2026 北京石景山高三一模

生　　物

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将答题卡交回。

第一部分

本部分共 15 题，每小题 2 分，共 30 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 感染性腹泻可由大肠杆菌、诺如病毒等病原体引起，严重时可造成患者脱水、电解质紊乱等。下列相关叙述不正确的是（　　）

A. 组成两种病原体的元素均包含 C、H、O、N、P

B. 两种病原体均利用自身的核糖体合成蛋白质

C. 可利用电子显微镜直接观察并区分两种病原体

D. 感染性腹泻患者应口服补液盐以预防脱水

2. 甜菜是我国重要的经济作物之一，根中含有大量的糖分。研究表明呼吸代谢可影响甜菜块根的生长，其中酶Ⅰ在有氧呼吸的第二阶段发挥催化功能，该酶活性与甜菜根重呈正相关。下列叙述正确的是（　　）

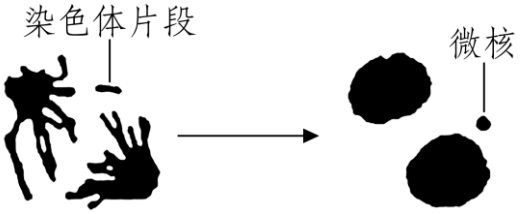
A. 酶Ⅰ主要分布在线粒体内膜上，催化的反应需要消耗氧气

B. 低温抑制酶Ⅰ的活性，进而影响二氧化碳和 NADH 的生成速率

C. 酶Ⅰ参与的有氧呼吸第二阶段是有氧呼吸中生成 ATP 最多的阶段

D. 呼吸作用会消耗糖分，因此在生长期喷施酶Ⅰ抑制剂会增加甜菜产量

3. 细胞内断裂的染色体片段在细胞分裂过程中不能进入子细胞核，会浓缩为主核外的小核，称为微核。下图为蚕豆根尖细胞分裂过程中观察到的图像，相关叙述不正确的是（　　）



A. 微核可被碱性染料染成深色

B. 左图细胞正在发生姐妹染色单体的分离

C. 观察和计数微核的最佳时期是分裂中期

D. 微核的形成可能是由于断裂的染色体片段缺少着丝粒

4. 高剂量辐射可造成细胞 DNA 损伤，在某些细胞内，信号蛋白 S 会与 DNA 损伤响应蛋白 P 结合，从而放

大 DNA 损伤信号，引发细胞凋亡。下列叙述正确的是（　　）

A. 高剂量辐射引起 DNA 损伤后，细胞内各种酶的活性均下降

B. 由辐射导致的正常组织细胞程序性死亡不受基因控制

C. 抑制蛋白 S 与蛋白 P 结合，可减弱辐射诱导的细胞凋亡

D. 上述事实说明 DNA 损伤只会引发细胞凋亡，不会导致细胞癌变

5. 某鸟类的羽毛颜色有黑色（存在黑色素）、黄色（仅有黄色素，没有黑色素）和白色（无色素）3 种。该性状由 2 对基因控制，分别是 Z 染色体上的 1 对等位基因 A/a（A 基因控制黑色素的合成）和常染色体上的 1 对等位基因 H/h（H 基因控制黄色素的合成）。对下图中杂交子代的描述不正确的是（　　）



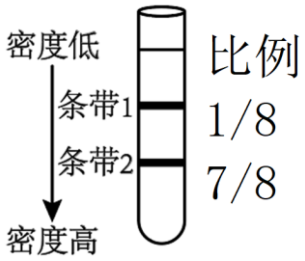
A. 白羽雌鸟的基因型是 hhZ^aW

B. 黑羽、黄羽和白羽的比例是 2:1:1

C. 黑羽与白羽杂交，后代出现黄羽的概率为 1/4

D. 黑羽与白羽杂交，后代黄羽中雌和雄的比例是 1:1

6. 研究者将 1 个含 $^{14}N/^{14}N$-DNA 的大肠杆菌转移到含 $^{15}NH_4Cl$ 的培养液中，低温下培养 24h。提取子代大肠杆菌的 DNA，解开 DNA 双螺旋变成单链，然后进行密度梯度离心，试管中出现 2 条条带，见下图。下列叙述不正确的是（　　）



