不变,降低培养液中 K^+ 浓度, K^+ 外流增多,静息电位绝对值增大,膜电位更难达到阈电位,更难产生动作电位,进而使 Ca^{2+} 内流减少,会抑制细胞迁移,**C 错误**。肿瘤细胞静息电位和动作电位产生机制与神经元类似,因此肿瘤细胞动作电位由 Na^+ 内流形成, Ca^{2+} 内流只是动作电位产生后的下游效应,因此去除培养液中的 Ca^{2+} ,适当刺激下肿瘤细胞仍可依靠 Na^+ 内流产生动作电位,**D 正确**。

5. **BD**

题目解读

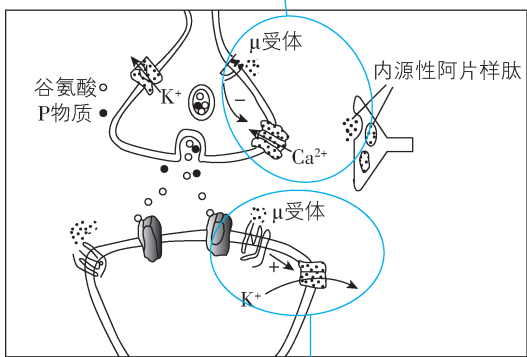
鲜味剂与膜上受体 T1R1/T1R3 结合→通过 G 蛋白激活 PLC- $\beta 2$ →产生 IP_3 →细胞 Ca^{2+} 库释放出 Ca^{2+} → Na^+ 内流→细胞释放出 ATP→激活传入神经纤维上的嘌呤受体,使传入神经兴奋。

【解析】题图中的 ATP 作为神经递质只能由突触前膜(味蕾细胞)释放,作用于突触后膜(传入神经),所以传入神经的神经冲动不能传递给味蕾细胞,**A 正确**;题图中 Na^+ 内流是通过通道蛋白进行的协助扩散,不会使膜内 Na^+ 浓度高于膜外,**B 错误**;味蕾细胞感受鲜味剂等化学物质的刺激,通过一系列信号转导,产生动作电位,动作电位的产生又使其释放出神经递质 ATP,所以味蕾细胞可以实现化学信号→电信号→化学信号的转变,**C 正确**;味觉属于感觉,是在大脑皮层产生的,**D 错误**。

6. **BD**

题目解读

内源性阿片样肽作用于突触前膜时,抑制 Ca^{2+} 内流,减少神经递质释放,抑制突触后神经元兴奋



内源性阿片样肽作用于突触后膜时,促进 K^+ 外流,突触后膜静息电位绝对值增大,抑制突触后神经元兴奋

【解析】谷氨酸、P 物质分别是快痛和慢痛的传导介质,传导躯体疼痛信号,属于兴奋性神经递质,由题目解读可知内源性阿片样肽是抑制性神经递质,**A 错误**;内源性阿片样肽可以与 μ 受体结合,抑制突触后神经元的兴奋,故内源性阿片样肽对疼痛信号在突触中的传递可起到调控作用,**B 正确**;吗啡是一种阿片类物质,可模拟内源性阿片样肽起镇痛作用,但由题目解读可知,其在突触前膜和突触后



膜起到镇痛作用的机理不同, **C 错误**; 人体边缘系统和蓝斑也存在 μ 受体, 主要负责情绪、成瘾等, 吗啡作为阿片类物质, 可与这些受体结合, 影响情绪、产生成瘾性以及中枢镇静效果, **D 正确**。

**30 s 速解**

上海交通大学 李孟泽

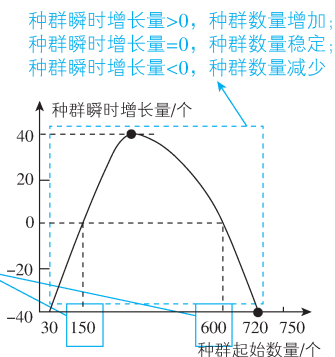
看到“机理相同”立刻敲响警钟, 一种神经递质可同时作用于突触前膜、突触后膜, 绝大多数情况下作用机理不同, 作用于突触前膜多调控神经递质释放, 作用于突触后膜多调控离子通道, **C 项错误**。

