2026 北京西城高三（上）期末

生　　物

2026.1

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，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分

本部分共 15 题，每题 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. 下列有关水的叙述错误的是（　）

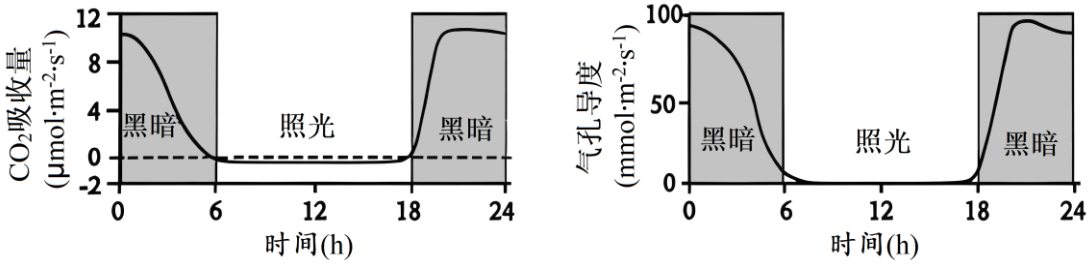
A. 水参与光合作用和有氧呼吸

B. 水只能通过自由扩散进出细胞

C. 抗利尿激素促进肾小管重吸收水

D. 水可影响种群的数量变化和分布

2. 实验室中检测某陆生植物 CO_2 吸收量和气孔导度在一天内的变化，结果如图。对该植物的推测合理的是（　）



A. 空气中的 CO_2 在夜晚被吸收并以某种形式暂时储存

B. 白天气孔关闭，暗反应过程不需要 CO_2

C. 白天气孔关闭，不进行细胞呼吸

D. 该植物不适应干旱环境

3. 四倍体水稻（4n=48）有丝分裂后期细胞中（　）

A. 配对的同源染色体彼此分离

B. 非同源染色体自由组合

C. 有 8 个染色体组

D. 有 96 条染色单体

4. 下列关于科学方法的叙述错误的是（　）

A. 孟德尔揭示分离定律，运用了假说-演绎法

B. 施莱登和施旺建立细胞学说，运用了完全归纳法

C. 赫尔希和蔡斯的噬菌体侵染细菌实验，运用了放射性同位素标记技术

D. 梅塞尔森和斯塔尔探究 DNA 复制方式的实验，利用离心来区分不同密度 DNA

5. Wolf-Hirschhorn 综合征（WHS）是由于 4 号染色体短臂缺失造成的。某病患儿经检测发现 4 号染色体异常（如图），其他染色体正常。其父母无此疾病，父亲染色体正常，母亲存在 8 号与 4 号染色体相互易位现象。下列说法错误的是（　）



