

湖南师大附中 2023 届高三考试卷（六）生物

第 I 卷 选择题

一、单项选择题（本题共 12 小题，每小题只有一个选项符合题目要求。）

1. 生物大分子是生物生命活动重要的物质基础，下列叙述正确的是（ ）

- A. 各种生物大分子都具有物种特异性，可作为鉴定不同生物的依据
- B. 人体摄入的多糖必须经过氧化分解后才能被吸收
- C. 生物大分子间合成的关系可为：DNA→RNA→蛋白质→多糖
- D. 核酸和蛋白质的空间结构在高温条件下都会发生改变，从而永久失活

【答案】C

【解析】

【分析】蛋白质变性是指蛋白质在某些物理和化学因素作用下其特定的空间构象被破坏，从而导致其理化性质的改变和生物活性丧失的现象。

【详解】A、多糖、蛋白质等生物大分子一般不具有物种特异性，不能用来鉴别不同生物，不同生物的 DNA 和 RNA 的结构具有特异性，可作为鉴定不同生物是否为同一物种的依据，A 错误；

B、人体摄入的多糖如淀粉必须经过水解成葡萄糖小分子后才能被吸收，B 错误；

C、DNA 通过转录形成 RNA，RNA 经过翻译过程形成蛋白质，蛋白质中酶会调控多糖合成的过程，故生物大分子间合成的关系可为：DNA→RNA→蛋白质→多糖，C 正确；

D、DNA 高温变性、低温复性，蛋白质的空间结构在高温条件下发生改变，永久失活，D 错误。

故选 C。

2. 农业谚语是劳动人民口口相传的生产实践经验，其中蕴藏着丰富的生物学原理，下列相关分析不正确的是（ ）

- A. “犁地深一寸，等于上层粪”——中耕松土有利于植物根细胞吸收无机盐
- B. “春天粪堆密，秋后粮铺地”——粪肥中的能量流向植物，促进粮食增产
- C. “人黄有病，苗黄缺肥”——氮、镁是叶绿素成分之一，缺（含氮、镁的）肥导致叶片变黄
- D. “玉米带大豆，十年九不漏”——玉米和大豆的间作套种，充分利用群落的空间结构和季节性

【答案】B

【解析】

【分析】1、间作是指在同一生长期内，同一块耕地上间隔地种植两种或两种以上作物。

2、及时松土有利于植物根系进行有氧呼吸，为无机盐的吸收提供能量。水和无机盐是植物生长的重要条件。

【详解】A、中耕松土增加土壤的含氧量，为根系提供更多的氧气，促进细胞有氧呼吸，有利于植物的根部通过主动运输吸收无机盐离子，A 正确；

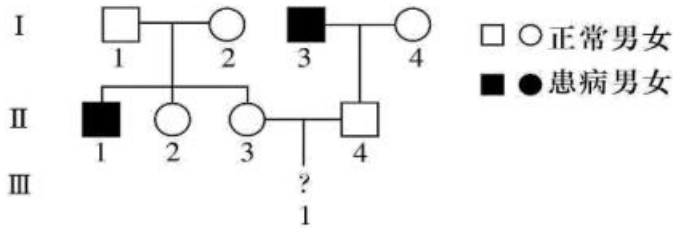
B、粪肥中的能量不能流向植物，粪肥中有机物可被微生物分解形成无机物，无机物可被植物吸收利用，促进粮食增产，B 错误；

C、氮、镁是构成叶绿素的必需成分，植物缺乏氮、镁会导致叶片发黄，C 正确；

D、玉米和大豆的间作套种，可以提高阳光利用率，大豆上的根瘤菌还具有固氮作用，增加土壤中氮的含量，充分利用了群落的空间结构和季节性，D 正确。

故选 B。

3. 下图为某红绿色盲家族系谱图，色盲基因用 B、b 表示。人的 MN 血型基因位于常染色体上，基因型有 3 种： $L^M L^M$ （M 型）、 $L^N L^N$ （N 型）、 $L^M L^N$ （MN 型）。已知 I-1、I-3 为 M 型，I-2、I-4 为 N 型，III-1 色觉正常。下列叙述正确的是（ ）



A. II-3 的基因型为 $L^M L^N X^B X^B$

B. II-4 的血型可能为 M 型或 MN 型

C. III-1 为 MN 型红绿色盲基因携带者的概率为 1/14

D. 若 III-1 携带色盲基因，该基因可能来自 I-3

【答案】C

【解析】

【分析】基因的自由组合定律的实质是：位于非同源染色体上的非等位基因的分离或组合是互不干扰的；在减数分裂过程中，同源染色体上的等位基因彼此分离的同时，非同源染色体上的非等位基因自由组合。

【详解】A、分析题意可知，I-1 的基因型为 $L^M L^M X^B Y$ ，I-2 的基因型为 $L^N L^N X^B X^b$ ，II-3 的基因型可能为 $L^M L^N X^B X^B$ 或 $L^M L^N X^B X^b$ ，A 错误；

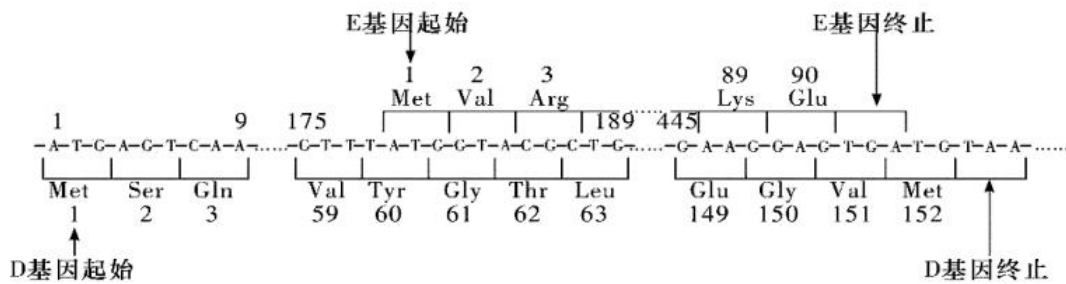
B、I-3 为 M 型，I-4 为 N 型，II-4 的血型 MN 血型基因为 $L^M L^N$ ，为 MN 型，B 错误；

C、II-3 的基因型可能为 $L^M L^N X^B X^B$ 或 $L^M L^N X^B X^b$ ，II-4 的基因型为 $L^M L^N X^B Y$ ，III-1 血型为 MN 型的概率为 1/2，因 III-1 色觉正常，不可能为 $X^b Y$ ，故为 $X^B X^b$ 的概率为 1/7，III-1 为 MN 型红绿色盲基因携带者的概率为 1/14，C 正确；

D、II-4 色觉正常，III-1 携带的色盲基因不可能由父方遗传而来，故不可能来自 I-3，D 错误。

故选 C。

4. 已知人巨细胞病毒单链 DNA 共有 5387 个核苷酸，如果使用单一的读码结构，那么它最多只能编码 1795 个氨基酸。按每个氨基酸的平均相对分子质量为 110 计算，该病毒所合成的全部蛋白质的总分子量最多是 197kD。可实际测定发现，人巨细胞病毒所编码的 11 种蛋白质的总分子量竟为 262kD。科研人员测定该病毒单链 DNA 的序列，发现了重叠基因现象，如下图所示。已知起始密码子为 AUG，据此作出的分析，正确的是（ ）



- A. D、E 基因中一个碱基对替换会引起两种蛋白质发生改变
 B. D、E 基因遗传信息的传递可能存在单链 DNA→互补单链 DNA→mRNA→蛋白质的过程
 C. 翻译时核糖体在如图所示单链上从左往右移动，终止密码子位于基因的末端，使翻译终止
 D. 图中所示基因重叠现象在各种生物体中普遍存在，能使有限的碱基携带更多的遗传信息

【答案】B

【解析】

【分析】转录过程以四种核糖核苷酸为原料，以 DNA 分子的一条链为模板，在 RNA 聚合酶的作用下消耗能量，合成 RNA。2. 翻译过程以氨基酸为原料，以转录过程产生的 mRNA 为模板，在酶的作用下，消耗能量产生多肽链。多肽链经过折叠加工后形成具有特定功能的蛋白质。

【详解】A、图中信息显示两种基因共用相同的碱基序列，相同序列中一个碱基替换可能引起两种基因的改变，但密码子具有简并性，最终不一定导致两种蛋白质发生改变，A 错误；