A. 由结果推测该大肠杆菌的增殖周期大约为 8h

B. 根据条带的数目和位置无法确定 DNA 的复制方式

C. 解开 DNA 双螺旋的实质是破坏配对碱基之间的氢键

D. 将子代 DNA 进行密度梯度离心可得到相同位置的 2 条条带

7. 下列叙述中与染色体变异无关的是（　　）

A. 通过连续自交获得纯合品系的水稻

B. 通过产前诊断预防 21 三体综合征

C. 通过多倍体育种获得无子西瓜

D. 通过植物体细胞杂交获得白菜—甘蓝

8. 由欧洲传入北美的耧斗菜已进化出数十个物种。分布于低海拔潮湿地区的甲物种和高海拔干燥地区的乙物种的花结构和开花期均有显著差异。下列叙述错误的是（　　）

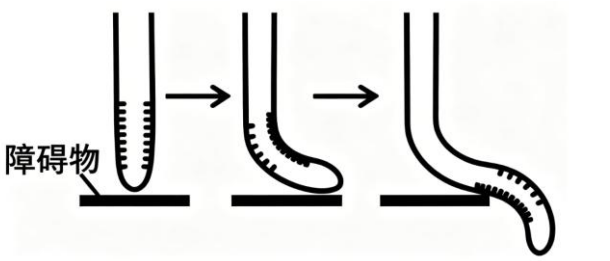
A. 甲、乙两种耧斗菜的全部基因构成了一个基因库

B. 生长环境的不同有利于耧斗菜进化出不同的物种

C. 甲、乙两种耧斗菜花结构的显著差异是自然选择的结果

D. 若将甲、乙两种耧斗菜种植在一起，也不易发生基因交流

9. 根的向触性是根在接触坚硬障碍物时发生弯曲以绕开障碍的现象。下图显示该过程中根的生长状况及生长素分布情况。下列叙述不正确的是（　　）



注：图中黑点数量表示生长素含量

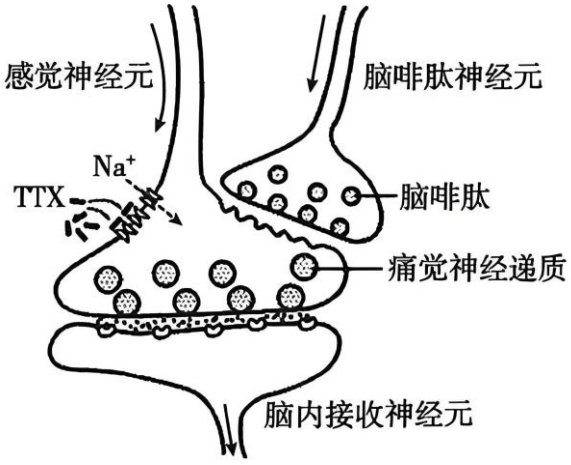
A. 该现象是由于根尖与障碍物接触引起生长素极性运输导致的

B. 重力和障碍物都是引起根尖部位生长素不对称分布的外因

C. 两次弯曲生长可能与生长素浓度过高抑制根的生长有关

D. 向触性与向重力性的组合有利于根向土壤深处生长

10. 伤害性刺激作用于机体时，痛觉感受器会产生兴奋并传至大脑皮层，产生痛觉。人体内存在天然的镇痛系统，其中起重要作用的是可释放脑啡肽的神经元。人工合成的河豚毒素（TTX）也具有镇痛效果，调节过程如图所示。下列说法正确的是（　　）



A. 脑啡肽神经元兴奋，感觉神经元释放的痛觉神经递质增多

B. TTX 通过阻止 Na^+内流，使感觉神经元的兴奋性增强

C. 兴奋可由脑啡肽神经元通过感觉神经元传至脑内接收神经元

D. 增大图中感觉神经元静息电位的绝对值可以降低该神经元的敏感性

11. 春季是花粉传播的高峰期，部分人群接触花粉后会出现打喷嚏、皮肤瘙痒等过敏症状。下列关于过敏反应及人体免疫调节的叙述正确的是（　　）

A. 花粉作为抗原，刺激浆细胞合成并分泌抗体

B. 抗原呈递细胞、细胞毒性 T 细胞均参与激活 B 淋巴细胞

C. 过敏反应会对自身组织器官造成损伤，属于自身免疫病

D. 抗原-抗体特异性结合的原理，可用于过敏原检测

12. 某退化草地实施“灌草立体配置”生态修复工程后，形成了以柠条和野山桃为优势灌木、本氏针茅等为优势草本的复合群落，这一有序的整体可以自我维持。下列叙述错误的是（　　）

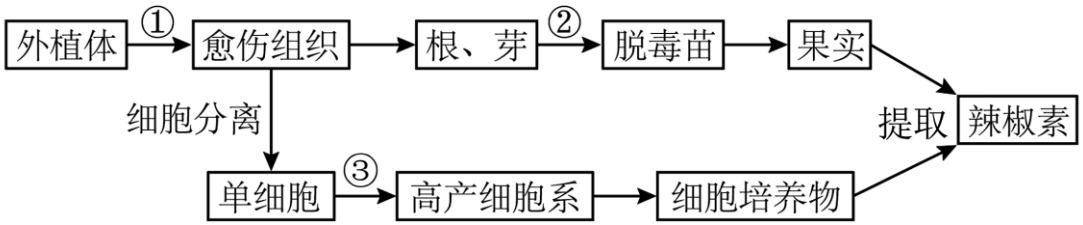
A. “灌草立体配置”只改变了群落演替的方向

B. 该生态修复工程主要遵循生态工程中的自生原理

C. “灌草立体配置”提高了该群落利用阳光等环境资源的能力

D. 在生态修复过程中该生物群落发生了次生演替

13. 辣椒素作为一种常见的酚类生物碱，广泛用于食品保健、医药工业等领域，目前获得辣椒素的两条途径如下图所示。下列相关叙述正确的是（　　）



A. 外植体灭菌后，经过程①脱分化形成不定形的薄壁组织团块

B. 脱毒苗和高产细胞系的获得均体现了植物细胞的全能性

C. 过程②通常选择植物茎尖培养脱毒苗，是因为其分裂能力强

D. 过程③采用的植物细胞培养技术几乎不受气候条件的限制

14. 细胞工程在社会生产中的应用日益广泛。下列相关技术和方法正确的是（　　）

A. 原生质体需在低渗溶液中长期保存，以防止过度失水而死亡

B. 可利用灭活病毒诱导 B 淋巴细胞和骨髓瘤细胞融合

C. 正常细胞体外培养时，都具有贴壁生长的特点

D. 动物克隆过程中，核移植的受体细胞通常是去核的卵原细胞

15. 下列有关高中生物学实验的叙述中，正确的是（　　）

A. 探究温度对淀粉酶活性的影响的实验中，用斐林试剂检测实验结果

B. 模拟生物体维持 pH 稳定的实验中，肝匀浆 pH 随 HCl 的滴加保持不变

C. 探究土壤微生物的分解作用的实验中，实验组土壤需经高温处理

D. 鉴定 DNA 时，可将丝状物直接加入到二苯胺试剂中进行沸水浴

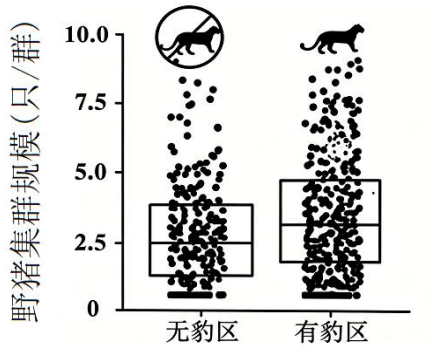
第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 华北豹是太行山区的顶级捕食者，主要猎物为野猪。捕食者通过捕食行为和恐惧效应对猎物生存产生的直接或间接作用，被称为捕食压力。为研究野猪响应华北豹捕食压力的行为与策略，研究者开展了相关研究。

