2023 北京朝阳高三二模

生　　物

1. 胞内体是动物细胞内的囊泡结构，能将细胞摄入的物质运往溶酶体降解。下列推测不合理的是（　　）

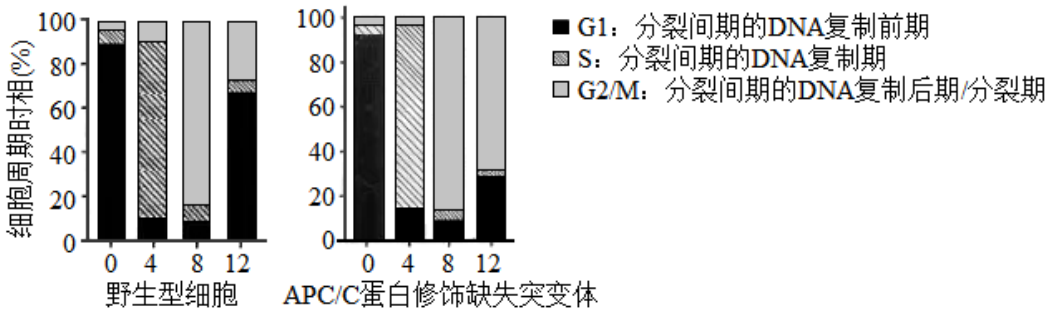
A. 胞内体可以将胞吞摄取的多肽运往溶酶体

B. 胞内体与溶酶体融合体现膜的选择透过性

C. 胞内体的膜由磷脂、蛋白质等分子构成

D. 溶酶体水解产生的物质可被细胞再利用

2. APC/C 复合物促进有丝分裂进入后期，为研究其蛋白修饰对细胞周期调控的影响，利用药物对细胞进行同步化处理，测定洗去药物后不同时间的细胞周期时相，结果如图。



下列分析不正确的是（　　）

A. G1、S、G2 期为 M 期进行物质准备

B. 药物使大部分细胞停滞在 G1/S 期

C. APC/C 缺失蛋白修饰会阻碍细胞周期顺利完成

D. APC/C 可能在后期将同源染色体拉向细胞两极

3. ctDNA 是肿瘤细胞死亡后释放到血液中的小片段核酸。研究者采集 18 例肺癌患者手术前的 ctDNA 与手术切除的肿瘤组织 DNA（tDNA）样本，检测到 15 人的 ctDNA 及 18 人的 tDNA 中存在肺癌相关基因。以下说法错误的是（　　）

A. 肿瘤细胞具有无限增殖、形态结构改变等特点

B. 肺癌的发生与原癌基因，抑癌基因的突变有关

C. 两类样本检测结果差异可能与 tDNA 易降解有关

D. 研究结果提示 ctDNA 可作为肺癌筛查的参考指标

4. 蜜蜂的蜂王（雌蜂）由受精卵发育而来，雄蜂由卵细胞发育而来，雄蜂精子的染色体数目与其体细胞相同。控制体色和眼色的基因位于两对染色体上，杂交结果如表。

组合	父本	母本	F_1 表型种类	
			雌性	雄性
组合一	褐体黑眼	褐体黑眼	1 种	4 种

组合二	黑体黄眼	褐体黑眼	1 种	1 种

下列叙述正确的是（　　）

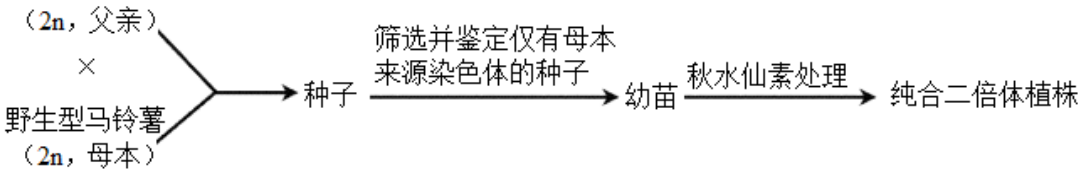
A. 组合一中 F_1 雌雄表型差异是伴性遗传的结果

B. 组合一中 F_1 雄性 4 种表型的比例接近 1∶1∶1∶1

C. 组合二中的母本及 F_1 的雄性均是杂合子

D. 组合二中 F_1 雌性与父本回交后代中黑体黄眼占 1/32

5. 野生型马铃薯大多自交不亲和。研究者培育 DMP 基因突变的马铃薯，开展如下杂交实验。DMP 基因突变的马铃薯（　　）



下列叙述错误的是（　　）

A. 分析种子中双亲的特异性 DNA 序列可确定其染色体来源

B. DMP 基因突变可使父本来源染色体全部或部分消失

C. 杂交实验过程中获得的单倍体幼苗由种子发育而来

D. 经秋水仙素处理即可获得具有母本优良性状的植株

6. 褐翅雪雀生活在低温、强紫外线的高海拔区。与低海拔区近缘雪雀相比，褐翅雪雀体重显著增加且 DTL 基因突变使其具有高 DTL 酶活性，该酶参与修复紫外线导致的 DNA 损伤。据此分析错误的是（　　）