B、据图分析，该单链的碱基序列与 mRNA 的碱基序列相同（除 T 和 U 的差异外），故其遗传信息的传递可能存在单链 DNA→互补单链 DNA→mRNA→蛋白质的过程，B 正确；

C、翻译的模板是 mRNA，图示单链为 DNA 链，不会发生翻译的过程，C 错误；

D、由图中结构可知，不同的基因共用了相同的序列，这样就增大了遗传信息储存的容量，使有限的碱基携带更多的遗传信息，但重叠基因不是各种生物体中普遍存在的，D 错误。

故选 B。

5. M₁₃ 噬菌体是一种丝状噬菌体，内有一个环状单链 DNA 分子，它只侵染某些特定的大肠杆菌，且增殖过程与 T₂ 噬菌体类似。研究人员用 M₁₃ 噬菌体代替 T₂ 噬菌体进行“噬菌体侵染细菌”的实验，下列有关叙述正确的是（ ）

- A. 与烟草花叶病毒相比，M₁₃ 噬菌体的遗传物质特有成分只有脱氧核糖
 B. 用 ³⁵S 标记的噬菌体侵染大肠杆菌，沉淀物的放射性强度与保温时间的长短有关
 C. 搅拌和离心是为了将噬菌体的蛋白质和 DNA 分子分开，便于分别检测其放射性
 D. 一个含 ³²P 的 M₁₃ 噬菌体在大肠杆菌中增殖 n 代，子代中含 ³²P 的噬菌体占 1/2ⁿ

【答案】D

【解析】

【分析】烟草花叶病毒是 RNA 病毒，M₁₃ 噬菌体是一种丝状噬菌体，是 DNA 病毒。

【详解】A、烟草花叶病毒的遗传物质为 RNA，与烟草花叶病毒相比，M₁₃ 噬菌体的遗传物质特有成分是脱

氧核糖和胸腺嘧啶，A 错误；

B、由于 ^{35}S 标记的是噬菌体的蛋白质外壳，且蛋白质外壳不进入大肠杆菌，所以用 ^{35}S 标记的噬菌体侵染大肠杆菌，沉淀物的放射性与保温时间的长短无关，B 错误；

C、搅拌的目的是使噬菌体和细菌分开，离心的目的是使细菌出现在沉淀物中，噬菌体出现在上层清液中，C 错误；

D、由于 M_{13} 噬菌体的遗传物质是一个环状单链 DNA 分子，一个含 ^{32}P 的 M_{13} 噬菌体在大肠杆菌中增殖 n 代，子代中含 ^{32}P 的噬菌体占 $1/2^n$ ，D 正确。

故选 D。

6. 轻触海兔的喷水管，其鳃就会收缩，此为缩鳃反射；连续重复刺激，缩鳃反射的幅度会变小甚至消失，即缩鳃反射的习惯化。下列相关叙述错误的是（ ）

A. 喷水管的感觉神经元在接受刺激后，钠离子通道会快速地开启和关闭

B. 缩鳃反射的习惯化可能是因为感觉神经元末梢对连续刺激的敏感性逐渐降低

C. 缩鳃反射的习惯化可能是因为连续刺激导致突触前膜释放的神经递质减少

D. 若多次刺激肌肉，肌肉反应正常，说明缩鳃反射的习惯化与肌肉对来自运动神经元信号的反应能力有关

【答案】D

【解析】

【分析】兴奋以电信号的形式沿着神经纤维传导，也称为神经冲动。传导过程：①静息电位的形成：细胞膜对 K^+ 的通透性增强， K^+ 外流，膜电位为内负外正，运输方式为协助扩散；②动作电位的形成：细胞膜对 Na^+ 的通透性增强， Na^+ 内流，膜电位为内正外负，运输方式为协助扩散；③局部电流的形成：兴奋部位与未兴奋部位由于电位差的存在产生局部电流，刺激未兴奋部位产生同样的动作电位，兴奋向两侧传导。膜内局部电流的方向与兴奋传导的方向相同，膜外则相反。

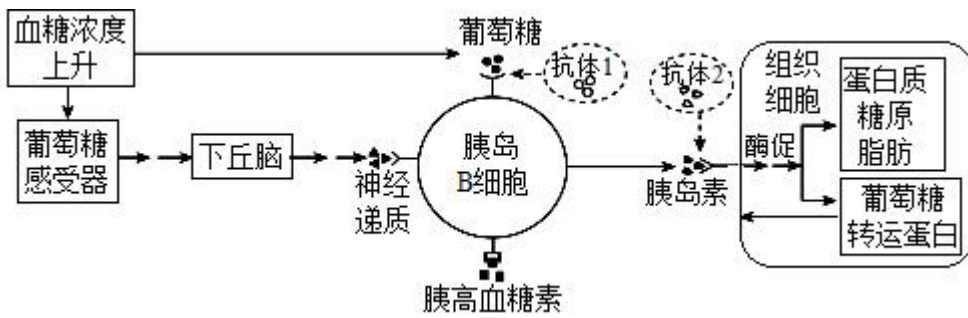
【详解】A、喷水管的感觉神经元在接受刺激后，神经纤维会从极化状态先后发生反极化和复极化，发生反极化时，钠离子通道打开，膜外钠离子进入膜内，很短时间内，钠离子通道重新关闭，钾离子通道随即打开，发生复极化，膜内钾离子涌出膜外，A 正确。

BC、根据题意可知，缩鳃反射的习惯化表现为效应器反应减弱，有几种可能，其一是感觉神经元末梢对连续刺激的敏感性逐渐降低；其二是神经纤维上反极化程度减小导致动作电位变小；其三是在突触结构上，连续刺激导致突触前膜释放的神经递质减少，BC 正确；

D、若多次刺激肌肉，肌肉反应正常，则说明缩鳃反射的习惯化与肌肉对来自运动神经元信号的反应能力无关，D 错误。

故选 D。

7. 如图表示胰岛素分泌的调节过程、胰岛素作用机理及引起胰岛素分泌异常的部分机理，其中抗体 1、抗体 2 分别与相应受体结合后，能阻止葡萄糖或胰岛素与相应受体结合。下列说法错误的是（ ）



- A. 胰岛素的分泌受胰高血糖素、神经递质等的影响，说明胰岛素分泌受神经和体液共同调节
- B. 胰岛素可以促进组织细胞对葡萄糖的摄取、利用和储存
- C. 从免疫学的角度分析，这两种糖尿病都与免疫系统功能异常有关
- D. 以上两种糖尿病均会导致血浆中胰岛素的含量下降，进而使血糖浓度升高

【答案】D

【解析】

【分析】1、图示为血糖调节过程，抗体1作用于胰岛B细胞膜上受体，使胰岛B细胞分泌胰岛素减少，抗体2作用于靶细胞受体，使胰岛素不能发挥作用，这两种方式从免疫学角度分析都是自身免疫病。

2、胰岛素是惟一能降低血糖的激素，其作用分为两个方面：促进血糖氧化分解、合成糖原、转化成非糖类物质；抑制肝糖原的分解和非糖类物质转化。

【详解】A、胰岛素分泌受胰高血糖素、神经递质的影响，说明胰岛素分泌受神经和体液共同调节，A正确；
 B、胰岛素能促进组织细胞加速摄取、利用和储存葡萄糖，从而使血糖水平降低，B正确；
 C、通过分析可知，图示为血糖调节过程，抗体1作用于胰岛B细胞膜上受体，使胰岛B细胞分泌胰岛素减少，抗体2作用于靶细胞受体，使胰岛素不能发挥作用，这两种方式从免疫学角度分析都是自身免疫病，C正确；

D、抗体1造成的糖尿病会使胰岛B细胞获得的调节信息减弱，胰岛素含量降低，抗体2作用于胰岛素的靶细胞，所以抗体2不会直接影响胰岛素的分泌量，抗体2造成的糖尿病会使葡萄糖转化分解减弱（竞争性减弱了胰岛素的作用），D错误。

故选D。

8. 棉花幼果获得光合产物不足会导致其脱落。为研究某种外源激素对棉花光合产物调配的影响，某研究小组选择生长整齐的健壮植株，按图1步骤进行实验，激素处理方式和实验结果如图2所示（上述处理不影响叶片光合作用强度与呼吸作用强度）。对该实验的叙述不正确的是（ ）

