



重难专练 · 突破

核心突破

突破点 1 物质跨膜运输方式判断与影响因素分析

1. **B** 【解析】离子和小分子溶质顺浓度梯度流出细胞,会使细胞内溶质浓度下降,细胞渗透压降低,使细胞吸水能力减弱,**A 错误**;野生型大肠杆菌含通道蛋白 MscL 和 MscS,在清水中膨胀后可恢复正常形态,敲除这两种通道蛋白基因的大肠杆菌在清水中会破裂,说明大肠杆菌对渗透压的调节依赖 MscL 和 MscS 的功能,**B 正确**;离子和小分子通过通道蛋白顺浓度梯度流出细胞,属于协助扩散,该过程不消耗 ATP,**C 错误**;通道蛋白对运输的物质具有选择性,只容许和自身通道的直径和形状相适配、大小和电荷相适宜的物质通过,**D 错误**。

2. **D**

题目解读

红细胞通过蛋白 a 同时转运 HCO_3^- 和 Cl^- ,属于协同转运;蛋白 b 是水通道蛋白;蛋白 c 是载体蛋白,转运葡萄糖进入红细胞;蛋白 d 运输 Na^+ 、 K^+ ,并消耗能量,参与主动运输。

【解析】由题图可知, H_2O 分子进出红细胞的方式有自由扩散和借助水通道蛋白 b 进行的协助扩散,**A 正确**;蛋白 a 能同时转运 HCO_3^- 和 Cl^- ,二者与内环境理化性质中酸碱度和渗透压的相对稳定相关,**B 正确**;蛋白 c 是载体蛋白,转运葡萄糖进入红细胞时自身构象会发生改变,**C 正确**;由于 Na^+ 、 K^+ 通过蛋白 d 进出细胞的数量不相等,导致进出细胞的电荷数不相等,故可影响细胞膜两侧的电位差,**D 错误**。

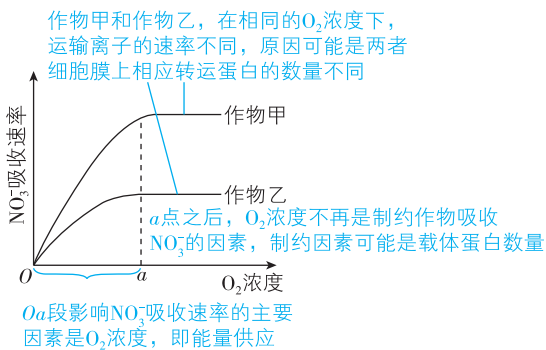
要点归纳

跨膜运输方式的判断依据

- (1) 无转运蛋白、顺浓度、直接穿膜:如 O_2 、 CO_2 、甘油、水→自由扩散。
- (2) 有转运蛋白、顺浓度、不消耗能量:协助扩散。
- (3) 与载体蛋白结合、逆浓度、消耗能量:主动运输。

3. **B**

题目解读



【解析】 NO_3^- 进入根细胞的运输与 O_2 浓度有关,需要消耗能量,因此可判断其运输方式是主动运输,**A 错误**;根据题图分



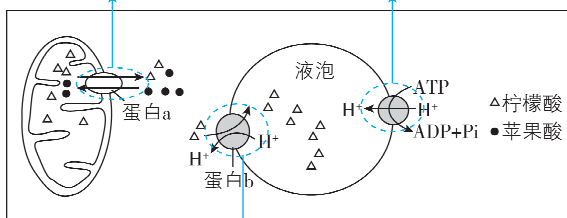
析, a 点之后, O_2 浓度不再是 NO_3^- 吸收速率的限制因素,此时载体蛋白的数量可能是影响 NO_3^- 吸收速率的主要限制因素,**B 正确**; a 点时,两种作物的 NO_3^- 吸收速率均达到最大,其中作物甲的 NO_3^- 吸收速率大于作物乙的 NO_3^- 吸收速率,而主动运输需要消耗能量,能量主要由细胞有氧呼吸提供,故作物甲根细胞的呼吸速率大于作物乙,**C 错误**;松土可增加土壤中的 O_2 浓度,但 a 点后 NO_3^- 吸收速率的制约因素不再是 O_2 浓度而是细胞膜上载体蛋白的数量,故 a 点后 NO_3^- 吸收速率不再增加,但不能说明松土不能促进作物根的生长,**D 错误**。

4. **B**

题目解读

柠檬酸和苹果酸顺浓度梯度运输,是协助扩散

H^+ 进入液泡消耗能量,是主动运输



柠檬酸逆浓度梯度运输进入液泡依赖 H^+ 的电化学梯度

【解析】柠檬酸从线粒体基质中产生,产生过程属于有氧呼吸第二阶段,该阶段释放少量能量,释放的能量大部分以热能形式散失,少部分用于合成 ATP,**A 正确**;通道蛋白转运物质时不需要和被转运物质结合,载体蛋白转运物质时需要与被转运物质结合,**B 错误**;蛋白 a 介导的运输为顺浓度梯度的协助扩散,该过程不消耗 ATP,**C 正确**;蛋白 b 介导 H^+ 顺浓度梯度外流的同时驱动柠檬酸逆浓度梯度进入液泡,液泡膜两侧的 H^+ 浓度差为柠檬酸运输供能,若蛋白 b 活性降低, H^+ 外流减少,柠檬酸进入液泡的动力不足,运输将受阻,**D 正确**。

5. **A** **【解析】**由题图可知,逆境刺激根细胞膜上的受体后,经信号转导促进细胞核内 ICAs 基因表达,使细胞膜上 ICAs 数量增加,促进 Ca^{2+} 顺浓度梯度进入细胞,有利于 Ca^{2+} 吸收,**A 正确**; Ca^{2+} 通过 ICAs 进入细胞是顺浓度梯度运输,不消耗能量,**B 错误**; Ca^{2+} 进入细胞为顺浓度梯度的协助扩散,而 Ca^{2+} 进入液泡是逆浓度梯度的主动运输,二者运输方式不同,**C 错误**; Ca^{2+} 的跨膜运输需要特定蛋白质的协助,体现了细胞膜的选择透过性,**D 错误**。

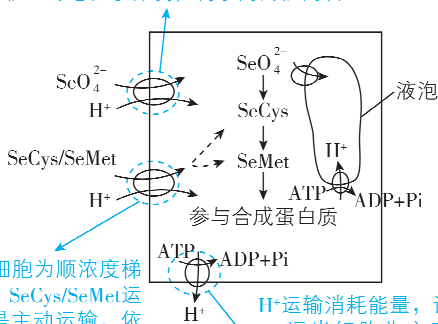
6. **C** **【解析】**由题干信息可知,视紫红质可以吸收光能,且可将 H^+ 逆浓度梯度泵到细胞外,因此兼具吸收光能和转运 H^+ 的功能,**A 正确**。视紫红质可将 H^+ 泵出细胞,若其功能丧失,细胞代谢产生的 H^+ 无法及时排出,会导致细胞内 H^+ 浓度升高,pH 降低,**B 正确**。 H^+ 运出细胞是逆浓度梯度的主动运输,需要载体蛋白和能量(光能); H^+ 运进细胞是顺浓度梯度的协助扩散,仅需要转运蛋白,不消耗能量,二者运输方式不同,**C 错误**。ATP 合成依赖 H^+ 顺浓度梯度回流,若细胞膜对 H^+ 的通透性改变,会破坏细胞膜两侧的 H^+ 浓度差,进而影响 ATP 的生成,**D 正确**。



7. D

题目解读

H^+ 运进细胞为顺浓度梯度运输, 细胞吸收硒酸盐是主动运输, 依靠 H^+ 的电化学梯度, 属于同向协同转运



H^+ 运进细胞为顺浓度梯度运输, $SeCys/SeMet$ 运进细胞是主动运输, 依靠 H^+ 的电化学梯度, 属于同向协同转运

H^+ 运输消耗能量, 说明 H^+ 运出细胞为主动运输, 则 H^+ 浓度大小关系为胞外>胞内

【解析】由题图可知, 植物细胞内两种含硒氨基酸参与合成蛋白质, 故硒元素参与构成植物细胞中重要的化合物, **A 正确**; 硒酸盐的跨膜运输伴随着 H^+ 的顺浓度梯度运输, 依赖生物膜两侧的 H^+ 浓度梯度, **B 正确**; 液泡可以吸收硒酸盐, 在硒胁迫下, 液泡可以储存硒酸盐以减少细胞质中的硒含量, 从而降低其对细胞的毒性, **C 正确**; 题图中显示植物吸收有机硒 ($SeCys/SeMet$) 时, 与 H^+ 协同转运, 需要借助 H^+ 的电化学梯度, 属于主动运输, **D 错误**。

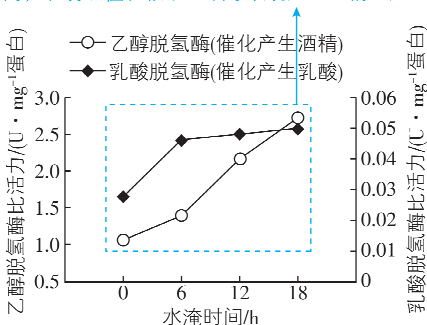
突破点 2 细胞呼吸和光合作用的原理与影响因素分析

1. **C** 【解析】过程①光反应产生的 NADPH 仅可用于暗反应中 C_3 的还原, 不能为细胞呼吸过程供能, **A 错误**; 过程②中活跃化学能转变为稳定化学能仅依赖 C_3 的还原过程, CO_2 的固定过程不消耗 ATP 和 NADPH, 不涉及该能量转化, **B 错误**; 线粒体是有氧呼吸第二、第三阶段的反应场所, 这两个阶段可将有机物中稳定的化学能转化为 ATP 中活跃的的化学能, **C 正确**; 题图所示为某植物细胞的代谢过程, 植物体还存在大量无法进行光合作用的细胞 (如根细胞), 需要消耗有机物, 仅题图所示种类细胞光合作用产生的有机物大于呼吸作用消耗的有机物, 无法确定整个植物是否存在有机物积累, 因此无法判断该植物是否生长, **D 错误**。

2. C

题目解读

水淹条件表示缺氧, 随着水淹时间的增加, 氧含量会越来越低, 无氧呼吸强度逐渐增加, 且两种酶比活力均随水淹时间延长而升高, 说明该植物根系无氧呼吸既产生酒精又产生乳酸



【解析】乙醇脱氢酶、乳酸脱氢酶均催化无氧呼吸第二阶段的反应, 无氧呼吸的场所是细胞质基质, 因此两种酶催化的反应都发生在细胞质基质中, 不在线粒体中, **A 错误**; 无氧呼吸属于细胞呼吸, 细胞呼吸的本质是分解有机物释放能量, 属于放能反应, 因此有机物无氧分解不是吸能反应, **B 错误**; 由题图可知, 水淹过程中, 催化产生酒精的乙醇脱氢酶和催化



产生乳酸的乳酸脱氢酶的比活力均随水淹时间延长而升高,说明植物 A 根系的无氧呼吸既产生酒精,又产生乳酸,**C 正确**;无氧呼吸中有机物氧化分解不彻底,大部分能量储存在酒精或乳酸中,仅少部分能量被释放,释放的能量中大部分以热能形式散失,**D 错误**。

3. **D** 【解析】光合作用的光反应阶段和暗反应阶段都需要酶的催化,温度通过影响酶活性,对光反应和暗反应都会产生影响,并非仅影响暗反应,**A 错误**;题图中 CO_2 吸收速率代表净光合速率,实际光合速率 = 净光合速率 + 呼吸速率,题目未提供呼吸速率数据,无法确定高 CO_2 浓度下实际光合速率最高时对应的温度,**B 错误**; CO_2 浓度升高时, CO_2 与 C_5 结合生成 C_3 的速率加快, C_5 消耗增加,而 C_3 还原生成 C_5 的速率在短时间内不变,所以 C_5 含量会减少,**C 错误**;观察题图中曲线,高 CO_2 浓度下的曲线随温度变化的幅度比低 CO_2 浓度下的曲线更大,说明高 CO_2 浓度下光合速率对温度变化的响应更显著,**D 正确**。

4. **D** 【解析】TCA 循环(柠檬酸循环)的场所是线粒体基质,而不是细胞质基质,**A 错误**;由题图可知,TCA 循环的底物是乙酰 CoA,并非丙酮酸和脂肪酸,**B 错误**;TCA 循环释放的能量大多以热能形式散失,只有少部分用于 ATP 合成,**C 错误**;因为 TCA 循环是糖类、脂肪等物质分解代谢的最终共同途径,所以它是糖类、脂肪代谢联系的枢纽,**D 正确**。

5. **A** 【解析】当细胞内 ATP 与 ADP 比值升高时,说明细胞中 ATP 含量充足,不需要再通过糖酵解合成 ATP,为避免物质和能量浪费,会抑制酶甲、丙的活性,**A 错误**;由题图可知,1 分子葡萄糖在糖酵解前期共消耗 2 分子 ATP,糖酵解为细胞呼吸的第一阶段,整个过程最终会产生 ATP,故糖酵解过程中既有 ATP 的消耗,也有 ATP 的生成,且生成量大于消耗量,**B 正确**;葡萄糖的磷酸化使葡萄糖的空间构象发生改变,更易与后续反应的酶结合,有利于后续反应的进行,**C 正确**;糖酵解是细胞呼吸的第一阶段,场所为细胞质基质,该过程中除生成丙酮酸、少量 ATP 外,还会生成还原型辅酶 I (NADH),**D 正确**。

6. **D** 【解析】结合题图分析,ROS 含量正常时,有氧呼吸正常进行,丙酮酸在线粒体基质中经三羧酸循环分解,产生 CO_2 和 NADH ,**A 正确**;ROS 含量正常时, NADH 释放的电子沿线粒体内膜传递,最终被 O_2 接受生成水,**B 正确**;ROS 大量积累时,乳酸可以在线粒体基质中合成,乳酸也可以在细胞质基质中合成,**C 正确**;丙酮酸通过有氧呼吸第二阶段会产生大量的 NADH ,线粒体通过“泄压”减少 ROS 的产生,同时丙酮酸被还原为乳酸,消耗 NADH ,不会提高 NADH 的合成效率,**D 错误**。

易错总结

线粒体“泄压”机制的效果

(1) 线粒体“泄压”机制将丙酮酸转化为乳酸排出,减少了丙酮酸进入有氧呼吸第二阶段的量,因此 NADH 的合成量减少而非增加。

(2) ROS 是电子传递链中电子泄漏与 O_2 结合的产物,“泄压”通过分流丙酮酸,减少电子传递链的负荷,从而降低 ROS 的产生。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

用“分流必然减量”的物质守恒思想判断 D 项。线粒体“泄压”是把丙酮酸从三羧酸循环中抽走转化成乳酸,丙酮酸进入有氧呼吸第二阶段的量减少,则该阶段产生的 NADH 必然减少而非增多,即物质来源被截流,下游产物不可能增加,D 项说“提高 NADH 的合成效率”违背物质守恒,错误。

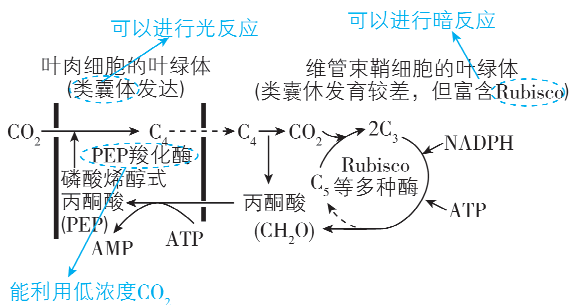


7. **A** 【解析】库源比升高意味着叶片相对减少,实验中甲组库源比最高,但其果实中含 ^{14}C 的光合产物含量最低、单果质量最小,说明库源比较高时可提供给果实的有机物更少,**A 错误**;三组库源比大小关系为甲>乙>丙,对应净光合速率大小关系为甲($9.31 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>乙($8.99 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>丙($8.75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),说明随库源比升高,该植物净光合速率升高,**B 正确**;该实验自变量是不同的库源比,检测的净光合速率反映叶片光合作用情况,果实中含 ^{14}C 的光合产物含量、单果质量反映光合产物的分配情况,因此该实验的目的是探究不同库源比对该植物叶片光合作用和光合产物分配的影响,**C 正确**;蔗糖属于非还原糖,化学性质相对稳定,不易发生反应,是大多数植物长距离运输有机物的主要形式,**D 正确**。

8. **D**

题目解读

光合作用的光反应阶段发生在叶绿体的类囊体薄膜上,包括水的光解、NADPH 和 ATP 的生成;光合作用的暗反应阶段发生在叶绿体基质中,包括 CO_2 被固定形成 C_3 , C_3 在光反应提供的 ATP 和 NADPH 的作用下被还原,并生成有机物。



【解析】玉米叶肉细胞的叶绿体中有发达的类囊体,可以进行光反应,能给维管束鞘细胞提供 ATP 和 NADPH,**A 合理**;玉米维管束鞘细胞的叶绿体中富含 Rubisco,可以进行暗反应,是玉米中淀粉的产生场所,**B 合理**;分析题干信息可知,玉米利用低浓度 CO_2 的能力更强,所以题图 2 中玉米和水稻分别对应曲线 A 和 B,**C 合理**;分析题图 2 可知, C_3 植物最大净光合速率更高,即达到最大净光合速率时,在相同时间内 C_3 植物能吸收更多的 CO_2 ,所以种植 C_3 植物比种植 C_4 植物更有利于实现碳中和的目标,**D 不合理**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

A、B 项用结构功能观验证:玉米叶肉细胞类囊体发达,提供 ATP、NADPH,维管束鞘细胞富含 Rubisco,进行暗反应产淀粉,均符合 C_4 植物光合作用分工,合理。C 项玉米是 C_4 植物,利用低浓度 CO_2 能力强,对应曲线 A,则水稻对应曲线 B,合理。判断 D 项的技巧:“碳中和”“碳汇”类选项直接看净光合速率大小,谁吸收 CO_2 多谁占优势,即比较曲线图两曲线的峰值即可。

9. **A** 【解析】碳酸酐酶(CA)的本质是蛋白质,蛋白质的合成场所为核糖体,蓝细菌是原核生物,细胞内含有核糖体;水稻是真核生物,细胞质基质、叶绿体中都存在核糖体,因此二者 CA 的合成场所可能相同,**A 正确**。蓝细菌的羧酶体用于富集无机碳,由题干及题图信息无法得知其糖类合成部位,改造后的水稻中羧酶体用于富集、释放 CO_2 ,糖类是在叶绿体基质中经暗反应合成的,并非在羧酶体内完成,**B 错误**。蓝细菌为原核生物,无叶绿体,**C 错误**。由题干信息可知,蓝细菌通过“主动富集”无机碳实现 CO_2 浓缩,说明 HCO_3^- 进入蓝细菌是逆浓度梯度的,即蓝细菌吸收 HCO_3^- 的方式属于主动运输,**D 错误**。



10. **B** 【解析】题图 1 所示过程包括 H^+ 与 O_2 反应生成 H_2O , 该生物膜结构属于线粒体内膜, 表示的生理过程是有氧呼吸第三阶段, 题图 2 所示过程包括 H_2O 分解成 H^+ 与 O_2 , 属于光合作用光反应, 发生于叶绿体的类囊体薄膜, **A 错误**。题图 1 过程(有氧呼吸第三阶段)中, 电子最终传递给 O_2 , 生成水, 即最终电子受体是 O_2 ; 题图 2 过程(光反应)中, 电子最终传递给 $NADP^+$, 生成 $NADPH$, 即最终电子受体是 $NADP^+$, **B 正确**。题图 1 中的能量转换为化学能 $\rightarrow$ 电能 $\rightarrow$ 化学能, 题图 2 中的能量转换为光能 $\rightarrow$ 电能 $\rightarrow$ 化学能, 由此可知题图 2 过程中没有发生化学能向电能的转换, **C 错误**。题图 1 有氧呼吸第三阶段产生的 ATP 可用于各项生命活动, 题图 2 光合作用产生的 ATP 主要用于暗反应, 一般不直接用于其他生命活动, **D 错误**。



15 s 速解

北京大学 徐欧翔

判断线粒体内膜与类囊体膜的题, 看 O_2 是反应物还是生成物, 即可快速判断。

突破点 3 细胞的衰老和死亡的机制分析

1. **D** 【解析】细胞焦亡过程中细胞膜上会形成大量小孔, 细胞膜的选择透过性被破坏, 通透性发生明显改变, **A 正确**; 细胞焦亡的发生依赖 Gasdermin D 蛋白被切割后产生的片段对细胞膜的作用, 敲除该蛋白基因后细胞无法合成该蛋白, 细胞焦亡过程无法正常进行, **B 正确**; 巨噬细胞可吞噬并消化细胞焦亡释放的病原体等异物, **C 正确**; 细胞焦亡是细胞整体裂解的程序性死亡方式, 而细胞自噬清除衰老线粒体是发生在细胞内部的过程, 细胞本身并未死亡, 该过程不属于细胞焦亡, **D 错误**。
2. **B** 【解析】外源性凋亡由死亡受体等质膜受体介导, 需通过受体与配体结合传递信号, 即该死亡方式依赖细胞膜的信息交流功能, **A 正确**; 细胞凋亡是基因调控的程序性死亡, 是主动有序的过程, 不利因素导致细胞正常代谢活动受损或中断引起的细胞损伤和死亡属于细胞坏死(被动损伤性死亡), **B 错误**; 内源性凋亡中 BCL-2 家族在线粒体外膜打孔会导致线粒体膜通透性改变, 膜电位改变, 此变化可作为细胞凋亡的检测指标, **C 正确**; 细胞凋亡可清除个体发育中多余的细胞, 维持内部环境稳定(如清除受损细胞), 对多细胞生物个体发育和抵御外界因素干扰至关重要, **D 正确**。

要点归纳

比较项目	细胞凋亡	细胞坏死
调控方式	基因严格调控, 主动发生	外界剧烈伤害, 被动崩溃
细胞膜变化	细胞膜完整, 内陷形成凋亡小体	细胞膜破损、崩解
胞内物质	不外溢, 被吞噬细胞平稳吞噬	大量内容物外泄
炎症反应	无炎症反应	强烈炎症反应
发生意义	帮助多细胞生物体完成正常发育、维持稳态、清除异常细胞	意外损伤, 通常对机体有害
形态特点	细胞皱缩, 核固缩	细胞肿胀膨大、破裂