突破点 14 种群、群落和生态系统概念的实例分析

1. **CD** 【解析】直接计数法的适用条件是种群个体数量少、个体较大、分布范围小, 黑叶猴种群符合这些特征, 因此可采用直接计数法统计, 准确性高是该方法的优点而非选用该方法的原因, **A 错误**; 该保护区内黑叶猴成年个体总数远多于未成年个体(婴幼儿猴、少年猴、亚成年猴)总数, 幼年个体占比较低, 年龄结构不属于增长型, **B 错误**; 甲区域有一定数量的亚成年猴, 乙区域亚成年猴数量为 0, 且甲区域未成年猴总数多于乙区域, 说明甲区域黑叶猴从幼龄到亚成年的存活率更高, 而且甲区域成年猴数量也比乙区域多, 可推测甲区域比乙区域更适合黑叶猴生存, **C 正确**; K 值即环境容纳量, 由食物、栖息地空间等决定, 因此要估算该保护区黑叶猴的 K 值, 需要调查其食物资源、栖息地面积等条件, **D 正确**。

2. **ABC****题目解读**

种群起始数量低于 150 个时, 会因为基数过低, 种群瞬时增长量小于 0, 种群持续衰退; 种群起始数量高于 600 个时, 种群数量过多, 资源不足, 种内斗争加剧, 种群瞬时增长量小于 0, 种群数量回落, 说明该种群 K 值为 600 个



【解析】一定的环境条件所能维持的种群最大数量称为环境容纳量, 又称 K 值, 由题目解读可知该种群 K 值为 600 个, **A 错误**。该种群受环境阻力限制, 存在 K 值, 种群数量增长曲线为“S”形曲线, 增长速率先增后减, 但增长率一直下降, 当种群起始数量为 300 个即 $\frac{K}{2}$ 时, 种群增长速率最大, 但此时增长率不是最大, **B 错误**。该种群起始数量在 150~600 个时, 种群数量才会增加, 即不是种群起始数量小于 K 值时, 种群数量都会增长, **C 错误**。当种群起始数量为 180 个时, 种群瞬时增长量大于 0, 种群数量会增加, 理论上最终会达到 K 值(600 个); 当种群起始数量为 650 个时, 大于 600 个, 种群瞬时增长量小于 0, 种群数量会下降, 理论上最终也会稳定在 K 值(600 个)左右, **D 正确**。

3. **CD** 【解析】生态位是指物种在群落中的地位 and 作用, 除了资源利用情况外, 还包括物种所处的空间位置, 与其他物种的关系等, **A 错误**; 协同进化的发生范围是不同物种之间、



生物与无机环境之间,同种生物的种内相互作用不属于协同进化的范畴,**B 错误**;在资源有限时,生态位过度重叠说明两个物种共同利用的资源占比高,种间竞争激烈,根据竞争排除原理,最终可能导致竞争力弱的物种被淘汰,或是两个物种发生生态位分离以降低竞争压力,**C 正确**;适宜强度的生态位重叠意味着种间竞争未达到排除其中一方的强度,物种可以共存,同时相比生态位完全分离的情况,资源能被更充分地利用,**D 正确**。

**30 s 速解**

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:生态学概念判断题要特别注意有没有把定义说窄,以及把“可能”偷换成“必然”。看到“生态位就是……”“会发生协同进化”这类很绝对的说法,先检查它有没有漏掉空间、时间和种间关系等。

本题把生态位说成资源利用,范围过窄;种内竞争也不属于协同进化范畴,所以 A、B 不成立。生态位过度重叠会加剧竞争,可能造成排斥或生态位分化;适度重叠则既允许共存,也能提高资源利用程度,C、D 成立。