（1）研究者利用红外相机调查太行山区华北豹与野猪的种群密度及行为，与标记重捕法相比，该方法调查可避免因_____对调查对象产生的干扰或伤害。当野猪发现华北豹时，有的会鬃毛竖立、獠牙外露，并伴随呼吸粗重发出警告声，此过程涉及的信息类型有_____。

（2）集群行为是野猪降低华北豹捕食压力的重要策略。研究者对野猪集群规模进行了调查，结果见图 1。



注：图中圆点为每次观测均值

图 1

①据图 1 可知，华北豹捕食压力可引起_____。

②进一步研究发现，野猪个体平均警戒时长及频率随集群规模增大而降低。从物质与能量的角度分析，有豹区野猪集群规模变化的生物学意义是_____。

③调查显示野猪集群规模存在上限，从影响种群数量变化的角度分析，可能的原因是_____。

（3）猎物通过多种策略调整提升生存概率的同时，也会对捕食者产生一定影响。研究野猪对华北豹出现概率的影响，得到如图 2 所示结果。据图 2 分析，区域内野猪以集群形式出现比例过高时，不仅增强自身防御能力，还可能压缩华北豹其他猎物的_____，导致华北豹捕食成功率下降，从而出现频率降低。

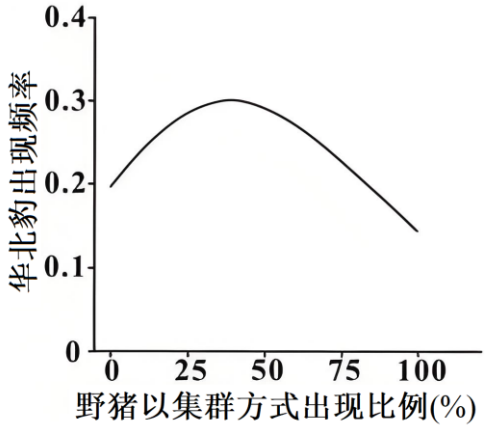


图2

（4）顶级食肉动物的数量是衡量一个生态系统健康水平的重要标准。北京正在推动吸引太行山区华北豹主动迁移回北京西部山区的“迎豹回家”计划。请结合所学推测，在制定该计划具体措施前，研究者还会对_____等方面开展调查研究。

17. 水稻是我国最重要的粮食作物，PEL 基因编码的蛋白（PEL）是一种与水稻光合作用相关的蛋白质。

（1）研究者利用基因编辑技术获得水稻 PEL 基因敲除突变体（PEL-KO）及过表达突变体（PEL-OE），检测光合作用相关指标，部分结果见图 1、2（注：组 1、2、3 分别对应野生型、PEL-KO、PEL-OE）

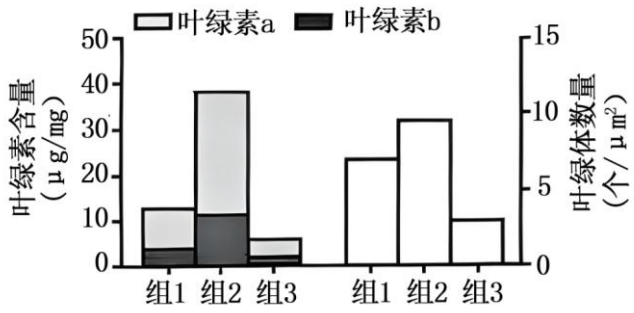


图1

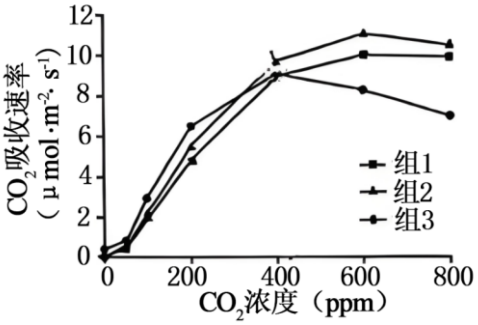


图2

①叶绿素等光合色素在光合作用中的作用为_____。图 1 结果表明，PEL 对水稻叶绿体的发育起_____作用。

②图 2 结果显示，CO_2 浓度大于 400ppm 时，组 2 的光合速率最大。结合图 1 分析其原因是_____。

（2）为了阐明 PEL 影响水稻光合作用的分子机制，研究者筛选鉴定出在细胞质中与 PEL 互作的一种蛋白质 GLK（调控光合基因表达的转录因子）。将共表达 GLK 和 PEL 的细胞，用蛋白合成抑制剂（CHX）处理，并在不同时间收集样品进行电泳，部分结果如图 3.

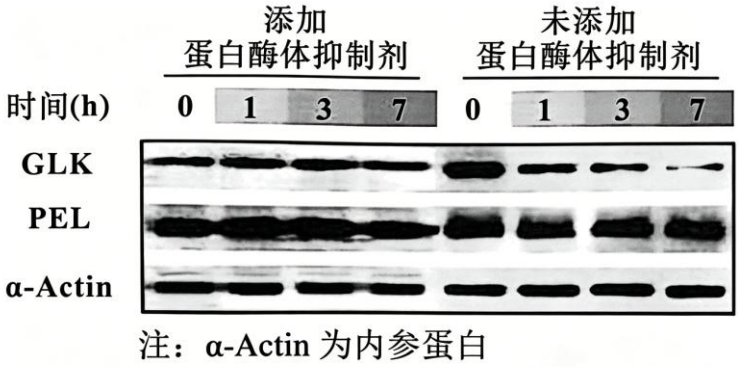


图 3

研究者认为，PEL 与 GLK 结合，可促进 GLK 被蛋白酶体降解。实验中，CHX 处理的目的是_____；设置的对照组还应有：_____。

（3）目前多种陆生植物都存在 PEL 基因的同源基因，而在藻类等水生单细胞光合生物中则较少见，早期光合生物从水生环境走向陆地时，面临的最大变化就是光照强度显著提升。请解释 PEL 基因的出现对光合生物向陆地生活进化的意义_____。