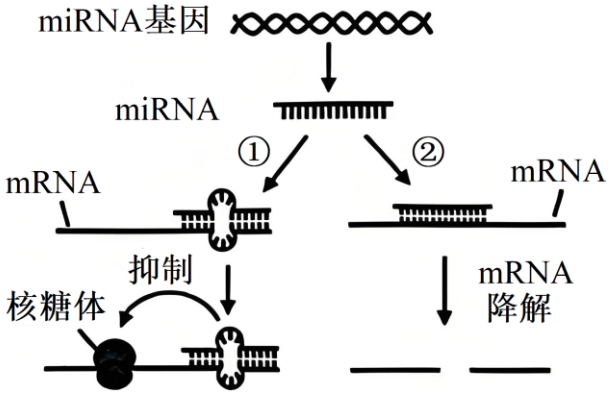
A. WHS 的症状是 4 号染色体基因数量减少所致

B. 母亲染色体异常可能是通过家族遗传获得

C. 这对夫妇无法再生染色体完全正常的孩子

D. 上述检测需用到动物细胞培养和显微观察技术

6. miRNA 是一种非编码单链 RNA，参与基因表达调控（如图），在细胞分化、个体发育及疾病发生发展中发挥巨大作用。相关叙述错误的是（　）



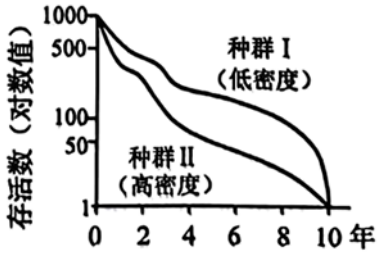
A. miRNA 通过碱基互补配对来识别目标 mRNA

B. 途径①中 miRNA 通过抑制翻译来抑制目标基因表达

C. 途径②中 miRNA 抑制目标基因的转录

D. miRNA 可能作为治疗疾病的药物的靶点

7. 存活曲线描述了一组大约同时出生的个体的存活过程。下图为两个稳定型黑尾鹿种群的存活曲线。相关叙述错误的是（　）



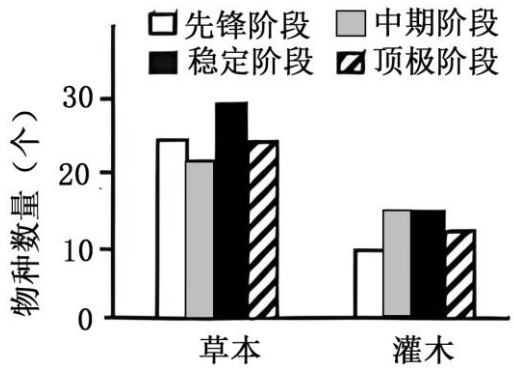
A. 0～1 年龄段的死亡率种群I低于种群II

B. 种群I中的个体寿命长的机会更大

C. 高密度可加剧种内竞争使死亡率增加

D. 种群II中幼年个体占比很低而老年个体占比很高

8. 某自然保护区不同演替阶段（先锋阶段→中期阶段→稳定阶段→顶极阶段）林下植物组成如图所示。相关叙述错误的是（　）



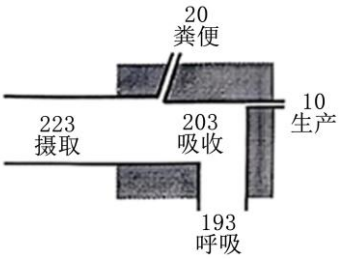
A. 草本植物的物种丰富度在稳定阶段达到最大

B. 顶极阶段草本和灌木种类下降可能与光照有关

C. 随着演替的进行，土壤和光能得到更充分利用

D. 顶极阶段该生态系统的稳定性急剧下降

9. 如图为圈养赤狐的能流图，数值以每天每千克体重的千卡数表示。相关叙述正确的是（　）



A. 每天输入赤狐的总能量为 223 千卡/千克体重

B. 粪便中的能量为赤狐同化后流向分解者的能量

C. 生产量是用于赤狐生长发育等生命活动的能量

D. 野外赤狐生存斗争更激烈时呼吸散失能量会更低

10. 单次摄入大量酒精可使人出现意识障碍甚至死亡。下列治疗方法，不是直接针对内环境的是（　）

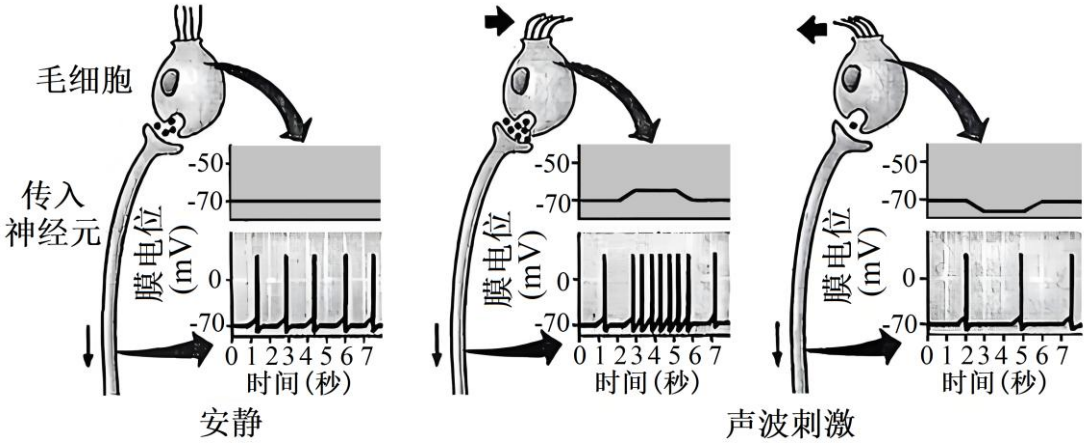
A. 清除胃内残留酒精

B. 静脉滴注补充水分

C. 血液灌流辅助治疗

D. 肌肉注射解毒药物

11. 声波在耳蜗内转化为压力波，使基底膜振动，导致毛细胞的静纤毛发生左右弯曲，并通过听神经向大脑发送信号，进而形成听觉（如图）。相关叙述错误的是（　）



A. 毛细胞可将机械信号转换为电信号

B. 毛细胞释放递质使突触后膜电位由内正外负变为内负外正

C. 声波刺激会改变传入神经纤维膜动作电位的频率

D. 听神经或听觉中枢受损均可导致耳聋

12. 妊娠期糖尿病损害母婴健康，肥胖、高龄孕妇患病风险更高。相关叙述错误的是（　）

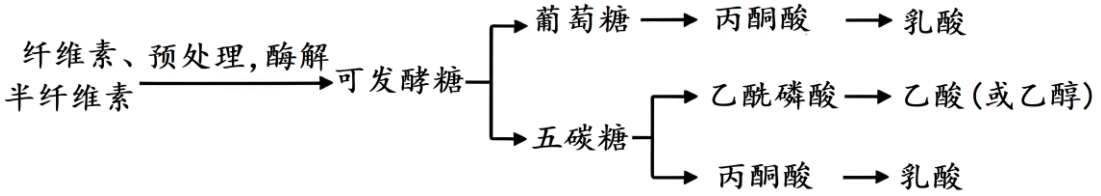
A. 健康孕妇通过神经和体液调节维持血糖正常

B. 胰岛 B 细胞功能受损不会导致孕妇血糖升高

C. 妊娠期女性应定期进行产检并合理饮食

D. 必要时可使用胰岛素治疗患者

13. 将纤维素、半纤维素预处理和酶解后，利用某大肠杆菌菌株发酵产乳酸的过程如图。阻断该菌株产乙酸（或乙醇）的代谢途径，构建了高产乳酸工程菌。相关叙述错误的是（　）



A. 需敲除乙酸（或乙醇）代谢途径中相关酶的基因

B. 可将纤维素酶基因等导入工程菌以简化生产环节

C. 葡萄糖可为大肠杆菌提供碳源

D. 发酵过程中需保证充足的氧气以代谢生产乳酸

14. 重瓣东方百合离体繁殖时，常以叶片等为外植体，诱导获得不定芽，再诱导生根，形成幼苗。下列叙述正确的是（　）

A. 该繁殖过程没有体现植物细胞的全能性

B. 外植体用酒精消毒后需要立即用清水进行清洗

C. 培养基中的激素种类和比例影响不定芽的发生

D. 组培苗和试管牛均属于无性繁殖产物

15. 易错 PCR 是通过改变反应条件和酶，在 DNA 扩增中随机引入错误碱基，来获取突变基因的技术。对易错 PCR 的叙述错误的是（　）

A. 使目标基因发生定向突变

B. 需加入脱氧核苷酸作为原料

C. 需根据目标基因碱基序列设计引物

D. 可用于蛋白质的优化改造

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 栖息地碎片化会对生物造成多种影响，是导致生物多样性丧失的重要原因。研究者以某群岛为对象，探究栖息地碎片化对社鼠和小棺头蟋蟀两种动物体型大小等特征的影响。