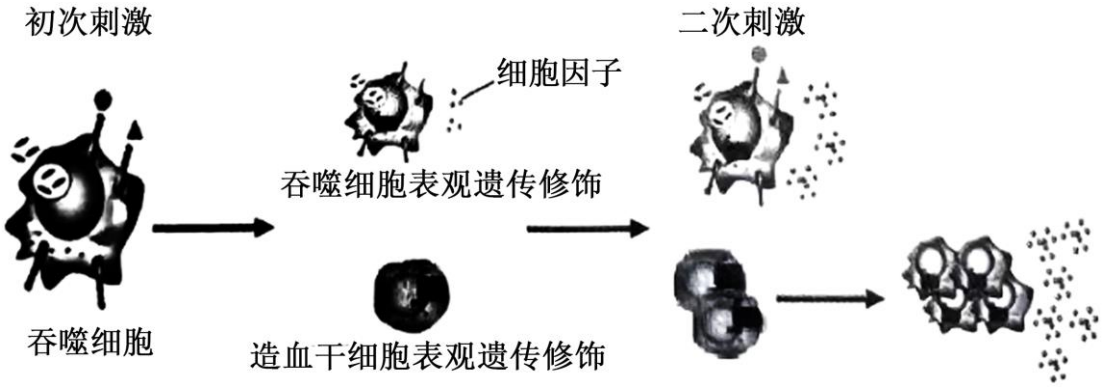
A. 环境使褐翅雪雀 DTL 基因发生突变

B. 体重增加有助于褐翅雪雀适应低温

C. DTL 酶活性分析可为进化提供证据

D. 雪雀种类多样性是协同进化的结果

7. 研究发现吞噬细胞能产生免疫记忆，该种免疫应答被称为“训练免疫”，机制如图。



有关说法正确的是（　　）

A. 细胞因子可与抗原发生特异性结合

B. 表观遗传修饰使遗传信息改变

C. 二次刺激促进吞噬细胞的增殖分化

D. 训练免疫不针对特定的病原体

8. 将酵母菌接种到一定量的液体培养基中，定时取样、计数，绘制种群数量变化曲线（图 1），并预测在自然环境下酵母菌种群数量的变化（图 2）。

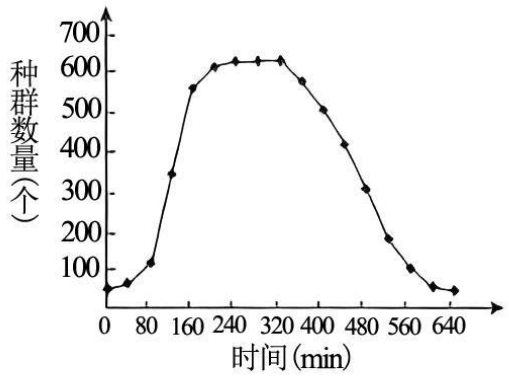


图1

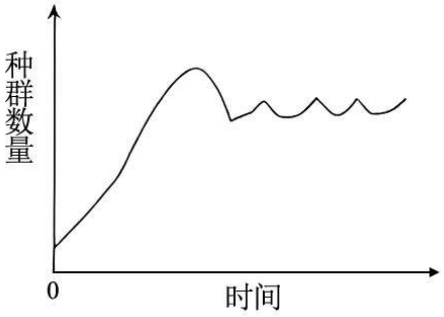


图2

下列分析正确的是（　　）

A. 图 1 中酵母菌种群数量变化符合“S”型增长

B. 320min 时更换培养基将使种群数量保持在 600 左右

C. 图 2 中酵母菌种群的数量变化有上升、下降和波动

D. 影响图 1 种群数量变化的因素比图 2 更复杂

9. 古诗词蕴含着丰富的生物学知识，下列能体现生态系统化学信息传递的诗句是（　　）

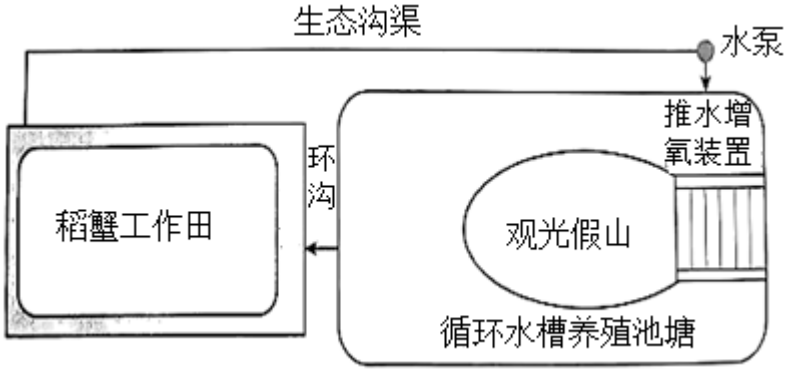
A. 红尘雾里醉梳妆，巧戏鲜花品蜜香

B. 凤头孔雀开屏舞，振羽争辉竞偶欢

C. 蜘蛛结网细如丝，不觉飞来羌蚊时

D. 人间四月芳菲尽，山寺桃花始盛开

10. 稻蟹共作－池塘养殖复合生态系统是将稻蟹种养和水产养殖相结合，工程示意图如下。



下列分析不正确的是（　　）

A. 稻蟹共作田中螃蟹可以清除杂草促进水稻生长

B. 稻蟹共作田可以有效控制池塘水体的富营养化

C. 该复合生态系统的设计遵循了循环、整体原理

D. 该复合生态系统实现了物质和能量的循环利用

11. 利用东方百合和云南大百合进行植物体细胞杂交，部分结果如表。

组别	PEG 浓度（%）	处理条件	融合率（%）
1	25	黑暗 27±3℃ 15min	10
2	30		12
3	35		15
4	40		30
5	45		20

相关说法正确的是（　　）

A. 用胰蛋白酶处理百合组织分离得到原生质体

B. 获得原生质体后，用血细胞计数板进行计数

C. 低浓度 PEG 促进原生质体融合，高浓度抑制融合

D. 融合后的原生质体直接经再分化发育成杂种百合

12. 下列生物学实验中，观察实验现象时需借助仪器的是（　　）

A. 利用琼脂糖凝胶电泳鉴定 PCR 产物

B. 提取和分离菠菜叶片中光合色素

C. 利用酚红指示剂鉴定尿素分解菌

D. 用酸性重铬酸钾判断酵母菌呼吸方式

13. 将诱导多能干细胞（iPSc）移植给急性心肌梗死小鼠，检测发现小鼠心肌电生理指标逐渐恢复正常。下列说法合理的是（　　）

A. 该实验中仅需正常小鼠作为对照组

B. 与高度分化的细胞相比，iPSc 的分化潜能较弱

C. 选择病鼠自身细胞获得 iPSc 再移植可避免免疫排斥

D. 此结果说明可将 iPSc 移植用于治疗人类缺血性心肌病

14. 利用蛋白质工程改造源于溶珊瑚弧菌的几丁质酶：保留该酶 N 端，在 C 端增加陆生真菌几丁质结合保守域，从而增加酶与底物的结合能力。改造后的酶活性显著高于市售几丁质酶。相关叙述错误的是（　　）

A. 几丁质是海洋中含量丰富的多糖之一

B. 溶珊瑚弧菌通过分泌几丁质酶获取氮源

C. 直接操作对象是溶珊瑚弧菌的几丁质酶基因

D. 表达改造后的几丁质酶需要借助于受体细胞

15. 以下不属于对转基因生物安全性评价的是（　　）

A. 对转基因生物的颜色、大小、形态的评价

B. 对转入基因是否会污染本土生物进行评价

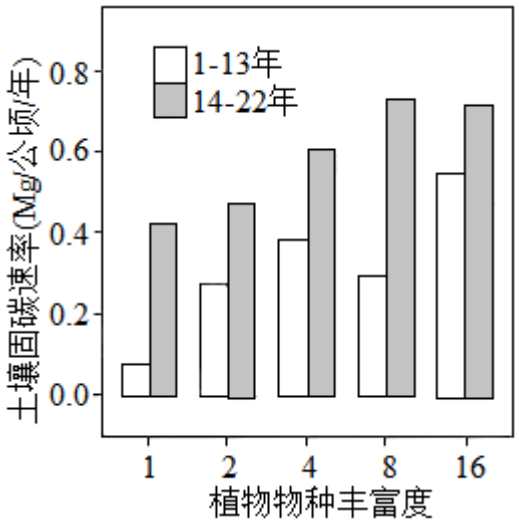
C. 转基因食品的毒理学、致敏性和营养学评价

D. 对转基因生物的天敌、捕食对象等的影响

16. 实现碳中和、碳达峰目标，需全面发掘固碳资源。研究者利用弃耕农田探究植物物种丰富度对土壤固碳能力的影响。

（1）叶肉细胞吸收的 CO_2 在_____中与 C_5 结合，最终还原产生 C_3，此类植物为 C_3 植物（包括豆科）。与 C_3 植物相比，C_4 植物含有对 CO_2 亲和力较高的 PEP 羧化酶，在干旱、高温、强光等条件下大部分气孔关闭时 C_4 植物仍能利用_____，影响该反应的内部因素包括_____（写出两个）。