3. **C** 【解析】细胞核 DNA 复制后,每条染色体上含两条染色单体,此时每条染色体都具有四个端粒,**A 错误**;端粒酶以自身 RNA 为模板逆转录合成端粒 DNA,具有逆转录酶活性,但 T2 噬菌体为 DNA 病毒,不含逆转录酶(该酶存在于部分 RNA 病毒中,如 HIV),**B 错误**;实验 1 中,即使通过端粒酶多次延伸端粒,成纤维细胞仍会衰老,说明端粒缩短并非细胞衰老的唯一原因,**C 正确**;实验 2 中,海拉细胞不断积累端粒内侧 DNA 损伤后仍能无限分裂,说明端粒内侧 DNA 损伤并非导致细胞衰老的关键因素,该结果无法证明“端粒内侧 DNA 损伤导致细胞衰老”的观点,**D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

用“反证法”处理实验结论项。

C 项:实验 1 中端粒被端粒酶多次延伸,细胞照样衰老——若“端粒缩短是造成细胞衰老的唯一原因”成立,则延伸端粒后细胞不应衰老,事实与假设矛盾,故端粒缩短不是造成细胞衰老的唯一原因,C 项正确。技巧:判断实验结论是否正确时把选项命题当假设,检验假设预期结果与实验结果是否矛盾,若矛盾则结论错误。

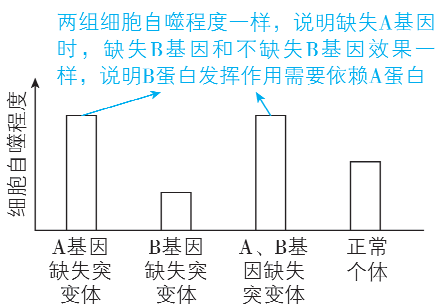
4. **D** 【解析】铜是组成细胞的微量元素,**A 错误**;铜死亡受环境因素影响,**B 错误**;铜离子通过与脂酰化蛋白结合,诱导脂酰化蛋白的聚集并抑制线粒体代谢功能,从而促进细胞发生铜死亡,癌细胞发生铜死亡可能与细胞中能量供应中断有关,线粒体不能直接氧化分解葡萄糖,**C 错误**;NSC319726 引起的细胞死亡为癌症治疗提供了一种新思路,可通过促进 NSC319726 的表达,进而促进癌细胞死亡,达到治疗癌症的目的,**D 正确**。
5. **A** 【解析】分析题图中从左至右,第一组和第三组是硒蛋白 F 基因正常表达的普通小鼠 (Sep15),第二组和第四组是硒蛋白 F 基因突变小鼠 (Sep15^{C38A})。比较第一组和第三组,第一组 Th17 细胞未分化比例高,说明第一组进行了 NaHS 处理,抑制了 Th17 细胞分化,第三组无 NaHS 处理;比较第二组和第四组,都缺乏硒蛋白 F,但第四组比第二组的 Th17 细胞未分化比例小,因此第四组无 NaHS 处理,第二组有,综上所述,**A 符合题意**。
6. **D** 【解析】卡尔文循环中,光反应产生的 NADPH 既可以作为还原剂还原 C₃,也能为该过程提供部分能量,**A 正确**。由题干可知,双硫化物胱氨酸过量积累会诱导细胞内其他含游离巯基的蛋白质错误聚合,最终造成细胞骨架塌陷,细胞骨架由蛋白质纤维构成,可维持细胞形态、参与胞内物质运输等,因此其结构破坏会影响细胞形态和物质运输,**B 正确**。转运蛋白 SLC7A11 负责转运胱氨酸进入细胞,抑制其活性会减少细胞摄入胱氨酸,进而降低胱氨酸过量积累的概率,可降低细胞双硫死亡的概率,**C 正确**。补充 NADPH 有助于将积累的胱氨酸还原为半胱氨酸,减少胱氨酸积累,能减缓双硫死亡;但双硫死亡的直接诱因是胱氨酸过量积累,补充半胱氨酸无法减少胞内胱氨酸的量,也不能抑制胱氨酸诱导的含游离巯基的蛋白质错误聚合,因此无法减缓双硫死亡,**D 错误**。
7. **B** 【解析】依据题干信息,铁死亡是细胞内铁代谢异常导致脂质过氧化物大量积累引发的细胞死亡,所以检测细胞中脂质过氧化水平可作为鉴定铁死亡的标准之一,**A 正确**。铁死亡是细胞内铁代谢异常导致脂质过氧化物大量积累引发的细胞死亡,可能对机体不利,**B 错误**。据题图可知,GSH 不



足会导致 GPX4 活性降低,进而不能及时清除 H_2O_2 ,不能抑制 LPO 积累,导致 LPO 积累引发铁死亡,**C 正确**。依据题干信息可知,铁死亡是由于细胞内铁代谢异常导致脂质过氧化物大量积累引发的细胞死亡,所以抑制铁死亡可通过还原脂质过氧化物来实现,**D 正确**。

8. **C**

题目解读



【解析】细胞凋亡是基因决定的程序性死亡的过程,细胞自噬是细胞降解自身组分的过程,不等同于细胞凋亡(易错:细胞自噬和细胞凋亡有本质区别,前者是细胞里面“废物利用”,后者是细胞自动结束生命),**A 错误**。A 基因缺失时细胞自噬显著增强,说明 A 基因编码抑制细胞自噬的 mTOR;仅 B 基因缺失时细胞自噬显著减弱,说明 B 基因编码促进细胞自噬的 AMPK,**B 错误**。A、B 基因双缺失与 A 基因单缺失突变体的细胞自噬程度几乎一致,说明 AMPK(B 基因表达产物)的促自噬作用依赖于 mTOR(A 基因表达产物),即 AMPK 通过抑制 mTOR 发挥促自噬作用,**C 正确**。A 基因编码抑制细胞自噬的 mTOR,提高其表达水平会抑制癌细胞自噬,**D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

A 基因缺失→细胞自噬程度升高,说明 A 基因是“刹车”(编码 mTOR,抑制细胞自噬);B 基因缺失→细胞自噬程度降低,说明 B 基因是“油门”(编码 AMPK,促进细胞自噬)。关键看 A、B 基因双缺失:细胞自噬程度与 A 基因单缺失几乎一致,即“刹车没了,油门踩不踩无所谓”,说明“油门”(AMPK)的作用必须经过“刹车”(mTOR)才能生效,即 AMPK 通过抑制 mTOR 促进细胞自噬,可锁定 C 选项正确。

9. **C** **【解析】**根据自由基学说,清除叶片细胞中的自由基会延缓拟南芥叶片的衰老,**A 错误**;对比②④组,可看出 F 蛋白抑制水杨酸合成,对比③④组,可看出 W 蛋白促进水杨酸合成,**B 错误**;如果 F 蛋白是通过抑制 W 蛋白的功能来减少水杨酸的合成从而延缓叶片衰老的,那么②组中,F 蛋白无法发挥抑制水杨酸合成的作用,其结果应该与④组相似,**C 正确**;无法合成水杨酸的植株体内无水杨酸,而④组结果显示植株内仍然有水杨酸合成,因此一段时间后无法合成水杨酸的植株叶片细胞衰老情况没有④组植株严重,**D 错误**。

突破点 4 基因互作问题的分析与计算

1. **D** **【解析】**植物花瓣中的色素为水溶性色素,主要存在于液泡中,**A 正确**。杂交 IF_2 蓝色:白色=9:7,是 9:3:3:1 的变式,说明 a、b 位于两对同源染色体上,**B 正确**。由题干及题表可知,相关基因可用 A/a、B/b、D/d 表示,甲(aaBBDD)×丙(AABBdd)→ F_1 (蓝色)的基因型为 AaBBDDd,



F_1 自交 $\rightarrow F_2$ 蓝色 : 白色 = 1 : 1, 说明 A 和 d、a 和 D 连锁, 乙 (AAbbDD) 和丙 (AABBdd) 杂交, F_1 基因型为 AABbDd, 又因为 a、b 位于两对同源染色体上, 因此 B/b 与 D/d 位于非同源染色体上, 遗传时遵循自由组合定律, F_1 自交后代中 AAB_D_ (蓝色) 占 $\frac{9}{16}$, 其余基因型表现为白色, 即蓝色 : 白色 = 9 : 7,

C 正确。 杂交 I F_1 基因型为 AaBbDD, 产生配子类型及比例为 ABD : AbD : aBD : abD = 1 : 1 : 1 : 1; 杂交 II F_1 基因型为 AaBBdd, a 与 D 连锁、A 与 d 连锁, 产生配子类型及比例为 ABd : aBD = 1 : 1; 二者杂交子代均含 B 和 D 基因, 仅 aa 基因型个体为白花, 在子代中占比为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, **D 错误。**

2. A

题目解读

本题中有三对等位基因, 其中 A/a、B/b 独立遗传, 根据题意可知, 基因型对应的菜豆种皮颜色: A_B_MM 种皮颜色为黑色, _ _bbMM 种皮颜色为灰色, aaB_MM (没有 A 基因, 黑色色素量较少) 种皮颜色为棕色。

【解析】 纯合突变体甲是 A 突变成 a, 其基因型为 aaBBMM, 纯合突变体乙是 B 突变成 b, 其基因型为 AAbbMM, 二者杂交得到 F_1 , F_1 的基因型为 AaBbMM, F_1 自交, 所得子代中基因型为 A_B_MM 的个体占 $\frac{9}{16}$, 种皮表现为黑色; 基因型为 aaB_MM 的个体占 $\frac{3}{16}$, 种皮表现为棕色; 基因型为 A_bbMM 的个体占 $\frac{3}{16}$, 种皮表现为灰色; 基因型为 aabbMM 的个体占 $\frac{1}{16}$, 种皮表现为灰色; 综上所述, F_1 自交后代种皮颜色及比例为黑色 : 棕色 : 灰色 = 9 : 3 : 4, **A 符合题意。**



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

甲 (aaBBMM) $\times$ 乙 (AAbbMM) $\rightarrow F_1$ 基因型为 AaBbMM。因为 M 基因纯合且双方都是 MM, 自交后代相关基因型永远是 MM。AaBbMM 基因型个体自交 $\rightarrow$ 子代中 A_B_MM 占 $\frac{9}{16}$ (黑色), aaB_MM 占 $\frac{3}{16}$ (棕色), A_bbMM 占 $\frac{3}{16}$ (灰色), aabbMM 占 $\frac{1}{16}$ (灰色), 灰色个体概率合并为 $\frac{4}{16}$, 故表型及比例为黑色 : 棕色 : 灰色 = 9 : 3 : 4, **A 项正确。** 解题技巧: 多对基因题先找“纯合不分离”的基因, 计算量会显著下降。

3. A

【解析】 基因型为 AaBb 的公鸡与母鸡交配, 所得子代中基因型为 _ _B_ 的个体, 表现为无花纹, 占比为 $1 \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$, 对于基因型为 Aabb 的个体, 公鸡全部表现为心形镶边, 占比为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$, 母鸡 50% 表现为心形镶边, 占比为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{32}$, 基因型为 aabb 的个体均表现为心形镶边, 占比为 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$, 基因型为 AAbb 的个体表现为非心形镶边, 占比为 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$, 综上所述, 后代中“心形镶边羽”的占比为 $\frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{16} = \frac{5}{32}$, **A 符合题意。**



4. B

题目解读

首先要根据题干信息确定各种花色植株的基因型,白色花基因型有 $I_B_$ 、 I_bb 和 $iibb$,有色花基因型为 $iiB_$,再根据具体组合利用填充法逐步进行分析。

【解析】有色花基因型是 $iiB_$,白色花基因型有 $I_B_$ 、 I_bb 、 $iibb$,组别②中甲(有色)×丙(白色), F_1 都是白色, F_1 自交后所得 F_2 表型及比例为白色:有色=3:1,说明 F_1 是单杂合子(可能的基因型有 $IiBB$ 、 $IiBb$ 和 $Iibb$), F_2 有色花植株的基因型为 $iiBB$,可推知 F_1 的基因型是 $IiBB$,据此可知甲的基因型应是 $iiBB$,丙的基因型是 $IiBB$,同理可推出组别①中 F_1 的基因型为 $iiBb$,乙的基因型为 $iibb$ 。组别①的 F_2 中有色花植株的基因型为 $iiB_$,有色花中 b 的基因频率为 $\frac{1}{3}$,故 F_2 中有色花植株随机传粉,后代白色花植株($iibb$)占 $\frac{1}{9}$,**A 不符合题意**;组别②的 F_2 白色花植株的基因型为 I_BB ,随机传粉,配子基因型及比例为 $IB:iB=2:1$,子代中白色花植株基因型及比例为 $IiBB:IiBB=1:1$,故白色花中杂合子占 $\frac{1}{2}$,**B 符合题意**;组别③中 F_1 的基因型为 $IiBb$, F_2 中有色花植株的基因型为 $iiB_$,所占比例为 $\frac{3}{16}$,其余基因型的植株均表现为白色花,所占比例为 $\frac{13}{16}$,**C 不符合题意**;组别③的 F_2 中自交不会出现性状分离的植株基因型包括 $II_ _$ ($II BB$ 、 $II Bb$ 、 $II bb$,为白色花植株,所占比例为 $\frac{4}{16}$)、 $iiBB$ (为有色花植株,所占比例为 $\frac{1}{16}$)、 $Iibb$ (为白色花植株,所占比例为 $\frac{2}{16}$) 和 $iibb$ (为白色花植株,所占比例为 $\frac{1}{16}$),共占 $\frac{1}{2}$,**D 不符合题意**。

5. B

【解析】根据题意,金黄羽雌鸟与浅蓝羽雄鸟交配, F_1 中雌鸟全为浅蓝羽,雄鸟全为翠绿羽,可知对于 B/b 基因,亲本金黄羽雌鸟为 $Z^B W$,浅蓝羽雄鸟为 $Z^b Z^b$, F_1 基因型为 $Z^B Z^b$ 和 $Z^b W$; F_1 雌雄个体相互交配, F_2 中 $Z^B _$ ($Z^B Z^b$ 、 $Z^B W$): $Z^b _$ ($Z^b Z^b$ 、 $Z^b W$)=1:1,而 F_2 中金黄羽:翠绿羽:浅蓝羽=2:3:3,且金黄羽个体中雌雄比例为1:1,其中浅蓝羽占 $\frac{3}{8}$,应为 $\frac{3}{4}(A_)\times\frac{1}{2}[Z^b _ (Z^b Z^b、Z^b W)]$,同理,翠绿羽占 $\frac{3}{8}$,应为 $\frac{3}{4}(A_)\times\frac{1}{2}[Z^B _ (Z^B Z^b、Z^B W)]$,金黄羽占 $\frac{2}{8}$,应该为 $\frac{1}{4}(aa)\times 1$,可推知关于 A/a 基因, F_1 全为 Aa ,综上可知在该鸟类中 $aa_ _$ 表现为金黄羽, $A_ _$ 且携带 Z^B 表现为翠绿羽, $A_ _$ 且不携带 Z^B 表现为浅蓝羽,综上所述,**A 正确**。 F_2 翠绿羽雄鸟基因型为 $A_ Z^B Z^b$,性染色体上 B/b 基因为杂合状态,因此所有翠绿羽雄鸟均为杂合子,**B 错误**。 F_2 中浅蓝羽个体($A_ Z^b _$)的基因型包括 $AA Z^b Z^b$ 、 $Aa Z^b Z^b$ 、 $AA Z^b W$ 、 $Aa Z^b W$,共4种,**C 正确**。 F_2 浅蓝羽个体($A_ Z^b Z^b$ 、 $A_ Z^b W$)常染色体基因型中 AA 占 $\frac{1}{3}$ 、 Aa 占 $\frac{2}{3}$, a 基因频率为 $\frac{1}{3}$,自由交配所得子代中金黄羽个体($aa Z^b Z^b$ 、 $aa Z^b W$)占比为 $\left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{9}$,



D 正确。

要点归纳

ZW 型性别决定与伴性遗传计算要点

- (1) 雌性为异配性别(ZW), 雄性为同配性别(ZZ), 与 XY 型相反;
- (2) 关于 Z 染色体上的基因, 雄性个体 Z 染色体上的基因分别来自父亲和母亲, 雌性个体 Z 染色体上的基因仅来自父亲;
- (3) 伴 Z 染色体遗传中, 雄性个体的 Z 染色体来自父亲和母亲, 雌性个体的 Z 染色体仅来自父亲, 交叉遗传规律与伴 X 染色体遗传类似但性别相反。

6. **D** 【解析】伴性遗传在生物界普遍存在, 人的抗维生素 D 佝偻病及果蝇的红眼、白眼, 芦花鸡(ZW 型) 羽毛上的黑白相间的横斑条纹等, 遗传方式都是伴性遗传, **A 正确**。由“只有 a 基因纯合时, b 基因才表达”可知, 野生型红眼个体一定含有 A 基因, F_2 中所有突变型眼色个体均为雄性, 说明雌性都含 A 基因(均为红眼), 雄性中存在仅含 a 基因的个体, 故 A/a 基因位于 X 染色体上, F_2 表型比例为 9 : 3 : 3 : 1 的变式, 故 B/b 基因位于常染色体上, **B 正确**。根据 F_2 表型比可推测 F_1 基因型为 BbX^AX^a 、 BbX^AY , 亲本红眼个体为雌性, 基因型为 BBX^AX^A , 奶油眼个体为雄性, 基因型为 bbX^aY , **C 正确**。 F_2 关于红眼雌性 B/b 基因的基因型及比例为 $BB : Bb : bb = 1 : 2 : 1$, 关于 A/a 基因, $X^AX^A : X^AX^a = 1 : 1$; 红眼雄性关于 B/b 基因的基因型及比例同样为 $BB : Bb : bb = 1 : 2 : 1$, 关于 A/a 基因的基因型均为 X^AY , 随机交配产生的后代中仅有基因型为 X^aY 的雄性可表现为突变型, 该类个体中 $B_+ : bb = 3 : 1$, 即伊红眼 : 奶油眼 = 3 : 1, **D 错误**。

要点归纳

条件表达基因的遗传分析要点

- (1) “只有 a 基因纯合时, b 基因才表达” $\rightarrow$ b 基因的表达依赖于 a 基因纯合背景, 即 bb 控制的表型仅在 a 基因纯合个体中显现;
- (2) 分析子代表型比时, 需先按基因型分类。

7. **C** 【解析】实验 2 的 F_2 表型比为 13 : 3, 属于 9 : 3 : 3 : 1 的变式, 说明基因 F/f 与 M/m 位于非同源染色体上, 遗传时遵循自由组合定律, 二者均控制花的着生位置, 属于控制同一性状的非等位基因, **A 正确**。实验 1 为纯合腋生甲 $\times$ 纯合顶生(_ _MM), F_2 表型及比例为腋生 : 顶生 = 3 : 1, 说明 F_1 (腋生) 基因型为 $FfMM$, 纯合顶生基因型为 $ffMM$, 因此甲基因型为 $FFMM$; 实验 2 腋生乙 $\times$ 顶生($ffMM$) 的 F_1 为双杂合子($FfMm$), 因此乙基因型为 $FFmm$; 实验 3 腋生丙 $\times$ 顶生($ffMM$) 的 F_1 (顶生) 基因型为 $ffMm$, 因此丙基因型为 $ffmm$, **B 正确**。实验 1 的 F_2 顶生个体基因型只有 $ffMM$ 一种; 实验 2、3 的 F_2 顶生个体基因型中 $ffMM$ 均占 $\frac{1}{3}$ 、 $ffMm$ 均占 $\frac{2}{3}$, 各取一株基因型相同的概率为 $1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$, **C 错误**。腋生甲($FFMM$) 与丙($ffmm$) 杂交所得的 F_1 基因型为 $FfMm$, 自然状态下自交, F_2 表型及比例为腋生 : 顶生 = 13 : 3, 与实验 2 的 F_2 结果相同, **D 正确**。

8. **A** 【解析】分析题图可知, 香豌豆的花色至少由两对等位基因控制, 设控制花色的基因为 A/a、B/b。若两对等位基因非独立遗传(连锁), 由两白花亲本杂交得全红花 F_1 可推知, F_1 基因型为 $AaBb$, 且 A 与 b 连锁、a 与 B 连锁, 不考虑染色体互换, F_1 仅能产生 Ab、aB 两种配子, 自交后代基因型(表



型)及比例为 $AAbb$ (白花) : $AaBb$ (红花) : $aaBB$ (白花) = $1:2:1$, 即红花植株仅有 1 种基因型, **A 错误**。若 F_2 红花 : 白花 $\approx 9:7$, 是 $9:3:3:1$ 的变式, 说明两对等位基因独立遗传, F_1 ($AaBb$) 产生的雌雄配子各有 4 种且比例相等; F_2 中 $A_B_$ 基因型个体表现为红花(共 4 种基因型), 另 5 种基因型($AAbb$ 、 $Aabb$ 、 $aaBB$ 、 $aaBb$ 、 $aabb$) 均表现为白花, **B 正确**。无论两对等位基因连锁还是独立遗传, F_1 ($AaBb$) 与亲本白花($AAbb$ 或 $aaBB$) 植株杂交, 子代中同时携带两种显性基因的红花个体的占比均为 $\frac{1}{2}$, **C 正确**。白花植株均不同时具备两种显性基因, 自交后代不可能同时出现两种显性基因, 因此白花植株自交后代均为白花, 即可稳定遗传, **D 正确**。

9. **D** 【解析】抗病基因位于非同源染色体上, 仅说明它们的遗传遵循自由组合定律, 只能解释 F_2 中 $15:1$ 的性状比例, 无法解释抗病性强弱的差异。 F_2 中抗灰斑病植株中约有 $\frac{2}{5}$ 表现为弱抗性, 原因可能是这部分植株仅具有抗病基因 $M1$ 和 $M2$ 中的一种(即基因型为 $M1_m2m2$ 或 $m1m1M2_$), **A 错误**。 $M1$ 突变为 $m1$, 是在终止子前插入了一段序列。但如果插入的序列导致对应 mRNA 中终止密码子提前出现, 会导致翻译提前终止, 氨基酸序列反而会变短, **B 错误**。题图 2 中电泳加样孔在上方, DNA 片段越长迁移距离越短, 则结合题图 1 可知最上面条带对应 $m1$, 中间条带对应 $M1$ 和 $M2$, 最下面条带对应 $m2$, 由于 $M1$ 和 $M2$ 的大小相同, 无法通过电泳结果区分, 因此无法从电泳结果中将抗灰斑病玉米中的弱抗性植株筛选出来, 例如结合 A 项解析可推测, 2 号的基因型(表型)为 $M1M1M2m2$ (正常抗性)或 $M1M1m2m2$ (弱抗性), 3 号的基因型(表型)为 $m1m1M2M2$ (弱抗性)或 $M1m1M2M2$ (正常抗性), **C 错误**。由 C 项解析可知, 3 号的基因型为 $m1m1M2M2$ 或 $M1m1M2M2$, 两种情况分别占 F_2 的比例为 $\frac{1}{16}$ 、 $\frac{2}{16}$, F_2 中具有抗性的植株占比为 $\frac{15}{16}$, 所以, 与题图 2 中 3 号个体电泳结果(基因型)相同的玉米在 F_2 抗灰斑病植株中约占 $\frac{3}{16} \div \frac{15}{16} = \frac{1}{5}$, **D 正确**。