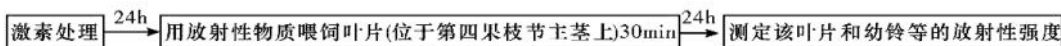


图1

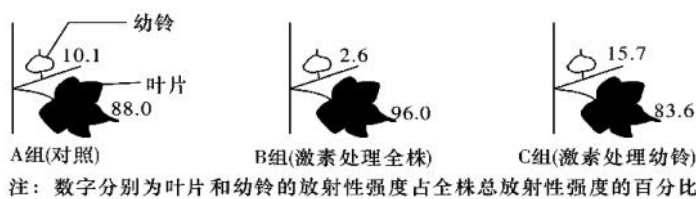


图2

- A. 该实验的因变量是果实和叶片中放射性强度占全株的百分比
- B. 根据该实验的三组处理结果推测，B 组幼果的脱落率最低
- C. 若本实验所用激素与生长素具有协同促进植株增高的作用，则该激素可能是赤霉素
- D. 若增设 D 组，用激素处理叶片，则幼铃的放射性可能比 B 组更低

【答案】B

【解析】

【分析】据图 1 分析：实验设计要遵照单一变量、对照原则。为研究某种外源激素对棉花光合产物调配的影响，因此实验的自变量为是否利用外源激素处理，因变量为叶片和幼铃的放射性强度。

图 2 中 A 组不用激素处理，作为空白对照，而 BC 作为实验组，并且 BC 之间又可以相互对照，若用激素处理全株，叶片中的放射性升高，幼铃中的放射性降低；若用激素处理幼铃，叶片中的放射性下降，幼铃中的放射性升高。

【详解】A、该实验的自变量是激素处理的部位，因变量是果实和叶片中放射性强度占全株的百分比，A 正确；

B、棉花幼果获得光合产物不足会导致其脱落，由图可知，C 组幼铃放射性较高，说明其脱落率最低，B 错误；

C、由于生长素和赤霉素均促进生长，故若本实验所用激素与生长素具有协同促进植株增高的作用，则该激素可能是赤霉素，C 正确；

D、由实验可推测，光合产物可向该激素含量高的器官分配。若用激素处理叶片，叶片有机物输出明显较少，且会小于 B 组，因而幼铃的放射性强度百分比由高到低依次为 $C > A > B > D$ ，D 正确。

故选 B。

9. 湿地被誉为“地球之肾”，曾经烟波浩渺的八百里洞庭，一度遭到严重的破坏。近几年通过大规模地退耕还湖、生态补水、清淤等措施，使水质持续改善，生物多样性明显增加，营造了沙鸥翔集、锦鳞游泳的和谐共融的特色景观。以下说法正确的是（ ）

- A. 洞庭湖区生态系统的结构是指湖区的生产者、消费者、分解者及非生物的物质和能量
- B. 保护洞庭湖区湿地最有效的方法是建立洞庭湖自然保护区
- C. 退耕还湖、生态补水、清淤等措施提高了洞庭湖生态系统的恢复力稳定性
- D. 投放大量化学杀藻剂让浮游藻类从浅水区消失可维持湿地中氮、磷的平衡

【答案】B

【解析】

【分析】生态系统的结构包括生态系统的组成成分和营养结构，组成成分包括非生物的物质和能量、生产者、消费者和分解者，营养结构就是指食物链和食物网。

【详解】A、洞庭湖湿地生态系统的结构是指构成该湿地生态系统的组成成分（生产者、消费者、分解者及非生物的物质和能量）及食物链和食物网，A 错误；

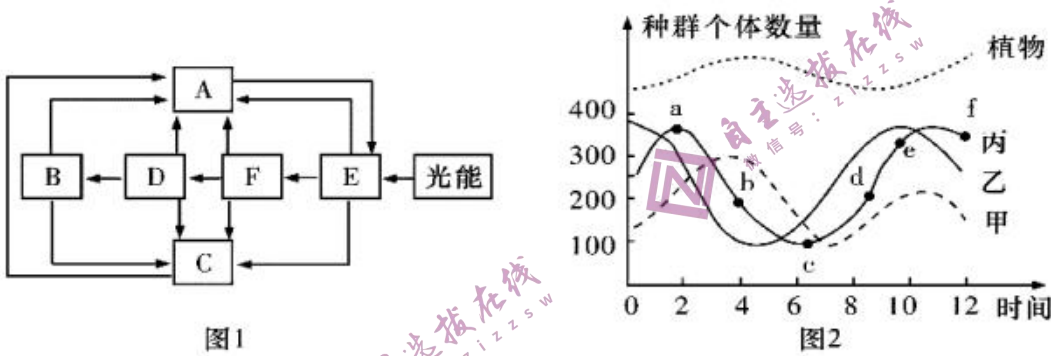
B、保护洞庭湖湿地最有效的方法是就地保护即建立洞庭湖湿地自然保护区，B 正确；

C、退耕还湖、生态补水、清淤等措施，使生物多样性明显增加，提高了洞庭湖湿地生态系统的抵抗力稳定性，C 错误；

D、投放大量化学杀藻剂可以让浮游藻类从水体消失，但不能从根本上解决污染问题，一方面化学杀藻剂会污染湿地中水体，另一方面浮游藻类死亡后被微生物分解，氮、磷等无机盐仍然在增加，不能维持湿地中氮、磷的平衡，D 错误。

故选 B。

10. 如图 1 表示生态系统甲各成分之间的联系，图 2 为一定时间内某一生态系统中的几个种群的数量变化曲线。据图分析，下列说法正确的是（ ）



- A. 图 1 中共有 2 条食物链
- B. 种群丙在 a、b、c、d 四个时期中增长率最大的是 a 时期
- C. 图 1 中能构成生物群落的是 B、C、D、E、F，图 2 中的乙相当于图 1 中的 B
- D. 某地区因环境污染造成 E 中出现部分白化苗，F、D 的数量也都将减少

【答案】D

【解析】

【分析】生态系统的结构包括生态系统的组成成分和营养结构两部分。食物链和食物网是生态系统的营养结构，生态系统的物质循环和能量流动就是沿着这种渠道进行的。

【详解】A、根据图 1 可知，E 是生产者，A 是二氧化碳库，B、D、F 都属于消费者，C 是分解者，B、D、E、F 每个营养级可能含有多个种群，无法确定含有几条食物链，A 错误；

B、种群密度最大的时期即种群数量最多的时刻，故种群丙在 a、b、c、d 四个时期中种群密度最大的是 a 时期，不是增长率，B 错误；

C、图 1 中能构成生物群落的是 B、C、D、E、F，图 2 中的乙是初级消费者，可以相当于图 1 中的 F，C 错误；

D、某地区因环境污染造成 E 中出现部分白化苗，光合作用固定的太阳能减少，则 F、D 的数量也都将减少，D 正确。

故选 D。

11. 啤酒的工业化生产中，大麦经发芽、焙烤、碾磨、糖化、蒸煮、发酵、消毒等工序后，最终过滤、调节、分装。下列说法不正确的是（ ）

- A. 用赤霉素处理大麦，可使大麦种子无须发芽就能产生 α -淀粉酶
- B. 焙烤是为了利用高温杀死大麦种子胚并进行灭菌
- C. 糖浆经蒸煮、冷却后需接种酵母菌进行发酵
- D. 通过转基因技术可减少啤酒酵母双乙酰的生成，缩短啤酒的发酵周期

【答案】B

【解析】

【分析】啤酒发酵过程分为主发酵和后发酵两个阶段。酵母菌的繁殖、大部分糖的分解和代谢物的生成都在主发酵阶段完成。主发酵结束后，发酵液还不适合饮用，要在低温、密闭的环境下储存一段时间进行后发酵，这样才能形成澄清、成熟的啤酒。

