2026 北京朝阳高三一模

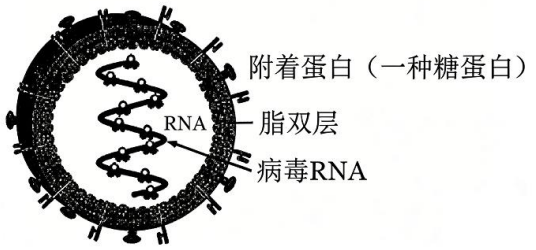
生　　物

（考试时间 90 分钟　满分 100 分）

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. 尼帕病毒的结构如图所示。关于该病毒的说法正确的是（　　）



A. 无以核膜为界的细胞核，属于原核生物

B. 遗传物质是由脱氧核苷酸组成的 RNA

C. 附着蛋白可能识别宿主细胞表面受体

D. 脂双层中的磷脂含 C、H、O、N、P、S 元素

2. 下列关于线粒体和叶绿体的叙述，正确的是（　　）

A. 均广泛存在于动植物细胞中

B. 都具有双层膜，内膜均向内折叠

C. 基质内都含有光合色素和代谢相关酶

D. 在细胞内发挥功能均受到细胞核的控制

3. 甲氨蝶呤是一种抗肿瘤药物，肿瘤细胞对其产生耐药性与膜转运蛋白——RFC1 和 P-gp 有关（图 1），其含量检测结果如图 2。

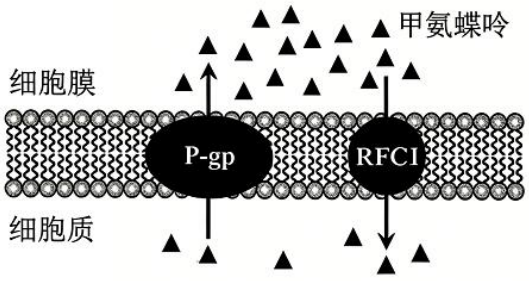


图1

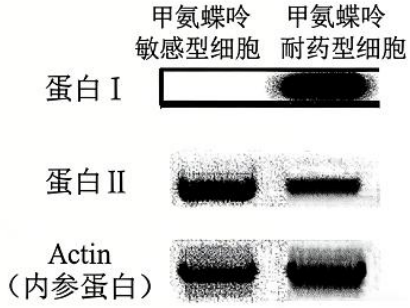


图2

相关推测错误的是（　　）

A. 甲氨蝶呤通过 RFC1 协助扩散进入细胞　　B. 甲氨蝶呤从胞内运出胞外需要消耗能量

C. 图 2 中的蛋白Ⅰ为图 1 中的 RFC1 蛋白　　D. P-gp 蛋白抑制剂可用于逆转肿瘤耐药性

4. D1 蛋白参与光反应，强光下易损伤，D1 的合成及修复效率是维持光合速率的关键。下列叙述正确的是（　　）

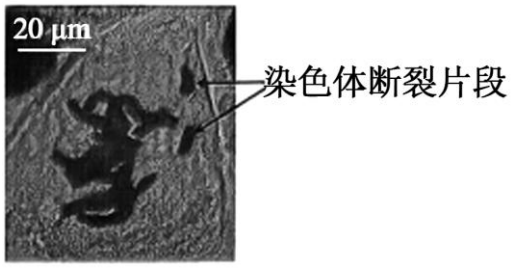
A. D1 受损降低光反应 ATP 生成速率

B. 新合成的 D1 在叶绿体基质中发挥作用

C. D1 修复速率直接影响 CO_2 与 C_5 的结合过程

D. 抑制 D1 基因的表达有利于植物对强光的适应

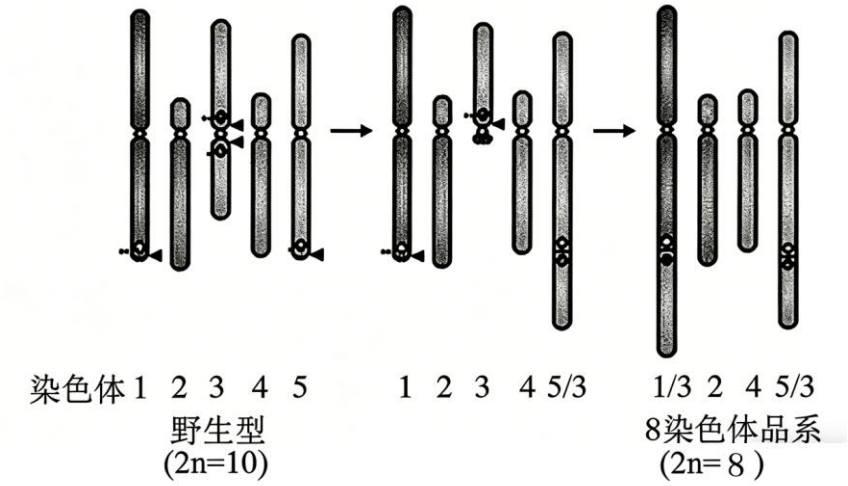
5. 为探究桉树叶挥发物对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响，研究者制作装片，观察结果如图。相关叙述正确的是（　　）



A. 选择根尖伸长区细胞进行观察　　B. 制作装片时解离后直接进行染色

C. 图示细胞处于有丝分裂前期　　D. 桉树叶挥发物导致染色体结构变异

6. 科学家在拟南芥中实现了染色体融合，将其染色体数目减少至 8 条（如图）。8 染色体品系自交后代结实率与野生型相同，但该品系与野生型杂交产生的 F_1 的结实率却显著下降。