突破点 5 致死与不育问题的相关计算

1. **D**

题目解读

由将甲、乙杂交, 筛选得到同时具有两种突变基因的植株, 结合题干信息, 可知甲基因型为 $AAbb$, B 基因纯合时胚胎致死, 乙基因型为 $aaBb$, 二者杂交后代中具有两种突变基因的植株基因型为 $AaBb$ 。

【解析】将甲、乙杂交, 筛选得到同时具有两种突变基因的植株, 其自交获得的 F_2 中超多毛 : 多毛 : 野生型 = $6:5:1$, 属于 $9:3:3:1$ 的变式, 说明筛选获得的该植株基因型为 $AaBb$, 纯合单基因显性多毛突变体甲(基因型为 $AAbb$)可存活, 说明 A 基因纯合不致死, 则 B 基因纯合时胚胎致死, 乙的基因型为 $aaBb$, **A 错误**; B 基因纯合致死, F_2 中超多毛植株为同时携带 A、B 显性突变基因的存活个体, 基因型为 $AABb$ 、 $AaBb$, 不存在 $AaBB$ 个体, **B 错误**; F_2 中多毛植株包括仅携带突变基因 A 的 $AAbb$ 、 $Aabb$, 以及仅携带突变基因 B 的 $aaBb$, 共 3 种基因型, 其中 $AAbb$ 为纯合子, **C 错误**; F_2 多毛植株共 5 份, 其中仅 $AAbb$ 为纯合子, 占 1 份, 故多毛植株中纯合子占的比例为 $\frac{1}{5}$, **D 正确**。



要点归纳

致死基因问题的解题策略

- (1) 先将双杂合子自交后代的表型比与 $9:3:3:1$ 比较, 判断是否有致死;
- (2) 分析致死基因型: 若某基因型缺失, 对应比例减少, 即为致死基因型;
- (3) 计算表型或基因型比例时需将致死基因型对应的配子或个体排除, 重新分配比例。

常见致死类型: 胚胎致死 (B 基因纯合致死)、配子致死 (某基因型配子不能参与受精)。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

致死问题计算技巧: 先把比例和与 16 比, 缺几份就找对应基因型剔除, 再在剩余份数里重算比例。如本题 F_2 比例 $6:5:1$ 和为 12 而非 16, 说明有 4 份致死——B 纯合 (BB) 致死, 即 A_BB (3 份) 与 $aaBB$ (1 份) 被剔除。多毛植株占 5 份: $AAbb$ (1 份纯合)、 $Aabb$ (2 份)、 $aaBb$ (2 份), 其中纯合子只有 $AAbb$ 这 1 份, 故多毛中纯合子占 $\frac{1}{5}$, D 项正确。

2. D

题目解读

等位基因是指位于一对同源染色体的相同位置上, 控制一对相对性状的一对基因。水稻雄性的育性由细胞核基因和细胞质基因共同控制, 基因型包括 $N(RR)$ 、 $N(Rr)$ 、 $N(rr)$ 、 $S(RR)$ 、 $S(Rr)$ 、 $S(rr)$, 只有基因型为 $S(rr)$ 的植株表现为雄性不育, 其他均为雄性可育。

【解析】在杂交育种时, 利用雄性不育植株的优点是无需去雄 (注意: 雄性不育植株由于不能产生花粉, 只能作母本), 大大减轻了杂交育种的工作量, **A 正确**; 根据题意, 雄性不育系基因型为 $S(rr)$, 为了持续获得雄性不育系水稻, 应使用雄性不育系 $S(rr)$ 与保持系 $N(rr)$ 进行杂交, **B 正确**; 雄性可育的基因型有 5 种, 分别是 $N(RR)$ 、 $N(Rr)$ 、 $N(rr)$ 、 $S(RR)$ 、 $S(Rr)$, 其中 $N(RR)$ 与雄性不育系 $S(rr)$ 杂交后代基因型均为 $S(Rr)$, 可使子代恢复雄性可育特征, $N(RR)$ 自交, 后代仍为 $N(RR)$ 恢复系, 故题图中恢复系水稻的基因型可为 $N(RR)$, 通过“三系法”培育出的杂交水稻基因型为 $S(Rr)$, **C 正确, D 错误**。

3. D

【解析】若两对基因位于一对同源染色体上, 则 A 与 B 连锁, a 与 b 连锁, F_2 不会出现 $aaB'b$ (B' 由 B 突变而来) 个体, 因此两对等位基因不位于一对同源染色体上, **A 错误**; 基因突变包括碱基对的增添、缺失、替换, 题干仅表明 B 基因发生了显性突变, 无法确定突变类型为碱基对替换, **B 错误**; 两对基因独立遗传, F_1 基因型为 $AaBb$, F_2 中红眼长翅 ($A_B_$) 的基因型有 $AABB$ 、 $AABb$ 、 $AaBB$ 、 $AaBb$ 4 种, **C 错误**; F_2 中白眼卷翅雌雄个体的基因型为 $aaB'b$, 白眼卷翅雌雄个体相互杂交, 后代基因型 (表型) 及比例为 $aaB'B'$ (致死) : $aaB'b$ (卷翅) : $aabb$ (非卷翅) = $1:2:1$, 因此存活后代中卷翅个体占 $\frac{2}{3}$, **D 正确**。

4. C

【解析】该性状由一对等位基因 A/a 控制, 其遗传遵循基因的分离定律, **A 正确**; 纯合橙色花萼植株与纯合白色花萼植株杂交, F_1 全为橙色花萼, 说明橙色花萼对白色花萼为显性, F_1 基因型为 Aa , F_1 作父本时若含 a 的雄配子致死率为



50%, 则存活的雄配子类型及比例为 $A : a = 2 : 1$, 与白色花萼植株 (aa) 测交, 子代橙色花萼 (Aa) : 白色花萼 (aa) = 2 : 1, 与题干结果一致, **B 正确**; F_1 自交时, 存活雄配子中 A 占 $\frac{2}{3}$, a 占 $\frac{1}{3}$, 雌配子无致死效应, 雌配子中 A 占 $\frac{1}{2}$, a 占 $\frac{1}{2}$, 后代白色花萼 (aa) 的比例为 $\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$, 并非 $\frac{1}{3}$, **C 错误**; F_1 作母本时雌配子无致死效应, 产生的雌配子类型及比例为 $A : a = 1 : 1$, 与白色花萼植株 (aa) 杂交, 子代表型及比例为 橙色花萼 : 白色花萼 = 1 : 1, **D 正确**。

5. **A** 【解析】 F_2 表型比为 7 : 3 : 1 : 1, 是 9 : 3 : 3 : 1 的变式, 则 F_1 基因型为 $EeFf$, 与无致死相比, 其中红叶植株 ($E_F_$) 少 2 份, 紫叶植株 ($eeF_$) 少 2 份, 结合绿叶母本 (E_ff) 和紫叶父本 ($eeF_$) 可杂交得到基因型为 $EeFf$ 的 F_1 , 可知基因型为 eF 的雄配子可正常存活, 进而推测是基因型为 eF 的雌配子致死, 若 F_1 红叶植株作母本进行测交, 由于基因型为 eF 的雌配子致死, 相当于母本只能产生 EF 、 Ef 、 ef 三种雌配子, 与隐性纯合子 $eeff$ (仅产生 ef 配子) 杂交, 后代仅出现红叶、绿叶、黄叶 3 种表型, **A 错误, B 正确**; F_2 红叶植株共 7 份, 其中双杂合子 $EeFf$ 共 3 份, 因此双杂合子占 F_2 红叶植株的比例为 $\frac{3}{7}$, **C 正确**; F_2 紫叶植株基因型为 $eeFf$, 其自交时, 产生的 eF 雌配子致死, 仅 ef 雌配子参与受精, 雄配子的类型及比例为 $eF : ef = 1 : 1$, 后代基因型 (表型) 及比例为 $eeFf$ (紫叶) : $eeff$ (黄叶) = 1 : 1, 则黄叶植株占比为 $\frac{1}{2}$, **D 正确**。

易错总结

配子致死的判断与计算易错点

(1) 致死一般只影响某一性别的配子, 另一性别的配子种类和比例不受影响, 区分雌配子致死与雄配子致死需分别计算雌雄配子的种类和比例。

(2) 致死配子不参与受精, 存活配子比例需去除致死配子后重新计算, 以本题为例, 本题 eF 雌配子致死 $\rightarrow$ 双杂合子产生的有活性雌配子只有 3 种 (EF 、 Ef 、 ef), 作为母本进行测交, 后代只有 3 种表型而非 4 种。

6. **D** 【解析】由亲本基因型可知, F_1 的基因型为 $AaBb$, 由于 F_1 产生的基因型为 AB 的雄配子有 50% 的致死率, 雌配子及其他基因型的配子均正常, 所以当 F_1 作为母本时, 其测交 (即 $AaBb \times aabb$) 产生的后代中, 抗病抗倒伏个体 ($AaBb$) 所占比例为 $\frac{1}{4}$, 但 F_1 作为父本时, 其产生的有活性的雄配子的基因组成及比例为 $AB : Ab : aB : ab = \frac{1}{2} : 1 : 1 : 1 = 1 : 2 : 2 : 2$, 其测交后代中抗病抗倒伏个体占 $\frac{1}{7}$, **A、B 错误**; F_2 中抗病抗倒伏双显性个体的基因型为 $A_B_$ (包括 $AABB$ 、 $AaBB$ 、 $AaBb$ 和 $AABb$), F_1 产生的有活性雄配子类型及比例为 $AB : Ab : aB : ab = 1 : 2 : 2 : 2$, 雌配子为 $AB : Ab : aB : ab = 1 : 1 : 1 : 1$, 则 F_1 自交产生的 F_2 中, 基因型为 $A_B_$ 的个体所占比例为 $\frac{1}{7} + \frac{2}{7} \times \frac{1}{2} + \frac{2}{7} \times \frac{1}{2} + \frac{2}{7} \times \frac{1}{4} = \frac{7}{14} = \frac{1}{2}$, **C 错误**; F_2 纯合抗病抗倒伏个体的基因型为 $AABB$, 在 F_2 全部水稻中所占比例为 $\frac{1}{7} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{28}$, 在 F_2 抗病抗倒伏个体中所占比例为 $\frac{1}{28} \div \frac{1}{2} = \frac{1}{14}$, **D 正确**。

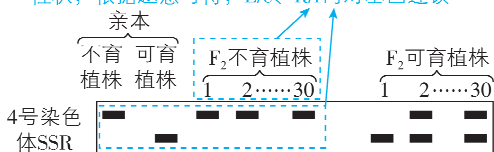


7. **B** 【解析】结合题干信息可知, F_1 中 ♀ : ♂ = 2 : 1, 雌雄比例不相等, 假设绿色叶为显性性状, 那么亲本紫色叶雌株基因型为 $X^A X^a$, 绿色叶雄株基因型为 $X^A Y$, 杂交后代基因型为 $X^A X^a$ 和 $X^a Y$, 若基因型为 $X^a Y$ 的雄株致死, 则后代应全为雌性, 不符合题意(紫色叶为显性性状, 且亲本紫色叶雌株基因型为 $X^A X^A$ 时同理); 若紫色叶为显性性状, 亲本紫色叶雌株基因型为 $X^A X^a$, 绿色叶雄株基因型为 $X^a Y$, 杂交后代基因型理论上为 $X^A X^a$ 、 $X^a X^a$ 、 $X^A Y$ 、 $X^a Y$, 由于 F_1 中 ♀ : ♂ = 2 : 1 且父本为绿色叶雄株($X^a Y$), 故可推知基因型为 $X^A Y$ 的雄株致死, **A 正确, B 错误**。 F_1 雌株基因型及其比例为 $X^A X^a$: $X^a X^a$ = 1 : 1, 产生的雌配子类型及其比例为 X^A : X^a = 1 : 3; F_1 雄株基因型为 $X^a Y$, 产生的雄配子类型及其比例为 X^a : Y = 1 : 1。由于基因型为 $X^A Y$ 的雄株致死, 因此让 F_1 雌雄株自由交配, F_2 中 ♀ : ♂ = $\left[1(X^A) \times \frac{1}{2}(X^a) \right] : \left[\frac{3}{4}(X^a) \times \frac{1}{2}(Y) \right] = 4 : 3$, **C 正确**。由上述分析可知, 紫色叶为显性性状, 理论上紫色叶雌株基因型应为 $X^A X^A$ 或 $X^A X^a$, 但由于基因型为 $X^A Y$ 的雄株致死, 故不可能出现基因型为 $X^A X^A$ 的紫色叶雌株, 因此该种群中的紫色叶雌株均为杂合子, **D 正确**。

8. **D**

题目解读

检测的 F_2 不育植株的4号染色体SSR均只有同一条带, 说明 R/r 位于4号染色体上, 且不育为隐性性状, 根据题意可得, E/e 、 R/r 两对基因连锁



- 【解析】根据题目解读可知, 雄性不育基因为隐性, 且位于4号染色体上, **A 错误**; E/e 和 R/r 都位于4号染色体上, 遗传时不遵循自由组合定律(非同源染色体上的非等位基因自由组合), 由亲本性状可知, 不育基因和白粒基因连锁, 可育基因和黑粒基因连锁, 即 E 和 R 连锁, e 和 r 连锁, 完全连锁时, $F_1(RrEe)$ 自交, 后代黑粒可育($R_E_$)占 $\frac{3}{4}$, 不是 $\frac{9}{16}$, **B、C 错误**; 若 F_1 减数分裂产生配子时, 同源染色体的非姐妹染色单体发生互换(属于基因重组), 可产生少量重组型配子 rE , 此类雌雄配子结合后就能得到少量黑粒雄性不育纯合植株($rrEE$), **D 正确**。
9. **B** 【解析】依题意, 该鼠的2号常染色体与Y染色体(非同源染色体)发生融合, 属于染色体结构变异; 同时, 两条染色体融合成一条, 导致体细胞内染色体由40条减少为39条, 发生了染色体数目变异, **A 正确**。该鼠体细胞正常染色体数为40, 一条2号染色体与Y染色体融合后总染色体数变为39。减数分裂时, 18对正常常染色体联会各形成1个四分体, 异常染色体与正常2号染色体和X染色体中的1条联会形成1个四分体, 总共形成19个四分体, 不会形成20个, **B 错误**。减数分裂时异常染色体随机分配, 最终产生的配子中含异常染色体的概率为50%, **C 正确**。正常雌鼠仅产生含X染色体的配子, 与该雄鼠配子结合后, 后代情况如下:

雄配子相关染色体组成	雄配子占比	后代性染色体组成	表型	占存活后代比例
X	$\frac{1}{8}$	XX	雌性	$\frac{2}{15}$
Y+2,2	$\frac{1}{8}$	XY	雄性	$\frac{2}{15}$
Y+2	$\frac{1}{4}$	XY	雄性	$\frac{4}{15}$
X,2	$\frac{1}{4}$	XX	雌性	$\frac{4}{15}$
2	$\frac{1}{8}$	XO	雄性(一半致死)	$\frac{1}{15}$
Y+2,X	$\frac{1}{8}$	XXY	雄性	$\frac{2}{15}$

综上,雌性个体总比例为 $\frac{2}{15} + \frac{4}{15} = \frac{2}{5}$, **D 正确**。

突破点 6 遗传系谱图的识别与综合应用

1. D

题目解读 两个家系均表现为“无中生有”(正常父母生出患病孩子),判断 USH 为隐性遗传病。
 题干已说明 USH 为常染色体遗传病,故两家系中 USH 的遗传方式均为常染色体隐性遗传。
 关键信息:USH 有多种不同致病基因(至少 10 个位点),说明不同家系的致病基因可能位于不同位点,两个家系的患病者相关基因型可能不同。

【解析】基因突变的随机性是指基因突变可以发生在生物个体发育的任何时期,可以发生在细胞内不同的 DNA 分子上,以及同一个 DNA 分子的不同部位,USH 有多种不同的致病基因,体现了基因突变的随机性, **A 正确**;由题目解读可知,两个家系中 USH 的遗传方式均为常染色体隐性遗传, **B 正确**;由题目解读可知,家系 1 和家系 2 的致病基因可能位于不同的位点,家系 1 的 II-1 与家系 2 的 II-2 婚配所生子女可能从父母双方各获得一个正常的显性基因,因此表型正常, **C 正确**;家系 1 的 II-1 的致病基因来自 I-1 和 I-2, **D 错误**。

2. D **【解析】** I-2、II-1、II-4 均患病,且 SSR 检测结果均含条带 4,故题图 2 中与致病基因紧密关联的 SSR 对应条带 4。检测正常个体(I-1、II-2、II-3)与相关基因紧密关联的 SSR 均不含条带 4,即正常个体不含致病基因,因此该病的遗传方式为显性遗传。I-2 的相关基因 SSR 检测结果有两条条带,说明相关基因位于常染色体或 X、Y 染色体的同源区段上,若致病基因位于 I-2 的 X 染色体上,则 II-2 应患病,与事实不符;若致病基因位于 I-2 的 Y 染色体上,则 II-3 应患病,也与事实不符,故该病的遗传方式为常染色体显性遗传, **A、B 正确**。若相关基因用 A/a 表示,则 II-4 的基因型为 Aa,其与正常女性(aa)结婚,生下正常孩子的概率为 $\frac{1}{2}$,生出男孩的概率为 $\frac{1}{2}$,因此,II-4 与正常女性结婚,生下正常男孩的概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, **C 正确**。结合题图可以看出,



II-2 和 II-3 的 SSR 检测结果均含有条带 3, 说明其中一个正常基因遗传自 I-2 的同一条染色体, 另一个正常基因来自 I-1 的不同染色体 (II-2 有条带 2, II-3 有条带 1), D 错误。

3. **D** 【解析】据题图和题表可知, II-3 为杂合子, 表现为患病, 因而该病为显性遗传病, 又因为 I-1 患病且不含正常基因 (显性纯合子), 而 II-5 表现正常, 故该病的遗传方式是伴 X 染色体显性遗传, **A 正确**; 结合测序结果可知, 该病的根本原因是基因序列中 G/C 变成了 C/G, 即 e 中发生碱基对的替换导致突变为 E, **B 正确**; II-6 表现为患病, 且生出了正常儿子, 因而其为杂合子, 对 II-6 个体中控制该病的等位基因测序, 应与 II-3 结果相同, **C 正确**; II-5 个体的基因型为 X^eY , II-6 个体的基因型为 $X^E X^e$, 二者再生育一个女孩, 患该病的概率是 $\frac{1}{2}$, **D 错误**。



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

伴 X 染色体显性遗传病生女患病概率的速算——“父传女 X 染色体, 女必带父 X 染色体上的基因, 母随机给女其一条 X 染色体”, 父亲无病, 则只需看母亲杂合与否, 若杂合则女儿患病概率为 $\frac{1}{2}$, 可快速得出结果。

4. **B** 【解析】人群中血友病 A 的男女患病概率不等, 说明致病基因位于 X 染色体上, 结合题图可知该病为伴 X 染色体隐性遗传病; 血友病 C 在人群中的男女患病概率相等, 说明致病基因位于常染色体上, 结合题图可知该病为常染色体隐性遗传病。乙是血友病 A (设相关基因用 A/a 表示) 女患者 (基因型为 $X^a X^a$), 其父亲的 X 染色体来自乙的祖母, Y 染色体来自乙的祖父, 乙的祖父表现正常, 基因型为 $X^A Y$, 不含血友病 A 的致病基因, **A 错误**。患者乙的家系不含血友病 C (设相关基因用 C/c 表示) 致病基因, 甲是正常男性, 基因型表示为 $CC X^A Y$; 患者丁的家系不含血友病 A 的致病基因, 且丙表现正常, 无论丙是否携带血友病 C 的致病基因 (基因型为 $CC X^A X^A$ 或 $Cc X^A X^A$), 甲与丙的子女均不会患病, **B 正确**。乙基因型为 $CC X^a X^a$, 丁基因型为 $cc X^A Y$, 二者婚配, 儿子基因型为 $Cc X^a Y$ (患血友病 A, 不患血友病 C), 女儿基因型为 $Cc X^A X^a$ (不患血友病 A、C), 故不是所有子女都患病, **C 错误**; 血友病 A、B 的控制基因都位于 X 染色体上, 位于同一条染色体上的非等位基因的遗传不遵循自由组合定律, **D 错误**。

5. **D** 【解析】由图 1 可知, 丈夫和妻子的父母均正常, 而妻子患病且丈夫的妹妹患病, 故 H、G 基因均位于常染色体上, 丈夫患病是 H 基因突变为 h 基因所致, 隐性纯合 (hh) 才患病, 丈夫的母亲基因型为 Hh, 结合题图 2 可知, h 基因为①基因, 因此丈夫含有 2 个①基因, **A 正确**; 分析图 1、2 可知, 丈夫的父亲表现正常, 说明 H 基因的某些突变, 如②基因的突变对视网膜的正常功能无影响, **B 正确**; 根据题意, 若亲本的基因型分别为 Gghh、ggHh, 子代只有基因型为 GgHh 的个体表现正常, 概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, **C 正确**; g 蛋白比 G 蛋白短, 不能说明 g 基因比 G 基因短, 若 G 基因突变为 g 基因时, 碱基对替换导致终止密码子提前出现, 翻译提前终止, 也会使