（2）研究者选取若干大小相同的弃耕农田样地，去除原有植物根系、大颗粒等，分别种植 1、2、4、8、16 种植物，每块样地中的植物从 16 种草原物种中随机选择。所有样地均不施肥，若干年后测定样地固碳速率，结果如图。



种植过程中及时去除杂草的目的是_____。结果显示，_____土壤固碳速率越高，14-22年间土壤固碳速率增加可能与_____（选填下列字母）增加有关。

A.地上植物凋落物　　B.土壤根系生物量

C.土壤微生物及其残体　　D.根系分泌物如糖、氨基酸等

（3）研究者发现豆科、C_4 植物联合种植对土壤固碳作用贡献较大。豆科植物根部共生根瘤菌能够固氮，其根系生物量较低且易被分解，C_4 植物根系生物量高不易被分解。依据上述研究结果，分析二者联合种植固碳速率高的原因_____。

（4）草原生态系统存储了约三分之一陆地碳储量，过度放牧导致草地退化严重，碳储量明显下降。从稳态与平衡角度，提出恢复草地碳储量的措施_____。

17. 下丘脑 K 神经元表达的多肽 K 是下丘脑－垂体－性腺轴的上游调控分子，K 神经元中存在甲状腺激素（T3）的受体。

（1）下丘脑－垂体－性腺轴体现了内分泌系统的_____调节。

（2）干扰体外培养的 K 神经元中 T3 受体的表达，检测多肽 K 的表达水平，结果如图 1。

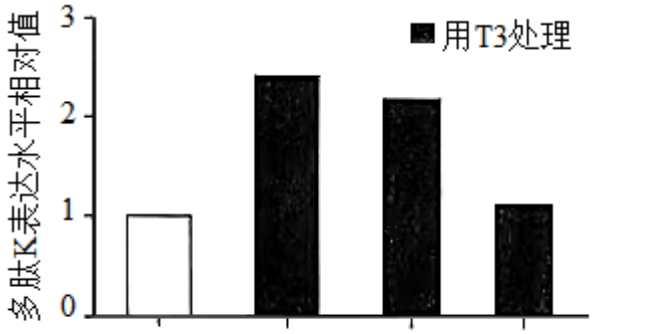
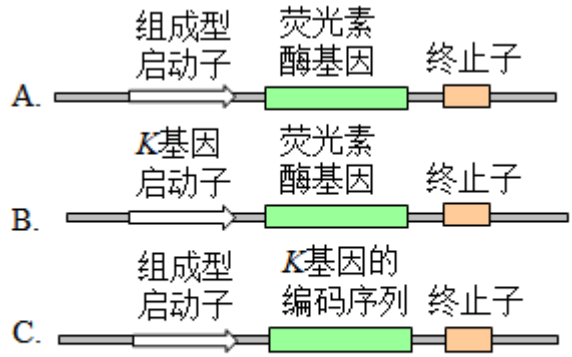


图1



注：组成型启动子在所有细胞中持续保持活性

图2

结果表明 T3_____多肽 K 的表达。为探究 T3 是否在转录水平发挥调控作用，可从图 2 中选择表达载体_____分别转入 K 神经元干扰 T3 受体表达的 K 神经元，用 T3 处理后发现实验组荧光素酶活性显著低于对照组。

（3）转录因子 Sp1 蛋白可结合 K 基因启动子-190～-100bp 区域（M 序列）。研究者提取 K 神经元的染色质随机切成一定长度的小片段，加入抗_____的抗体免疫沉淀出 DNA－蛋白复合物，纯化出其中的 DNA 作为模板，根据_____设计引物进行 PCR，扩增结果验证该发现。

（4）将图 2 中正确的表达载体转入 K 神经元后，利用 T3 和 Sp1 抑制剂处理细胞，与仅用 T3 处理的细胞相比，实验组荧光素酶活性显著降低，结果表明_____。

（5）进一步研究证实 T3 可通过 PI3K/Akt-mTOR 信号通路影响 Sp1 活性。综合本研究结果，完善甲状腺激素影响生殖健康的机制_____。

18. 研究者通过实验探究 N 基因和 M 基因对生菜结球影响的机制。

（1）将不结球纯合品系甲和结球纯合品系乙杂交，F_1 自交，F_2 中结球 39 株、不结球 115 株，说明结球性状的遗传遵循_____定律。

（2）叶片靠近上表皮的一侧为腹面，另一侧为背面。N 基因编码的 N 蛋白调控叶片背腹面发育基因 ASI、YAB1 的表达（品系甲，乙的 N 基因分别记为 N、N^a）。

①与 N 相比，N^a 缺失一个碱基对，N 蛋白肽链缩短。研究者敲除甲的 N 基因，获得纯合基因敲除株，发现植株表型为_____，证明 N 基因控制不结球性状。

②研究者将 AS1、YABI 基因的启动子分别与荧光素酶基因拼接后构建表达载体，与 N 或 N^a 基因过表达载体共同导入烟草原生质体中，结果如图 1。

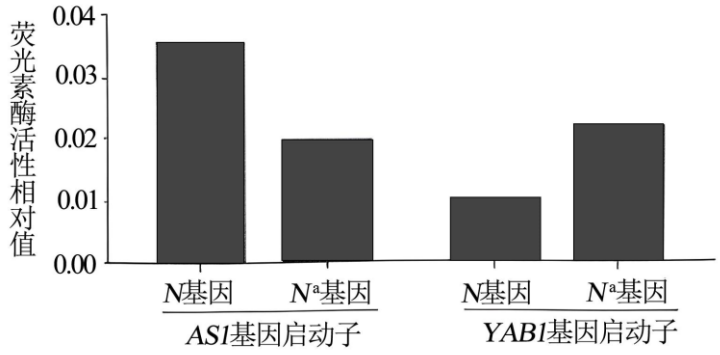
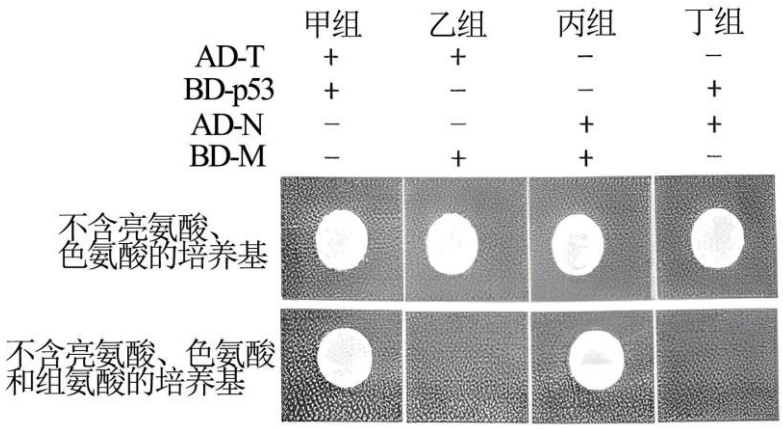