下列分析错误的是（　　）

A. 借助染色体断裂与重接获得 8 染色体品系

B. 8 染色体品系产生的配子中含有不育基因

C. F_1减数分裂时融合染色体无法正常联会导致育性下降

D. 利用该品系构建转基因植物可降低基因污染风险

7. LMNA 基因编码的蛋白可维持细胞核的结构稳定。研究者利用 CRISPR/Cas9 技术获得 LMNA 突变基因被修复的 iPSC 细胞系。该细胞系作为对照在研究中的价值是（　　）

A. 验证 CRISPR/Cas9 系统对 LMNA 基因的编辑效率

B. 排除遗传背景差异以确定 LMNA 基因突变与表型关系

C. 制备可供异体移植的通用型干细胞治疗产品

D. 比较 LMNA 基因不同突变类型对细胞功能的影响

8. 下列关于基因与性状关系的理解，表述正确的是（　　）

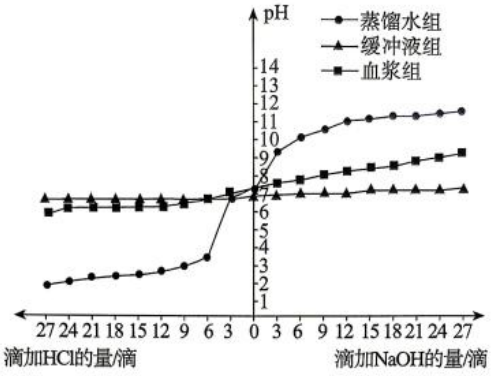
A. 生物体的性状主要取决于基因

B. 每种性状都由一个基因决定

C. 基因都通过控制酶合成控制性状

D. 相同基因序列在不同环境性状相同

9. 兴趣小组通过实验探究生物体维持 pH 稳定的机制，结果如图。相关叙述正确的是（　　）



A. 各组都应依次滴加 HCl、NaOH 后再测定 pH

B. 据结果推测血浆与缓冲液成分和功能相同

C. 外界环境变化和细胞代谢均会影响血浆的 pH

D. 血浆仅为血细胞提供营养及稳定的 pH 环境

10. 将传统硬质电极长期植入动物大脑后，记录到的电信号会逐渐变弱甚至消失。而新型柔性电极能更长时间稳定记录信号。据此推测柔性电极具有的优势是（　　）

A. 材料降解产生营养物质，促进神经元生长

B. 减少对脑组织的损伤，减轻炎症和瘢痕

C. 电极尺寸更小，能直接刺入神经元内部记录

D. 电极可主动释放药物，抑制免疫反应

11. 动物屠宰后，肌肉组织供能不足导致细胞中肌动蛋白与肌球蛋白结合后难以解离，引起宰后僵硬，影响口感。相关推测不合理的是（　　）

A. 血液循环停止导致肌肉组织氧气供应中断

B. 乳酸等代谢产物积累使肌肉组织的 pH 降低

C. 肌动蛋白与肌球蛋白的正常解离需 ATP 供能

D. 抑制肌动蛋白与肌球蛋白的解离可改善口感

12. 斯他林等在发现促胰液素之后，继续进行研究：把一条狗的小肠黏膜刮下来，过滤后注射给另一条狗。后者在胰液分泌明显增加的同时，血压还骤然下降。下列推测或叙述合理的是（　　）

A. 对照组注射等量稀盐酸，未引起胰液分泌

B. 胰液的增加是胰腺分泌的促胰液素作用的结果

C. 该研究可以证明促胰液素还具有降血压的作用

D. 滤液中物质的作用效果多样说明激素不具有专一性

13. 自 2021 年长江实施 10 年禁渔以来，江豚数量显著增加，而中华鲟数量无明显变化。下列叙述错误的是（　　）

A. 长江中所有生物及其生活环境共同构成生态系统

B. 分解者分解鱼类遗体产生的能量供生产者利用

C. 生态系统各组分紧密联系，禁渔无法解决所有生态问题

D. 禁渔可能通过调整捕食关系调控浮游藻类数量，改善水质

14. 研究者筛选西北高原乳酸菌株，通过深层液态发酵中药，提升药效。下列叙述错误的是（　　）

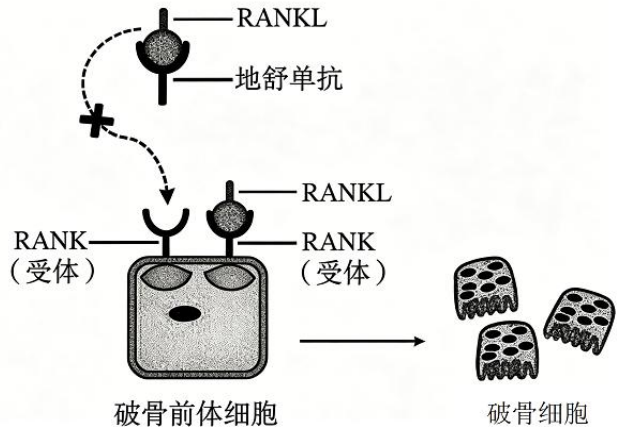
A. 筛选菌株活性优于野生菌，更适配中药成分环境

B. 发酵降解大分子为小分子，可提升药物吸收效率

C. 液态发酵较固体发酵，更易规模化与连续化生产

D. 液态发酵需通氧并搅拌，利于菌株大量快速增殖

15. RANKL-RANK 信号轴是破骨细胞分化的核心通路。据图分析，地舒单抗治疗骨质疏松的核心作用是（　　）



A. 结合 RANKL，阻断其与受体结合，抑制破骨细胞生成

B. 激活破骨前体细胞表面的受体，促进破骨细胞生成

C. 分解信号分子 RANKL，增强骨组织的吸收作用

D. 抑制破骨前体细胞表面的受体，加速骨代谢进程

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 研究者发现了一种新型细胞死亡方式——线粒体氧化溶解性死亡，并对此现象进行了探究。

（1）线粒体是细胞进行_____的主要场所。线粒体功能异常时产生的过量活性氧可诱发氧化应激，导致膜损伤。

（2）为探究细胞死亡与氧化应激的关系，研究者利用脂多糖（LPS）、碳饥饿（CS）处理巨噬细胞，使用 DR 荧光探针标记细胞内活性氧，统计死亡细胞数量，结果如图 1。

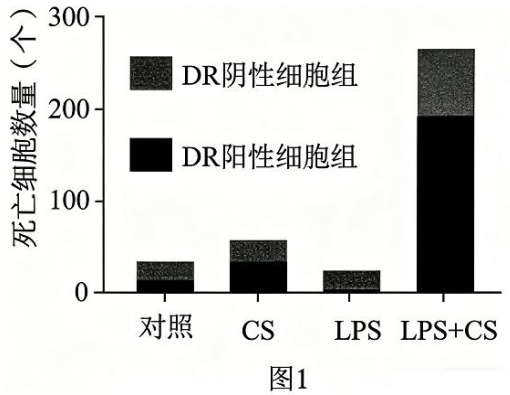


图1

①死亡细胞数量最多的处理和细胞组别是_____，说明_____。

②GSH 是细胞内产生的一种抗氧化剂，可清除活性氧防止氧化损伤。单独 LPS 处理也可诱导强烈的氧化应激。据此推测与 LPS 处理相比，LPS+CS 处理组死亡细胞中 DR 阳性细胞比例高的原因是_____。后续实验证实了该推测。