合成的蛋白质变短,但基因的碱基数目不变,**D 错误**。

易错总结

遗传咨询中遗传病再发风险评估的易错点

(1) 夫妻均患病但病因不同→后代可能同时获得两种致病基因,需分别计算每种致病基因的遗传概率,再综合评估后代患病风险。

(2) 易错:将两种不同基因突变混为一谈,忽略“遗传异质性”(不同基因突变导致相同表型)。



30 s 速解

上海交通大学 李孟泽

明确:g 蛋白比 G 蛋白短 $\neq$ g 基因比 G 基因短,可快速判断 **D 错误**。蛋白质变短的原因可能是碱基替换→提前出现终止密码子→翻译提前终止→蛋白质变短,但基因碱基数目不变。

- 6. D** 【解析】II-3 是正常女性,基因型为 EE 或 EE_2 ,正常男性基因型也为 EE 或 EE_2 。若两人基因型均为 EE_2 ,后代可能出现 E_2E_2 (患病),因此后代有患病的可能,**A 错误**。II-2 患病,且 I-2 是正常男性(只能提供 E 或 E_2),所以 II-2 的基因型只能是 E_1E 或 E_1E_2 或 E_2E_2 。若 II-2 的基因型为 E_1E ,要让 III-1 的基因型也为 E_1E ,则 II-2 提供 E_1 (若 II-2 提供 E ,则孩子基因型为 E_1E ,表现正常,不符合题图),此时 II-2 的 E_1 来自 I-1, E 来自 I-2,因此 I-1 的基因型可能为 E_1E 、 E_1E_2 (不能为 E_1E_1 ,否则 II-3 患病,不符合题图)。若 II-2 的基因型为 E_1E_2 ,要让 III-1 的基因型也为 E_1E_2 ,则 II-2 提供 E_1 ,故 I-1 的基因型仍可能为 E_1E 、 E_1E_2 。若 II-2 的基因型为 E_2E_2 ,要让 III-1 的基因型也为 E_2E_2 ,则 II-1 和 II-2 都提供 E_2 ,此时 II-2 的两个 E_2 分别来自 I-1 和 I-2,因此 I-1 必须提供 E_2 ,且 I-1 患病,基因型可能是 E_1E_2 、 E_2E_2 。综上可知,若 III-1 与 II-2 基因型相同,则 I-1 的基因型可能是 E_1E 、 E_1E_2 或 E_2E_2 ,有 3 种可能,**B 错误**。III-1 的基因型为 E_1E 、 E_1E_2 或 E_2E_2 ,正常女性的基因型为 EE 或 EE_2 ,若两者能生出患病女儿,可能的亲代基因型组合及子代患病基因型(概率)有 $E_1E \times EE \rightarrow E_1E \left(\frac{1}{2} \right)$, $E_1E \times EE_2 \rightarrow E_1E \left(\frac{1}{4} \right)$ 、 $E_1E_2 \left(\frac{1}{4} \right)$, $E_1E_2 \times EE \rightarrow E_1E \left(\frac{1}{2} \right)$, $E_1E_2 \times EE_2 \rightarrow E_1E \left(\frac{1}{4} \right)$ 、 $E_1E_2 \left(\frac{1}{4} \right)$ 、 $E_2E_2 \left(\frac{1}{4} \right)$, $E_2E_2 \times EE_2 \rightarrow E_2E_2 \left(\frac{1}{2} \right)$ 。由于 E 、 E_1 、 E_2 的基因频率未知,无法得出亲代为各基因型的概率,因此无法判断该病更可能是由哪个致病基因引起的,**C 错误**。II-1 为正常女性(基因型为 EE 或 EE_2),II-2 为患病男性,二者生育正常孩子的概率为 $\frac{1}{4}$,说明 II-1 的基因型为 EE_2 ,II-2 的基因型为 E_1E_2 (其他基因型生出正常孩子的概率不为 $\frac{1}{4}$),则二者后代的基因型(表型)及概率为 $\frac{1}{4}E_1E$ (患病)、 $\frac{1}{4}E_1E_2$ (患病)、 $\frac{1}{4}EE_2$ (正常)、 $\frac{1}{4}E_2E_2$ (患病),III-1 为患病个体,排除表现正常的 EE_2 ,III-1 可能的基因型及概率为 $\frac{1}{3}E_1E$ 、 $\frac{1}{3}E_1E_2$ 、 $\frac{1}{3}E_2E_2$,其中纯合子只有 E_2E_2 ,因此 III-1 为纯合子的概率为 $\frac{1}{3}$,**D 正确**。



7. **C** 【解析】该家系所有成员的 *MECP2* 基因均为野生型, 该病是基因拷贝数增加导致的, 并非基因突变, **A 错误**; 该基因位于 X 染色体上, 设携带 1 个正常拷贝的 X 染色体为 X^1 , 携带 2 个重复拷贝的 X 染色体为 X^2 , II_2 是男性 (X^2Y), 减数第一次分裂后同源染色体分离, 次级精母细胞若含 Y 染色体则 *MECP2* 基因拷贝数为 0, 若含 X^2 , 经过减数分裂前的间期核 DNA 复制后拷贝数为 4, **B 错误**; II_1 是女性, 总拷贝数为 3, 基因型为 X^1X^2 , 正常男性基因型为 X^1Y , 二者婚配, 后代基因型及概率为 $\frac{1}{4}X^1X^1$ 、 $\frac{1}{4}X^1X^2$ 、 $\frac{1}{4}X^1Y$ 、 $\frac{1}{4}X^2Y$, 其中正常男孩 (X^1Y) 的概率为 $\frac{1}{4}$, **C 正确**; 适龄生育主要用于降低高龄生育导致染色体数目异常遗传病的概率, 该病是染色体结构变异导致的遗传病, 适龄生育无法预防该遗传病的发生, **D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

转化思想: 将“X 染色体上基因拷贝数‘看作’等位基因”。把含 1 个正常拷贝的 X 染色体记为 X^1 , 含 2 个重复拷贝的 X 染色体记 X^2 , 问题瞬间变成普通伴 X 染色体遗传: 分析 C 项, II_1 基因型为 X^1X^2 , 正常男性基因型为 X^1Y , 子女基因型及概率为 $\frac{1}{4}X^1X^1$ 、 $\frac{1}{4}X^1X^2$ 、 $\frac{1}{4}X^1Y$ 、 $\frac{1}{4}X^2Y$, 生正常男孩 (X^1Y) 的概率为 $\frac{1}{4}$, 可以判断 C 项正确。

8. **C** 【解析】该病为 X、Y 染色体同源区段隐性遗传病 (“无中生有”为隐性, $II-5$ 和 $II-6$ 正常但生育出患病女儿, 为隐性遗传病), 设致病基因为 a, 正常基因为 A, $II-1$ (患病) 基因型为 X^aY^a , 说明其父亲 $I-1$ (正常) 基因型为 X^AY^a , 母亲 (正常) 基因型为 X^AX^a , $II-2$ 染色体组成为 XYY 但未患该病, 两个 Y 染色体一定来自父亲 $I-1$, 致病基因 a 位于 Y 染色体上, 同时说明 X 染色体上为基因 A, 因此其致病基因来自 $I-1$; $II-2$ 的基因型为 $X^AY^aY^a$, 细胞分裂间期染色体复制后, 细胞内最多可有 4 个致病基因, **A 错误**。由于 $III-3$ 患病, 基因型为 X^aX^a , 所以 $II-5$ 基因型为 X^aY^A , $II-6$ 基因型为 X^AX^a , $III-2$ 的 Y 染色体一定来自 $II-5$ (Y 染色体携带基因 A), 则其基因型及概率为 $\frac{1}{2}X^aY^A$ 、 $\frac{1}{2}X^aY^a$, 产生含 X^a 配子的概率为 $\frac{1}{4}$; $I-1$ 基因型为 X^AY^a , $I-2$ 基因型为 X^AX^a , $II-3$ (正常) 基因型及概率为 $\frac{1}{2}X^AX^a$ 、 $\frac{1}{2}X^AX^A$, $II-4$ (正常) 基因型为 X^AY^- 或 X^aY^A 。①若 $II-4$ 基因型为 X^AY^- , 则 $III-1$ 基因型及概率为 $\frac{3}{4}X^AX^A$ 、 $\frac{1}{4}X^AX^a$, 产生含 X^a 配子的概率为 $\frac{1}{8}$; $III-1$ 和 $III-2$ 的后代中只有 X^aX^a 基因型个体会患病, 因此 $IV-1$ 的患病概率为 $\frac{1}{8} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32}$ 。②若 $II-4$ 基因型为 X^aY^A , 则 $III-1$ 基因型为 X^AX^a , 产生含 X^a 配子的概率为 $\frac{1}{2}$; $III-2$ 产生含 X^a 配子的概率为 $\frac{1}{4}$, 因此 $IV-1$ 的患病概率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$, **B 错误**。 $II-2$ 基因型为 $X^AY^aY^a$, 根据题意计算



配子:有 75% (即 $\frac{3}{4}$) 的概率 Y^a 与 Y^a 之间发生联会, Y^a 联会后分离, X^A 随机移向一极, 产生配子类型及比例为 $X^A Y^a : Y^a = 1 : 1$, 即 $P(X^A Y^a) = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$, $P(Y^a) = \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$; 有 25% (即 $\frac{1}{4}$) 的概率 Y^a 与 Y^a 之间不联会, 即 X^A 、 Y^a 联会, 另一条 Y^a 染色体随机移向一极, 产生 X^A 、 Y^a 、 $X^A Y^a$ 、 $Y^a Y^a$ 四种配子, 各占 $\frac{1}{4}$, 即 $P(X^A) = P(Y^a) = P(X^A Y^a) = P(Y^a Y^a) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$; 合并后配子类型及比例为 $X^A : Y^a : X^A Y^a : Y^a Y^a = 1 : 7 : 7 : 1$ 。和 II-6 基因型相同的女性基因型为 $X^A X^a$, 产生配子类型及概率为 $\frac{1}{2} X^A$ 、 $\frac{1}{2} X^a$ 。子代未患病且染色体正常的概率为 $\frac{1}{16} + \frac{7}{16} \times \frac{1}{2} = \frac{9}{32}$, 子代中未患病概率为 $\frac{9}{32} + \left(\frac{7}{16} + \frac{1}{16} \times \frac{1}{2}\right) = \frac{24}{32}$, 因此未患该病子代中染色体正常的概率为 $\frac{9}{32} \div \frac{24}{32} = \frac{3}{8}$, **C 正确**。产前诊断是胎儿出生前的检测手段 (如羊水穿刺、基因检测等), 遗传咨询不属于产前诊断方式, **D 错误**。

突破点 7 遗传信息的流动及基因表达调控分析

- D** 【解析】DNA 甲基化修饰是可以遗传的, **A 错误**; 两个基因重叠区域碱基序列虽相同, 但转录的模板链不一定相同, 或因 mRNA 中起始密码子的位置不同, 所以重叠序列对应的密码子不一定相同, 导致编码的氨基酸序列不同, **B 错误**; 酶 2 是 DNA 聚合酶, 酶 3 是 RNA 聚合酶, **C 错误**; 转录时 mRNA 的延伸方向是由 5' 端到 3' 端, 并与 DNA 模板链反向平行, 所以 M 链左端为 DNA 单链的 5' 端, 并且有一个游离的磷酸基团, **D 正确**。
- D** 【解析】该 mRNA 的 3' 端存在不编码氨基酸的 S 序列, 除此之外 mRNA 还可能不存在不被翻译的调控区域, 因此该 mRNA 中碱基数量与其指导合成的肽链中氨基酸数量的比值大于 3, **A 不符合题意**; 翻译过程至少需要 mRNA (模板)、tRNA (转运氨基酸)、rRNA (核糖体组成成分) 共 3 种 RNA 的参与, 该过程需要消耗能量, **B 不符合题意**; S 序列是茎环结构, 起到招募 tRNA 的作用, 不编码氨基酸, 翻译最终需要终止密码子终止翻译, 因此该 mRNA 除编码硒代半胱氨酸的 UGA 外, 还可能存在一个行使终止功能的 UGA, 即 mRNA 可能含两个功能不同的 UGA, **C 不符合题意**; 密码子的简并性是多种不同密码子编码同一种氨基酸的现象, 本题中是同一个密码子 UGA 具有终止翻译、编码硒代半胱氨酸两种不同功能, 不属于密码子的简并性, **D 符合题意**。

知识拓展 密码子的多功能性

(1) 硒蛋白的翻译需要特殊的茎环结构 (S 序列) 招募 Sec-tRNA 到密码子 UGA 处, 实现翻译。

(2) 密码子的简并性是指多种密码子编码同一种氨基酸的现象, 与 UGA 的双功能 (终止翻译、编码氨基酸) 是不同概念。

- B** 【解析】lncRNA 在细胞核内可参与染色质修饰 (如 DNA 甲基化) 和启动子调控等, 在细胞质中可调控 mRNA 的稳定性等, 因此作用场所包括细胞核和细胞质, **A 正确**; 题干明确说明 lncRNA 可通过“改变染色质 DNA 的甲基化状态”



“招募蛋白复合物”“促进或抑制 mRNA 降解”等多种机制调控基因表达,并非均通过与 DNA 序列互补配对控制基因的表达,**B 错误**;DNA 甲基化是在碱基上添加甲基基团($-\text{CH}_3$),属于表观遗传修饰,不改变 DNA 的碱基排列顺序,**C 正确**;lncRNA 可通过抑制 mRNA 降解或促进转录(如招募激活因子)导致基因过量表达等,使相应蛋白质合成增加,进而改变生物体性状,**D 正确**。

**30 s 速解**

北京大学 徐欧翔

锚定关键词,信息题中遇到带“均”“都”“只”字的选项,回题干中找反例。如本题题干给出了 lncRNA 的多种机制:改变染色质 DNA 的甲基化状态、招募蛋白复合物、促进或抑制 mRNA 降解,其中“改变染色质 DNA 的甲基化状态”和“招募蛋白复合物”并不依赖与 DNA 序列互补配对。B 项说“均通过与 DNA 序列互补配对”,很显然是错误的。

4. **D** 【解析】PcG 使组蛋白甲基化和染色质凝集,影响 RNA 聚合酶与 DNA 分子的结合,抑制了基因表达,**A 正确**。细胞增殖失控可由基因突变(如原癌基因或抑癌基因发生突变)引起;根据题意“基因沉默蛋白(PcG)缺失引起染色质变化,导致细胞增殖失控而形成肿瘤”可知,细胞增殖失控也可由染色质变化引起,**B 正确**。原癌基因表达的蛋白质是细胞正常的生长和增殖所必需的,因此“促进细胞分裂蛋白”可能是原癌基因控制合成的,**C 正确**。表观遗传的核心特点是 DNA 的碱基序列不改变,但基因表达和表型发生可遗传变化,由题意可知,染色质重塑并没有改变 DNA 的结构,**D 错误**。

**15 s 速解**

北京大学 徐欧翔

贯彻表观遗传十二字原则:序列不变、表达可变、可以遗传。D 项说染色质重塑“使 DNA 的结构改变”,直接判错。

5. **A** 【解析】题述双链 DNA 可以指导 Neo 蛋白合成,能表达出相应性状,因此具有遗传效应,**A 正确**;翻译终止时,终止密码子没有对应的 tRNA,不会发生和 tRNA 的配对,**B 错误**;噬菌体侵染细菌后,以自身 DNA 为模板,利用细菌提供的氨基酸、脱氧核苷酸、能量等合成自身组分,不会直接从细菌中获取现成的 DNA,**C 错误**;逆转录过程中会发生氢键(碱基互补配对)和磷酸二酯键(连接脱氧核苷酸)的形成,**D 错误**。

6. **D****题目解读****蓝光调控的乳糖操纵子系统**

(1) 黑暗条件下:阻遏蛋白不结合操纵基因 $O \rightarrow$ RNA 聚合酶与启动子 P 结合 $\rightarrow$ GFP 基因正常表达。

(2) 蓝光条件下:阻遏蛋白构象改变 $\rightarrow$ 与 O 结合紧密 $\rightarrow$ 阻碍 RNA 聚合酶与 P 结合 $\rightarrow$ GFP 基因不表达。

关键:蓝光改变的是蛋白质空间结构(构象),而非氨基酸序列。

【解析】蓝光可改变阻遏蛋白的空间结构,不会改变阻遏蛋白的氨基酸排列顺序,**A 错误**;黑暗条件下,阻遏蛋白不结合操纵基因 O,不会阻碍 RNA 聚合酶与 P 结合,下游基因正常表达,**B 错误**;蓝光条件下阻遏蛋白构象改变,会与 O 结合紧密,阻碍 RNA 聚合酶与 P 结合,GFP 基因无法正常表达,**C 错误**;该系统是蓝光调控的基因表达系统,GFP 属于报告基因,实际生产中可将 GFP 替换为目的蛋白基因,实现蓝光调



控目的基因的表达，**D 正确**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

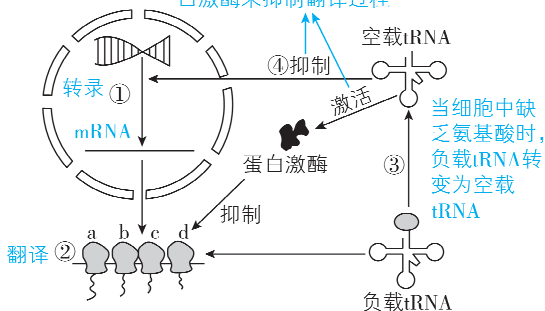
要有“报告基因可替换”的基因工程思维。*GFP* 基因在此系统中只是“信号灯”(报告基因)，把 *GFP* 基因换成任何目的蛋白基因，蓝光开关仍可发挥作用(基因工程的经典操作)，**D 选项正确**。

7. **D** 【解析】“帽”能引导核糖体准确结合到 mRNA 上，核糖体从 mRNA 的 5' 端开始翻译过程，因此真核细胞中成熟 mRNA 的“帽”位于 mRNA 的 5' 端，**A 正确**；流感病毒以病毒 RNA 为模板合成 mRNA 的过程也称转录，会出现 A—U、U—A 配对的情况，**B 正确**；由题干可知，流感病毒的 RNA 聚合酶依靠 PB2 识别并结合“帽”来进行转录，而“帽”又能引导核糖体准确结合到 mRNA 上进行翻译，所以宿主的“帽”可帮助流感病毒进行病毒基因的转录和翻译，**C 正确**；昂拉地韦结构与“帽”类似，它作用于 PB2，是与 PB2 结合，而不是与 PB2 竞争结合宿主的“帽”，**D 错误**。

8. **A**

题目解读

空载 tRNA 作用：抑制核基因转录；激活蛋白激酶来抑制翻译过程



【解析】当细胞中缺乏氨基酸时，空载 tRNA 增多，对核基因转录的抑制作用加强，相应 mRNA 合成减少，从而有效避免细胞内物质和能量的浪费，**A 正确**；终止子位于 DNA 上，终止转录过程，mRNA 上有终止密码子，题图中翻译方向为从右到左，mRNA 上的终止密码子与 a 核糖体距离最近(易错：终止子位于 DNA 上，终止密码子位于 mRNA 上，两者的作用不同)，**B 错误**；题图所示②过程中多个核糖体可合成多条多肽链，因此，用少量的 mRNA 分子就可以迅速合成大量的蛋白质，提高翻译的效率，**C 错误**；由题目解读可知，当缺乏氨基酸时，空载 tRNA 通过两条途径调控基因表达，**D 错误**。

9. **D** 【解析】题图中明确标注 COL5A1 蛋白可促进癌细胞转化与转移，而非抑制，**A 错误**；被 NAT10 蛋白乙酰化修饰后的 mRNA 可以正常翻译出 COL5A1 蛋白，翻译并未被抑制，**B 错误**；基因表达包括转录和翻译两个阶段，②是 mRNA 的乙酰化修饰，不属于基因表达过程，**C 错误**；由题图可知，未被乙酰化修饰的 mRNA 会被降解，被乙酰化修饰的 mRNA 能够保留并完成翻译，说明该修饰提高了 mRNA 的稳定性，**D 正确**。

突破点 8 可遗传变异的类型与结果判断

1. **B** 【解析】低温可抑制细胞分裂前期纺锤体的形成，导致着丝粒分裂后产生的子染色体无法移向细胞两极，细胞不能完成分裂，最终细胞中染色体数目加倍，**A 正确**。染色体片段位置颠倒属于染色体结构变异中的倒位，会改变基因的排列顺序，通常不改变基因数目，但如果倒位的断裂点位于某



个基因内部,会破坏该基因的结构,**B 错误**。紫外线照射引发染色体片段缺失后,该片段上的基因也随之丢失,对比缺失前后生物的性状差异或者杂交后代表型及比例,可研究该片段上基因的功能,**C 正确**。若片段交换发生在同源染色体的非姐妹染色单体之间,发生的变异属于基因重组;若片段交换发生在非同源染色体之间,发生的变异属于染色体结构变异中的易位,**D 正确**。

2. **C** 【解析】EMS 能使 DNA 中碱基 G 发生烷基化修饰后与 T 配对,经过 2 次 DNA 复制后,原 G—C 碱基对会被替换为 A—T 碱基对,**A 正确**; *CLH2* 基因通过编码叶绿素水解酶,调控叶绿素的分解量进而控制叶片颜色,体现了基因可以通过控制酶的合成控制生物性状,**B 正确**;叶绿素水解酶的功能是分解叶绿素,若该酶失活则叶绿素分解受阻,叶片会因叶绿素含量升高而表现为深绿色,植株乙的黄色叶片是叶绿素被大量分解的结果,对应酶未失活,**C 错误**;EMS 处理同一批野生型种子,获得了深绿色叶片、黄色叶片两种不同性状的突变体,说明基因突变的方向是不确定的,即体现了基因突变的不定向性,**D 正确**。



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

叶绿素水解酶=叶绿素的“拆迁队”,该酶失活→“拆”不动→叶绿素堆积→深绿色;酶活跃→“狂拆”→叶绿素大量减少→黄色。可直接判断 C 错误。

3. **B** 【解析】染色体发生大规模、灾难性的断裂后随机重接,可能导致染色体结构的缺失、重复、倒位,若断裂片段移接到非同源染色体上,还会发生易位,**A 正确**;3 号染色体碎裂后,若发生片段的缺失或重复,会改变基因的数目,发生倒位通常不改变基因的数目,但会改变基因的排列顺序,**B 错误**;抑癌基因 *RB1* 的失活、原癌基因 *PIK3CA* 的过度激活,都可能导致细胞癌变,染色体片段重接可能会导致上述基因结构或表达异常,引发细胞癌变,**C 正确**;核型分析只能观察染色体的形态和数目,无法检测具体的断裂点和连接点,全基因组测序可检测这些细节,**D 正确**。