图1

观察发现，乙的叶片背面细胞数量增多、细胞体积较大且排列疏松。结合图 1 推测，结球表型出现的原因是_____。

（3）M 基因编码的 M 蛋白抑制 AS1 基因转录。研究者利用基因工程在酵母菌细胞中表达出融合蛋白（BD-M、AD-N），若 M、N 蛋白相互作用，则 AD 与 BD 蛋白就能充分接近形成复合物，并启动组氨酸合成基因转录。研究者将不同表达载体导入亮氨酸、色氨酸和组氨酸合成缺陷型酵母菌中（甲组为阳性对照组），观察菌落生长情况，结果如图 2。



注：AD、BD表达载体分别携带亮氨酸、色氨酸合成基因

图2

据图 2 可知，M、N 可以相互作用，理由是_____。

M、N 基因同时存在时，生菜叶片中 AS1 表达量与 N 基因单独存在时没有显著差异，但明显高于 M 基因单独存在时，表明 N 可以_____M 对 ASI 表达的影响。

（4）研究发现，品系甲 M 基因突变为 m，M 蛋白丧失功能。（1）的 F_2 结球类型中，有些植株的球型更加紧实，其基因型为_____（N/N^a，M/m 表示基因）。

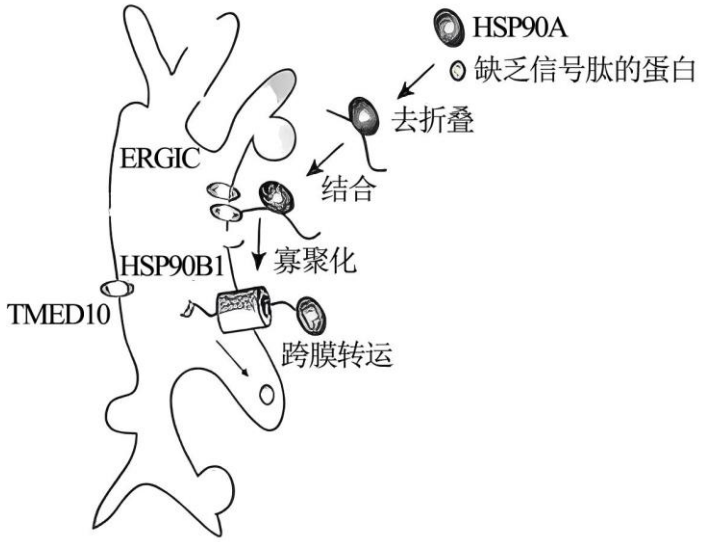
19. 学习以下材料，回答（1）-（4）题。

动物细胞的非经典蛋白分泌途径

蛋白分泌是细胞间信息交流的重要途径。通常所指的蛋白分泌是经典分泌，即具有信号肽序列的分泌蛋白被信号肽识别因子识别后进入内质网，通过内质网－高尔基体运输释放，大多数分泌蛋白通过此途径分泌。研究发现，一些不含信号肽的蛋白可不依赖于经典分泌途径而被释放到细胞外，这些分泌途径统称为非经典蛋白分泌（UPS）。

UPS 分为膜泡运输和非膜泡运输两大类。膜泡运输介导的 UPS 存在一个关键问题：缺乏信号肽的蛋白是如

何进入膜泡中的?在内质网和高尔基体之间存在一种管泡状结构，称为内质网－高尔基体中间体（ERGIC）。在经典分泌途径中，ERGIC 会对蛋白运输的方向进行选择：若蛋白是错误分选运输至 ERCIC，其会产生反向运输的膜泡将蛋白运回内质网；对于正确分选的蛋白，其通过膜泡顺向运输至高尔基体。研究者发现了定位于 ERGIC 膜上的 TMEDI0 蛋白，缺乏信号肽的分泌蛋白通过结合细胞质中的 HSP90A 来帮助其发生去折叠，进而该蛋白与 TMEDI0 相互作用，诱导 TMED10 寡聚化形成蛋白通道。在 HSP90B1 的帮助下，TMED10 蛋白与缺乏信号肽的分泌蛋白中一段由 14 个氨基酸组成的序列结合，促进该蛋白进入到 ERGIC 腔内，如图。最后该蛋白包裹进 ERCIC 膜形成的膜泡中被直接运送到细胞膜或进入分泌型自噬体，分泌型自噬体又可以直接和细胞膜融合或与分泌型溶酶体融合，最终将蛋白释放到细胞外。



UPS 往往发生在细胞应激过程中，通过该途径分泌的蛋白包括信号分子、毒性蛋白等，这些蛋白参与发育、代谢、免疫等多种过程。细胞还可通过 UPS 途径适时清除错误折叠或合成过量的蛋白质。

（1）内质网、ERGIC、膜泡等多种细胞结构都有膜，这些膜共同构成细胞的_____。

（2）研究某种蛋白在细胞中分泌途径的方法有_____。

A. 用放射性同位素标记氨基酸，追踪细胞中放射性物质出现的部位

B. 用荧光染料标记 ERGIC 膜蛋白，观察细胞中荧光的迁移路径

C. 用药物阻断内质网与高尔基体间的膜泡运输，检测蛋白在细胞内的分布

D. 构建 TMED10 基因缺失的突变细胞系，检测蛋白在突变细胞内的分布

（3）有人认为 ERGIC 是细胞蛋白分泌过程中膜泡转运和导向的枢纽，依据是_____。

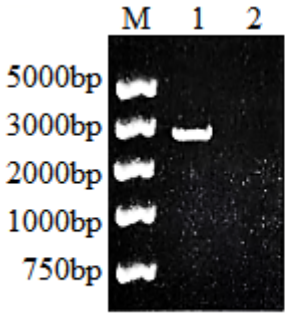
（4）根据文中信息，推测 UPS 存在的意义是_____。

20. 城市降雨径流中含多种污染物，其中有机物多环芳烃（PAHs）具有极强生物毒性，常积累于路边滞留池中，产生持久的生态风险。研究者构建了一种高效降解 PAHs 的工程菌用于生态修复。

（1）生态修复效果除受工程菌的降解能力限制外，还与工程菌和本地微生物之间的等有关。研究者调研滞留池中 PAHs 种类，发现以芘为主。将滞留池土壤溶液接种于添加芘的培养基中，筛选获得三种菌株，再分别接种于芘作唯一碳源的培养基中，均无法形成菌落，说明三者均对芘有一定的_____，但无法降解芘。最终筛选获得基因工程改造的_____受体菌。