（3）巨噬细胞死亡之前，处于氧化应激的线粒体会与细胞膜接触。细胞骨架的动态变化可以将线粒体移

离细胞膜。研究者利用 mTOR 信号抑制剂 Torin-1 与细胞骨架动力学抑制剂 CyD 进行图 2 所示实验。综上所述，用文字完善线粒体氧化溶解性死亡的过程示意图_____。

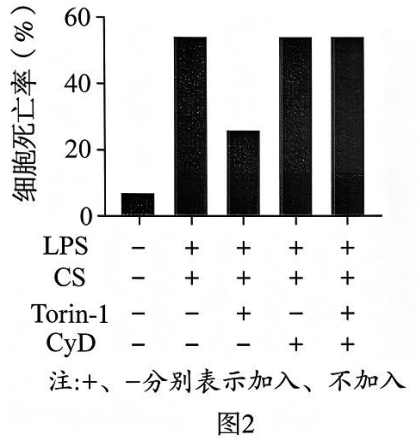


图2

（4）后续研究证实线粒体氧化溶解性死亡在多种类型的细胞中都能发生。有人提出将研究结果用于肿瘤治疗，请评估可能存在的风险_____。

17. 骨骼肌损伤后，肌肉干细胞（MSC）由静息态变为激活态是再生修复的关键。衰老会使静息态 MSC 激活能力显著下降，导致老年个体骨骼肌损伤后修复能力降低。

（1）衰老的 MSC 可表现出_____（答 1 点）的特征。

（2）老年鼠 MSC 中 N 基因表达量显著升高，研究者推测 N 基因可能参与 MSC 的激活过程，构建图 1 中转基因小鼠。

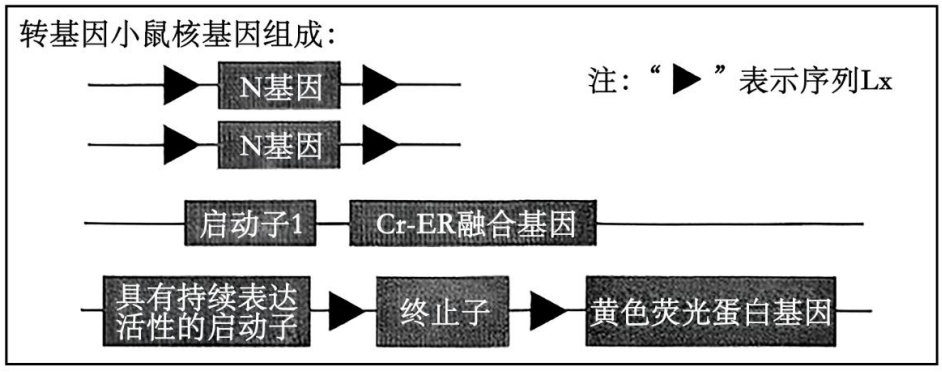


图1

①Cr 基因表达的 Cr 酶可识别序列 Lx，导致两个方向相同的 Lx 间的 DNA 片段丢失；药物 T 可使 ER 蛋白进入细胞核。为获取仅 MSC 中 N 基因被敲除的老年 NKO 鼠，则启动子 1 应为_____，且需对老年鼠饲喂_____。

②转入黄色荧光蛋白基因的作用是_____。

（3）以野生型老年鼠（WT 鼠）为对照做单次肌肉损伤实验，检测激活态 MSC 占比和骨骼肌损伤后修复速度，发现 NKO 鼠均高于 WT 鼠。单次损伤 21 天后 MSC 恢复静息态，检测各组静息态 MSC 凋亡率及总 MSC 数量，结果如图 2。随后，对小鼠实施第二次损伤，发现 NKO 组激活态 MSC 占比和骨骼肌损伤后修

复速度均低于 WT 组。据此，研究者提出 N 基因的功能存在“权衡效应”。综上，从细胞存活和骨骼肌再生修复的角度对此效应加以概括说明_____。

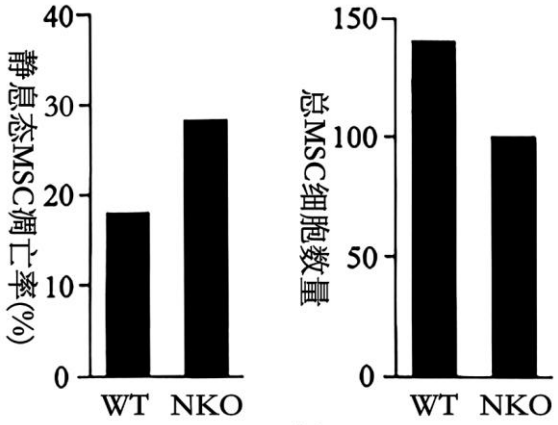


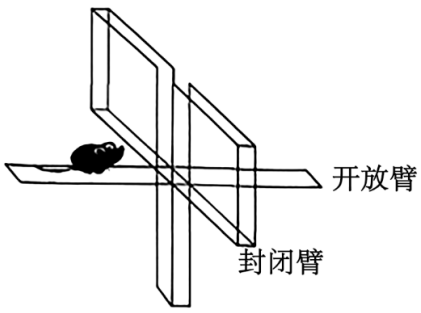
图2

（4）M 蛋白可促进细胞增殖与分化，NKO 组 M 蛋白表达量显著高于 WT 组。用 M 蛋白抑制剂和溶剂分别处理来自 WT、NKO 组老年鼠的 MSC，检测各组激活态 MSC 细胞比例。若实验结果证明 N 基因部分依赖 M 基因调控 MSC 激活，则 M 蛋白抑制剂处理 NKO 组的结果应为：_____。