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

A 项与 B 项相互矛盾,答案一定出现在这两个选项中。根据题干信息,染色体碎裂是染色体发生断裂后随机重接的现象,可能出现染色体结构变异中的缺失(基因数减少)、重复(基因数增多)、倒位(基因数通常不变)、易位(总基因数通常不变),则基因数目不一定改变,B 项错误。

4. **A** 【解析】由题图可知,造血干细胞内发生非同源染色体之间的片段交换,属于染色体结构变异中的易位,**A 错误**; *BCR* 和 *ABL* 基因融合后,表达出的 *BCR-ABL* 融合蛋白具有酪氨酸激酶活性,可通过促进 CP 磷酸化,最终导致白细胞异常增多,这体现了基因通过控制酶的合成进而间接控制生物的性状,**B 正确**;ATP 的结构中,末端磷酸基团具有较高的转移势能,容易挟能量与其他分子结合,可使底物(CP)磷酸化而被激活,**C 正确**; *BCR-ABL* 融合蛋白具有酪氨酸激酶活性,由题图可知,其发挥作用时需要先结合 ATP,再将 ATP 末端的磷酸基团转移给 CP,若靶向药物能竞争性结合该融合蛋白的 ATP 结合位点,就可阻止 ATP 与该融合蛋白结合,从而抑制 CP 的磷酸化使其不被激活,最终抑制白细胞异常增



多,可以达到治疗效果,**D 正确**。

**30 s 速解**

北京大学 徐欧翔

用“同源与否”判断变异类型。题图显示片段交换发生在非同源染色体之间(9号与22号),即非同源染色体片段交换=易位=染色体结构变异,不是基因重组,同源染色体非姐妹染色单体间片段互换才属于基因重组,A项错误。

- 5. D** 【解析】题图中①属于基因突变,若B基因发生碱基的替换突变成b基因,则B、b基因的碱基数目相同,若B基因发生碱基的缺失或增添突变成b基因,则B、b基因的碱基数目不同(注意:通常情况下,基因突变不改变基因的位置和数目),**A 正确**;题图中②属于染色体结构变异中的缺失,染色体变异在高倍显微镜下可以观察到,**B 正确**;题图中③属于染色体数目变异,可以用秋水仙素或低温处理,形成的两个个体是四倍体,与二倍体甲存在生殖隔离,属于新物种,**C 正确**;题图中丙的基因型为BBbb,产生的配子基因型及比例为BB:Bb:bb=1:4:1,故丙自交后代中基因型为bbbb的个体所占比例为 $\frac{1}{36}$,**D 错误**。

**30 s 速解**

北京大学 徐欧翔

结论速记:无特殊条件下,同源四倍体(BBbb型)产生的配子类型及比例为BB:Bb:bb=1:4:1,隐性纯合后代占比=隐性配子占比的平方。

- 6. C** 【解析】由题意可知,该三体植株减数分裂I后期,三条同源染色体中两条移向一极、一条移向另一极,减数分裂I结束后产生的两个子细胞染色体数分别为 n 、 $n+1$,减数分裂II后期着丝粒分裂,染色体数目暂时加倍,这两个细胞分别含 $2n$ 、 $2n+2$ 条染色体,并非均为 $2n$ 条,**A 错误**;减数分裂I后期同源染色体分离,三体的三条同源染色体分配不均衡,细胞两极染色体数目为 n 和 $n+1$,即数目不相等,**B 错误**;该植株产生的雌、雄配子中 n 型和 $n+1$ 型各占 $\frac{1}{2}$,配子随机结合,后代正常二倍体($2n$)占 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$,三体($2n+1$)占 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$,四体($2n+2$)占 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$,三者理论比例为1:2:1,**C 正确**;正常二倍体仅能产生 n 型配子,与该植株杂交后代仅能出现正常二倍体和三体,不会出现四体植株,四体植株占比为0,**D 错误**。

- 7. D** 【解析】分析题图可知,基因A和a分别位于一对同源染色体上,且未发生互换,故等位基因A和a在减数分裂I后期随同源染色体的分离而分离,**A 正确**。该变异是同源染色体的非姐妹染色单体间发生的片段互换,会导致染色单体上的非等位基因重新组合,属于基因重组,**B 正确**。该雄果蝇的基因型为AaBb,已知有40%的初级精母细胞发生题图所示的互换,假设共有100个初级精母细胞,其中40个发生题图所示互换,这40个初级精母细胞产生的配子(160个)中,aB和ab型配子各有 $160 \times \frac{1}{4} = 40$ (个);未发生互换的初级精母细胞有 $100 - 40 = 60$ (个),产生的ab型配子有 $240 \times \frac{1}{2} = 120$ (个)。总共产生的配子数为400个(一个初级精母



细胞减数分裂产生四个精细胞), 所以产生的 ab 型配子的比例为 $\frac{40+120}{400} \times 100\% = 40\%$, aB 型配子的比例为 $\frac{40}{400} \times 100\% = 10\%$; 雌果蝇不发生此类互换, 故基因型同为 $AaBb$ 的雌果蝇产生 AB 和 ab 两种配子, 比例为 $1:1$, 与该雄果蝇杂交后代中残翅黄身 ($aabb$) 的占比为 $40\% \times \frac{1}{2} = \frac{1}{5}$, **C 正确, D 错误**。

要点归纳**染色体互换与配子概率计算**

(1) 染色体互换发生在减数第一次分裂前期(同源染色体非姐妹染色单体间);

(2) 交换率 = 交换型配子数 $\div$ 总配子数 $\times 100\%$, 若有 40% 的初级精母细胞发生一次染色体互换, 则交换型配子比例 = $40\% \div 2 = 20\%$;

(3) 发生一次染色体互换的初级精母细胞产生 4 种配子(2 种亲本型 + 2 种重组型), 未发生互换的产生 2 种亲本型配子。

8. **A** 【解析】正常雌株 ($Z^f W^F$) 产生 Z^f 和 W^F 两种配子, 雄株 ($Z^f Z^f$) 只产生 Z^f 配子, 含完整 F 基因的 W^F 配子与 Z^f 配子结合, 形成 $Z^f W^F$ (雌株), 不含 F 基因的 Z^f 配子与 Z^f 配子结合, 形成 $Z^f Z^f$ (雄株), 因此正常雌雄株杂交, 后代雌株: 雄株 = $1:1$, **A 正确**。雌株 A 的 Z 、 W 染色体发生题图示交换后, 会产生部分携带缺失或重复片段的配子, 这类配子无存活能力; 能存活的配子, 要么含完整 F 基因, 要么含完整 f 基因, 不会产生只含部分 F 基因的配子, 因此后代不会出现雌雄同株, **B 错误**。题图示倒位仅改变染色体上基因的排列顺序, 不会改变基因的数量, 因此 W 染色体上基因数量不变, **C 错误**。题图示 ZW 染色体间的倒位现象虽会产生部分无存活能力的配子, 但能存活的配子仍正常参与受精, 子代仍发育为雌株或雄株, 不会出现雌雄同株个体, 因此种群性别决定的稳定性并未降低, **D 错误**。

突破点 9 基因频率的变化与进化

1. **C** 【解析】隔离是物种形成的必要条件, **A 错误**; 种群基因频率改变仅标志生物发生进化, 出现生殖隔离才是新物种形成的标志, **B 错误**; 自然选择决定生物进化的方向, 会使种群的基因频率发生定向改变, **C 正确**; 突变和基因重组为进化提供原材料, 自然选择才决定进化方向, **D 错误**。

要点归纳**地理隔离与物种形成的关系**

(1) 地理隔离阻止自然条件下的基因交流, 不同环境的选择压力使两个种群的基因频率向不同方向变化。

(2) 物种形成的标志是生殖隔离, 地理隔离是物种形成的外部条件之一, 但并非所有地理隔离都会导致新物种形成。

2. **D** 【解析】特异性的 DNA 探针检测(如荧光原位杂交技术), 可通过探针与同源染色体进行杂交, 直接观察同源染色体上的荧光信号, 若只有一条同源染色体出现倒位信号, 说明倒位发生在同源染色体中的一条上; 若两条同源染色体都出现倒位信号, 说明倒位发生在同源染色体中的两条上, **A 不符合题意**。该倒位频率冬季高、夏季低, 呈现明显的季节性变化, 说明冬夏不同的环境条件影响了该倒位的频率, **B 不符合题意**。据题干分析, 该倒位区域包含多个与耐寒性相关的基因, 冬季倒位频率升高, 说明携带该倒位变异的个体低温适应性更强, 更易在冬季存活, **C 不符合题意**。变异是不定向的, 且染色体倒位变异本身在低温环境发挥作用前就



已经存在,冬季倒位频率升高是低温(自然选择)淘汰了耐寒性差的非倒位个体的结果,并非低温诱导更多个体发生倒位变异,**D** 符合题意。

知识拓展 基因探针的原理与应用

(1) 核心原理:碱基互补配对,探针能与待测样本中的特定 DNA(或 RNA) 序列特异性结合,形成杂交分子。

(2) 应用:①基因工程中筛选目的基因;②检测特定染色体结构变异(如倒位、缺失);③遗传病的产前诊断。



15 s 速解

上海交通大学 李孟泽

看到题干中描述的环境诱导变异即可判断该选项错误,本题可直接选 **D** 项。

3. **B** 【解析】适应是自然选择的结果,可遗传的有利变异和环境的定向选择是适应形成的必要条件(要点:适应性和自然选择是关联的,生物的适应性是自然选择的结果),**A** 正确;由题干信息可知,适应辐射现象表现为由一个祖先物种进化产生各种各样的新物种,从而适应不同的环境,传粉者熊蜂种群中不同个体的形态表现出多样性,只是同一物种内部不同个体形态的多样性,未形成新物种,不能体现适应辐射现象,**B** 错误;分析题图,横坐标表示熊蜂体长,纵坐标表示鼠尾草花冠长度,当熊蜂体长较大时,鼠尾草花冠长度较小,两者大致呈负相关,**C** 正确;题图产生的原因可能是熊蜂体长越长,越难以完全进入鼠尾草花冠内吸取花蜜,从而影响传粉,即自然选择使熊蜂体长与鼠尾草花冠长度大致呈负相关,**D** 正确。

4. **D** 【解析】初始种群中, A 基因频率 = AA 基因型频率 + $\frac{1}{2}$ Aa 基因型频率 = $10\% + \frac{1}{2} \times 20\% = 20\%$, 则 a 基因频率为 80% , **A** 错误;新物种形成的标志是产生生殖隔离,在疟疾流行区,携带抗疟基因的按蚊具有生存优势,但这并不意味着按蚊一定会定向进化为只含 A 基因的新物种, **B** 错误;若疟疾被消灭,此时在非疟疾环境下, aa 基因型个体的适应度最高,种群会发生进化,不能用遗传平衡定律来计算子代的基因型频率,即疟疾被消灭后初始种群自由交配形成的子代中 Aa 的基因型频率不一定为 0.32 (易错:种群非常大、所有雌雄个体间都能自由交配并产生可育后代、没有迁入和迁出、没有自然选择、没有突变等理想条件下才能用遗传平衡定律计算基因型频率), **C** 错误;携带抗疟基因的按蚊在疟疾流行区具有显著生存优势,但在非疟疾环境下生殖力下降,这说明生物的适应性是相对的,同时,环境不同(疟疾流行区和非疟疾环境),按蚊的进化方向会发生变化(在疟疾流行区含抗疟基因的按蚊有优势,在非疟疾环境下无抗疟基因的按蚊有优势),即进化方向会随环境变化而变化, **D** 正确。

5. **C** 【解析】进化的本质是种群基因频率的定向改变,突变对进化的贡献不取决于突变类型(错义或同义),乙蟹 B 基因的同义突变虽不改变氨基酸序列,但启动子存在插入片段导致表达量提升,增强外骨骼硬度以适应环境,该突变被自然选择保留,对进化的贡献未必小于甲蟹 A 基因的错义突变, **A** 错误。两种蟹 C 基因编码序列不变,但调控序列存在碱基替换,改变了基因高表达的部位,这种可遗传的调控序列改变,会改变表型,可以被自然选择作用,属于进化范畴, **B** 错误。自然选择具有方向性,甲蟹栖息的潮间带盐度波动大,



渗透压调节能力强的 A 基因突变表型(错义突变导致的细胞渗透压调节能力增强)被定向选择;乙蟹栖息的环境天敌以章鱼为主,外骨骼硬度较高的 B 基因突变表型(同义突变导致的基因 B 表达量提升使外骨骼硬度增强)被定向选择,二者均体现自然选择对基因表型效应的定向筛选, **C 正确**;基因突变具有不定向性和随机性,潮间带盐度波动只是起选择作用,不能定向诱导适应性突变, **D 错误**。

知识拓展 基因编码序列和调控序列的区别与联系

	基因编码序列	调控序列
功能	决定蛋白质的氨基酸种类和排列顺序,相当于“生产图纸”,若发生错义突变,会直接改变氨基酸序列,进而影响蛋白质功能	不编码蛋白质,而是控制基因在何时、何地进行表达,以及表达量的多少,相当于“开关和音量旋钮”
二者关联	①均属于 DNA 序列,均可遗传,发生的变异都能为进化提供原材料; ②调控序列的变异可改变基因的表达量(如本题乙蟹 B 基因启动子存在插入片段)以及基因表达的组织特异性(如本题甲蟹和乙蟹中 C 基因的表达差异)等; ③进化中调控序列的改变往往更“灵活”:在不破坏蛋白质原有功能的前提下,通过调整表达模式来适应新环境(如本题乙蟹 B 基因启动子存在插入片段使外骨骼变硬,甲蟹 C 基因在鳃中高表达,乙蟹 C 基因在肌组织中高表达)	

6. **C** 【解析】雄性个体的 X 染色体仅来自上一代雌性个体, Y 染色体上无 B、b 基因,因此雄性个体的 b 基因频率取决于上一代雌性产生的配子中 b 的比例,即与上一代雌性个体的 b 基因频率相等, **A 正确**。雌性个体的两条 X 染色体一条来自上一代雌性,一条来自上一代雄性。亲代基因型为 $X^B X^B$ 和 $X^b Y$ (雌性个体 b 基因的频率为 0,雄性个体 b 基因频率为 1,种群中 b 基因频率为 $\frac{1}{3}$),子一代基因型为 $X^B X^b$ 和 $X^B Y$ (雌性个体 b 基因的频率为 $\frac{1}{2}$,雄性个体 b 基因频率为 0,种群中 b 基因频率为 $\frac{1}{3}$),随机交配,子二代基因型及比例为 $X^B X^B : X^B X^b : X^B Y : X^b Y = 1 : 1 : 1 : 1$ (雌性个体 b 基因的频率为 $\frac{1}{4}$,雄性个体 b 基因频率为 $\frac{1}{2}$,种群中 b 基因频率为 $\frac{1}{3}$),子三代基因型及比例为 $X^B X^B : X^B X^b : X^b X^b : X^B Y : X^b Y = 3 : 4 : 1 : 6 : 2$,则子三代雌性个体中 b 基因的频率为 $\frac{3}{8}$,雄性个体中 b 基因的频率为 $\frac{2}{8}$,种群中 b 基因频率为 $\frac{1}{3}$ 。综上可知,雌性个体的 b 基因频率总是等于上一代雌、雄 b 基因频率的平均值, **B 正确**。相关基因伴 X 染色体遗传,种群需经过多代随机交配才能达到遗传平衡,子三代首次出现 $X^b X^b$ 时,种群尚未达到遗传平衡,后续随机交配过



程中 X^bX^b 的基因型频率会继续变化,直至达到平衡后才保持稳定,**C 错误**。该种群随机交配,无突变、自然选择、迁入和迁出等改变基因频率的因素,因此整个种群中 B 基因频率始终为 $\frac{2}{3}$, b 基因频率始终为 $\frac{1}{3}$,**D 正确**。

要点归纳

满足遗传平衡定律的基本条件:种群足够大,所有个体随机交配并产生可育后代,无突变、自然选择、迁入和迁出以及种群间的基因交流等。

**1 min 速解**

北京大学 徐欧翔

随机交配且无自然选择、突变时,整个群体 b 基因频率恒为 $\frac{1}{3}$ 不变(**D 项正确**),但雌、雄个体中各自的 b 基因频率并不立刻等于 $\frac{1}{3}$,而是逐代接近 $\frac{1}{3}$:子一代雌 $\frac{1}{2}$ 雄 0 ,子二代雌 $\frac{1}{4}$ 雄 $\frac{1}{2}$,子三代雌 $\frac{3}{8}$ 雄 $\frac{1}{4}$ 。遗传平衡的标志是种群的等位基因频率和基因型频率在世代传递中保持不变,子三代首次出现基因型 X^bX^b , X^bX^b 的基因型频率会在后续随机交配过程中继续变化。可判断出 **C 错误**。

突破点 10 兴奋传递或传导的影响分析

- D** 【解析】突触可通过神经递质的作用使下一个神经元兴奋或抑制,人工神经网络可通过模拟突触实现调控,**A 不符合题意**;神经网络具有层次结构,高级神经中枢对相应的低级中枢进行调控,实现神经系统的分级调节,人工神经网络可模拟这一特点,**B 不符合题意**;人工神经网络通过训练调整节点连接权重的过程,模拟了神经元之间的连接可以通过学习和训练重构的特点,**C 不符合题意**;神经元之间的信号传递需要经过神经递质在突触间隙中的扩散过程,而人工神经网络的信号传递为数字信号的传输,无需模拟该扩散过程,**D 符合题意**。
- B** 【解析】甜味分子和苦味分子引起相应感觉的过程未经过完整的反射弧,所以不属于反射,**A 正确**;题图中①结构与突触相似,兴奋在突触处的传递形式是“电信号→化学信号→电信号”,而不仅是化学信号,兴奋在②处(神经纤维)的传导形式是电信号,**B 错误**;题图显示,味蕾上深色的 TC 感应到甜味后将信号传导至脑干的深色区域(即甜味神经元),进而传导至 CeA 区域,味蕾上浅色的 TC 感应到苦味后将信号传导至脑干的浅色区域(即苦味神经元),进而传导到 GCbt 区域,该区域可以促进脑干的苦味神经元进一步感知苦味,同时还能抑制脑干深色区域(即甜味神经元)感知甜味,所以“苦尽”才能“甘来”,**C 正确**;CeA 区域不能抑制脑干中苦味神经元的作用,所以苦药加糖后,仍然能感觉到苦味,**D 正确**。
- B** 【解析】SNS 不一定使内脏器官的活动加强,PNS 不一定使内脏器官的活动减弱,如 SNS 抑制胃肠蠕动,PNS 促进胃肠蠕动,**A 错误**;SNS 释放去甲肾上腺素作用于 PNS 神经元的过程发生在突触结构,突触处兴奋传递时会发生电信号→化学信号→电信号的转化,**B 正确**;同一种神经递质若结合的受体类型不同,对突触后膜的作用效果可能不同,**C 错误**;乙酰胆碱与 M 型乙酰胆碱受体结合后会抑制 Na^+ 内流,抑制 SNS 神经元产生动作电位,会使 SNS 释放的神经递

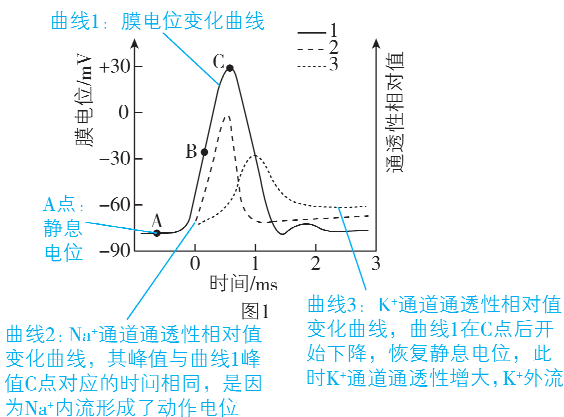


质数量减少, **D** 错误。

4. **D** 【解析】结合题图可知, AEA 由突触后神经元释放作用于突触前膜的受体 (关键: GABA 是抑制性神经递质, 神经递质由突触前膜的突触小泡释放, 作用于突触后膜, 据此可知 AEA 受体位于突触前膜), **A** 正确; 题意显示, AEA 抑制突触前膜释放 GABA, 解除对非印记神经元的抑制, 进而使其转变为印记神经元, **B** 正确; 印记神经元数量和范围扩大会减少 GABA 的释放, 降低大脑对恐惧记忆的特异性, 即泛化恐惧反应, 使创伤后应激障碍患者易被与创伤相关的日常生活情景刺激, 产生过度焦虑, **C** 正确; 升高 AEA 水平会导致非印记神经元转变为负责记忆提取的印记神经元, 减少了 GABA 的释放, 不利于创伤后应激障碍患者恢复正常, **D** 错误。

5. B

题目解读



【解析】根据题目解读, **A** 正确; 形成动作电位过程中, 细胞膜对 Na^+ 的通透性增加, K^+ 通道大多数处于关闭状态, 但并非 K^+ 通道完全关闭, **B** 错误; 据题图 1 可知, A 点为静息电位, 由 K^+ 外流形成, 提高外界溶液中 K^+ 浓度, 膜内外 K^+ 浓度差减小, 静息电位的绝对值减小, A 点上移, **C** 正确; 题图 2 中曲线 m 的峰值比曲线 q 的峰值大, 动作电位由 Na^+ 内流形成, 曲线 m 的峰值更大, 说明膜两侧的 Na^+ 浓度差更大, 对应的神经纤维周围溶液中 NaCl 被替代的更少, **D** 正确。

要点归纳

神经纤维未受到刺激时, 主要是 K^+ 外流, 细胞膜内外的电荷分布情况是外正内负, 形成静息电位, 静息电位的绝对值大小主要取决于膜内外 K^+ 的浓度差; 受刺激时, Na^+ 内流, 其膜电位变为外负内正的动作电位, 动作电位的峰值大小主要取决于膜内外 Na^+ 的浓度差。兴奋在神经纤维上的传导形式是电信号, 兴奋的传导方向和膜内的电流传导方向一致。