（1）一个岛屿上的_____可视为一个社鼠种群。社鼠的体长性状是_____共同作用的结果。

（2）对该群岛和临近大陆上社鼠体型及其捕食者数量进行调查，结果如图 1、图 2。

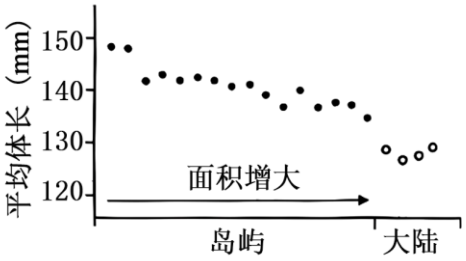


图1

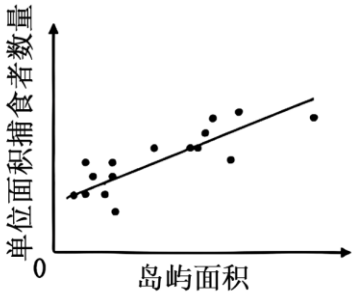


图2

①图 1 数据显示，社鼠种群体型大小呈现的规律是_____。

②综合图 1、图 2 结果，推测岛屿面积变化改变社鼠体型大小的原因_____。

（3）小棺头蟋蟀具有较强的飞行能力和一定的游泳能力。调查发现，该群岛中蟋蟀体型大小与大陆种群无显著差异，原因可能是地理隔离不完全，使岛屿种群与大陆种群之间存在基因交流，控制体型大小的基因的_____差异不明显。

（4）DNA 分析显示，岛屿面积与种群基因多样性呈正相关。小岛上种群局部灭绝的风险较大，原因是_____。因此，在制定野生动物保护策略时，要尽可能保持其栖息地斑块面积最大。

17. 线粒体是 ATP 合成和某些氨基酸（如脯氨酸、鸟氨酸等）生产的场所。科研人员以体外培养的小鼠成纤维细胞（MEF）为材料，对线粒体调控这两个相互竞争的代谢途径（图 1）的机制进行了研究。

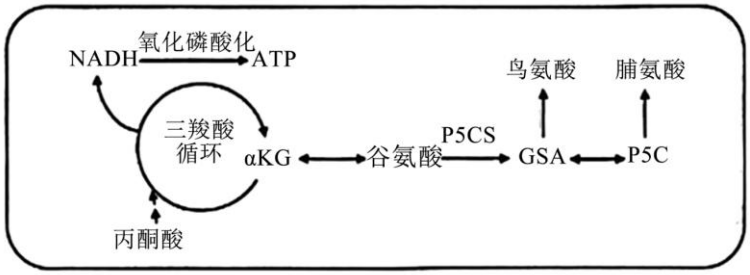


图1

（1）由图 1 可知，在线粒体内，谷氨酸可在 P5CS 催化下合成脯氨酸和鸟氨酸，也可通过氧化磷酸化（有氧呼吸第三阶段）等过程氧化供能。线粒体_____上含有 ATP 合酶等多种蛋白，是氧化磷酸化反应进行的场所。

（2）体外培养 MEF 时，培养液中应含有水、无机盐、糖类、_____等营养物质。

（3）用含 10mM 葡萄糖或缺乏葡萄糖的培养液培养 MEF，一段时间后检测细胞耗氧量和脯氨酸水平，结果如图 2、图 3 所示。由结果可知，与含葡萄糖培养基中生长的细胞相比，在缺乏葡萄糖培养基中生长的细胞更多地依赖线粒体中的_____过程来合成 ATP，但脯氨酸合成_____。

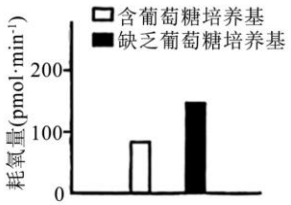


图2

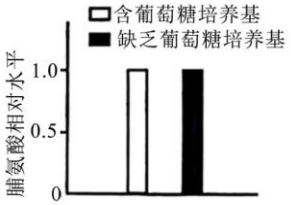


图3

（4）电镜观察在缺乏葡萄糖培养基中生长的细胞，发现线粒体分化为两个亚群（I、II）。检测表明，I 型线粒体缺乏 ATP 合酶但富含 P5CS，其中 P5CS 以活性更高的细丝形态存在，II型富含 ATP 合酶但缺乏 P5CS。阻止线粒体分化，会使氧化磷酸化或脯氨酸合成能力受损。葡萄糖培养基中生长的细胞，线粒体没有分化。请分析说明线粒体分化的意义_____。

18. 学习以下材料，回答（1）～（4）题。

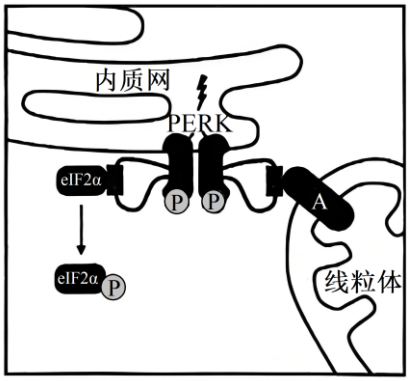
内质网应激期间线粒体区域翻译受保护

内质网对蛋白质的正确折叠有重要作用。内质网中有一种结合蛋白（BiP），能防止多肽链错误折叠，并促进错误折叠的蛋白质重新折叠，以形成正确构象。不能正确折叠的蛋白质可转移到细胞质中降解。

当细胞受到某些有害因素刺激，未折叠或错误折叠蛋白质在内质网腔超量积累时，会引发内质网应激反应。位于内质网膜上的蛋白质 PERK 感受到应激信号后通过二聚化和磷酸化被激活，继而通过一系列信号转导诱导 BiP 基因转录上调。活化的 PERK 可与翻译起始因子 eIF2α 结合，使 eIF2α 磷酸化，进而抑制细胞整体的翻译活性。