4. **CD** 【解析】生物多样性的直接价值是指对人类有食用、药用和作为工业原料等实用意义的,以及有旅游观赏、科学研究和文学艺术创作等非实用意义的价值,而大豆根瘤菌固氮提高土壤氮含量,属于调节生态功能,体现的是生物多样性的间接价值,**A 错误**;群落的垂直结构是指同一区域内所有生物在垂直方向上的分层现象,玉米和大豆轮作是交替种植,不是同时生长在同一块田中,二者之间不存在垂直分层现象,**B 错误**;能量传递效率是相邻两个营养级同化量的比值,一般来说,能量传递效率最高为 20%,玉米和大豆都是第一营养级,总同化量为 $1.2 \times 10^7 + 0.8 \times 10^7 = 2.0 \times 10^7 (\text{kJ}/\text{m}^2)$,植食性昆虫主要以玉米、大豆为食,属于第二营养级,因此其从玉米、大豆中获得的能量最多为 $2.0 \times 10^7 \times 20\% = 0.4 \times 10^7 (\text{kJ}/\text{m}^2)$,**C 正确**;轮作结合秸秆还田可以增加土壤有机质的含量,提高土壤碳储存量,减少秸秆燃烧等的碳排放,有助于“双碳”即碳达峰、碳中和目标的实现,**D 正确**。

**30 s 速解**

上海交通大学 李孟泽

本题通过排除法可得出正确答案。

A 项:看到“提高土壤氮含量”与“生物多样性的直接价值”直接判错,该价值属于生物多样性的间接价值。B 项:“轮作”与“垂直分层”,轮作表示时间概念,而垂直分层表示空间上的排布,二者完全不是一回事。

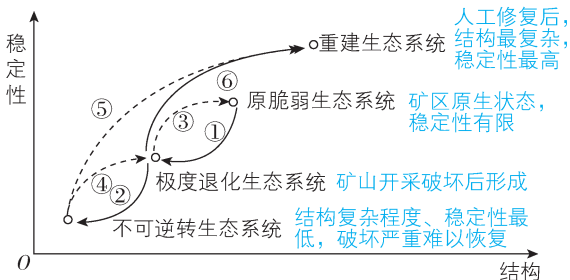
5. **BCD** 【解析】处于生态平衡状态时,生态系统具有的特征包括结构平衡、功能平衡和收支平衡,**A 正确**;尿液中存在的少量有机酸、脂肪酸等有机物是动物的代谢物,是从内环境中排出的,其中的能量属于该营养级流向分解者的能量(易错:粪便中的能量是没有被本营养级同化的,属于上一个营养级的能量),即属于 B_3 ,**B 错误**;增大该营养级的同化效率可以提高能量利用率,但不确定是否能提高能量传递效率,**C 错误**;生态系统的组成成分有非生物的物质和能量、生产者、消费者、分解者四部分,生态系统的结构包括生态系统的组成成分和营养结构,营养结构包括食物链和食物网,可见该生态系统的结构包括生物群落、非生物的物质和能量以及营养结构,**D 错误**。



6. ACD

题目解读

横坐标:生态系统结构复杂程度;纵坐标:生态系统稳定性。结构越复杂,生态系统稳定性越高。



【解析】①②是生态系统在外界干扰(矿藏开采)下不断退化的过程,说明外界干扰超过生态系统承受范围后,生态系统无法依靠自我调节维持稳定,证明生态系统的自我调节能力是有一定限度的,**A 正确**;题图中③④为虚线,代表不可能发生的过程,说明生态系统极度退化甚至到不可逆转状态时,自然条件下无法完成自我修复,**B 错误**;与传统工程相比,生态工程遵循生态学基本原理,是一类少消耗、多效益、可持续的工程体系,**C 正确**;矿区生态被破坏的核心是土壤、植被被破坏,植被恢复是矿区生态恢复的核心,而土壤微生物可分解有机质、改良土壤,为植被生长提供必需的土壤条件,因此矿区恢复的关键在于植被恢复和土壤微生物群落的重建,**D 正确**。