6. **D** 【解析】河豚毒素是 Na^+ 通道抑制剂, 会阻断所有温度下的 Na^+ 内流, 所有组都无法产生动作电位, **A** 错误; 动作电位在神经干 (单根神经纤维) 上为不衰减传导, 向上幅值大小由 Na^+ 在细胞内外的浓度差和通道蛋白活性决定, 不会随刺激电极位置的改变而明显减半, **B** 错误; 低温会降低通道蛋白的活性, 但通常不会改变通道蛋白的空间结构, **C** 错误; 波形向上幅值的大小由 Na^+ 在细胞内外的浓度差和通道蛋白活性决定, Na^+ 通道的化学本质是蛋白质, 高温会改变其空间结构, 降低通道蛋白活性, 使 Na^+ 内流减少, 因此 40°C 时波形的向上幅值降低, **D** 正确。

**要点归纳**

- (1) 静息电位绝对值的大小主要取决于膜内外 K^+ 浓度差, 浓度差越大, 静息电位绝对值越大。
- (2) 动作电位峰值的大小主要取决于膜内外 Na^+ 浓度差, 浓度差越大, 峰值越高。
- (3) 其他影响因素: 温度(影响离子通道的活性等)、离子通道阻断物等。

7. D**题目解读**

该实验的自变量为不同强度的电流刺激, 因变量为膜电位和胞内 Ca^{2+} 水平。从题图可以看出, 随刺激电流的增强, 动作电位峰值没有明显改变, 但胞内 Ca^{2+} 浓度明显提高。再结合题干条件中 Ca^{2+} 浓度与细胞增殖的关联, 结合教材动作电位与静息电位产生的分子机制, 进行具体分析。

【解析】由题目解读可知, **A 错误**; 轴突是神经细胞特有的结构, 肿瘤细胞不具备该结构, 不能通过轴突传导的方式传递信息, **B 错误**; 动作电位的产生依赖 Na^+ 内流, 使用 Na^+ 通道阻断剂处理后, 肿瘤细胞无法正常产生动作电位, 胞内 Ca^{2+} 浓度无法升高, 不能激活细胞周期蛋白推进细胞增殖, 因此会抑制肿瘤生长, **C 错误**; 静息电位主要由 K^+ 外流维持, 若降低培养液中 K^+ 浓度, 细胞内外 K^+ 浓度差增大, 静息电位绝对值增大, 更难产生动作电位, 故胞内 Ca^{2+} 浓度不会明显升高, 无法推动细胞周期, 最终可能会抑制肿瘤生长, **D 正确**。

**1 min 速解**

上海交通大学 李孟泽

降低 K^+ 浓度 → 细胞内外 K^+ 浓度差增大 → 静息电位绝对值增大 → 更难产生动作电位 → 胞内 Ca^{2+} 浓度不会明显升高 → 抑制肿瘤生长, **D 正确**。

突破点 11 神经—体液调节的实例分析**1. C****题目解读**

关键信息: 中枢性尿崩症与下丘脑或垂体的损伤有关, 问题出在抗利尿激素的分泌或释放环节; 肾性尿崩症由肾脏对抗利尿激素反应缺陷导致, 问题出在抗利尿激素发挥作用的环节。

【解析】激素的分级调节是指下丘脑通过分泌促激素释放激素调控垂体分泌促激素, 再通过促激素调控靶腺体分泌相应激素的分层调控模式, 抗利尿激素由下丘脑分泌、垂体释放的过程不属于分级调节, **A 错误**; 中枢性尿崩症患者抗利尿激素释放不足, 肾小管和集合管重吸收水的能力下降, 细胞外液渗透压往往高于正常人, **B 错误**; 肾性尿崩症患者肾脏对抗利尿激素反应缺陷, 水重吸收不足导致细胞外液渗透压升高, 会刺激下丘脑合成分泌更多的抗利尿激素, 因此其体内抗利尿激素含量可能比正常人高, **C 正确**; 中枢性尿崩症的病因是抗利尿激素合成或释放不足, 注射抗利尿激素后其肾小管、集合管重吸收水的能力提升, 尿液渗透压会升高, 但肾性尿崩症患者的病因是抗利尿激素无法正常发挥作用, 注射抗利尿激素后尿液渗透压不会升高, **D 错误**。

要点归纳

在水盐平衡调节过程中, 下丘脑可以合成和分泌抗利尿激素, 抗利尿激素分泌后运输至垂体暂时储存, 需要时由垂体释放。抗利尿激素随体液运输至肾小管和集合管, 可以促进其对水分的重吸收, 以维持机体的水分平衡。



2. **B** 【解析】由题图可知，交感神经直接作用于肾上腺髓质，促进儿茶酚胺类激素的分泌，儿茶酚胺类激素能使心跳加快、血压升高等，有助于机体应对危险（注意：肾上腺髓质直接受神经调控，是神经调节，肾上腺皮质受下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴调控，属于分级调节），**A 正确**；促肾上腺皮质激素释放激素由下丘脑分泌，通过体液运输至腺垂体，最终促进糖皮质激素的分泌，而不是通过神经传导的，**B 错误**；糖皮质激素分泌的分级调节，即下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴，可以放大激素的调节效应，形成多级反馈调节，以维持体内糖皮质激素含量的相对稳定，**C 正确**；甲状腺激素的分泌过程通常受下丘脑—垂体—甲状腺轴的调节，也受神经的直接调控，故其分泌存在题图两种调节方式，**D 正确**。



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

促肾上腺皮质激素释放激素属于激素，激素只能靠体液运输，B 项说它“通过神经传导”至腺垂体，直接判错。再记一个关键区分备用：肾上腺髓质分泌肾上腺素等受交感神经支配，属神经调节；肾上腺皮质激素的分泌受下丘脑—垂体—肾上腺皮质轴调控，属分级调节。

3. **D** 【解析】初期 T_4 水平较高，甲状腺激素能提高代谢、增加产热、提高神经系统的兴奋性，因此患者会出现亢奋多汗的现象；中期 T_4 水平低于正常范围，甲状腺激素不足，患者会怕冷乏力；后期 T_4 水平恢复正常，症状消退，**A 正确**。由题干可知，亚急性甲状腺炎患者由于甲状腺滤泡破裂，导致滤泡中合成和储存的甲状腺激素 (T_4) 大量释放进入血液，所以 2 个月内 T_4 水平高于正常范围是因为滤泡破裂，**B 正确**。5 个月时 T_4 水平低于正常范围，是因为甲状腺受损（滤泡破裂），从而导致 T_4 减少，**C 正确**。7 个月后 T_4 已经恢复到正常范围，但此时甲状腺摄碘率仍高于正常范围，故甲状腺功能未全部恢复，**D 错误**。
4. **D** 【解析】人体面临情绪压力时，相关刺激通过神经系统作用于下丘脑，进而促使肾上腺皮质分泌皮质醇以启动应激反应，该过程是一个神经—体液调节的过程，**A 正确**；据题意可知下丘脑可以分泌促肾上腺皮质激素释放激素作用于垂体细胞，皮质醇可以通过负反馈调节作用于垂体细胞，故垂体细胞可以同时具有促肾上腺皮质激素释放激素和皮质醇的受体，**B 正确**；下丘脑可以分泌促肾上腺皮质激素释放激素作用于垂体细胞，垂体可分泌促肾上腺皮质激素作用于肾上腺皮质，若皮质醇水平过低，可通过检测激素 B（促肾上腺皮质激素）的水平来辅助诊断肾上腺皮质的功能，**C 正确**；长期情绪压力下，皮质醇含量会增加，皮质醇可以通过负反馈调节作用于垂体和下丘脑，抑制下丘脑和垂体的分泌功能，**D 错误**。
5. **D** 【解析】本实验的目的是探究巴瑞替尼对胰岛 B 细胞的修复效果，实验的前提是构建胰岛 B 细胞损伤的模型鼠。已知长期高糖高脂环境会损伤胰岛 B 细胞，所以可通过持续给予高糖高脂饮食以获得模型鼠，**A 正确**。据题意可知，高糖高脂环境造成的胰岛 B 细胞损伤，在恢复正常饮食后仍会持续进展一段时间，对照组不用药，因此 4 周后对照组胰岛 B 细胞损伤随病程进展加重，胰岛素分泌进一步减少，**B 正确**。实验设计需要遵循对照原则和单一变量原则，探究药物的作用时，对照组通常使用等量不含药物的溶剂处理，所以对照组处理是模型鼠口服等量生理盐水，**C 正确**。①是实验前（未给药处理）的正常鼠胰岛素水平，②是实验 4 周后的实验组结果，①②对照只能说明给药后实验组胰岛素水平仍低于实验前，无法说明巴瑞替尼的修复作用；要证明巴瑞替尼有



修复效果,需要②(实验组)和③(对照组)对照,②胰岛素含量显著高于③,说明巴瑞替尼具有一定的修复作用,**D 错误**。



30 s 速解

中国科学技术大学 王炯涵

①是实验前正常小鼠胰岛素含量变化情况,②是给药后模型鼠胰岛素含量变化情况。要证明药物效果需②与③对比,而非①②对比,可直接判断出 **D 错误**。

6. **C** 【解析】胰岛素是机体内唯一能降低血糖的激素,鸡和兔进食后血糖浓度升高时,二者胰岛 B 细胞合成、分泌的胰岛素相对增多,**A 正确**;正常情况下,哺乳动物的血糖调节存在反馈调节机制,胰岛素能降低血糖浓度,胰高血糖素能升高血糖浓度,因此血糖调节中胰岛素和胰高血糖素的作用效果相反,**B 正确**;2 型糖尿病的形成原因主要是多因素导致的胰岛素抵抗和胰岛素分泌缺陷,**C 错误**;根据题意可知,终末糖基化产物可扰乱蛋白质、核酸等的正常功能,导致糖尿病并发症的发生,牛磺酸可以对多种细胞的功能进行调节,根据题图,鸡比兔的终末糖基化产物含量低,而牛磺酸含量高,故可能是鸡的牛磺酸含量较高导致其终末糖基化产物水平下降,使得鸡血糖高却无临床症状,**D 正确**。

知识拓展 胰岛素抵抗

胰岛素抵抗(即对胰岛素的敏感性下降)可能会造成糖尿病的发生,常见的原因是胰岛素充足但不能与其受体结合起作用。有胰岛素抵抗,不一定就患有 2 型糖尿病,但是 2 型糖尿病的患者常伴有胰岛素抵抗的情况。胰岛素抵抗可能是出现葡萄糖耐量减低,以及血脂代谢异常、冠心病等的基础因素。

7. **D**

题目解读

比较三组注射结果: PGE_2 单独注射使 T_2 、 T_1 均上升,说明 PGE_2 具有升温效应;加入 EP3 受体拮抗剂后该效应消失,而注射 EP1 受体拮抗剂基本不影响该效应,由此推测 EP3 是 PGE_2 介导升温的关键受体。

【解析】注射 PGE_2 后,棕色脂肪温度(T_2)迅速上升,推测棕色脂肪产热可能与神经调节有关,因为神经调节具有反应迅速的特点,**A 正确**;注射 PGE_2 后直肠温度(T_1)先上升,一段时间后恢复正常,说明体温调节过程存在反馈调节,可使体温回到正常水平,**B 正确**;从题图 3 可以看出,注射 EP3 受体拮抗剂和 PGE_2 后, T_2 和 T_1 基本无变化,说明 PGE_2 的受体是 EP3,二者结合后,能促进棕色脂肪产热,进而引起 T_1 上升,**C 正确**;若 EP1 与 EP3 竞争结合 PGE_2 ,那么题图 2 和图 3 的实验结果应基本一致,与题图所示实验结果不符,**D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

反证法

假设 D 项成立,即 EP1 与 EP3 竞争结合 PGE_2 ,那么用受体拮抗剂阻断相应信号物质与 EP3 结合后, PGE_2 还可结合 EP1,升温效应应当保留,题图 2(阻断 EP1)与题图 3(阻断 EP3)的结果应基本一致,但实验事实是阻断 EP1 几乎不影响升温,阻断 EP3 后升温效应消失,两图结果不同,与假设的预期结果矛盾,故该假设不成立,**D 错误**。同时由实验结果得出实验结论:EP3 才是介导升温的关键受体。



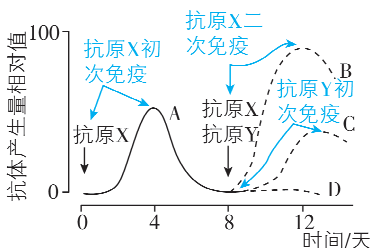
8. **B** 【解析】肾素(血管紧张素原酶)是酶,不是信息分子,它的作用是催化血管紧张素原转化为血管紧张素 I,不通过体液运输作用于靶细胞,**A 错误**;从题图中可以看出,肾素—血管紧张素—醛固酮系统的调节过程中,相关物质(肾素、血管紧张素、醛固酮等)都是通过体液运输发挥作用的,该系统主要依赖体液调节来调节血压,**B 正确**;ACE 抑制剂会抑制 ACE 的活性,从而减少血管紧张素 II 的生成,同时 ACE 会使缓激肽失活,所以 ACE 抑制剂会减少缓激肽的失活(不是抑制缓激肽的合成),从而让缓激肽发挥舒张血管的作用来降低血压,**C 错误**;醛固酮是由肾上腺皮质分泌的,不是肾上腺髓质,血管紧张素 II 与肾上腺皮质上的 AT_1 受体结合,促进醛固酮分泌,进而升高血压,**D 错误**。

突破点 12 特异性免疫的过程分析

1. **D** 【解析】“教导学说”认为 B 细胞表面的抗原受体由抗原诱导产生,但“克隆选择学说”认为抗原对应受体是淋巴细胞本身存在的,并非抗原诱导产生,**A 错误**;浆细胞没有识别抗原的功能,只能合成并分泌特异性抗体,**B 错误**;若“教导学说”成立,即使原本带抗原 M 受体的免疫细胞被杀死,注射抗原 M 后仍可诱导淋巴细胞产生抗原 M 受体,进而引发特异性免疫反应,因此甲组不发生特异性免疫反应、乙组发生特异性免疫反应不支持“教导学说”,**C 错误**;若“克隆选择学说”成立,由于带抗原 M 受体的免疫细胞被杀死,注射抗原 M 后无已存在对应受体的淋巴细胞可结合,因此甲组不发生特异性免疫反应,而小鼠体内带抗原 N 受体的免疫细胞仍保留,注射抗原 N 后可引发特异性免疫反应,**D 正确**。

2. **D**

题目解读



- 【解析】再次注射抗原 X 比初次注射抗原 X 时抗体产生快且产生量大,如曲线 B 所示,此时抗体是由记忆 B 细胞分化形成的浆细胞产生的,分析合理,**A 不符合题意**;抗原 Y 可作为激活 B 细胞的第一个信号(第二个信号是辅助性 T 细胞表面的特定分子发生变化并与 B 细胞结合),抗原 Y 是初次免疫,因此产生抗体数量少且速度慢,对应曲线 C,分析合理,**B 不符合题意**;若第 8 天后不注射抗原 X,则实验小鼠中的对应抗体数量逐渐减少,其体内的对应抗体产生量最可能如曲线 D 所示,分析合理,**C 不符合题意**;一种浆细胞只能分泌一种抗体,注射抗原 X 和抗原 Y 所产生的抗体是由两种浆细胞合成并分泌的,分析不合理,**D 符合题意**。
3. **D** 【解析】由题图可知,物质 M 是细胞因子,其不能特异性识别抗原,**A 错误**;当细胞毒性 T 细胞识别肿瘤细胞后,其释放的穿孔素与颗粒酶会促进肿瘤细胞的凋亡,机体识别和清除突变的细胞,防止肿瘤发生,体现了免疫系统的免疫监视功能,**B 错误**;树突状细胞可作为抗原呈递细胞,摄取、处理、呈递抗原,但 $CD8^+$ T 细胞是一种细胞毒性 T 细胞,不具有摄取、加工处理和呈递抗原的功能,**C 错误**;抗原与其受体具



有特异性,抗原与 $CD8^+T$ 细胞表面的抗原受体结合的特异性决定了被活化的 $CD8^+T$ 细胞类型,**D 正确**。

4. D

题目解读

交感神经调节皮肤免疫的机制:交感神经末梢释放去甲肾上腺素 $\rightarrow$ NE 与角质形成细胞的 ADRB2 受体结合 $\rightarrow$ 抑制趋化因子 CXCL16 招募并聚集 $CD8^+T_{RM}$ ($CD8^+$ 组织驻留记忆 T 细胞)。

关键:自主神经系统不仅调节内脏活动,还参与免疫调节,体现了神经—免疫系统的相互作用。

【解析】交感神经与角质形成细胞之间形成类似突触的结构,而不是突触小体,**A 错误**;交感神经释放去甲肾上腺素激活角质形成细胞,从而抑制 CXCL16,进而使 $CD8^+T_{RM}$ 数量减少,**B 错误**;ADRB2 受体阻断剂会激活免疫功能,所以不适用于治疗自身免疫病,**C 错误**;NE 是一种应激激素,交感神经分泌 NE 会抑制 $CD8^+T_{RM}$ 数量的增加,所以应激状态可能削弱皮肤局部的免疫监视能力,**D 正确**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

交感神经释放 NE,作用于角质形成细胞,抑制 CXCL16,进而导致 $CD8^+T_{RM}$ 数量减少。应激时交感神经兴奋,NE 分泌增多,推出皮肤局部免疫监视能力被削弱,**D 项正确**。ADRB2 受体阻断剂切断 NE 对 CXCL16 的抑制作用, $CD8^+T_{RM}$ 增多,免疫增强,不能用于自身免疫病治疗,**C 项错误**。

5. D

题目解读

“非胸腺依赖性抗原”引发的免疫过程如图:

非胸腺依赖性抗原 $\xrightarrow{\text{直接刺激}}$ B细胞 $\xrightarrow{\text{分裂、分化}}$ 浆细胞 $\xrightarrow{\text{分泌}}$ 抗体

【解析】溶菌酶的化学本质是蛋白质,在核糖体上合成,**A 错误**;根据题干信息可知,脂多糖等非胸腺依赖性抗原激活的免疫过程不会产生相应记忆 B 细胞(要点:二次免疫时机体的快速反应主要依赖记忆细胞),注射这类疫苗是通过诱导机体产生相应抗体来预防感染的,**B 错误,D 正确**;免疫系统清除细菌等病原体主要体现了免疫防御功能,**C 错误**。

6. C

【解析】免疫自稳是机体清除自身衰老或损伤的细胞,进行自身调节,维持内环境稳态的功能;mRNA 疫苗编码的是外来抗原性异物,引发机体对外来抗原性异物的免疫反应体现了免疫防御功能,**A 错误**。B 细胞激活需要两个信号:抗原与 B 细胞直接接触属于第一个信号,辅助性 T 细胞表面的特定分子发生变化并与 B 细胞结合,属于第二个信号,抗原蛋白不能直接激活 B 细胞,**B 错误**。翻译时核糖体遇到含有 N_1 -甲基假尿苷的密码子时,可能会有少量核糖体发生移码,核糖体移码会改变 mRNA 的读码框架,后续翻译出的氨基酸序列可能会发生改变,因此被 N_1 -甲基假尿苷修饰的 mRNA 可能翻译出多种不同的蛋白质,**C 正确**。移码产生的异常蛋白质即使合成量少,也可以作为抗原引发异常免疫反应,存在免疫风险,**D 错误**。

7. B

【解析】由题图可知,切除胸腺的小鼠出现过度活跃的免疫系统,患自身免疫病,这是免疫能力过强攻击自身组织导致的,**A 错误**。切除胸腺的新生鼠因为缺乏中枢免疫耐受机制,自身反应性免疫细胞没有被消除或抑制,过度活跃的免疫系统会攻击自身组织使小鼠患自身免疫病;注入健康供

体的成熟 T 细胞后小鼠恢复健康,说明健康供体成熟 T 细胞中的 Treg 细胞能够抑制免疫系统错误攻击自身组织,**B 正确**。*FOXP3* 基因可以使普通 T 细胞转化为 Treg 细胞,而 Treg 细胞能够维持免疫耐受,防止自身免疫病的发生,所以 *FOXP3* 基因过度表达应该会增加 Treg 细胞的数量,减少自身免疫病的发生,**C 错误**。胸腺是中枢免疫器官,切除胸腺的小鼠缺乏中枢耐受性,注入健康供体的成熟 T 细胞(属于外周免疫细胞)后小鼠恢复健康,证明外周免疫系统中存在 Treg 细胞介导的外周免疫耐受机制,**D 错误**。

要点归纳 免疫失调的类型

免疫失调类型	核心机制与原理
过敏反应	免疫防御功能异常。机体对侵入的过敏原产生免疫应答,导致组织损伤或功能紊乱
自身免疫病	免疫自稳功能异常。机体将自身的组织和器官(自身成分)当作外来抗原进行攻击
免疫缺陷病	免疫功能不足或缺乏。机体免疫功能缺失或下降,易受病原体感染

8. **C** 【解析】B 细胞受过敏原刺激后分化出的浆细胞分泌的抗体吸附在肥大细胞的表面,**A 错误**;当机体初次接触过敏原时,产生的抗体吸附在肥大细胞的表面,说明肥大细胞的细胞膜上有特异性结合 IgE 的受体,故过敏反应以特异性免疫为基础,**B 错误**;组胺能增强毛细血管壁的通透性,使组织液渗透压升高,进而引发组织水肿,**C 正确**;由题图可知,白三烯作用于脑能回避食物过敏原,因此临床上使用白三烯抑制剂可以在一定程度上缓解或避免挑食现象,但不能缓解或避免食物过敏,**D 错误**。

突破点 13 植物激素对植物生命活动的影响分析

1. **B** 【解析】水杨酸是植物激素,激素有调节生命活动的作用,但不具有催化功能,**A 错误**;非盐胁迫的 CK 组丙二醛含量远低于盐胁迫的 T_0 组,说明盐胁迫下自由基大量攻击生物膜,损伤苦瓜的生物膜系统,进而会导致细胞衰老甚至凋亡,**B 正确**;由题图可知, $T_1 \sim T_4$ 组的丙二醛含量低于 T_0 组的丙二醛含量,说明水杨酸对盐胁迫有缓解作用,但 T_3 、 T_4 组的丙二醛含量高于 T_2 组的丙二醛含量,即较高浓度的水杨酸对盐胁迫的缓解效果下降,因此不是水杨酸浓度越高效果越好,**C 错误**;丙二醛是生物膜受损伤的产物之一,丙二醛含量越高说明植物受盐胁迫损伤越严重、耐盐性越差,与耐盐性的渗透压调节无关,**D 错误**。
2. **C** 【解析】分析比较题表中①②③⑤组可知盐胁迫条件下 JA 和乙烯对水稻胚根生长均有一定的抑制作用,**A 错误**;分析题表中①②③⑤⑦组可知盐胁迫条件下 JA 和乙烯在抑制水稻胚根生长过程中作用效果相似,**B 错误**;比较题表中⑤⑥组可知乙烯合成抑制剂对 JA 导致的水稻胚根生长抑制几乎无缓解作用,**C 正确**;结合题表中数据可推测乙烯是通过促进 JA 的合成来间接抑制水稻胚根生长的,**D 错误**。
3. **B** 【解析】干旱条件下水分供应不足,植物生长受抑制可减少水分、营养物质的消耗,故抑制生长是植物适应干旱环境的重要策略,**A 正确**。干旱条件下 ABA 含量升高、GA 含量降低,促进气孔关闭,抑制植物生长;在适宜水分条件下