在使用毒性物质 Tg 处理细胞引发内质网应激反应后，科研人员检测了细胞不同区域的翻译活性，发现内质网区域的翻译活性下降了 73%，而线粒体区域仅下降了 27%。

为揭示内质网应激时线粒体区域翻译受保护的原因，科研人员进行了实验，发现线粒体蛋白 A 是 PERK 最丰富的相互作用蛋白之一。蛋白 A 位于线粒体膜上，能与激活的 PERK 的特定位点（第 680～880 位氨基酸）结合，而该位点也是 eIF2α 与 PERK 结合的位点（如图）。内质网和线粒体之间存在接触区（M 区），PERK 和蛋白 A 共定位于该区域。内质网应激期间，PERK 和蛋白 A 的相互作用使 M 区面积显著增加。M 区可作为内质网应激期间受保护的线粒体蛋白翻译平台。



（1）内质网是蛋白质的_____场所和运输通道。

（2）研究者推测，内质网应激发生时，蛋白 A 与 eIF2α_____，使_____含量降低，进而使线粒体区域翻译受到保护。

（3）根据文中信息，对实验结果的预期正确的有_____。

A. 使 PERK 第 680～880 位氨基酸缺失后，蛋白 A 不能与其结合

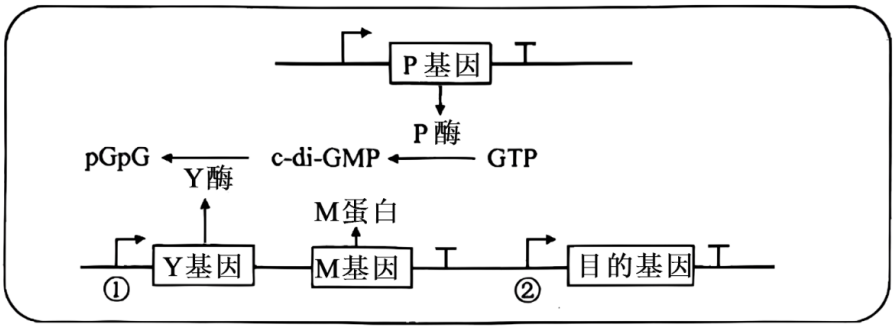
B. 与对照组相比，Tg 处理组与蛋白 A 结合的 PERK 更多

C. 内质网应激条件下，过表达蛋白 A 细胞中线粒体区域翻译活性高于对照组

D. 内质网应激条件下，敲低蛋白 A 细胞中 M 区面积与对照组无显著差异

（4）阐述内质网应激期间细胞的一系列反应对细胞生存的意义_____。

19. 科研人员开发了一种基于近红外光的光开关系统——NIR 系统（如图），实现目的基因表达的精准控制和治疗的定制化。



注：T表示终止子。Y基因与M基因共用启动子①。

（1）通过基因工程构建 NIR 系统需要的工具酶有_____。

（2）P 酶在近红外光下被激活后具有较高活性，在黑暗条件下具有较低活性。M 基因编码的 M 蛋白是一种转录激活因子，c-di-GMP 水平升高可促进 M 蛋白与特定的启动子结合。为实现近红外光对目的基因表达的精准控制，构建 NIR 系统时，科研人员选用组成型启动子（不需要诱导物、可持续驱动基因表达）驱动 P 基因表达，①②应选用的启动子为：①_____②_____。

（3）沙门氏菌能够选择性定植于肿瘤微环境中，但具有感染性，对动物体存在毒力风险。以 PD-L1 抗体基因为目的基因构建 NIR 系统，以沙门氏菌为受体菌，构建用于癌症治疗的工程菌。对此工程菌的叙述正确的有_____。

A. 敲除沙门氏菌内源 c-di-GMP 合成酶基因，可降低目的基因的基础表达水平

B. 敲除沙门氏菌毒力相关基因，以减弱工程菌的毒性

C. NIR 系统中 Y 基因的作用，是为了降低无光条件下胞内 c-di-GMP 水平

D. 可通过改变近红外光的强度和照射时间，来实现目的基因表达的精准控制

（4）将上述工程菌接种到小鼠的肿瘤内，通过检测_____，来评价该工程菌是否构建成功以及治疗效果。

（5）NIR 系统在癌症治疗之外也具有广阔的应用前景。在肠道炎症中活性氧起重要作用，通过抗氧化酶（如过氧化氢酶和超氧化物歧化酶）清除炎症部位的活性氧，可抑制炎症性肠病。拟利用 NIR 系统构建工

程菌以治疗炎症性肠病，请写出设计思路_____。

20. 野生型拟南芥在长日照条件下早开花，短日照条件下晚开花。对其进行诱变后筛选到一株晚开花突变体 co，无论日照长短，co 开花时间都与短日照条件下野生型植株相近。

（1）突变体 co 与野生型拟南芥杂交得到 F_1，F_1 自交获得 F_2。在长日照条件下，F_2 中早开花与晚开花植株的数量比接近 3：1。将 F_1 与突变体 co 杂交，杂交后代在长日照条件下的表型及比例应为_____。

（2）研究者推测长日照可能通过 CO 基因促进开花。对野生型拟南芥 COmRNA 和 CO 蛋白在 24h 中的变化进行检测，结果如图 1。

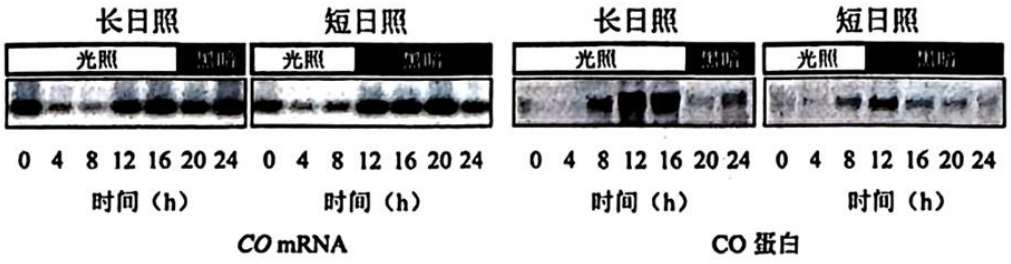


图 1

根据图 1 结果推测，4～8h 时，长日照和短日照条件下拟南芥细胞中 CO 蛋白含量均较低，可能是 CO 蛋白合成所需_____不足所致。12～16h 时，与长日照相比，短日照条件下 CO 蛋白含量明显较低，原因可能是_____。