18. 噪声污染会引发焦虑情绪。为研究中等强度噪声引起焦虑的神经机制，研究者开展如下实验。

（1）情绪与_____等都属于大脑的高级功能。外侧杏仁核（LA）是调控情绪的重要区域。

（2）选择性别、周龄相同的小鼠随机分组，实验组每日接受 4 小时中等强度的噪声暴露。每周将小鼠从饲养环境取出，适应一段时间后，利用高架十字迷宫评估小鼠焦虑样行为，装置如图 1，结果如图 2。



高架十字迷宫测试
图1

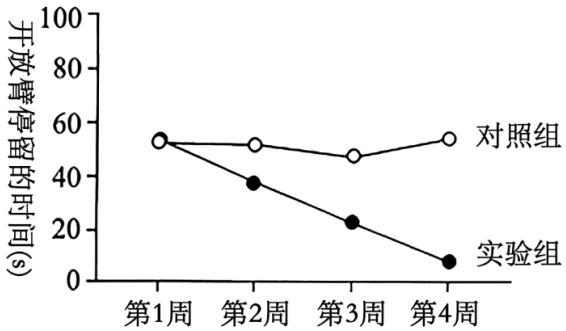


图2

结果显示_____，说明持续噪声暴露会引起并逐渐加剧小鼠焦虑样行为。研究者还评估了小鼠的听力和运动能力，发现实验组与对照组无显著差异，此评估的目的是_____。

（3）研究发现，噪声暴露 4 周的小鼠 LA 区谷氨酸能神经元（LA^{Glu}）自发放电频率显著高于对照组，推测噪声暴露诱导的焦虑样行为依赖 LA^{Glu} 的过度活化。为证实该推测，向小鼠 LA 区注射携带光敏感钠离子通道基因的病毒载体，使该基因在 LA^{Glu} 特异性表达，并植入光纤，蓝光照射 LA 区激活 LA^{Glu} 同时进行图 1 行为的测试。

①该实验的对照组是_____。

②该实验还不能完全证实推测，缺少的实验证据是_____。

（4）小胶质细胞可伸出伪足吞噬突触后膜及膜内成分，参与突触结构的重塑，维持突触信号的平衡（图3）。P蛋白和G蛋白分别位于兴奋性和抑制性突触后膜内且与后膜紧密连接，参与相应类型的突触信号传递。对噪声暴露4周的小鼠脑切片进行免疫荧光染色，获得三维重构图（图4）。据此解释中等强度噪声引起焦虑样行为的原因_____。

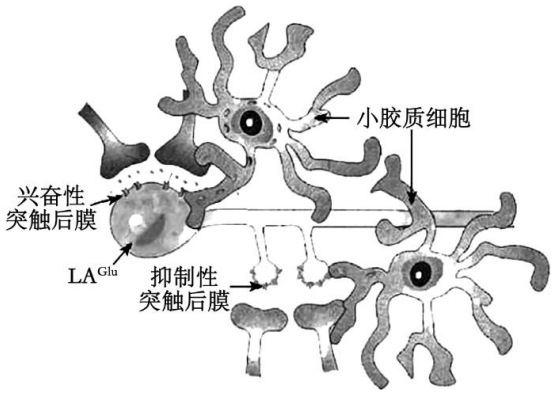


图3

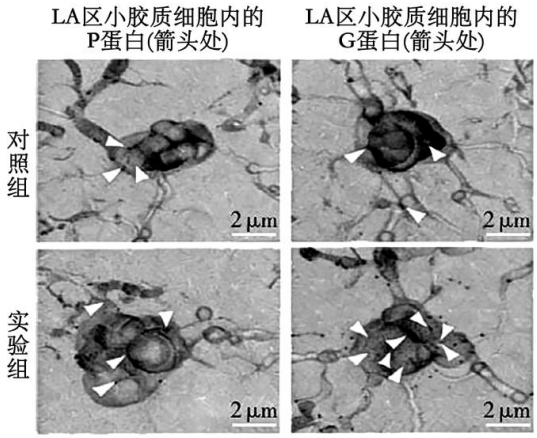


图4

19. 学习以下材料，回答（1）～（4）题。

草原地下生产力的资源限制规律

草原生态系统主要分布在干旱地区，覆盖约40%的地球陆地面积，具有重要的生态功能。传统观点多基于地上部分的观测，认为随着降水增加，养分对生态系统的限制会加剧。但根系作为获取水分和养分的主要器官，对资源限制的响应可能更加敏感。因此，明确地下生产力养分限制的空间和时间规律，对于理解草原生态系统至关重要。

研究者收集全球干旱区草地387个氮添加实验数据，分析年平均降水量对生产力氮限制强度的影响。其中，氮添加后净生产力与无氮添加净生产力的自然对数值（lnRR）代表氮限制强度，其值越大，说明添加氮对生产力的提升效果越显著。结果表明，地上生产力的氮限制强度随降水量增加而呈线性增强趋势；而地下生产力的氮限制强度随着年平均降水量增加，呈现先增强后减弱的趋势（图1）。在青藏高原长达6年的野外控制实验数据也高度吻合这一规律。

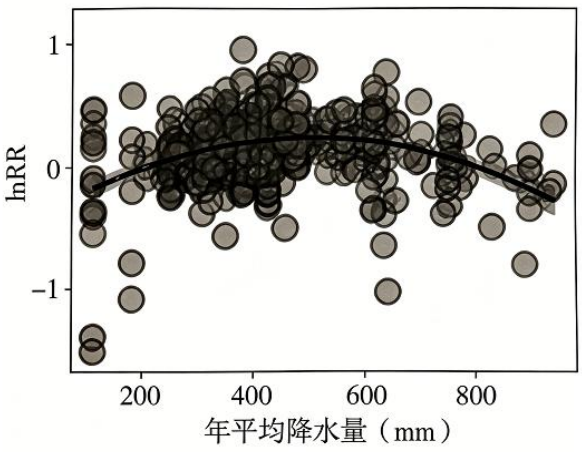


图 1

为进一步验证上述规律，研究者在青藏高原高寒草地设置 4 组处理：空白对照（C）、氮添加（N）、干旱处理（D），截留 50%自然降水）、氮添加+干旱处理（ND），并测定了不同降水年份的地下净初级生产力（BNPP），部分结果如图 2。