（2）将控制高效降解 PAHs 的 RHD 基因与绿色荧光蛋白基因（CFP 基因）融合后构建重组质粒，导入受

体菌获得工程菌。分别提取工程菌的拟核 DNA 与质粒，PCR 结果如图 1，可知目的基因_____。



M：DNA分子量标准物
1：拟核DNA的*RHD-GFP*基因扩增
2：质粒DNA的*RHD-GFP*基因扩增

图1

（3）将工程菌培养在以芘为唯一碳源的培养基中，检测荧光强度及芘含量随时间的变化，结果如图 2。

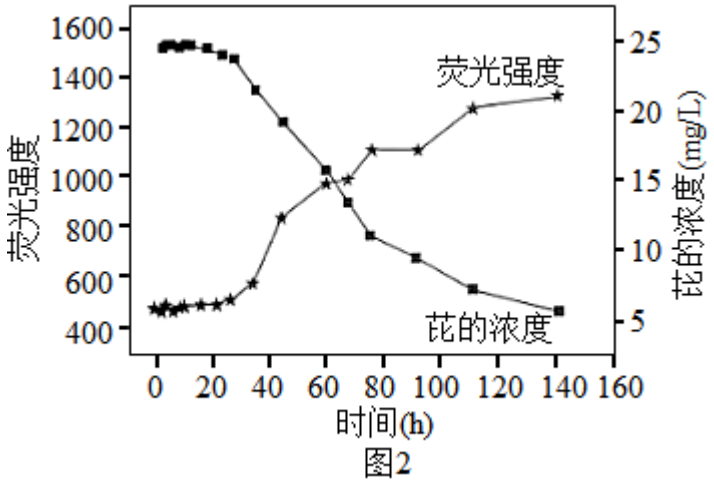


图2

据图可知，荧光强度可作为工程菌降解芘的指标，依据是_____。

（4）工程菌在特定条件下自毁可降低生态风险。利用以下材料，提出可自毁的工程菌的设计思路_____。

T 质粒，核酸水解酶基因（nuc 基因），lac 启动子，IPTG（可诱导 lac 启动子启动转录）

（5）后续评价了可自毁工程菌对微生物群落结构的影响。综合上述研究，完善技术路线图_____。

21. 盐渍土是限制苹果树生长的环境因素之一，研究者通过实验探究苹果耐盐机制。

（1）糖类是植物主要_____物质，也可作为信号调节植物对盐胁迫的响应。

（2）己糖激酶 K 是葡萄糖感受器。为验证葡萄糖通过己糖激酶 K 提高苹果功苗耐盐性，用不同试剂处理苹果幼苗，14 天后检测叶片脂质过氧化物 MDA 的含量（细胞损伤指标），1、2 组结果如图 1，补充 3、4 组结果以支持该结论_____。

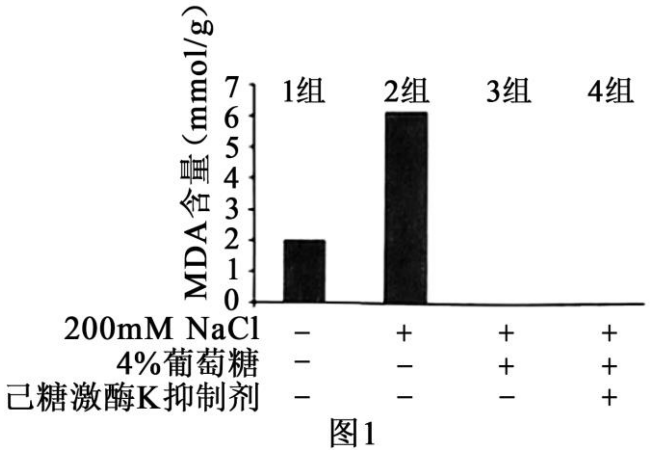


图1

（3）H 是位于苹果细胞液泡膜上的 Na^+转运蛋白。制备过表达 H 蛋白的拟南芥播种到高盐培养基上，检测幼苗的根长，结果如图 2。

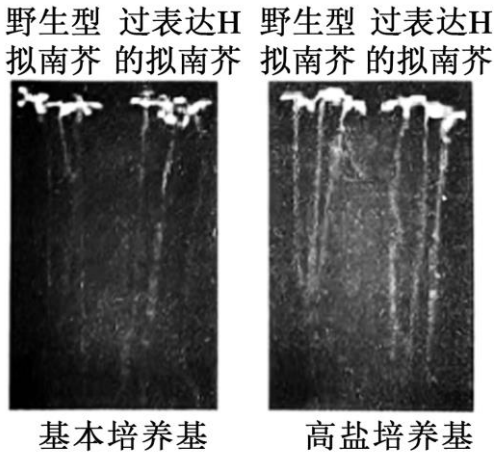


图2

本实验的目的是探究_____。

（4）己糖激酶 K 可与 H 蛋白相互作用，推测己糖激酶 K 在苹果耐盐性中的作用部分依赖 H 蛋白。为验证该推测，研究者构建过表达己糖激酶 K 的苹果愈伤组织，同时干扰细胞内 H 蛋白的表达，检测 MDA 含量。完善该实验方案并预期结果_____。

（5）研究表明己糖激酶 K 响应糖信号后，催化 H 蛋白的磷酸化提高其活性，H 蛋白将 Na^+_____，以保证高盐环境下苹果细胞质渗透压的相对稳定。依据本研究，提出一个耐盐苹果的育种思路_____。

参考答案

1.【答案】B

【解析】

【分析】1、生物膜的成分主要由磷脂和蛋白质构成；

2、生物膜的结构特点：流动性；

3、生物膜的功能特点：选择透过性。

【详解】A、由题干可知，胞内体能将细胞摄入的物质运往溶酶体降解，故胞内体可以将胞吞摄取的多肽运往溶酶体，A 正确；

B、胞内体与溶酶体融合体现膜的流动性，B 错误；

C、由题干可知，胞内体是动物细胞内的囊泡结构，囊泡是具膜结构，故胞内体的膜由磷脂、蛋白质等分子构成，C 正确；

D、溶酶体水解产生的物质，如氨基酸、核苷酸等，可被细胞再利用，D 正确。

故选 B

2.【答案】D

【解析】

【分析】有丝分裂的过程：

（1）分裂间期：DNA 复制、蛋白质合成。

（2）分裂期:

前期：①出现染色体：染色质螺旋变粗变短的结果；②核仁逐渐解体，核膜逐渐消失；③纺锤丝形成纺锤体。

中期：染色体的着丝点排列在细胞中央的赤道板上。染色体形态、数目清晰，便于观察。

后期：着丝点分裂，两条姐妹染色单体分开成为两条子染色体，纺锤丝牵引分别移向两极。

末期：①纺锤体解体消失；②核膜、核仁重新形成；③染色体解旋成染色质形态；④细胞质分裂，形成两个子细胞（植物形成细胞壁，动物直接从中部凹陷）。

【详解】A、分裂间期包括 G1、S、G2，主要进行 DNA 的复制和有关蛋白质的合成，为 M 分裂期做物质准备，A 正确；

B、分析题图可知，洗去药物后 0 时，G1 期细胞占比最大，由此可知，药物使大部分细胞停滞在 G1/S 期，B 正确；

C、分析题意可知，APC/C 复合物促进有丝分裂进入后期，故 APC/C 缺失蛋白修饰会阻碍细胞周期顺利完成，C 正确；

D、APC/C 复合物促进有丝分裂进入后期，即 APC/C 可能在后期将姐妹染色单体拉向细胞两极，D 错误。

故选 D。

3.【答案】C

【解析】

【分析】ctDNA 是由肿瘤细胞坏死、凋亡或主动分泌等原因释放至血液中的微量 DNA 碎片，是一种特征

性的肿瘤生物标记物。通过 ctDNA 检测，能够高效精准的检测出“癌前”病变，发现癌症于萌芽状态。

【详解】A、肿瘤细胞与正常细胞相比，具有以下特征：能够无限增殖，形态结构发生显著变化，细胞膜上的糖蛋白等物质减少，细胞之间的黏着性显著降低，容易在体内分散和转移等，A 正确；