（3）泛素-蛋白酶体途径（图 2）是真核细胞中选择性降解蛋白质的一种机制。为了探究 CO 蛋白的降解途径，利用原核生物表达 CO 蛋白，分离纯化后与黑暗条件处理的拟南芥细胞提取液混合，一段时间后分离 CO 蛋白、电泳并用抗体检测，结果如图 3。

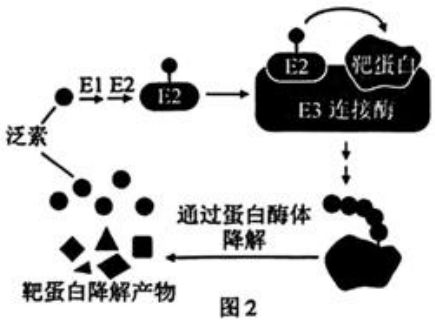


图 2

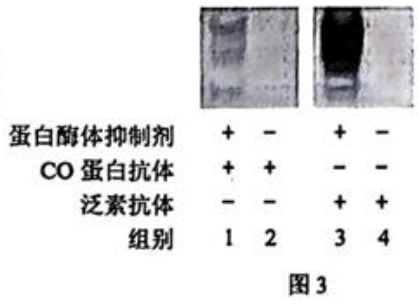


图 3

研究者认为，图 3 结果表明 CO 蛋白可通过泛素-蛋白酶体途径降解，请说明理由_____。

（4）COPI 基因编码一种 E3 连接酶，COPI 基因与 CO 基因独立遗传。有一种隐性突变体 copl，长日照条件下比野生型开花更早。将突变体 copl 与 co 进行杂交获得 F_1，F_1 自交获得 F_2。若 COPI 蛋白参与 CO 蛋白的泛素化（对其他蛋白无影响），则长日照条件 F_2 中开花时间与突变体 co 开花时间相近的个体所占比例为_____。

21. 自然环境中植物会同时面临多种压力，脱落酸（ABA）是植物适应非生物胁迫最重要的调节因子。为探究植物如何整合不同信号，进行如下实验。

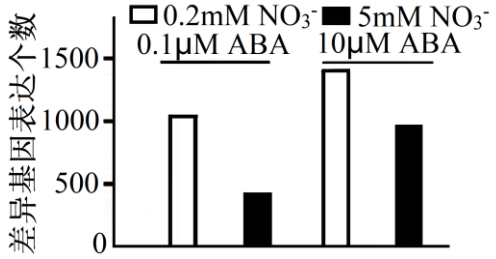


图1

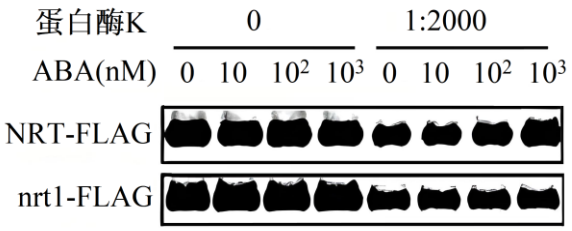


图2

（1）植物生长发育的调控是由基因表达调控、_____和环境因素调节共同完成的。

（2）检测水稻根部在不同硝酸盐浓度下 ABA 诱导的基因表达，结果如图 1。由图 1 可知，提高 ABA 浓度可_____高浓度 NO_3^- 对 ABA 反应的抑制，研究者推测 ABA 和 NO_3^- 可能以竞争的方式被相同的受体识别。

（3）质膜上的硝酸盐转运蛋白 NRT 可作为感知细胞外硝酸盐浓度的受体。为探究 ABA 是否也以 NRT 为受体，进行了实验。

①获取用 FLAG（一种短肽链）标记的 NRT 和突变蛋白 nrt1，分别加入不同浓度 ABA 孵育一段时间，然后与蛋白酶 K 混合，电泳并用抗 FLAG 抗体检测（图 2）。该结果证明 ABA 可直接与 NRT 结合，据此推测 ABA、NRT、蛋白酶 K 之间的关系_____。

②研究者进一步通过实验证明“ABA 以 NRT 为受体”。实验组所用材料、处理及检测指标应为_____。

A．野生型水稻

B．nrt1 突变体水稻

C．低 NO_3^- 条件

D．高 NO_3^- 条件

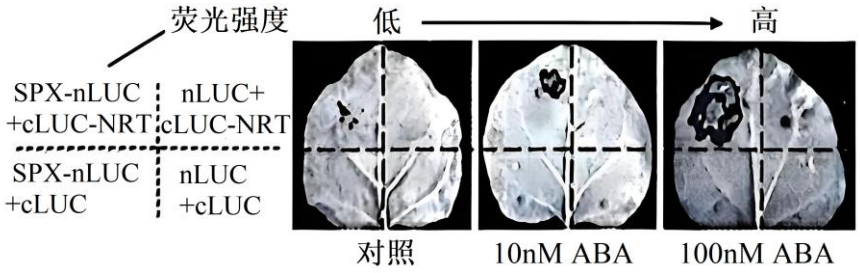
E．不用 ABA 处理叶片

F．用适宜浓度 ABA 处理叶片

G．ABA 响应基因的表达

H． NO_3^- 响应基因的表达

（4）为进一步探究 NRT 响应 ABA 的信号转导机制，进行如下实验。用不同浓度 ABA 处理携带 SPX-nLUC 和 cLUC-NRT 的叶片，结果如图 3。



注:当SPX与NRT相互作用时，nLUC和cLUC接近，形成有活性的荧光素酶，分解荧光素产生荧光

图3

NLP 是 ABA 信号转导中一个重要的转录因子，与 SPX 蛋白结合时不发挥作用。构建 NLP-GFP（GFP 为绿

色荧光蛋白）转基因水稻，用 100nM ABA 处理后，检测到荧光信号由细胞质向细胞核集中。根据以上实验结果推测 NRT 响应 ABA 的信号转导机制_____。