【详解】A、用赤霉素处理大麦，可诱导 α -淀粉酶相关基因的表达，促进 α -淀粉酶的合成，进而使大麦种子无须发芽就能产生 α -淀粉酶，A正确；

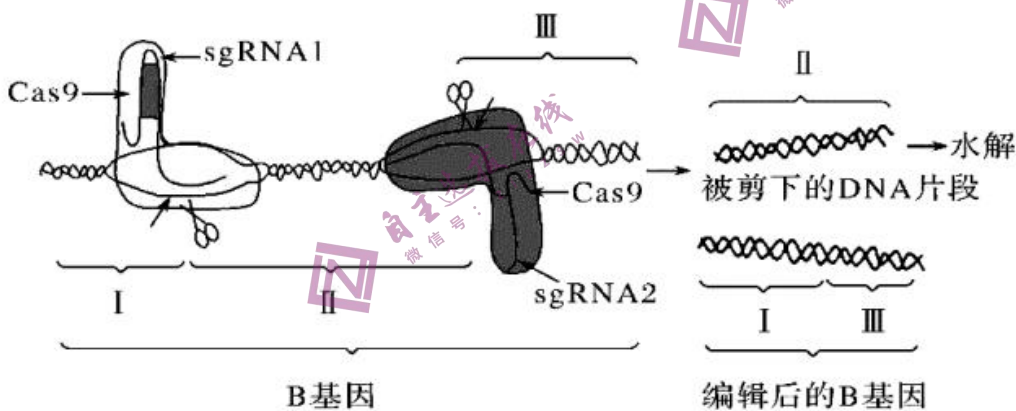
B、焙烤可以杀死大麦种子的胚，但不使淀粉酶失活，没有进行灭菌，B错误；

C、糖浆经蒸煮（产生风味组分、终止酶的进一步作用，并对糖浆灭菌）、冷却后再接种酵母菌进行发酵，防止高温杀死菌种，C正确；

D、转基因技术已被用来减少啤酒酵母双乙酰的生成，缩短啤酒的发酵周期，属于转基因技术在微生物领域的应用，D正确。

故选B。

12. 基因编辑是指将外源DNA片段导入到染色体DNA特定位点或删除基因内部特定片段，是一种对生物体基因组特定目标基因进行修饰的技术。下图是对某生物B基因进行基因编辑的过程，该过程中用sgRNA指引内切核酸酶Cas9结合到特定的靶位点。下列相关叙述错误的是（ ）



- A. sgRNA 的全部碱基序列与靶基因序列完全互补
- B. 内切核酸酶 Cas9 可断裂核苷酸之间的磷酸二酯键
- C. 根据上述处理前后生物体的功能变化，可推测 B 基因的功能
- D. 使用该项基因编辑技术来预防人的某些疾病时需要审批

【答案】A

【解析】

【分析】结合题干信息分析题图，用 sgRNA 可指引内切核酸酶 Cas9 结合到特定的切割位点并进行切割，进而在 I、II 之间和 II、III 之间切割，被剪下的 II 被水解，I 和 III 连接形成新的 B 基因。

【详解】A、观察题图 sgRNA 的部分碱基序列与靶基因序列互补，A 错误；

B、内切核酸酶 Cas9 可断裂核苷酸之间的磷酸二酯键，进而将基因某位点进行切割，B 正确；

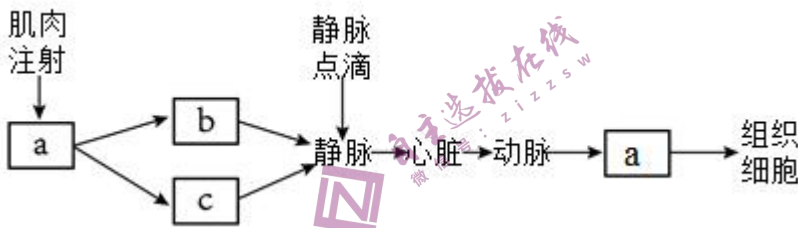
C、破坏 B 基因后其控制的生物功能会变化，由此可推测 B 基因的功能，C 正确；

D、基因编辑技术存在一定的风险，一是基因组编辑技术本身存在着识别准确性等方面的问题；二是对人类基因进行“改造”时要严格遵守法律法规，不能违反人类的伦理道德，使用该项基因编辑技术来预防人的某些疾病时需要审批，D 正确。

故选 A。

二、不定项选择题（本题共 4 小题，每小题有一个或多个选项符合题目要求。）

13. 与肌肉注射相比，静脉点滴因能将大剂量药物迅速送到全身细胞而疗效显著。图中 a、b、c 为内环境的相关组成（其中 b 为血浆）下列叙述不正确的是（ ）



A. 图中 a 为组织液，是体内绝大多数细胞直接生活的环境

B. 正常情况下，a 大量被毛细血管吸收进入 b，少量被毛细淋巴管吸收成为 c

C. 静脉点滴的葡萄糖进入人体后到达组织细胞内至少需穿过 5 层细胞膜

D. 静脉点滴一定浓度的血浆蛋白溶液有助于缓解营养不良引起的组织水肿

【答案】C

【解析】

【分析】根据题意和图示分析可知：肌肉注射是将药物直接注入组织液，所以 a 是组织液；组织液可以转化成淋巴液和血浆，所以 b、c 表示血浆和淋巴液；静脉点滴是将药物直接注入血浆，而组织细胞的内环境是组织液，因此组织细胞直接从组织液中获取药物。

【详解】A、分析题图可知，a 为组织液，组织液是体内绝大多数细胞直接生活的环境，A 正确；

B、正常情况下，a 组织液大量被毛细血管吸收进入 b 血浆，少量被毛细淋巴管吸收成为 c 淋巴液，B 正确；

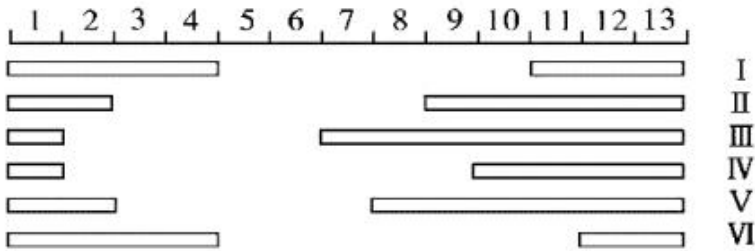
C、静脉点滴的葡萄糖进入人体后到达组织细胞内至少需穿过 2 层毛细血管壁细胞膜和 1 层组织细胞膜，共 3 层细胞膜，C 错误；

D、静脉点滴一定浓度的血浆蛋白溶液会使血浆渗透压升高，组织液中的水分会进入血浆中，从而有助于缓解因营养不良造成的组织水肿，D 正确。

故选 C。

14. 肌营养不良（MD）是伴 X 染色体隐性遗传病。某研究机构对六位患有 MD 的男孩进行研究，发现患者

还表现出其他异常体征。研究人员对他们的 X 染色体进行深入研究，结果如图所示，其中 1~13 表示正常 X 染色体的不同区段，I~VI 表示不同患病男孩细胞中 X 染色体所含有的区段。下列有关叙述正确的是（ ）



- A. MD 的致病机理可能是 X 染色体 5、6 区段缺失
- B. 上述 MD 患者的 X 染色体异常，减数分裂时无法联会
- C. 通过对 X 染色体的对比可以推测出他们体征异常差别的大小
- D. 若某一异常体征仅在一位男孩身上出现，则最可能是 VI 号个体

【答案】AD

【解析】

【分析】配对的两条染色体，形状和大小一般都相同，一条来自父方、一条来自母方，叫作同源染色体。在减数分裂过程中，同源染色体两两配对的现象叫作联会。

【详解】A、由题图可知六个患病男孩的 X 染色体缺失片段的长度和区段虽然不同，但是都存在 X 染色体 5、6 区段的缺失，因此 MD 的致病机理可能是 X 染色体 5、6 区段缺失，A 正确；

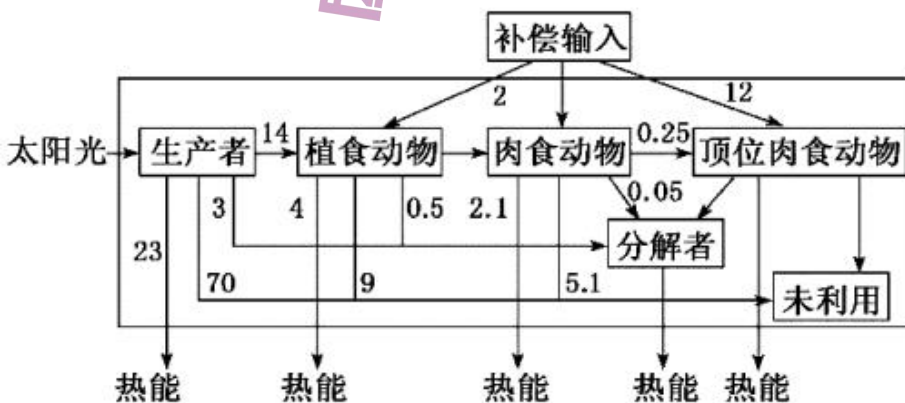
B、题述 MD 患者的 X 染色体的片段缺失，属于染色体结构变异，但减数分裂时可以进行联会，B 错误；