突破点 15 基因工程的基本操作程序及应用

1. **AB** **【解析】**启动子具有组织特异性,鸡卵清蛋白基因仅在鸡输卵管上皮细胞表达,选用它的启动子可以让目的基因(人干扰素基因)在鸡输卵管上皮细胞特异性表达,便于从鸡蛋清中提取产物,**A 正确**;对于动物转基因,最常用的方法是将外源 DNA(重组质粒)通过显微注射法导入受精卵中,最终发育为转基因鸡生物反应器,**B 正确**;结合题图,鸡卵清蛋白基因启动子附近的酶切位点是左端 *Hind* III、右端 *Spe* I,目的基因需要连接在启动子下游、终止子上游,最终插入质粒的 *Hind* III 和 *Bam*H I 位点之间,因此人干扰素基因两端需要添加 *Spe* I 和 *Bam*H I 的识别序列,**C 错误**;新霉素抗性基因是标记基因,能用于筛选出导入了普通质粒或重组质粒的受体细胞,若导入的是普通质粒(未连接目的基因)也会表现出相应抗性,无法证明重组质粒成功导入,更不能证明目的基因能够表达产生人干扰素,**D 错误**。



1 min 速解

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:基因工程题看到“启动子、标记基因、目的基因表达”时,要把三者区分开:启动子决定下游基因在哪儿、何时表达;标记基因可帮助筛选目标细胞;目的基因的表达还需要鉴定其是否进行转录和翻译。

卵清蛋白基因启动子在鸡输卵管上皮细胞中具有组织特异性,用它控制人干扰素基因,能从蛋清中提取目标产物,**A 成立**。将重组质粒通过显微注射导入受精卵,再让其发育成个体,是获得转基因动物的常用途径,**B 成立**。PCR 扩增目的基因时,应在目的基因两端添加与质粒实际连接位点相匹配的限制酶识别序列,不能只看载体上有哪些酶,**C 错误**。检测到新霉素抗性说明筛选标记存在,不能证明干扰素一定正常表达,**D 错误**。



2. **BC** 【解析】细胞内 DNA 复制的特点是边解旋边复制, PCR 技术是在较高温度条件下打开 DNA 双链后进行扩增的,是先解旋后复制,**A 错误**;由题图 2 可知,用 F1-R2 引物可扩增出单一片段,所以 F1-R2 引物可用于特异性扩增目的片段,**B 正确**;从题图 2 电泳结果来看,F2 与 R1、R2 组合时都没有扩增出片段,而 R1、R2 和 F1 组合时可扩增出片段,这表明 F2 为无效引物,不能用于扩增目的片段,**C 正确**;如果基因组 DNA 中含有多个与 F1 互补的位置,理论上用 F1-R2 也会扩增出多条不同长度的条带,但题图 2 中用 F1-R2 只扩增出了一条条带,说明该基因组 DNA 中只有一个与 F1 互补的位置,**D 错误**。

**30 s 速解**

中国科学技术大学 王炯涵

学霸说:PCR 引物筛选不要只看“有没有条带”,还要看条带数和扩增片段长度是否符合目标。一个条带说明这对引物能形成有效扩增区间;多个条带常提示存在非特异性结合;完全没有条带,说明这套引物组合不能用于特异性扩增。

本题图 2 中 F1-R2 扩增得到单一条带,因此 B 可以直接确定;比较 F2 与不同方向引物的组合,可判断 F2 不能完成目的片段的特异性扩增,C 成立。PCR 过程中,DNA 的解旋和复制按温度阶段依次发生,不是边解旋边复制;“只出现一个条带”不能反推出整个基因组中有多个与某引物互补的位置,A、D 错误。