B、肺癌的发生说明原癌基因和抑癌基因均发生突变，B 正确；

C、检测到 15 人的 ctDNA 及 18 人的 tDNA 中存在肺癌相关基因，即含有 ctDNA 的少于 tDNA，可能是 ctDNA 易降解导致的，C 错误；

D、绝大多数肺癌患者都能检测到 ctDNA，所以 ctDNA 可作为肺癌筛查的参考指标，D 正确。

故选 C。

4.【答案】B

【解析】

【分析】在蜂群中：蜂王与工蜂都是雌性个体，是由受精卵发育而来的，属于二倍体生物，其中工蜂不具有生殖能力；雄蜂是由卵细胞直接发育而来的，属于单倍体生物。由此可知，雄蜂的基因型与上一代蜂王产生的卵一样；雄蜂通过假减数分裂产生精子，所以雄蜂精子的基因组成与其体细胞的基因组成一样。

【详解】A、用 Aa 表示控制体色的基因，用 Bb 表示控制眼色的基因，由于子代雄蜂是由亲代蜂王的卵细胞发育而来，在组合一中，F_1 雄蜂有四种表型，所以亲代母本能够产生四种配子，基因型是 AaBb，而子代雌性是由受精卵发育形成，只有 1 种表型，所以父本基因型是 AB，因此 F_1 雌雄表型差异不是伴性遗传的结果，A 错误；

B、根据 A 项分析，亲代母本基因型是 AaBb，产生的配子种类及比例为 AB：Ab：aB：ab=1:1:1:1，所以 F_1 雄性 4 种表型的比例接近 1∶1∶1∶1，B 正确；

C、根据 A 项分析，褐色黑眼为显性性状，在组合二中，父本基因型是 ab 由于子代雄性只有 1 种表型，所以母本基因型是 AABB，是纯合子，C 错误；

D、组合二中父本基因型是 ab，母本基因型是 AABB，F_1 雌性基因型是 AaBb，当其和父本回交时，子代雄性基因型是 AB：Ab：aB：ab=1:1:1:1，黑体黄眼比例为 1/4，而子代雌性基因型 AaBb：Aabb：aaBb：aabb=1:1:1:1，黑体黄眼比例为 1/4，所以后代中黑体黄眼占 1/4，D 错误。

故选 B。

5.【答案】D

【解析】

【分析】结合题图“筛选并鉴定仅有母本来源染色体的种子”可知 DMP 基因突变可使父本来源染色体全部或部分消失；秋水仙素的作用是抑制纺锤体的形成，使得细胞内染色体数目加倍。

【详解】A、染色体的主要成分是 DNA 和蛋白质，且 DNA 具有多样性和特异性，分析种子中双亲的特异性 DNA 序列可确定其染色体来源，A 正确；

B、结合题图“筛选并鉴定仅有母本来源染色体的种子”可知，DMP 基因突变可使父本来源染色体全部或部分消失，B 正确；

C、结合题图可知，杂交实验过程中获得的单倍体幼苗由种子（仅有母本来源染色体的种子）发育而来，C 正确；

D、经秋水仙素处理，染色体成功加倍后，通过筛选可获得具有母本优良性状的植株，D 错误。

故选 D。

6.【答案】A

【解析】

【分析】生物进化理论的内容：种群是生物进化的基本单位；突变和基因重组提供进化的原材料；自然选择导致种群基因频率的定向改变；通过隔离形成新的物种。基因频率的改变会受到突变、选择、迁移和遗传漂变的影响。自然选择的实质是环境对变异所对应的基因的选择，因而可以改变种群的基因频率。

【详解】A、环境对褐翅雪雀 DTL 基因具有选择作用，A 错误；

B、体重增加，主要是脂肪增多，脂肪具有保温作用，则体重增加有助于褐翅雪雀适应低温，B 正确；

C、DTL 酶活性分析可在分子水平为进化提供证据，C 正确；

D、不同物种之间，生物与无机环境之间，在相互影响中不断进化和发展，这就是协同进化，雪雀种类多样性是协同进化的结果，D 正确。

故选 A。

7.【答案】D

【解析】

【分析】分析题图可知，训练免疫是指非特异性免疫细胞在首次接触抗原刺激时会产生免疫记忆，当再次受到相同或不同抗原刺激时能产生更加强烈的免疫应答。

【详解】A、细胞因子不是抗体，不能与抗原发生特异性结合，A 错误；

B、表观遗传修饰不改变遗传信息，影响遗传信息的表达，B 错误；

C、据图分析，二次刺激促进吞噬细胞的产生分泌更多的细胞因子，C 错误；

D、图中初次和二次刺激的病原体有多种，故训练免疫不针对特定的病原体，D 正确。

故选 D。

8.【答案】C

【解析】

【分析】S 形增长曲线：在自然界中，环境条件是有限的，因此，种群不可能按照“J”型曲线无限增长。当种群在一个有限的环境中增长时，随着种群密度的上升，个体间由于有限的空间、食物和其他生活条件而引起的种内斗争必将加剧，以该种群生物为食的捕食者的数量也会增加，这就会使这个种群的出生率降低，死亡率增高，从而使种群数量的增长率下降。

【详解】A、图 1 种群数量在前期符合 J 型曲线增长，而在后期不断下降，所以不符合“S”型增长，A 错误；

B、320min 时更换培养基增加了微生物的营养物质，所以种群数量可能会增加，而不一定保持在 600 左右，B 错误；

C、从图中可以看出图 2 中酵母菌种群的数量变化有上升、下降和波动，但在一个相对稳定的范围波动，C 正确；

D、图 1 是在一定量的液体培养基中定时取样、计数，绘制种群数量变化曲线而图 2 是在自然环境下酵母

菌种群数量的变化，所以图 2 的影响因素比图 1 更复杂，D 错误。

故选 C。

9.【答案】A

【解析】

【分析】根据传递的物质来区别，物理信息传递的是物理物质，生态系统中的光，声，湿度，温度，磁力等；化学信息传递的是化学物质，化学信息主要是生命活动的代谢产物以及性外激素等；行为信息传递的是动物的行为，动植物的许多特殊行为都可以传递某种信息。如蜜蜂的舞蹈行为就是一种行为信息。

【详解】A、红尘雾里醉梳妆，巧戏鲜花品蜜香，通过花蜜进行的信息交流属于化学信息，A 正确；

B、凤头孔雀开屏舞，振羽争辉竞偶欢，孔雀开屏求偶属于行为信息，B 错误；

C、蜘蛛结网细如丝，不觉飞来羌蚊时，蜘蛛靠蛛丝的振动来判断食物的位置，体现了物理信息的作用，C 错误；

D、人间四月芳菲尽，山寺桃花始盛开说明开花受温度的影响，体现了物理信息的作用，D 错误。

故选 A。

10.【答案】D

【解析】

【分析】生态系统的功能包括能量流动、物质循环和信息传递，三者缺一不可；物质循环是生态系统的基础，能量流动是生态系统的动力，信息传递则决定着能量流动和物质循环的方向和状态； 信息传递是双向的，能量流动是单向的，物质循环具有全球性。