C、由题图只能对比出不同个体的 X 染色体缺失情况，但不同区段具有的基因数量不清楚，因此无法比较出不同个体之间的体征异常差别的大小，C 错误；

D、由题图可知，只有 VI 号个体的 X 染色体缺失 11 区段，其他个体的 X 染色体没有缺失 11 区段，所以若仅在一位男孩身上有一异常体征，则最可能是 VI 号个体，D 正确。

故选 AD。

15. 下图为某自然灾害后的人工鱼塘生态系统的能量流动过程中部分环节涉及的能量(单位: $10^3\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 其中补偿输入是指人工饲喂各个营养级同化的能量。下列说法正确的是（ ）



- A. 由图可知，肉食动物需补偿输入的能量为 $5000\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
- B. 植食性动物用于自身生长、发育和繁殖的能量是 $12000\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
- C. 在人为干预下，能量在第二营养级与第三营养级之间的传递效率为 15.6%
- D. 据图中数据可知，较低营养级的生物在这场灾害中受到的影响较大

【答案】ABC

【解析】

【分析】生态系统中能量流动是单向的。在生态系统中，能量流动只能从第一营养级流向第二营养级，再依次流向后面的各个营养级，不可逆转，也不能循环流动。能量在流动过程中逐级递减。输入到一个营养级的能量不可能百分之百地流入下一个营养级，能量在沿食物链流动的过程中是逐级减少的。

【详解】A、各营养级之内，所有输入的能量和输出的能量相等。因此植食动物传递给肉食动物的能量就是 $(14+2-4-9-0.5) \times 10^3 = 2.5 \times 10^3 (\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$ ，肉食动物输出的能量是 $(2.1+5.1+0.25+0.05) \times 10^3 = 7.5 \times 10^3 (\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$ ，所以肉食动物需补偿输入的能量为 $7.5 \times 10^3 - 2.5 \times 10^3 = 5000\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，A 正确；

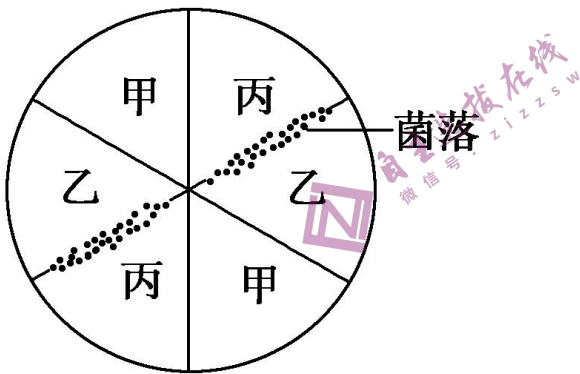
B、第二营养级总能量为 $16 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，其中呼吸消耗的能量是 $4 \times 10^3 \text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，因此用于植食性动物自身生长、发育和繁殖等生命活动的能量是 $1.2 \times 10^4 \text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ，B 正确；

C、第二营养级与第三营养级之间能量传递效率 = 从第二营养级流入第三营养级的能量 / 第二营养级同化量 = $[(14+2-4-9-0.5) \times 10^3] / [(14+2) \times 10^3] \times 100\% \approx 15.6\%$ ，C 正确；

D、图中营养级越高，需要补偿输入的能量值越大，说明受影响较大，D 错误。

故选 ABC。

16. 生长图形法是一种测定微生物营养需求的简便方法。为探究某嗜热菌所需生长因子的种类，研究小组将该菌的悬浮液与不含任何生长因子但含有其他必需营养物质的培养基混合后倒成平板，然后在平板上划分数区，将甲、乙、丙三种生长因子分别添加到不同区域，培养结果如图所示，下列说法正确的是 ()



- A. 倒成平板后直接培养可判断有无污染
- B. 倒成平板后需要进行灭菌处理
- C. 图示结果表明该菌需要生长因子乙或丙
- D. 生长图形法还可用于某些菌种的筛选

【答案】AD

【解析】

【分析】培养基的概念及营养构成

(1) 概念：人们按照微生物对营养物质的不同需求，配制出的供其生长繁殖的营养基质。

(2) 营养构成：各种培养基一般都含有水、碳源、氮源、无机盐，此外还要满足微生物生长对 pH、特殊营养物质以及氧气的要求。例如，培养乳酸杆菌时需要在培养基中添加维生素，培养霉菌时需将培养基的 pH 调至酸性，培养细菌时需将 pH 调至中性或微碱性，培养厌氧微生物时则需要提供无氧的条件。

【详解】A、平板上不含任何生长因子，若倒成平板后直接培养，出现菌落说明已被杂菌感染，因为该嗜热菌不能在缺乏生长因子的培养基中生长，A 正确；

B、制备平板时，先灭菌再倒平板，B 错误；

C、图中菌落生活在乙丙区域之间，说明同时需要乙和丙，C 错误；

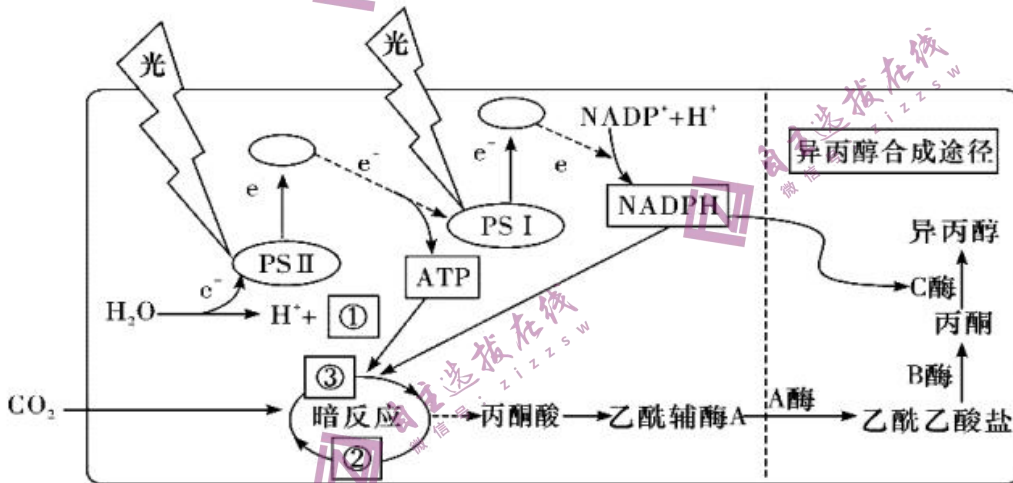
D、不同菌种所需生长因子不同，可利用生长图形法筛选菌种，D 正确。

故选 AD。

第 II 卷 非选择题

三、非选择题

17. 研究发现光反应产生 ATP 与 NADPH 数量比是 2.57 : 2，而暗反应消耗的 ATP 与 NADPH 数量比是 3 : 2，NADPH 积累是光合作用限制因素之一。因此，在细胞中导入 NADPH 消耗模块（异丙醇合成途径），以期提高光合速率。



注：PSII、PSI 是由光合色素与蛋白质等结合构成的进行光吸收的功能单位。

图1

(1) 图 1 中①②表示的物质分别是_____；NADPH 在③的进一步反应中的作用是_____。

(2) 以蓝细菌为研究模型，通过导入三种外源酶（ABC 酶）基因，相关指标的检测结果见表和图 2。

组别	导入基因	NADPH 含量 (pmol)	ATP 含量 (μmol)	CO ₂ 固定速率 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{细胞干重} \cdot \text{h}^{-1}$)
一	无	193.5	39.28	86
二	A、B	190.83	35.23	85
三	A、B、C	112.83	62.53	119