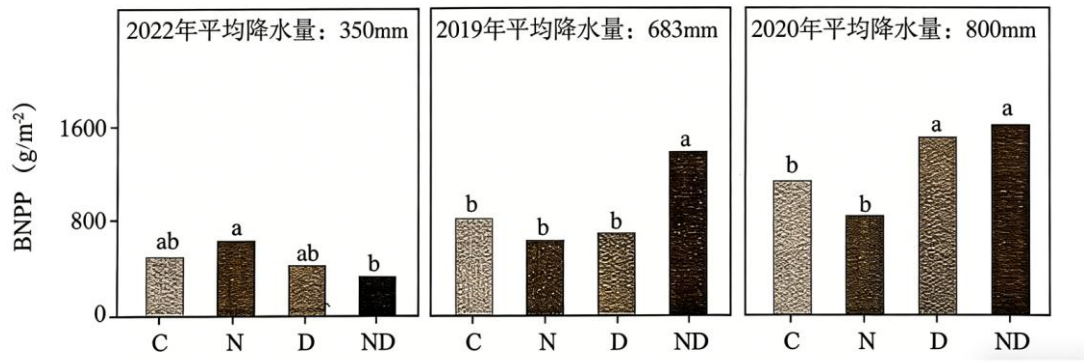


图 2

注：同一年份内处理间小写字母完全不同代表差异显著，其余表示差异不显著

研究认为，地下生产力在中间水分条件下出现的氮限制峰值，反映了植物对氮和水分资源的“最大协同限制”机制。这一发现提示，仅从地上部分推断整个生态系统的资源限制可能会导致严重偏差。

（1）干旱属于对草原生态系统的外界干扰，生态系统抵抗该干扰并使自身的结构与功能保持原状的能力称为_____。

（2）收集全球数据的目的是_____，而_____实验数据说明了草原生态系统地下生产力氮限制的时间规律。

（3）据图 2 分析，年降水量低时，地下生产力受氮限制的强度较弱，依据是_____。年降水量中等时，地下生产力受_____限制；年降水量高时，地下生产力主要受水分限制。

（4）水分增加可促进微生物代谢，土壤含氮量升高。请结合氮的供应与需求关系，解释图 1 中等水分条件下，地下生产力的氮限制最大的原因_____。

20. 秋菊在长日照下进行茎叶营养生长，在短日照下则花芽分化进入生殖生长。研究者发现一种短肽（G）在秋菊开花调控中起重要作用。

（1）植物开花调控往往是由环境信号和内部信号协同调控完成的，环境信号主要包括光照、_____等，内部信号主要包括_____等。

（2）从长日照转入短日照后，G 的表达量显著增加，且在花芽中积累。

①将野生型植株和 G 基因敲除株先经长日照培养，再转入短日照后，发现敲除株开花时间晚于野生型，表明 G 能够_____秋菊开花。

②转录因子 SPL9 促进开花基因表达。BD 基因编码的 BD 蛋白与特定 DNA 序列结合，与 BD 蛋白构成融合蛋白的转录因子就可以足够靠近启动子进而调控下游基因表达。研究者以烟草叶片为材料，通过图 1 所示实验证明了“G 增强 SPL9 的转录激活活性”。图 1 甲、乙组导入的表达载体分别是_____。

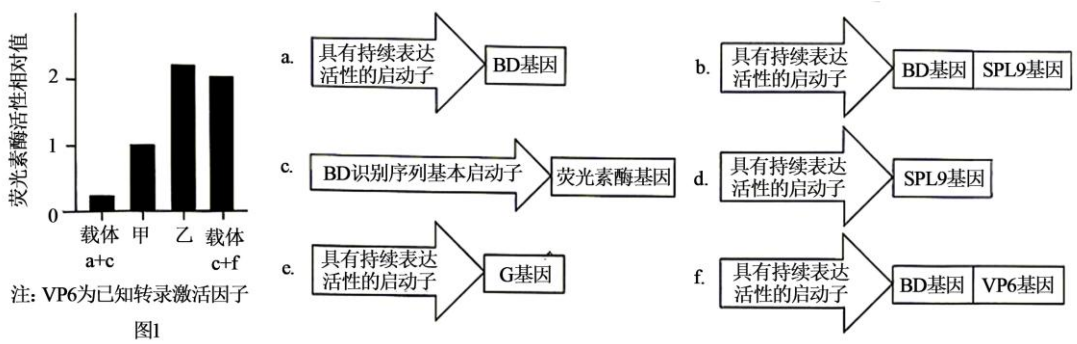


图1

（3）短日照会诱导茎尖在花期转变阶段 Ca^{2+}积累。CAM7 是 Ca^{2+}信号转导途径中的关键因子。将 G 基因启动子与 LUC 基因连接并转入植物细胞中，同时导入其他基因，并施加 Ca^{2+}处理，检测 LUC 相对表达量，结果如图 2。

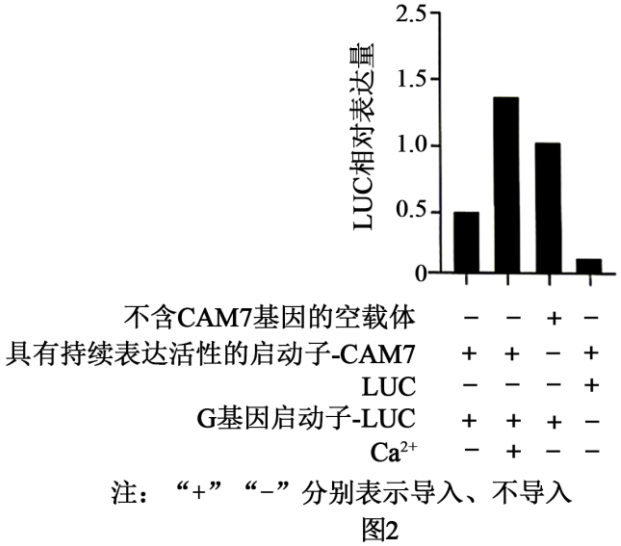


图2

图 2 结果表明_____。

（4）GAI 是赤霉素信号通路中的重要调控蛋白，可与 CAM7 形成复合体，增强 CAM7 对 G 基因表达的调

控作用。赤霉素促进 GAI 降解，推测短日照条件下，相比单独施加 Ca^{2+}或赤霉素处理，二者共同施加时，秋菊开花时间_____。

（5）园艺工作者需要进行花期调控，以满足特定节日或特殊场合的用花需求。根据以上研究，请为园艺工作者调控秋菊开花提供一条可行性措施_____。

21. 籼、粳稻亚种间的杂种优势能大幅提升水稻产量，但杂种部分花粉不育现象严重限制了其应用。研究者发现了控制籼、粳稻杂种雄性部分不育的染色体区域 Sa，并开展相关研究。