18. 学习以下材料，回答（1）～（4）题

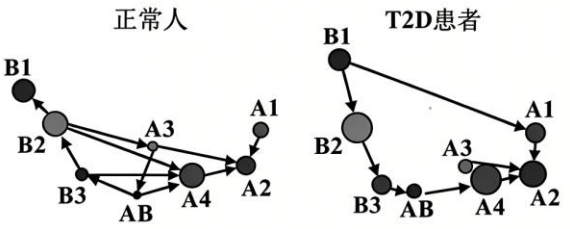
胰岛 B 细胞的转分化

2 型糖尿病（T2D）患病率日益升高。研究表明，有些 T2D 患者胰岛素分泌不足的因素是部分胰岛 B 细胞转分化为其他类型的内分泌细胞。

为研究胰岛 B 细胞转分化的机制，科研人员结合 AI 算法，对收集到的胰岛细胞相关数据分析后，将胰岛 A 细胞分为 A1～A4 及 AB（同时具有分泌胰岛素和胰高血糖素的能力）亚群、胰岛 B 细胞分为 B1～B3 亚群，再经分析得出如图 1 的胰岛细胞分化轨迹图。

研究者在上述研究的基础上，筛选出驱动胰岛 B 细胞向胰岛 A 细胞转分化的关键基因 S，该基因表达产物为一种分泌型 Ca^{2+}结合蛋白（S），合成后分泌至胞外。已知在正常胰岛 B 细胞中，胰岛素的分泌依赖 Ca^{2+}内流，胞内高浓度 Ca^{2+}激活系列信号传导，最终促进胰岛素释放。研究者还检测了外源添加 S 的正常胰岛 B 细胞中未成熟与成熟胰岛素的数量，结果见图 2．进一步研究发现，外源添加 S 的正常胰岛 B 细胞中胰岛 A 细胞多种身份基因（如胰高血糖素基因）表达上调、胰岛素合成基因表达下调。

恢复功能性胰岛 B 细胞数量是治疗糖尿病的重要策略，以上研究对于逆转 T2D 患者胰岛 B 细胞功能障碍有着积极意义，有望为 T2D 的精准治疗开辟新路径。



注：图中字母表示细胞亚群，箭头表示分化方向

图 1

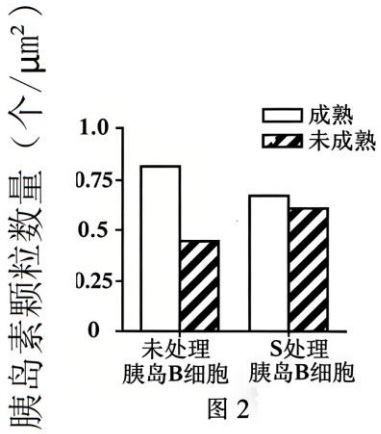


图 2

（1）胰岛素一方面能促进组织细胞对葡萄糖的摄取并利用，另一方面能促进葡萄糖_____，从而降低血糖浓度，与其作用相反的激素有胰高血糖素、_____等。

（2）请据图 1 概述正常人和 T2D 患者胰岛 AB 细胞的分化轨迹特征_____。

（3）请从①～⑤挑选并排序，以呈现研究者“在上述研究的基础上，筛选出驱动胰岛 B 细胞向胰岛 A 细胞转分化的关键基因”的合理研究思路。正确排序为：找出指向 A 细胞的多条分化轨迹→_____→研究相关基因的功能。

①检测胰岛 A、胰岛 B、T2D 胰岛 B 细胞中基因的表达情况

②确定多条分化轨迹中共同表达的基因

③确定多条分化轨迹中非共同表达的基因

④选出胰岛 A 细胞低表达、胰岛 B 细胞高表达、T2D 胰岛 B 细胞高表达的基因

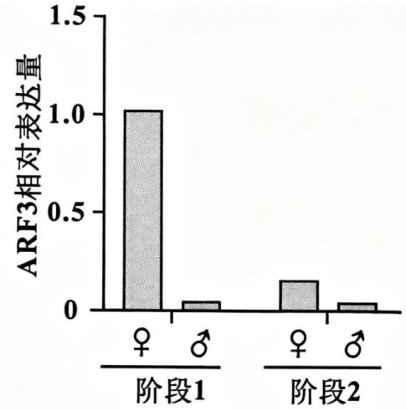
⑤选出胰岛 A 细胞高表达、胰岛 B 细胞低表达、T2D 胰岛 B 细胞高表达的基因

（4）根据上述研究，解释 T2D 患者 S 基因异常表达导致胰岛素分泌减少的机制_____。

19. 野生型黄瓜为雌雄同株异花植物，植株上存在单性雄花（只有雄蕊）和单性雌花（只有雌蕊），雌花直接影响果实产量。乙烯和生长素在调控雄花和雌花发育中起重要作用，某科研团队对此开展了系列实验。

（1）黄瓜开花是由激素调节、_____和环境因素调节共同构成的网络调控的。黄瓜花芽最初都存在雌蕊原基和雄蕊原基。在发育特定阶段，雌蕊或雄蕊原基选择性败育分别产生雄花或雌花。

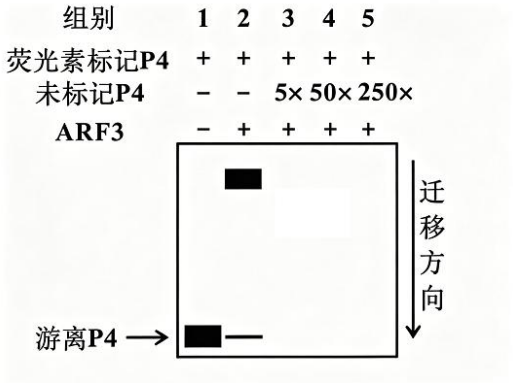
（2）施加适宜浓度的外源生长素，可诱导野生型黄瓜开雌花　检测生长素响应因子 ARF3 在雌、雄花中的表达量，结果如图 1．图 1 结果显示_____。