注：NADPH 与 ATP 含量在最适光照下测定。

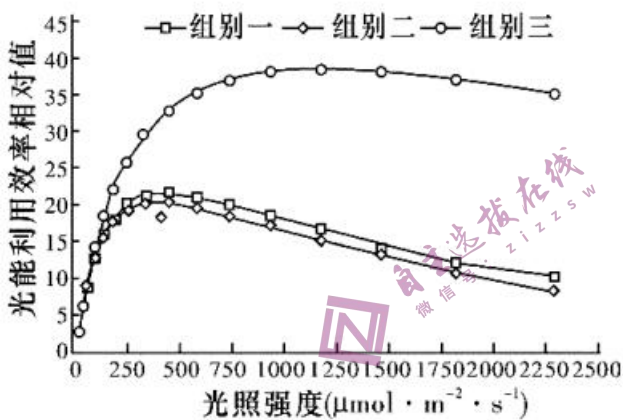


图2

①表中组别二的结果说明_____。为验证蓝细菌有效提高光合速率是由于额外的 NADPH 消耗直接导致的，研究人员在组别一的蓝细菌中只导入 C 基因，在培养基中添加_____进行培养，实验结果应与组别_____结果相同。

②结合表和图 2 分析，在蓝细菌中创建异丙醇合成途径能够提高光合速率的原因：_____。

【答案】(1) ①. O₂、C₅ ②. 作为还原剂并供能

(2) ①. 导入 A、B 基因对 ATP 与 NADPH 比例、CO₂ 固定速率影响不大，因此对蓝细菌光合作用效率没有显著影响 ②. 丙酮 ③. 三 ④. 创建异丙醇合成途径使细胞中 ATP 与 NADPH 的比例显著增加；能够有效地利用高强度光，促进光反应进行

【解析】

【分析】光合作用包括光反应和暗反应两个阶段。光反应发生场所在叶绿体的类囊体薄膜上，色素吸收、传递和转换光能，并将一部分光能用于水的光解生成 NADPH 和氧气，另一部分光能用于合成 ATP，暗反应发生场所是叶绿体基质中，首先发生二氧化碳的固定，即二氧化碳和五碳化合物结合形成两分子的三碳化合物，三碳化合物利用光反应产生的 NADPH 和 ATP 被还原。

【小问 1 详解】

分析题图，水的光解还应产生 O₂，故①为 O₂，②与 CO₂ 结合形成③，可判断②为 C₅，③为 C₃，NADPH 在

暗反应阶段的作用是作为还原剂，NADPH 转化为 NADP⁺时会释放能量，故还有供能的作用。

【小问 2 详解】

①分析题表中的组别二，其 NADPH 含量、ATP 含量和 CO₂ 固定速率均与组别一相同，说明导入 A、B 基因对 ATP 与 NADPH 比例、CO₂ 固定速率影响不大，因此对蓝细菌光合作用效率没有显著影响。若在组别一的蓝细菌中只导入 C 基因，由图 1 可知，丙酮在 C 酶的催化下可以合成异丙醇，故在培养基中添加丙酮进行培养，加入丙酮后，相当于 A 酶与 B 酶发挥了相应的作用，故实验结果应与组别三结果相同。

②在蓝细菌中创建异丙醇合成途径能够提高光合速率，组别三中 ATP 与 NADPH 的比例较高，其 CO₂ 固定速率也较高，故分析表格数据，可推测原因是创建异丙醇合成途径使细胞中 ATP 与 NADPH 的比例显著增加或能够有效地利用高强度光，促进光反应进行。

18. 某种闭花受粉植物的花色分为红色、黄色和橙色。为探究其花色的遗传机制，科学家进行了相关研究。回答下列问题。

(1) 野生型花色为红色，现有两种单基因纯合突变体，甲（突变基因记作 A/a）花色为黄色，乙（突变基因记作 B/b）花色为橙色。用甲、乙进行杂交实验，结果如图 1。

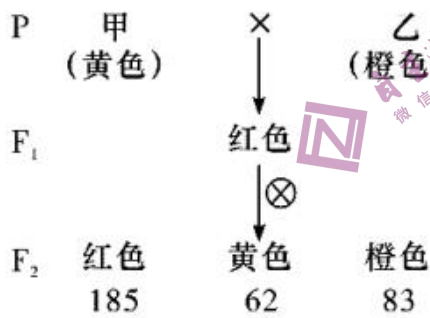


图1

用甲做母本，乙做父本进行杂交，操作步骤是_____，F₂ 中黄色的基因型为_____。基因 A/a 与基因 B/b 的位置关系是_____。在自然状态下，F₂ 中所有红花植株所产生的子代 F₃，F₃ 植株花色表型及比例为_____。

(2) 深入研究发现，由于红色素的积累而呈显红色的花色，当红色素量较少时，花色呈黄色，而前体物质 2 积累会使花色呈橙色，为什么？_____（如图 2）。



(3) 有一植株 M，花色与甲相同，但 A 并未突变，而调控 A 表达的 C 基因转录水平极低，敲除野生型中的 C 基因，其表型与 M 相同，推测 C 基因表达产物可_____A 基因的表达。进一步研究发现 M 中 C 基因

的序列未发生改变，但其甲基化程度很高，推测花色与 C 基因甲基化水平改变有关。欲为此推测提供证据，合理的方案包括_____（不定项选择），并检测 C 的甲基化水平及表型。

- ①将能在花中特异性表达的去甲基化酶基因导入 M
- ②将能在花中特异性表达的甲基化酶基因导入 M
- ③敲除在野生型植株花中特异性表达的去甲基化酶基因
- ④将能在花中特异性表达的甲基化酶基因导入野生型

【答案】(1) ①. 在花未成熟时，将甲去雄、套袋，待去雄花的雌蕊成熟后授以乙的花粉再套袋 ②. aaBB、aaBb ③. 位于两对同源染色体上（位于非同源染色体上） ④. 红色：黄色：橙色=25：5：6

(2) 基因 A 突变为 a，但基因 H 仍表达出少量酶 H，酶具有高效性，能持续生成前体物质 2，而基因 B 突变为 b，前体物质 2 无法转变为红色素，故花呈橙色

(3) ①. 促进 ②. ①③④

【解析】

【分析】基因的自由组合定律的实质是：位于非同源染色体上的非等位基因的分离或组合是互不干扰的，在减数分裂过程中，同源染色体上的等位基因彼此分离的同时，非同源染色体上的非等位基因自由组合。

【小问 1 详解】

人工异花授粉的步骤（用甲做母本，乙做父本进行杂交）为：在花未成熟时，将甲去雄、套袋，待去雄花的雌蕊成熟后授以乙的花粉再套袋。F₂中红色：黄色：橙色约为 9:3:4，故 F₂中红色(A_B_)基因型为 1/9AABB、2/9AaBB、2/9AABb、4/9AaBb，基因 A/a 与基因 B/b 符合基因的自由组合定律，故这两对等位基因的位置关系是位于两对同源染色体上（位于非同源染色体上）。自然状态下，植物闭花受粉自交产生的 F₃，即 1/9AABB、2/9AaBB、2/9AABb、4/9AaBb 均自交，计算得 F₃ 植株各种表型及比例为红色：黄色：橙色 =25：5：6。

【小问 2 详解】

由题意和图 2 可知，由于红色素的积累而呈红色，当红色素量较少时，呈黄色，而前体物质 2 积累时呈橙色，则存在 A 或 H，不存在 B 基因时，呈橙色。因此，aabb 呈橙色的原因是基因 A 突变为 a，但基因 H 仍表达出少量酶 H，酶具有高效性，能持续生成前体物质 2，而基因 B 突变为 b，前体物质 2 无法转变为红色素，故花呈橙色。

【小问 3 详解】

C 基因表达的产物可以调控 A 的表达，敲除野生型中的 C 基因，其表型与 M 相同，说明 C 基因表达产物可促进 A 基因的表达。

- ①变异株 M 中甲基化程度很高，野生型植株中甲基化程度低，可使 M 植株去甲基化，即①将能在花中特异性表达的去甲基化酶基因导入 M，①正确；
- ②M 中 C 基因的甲基化程度本来就很高，不需要将能在花中特异性表达的甲基化酶基因导入 M，②错误；
- ③④野生型植株中甲基化程度低，故敲除在野生型植株花中特异性表达的去甲基化酶基因或将能在花中特异性表达的甲基化酶基因导入野生型，均可以得到 C 基因甲基化的野生型植株，③正确；④正确。故欲推