（1）将籼、粳稻含 Sa 区的染色体组成分别表示为 AA、BB，常温下（23°C）籼、粳稻杂交子一代 F_1 表现为雄性半不育（50%花粉可育）。F_1 自交，F_2 染色体组成及比例为 AA∶AB＝1∶1，说明 F_1 含有染色体组成为_____的花粉不育。高温下（32°C）F_1 花粉育性恢复，则 F_2 的染色体组成为_____。

（2）Sa 区的 L 基因与育性恢复有关。籼、粳稻的 L 基因序列存在差异，分别命名为 L^A、L^B。为研究 L 基因的功能，开展表 1 中实验。

表 1

实验组别	F_1 花粉育性		F_2 染色体组成及比例	
	23°C	32°C	23°C	32°C
实验组 1：敲除 F_1 中 L^B 基因	半不育	半不育	AA∶AB＝1∶1	AA∶AB＝1∶1
实验组 2：敲除 F_1 中 L^A 基因	全不育	半不育	无	AB∶BB＝1∶1

与（1）中的 F_1 相比，实验组 1 的结果说明 L^B 基因的功能为_____；实验组 2 的结果说明 L^A 基因的功能为_____，且与温度无关。

（3）基因 L、M、N 紧密连锁如图 1。分别敲除（1）中 F_1 的 M、N 基因，花粉育性见表 2，据此分析来自籼、粳稻的 M、N 基因对花粉育性的影响：_____。进一步发现 M、N 基因在减数第一次分裂结束前表达，欲验证 L^A 基因通过抑制 M^A 与 N^A 蛋白的结合影响花粉育性，需补充的实验组及结果是：_____。

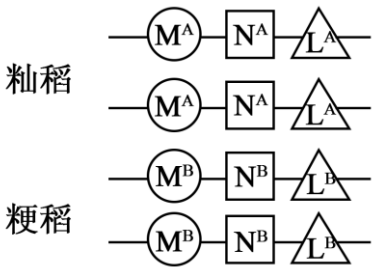


图1

表 2

实验操作	F_1 花粉育性	
	23°C	32°C
敲除 F_1 中 M^A	全可育	全可育
敲除 F_1 中 N^A	全可育	全可育
敲除 F_1 中 M^B	同未敲除组	同未敲除组
敲除 F_1 中 N^B	同未敲除组	同未敲除组

（4）综上研究，从种植或育种角度提出可以利用籼、粳稻杂种优势的策略

_____。

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	C	D	C	A	D	B	B	A	C	B	D	A	B	D	A

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 【答案】（1）有氧呼吸

（2） ①. LPS+CS 处理组的 DR 阳性细胞组 ②. 氧化应激可促进细胞死亡，细胞死亡与氧化应激呈正相关 ③. 碳饥饿（CS）会使细胞内抗氧化剂 GSH 消耗增加，GSH 含量降低，对活性氧的清除能力进一步下降，细胞内活性氧水平更高，因此 DR 阳性细胞比例更高

（3）过量活性氧→氧化应激→激活 mTOR 信号通路→抑制细胞骨架的动态变化→氧化应激的线粒体无法被移离细胞膜，持续与细胞膜接触→线粒体氧化溶解性细胞死亡

（4）该方法诱导细胞死亡没有特异性，也会诱导正常细胞发生线粒体氧化溶解性死亡，损伤正常组织，影响机体正常生理功能，副作用强

【小问 1 详解】

线粒体是细胞进行有氧呼吸的主要场所。线粒体功能异常时产生的过量活性氧可诱发氧化应激，导致膜损伤。

【小问 2 详解】

①本实验探究细胞死亡与氧化应激的关系，DR 探针标记活性氧，DR 阳性代表细胞存在氧化应激；由图 1 可知，LPS+CS 处理的 DR 阳性细胞组死亡细胞数量最多，结合实验目的可得出结论：氧化应激可诱导细胞死亡，且氧化应激程度越高，细胞死亡越多，即细胞死亡与氧化应激呈正相关。

②已知 GSH 是细胞内清除活性氧的抗氧化剂，碳饥饿（CS）会使细胞内抗氧化剂 GSH 消耗增加，GSH 含量降低，对活性氧的清除能力进一步下降，细胞内活性氧水平更高，因此 LPS+CS 处理组 DR 阳性细胞比例更高。

【小问 3 详解】

不加抑制剂时 LPS+CS 组死亡率高；加入 mTOR 抑制剂 Torin-1 后死亡率显著下降；再加入细胞骨架抑制

剂 CyD 后死亡率回升，可见线粒体氧化溶解性死亡的过程示意图：过量活性氧→氧化应激→激活 mTOR 信号通路→抑制细胞骨架的动态变化→氧化应激的线粒体无法被移离细胞膜，持续与细胞膜接触→线粒体氧化溶解性细胞死亡。

【小问 4 详解】

题意说明该死亡方式可发生在多种正常细胞中，因此用于肿瘤治疗时，可能存在的风险是该方法诱导细胞死亡没有特异性，也会诱导正常细胞发生线粒体氧化溶解性死亡，损伤正常组织，影响机体正常生理功能，副作用强。

17. 【答案】（1）细胞核体积增大（或细胞膜通透性改变、物质运输功能降低）

（2） ①. MSC 细胞特异性启动子 ②. 药物 T ③. 指示 N 基因是否被敲除

（3）N 基因抑制 MSC 过度激活，降低静息态 MSC 凋亡率，维持干细胞池数量，保障骨骼肌多次损伤后的持续再生能力

（4）低于溶剂处理的 NKO 组，高于 M 蛋白抑制剂处理的 WT 组

【小问 1 详解】

衰老细胞具有多种特征，如细胞核体积增大、细胞膜通透性改变、物质运输功能降低等。

【小问 2 详解】

①要获取仅 MSC 中 N 基因被敲除的老年 NKO 鼠，启动子 1 应具有组织特异性，能使 Cr-ER 融合基因只在 MSC 中表达，所以启动子 1 应为 MSC 细胞特异性启动子。药物 T 可使 ER 蛋白进入细胞核，从而使 Cr 酶发挥作用识别序列 Lx，导致两个方向相同的 Lx 间的 N 基因丢失，所以需对老年鼠饲喂药物 T。