注：1 为花早期发育关键阶段；2 为花发育后期阶段

图 1

（3）已知 STM 与 WIP1 是影响雌蕊发育的关键因子。在研究中，有以下相关发现：第一，花发育早期，雌蕊原基中特异性表达的 STM 基因缺失会导致雌蕊原基完全败育。研究显示 ARF3 能直接结合 STM 基因启动子中的 P4 元件，调控基因表达。为验证这种相互作用，将不同组分混合保温后，电泳检测荧光素标记条带，结果见图 2，请补充 3～5 组的电泳条带结果_____。



注：“+/−”分别表示“添加/不添加”

图 2

第二，ARF3 还可结合 WIP1 基因启动子元件。wip1 突变体的表型与 arf3 突变体不同。

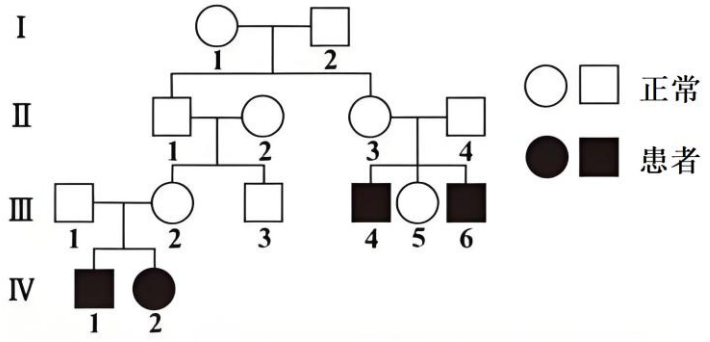
（4）在花发育极早期，雌蕊原基中的 S1 酶（一种乙烯合成酶）催化乙烯大量合成，乙烯通过生长素调控雌蕊发育。研究揭示，雌蕊发育时，生长素调控 S2 酶（另一种乙烯合成酶）合成，该酶还可激活雄蕊抑制因子。请推测，施加生长素可诱导 S1 酶合成缺失突变体开_____花。可见，乙烯与生长素在调控黄瓜雌花发育中存在_____关系。

（5）请根据上述研究，完善黄瓜雌花发育的调控模型_____。



20. 安格曼综合征（AS）是一种罕见的神经发育疾病，病症包括严重的智力、运动、语言障碍以及癫痫发作等，大多数患者婴儿期即出现明显症状。

（1）15 号染色体上的母源 UBE3A 基因缺失或突变是 AS 常见致病原因。该基因在大脑成熟神经元中仅母源基因表达，父源基因沉默，其编码的酶对神经元功能非常重要。下图是一个 AS 家族系谱图，II～IV 代基因测序显示II-1、II-3、III-2 及 4 位患者均为携带突变基因的杂合子。



II-1 和 IV-1 均携带致病基因但表型不同，是由于其致病基因分别来自_____。III-1 和III-2 再生育一个孩子，子代患病概率为_____。

（2）研究者对父源 UBE3A 基因在成熟神经元中特异性沉默的机制进行探索。

①研究发现，UBE3A 基因的表达受其上游区域调控，原理见图 2．在成熟神经元中，SNHG14 基因转录产物延伸覆盖 UBE3A 基因，与 UBE3A 基因的转录发生碰撞，使_____酶均从模板上停滞并解离，导致父源 UBE3A 基因无法产生全长成熟 mRNA 进而沉默。而母源的 UBE3A 基因能够正常表达的原因是_____。

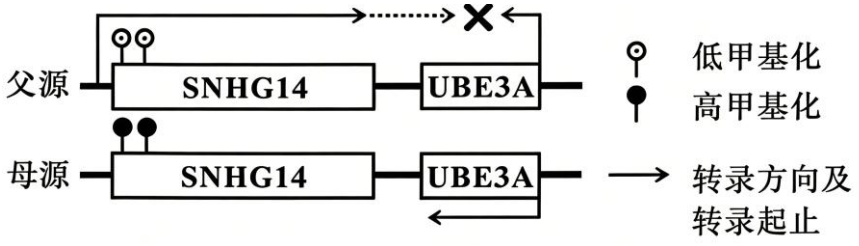


图 2

②下列相关说法正确的是_____。

a．父源 UBE3A 基因特异性沉默属于表观遗传现象

b．构建含正常 UBE3A 基因的表达载体可用于治疗 AS

c．UBE3A 基因通过控制酶的合成直接控制性状

d．控制 AS 的基因遗传时不遵循基因分离定律

（3）约 3～5%的 AS 是由两条 15 号染色体来自于同一亲本所致（单亲源二倍体）。现有一名上述类型的患者，其双亲均不携带致病基因，请从细胞学水平解释该患者患 AS 的原因_____。

21. 甘氨酸广泛应用于工业和医疗中，可通过大肠杆菌（MG）发酵生产，但高浓度甘氨酸会影响 MG 膜的

通透性，抑制其生长。研究者利用 Tn5 转座酶系统激活与甘氨酸耐受性相关基因的表达，以获得可用于生产的工程菌。

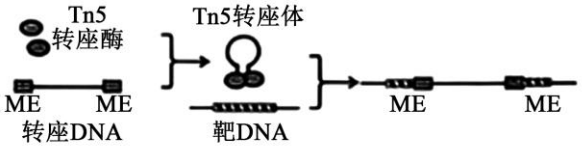


图1

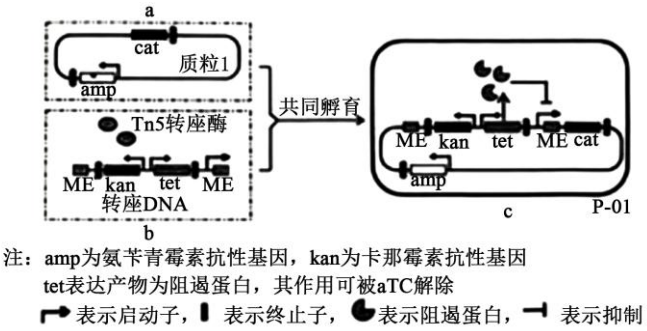


图2

（1）培养实验所用 MG 时，培养基的成分应包含水、蛋白胨、酵母提取物和无机盐，其中蛋白胨为 MG 提供_____和维生素等。将工程菌用于生产前，需通过_____培养基进行扩大培养。