【详解】A、杂草、水稻会竞争二氧化碳、阳光等，稻蟹共作田中螃蟹可以清除杂草，从而促进水稻生长，A 正确；

B、河蟹的粪便可以作为水稻生长的肥料，水稻可以吸收水体的中 N、P 元素，稻蟹共作田可以有效控制池塘水体的富营养化，B 正确；

C、构建稻蟹共作系统时，遵从自然生态系统的规律，各组分之间有适当的比例，不同组分之间应构成有序的结构，通过改变和优化结构，达到改善系统功能的目的，该复合生态系统遵循整体原理；河蟹的粪便可以作为水稻生长的肥料，这体现了生态系统的物质循环原理，C 正确；

D、能量流动是单向的，不能循环利用，D 错误。

故选 D。

11.【答案】B

【解析】

【分析】利用植物体细胞杂交技术培育杂种植物细胞，具体过程包括诱导植物细胞融合成杂种细胞和植物组织培养技术培育成杂种植株两过程。

【详解】A、百合是植物，其细胞壁的成分为纤维素和果胶，要得到原生质体，需要用纤维素酶和果胶酶处理植物细胞，A 错误；

B、获得原生质体后，细胞已经分散，可以利用血细胞计数板进行计数，B 正确；

C、从表格中看出，PEG 浓度为 40%时融合率最高，不管浓度过高还是过低对融合都是抑制作用，C 错

误；

D、融合后的原生质体需要再生出细胞壁，再经过脱分化形成愈伤组织，再经过再分化发育成杂种百合，D 错误。

故选 B。

12.【答案】A

【解析】

【分析】1、PCR 产物常用琼脂糖凝胶电泳法鉴定，此方法需借助电泳仪完成；

2、绿叶中色素的提取需要无水乙醇，分离方法是纸层析法；

3、尿素分解菌可将尿素分解，培养基 PH 升高，加入酚红指示剂后，培养基呈红色；

4、酵母菌无氧呼吸产生酒精，加入酸性重铬酸钾溶液，橙色变成灰绿色。

【详解】A、PCR 产物常用琼脂糖凝胶电泳法鉴定，此方法需借助电泳仪完成，A 正确；

B、绿叶中色素的提取需要无水乙醇，分离方法是纸层析法，B 错误；

C、尿素分解菌可将尿素分解，培养基 PH 升高，加入酚红指示剂后，培养基呈红色，C 错误；

D、酵母菌无氧呼吸产生酒精，加入酸性重铬酸钾溶液，橙色变成灰绿色，D 错误；

故选 A。

13.【答案】C

【解析】

【分析】诱导多能干细胞（iPSc）是类似胚胎干细胞的一种细胞，是具有分化为成年动物体内的任何一种类型的细胞，并进一步形成机体的所有组织和器官甚至个体的潜能。

诱导多能干细胞（iPSc）来源于生物自身的体细胞的诱导，诱导过程无需破坏胚胎，不会因为伦理问题限制在医学上的应用，再移植回可生物体内，可避免免疫排斥反应。

【详解】A、为了说明诱导多能干细胞（iPSc）移植给急性心肌梗死小鼠的影响，该实验需正常小鼠作为对照组，也需要急性心肌梗死小鼠为对照，A 错误；

B、诱导多能干细胞可分化形成多种组织细胞，与高度分化的细胞相比，iPSc 的分化潜能较强，B 错误；

C、诱导多能干细胞（iPSc）来源于病鼠自身的体细胞的诱导，再移植回可病鼠体内可避免免疫排斥，C 正确；

D、诱导多能干细胞（iPSc）可分化为心肌细胞，从而使急性心肌梗死小鼠的心肌电生理指标逐渐恢复正常，缺血性心肌病和急性心肌梗病因不同，不能通过增加心肌细胞得以治疗，D 错误。

故选 C。

14.【答案】B

【解析】

【分析】蛋白质工程是指以蛋白质分子的结构规律及其与生物功能的关系作为基础，通过改造或合成基因，来改造现有蛋白质，或制造一种新的蛋白质，以满足人类生产和生活的需求。

【详解】A、 几丁质也是一种多糖，又称为壳多糖，广泛存在于甲壳类动物和昆虫的外骨骼中，几丁质是仅次于纤维素的第二大可再生资源，也是海洋中含量丰富的多糖之一，A 正确；

B、酶的作用是催化，溶珊瑚弧菌通过分泌几丁质酶，几丁质酶催化几丁质的水解，从而获取氮源，B 错误；

C、蛋白质工程操作的对象为基因，结合题干可知直接操作对象是溶珊瑚弧菌的几丁质酶基因，C 正确；

D、改造的为几丁质酶基因，改造后的基因需要表达，需要导入相应的受体细胞中，经转录翻译后合成相应蛋白质，D 正确。

故选 B。

15.【答案】A

【解析】

【分析】转基因生物的安全性问题：食物安全（滞后效应、过敏源、营养成分改变）、生物安全（对生物多样性的影响）、环境安全（对生态系统稳定性的影响）等。

【详解】A、转基因生物的颜色、大小、形态与转基因生物的安全性无关，故对转基因生物的颜色、大小、形态的评价不属于对转基因生物安全性评价，A 符合题意；

B、污染本土生物会对生物多样性造成威胁，因此对转入基因是否会污染本土生物进行评价属于对转基因生物安全性评价，B 不符合题意；

C、对转基因食品的毒理学、致敏性和营养学评价属于对转基因生物食物安全的评价，C 不符合题意；

D、转基因生物的天敌、捕食对象与生物多样性和生态系统稳定性有关，因此对转基因生物的天敌、捕食对象等的影响属于对转基因生物安全性评价，D 不符合题意。

故选 A。

16.【答案】（1） ①. 叶绿体基质 ②. 低浓度 CO_2 ③. PEP 羧化酶活性，含量

（2） ①. 保持原有的物种组成 ②. 植物物种丰富度越高 ③. ABCD

（3）C_4 植物地上部分光合作用效率高且地下根系分解缓慢，C_4、豆科植物共同种植时，C_4 植物能利用豆科植物根降解释放的氮作为肥料增加地上和地下生物量，进而提高固碳速率

（4）改善放牧管理同时在牧场种植本地豆科、C_4 等植物

【解析】

【分析】1、暗反应阶段：光合作用第二个阶段中的化学反应，没有光能也可以进行，在叶绿体内的基质中进行。通过 CO_2 固定和 C_3 还原生成有机物，并将 ATP 中活跃的化学能转变为有机物中稳定的化学能。2、影响植物光合作用的主要外部因素有光照强度、CO_2 浓度，温度、矿物质含量等，内部因素主要有光合色素含量、酶的活性和含量等。