测花色与 C 基因甲基化水平改变有关，合理的方案包括①③④。

19. 中东呼吸综合征冠状病毒可引起人体严重的呼吸系统症状，甚至造成死亡。科研人员为研制针对该病毒的特异性治疗药物进行了系列研究。

(1) 该病毒主要通过其表面囊膜的 S 蛋白与宿主细胞膜受体 D 结合来感染宿主细胞。如图 1 所示，S1 与受体 D 结合后导致 S1 和 S2 分离，S2 的顶端插入到宿主细胞膜上，通过 S2 蛋白的_____改变从而将两个膜拉近，发生膜融合过程。病毒进入宿主细胞后，利用宿主细胞内的_____、_____等为原料合成大分子物质组装成新的病毒，扩散并侵染健康细胞。

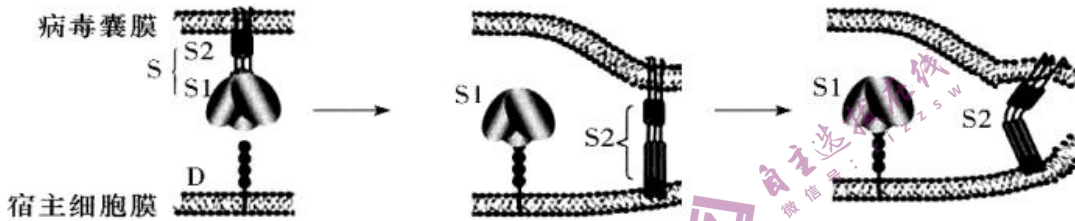


图1

(2) R 是该病毒的 S1 上与受体 D 结合的部分。科研人员用从康复者体内筛选出的三种抗体甲、乙、丙进行实验，研究它们与 R 的特异性结合能力。另用抗体丁作为对照抗体。实验流程如图 2 所示，结果如图 3。在实验过程中将_____作为抗原固定，分别将_____加入反应体系，然后加入酶标记的抗体（能与待检抗体结合，携带的酶可使底物反应显色），其后加入底物显色，检测相应的吸光值（颜色越深吸光值越高）。

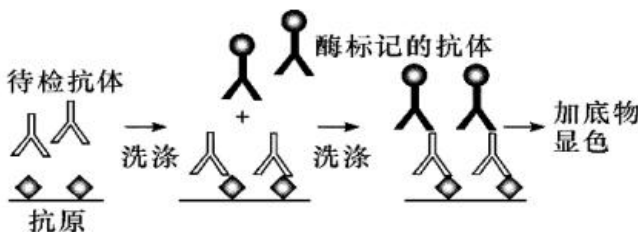


图2

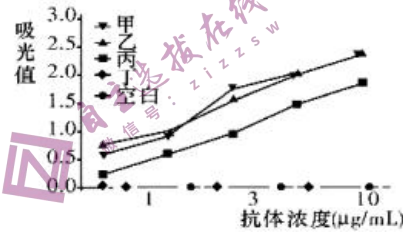


图3

该实验中抗体丁可以作为对照抗体的理由是_____。实验结果表明_____。

(3) 研究发现该病毒在感染宿主细胞后，有一种更快速的传播方式。当被感染细胞表面的病毒囊膜蛋白与健康细胞表面的受体 D 结合后，膜发生融合实现病毒的转移。为了探究三种抗体能否抑制病毒在被感染细胞和健康细胞之间的传播，科研人员开展了如下研究。

组别	实验处理		实验结果
实验组	抗体甲	表达病毒囊膜蛋白的细胞 表达人受体 D 的细胞	无细胞融合
	抗体乙		部分细胞融合
	抗体丙		部分细胞融合

对照组	抗体丁	表达病毒囊膜蛋白的细胞	表达人受体 D 的细胞	
-----	-----	-------------	-------------	--

①对照组的实验结果应为_____（填“无细胞融合”或“部分细胞融合”）。

②实验结果说明，三种抗体中，_____可以阻断病毒通过细胞融合的途径进行传播，_____效果不明显。

（4）科研人员进一步利用多种方法深入研究了三种抗体与 R 结合的区域，实验结果表明，甲与乙结合 R 上不同的区域，甲与丙结合 R 的区域部分重叠。综合以上系列研究结果，研究人员推测将_____两种抗体联合使用会具有更强的抗病毒能力。

【答案】（1） ①. 空间结构 ②. 核苷酸 ③. 氨基酸（后两空顺序可更换）

（2） ①. R ②. 不同浓度的甲、乙、丙和丁 ③. 抗体丁不与 R 结合 ④. 不同浓度下甲、乙和丙均与 R 特异性结合，甲和乙的结合能力强于丙

（3） ①. 部分细胞融合 ②. 甲 ③. 乙、丙

（4）甲与乙

【解析】

【分析】1、MERS-CoV 主要通过其表面囊膜的 S 蛋白与宿主细胞膜受体 DPP4 结合来感染宿主细胞。病毒的复制过程包括：吸附、注入、脱壳、生物合成、装配和成熟、裂解、释放。

2、酶联免疫吸附法的原理是结合在固相载体表面的抗原或抗体仍保持其免疫学活性，酶标记的抗原或抗体既保留其免疫学活性，又保留酶的活性。在测定时，受检标本（测定其中的抗体或抗原）与固相载体表面的抗原或抗体起反应。用洗涤的方法使固相载体上形成的抗原抗体复合物与液体中的其他物质分开。再加入酶标记的抗原或抗体，也通过反应而结合在固相载体上。此时固相上的酶量与标本中受检物质的量呈一定的比例。加入酶反应的底物后，底物被酶催化成为有色产物，产物的量与标本中受检物质的量直接相关，故可根据呈色的深浅进行定性或定量分析。由于酶的催化效率很高，间接地放大了免疫反应的结果，使测定方法达到很高的敏感度。

【小问 1 详解】

图 1 所示为第一步吸附：S1 与 D 结合后导致 S1 和 S2 分离，S2 的顶端插入到宿主细胞膜上，通过 S2 蛋白的空间结构改变从而将两个膜拉近，发生膜融合过程。由于病毒是由蛋白质外壳和 DNA 分子构成的，因此中东呼吸综合征冠状病毒进入宿主细胞后会利用宿主细胞内的原料合成自身所需的物质，利用宿主细胞内的核苷酸、氨基酸等为原料合成大分子物质组装成新的病毒，扩散并侵染健康细胞。

【小问 2 详解】

将 R 作为抗原固定，分别将不同浓度甲、乙、丙可以与抗原结合，但抗体丁不与 R 结合，因此可以作为对照抗体。分别将不同浓度的甲、乙、丙和丁加入反应体系后，然后加入酶标记的抗体，其后加入底物显色，检测相应的吸光值，由于颜色越深表示吸光值越高。实验结果表明甲、乙的吸光度较高，丙的吸光度较低，不同浓度下甲、乙和丙均与 R 特异性结合，甲和乙的结合能力强于丙。

【小问 3 详解】

该题是探究三种抗体能否抑制中东呼吸综合征冠状病毒在被感染细胞和健康细胞之间的传播，设置了一组对照组，三组实验组，根据实验设计的单一变量原则，实验组：分别准备抗体甲、乙、丙，表达病毒囊膜蛋白的细胞和表达受体 D 的细胞，检测是否出现细胞融合。

- ①对照组：加入抗体丁，表达病毒囊膜蛋白的细胞和表达受体 D 的细胞，检测结果应该是有部分细胞融合，可以检测抗体丁对实验结果的影响。
- ②实验组分别加入三种抗体后，表达病毒囊膜蛋白的细胞和表达受体 D 的细胞，加入抗体甲后，实验结果无细胞融合，说明抗体甲可以阻断病毒通过细胞融合的途径，加入抗体乙、丙后，结果显示有部分细胞融合，说明抗体乙、丙阻断病毒通过细胞融合的途径效果不显著。