（2）Tn5 转座酶可特异性识别两端含有 ME 序列的 DNA 片段（转座 DNA），形成 Tn5 转座体，该转座体可随机插入靶 DNA，见图 1．基于此原理，研究者构建了 Tn5 介导的基因激活系统。

①首先，研究者构建以氯霉素抗性基因（cat）为标记基因的质粒 1（图 2a）。由于缺乏_____，导致 cat 无法表达。

②随后，将质粒 1 与 Tn5 系统（图 2b）共同孵育，再转至 MG 中。先利用含氨苄青霉素与卡那霉素的培养基筛选，以确认_____，再经筛选获得工程菌 P-01，见图 2c。

③为验证 Tn5 系统可激活基因表达，将 MG 和 P-01 在不同条件下培养，请完善表中的实验方案及预期结果。（注：用“+/–”表示“有/无”菌落生长）

菌落/菌株 \ 添加物	氯霉素	_____
MG	—	_____
P-01	_____	_____

（3）写出利用图 2b 所示 Tn5 系统制备具有甘氨酸高耐受性工程菌的机理_____。

参考答案

第一部分

本部分共 15 题，每小题 2 分，共 30 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	B	B	C	C	C	D	A	A	A	D	D	A	D	B	C

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 【答案】（1） ①. 人为操作（或“捕捉、标记、放归等人为干预”） ②. 物理信息和行为信息

（2） ①. 野猪集群规模增大 ②. 节省个体用于警戒的能量消耗，使更多能量用于生长、繁殖等生命活动 ③. 资源（食物、空间）有限；种内竞争加剧；疾病传播风险上升；或天敌更容易定位大集群等（任答 1-2 点，合理即可）

（3）生态位（或“活动空间、觅食范围、栖息地、食物资源、生存空间”等）

（4）栖息地质量、食物资源、种间关系、人为干扰等（任答 1-2 点，合理即可）

【小问 1 详解】

对比两种调查方法的优劣，红外相机属于非侵入式监测，可避免人为捕捉、标记等操作对动物造成的应激、伤害或行为干扰。“鬃毛竖立、獠牙外露”属于行为信息；“呼吸粗重发出警告声”属于通过声音传递的物理信息（声波属于物理信号）。

【小问 2 详解】

①从柱状图对比得出结论，“有豹区”的野猪集群规模明显高于“无豹区”，说明捕食压力促使野猪形成更大集群。

②集群越大，个体平均警戒时间越少，每个个体可将原本用于警戒的能量转移到觅食、生长、繁殖上，提高种群整体适应性和生存效率。

③集群虽有利防御，但过大则导致资源竞争加剧、传染病易传播、隐蔽性下降等，最终受环境容纳量（K 值）制约。

【小问 3 详解】

野猪集群增强了防御能力，同时可能占据更多空间/资源，挤压了华北豹捕食其他猎物的生态位或生存空间，从而迫使豹减少出现，捕食成功率下降。

【小问 4 详解】

为确保华北豹成功迁入并维持种群，需评估北京西部山区的生态系统承载力，重点包括： 栖息地质量（森林覆盖率、地形连通性、隐蔽性等）、食物资源（主要猎物（如野猪）的种群密度与稳定性）、种间关系（是否存在竞争者或天敌威胁）、人为干扰（道路密度、农田扩张、人类活动强度）等。

17. 【答案】（1） ①. 吸收、传递和转化光能 ②. 抑制 ③. PEL 敲除后，水稻叶绿素含量更高、叶绿体数量更多，光反应更强，CO_2 充足时能为暗反应提供更多 ATP 和 NADPH，因此光合速率更高

（2） ①. 抑制新蛋白质合成，排除新合成 GLK 对实验结果的干扰，便于检测原有 GLK 的降解情况 ②. 仅单独表达 GLK（不表达 PEL）、同样经 CHX 处理的细胞组

（3）陆地光照强度远高于水生环境，过强光照会损伤光合结构；PEL 负调控叶绿体发育和叶绿素合成，可避免强光对光合系统的破坏，帮助光合生物适应陆地高光照环境，有利于其在陆地生存繁衍

【小问 1 详解】

① 光合色素的核心功能是吸收光能，传递并将光能转化为化学能。根据图 1 结果：敲除 PEL 后，叶绿素含量、叶绿体数量均高于野生型，过表达 PEL 后均低于野生型，说明 PEL 对叶绿体发育起抑制作用。

②该实验自变量为水稻种类、CO_2 浓度，因变量为光合作用相关指标，其余变量为无关变量。根据图 1 分析，PEL 敲除后，组 2 水稻叶绿素 a 和 b 含量高于组 1 和组 3、叶绿体数量也高于组 1 和组 3 更多，叶绿素越多吸收的光能越多，光反应更强，CO_2 充足时能为暗反应提供更多 ATP 和 NADPH，因此光合速率更高。

【小问 2 详解】

本实验目的是观察 GLK 的降解，CHX（蛋白合成抑制剂）可阻止新 GLK 合成，排除新合成蛋白对降解速率检测的干扰；本实验自变量为 PEL 的有无，因此对照组设置为不表达 PEL、仅表达 GLK，其余处理与实验组一致即可。

【小问 3 详解】

结合题干信息，光合生物登陆后面临的主要变化是光照强度显著提升，过强光照会损伤光合系统；而 PEL 的抑制作用可适度减少叶绿素和叶绿体数量，避免强光损伤，帮助光合生物适应陆地高光照环境，有利于其在陆地生存进化。