GA 含量升高、ABA 含量下降,促进气孔开放,可促进植物生长,说明 ABA 和 GA 作用效果相反,**B 错误**。蛋白甲是 GA 信号通路的抑制因子,干旱时蛋白甲积累,GA 水平降低,推测蛋白甲可能阻碍 RNA 聚合酶与 GA 合成酶基因启动子的结合,抑制 GA 合成酶基因的转录过程,进而减少 GA 的合成,**C 正确**。干旱属于外界环境因素,其诱导 ABA 合成增加,使气孔关闭减少水分蒸腾,体现了环境对植物生命活动的调节,**D 正确**。

4. D

题目解读

(1) 侧芽生长调控网络的核心: BRC1 是侧芽生长的核心抑制因子,多种信号通过调控 BRC1 表达水平影响侧芽生长。

(2) 信号通路梳理: 红光→激活 PHY→抑制 PIFs→抑制 SPL→抑制 BRC1 表达→促进侧芽生长;

生长素→促进 SL 合成→抑制 D53 活性→促进 BRC1 表达→抑制侧芽生长;

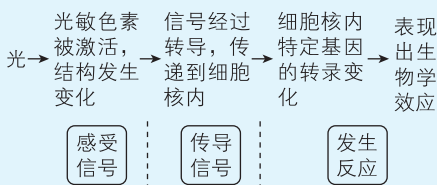
糖→促进 CK 和 BR 合成→BZR1 激活→抑制 BRC1 表达→促进侧芽生长。

(3) 关键区分: 远红光抑制 PHY, 红光激活 PHY。

【解析】红光激活 PHY, PHY 抑制 PIFs, PIFs 可促进 SPL, SPL 促进 BRC1 合成, PIFs 被抑制后, BRC1 合成减少, 促进侧芽生长, 因此 PHY 接受红光后可通过抑制 PIFs 的作用间接促进侧芽生长, **A 正确**; 糖和 CK 相互促进, 二者均可促进 BR 合成, BR 促进 BZR1, BZR1 可抑制 BRC1, 进而解除 BRC1 对侧芽生长的抑制作用, **B 正确**; 生长素促进 SL 合成, SL 抑制 D53 活性, D53 可抑制 SPL (SPL 促进 BRC1)、促进 BZR1 (BZR1 抑制 BRC1), D53 被抑制后, BRC1 含量升高, 最终抑制侧芽生长, **C 正确**; 由题图可知, 远红光抑制 PHY 的活性, **D 错误**。

知识拓展

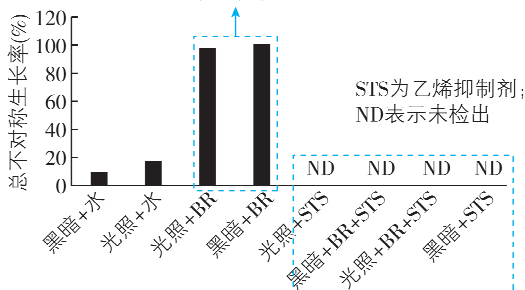
光照对植物的调节机制



5. C

题目解读

黑暗与光照下添加BR均使总不对称生长率接近100%, 可知BR促进根不对称生长几乎不依赖光照



所有加入STS (乙烯抑制剂)的组别均为ND(未检出), 证明STS的效应是彻底阻断而非简单削弱

通过以上对照,说明 BR 促进不对称生长的效应不依赖光照,但依赖乙烯信号通路的完整性,**C 正确**。



【解析】和黑暗+水对照组相比,光照+水的总不对称生长率更高,黑暗+BR 处理组的总不对称生长率也显著升高,说明光照和 BR 都促进根不对称生长,作用效果相似,**A 错误**;所有加入 STS(乙烯抑制剂)的组别,无论是否加 BR,都未检测到不对称生长,说明 BR 促进根不对称生长也依赖乙烯,**B 错误**;黑暗+BR+STS 组结果也为 ND,说明黑暗条件下 BR 的作用也可以被 STS 完全抑制,**D 错误**。

6. **D** 【解析】实验结果体现了生长素和乙烯共同调控黄瓜雌花分化过程,可说明多种激素共同调控植物的生长发育,**A 正确**。①②组对比可知,野生型施加 IAA 后,乙烯合成量和雌花比例均显著升高;②④组对比可知,ACS2 基因缺失突变体施加 IAA,乙烯合成量和雌花比例均低于野生型施加 IAA,可推测生长素需要通过促进乙烯的合成促进雌花分化,**B 正确**。④组 *acs2* 施加 IAA 后乙烯合成量较低,⑤组额外添加乙烯前体 ACC 后,乙烯合成量和雌花比例均恢复到高水平,说明突变体 *acs2* 无法合成 ACC,推测 ACS2 基因编码的蛋白质催化 ACC 的合成,**C 正确**。色氨酸是生长素合成的前体物质,使用色氨酸合成抑制剂处理野生型黄瓜,会导致生长素合成减少,进而乙烯合成量减少,雌花比例会下降,**D 错误**。



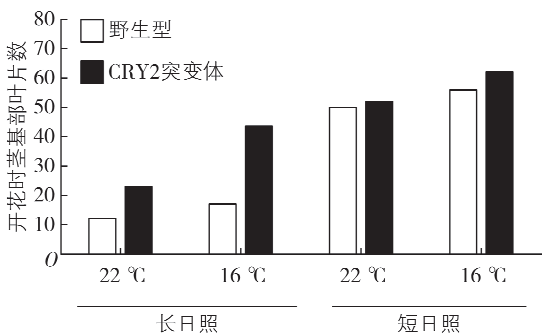
1 min 速解

北京大学 徐欧翔

根据题干和表格构建逻辑链: IAA→激活 ACS2 基因→合成 ACC→生成乙烯→促进黄瓜雌花分化。④组 *acs2* 突变体加 IAA 无响应,⑤组外源施加 ACC 后恢复到②组水平,证明 ACS2 编码的酶催化 ACC 合成(C 项正确),且 IAA 必须经乙烯起作用(B 项正确)。色氨酸是 IAA 合成前体,抑制色氨酸合成→IAA 合成减少→乙烯合成减少→雌花比例应下降,D 项错误。

7. **D**

题目解读



野生型在长日照、22 °C 条件下,开花时茎基部叶片数最少,说明野生型在这个条件下开花最早。野生型和突变体相比,开花时茎基部叶片数不同,说明突变体开花时间受到 CRY2 功能缺失的影响

短日照、不同温度条件下,野生型和突变体开花时茎基部叶片数差异较小

【解析】隐花色素 2 (CRY2) 是一种蓝光受体,在有无 CRY2 和不同温度条件下,开花时茎基部叶片数不同,说明蓝光、温度都可作为信号调节开花时间,此外,植物激素也会影响开花(注意:选项中出现“只受”这类过于绝对的词语往往意味着该选项有问题,同时植物生命活动调节受光、温度、重力等多种因素的影响),**A 错误**;相对于长日照,在短日照下,两个不同温度中野生型跟突变体开花时茎基部叶片数都较多,说明短日照下开花延迟,**B 错误**;野生型在长日照、22 °C 条件下,开花时茎基部叶片数最少,说明野生型在这个条件下开花最早,**C 错误**;据题图分析,长日照条件下,在两个不同温

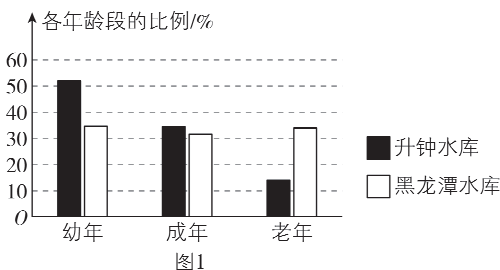
度下野生型开花时茎基部叶片数都较突变体少,即开花较早,跟突变体相比,野生型有 $CRY2$,说明 $CRY2$ 参与拟南芥开花的调控,**D 正确**。

8. **C** 【解析】蔗糖本身为能源物质,可为侧芽的生长提供能源,分析题图可知,蔗糖通过抑制 SL 的作用和促进 CTK 的作用来促进侧芽的生长,因此蔗糖也可作为信号分子,**A 正确**。 IAA 可通过促进相关基因的表达来增加 SL 的含量,以抑制侧芽的生长,同时, IAA 也可以抑制 IPT 的活性来降低 CTK 的含量,从而抑制侧芽的生长; SL 一方面可抑制 IPT 的活性来降低 CTK 的含量,以抑制侧芽的生长,另一方面可促进转录因子 $BRC1$ 的作用,实现对侧芽生长的抑制,因此二者均能抑制侧芽生长,但作用环节存在差异,**B 正确**。 IAA 发挥作用时需先与特异性受体结合,进而引发细胞内信号转导过程产生效应,并非直接与基因结合,**C 错误**。利用极性运输抑制剂可降低侧芽处 IAA 的含量,消除顶端优势,使 CTK 含量增加,促进侧芽生长,增加分枝,**D 正确**。

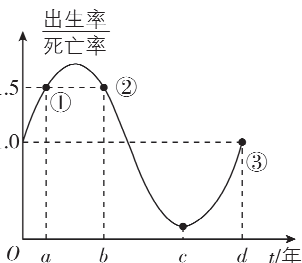
突破点 14 种群、群落与生态系统概念的实例分析

1. **C** 【解析】可回收垃圾进入回收市场被重复加工利用,实现了部分物质的循环往复使用,主要体现了生态工程的循环原理,**A 正确**;堆肥处理时通常会预留通气空间,该过程主要依赖好氧微生物的有氧呼吸将有机垃圾分解,**B 正确**;生态系统中的物质可以循环利用,但能量是单向流动、逐级递减的,无法实现循环利用,该模式仅实现了物质循环利用和能量的多级利用,**C 错误**;该模式对生活垃圾进行分类处理和资源化利用,减少了垃圾带来的环境污染,缓解了环境压力,有利于维持城市生态系统的结构和功能稳定,保持生态平衡,**D 正确**。
2. **A** 【解析】可采用样方法调查该昆虫卵的密度,但不能用来推测该种群的年龄结构,**A 错误**;种群数量增长曲线为 B (“ J ”形增长)的前提是食物和空间充裕、气候适宜、没有天敌和竞争物种等理想条件,**B 正确**;昆虫的种群数量围绕着 K 值上下波动,气候是影响种群数量波动的非密度制约因素,**C 正确**;可用人工合成的性引诱剂破坏该昆虫种群的性别比例,通过降低出生率来控制其种群密度,**D 正确**。
3. **D**

题目解读



升钟水库中幼年个体比例较高,老年个体比例较低,年龄结构属于增长型;黑龙江水库中各年龄段的个体数目比例适中,年龄结构属于稳定型



出生率和死亡率的比值大于1时,出生率大于死亡率,种群数量增加;出生率和死亡率的比值等于1时,出生率等于死亡率,种群数量保持稳定;出生率和死亡率的比值小于1时,出生率小于死亡率,种群数量减少

图2



【解析】题图 1 中升钟水库翘嘴鲌的年龄结构为增长型(幼年个体比例高、老年个体比例低),出生率可能大于死亡率,出生率与死亡率的比值可能与题图 2 中 a 、 b 年的接近, **A 正确**;由题目解读可知,题图 1 中黑龙潭水库翘嘴鲌的年龄结构属于稳定型,推测 $\frac{\text{出生率}}{\text{死亡率}} \approx 1$,与题图 2 中的③接近, **B 正确**;题图 2 中从 c 年至 d 年, $\frac{\text{出生率}}{\text{死亡率}} < 1$,所以翘嘴鲌种群数量在不断减少, **C 正确**;题图 2 中①至②期间, $\frac{\text{出生率}}{\text{死亡率}} > 1$,翘嘴鲌种群数量一直在增加, **D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

趋势判读法。出生率与死亡率的比值只认一个分水岭——1:比值 >1 种群增长, <1 衰退, $=1$ 稳定;与比值本身在上升还是下降无关。①至②期间比值始终大于 1,种群数量一直在增加, **D 项**表述该期间种群数量先增加后减少,直接判错。迁移应用: λ 值、增长速率等比值型指标都按此标准判读(分水岭可以不是“1”),切勿把“比值下降”误读为“数量下降”。

4. **B** 【解析】天敌、食物等是影响种群数量变化的密度制约因素,所以捕食性螭和六斑月瓢虫是影响豆大蓟马种群数量的密度制约因素, **A 正确**。出生率和死亡率、迁入率和迁出率直接决定豆大蓟马的种群密度,年龄结构通过影响出生率和死亡率,性别比例通过影响出生率间接影响种群密度, **B 错误**。曲线 II 反映猎物密度低时,捕食者的捕食强度大,随着猎物密度的增加,捕食强度增加到一定程度后趋于稳定;曲线 III 反映猎物密度越高,捕食者的捕食强度越大,故当豆大蓟马种群密度高时,应选用曲线 III 对应的六斑月瓢虫控制豆大蓟马的种群密度,属于生物防治, **C 正确**。随着猎物密度的增加,捕食者的饥饿程度降低,用于消化食物的时间增大,每头捕食者单位时间内的平均捕食数趋于稳定,其功能反应类型最可能符合曲线 II, **D 正确**。

5. **B**

题目解读

题图 1 显示植被群落高度与鼠兔警戒距离的关系,植被群落高度越高,鼠兔警戒距离越低,说明鼠兔在植被高处更难及时发现捕食者,被捕食风险更大。题图 2 中 L 值表示甲鼠兔种群数量是前一年种群数量的倍数, $L > 1$ 时种群数量增长, $L < 1$ 时种群数量下降; M 值表示乙鼠兔的种群数量,种群数量稳定后围绕 K 值上下波动。

【解析】题图 1 数据显示,植被群落高度越高,警戒距离越小,而警戒距离是指当高原鼠兔有警戒行为时与捕食者之间的距离,警戒距离越低,被捕食风险越大,因此植被群落高度越高,鼠兔被捕食的风险就越大, **A 错误**。 L 值表示甲鼠兔种群数量是前一年种群数量的倍数,当 $L > 1$ 时种群数量持续增加,当 $L < 1$ 时种群数量持续减少。甲的 L 值在第 2 年从 1.4 降到 0.6,故甲的数量在第 2 年表现为先增加后下降,说明甲与乙竞争导致甲数量从第 2 年中开始下降,第 3 年 L 值从 0.6 上升至 1.0,之后几年保持稳定,即甲的数量到第 3 年结束降至最低值, **B 正确**。标记重捕法计算公式:种群数量 = 第一次捕获并标记个体数 $\times$ 第二次捕获总数 $\div$ 第二次捕获中带标记个体数。若标记物脱落,会使第二次捕获中带标记个体数偏小,计算得到的结果比实际值偏大, **C 错误**。环境容纳

量(K 值)是指一定的环境条件所能维持的种群最大数量,种群数量稳定后会围绕 K 值上下波动。乙的种群数量稳定后在 $1.2 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^3$ 只之间波动, 1.6×10^3 只是波动的最大值,不是环境容纳量,**D 错误**。

要点归纳 标记重捕法造成误差的主要原因及后果

主要原因	后果
标记物本身(标记物脱落等)	若标记物容易脱落,或标记物过于显眼导致动物容易被天敌捕食,会导致重捕时带标记个体数偏小,最终使估算的种群数量偏大
动物行为变化(陷阱恐惧)	若动物首次被捕后产生警惕性,出现“惊逃反应”,会躲避再次捕捉,导致重捕时带标记个体数偏小,最终估算值偏大
种群自身动态(迁入、迁出)	若两次捕获期间,有大量未标记个体迁入,会导致重捕总数增大,使估算值偏大
空间分布不均	若标记个体在样地中分布不均匀,而重捕只在局部区域进行,则会导致重捕中标记个体数偏离实际比例,产生误差(偏大或偏小视具体情况而定)

6. **C** 【解析】鼠的活动能力强、活动范围大,调查其种群密度应使用标记重捕法,**A 错误**。土壤温度、含水量属于非生物因素,是影响鼠种群密度的非密度制约因素,**B 错误**。由题图可知,一定范围内,低植被叶面积指数增大时,效应值由负向正变化,即低植被叶面积指数越大,与鼠种群密度正相关性越强;而土壤温度升高时,效应值由正向负变化,即土壤温度越高,与鼠种群密度负相关性越强,**C 正确**。题干说明效应值越接近 -1 ,负相关越显著,抑制效应越强。由题图可知,土壤体积含水量较低时,效应值更接近 -1 ,抑制效应更强;土壤体积含水量为 $0.35 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ 时效应值接近 0.5 ,表现为促进效应,**D 错误**。
7. **A** 【解析】同化量=呼吸作用以热能形式散失的能量+用于自身生长、发育和繁殖的能量,所以植食性鱼类用于自身生长、发育和繁殖的能量为 $480-240=240 (\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$,**A 正确**;粪便中的能量属于上一营养级的同化量,因此肉食性鱼类粪便中的能量属于植食性鱼类流向分解者的能量,不包含在肉食性鱼类流向分解者的 $12 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 中,**B 错误**;能量传递效率是相邻两个营养级同化量的比值,通常稳定在 $10\% \sim 20\%$,与初级消费者的数量无关,初级消费者增多不会提高能量传递效率,**C 错误**;该生态系统还接受了陆地输入的植物残体(有机物),因此流经该生态系统的总能量为水生植物固定的太阳能和外来输入有机物中的化学能总和,不只有水生植物的同化量,**D 错误**。
8. **D** 【解析】从题图可知,冷季毛冠鹿与中华斑羚的时间生态位重叠程度为 0.90 ,暖季为 0.88 ,故季节的变化对毛冠鹿与中华斑羚时间生态位重叠程度的影响不大,**A 正确**;研究某动物的生态位通常要研究它的食物、栖息地、天敌以及与其他物种的关系等,研究某种植物的生态位通常要研究它在研究区域内的种群密度、植株高度、出现频率以及与其他物种的关系等,**B 正确**;该保护区内不同有蹄类动物的分布差异主要体现在空间以及季节性变化,**C 正确**;暖季,有蹄类动



物会集中分布在植物茂盛的区域,利于栖息、取食以及交配繁殖等,因此它们的时间生态位重叠度较高,不只与食物有关,**D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

暖季有蹄类聚集在植物茂盛区域,同时满足取食、隐蔽栖息、交配繁殖等多种需求,时间生态位重叠度高是多种因素共同作用的结果。**D 项**“只与食物有关”中的“只”字把多因素压缩成单因素,与实际情况不符。生态类选项中出现“只”“仅”“完全”等词,绝大多数是错误项。

9. **C** 【解析】②是极度弱生态系统的自然退化过程,⑤是不可逆弱生态系统的人工重建过程,二者的初始生态系统状态不同,变量不唯一,无法形成有效对照说明人工干预对群落自然演替方向的影响,且⑤属于不可能过程,无法体现人工干预可影响演替方向,**A 错误**;任何生态系统都同时具有抵抗力稳定性和恢复力稳定性,原脆弱生态系统容易退化是因为其抵抗力稳定性较低,并非只有恢复力稳定性,**B 错误**;⑤为不可逆弱生态系统的人工重建过程,属于不可能过程(虚线表示),⑥为极度弱(未进入不可逆阶段的)生态系统的人工重建过程,属于可能过程(实线表示),二者对照说明生态系统退化到不可逆阶段后将难以恢复,因此人类对生态系统的开发利用要适度,退化的生态系统要及时修复,**C 正确**;矿区的土壤结构被严重破坏,往往还存在重金属污染等问题,因此恢复矿区生态环境,首先要通过机械方法平整压实土地,人工制造表土,再开展植被恢复工作,**D 错误**。

突破点 15 细胞工程的操作程序及应用

1. **C** 【解析】制备原生质体需用纤维素酶和果胶酶分解细胞壁,但需在等渗或略高渗溶液中完成以维持细胞形态,低渗溶液会导致细胞吸水涨破,**A 错误**;电融合法利用的是细胞膜的流动性,在电场作用下使原生质体排列成串、紧密接触,再经高压电脉冲使细胞膜产生暂时性、可逆的微孔,膜连通后完成融合,“高强度电流击穿细胞膜”是不可逆破坏,会导致细胞死亡,**B 错误**;利用不同生物对培养基成分要求不同来对其进行选择,是植物体细胞杂交中筛选杂种细胞的常用方法,**C 正确**;栽培种(四倍体)与野生种(二倍体)的体细胞杂交,理论上杂种细胞是六倍体,但异源多倍体常常存在生殖障碍(育性低),且不一定所有双亲的优良性状都能表现出来,**D 错误**。

2. **C**

题目解读

分析题图:碳源由蔗糖替换为甘油后诱导柑橘愈伤组织体细胞胚胎发生(SE)的分子机制:甘油诱导 *CsTCP14* 表达→*CsTCP14* 促进 *CsIAA4* 转录→*CsIAA4* 与 *CsARFs* 结合→抑制生长素合成基因表达→生长素水平下降→促进 SE 发生。

【解析】愈伤组织本身就是脱分化的产物,体细胞胚胎发生是愈伤组织再分化的过程,不需要再经过脱分化,**A 错误**;从题图中可以看到,*CsIAA4* 与 *CsARFs* 结合后,抑制生长素合成基因的表达,而非激活,**B 错误**;甘油诱导 *CsTCP14* 转录,*CsTCP14* 促进 *CsIAA4* 的表达,*CsIAA4* 与 *CsARFs* 结合抑制生长素合成基因的表达,导致生长素合成减少,因此 *CsTCP14* 最终抑制了生长素合成,**C 正确**;甘油的作用是通过一系列信号转导抑制生长素合成,来促进 SE 发生,若外源添加生长素类调节剂,会抵消甘油的抑制作用,抑制 SE 发生,而非促进,**D 错误**。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