3. **ABD** 【解析】人工合成目的基因时可通过氨基酸序列对应的密码子推导核苷酸序列,实现氨基酸与核苷酸的对应,**A 正确**;题干核心目的基因为 *VEGF165*,需根据该基因的独特序列设计引物,才能靶向扩增转基因家蚕基因组中的目的基因,避免非特异性扩增,**B 正确**;转基因动物培育过程中,受体细胞需为受精卵,家蚕丝腺细胞是高度分化的体细胞,无法发育成完整转基因家蚕,即显微注射的受体细胞应为家蚕受精卵,**C 错误**;家蚕丝腺是天然高效的蛋白质合成器官,作为生物反应器不仅能实现题干中重组 *VEGF165* 蛋白的规模化生产,还可拓展应用于干扰素等多种药用蛋白的合成,体现了基因工程与细胞工程结合的应用延展性,**D 正确**。
4. **AB** 【解析】从题图 1 可知,重组质粒上有两个 *Hind* III 酶切位点和两个 *Eco*R I 酶切位点。用这两种酶同时酶切,会将质粒切成 4 个大小不同的片段,电泳后就会出现 4 条条带,可以此证明农杆菌成功导入了重组质粒,**A 错误**;重组质粒中的 *Kan^R* (卡那霉素抗性基因) 位于 T-DNA 外,农杆菌转化时,只有 T-DNA 区域(含 *Gpd* 和 *Zeo^R*) 会整合到假丝酵母基因组中,*Kan^R* 不会被整合,因此无法在含卡那霉素的培养基上筛选重组菌株,应使用含腐草霉素的培养基进行筛选,**B 错误**;从题图 2 曲线可见,重组菌株的发酵液中甘油含量始终高于野生型菌株的,且重组菌株的发酵液中甘油含量更早达到峰值,说明发酵周期更短,**C 正确**;转基因微生物可能通过基因扩散影响生态环境,因此实验室培养的重组菌株必须经过灭菌处理后再丢弃,防止污染,**D 正确**。
5. **AD** 【解析】冠瘿碱合成基因只在植物细胞表达,原因是其上游启动子为植物启动子,农杆菌不含能识别该启动子的 RNA 聚合酶,**A 错误**;Ti 质粒的 T-DNA 上的生长素基因和细胞分裂素基因能影响植物激素水平,所以 Ti 质粒作载体时需将生长素基因和细胞分裂素基因敲除以保证转基因植物正常生长,**B 正确**;将含目的基因的载体导入细菌,常用 Ca^{2+}



处理细菌,使其处于一种能吸收周围环境中 DNA 分子的生理状态,再让重组 DNA 分子与其混合,完成转化,**C 正确**;Ti 质粒的 *Vir* 基因表达产生的 Vir 蛋白能在 T-DNA 左右边界序列处切割,释放出单链 T-DNA 并进入植物细胞,所以 *Vir* 基因不能被替换成标记基因,**D 错误**。

6. **BD** 【解析】DNA 单链的游离磷酸基团端为 5'端,游离羟基端为 3'端,DNA 复制是从引物的 5'端向 3'端延伸,故运用 PCR 技术扩增 *CsCIPK11* 基因,应选用引物 2+引物 3 而不是引物 1+引物 4,**A 错误**;目的基因应插入 T-DNA 的启动子和终止子之间,切割质粒不能选择限制酶 *Sau3A I*,因为限制酶 *Sau3A I* 也能识别并切割 *Bcl I* 的识别序列,故切割质粒应选择限制酶 *EcoR I* 和 *SnaB I*,结合目的基因转录方向可知,应在引物 2 的 5'端添加 *EcoR I* 的识别序列,在引物 3 的 5'端添加 *SnaB I* 的识别序列,**B 正确**;限制酶 *EcoR I* 和 *SnaB I* 切割产生的末端分别为黏性末端和平末端,*E. coli* DNA 连接酶和 T4 DNA 连接酶都可以连接黏性末端和平末端,只是 *E. coli* DNA 连接酶连接平末端的效率远远低于 T4 DNA 连接酶,**C 错误**;目的基因进入受体细胞后,是否稳定维持和表达其遗传特性,需要通过检测与鉴定才能确定,**D 正确**。