18. 【答案】（1） ①. 合成糖原、转变为非糖物质 ②. 肾上腺素(或甲状腺激素、糖皮质激素)

（2）正常人：既能向胰岛 B 细胞分化，又能向胰岛 A 细胞分化；T2D 患者：仅向胰岛 A 细胞分化

（3）②→①→⑤ （4）胰岛 B 细胞中 S 基因高表达，通过减少胰岛素合成、抑制胰岛素成熟、抑制胞外 Ca^{2+} 内流，从而导致胰岛素分泌减少

【小问 1 详解】

胰岛素的降血糖作用包括两方面：一方面促进组织细胞摄取、利用葡萄糖，另一方面促进葡萄糖合成糖

原、转变为非糖物质（如脂肪、某些氨基酸等），从而降低血糖浓度。与胰岛素作用相反的升血糖激素有胰高血糖素、肾上腺素、甲状腺激素、糖皮质激素等。

【小问 2 详解】

结合题干和图 1 可知，正常人的胰岛细胞分化轨迹中，胰岛 B 细胞亚群既能向胰岛 B 细胞方向分化，维持自身功能，又能向胰岛 A 细胞方向分化，分化方向具有双向性；而 T2D 患者的胰岛 B 细胞亚群仅向胰岛 A 细胞方向分化，无法维持胰岛 B 细胞的正常分化，导致胰岛素分泌不足。

【小问 3 详解】

筛选驱动胰岛 B 细胞向胰岛 A 细胞转化的关键基因，合理研究思路为：先找出指向 A 细胞的多条分化轨迹，再确定多条分化轨迹中共同表达的基因（②），缩小候选基因范围；接着检测胰岛 A、胰岛 B、T2D 胰岛 B 细胞中基因的表达情况（①），对比不同细胞的基因表达差异；最后选出胰岛 A 细胞高表达、胰岛 B 细胞低表达、T2D 胰岛 B 细胞高表达的基因（⑤），这类基因符合驱动 B 细胞向 A 细胞转化的特征，再研究相关基因的功能，因此正确排序为②→①→⑤。

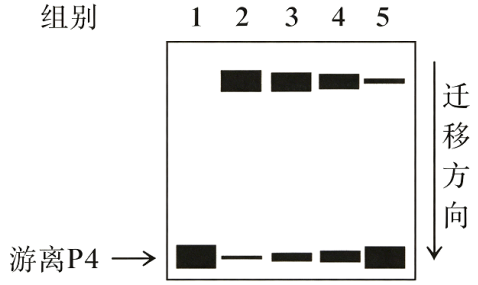
【小问 4 详解】

T2D 患者 S 基因异常高表达时，S 基因表达的分泌型 Ca^{2+}结合蛋白 S 分泌至胞外，一方面会抑制胞外 Ca^{2+}内流，阻断胰岛素分泌依赖的 Ca^{2+}内流激活的信号传导，抑制胰岛素释放；另一方面会使胰岛 A 细胞多种身份基因（如胰高血糖素基因）表达上调、胰岛素合成基因表达下调，减少胰岛素的合成；同时结合图 2 可知，外源添加 S 会降低成熟胰岛素的数量，抑制胰岛素的成熟，最终导致胰岛素分泌减少。

19. 【答案】（1）基因表达调控

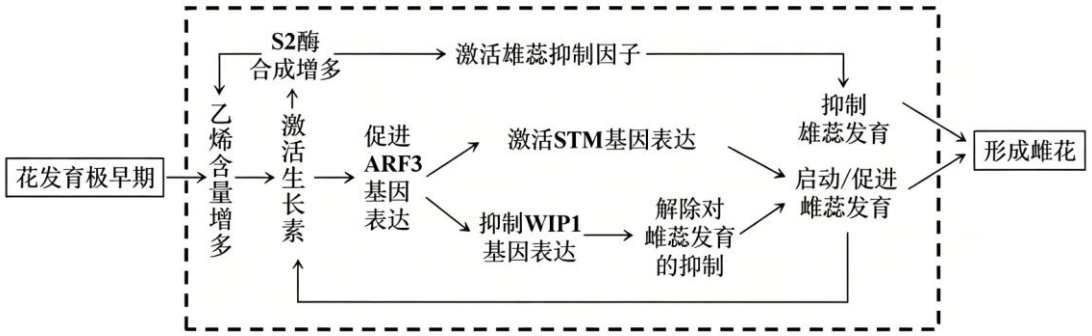
（2）花发育早期 ARF3 在雌花中表达量高，雄花中几乎不表达，且这种差异在阶段 1 更明显

（3）



（4） ①. 雌 ②. 协同作用

（5）



【小问 1 详解】

植物的生长发育是由激素调节、基因表达调控和环境因素调节共同构成的网络调控的，黄瓜花芽的性别分化也遵循这一规律。

【小问 2 详解】

由图 1 可知，阶段 1（花早期发育关键阶段）雌花的 ARF3 相对表达量远高于雄花，雄花中几乎不表达；阶段 2（花发育后期阶段）雌花中 ARF3 表达量也高于雄花，但差异不显著，因此核心结论为花发育早期 ARF3 在雌花中表达量高，雄花中几乎不表达，且这种差异在阶段 1 更明显。

【小问 3 详解】

该实验原理是 ARF3 与荧光标记 P4 结合后，电泳迁移速率减慢，出现滞后条带；加入未标记 P4 会竞争性结合 ARF3，导致标记 P4 的结合量减少，滞后条带亮度降低，游离 P4 条带亮度升高。1 组仅加标记 P4，仅出现游离 P4 条带；2 组加标记 P4+ARF3，出现滞后条带；3~5 组加入不同浓度未标记 P4，竞争性抑制作用随浓度升高增强，因此滞后条带逐渐变暗，游离条带逐渐变亮。

【小问 4 详解】

S1 酶是乙烯合成酶，其合成缺失突变体无法合成大量乙烯，但施加生长素可诱导开雌花，说明生长素可独立于 S1 酶调控雌花发育；乙烯通过生长素调控雌蕊发育，生长素又调控 S2 酶合成，二者共同促进雌花发育，因此乙烯与生长素在调控黄瓜雌花发育中存在协同作用关系，施加生长素可诱导 S1 酶缺失突变体开雌花。