（5）综合以上研究，分析植物整合环境中非生物胁迫和营养条件（NO_3^-）信号的意义_____。

参考答案

第一部分

本部分共 15 题，每题 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	A	C	B	C	C	D	D	C	A	B	B	D	C	A

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16.【答案】（1） ①. 全部社鼠 ②. 基因和环境

（2） ①. 岛屿种群体型大于大陆种群，且面积越小体型越大 ②. 岛屿面积越大捕食者数量越多，社鼠用于逃避捕食者的能量就越多，用于生长发育繁殖的能量就越少，导致体型越小

（3）基因频率 （4）基因多样性低不利于生物适应多变的环境

【分析】隔离包括地理隔离和生殖隔离两种，地理隔离指的是两个种群由于地理障碍，而无法进行基因交流。生殖隔离是物种之间的界限。

【小问 1 详解】

种群是指在一定时间内占据一定空间的同种生物的所有个体。所以一个岛屿上的全部社鼠可视为一个社鼠种群。生物的性状是由基因控制，同时受环境因素的影响。社鼠的体长性状是基因和环境共同作用的结果。

【小问 2 详解】

①观察图 1 可知，岛屿上社鼠的平均体长大于大陆种群，并且随着岛屿面积减小，社鼠体型有增大的趋势，即岛屿种群体型大于大陆种群，且面积越小体型越大。

②从图 2 能看到，岛屿面积越大，单位面积捕食者数量越多。社鼠为了生存，用于逃避捕食者的能量就越多，那么用于生长发育繁殖的能量就越少，从而导致体型越小。

【小问 3 详解】

生物进化的实质是种群基因频率的改变。由于地理隔离不完全，岛屿种群与大陆种群之间存在基因交流，使得控制体型大小的基因的频率差异不明显，所以该群岛中蟋蟀体型大小与大陆种群无显著差异。

【小问 4 详解】

基因多样性低意味着种群的遗传信息较少，生物适应环境变化的能力就弱。当环境发生改变时，小岛上种群由于基因多样性低，难以适应多变的环境，所以局部灭绝的风险较大。

17.【答案】（1）内膜 （2）氨基酸、维生素、动物血清

（3） ①. 氧化磷酸化（或有氧呼吸第三阶段） ②. 不受影响

（4）

线粒体分化导致代谢分工，I 型专注于脯氨酸等物质的合成，II 型专注于 ATP 合成。代谢分工提高了线粒体合成 ATP 和氨基酸的能力，使细胞能更好地应对营养缺乏环境，满足能量和营养需求。

【分析】本题围绕线粒体的代谢功能展开，具体考查以下知识点：1.氧化磷酸化（有氧呼吸第三阶段）发生在线粒体内膜，内膜含 ATP 合酶、细胞色素复合物等蛋白。2.体外培养 动物细胞需含水、无机盐、糖类、氨基酸、维生素、血清等。

【小问 1 详解】

氧化磷酸化是有氧呼吸第三阶段，发生在线粒体内膜，内膜上含 ATP 合酶、电子传递链相关蛋白，可将 NADH 的化学能转化为 ATP。

【小问 2 详解】

体外培养动物细胞（MEF）的培养液，除水、无机盐、糖类外，还需含氨基酸、维生素、动物血清等。

【小问 3 详解】

图 2 显示缺乏葡萄糖时细胞耗氧量升高，说明细胞更多依赖线粒体的三羧酸循环（有氧呼吸第二阶段） 产生 NADH，再通过氧化磷酸化（有氧呼吸第三阶段）合成 ATP。

图 3 显示缺乏葡萄糖时脯氨酸水平与含葡萄糖组基本相同，故脯氨酸合成不变。

【小问 4 详解】

线粒体分化为两个亚群：I 型富含活性 P5CS，高效合成脯氨酸；II 型富含 ATP 合酶，高效合成 ATP。这种分化可避免谷氨酸在 “氧化供能” 和 “氨基酸合成” 之间的代谢竞争，使细胞在葡萄糖缺乏时，既能通过 II 型线粒体满足能量需求，又能通过 I 型线粒体合成必需氨基酸（脯氨酸），适应营养缺乏环境。

18.【答案】（1）加工　（2）　①. 竞争性结合激活的 PERK　②. M 区的磷酸化 eIF2α　（3）ABC　（4）BiP 转录上调，促进新合成蛋白质以及错误折叠蛋白质的正确折叠；大部分蛋白质翻译被抑制，降低进入内质网的蛋白质量，有利于内质网恢复正常功能；选择性保护线粒体蛋白翻译，有利于保障细胞的能量供应，几方面共同提高了细胞在有害环境下的生存能力。

【分析】内质网应激反应可以减少错误折叠蛋白，选择性地保护线粒体蛋白翻译，有利于细胞的生存。

【小问 1 详解】

内质网是蛋白质等大分子物质的加工场所和运输通道。

【小问 2 详解】

由文中“位于内质网膜上的蛋白质 PERK 感受到应激信号后通过二聚化和磷酸化被激活，继而通过一系列信号转导诱导 BiP 基因转录上调。活化的 PERK 可与翻译起始因子 eIF2α 结合，使 eIF2α 磷酸化”以及“线粒体蛋白 A 是 PERK 最丰富的相互作用蛋白之一。蛋白 A 位于线粒体膜上，能与激活的 PERK 的特定位点（第 680～880 位氨基酸）结合”可知，内质网应激发生时，蛋白 A 与 eIF2α 竞争结合激活的 PERK，使 M 区的磷酸化 eIF2α 含量降低，进而使线粒体区域翻译受到保护。

【小问 3 详解】

A、文中提到蛋白 A 能与激活的 PERK 的第 680～880 位氨基酸结合，若使 PERK 第 680～880 位氨基酸缺失，蛋白 A 不能与其结合，A 正确；