②转入黄色荧光蛋白基因作为标记基因，若 Cr-ER 融合基因在 MSC 中表达，使 Cr 酶发挥作用，导致两个方向相同的 Lx 间的 N 基因和终止子丢失，使得黄色荧光蛋白基因表达，发出荧光，即转入黄色荧光蛋白基因的作用是反映 N 基因是否被敲除。

【小问 3 详解】

单次损伤时，N 基因被敲除的 NKO 鼠，激活态 MSC 占比和骨骼肌损伤后修复速度均高于 WT 鼠，结合图 2，NKO 鼠在单次损伤后静息态 MSC 凋亡率高于 WT 鼠（野生型老年鼠），总 MSC 数量低于 WT 鼠，第二次损伤后，NKO 组激活态 MSC 占比和骨骼肌损伤后修复速度均低于 WT，这说明 N 基因缺失可提高 MSC 早期激活能力，但导致静息态 MSC 凋亡增加、干细胞池耗竭，二次损伤后再生能力下降，即 N 基因抑制 MSC 过度激活，降低静息态 MSC 凋亡率，维持干细胞池数量，保障骨骼肌多次损伤后的持续再生能力，在抑制激活与维持干细胞储备之间起权衡作用。

【小问 4 详解】

已知 M 蛋白可促进细胞增殖与分化，NKO 组 M 蛋白表达量显著高于 WT 组，所以 M 蛋白抑制剂处理 NKO 组激活态 MSC 细胞比例应该高于 M 蛋白抑制剂处理的 WT 组，若 N 基因部分依赖 M 基因调控 MSC

激活，用 M 蛋白抑制剂处理 NKO 组后，M 蛋白的促进作用被抑制，激活态 MSC 细胞比例会低于溶剂处理的 NKO 组。

18. 【答案】（1）学习与记忆、语言

（2） ①. 对照组开放臂停留时间稳定，实验组第 1 周与对照组相近，第 2~4 周显著下降，且逐周降低 ②. 排除听力或运动能力改变对实验结果的影响

（3） ①. 向小鼠 LA 区注射不携带光敏感钠离子通道基因的病毒载体，其他处理相同 ②. 抑制噪音暴露 4 周小鼠的 LA^{Glu} 活性后，检测其焦虑行为是否减轻

（4）噪音暴露使小胶质细胞选择性增加对抑制性突触后膜的吞噬，减少抑制性输入，导致 LA^{Glu} 相对过度活化，引发焦虑

【小问 1 详解】

大脑的高级功能包括情绪、学习与记忆、语言，即情绪和学习与记忆、语言等都属于大脑的高级功能。

【小问 2 详解】

对照组开放臂停留时间稳定，实验组第 1 周与对照组相近，第 2~4 周显著下降，且逐周降低，说明持续噪声暴露会引起并逐渐加剧小鼠焦虑样行为。检测听力和运动能力，是为了排除听力或运动能力改变对实验结果的影响，保证实验结果是焦虑引起的，而非运动、听力差异导致。

【小问 3 详解】

①本实验的目的是验证焦虑依赖 LA^{Glu} 的过度活化。实验组需要设法激活 LA^{Glu}，实验设计中应遵循单一变量原则，对照组的处理应该为向小鼠 LA 区注射不携带光敏感钠离子通道基因的病毒载体，其他处理相同。

②现有实验仅证明激活 LA^{Glu} 可引发焦虑，要完全证实推测，还需要补充抑制噪音暴露 4 周小鼠的 LA^{Glu} 活性后，检测其焦虑行为是否减轻的实验证据，据此可完善结论。

【小问 4 详解】

题意显示，G 蛋白是抑制性突触后膜的标志蛋白，图 4 显示噪声暴露后，实验组小胶质细胞内 G 蛋白更多，说明噪音暴露使小胶质细胞选择性增加对抑制性突触后膜的吞噬，减少抑制性输入，导致 LA^{Glu} 相对过度活化，进而引发焦虑。

19. 【答案】（1）抵抗力稳定性

（2） ①. 探究地下生产力氮限制强度随降水量变化的空间规律（得出普遍规律）； ②. 青藏高原长达 6 年的野外控制实验

（3） ①. 与对照组相比，氮添加处理的地下净初级生产力提升不显著（差异不显著） ②. 氮和水分

（4）水分升高到中等水平时，水分条件改善促进植物地下部分生长，对氮的需求大幅增加；虽然水分增加

促进微生物代谢，提升了土壤供氮量，但供氮量的增长无法满足需求的增长，氮的供需缺口达到最大，因此氮限制强度最大

【小问 1 详解】

生态系统抵抗外界干扰、保持自身结构和功能原状的能力为抵抗力稳定性。这里干旱属于对草原生态系统的外界干扰，因此，生态系统抵抗该干扰并使自身的结构与功能保持原状的能力称为抵抗力稳定性。

【小问 2 详解】

收集全球多地点的实验数据，可扩大样本范围，得到普适性规律，避免偶然性，提升结论可靠性；而青藏高原长达 6 年的长期野外实验，能够反映地下生产力氮限制的时间变化规律。

【小问 3 详解】

图 2 结果显示，同一年份处理间小写字母有重叠则差异不显著：低降水量下对照组（C，ab）和氮添加组（N，a）差异不显著，说明加氮未显著提升地下生产力，因此氮限制强度弱。根据题干所述"最大协同限制"机制，中等降水量下氮限制强度最高，同时受到水分和氮的共同限制。