梳理本题机制链: 甘油→诱导 *CsTCP14* 表达→促进 *CsIAA4* 转录→*CsIAA4* 与 *CsARFs* 结合→抑制生长素合成基因表达→生长素水平下降→促进体细胞胚胎发生。链条依次经过 *CsTCP14* 表达、促进 *CsIAA4* 转录和抑制生长素合成, 故 *CsTCP14* 可通过促进 *CsIAA4* 转录抑制生长素合成, C 项正确。

3. C

题目解读

由题图可知, 杂种植株核 DNA 与早花柠檬的重合, 线粒体 DNA 与山金柑的重合, 说明杂种植株的核基因来自早花柠檬, 线粒体基因来自山金柑。用于融合的山金柑愈伤组织细胞无色, 早花柠檬叶肉细胞富含叶绿体。当两种原生质体融合形成杂种细胞后, 会同时拥有绿色的叶绿体和融合的细胞核。

【解析】该实验中, 诱导原生质体融合有多种手段, 包括物理法、化学法, 但灭活病毒诱导法一般用于动物细胞融合, **A 错误**; 细胞融合后获得的融合原生质体需放在无菌的等渗溶液中以防杂菌污染, 同时防止原生质体吸水涨破, **B 错误**; 愈伤组织细胞无色, 叶肉细胞因为含有叶绿体为绿色, 可通过在融合初期观察细胞中是否存在颜色差异(绿色与无色部分)来筛选杂种细胞, **C 正确**; 杂种植株的核基因来自早花柠檬, 经过组织培养得到的杂种植株是二倍体, **D 错误**。

4. C

【解析】对卵母细胞去核时, 除显微操作外还可采用紫外线短时间照射等方法, **A 错误**; 体细胞核移植过程中, 将猪胎儿成纤维细胞注入去核猪卵母细胞只是进行重组胚胎的构建, 该过程并不能直接体现动物细胞核的全能性, **B 错误**; ①是 *SIX1* 和 *SALL1* 双基因敲除的桑葚胚, 向桑葚胚中注入 iPSCs 后进行移植, 这利用了实验设计的加法原则, **C 正确**; 嵌合胚胎的发育依赖猪胚胎提供的微环境, 例如营养供应、发育信号调控等, 人源化肾脏组织的形成虽然依赖于 iPSCs, 但与猪胚胎自身细胞也存在密切关联, **D 错误**。

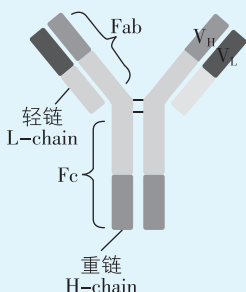
5. B

题目解读

据题图可知, 大鼠的骨髓瘤细胞和 B 淋巴细胞融合形成大鼠杂交瘤细胞, 能分泌抗 CD_3 抗体, 小鼠的骨髓瘤细胞和 B 淋巴细胞融合形成小鼠杂交瘤细胞, 能分泌抗 EpCAM 抗体, 经动物细胞融合, 将大鼠杂交瘤细胞和小鼠杂交瘤细胞融合, 形成四源杂交瘤细胞, 经过细胞克隆化培养和抗体检测, 筛选出能分泌既抗 T 细胞标志物(CD_3) 又抗肿瘤标志物(EpCAM)的 BsAb 的杂交瘤细胞。

【解析】通过细胞克隆化培养(分离出单个杂交瘤细胞, 纯化培养目标细胞)和抗体检测(筛选出能产生特定抗体的细胞), 可获得产生特定抗体的杂交瘤细胞, **A 正确**; 一种 B 淋巴细胞只能产生一种特定的抗体, 同时用 CD_3 和 EpCAM 免疫小鼠, 小鼠的免疫系统会针对这两种抗原产生两种抗体, **B 错误**; 用灭活病毒诱导法可获得四源杂交瘤细胞, 大鼠杂交瘤细胞以及小鼠杂交瘤细胞均是由骨髓瘤细胞和 B 淋巴细胞融合形成的, 均含 4 个染色体组, 融合后的四源杂交瘤细胞含 8 个染色体组, 在有丝分裂后期最多含 16 个染色体组, **C 正确**; BsAb 含有两个独立的抗原结合位点, 可同时结合 EpCAM 和 CD_3 , 招募并激活细胞毒性 T 细胞, 利用细胞毒性 T 细胞杀伤肿瘤细胞, **D 正确**。

知识拓展 抗体是由两条 H 链和两条 L 链组成的 4 条肽链对称结构。轻链和重链通过二硫键连接形成一个近似“Y”形的结构。抗体“Y”形结构的每个臂上的特定部位是抗原结合位点,因此抗体的“Y”形臂区被称为抗原结合区(Fab 区)。如图所示:



6. C

题目解读

技术原理:利用人鼠细胞融合后人类染色体随机丢失的特性进行基因定位。

判断的主要依据:分析杂种细胞中保留的人类染色体种类与特定酶活性的对应关系。若某种酶的活性仅与某条特定人类染色体的存在高度关联或完全同步,则可推测控制该酶的基因定位于该条人类染色体上。

【解析】诱导动物细胞融合的常用方法有 PEG(聚乙二醇)融合法、电融合法和灭活病毒诱导法等, **A 正确**。I、II、III 均有乳酸脱氢酶活性,细胞 I、II、III 共有的是 11 号染色体,可以推测乳酸脱氢酶基因最可能在 11 号染色体上,同时因为 II 没有磷酸甘油酸激酶活性,所以该酶基因不在 11 号染色体上;只有 II 具有芳烃羟化酶活性, I、II、III 中,只有 II 有 2 号染色体,所以芳烃羟化酶基因最可能在 2 号染色体上; I、III 共有的是 X 染色体和 11 号染色体,又因为已推断磷酸甘油酸激酶基因不在 11 号染色体上,所以该酶基因最可能在 X 染色体上;只有 III 有胸苷激酶活性, I、II、III 中,只有 III 具有 17 号染色体,所以胸苷激酶基因最可能位于 17 号染色体上, **B 正确, C 错误**。动物细胞培养时培养液需定期更换,以便补充营养和清除代谢废物,防止细胞代谢物积累对细胞自身造成危害, **D 正确**。

7. C

题目解读

组别 I、2:分别检测两种标记单抗单独加入的荧光强度, m 和 n 代表无竞争状态下两种标记单抗的荧光强度

组别	未标记单抗 α	标记单抗 α^*	未标记单抗 β	标记单抗 β^*	荧光强度相对值
1	-	+	-	-	m
2	-	-	-	+	n
3	+	+	-	-	p
4	-	+	+	-	q

组别 3:检测未标记单抗 α 与标记单抗 α^* 同时加入的荧光信号, 根据题干信息可知 $p < m$

组别 4:检测未标记单抗 β 与标记单抗 α^* 同时加入的荧光信号, 若 $q < m$, 则二者结合位点相同; 若 $q = m$, 则说明二者结合位点不同, β 的结合位点为 V3 环

【解析】 m 是标记单抗 α^* 单独结合的荧光强度, n 是标记单抗 β^* 单独结合的荧光强度, $m = n$ 仅说明两种标记抗体与相应位点结合后荧光强度相同, 无论单抗 β 结合 CD4bs 还是 V3 环都可能出现 $m = n$, **A 错误**。 p 是未标记单抗 α 和标记单抗 α^* 竞争结合位点后的荧光强度, 组 3 实验未加入单抗 β , 故 p 与 n 的大小关系与单抗 β 的结合位点和单抗 α 是否相同没有关联, **B 错误**。若单抗 β 结合 CD4bs, 会与标记单抗 α^* 竞争, 荧光强度大小关系为 $q < m = n$, 因此 $q = n$ 可说明



单抗 β 结合 V3 环, **C 正确**。 p 是未标记单抗 α 与标记单抗 α^* 竞争结合位点后的荧光强度, 因此 $p < m$ 。若 $p = q$, 说明 $q < m$, 即未标记单抗 β 会与标记单抗 α^* 竞争结合位点, 说明单抗 β 与单抗 α 的结合位点相同(均为 CD4bs), 不是 V3 环, **D 错误**。

突破点 16 基因工程的基本操作程序及应用

1. **C** 【解析】酶 3 切割后得到的是平末端, 质粒和目的基因的方向易错连, 且平末端用 T4 DNA 连接酶连接效率更高, **A 错误**; 质粒用酶 3 切割后得到平末端, 目的基因用酶 1 切割后得到的是黏性末端, 二者不能直接连接, **B 错误**; 质粒和目的基因都用酶 1 和酶 2 切割后得到黏性末端, 用 T4 DNA 连接酶连接后, 能保证目的基因在质粒上的连接方向, 此重组表达载体的构建方案最合理且高效, **C 正确**; 若用酶 2 和酶 4 切割质粒和目的基因, 会破坏质粒上的抗生素抗性基因, 连接形成的基因表达载体缺少标记基因, 无法进行后续的筛选, **D 错误**。

要点归纳

根据 DNA 连接酶的来源不同主要分为两类: *E. coli* DNA 连接酶(来自大肠杆菌)、T4 DNA 连接酶(来自 T4 噬菌体)。这二者都能连接黏性末端和平末端, 但 *E. coli* DNA 连接酶连接平末端的效率要远远低于 T4 DNA 连接酶。



1 min 速解

北京大学 徐欧翔

限制酶筛选三原则。原则一, 定向连接: 质粒与目的基因用两种不同的限制酶切割, 产生不同黏性末端, 可防止自身环化及反向插入; 原则二, 不破坏关键元件: 酶切位点不能落在抗生素抗性基因等标记基因内部(若存在多个标记基因, 可据题意适当选择位于标记基因内部的酶切位点, 启动子、终止子等元件同理), 本题中酶 2+酶 4 会破坏标记基因, 无法进行后续筛选, **D 排除**; 原则三, 末端匹配高效: 酶 3 切割后得平末端, 连接效率低且方向随机, **A 排除**, 平末端与黏性末端无法直接连接, **B 排除**。

2. **C** 【解析】题干表明在 PCR 反应体系中抗 *Taq* DNA 聚合酶特异性抗体抑制 *Taq* DNA 聚合酶活性, 高温下该抗体失活后酶活性恢复, 因此该改良 PCR 可通过调控该酶活性控制 PCR 反应进程, **A 正确**; 经抗原免疫的 B 淋巴细胞是高度分化的细胞, 不具备体外无限增殖的能力, 无法通过原代培养扩增细胞数量, 制备抗体时需将其与骨髓瘤细胞融合获得杂交瘤细胞后再进行扩增, 因此无需对 B 淋巴细胞进行原代培养, **B 正确**; 抗体热变性失活是抗体自身空间结构被破坏, 失去与 *Taq* DNA 聚合酶结合的能力, *Taq* DNA 聚合酶活性可恢复, 说明其空间结构未被破坏, **C 错误**; 常规 PCR 反应初始阶段温度较低时 *Taq* DNA 聚合酶就有活性, 易发生引物非特异性结合导致错配扩增, 该改良 PCR 在初始低温阶段 *Taq* DNA 聚合酶的酶活性被抑制, 待升温至变性所需温度后才恢复活性, 可减少非特异性结合与错配扩增, **D 正确**。
3. **D** 【解析】引物对中的两个引物分别与不同的模板链结合, 为 DNA 聚合酶提供子链延伸的 3' 端起点, 从而沿 5'→3' 方向分别延伸, **A 正确**; 引物对 a 的一个引物与植物基因组有结合部位, 另一个引物位于插入序列的启动子区, 不同植株中插入序列的位置不同, 扩增出的片段长度也会不同, 因

此可以区分插入位置,**B 正确**;引物对 b 位于插入序列内部,只要插入序列成功导入,就能扩增出对应的片段,因此可以检测导入是否成功,**C 正确**;引物对 c 位于目的基因内部,导入空载体的植株和未导入载体的植株均不含目的基因片段,均无法用引物对 c 扩增出片段,引物对 c 不能用于检测植物细胞中是否含有空载体,**D 错误**。

4. **B** 【解析】无论是细胞内的 DNA 复制,还是 PCR 扩增目的基因,脱氧核苷酸连接形成磷酸二酯键的过程都需要消耗能量,**A 错误**;题图中插入目的基因的酶切位点是 *Xba* I 和 *Hind* III,且需要反向插入(将基因 A 反向插入载体,使其在番茄细胞内转录生成与内源基因 A 的 mRNA 互补的反义 RNA),即要将基因 A 反向插入启动子下游,则引物 1 的 5'端(基因 A 左端)需要添加 *Hind* III 识别序列,**B 正确**;潮霉素抗性基因位于重组质粒上,只有成功导入重组质粒的植物细胞才具有潮霉素抗性,未转化的叶肉细胞不具有抗性,在含潮霉素的培养基中会被杀死,无法进行脱分化,**C 错误**;转基因番茄仅转入了目的基因,没有形成新物种,与原番茄仍属于同一物种,不存在生殖隔离,**D 错误**。

5. **D** 【解析】 F_1 中检测到 Cre 重组酶仅说明个体携带并表达了 Cre 基因,不能说明系统对基因 2 删除成功,**A 错误**;要实现肝脏特异性敲除基因 2,需让 Cre 重组酶仅在肝脏细胞中表达,因此应在 Cre 基因上游添加肝脏特异性启动子,LoxP 是 Cre 重组酶的识别序列,不需要特异性表达,**B 错误**;LoxP 序列插入后,基因组 DNA 的总碱基序列发生改变,遗传物质发生了变化,属于可遗传变异,**C 错误**;两品系杂交得到的 F_1 最多为基因 2 敲除杂合子(仅一条 3 号染色体的基因 2 被敲除), F_1 个体相互交配,至少在 F_2 才可获得两条 3 号染色体的基因 2 均被敲除的纯合小鼠,**D 正确**。

要点归纳 Cre-LoxP 基因敲除系统的要点

- (1) Cre 重组酶特异性识别 LoxP 位点,可使两个同向 LoxP 位点间的 DNA 序列被删除;
- (2) F_1 需同时携带 Cre 基因和两侧插入 LoxP 序列的靶基因才能实现敲除,仅检测到 Cre 重组酶不能说明敲除成功;
- (3) 组织特异性敲除需在 Cre 基因上游添加组织特异性启动子(如肝脏特异性启动子),而非在 LoxP 序列上游添加;
- (4) LoxP 序列的插入属于基因工程操作,改变了基因组 DNA 序列,属于可遗传变异。

6. **B** 【解析】将目的基因导入动物受精卵的常用方法是显微注射法,**A 正确**;胚胎移植时,需将早期胚胎移植到经同期发情处理的受体母牛子宫内,而超数排卵是对供体母牛的处理,**B 错误**;乳腺生物反应器只能选用雌性生物(且需进入泌乳期才能生产所需产物),而膀胱生物反应器可从雌雄个体的尿液中提取目标产物,不受性别、发育时期等限制,受体来源更广泛,**C 正确**;培育乳腺生物反应器时,人抗凝血酶 III 基因需与乳腺特异性表达的基因的启动子等调控组件重组,使其在乳腺细胞中特异性表达,人抗凝血酶 III 为分泌蛋白,表达产物会分泌到乳汁中,**D 正确**。

7. **D** 【解析】摄入过量抗生素会破坏人体肠道内的正常菌群,长期饮用含抗生素残留的牛乳,不利于人体健康,更不能提高人体免疫力,**A 错误**;在该检测过程中,抗体 1 与待检牛乳中的抗原结合,DNA 标记的抗体 2 与抗原结合,共发生了两次抗原与抗体的结合,**B 错误**;免疫 PCR 中所用的 DNA 不能选用受检样品(牛乳)中可能存在的 DNA,若题图中的 DNA 用牛细胞基因中的 DNA 片段,经过 PCR 扩增后的产物

中,不仅有抗体 2 上的 DNA 扩增产物,还可能有牛细胞中牛乳基因片段的扩增产物,干扰实验结果,**C 错误**;题图所示免疫 PCR 法是利用 PCR 技术扩增“固定抗体 1—抗生素—抗体 2”上连接的 DNA,如果第三次冲洗不充分,可能使残留的、呈游离状态的抗体 2 上的 DNA 也作为 PCR 的模板参与扩增,会导致检测结果偏高,**D 正确**。

8. **D** 【解析】电泳时加入的指示剂用于指示电泳进程,避免样品跑出凝胶,若指示剂与 DNA 结合,则会改变 DNA 的结构与迁移速率,干扰实验结果,因此需要加入不与 DNA 结合的指示剂,**A 正确**;普通凝胶电泳中短链 DNA 迁移速率比长链更快,但变性梯度凝胶电泳中 DNA 迁移速率还和其解链程度有关,若长链 DNA 尚未解链,而短链 DNA 已发生局部解链导致迁移速率下降,此时长链 DNA 迁移速率可能会快于短链,因此存在部分长链 DNA 分子比短链的迁移速率快,**B 正确**;单个碱基插入或缺失会改变 DNA 的长度,还会改变 DNA 的序列组成进而改变其解链所需的变性剂浓度,因此变性梯度凝胶电泳可较好区分该类 DNA 片段,**C 正确**;由题干可知该方法对 DNA 单碱基突变导致的变性差异有较好的区分度,单个碱基替换属于单碱基突变,因此可以用该方法检测,**D 错误**。



30 s 速解

北京大学 徐欧翔

题干明确给出了该技术的分辨能力:“对 DNA 单碱基突变导致的变性差异有较好的区分度”。单个碱基替换属于单碱基突变,在可检测范围内,**D** 项说不能用该方法检测,与题干信息冲突,为错误项。解题技巧:选项若与题干表述矛盾,无需专业知识即可判错。

9. **C** 【解析】RNA 聚合酶识别并特异性结合启动子 P_{TDH3} 后驱动转录,并能使 DNA 解旋,**A 正确**。限制酶 *Xho* I 切割后产生的黏性末端为 5'-TCGA-3',限制酶 *Sal* I 切割后产生的黏性末端也为 5'-TCGA-3',二者黏性末端互补,可以连接,实验需要将 *HAP4* 基因插入启动子下游,靠近 R 质粒启动子的位点是 *Xho* I 位点(*Xba* I 的识别序列在 R 质粒上不只有一个,不选用),*HAP4* 的 M 端自带 *Sal* I 识别序列,即 *HAP4* 基因 M 端有 *Sal* I 的酶切位点,R 质粒上有 *Xho* I 酶切位点,且二者酶切产生的黏性末端一样,因此应用 *Xho* I 切割 R 质粒、*Sal* I 切割 *HAP4* 基因,**B 正确**。启动子 P_{TDH3} 位于 R 质粒的③位点右侧,转录方向为从启动子向左;*HAP4* 基因的转录方向为 M 端→N 端,因此转录起始端(M 端)需要靠近启动子,即 M 端插入③处,N 端插入①处,**C 错误**。*Xho* I 识别序列为 5'-CTCGAG-3',*Sal* I 识别序列为 5'-GTCGAC-3',经酶切再连接产生的重组质粒,连接处的序列变为 5'-CTCGAC-3',不再符合 *Xho* I 的识别序列,且重组质粒其他部位没有 *Xho* I 识别序列,因此重组质粒不能被限制酶 *Xho* I 切开,**D 正确**。

要点归纳 定向插入载体的构建要点

- (1) 目的基因两端需有相应酶切位点,如本题中目的基因一端(M 端)可直接用限制酶切割,另一端(N 端)需在 PCR 引物中添加所需限制酶识别序列;
- (2) 定向插入:目的基因两端使用不同的限制酶,产生不同的末端,保证目的基因以正确方向插入载体;
- (3) 启动子下游插入:目的基因需插入启动子下游才能正常转录;
- (4) 选酶原则:不能选会切断目的基因或载体关键元件的限制酶,需查看两种酶在载体和目的基因上的切割位点分布及个数。



10. C

题目解读

由题图可知,避光时,T7RNAP 两结构域分离,无活性;蓝光诱导下,蓝光光敏蛋白标签发生二聚化使 T7RNAP 片段组装产生活性,组装后的聚合酶特异识别并驱动 PT7 启动子,从而开启目的基因转录。

【解析】题干明确说明 PT7 仅被 T7RNAP 识别,因此 T7RNAP 可结合 PT7 驱动下游基因转录,**A 正确**;该载体携带大观霉素抗性基因,可作为筛选标记,因此可用含大观霉素的培养基培养成功转入载体的新型菌株,**B 正确**;基因 2、基因 3 需要先将 T7RNAP 的两个片段表达出来,才能在蓝光下组装出有活性的 T7RNAP,因此二者的启动子②③都要能被工程菌自身 RNA 聚合酶识别,均为 PBAD,基因 1 是受 T7RNAP 调控的目的基因,启动子①应为 PT7,即启动子①②③依次为 PT7、PBAD、PBAD,**C 错误**;只有蓝光照射下才能形成有活性的 T7RNAP,进而启动 PT7 下游基因 1 的转录,避光时 T7RNAP 无活性,基因 1 无法转录,因此只有蓝光照射下基因 1 才能转录,**D 正确**。

11. **B** **【解析】**父亲是男性,仅有 1 条 X 染色体,F1+F2、R1+R2 扩增的结果均为有条带,F1+R1、F2+R2 结果均为无条带,符合 X^+ 的特征,母亲是女性,电泳结果中 F1+R1、F2+R2、F1+F2、R1+R2 均有条带,说明她同时含有 X^+ 和 X^- ,即患者父亲性染色体组成为 X^+Y ,母亲性染色体组成为 X^+X^- ,**A 正确**;患者的 X 染色体是倒位的 X^- ,在倒位的 X^- 上,F1 结合在片段最左侧(向右延伸),F2 结合在 S 片段内部(向右延伸),两引物延伸方向相同不能发生扩增反应,而不是因为片段太长,**B 错误**;患者姐姐的 X 染色体一条来自父亲(X^+),一条来自母亲(X^+ 或 X^-),因此其性染色体组成有两种可能,若为 X^+X^+ ,两条都是正常 X 染色体,F1+R1 同向,则无扩增条带,**C 正确**;正常 X 染色体中,F1 结合在最左侧,延伸方向向右,R2 结合在最右侧,延伸方向向左,两个引物分别位于整个 S 片段的两端,中间包含了整个 S 片段,远大于 3 000 bp,题述 PCR 只能扩增小于 3 000 bp 的片段,因此无法得到产物,**D 正确**。