B、Tg 处理引发内质网应激反应，根据“内质网应激期间，PERK 和蛋白 A 的相互作用使 M 区面积显著增加”，可知与对照组相比，Tg 处理组与蛋白 A 结合的 PERK 更多，B 正确；

C、内质网应激条件下，过表达蛋白 A，会使更多 PERK 与蛋白 A 结合，减少 PERK 与 eIF2α 结合，使线

粒体区域翻译受保护，其翻译活性高于对照组，C 正确；

D、内质网应激条件下，敲低蛋白 A，PERK 和蛋白 A 相互作用减弱，M 区面积与对照组会有显著差异，D 错误。

故选 ABC。

【小问 4 详解】

内质网应激期间细胞通过 BiP 转录上调，促进新合成蛋白质以及错误折叠蛋白质的正确折叠；大部分蛋白质翻译被抑制，降低进入内质网的蛋白质量，有利于内质网恢复正常功能；选择性保护线粒体蛋白翻译，有利于保障细胞的能量供应，几方面共同提高了细胞在有害环境下的生存能力。

19.【答案】（1）限制酶和 DNA 连接酶

（2） ①. 组成型启动子 ②. 以 M 蛋白为转录激活因子的启动子 （3）ABCD

（4）不同强度近红外光或不同照射时长下 PD-L1 抗体水平；肿瘤体积或小鼠存活率

（5）以过氧化氢酶基因和超氧化物歧化酶基因为目的基因构建 NIR 系统，以肠道益生菌为受体菌构建工程菌

【分析】基因工程技术的基本步骤：（1）目的基因的获取：方法有从基因文库中获取、利用 PCR 技术扩增和人工合成；（2）基因表达载体的构建：是基因工程的核心步骤，基因表达载体包括目的基因、启动子、终止子和标记基因等，标记基因可便于目的基因的鉴定和筛选；（3）将目的基因导入受体细胞：根据受体细胞不同，导入的方法也不一样。将目的基因导入植物细胞的方法有农杆菌转化法、基因枪法和花粉管通道法；将目的基因导入动物细胞最有效的方法是显微注射法；将目的基因导入微生物细胞的方法是钙离子处理法；（4）目的基因的检测与鉴定。

【小问 1 详解】

基因工程中，要获取目的基因（如 NIR 系统相关基因）并对它们进行切割和连接等操作，需要用到限制酶来切割特定的 DNA 片段，再用 DNA 连接酶将切割后的片段连接起来，所以需要的工具酶是限制酶和 DNA 连接酶。

【小问 2 详解】

据题干及图可知，P 酶催化 GTP 生成 c-di-GMP，c-di-GMP 水平升高促进 M 蛋白与特定启动子结合激活目的基因表达。Y 基因和 M 基因共用启动子①，科研人员选用组成型启动子驱动 Y 和 M 基因表达，因为组成型启动子不需要诱导物且可持续驱动基因表达，能保证 Y 基因持续表达产生 Y 酶（分解 c-di-GMP，防止在黑暗条件下其在细胞内积累而促进 M 蛋白起作用，影响光控效果），M 基因持续表达产生 M 蛋白（保证光控时被 c-di-GMP 激活），所以①处应选组成型启动子。P 酶在近红外光下被激活后具有较高活性，在黑暗条件下具有较低活性。在近红外光下促进 P 酶催化 GTP 生成 c-di-GMP，由于 c-di-GMP 水平升高可促进 M 蛋白与特定启动子结合，M 蛋白是转录激活因子，要实现近红外光对目的基因表达的精准控制，②处应选以 M 蛋白为转录激活因子的启动子。

【小问 3 详解】

A、沙门氏菌内源 c-di-GMP 合成酶基因被敲除后，其自身产生 c-di-GMP 的能力下降，由于 c-di-GMP 水平升高促进 M 蛋白与特定启动子结合激活目的基因表达，所以可降低目的基因的基础表达水平，A 正确；

B、敲除沙门氏菌毒力相关基因，能直接减弱工程菌的毒性，降低对动物体的毒力风险，B 正确；

C、NIR 系统中 Y 基因的作用是在无光条件下使系统处于合适状态，降低胞内 c-di-GMP 水平，避免目的基因在不合适的时候表达，C 正确；

D、改变近红外光的强度和照射时间，可调控 P 酶活性，进而影响 c-di-GMP 水平，实现目的基因表达的精准控制，D 正确。

故选 ABCD。

【小问 4 详解】

以 PD-L1 抗体基因为目的基因构建 NIR 系统，工程菌接种到小鼠肿瘤内后，不同强度近红外光或不同照射时长会影响 PD-L1 抗体基因的表达水平，所以可通过检测不同强度近红外光或不同照射时长下 PD-L1 抗体水平，来了解工程菌是否按预期工作。治疗的最终效果体现在肿瘤的变化和小鼠的生存情况上，所以还可检测肿瘤体积或小鼠存活率来评价治疗效果。

【小问 5 详解】

在肠道炎症中活性氧起重要作用，抗氧化酶（如过氧化氢酶和超氧化物歧化酶）能清除炎症部位的活性氧，抑制炎症性肠病。所以可以以过氧化氢酶基因和超氧化物歧化酶基因为目的基因构建 NIR 系统，以肠道益生菌为受体菌构建工程菌，这样工程菌可以在肠道炎症部位根据近红外光的调控表达抗氧化酶，清除活性氧，达到治疗炎症性肠病的目的。

20.【答案】（1）早开花：晚开花 = 1：1

（2） ①. CO mRNA ②. 黑暗条件下 CO 蛋白降解快于光照条件，或黑暗条件下 CO mRNA 翻译少于光照条件

（3）第 1 组与第 2 组，或第 3 组与第 4 组对比，均可说明 CO 可被蛋白酶体降解：第 3 组用泛素抗体可检测到 CO ，说明 CO 可被泛素化。 （4）1/4