【小问 4 详解】

低水分条件下，植物生长受水分限制，对氮的需求量小，氮限制弱；水分增加到中等程度时，水分条件改善促进植物生长，植物对氮的需求量大幅提升；虽然水分增加促进微生物代谢，提高了土壤供氮量，但供氮量的增加幅度小于植物对氮需求量的增加幅度，氮的供需缺口最大，因此氮限制强度最大；高水分条件下，土壤供氮量随微生物代谢进一步提升，供需缺口逐渐缓解，氮限制减弱，因此中等水分条件下地下生产力的氮限制最大。

20. 【答案】（1） ①. 温度 ②. 激素 （2） ①. 促进 ②. *bc*、*bce* （3）Ca^{2+}可解除 CAM7 对 G 基因表达的抑制作用 （4）提前 （5）改变光照时间

【小问 1 详解】

植物开花调控往往是由环境信号和内部信号协同调控完成的，环境信号主要包括光照、温度等，内部信号主要是激素。

【小问 2 详解】

①题意显示，从长日照转入短日照后，G 的表达量显著增加，且在花芽中积累。据此推测将野生型植株和 G 基因敲除株先经长日照培养，再转入短日照后，发现敲除株开花时间晚于野生型，表明 G 能够促进秋菊开花。

② 本实验的目的是验证 G 增强 SPL9 的转录激活活性，自变量为 G 的有无；根据题干原理，所有组都需要携带报告基因 c（BD 识别序列+荧光素酶基因，用于检测转录活性）和 BD-SPL9 融合基因 b，因此甲组（无 G）导入 bc，乙组（有 G）导入 bce（e 为 G 基因表达载体）。

【小问 3 详解】

根据图 2 结果：有 CAM7 且有 G 基因启动子时，报告基因 LUC 的相对表达量较低；加 CAM7 和 G 基因启动子，同时添加钙离子后，LUC 表达量显著增加，因此可得出结论：Ca^{2+}可解除 CAM7 对 G 基因表达的抑制作用 。

【小问 4 详解】

题意显示，GAI 是赤霉素信号通路中的重要调控蛋白，GAI 与 CAM7 形成复合体，增强 CAM7 对 G 基因表达的调控作用，说明 GAI 能增强 CAM7 对 G 基因表达的抑制作用，G 蛋白能促进开花，而赤霉素促进 GAI 降解。因此：单独 Ca^{2+}处理→G 表达量高→开花早；单独赤霉素处理→GAI 降解，GAI 能增强 CAM7 对 G 基因表达的抑制作用，G 表达量高→开花早；二者共同处理→G 表达量更高，因此，秋菊开花时间提前。

【小问 5 详解】

根据上述研究结论，园艺工作者调控可通过改变光照时间调控秋菊开花提前或推迟，秋菊是短日照植物，若要提前开花，则需要对秋菊进行短日照处理，若需推迟开花则可进行长日照处理。

21. 【答案】（1） ①. B ②. AA:AB:BB=1:2:1

（2） ①. 在 32℃时恢复含 B 染色体的花粉育性 ②. 在 23℃和 32°C 时恢复含 A 染色体的花粉育性

（3） ①. 来自籼稻的 M^A、N^A 基因使含 B 染色体的花粉在 23℃下不育，来自粳稻的 M^B、N^B 基因对花粉育性无影响 ②. 将 L^A 基因导入 F_1 产生的含 B 染色体的花粉中，若花粉在 23℃下育性恢复，说明 L^A 基因确实通过抑制 M^A 与 N^A 蛋白的结合恢复花粉育性

（4）将 L^A 基因导入粳稻中，抑制籼、粳稻杂种产生的花粉中 M^A 与 N^A 蛋白的结合或敲除籼稻中 M^A 或 N^A 基因，从而实现杂种花粉全可育，利于杂种优势应用

【小问 1 详解】

常温下（23℃），F_1 表现为雄性半不育（50%花粉可育），F_1 自交，F_2 染色体组成及比例为 AA:AB=1:1，无 BB 个体，表明 F_1 产生的含 B 染色体的花粉不育。高温下（32℃）F_1 花粉育性恢复，F_1（AB）产生 A 和 B 两种可育配子，雌雄配子随机结合，F_2 的染色体组成为 AA:AB:BB=1:2:1。

【小问 2 详解】

与（1）中的 F_1 相比，实验组 1 中敲除 F_1 中 L^B 基因后，23℃和 32℃下 F_1 花粉育性都为半不育，F_2 染色体组成及比例都为 AA:AB=1:1，可见高温下（32℃）F_1 含 B 染色体的花粉育性未恢复，说明 L^B 基因的功能为在 32℃时恢复含 B 染色体的花粉育性。实验组 2 中敲除 F_1 中 L^A 基因后，23℃时全不育，32℃时半不育，F_2 中 AB:BB=1:1 且无 AA，即敲除该基因后，无论高温还是常温，含 A 染色体的花粉育性都不能保持在正常可育状态，说明 L^A 基因的功能为在 23℃和 32°C 时恢复含 A 染色体的花粉育性，与温度无关。

【小问 3 详解】

从表 2 可知，敲除 F_1 中 M^A 和 N^A 基因后，F_1 花粉在 23℃和 32℃下都全可育，而敲除 M^B 和 N^B 同未敲除组，而（1）中没有敲除 M^A 和 N^A 基因时，23℃F_1 产生的含 B 染色体的花粉不育，说明来自籼稻的 M^A、N^A 基因使含 B 染色体的花粉在 23℃下不育，来自粳稻的 M^B、N^B 基因对花粉育性无影响。由于 M、N 基因在减数第一次分裂结束前表达，所以在 F_1 产生的 A 和 B 两种花粉中都有 M^A 与 N^A 蛋白的结合物，而 A 花粉中 L^A 基因通过抑制 M^A 与 N^A 蛋白的结合恢复 A 花粉育性，所以如果能将 L^A 基因导入 F_1 产生的含 B 染色体的花粉中，若花粉在 23℃下育性也恢复，那么确实可以验证 L^A 基因通过抑制 M^A 与 N^A 蛋白的结合恢复花粉育性。

【小问 4 详解】

综上研究，通过基因工程手段，将 L^A 基因导入粳稻中，抑制籼、粳稻杂种产生的花粉中 M^A 与 N^A 蛋白的结合或敲除籼稻中 M^A 或 N^A 基因，从而实现杂种花粉全可育，提高结实率，且不受温度影响，利于杂种优势应用，大幅提升水稻产量。