【小问 5 详解】

花发育极早期，雌蕊原基中的 S1 酶催化乙烯大量合成使乙烯含量增多，乙烯激活生长素信号通路，生长素一方面促进 ARF3 基因表达，ARF3 通过直接结合 STM 基因启动子激活 STM 基因表达以启动和促进雌蕊发育，同时抑制 WIP1 基因表达以解除其对雌蕊发育的抑制，另一方面调控 S2 酶合成增多，S2 酶激活雄蕊抑制因子以抑制雄蕊发育，最终通过促进雌蕊发育、抑制雄蕊发育的双重调控，使花芽选择性败育雄蕊原基，形成雌花，具体调控模型见答案。

20. 【答案】（1） ①. 父亲、母亲 ②. 1/2

（2） ①. RNA 聚合 ②. 母源 SNHG14 基因启动子区域高甲基化，SNHG14 不转录，不干扰 UBE3A 转录 ，UBE3A 可正常表达。 ③. ab

（3）该患者两条 15 号染色体均来自父亲（父源单亲二倍体）。在减数分裂或受精后早期发育过程中，因染色体不分离或丢失等原因，导致胚胎仅保留父源 15 号染色体且复制形成二倍体。由于在成熟神经元中父源 UBE3A 基因被表观遗传沉默，无任何功能性蛋白表达，从而引发安格曼综合征。

【小问 1 详解】

II-1 为杂合子但表型正常，其致病基因来自父亲，父源基因本身沉默，因此不发病；IV-1 为杂合子且患

病，其致病基因来自母亲，母源基因缺失或突变导致发病。III-1 和 III-2 再生育一个孩子，III-1 为正常男性，因父源沉默不表达，对后代患病无影响，III-2 为杂合子携带者，产生含致病基因的卵细胞概率为 1/2，子代若继承母亲的致病基因，母源 UBE3A 基因不能正常表达，会发病，则后代患病概率为 1/2。

【小问 2 详解】

①转录过程由 RNA 聚合酶催化，SNHG14 转录产物延伸与 UBE3A 转录碰撞，导致 RNA 聚合酶从模板上解离，父源 UBE3A 无法完成转录。由图 2 可知，母源 SNHG14 基因启动子区域高甲基化，SNHG14 不转录，不干扰 UBE3A 转录 ，UBE3A 可正常表达。

②a、表观遗传是 DNA 序列不变，仅基因表达发生可遗传的改变，基因印记（父源沉默）属于典型的表观遗传，a 正确；

b、AS 的病因是母源 UBE3A 功能缺失，向神经元导入可表达的正常 UBE3A，可恢复酶的功能，缓解病症，b 正确；

c、题干说“其编码的酶对神经元功能非常重要”，说明是间接控制（酶参与代谢/信号通路→影响性状），不是“直接控制蛋白质结构”，c 错误；

d、UBE3A 为核基因，位于 15 号染色体上，减数分裂时遵循基因分离定律，仅存在表达的印记调控，遗传规律仍符合分离定律，d 错误。

【小问 3 详解】

其双亲均不携带致病基因，是因为该变异源于减数分裂异常，父亲减数分裂时 15 号染色体未正常分离，产生了含两条 15 号染色体的精子，与正常卵细胞结合后，卵细胞的 15 号染色体丢失，最终子代两条 15 号染色体均来自父亲。

21. 【答案】（1） ①. 碳源、氮源 ②. 液体

（2） ①. 启动子 ②. 质粒 1 和 Tn5 系统已成功转入 MG ③. 氯霉素+aTC ④. – ⑤. – ⑥. +

（3）利用 Tn5 转座酶系统，将携带报告基因（如 cat）或调控元件的转座 DNA 随机插入大肠杆菌 MG 基因组中。当转座事件发生在甘氨酸耐受相关基因的启动子区域或上游时，可激活该基因表达，增强菌株对高浓度甘氨酸的耐受能力。通过在含高甘氨酸培养基中筛选存活菌株，即可获得高耐受性工程菌株（如 P-01）

【小问 1 详解】

蛋白胨是天然氮源，同时可提供碳源、维生素等营养物质，满足微生物生长需求。 液体培养基能为微生物提供充足的营养和氧气，适合工程菌的扩大培养，固体培养基多用于分离、计数和保藏。

【小问 2 详解】

①从图 2a 可见，cat 基因前无启动子，因此即使有抗性基因也无法转录表达。

②使用含氨苄青霉素（amp）和卡那霉素（kan）的培养基，可筛选出成功转入 Tn5 系统（含 kan 抗性）和

质粒 1（含 amp 抗性）的菌株，只有成功转入的细胞才能在这类培养基上生长。

③根据题干图 2c，P-01 中 cat 基因被插入某个启动子下游（由 Tn5 随机插入激活），且其表达受阻遏蛋白调控，而该阻遏蛋白可被 aTC 解除抑制。为了验证“Tn5 激活了 cat 表达”，应在含氯霉素+aTC 条件下观察 P-01 能否生长。若 P-01 中 cat 因 Tn5 插入而被启动子驱动，且 aTC 解除阻遏，则可在氯霉素存在下生长；而野生型 MG 无 cat 或其未被激活，故无论是否加 aTC，在氯霉素下均不生长。

【小问 3 详解】

Tn5 转座酶可识别两端含 ME 序列的转座 DNA，将其随机插入宿主基因组（靶 DNA）中。当转座 DNA 插入甘氨酸耐受相关基因的上游（或附近）并携带启动子（如图 2c 中 ME-cat 插入后可能使下游基因被启动子驱动），即可激活该基因的表达，从而提高细胞对高浓度甘氨酸的耐受性。随后通过含高浓度甘氨酸的选择压力，筛选出因基因被激活而具有高耐受性的突变株（如 P-01），最终获得可用于生产的工程菌。