【分析】光是植物进行光合作用的能量来源，也可以作为一种信号，影响、调控植物生长、发育的全过程。

【小问 1 详解】

根据题中“突变体 co 与野生型拟南芥杂交得到 F_1，F_1 自交获得 F_2。在长日照条件下，F_2 中早开花与晚开花植株的数量比接近 3：1”可推测出晚开花为隐性性状，设基因为 A/a 控制该性状，则突变体 co 的基因型为 aa，F_1 的基因型为 Aa，子代基因型为 Aa（早开花）：aa（晚开花）=1:1，故杂交后代长日照条件下的表型及比例为早开花：晚开花 = 1：1。

【小问 2 详解】

根据题图可知：4~8h 时长、短日照下 CO 蛋白含量均低，而此时 CO mRNA 含量也较低，因此 CO 蛋白低可能是由蛋白合成的模板 COmRNA 不足引起的；12~16h 时，短日照下 CO mRNA 含量低于长日照，可能是黑暗条件下 CO 蛋白降解快于光照条件，或黑暗条件下 CO mRNA 翻译少于光照条件，因此短日照条件下 CO 蛋白含量明显较低。

【小问 3 详解】

第 1 组与第 2 组，或第 3 组与第 4 组对比，均可说明 CO 可被蛋白酶体降解：第 3 组用泛素抗体可检测到

CO，说明 CO 可被泛素化。

【小问 4 详解】

根据题意可知：设 CO 基因相关基因型为 A/a，COPI 基因相关基因型为 B/b。突变体 copl（bb）与 co（aa）杂交，F_1基因型为 AaBb，F_1自交，F_2中开花时间与突变体 co 开花时间相近的个体基因型为：aa_ _，因此长日照条件 F_2 中开花时间与突变体 co 开花时间相近的个体所占比例为 aa_ _= 1/4 。

21.【答案】（1）激素调节

（2）减缓　（3）　①. ABA 与 NRT 结合后，可以稳定 NRT 的结构，使其不易被蛋白酶 K 降解　②. BCFG

（4）NRT 与 ABA 结合后，可与 SPX 形成复合物，从而释放被 SPX 结合的转录因子 NLP，NLP 入核，调控相关基因表达。

（5）植物通过同一受体响应 ABA 和 NO_3^-信号，在高营养条件下，优先响应 NO_3^-信号，实现生长发育；在非生物胁迫下，优先响应 ABA 信号，实现抗逆性。该机制是植物在长期进化中形成的对不同营养条件和非生物胁迫的适应，有利于种群的生存和繁衍

【分析】植物激素是一类由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。植物激素主要有生长素、赤霉素、细胞分裂素、乙烯和脱落酸等五类。激素作为信息分子，通过与受体结合起作用。

【小问 1 详解】

高等植物是由很多细胞组成的高度复杂的有机体，它的正常生长发育需要各个器官、组织、细胞之间的协调和配合。植物生长发育的调控，是由基因表达调控、激素调节和环境因素调节共同完成的。

【小问 2 详解】

从图 1 可以看出，当 NO_3^-浓度较高（5mM）时，低浓度 ABA（0.1μM）诱导的差异基因表达个数较少，而高浓度 ABA（10μM）诱导的差异基因表达个数明显增多。这表明提高 ABA 浓度可减缓高浓度 NO_3^-对 ABA 反应的抑制。

【小问 3 详解】

①据图 2 可知，对于 NRT-FLAG：无 ABA（0nM）→条带弱→易被蛋白酶 K 降解；加入 ABA 后（10、10^2、10^3nM）→条带逐渐变强→ABA 浓度越高，保护作用越强→说明 ABA 结合 NRT 后可稳定 NRT 的结构，使其不易被蛋白酶 K 降解。对于 nrt1-FLAG（突变体）：所有 ABA 浓度下条带均弱→说明突变体不能结合 ABA，故无保护作用→侧面验证 ABA 特异性结合野生型 NRT。

②实验目的是证明“ABA 以 NRT 为受体”。自变量为 NRT 的有无，因变量为 ABA 响应基因的表达情况，所以对照组为野生型水稻（有 NRT），实验组选用 nrt1 突变体水稻，因为研究者推测 ABA 和 NO_3^-可能以竞争的方式被相同的受体识别。所以为了减小 NO_3^-对实验的影响选择在低 NO_3^-条件下进行，分别用适宜浓度的 ABA 处理叶片，一段时间后检测 ABA 响应基因的表达情况，所以实验组所用材料、处理及检测指标应为 BCFG。

【小问 4 详解】

根据实验结果，用不同浓度 ABA 处理携带 SPX−nLUC 和 cLUC−NRT 的叶片时，随着 ABA 浓度增加，荧光强度增强，又因为当 SPX 与 NRT 相互作用时，nLUC 和 cLUC 接近，形成有活性的荧光素酶，分解荧光

素产生荧光，说明 ABA 促进了 SPX 与 NRT 的结合。因为 NLP 是 ABA 信号转导中重要的转录因子，与 SPX 蛋白结合时不发挥作用，且构建 NLP−GFP 转基因水稻，用 100nMABA 处理后，检测到荧光信号由细胞质向细胞核集中，说明 NLP−GFP 从 SPX 蛋白释放进入细胞核发挥作用。所以推测NRT 与 ABA 结合后，可与 SPX 形成复合物，从而释放被 SPX 结合的转录因子 NLP，NLP 入核，调控相关基因表达。

【小问 5 详解】

综合题干信息可知，植物通过同一受体响应 ABA 和 NO_3^-信号，在高营养条件下，优先响应 NO_3^-信号，实现生长发育；在非生物胁迫下，优先响应 ABA 信号，实现抗逆性。该机制是植物在长期进化中形成的对不同营养条件和非生物胁迫的适应，有利于种群的生存和繁衍。例如，在营养充足时，植物可以充分利用资源进行生长和繁殖；在面临胁迫时，能够及时调整生理状态，增强自身的抗逆能力，从而提高生存几率。