【小问 4 详解】

甲与乙结合 R 上不同的区域，甲与丙结合 R 的区域部分重叠，因此甲与乙两种抗体联合使用会引起更强的免疫反应，具有更强的抗病毒能力。如果希望用联合抗体治疗中东呼吸综合征患者，还需要进行的研究方法有：比较单一抗体与甲乙联合抗体的抗 MERS-CoV 效果；对感染 MERS-CoV 的动物使用甲乙联合抗体治疗，检测治疗效果；评估甲乙联合抗体对动物体主要组织器官和正常细胞是否具有副作用。

20. 如图甲表示某草原生态系统中的部分食物网，图乙表示该草原食草动物捕食强度对生产者有机物积累速率的影响，请据图回答问题：



- (1) 图甲中，鹰处于第_____营养级，该生态系统中除图甲中包含成分外还有_____。
- (2) 图甲中，鹰的能量来源于蛇的比例为 m ，若鹰增重 y kg 时至少需要兔为 x kg，则 $y =$ _____。(用 x 、 m 表示)。
- (3) 图甲中，蛇的消失导致鹰的数量增加的原因是_____。
- (4) 图乙中，食草动物捕食强度低于 a 时，生产者有机物积累速率随捕食强度的增加而增大，原因可能是_____。
- (5) 据图乙分析，确定该草原最大载牧量时，食草动物捕食强度不能超过_____点水平(填字母)。

【答案】 ①. 三、四 ②. 非生物的物质和能量、分解者 ③. $x / (5+20m)$ ④. 蛇的消失减少了鹰获取能量的环节，鹰能获取更多的能量 ⑤. 食草动物的捕食作用降低了植物间的斗争 ⑥. c

【解析】

【分析】分析甲图，图中存在三条食物链，草→羊→狼；草→兔→蛇→鹰；草→兔→鹰。分析图乙可知，捕食强度为 a 点时，生产者的有机物的积累速率最大。

【详解】(1) 图甲中，在“草→兔→蛇→鹰”食物链中，鹰处于第四营养级，在“草→兔→鹰”食物链中，鹰处于第三营养级，所以甲图中鹰处于第三、四营养级。生态系统的组成成分包括生产者、消费者、分解

者和非生物的物质和能量，食物链和食物网中只包含生产者和消费者，所以该生态系统中除图甲中包含成分外还有非生物的物质和能量、分解者。

(2) 求低营养级至少需要的能量应按传递效率 20% 计算，鹰的能量来源于蛇的比例为 m ，若鹰增重 y kg 时至少需要兔为 x kg，则 $x = y \times m \div 20\% \div 20\% + (y - y \times m) \div 20\%$ ，解的 $y = x / (5 + 20m)$ 。

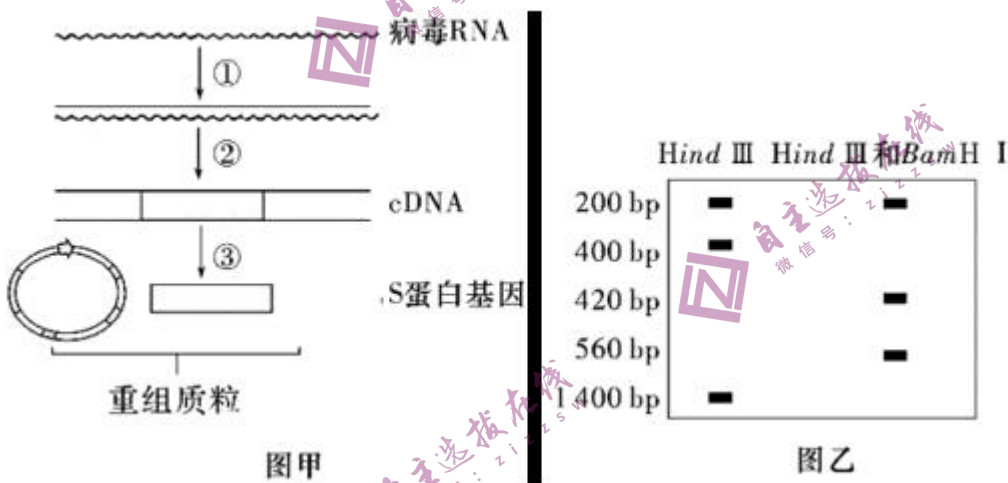
(3) 图甲中，蛇的消失减少了鹰获取能量的环节（使鹰由原来占三、四营养级变成了只占第三营养级），鹰能获取更多的能量，导致鹰的数量增加。公众号：高中试卷君

(4) 由于食草动物的捕食作用降低了植物间的斗争，所以图乙中，食草动物捕食强度低于 a 时，生产者有机物积累速率随捕食强度的增加而增大。

(5) 据图乙分析，当捕食强度超过 c 点水平后，生产者有机物积累速率为负值，植物不能生长，所以确定该草原最大载牧量时，食草动物捕食强度不能超过 c 点水平。

【点睛】本题考查生态系统的营养结构和能量流动的有关知识，意在考查考生能运用所学知识分析问题、解决问题的能力。

21. 新冠病毒的抗原性与感染性与其表面的 S 蛋白（刺突糖蛋白）密切相关，现利用基因工程的方法生产相关疫苗。图甲为构建 S 蛋白基因表达载体的过程，图乙为重组质粒被相关酶切后的电泳结果。请回答下列问题。



(1) ①过程所使用的酶为 逆转录酶，为保证 PCR 技术扩增 S 蛋白基因正常进行，该反应体系的主要成分有 模板 DNA、脱氧核苷酸、引物、耐高温的 DNA 聚合酶。PCR 技术中低温复性的目的是 引物结合到互补 DNA 链。

(2) 通过 PCR 技术可在 cDNA 分子中专一性扩增出 S 蛋白基因，其原因是 引物与模板 DNA 序列特异性结合。PCR 过程经过 4 次循环，需要的引物的数量是 16 个。

(3) 构建好的重组质粒长度共 2000bp，用限制酶 HindIII 及限制酶 HindIII 和 BamH I 分别对重组质粒进行切割并电泳，结果如图乙所示，可推测 BamH I 在重组质粒上有 2 个酶切位点。

(4) 腺病毒疫苗进入人体后，S 蛋白基因利用人体细胞的蛋白质表达系统指导 S 蛋白的合成，其过程是 转录和翻译（用文字和箭头表示）。

【答案】(1) ①. 逆转录酶 ②. 模板 DNA、脱氧核苷酸、引物、耐高温的 DNA 聚合酶 ③. 引物结合到互补 DNA 链

(2) ①. 引物是根据 S 蛋白基因的一段已知序列设计合成的 ②. 30

(3) 3 (4) S 蛋白的 cDNA→转录→mRNA→翻译→蛋白

【解析】

【分析】图甲中①是逆转录过程，②是经过复制形成双链 cDNA，③是将 S 蛋白基因和质粒结合形成基因表达载体，图乙是用限制酶切割后形成的电泳图。

【小问 1 详解】

①过程是利用 RNA 合成 DNA 的过程，是逆转录，需要逆转录酶，PCR 过程中，其反应体系的主要成分有模板 DNA、脱氧核苷酸、引物、耐高温的 DNA 聚合酶；低温复性的目的是让引物结合到互补 DNA 链。

【小问 2 详解】

由于在 PCR 技术中引物是根据 S 蛋白基因的一段已知序列设计合成的，所以能够专一性的扩增出 S 蛋白基因。PCR 技术大量扩增目的基因时，缓冲液中需要加入的引物个数计算公式为 $2^{n+1}-2$ ，因此若一个该 DNA 分子在 PCR 仪中经过 4 次循环，需要 $2^{4+1}-2=30$ 个引物。

【小问 3 详解】

用 HindIII 将质粒 2000bp 切割后形成了形成了 200bp、400bp 和 1400bp 共 3 个片段，而用 HindIII 和 BamHI 将质粒切割后形成了 200bp、420bp、560bp 的片段， $2000=420\times 2+560+200\times 3$ ，所以一共形成了 6 个片段，因此有 5 个酶切位点，因此 BamHI 在重组质粒上有 $5-2=3$ 个酶切位点。

【小问 4 详解】

腺病毒载体重组新型冠状病毒疫苗中决定 S 蛋白产生的为 cDNA，S 蛋白的产生包括以 DNA 的一条链为模板合成 mRNA 的转录过程和以 mRNA 为模板合成蛋白质的翻译过程，其过程如下：S 蛋白的 cDNA→转录→mRNA→翻译→蛋白。