【小问 1 详解】

根据光合作用暗反应的物质变化可知，CO_2 与 C_5 结合（即 CO_2 固定）发生在叶绿体基质中。由题干可知，C_4 植物的 PEP 羧化酶对 CO_2 亲和力较高，因此在气孔关闭，胞间 CO_2 浓度较低的情况下，C_4 植物可以利用这些低浓度的 CO_2 进行光合作用，此时影响 C_4 植物光合速率的内部因素主要是植物自身含有的 PEP 羧化酶的含量、活性。

【小问 2 详解】

种植实验过程中，实验自变量是种植草原物种的种类，应当及时去除杂草，使每个实验组都能保持原有物

种组成，排除杂草出现对实验结果的影响。由图可知，随着植物物种丰富度提高，1-13 年间，土壤固碳速率逐渐增大（除了物种丰富度为 8 时略有下降），14-22 年土壤固碳速率也是逐渐增大。

A、在 14-22 年间，随着群落的演替，植物多样性提高，植物生产量增大，地上植物掉落物增多，土壤中有机物增多，固碳速率提高，A 正确；

B、土壤根系生物量增大，意味着地下部分有机物增多，固碳速率提高，B 正确；

C、根系周围生活的土壤微生物有助于固定氮、磷、钾等植物生长所必须的矿质元素，促进植物生长，提高固碳速率，C 正确；

D、根系分泌物增多，在根系周围形成优良微生物群落，可以提高矿物质的利用率，同时可改善土壤结构，促进植物生长，提高土壤固氮速率，D 正确。

故选 ABCD。

【小问 3 详解】

豆科植物固氮，但根质量较低，产生的凋落物分解速度更快；C4 植物可以利用分解豆科植物根释放的氮来生产地上和地下生物量，这些生物量分解缓慢，导致碳的积累，有利于固碳速率提高。

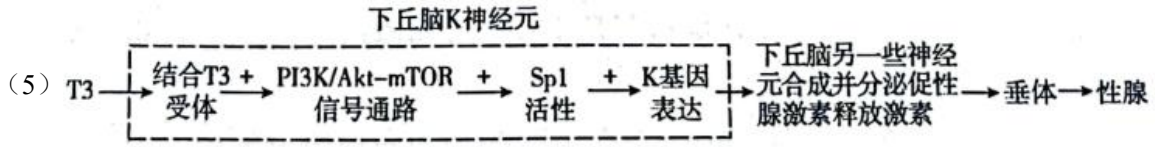
【小问 4 详解】

由题干可知，C_4 植物根系生物量高不易被分解，豆科植物能够固氮，增加土壤氮含量，有利于植物生长积累有机物，因此种植豆科植物和 C_4 植物有利于恢复草地碳储量。同时严格控制放牧强度，适度放牧有利于草原生物多样性的恢复，提高草地资源利用率。

17.【答案】（1）分级　（2）　①.（依赖 T3 受体）促进　②. B

（3）　①. Spl　②. M 序列

（4）T3 通过 Sp1 促进 K 基因的表达

（5）

【解析】

【分析】下丘脑分泌促激素释放激素作用于垂体，垂体分泌促激素作用于具体腺体，具体腺体分泌具体激素为激素的分级调节。

由图 1 可知，用 T3 处理后，多肽 K 表达水平增加，说明 T3 促进多肽 K 的表达

【小问 1 详解】

下丘脑分泌促激素释放激素作用于垂体，垂体分泌促激素作用于具体腺体，具体腺体分泌具体激素为激素的分级调节，下丘脑－垂体－性腺轴体现了内分泌系统的分级调节。

【小问 2 详解】

由图 1 可知，用 T3 处理后，多肽 K 表达水平增加，说明 T3 促进多肽 K 的表达。为探究 T3 是否在转录水平发挥调控作用，则应将 K 基因启动子与荧光素酶基因重组，且 K 基因启动子应处于表达载体上游，使 K 基因启动子启动转录，如图 2 中 B 所示，将表达载体分别转入 K 神经元干扰 T3 受体表达的 K 神经元，用 T3 处理后发现实验组荧光素酶活性显著低于对照组。

【小问 3 详解】

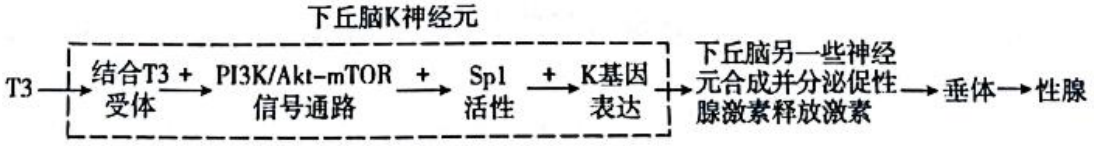
转录因子 Sp1 蛋白可结合 K 基因启动子，所以可用抗 Sp1 蛋白的抗体免疫沉淀出 DNA－蛋白复合物，PCR 设计引物是需根据目的基因（M 序列）的碱基序列进行设计。

【小问 4 详解】

利用 T3 和 Sp1 抑制剂处理细胞，与仅用 T3 处理的细胞相比，实验组荧光素酶活性显著降低，说明因 Sp1 被抑制而导致荧光素酶活性显著降低，可推出 T3 通过 Sp1 促进 K 基因的表达。

【小问 5 详解】

由题意可知，T3 通过 PI3K/Akt-mTOR 信号通路（T3 与 K 神经元内特异性受体结合后发挥作用）影响 Sp1 活性，Sp1 促进 K 基因的表达，从而使下丘脑一些神经元合成并分泌促性腺激素释放激素，作用于垂体，分泌促性腺激素，作用于性腺，分泌性激素。其机制图如下：



18.【答案】（1）基因分离

（2） ①. 结球 ②. 基因突变使 AS1 基因表达下调、YAB1 基因表达上调，进而使叶片背面细胞数量、体积增加，发育速度快于腹面

（3） ①. 与乙、丁组相比，丙组在不含组氨酸的培养基中出现菌落，与甲组现象一致，说明丙组酵母菌细胞中 M，N 蛋白相互作用使得 AD 与 BD 蛋白形成复合物进而启动了组氨酸合成基因表达 ②. 消除

（4）N^aN^aMM、N^aN^aMm

【解析】

【分析】基因突变是指 DNA 分子中碱基对的增添、缺失和替换，导致基因结构的改变，基因突变的特点：普遍性，即所有的生物都能发生基因突变；随机性，即基因突变可以发生在个体发育的任何时期、任何一个 DNA 分子中，DNA 分子任何部位；不定向性，即基因可以向任意方向突变；低频性等。

【小问 1 详解】

分析题意，将不结球纯合品系甲和结球纯合品系乙杂交，F_1 杂合子自交，F_2 中结球 39 株、不结球 115 株，即结球：不结球≈1：3，说明该性状遵循分离定律。

【小问 2 详解】

①结合（1）分析可知，结球是隐性性状，若敲除甲的 N 基因后，获得纯合基因敲除株，发现植株表型为结球，即可证明 N 基因控制不结球性状。

②据图 1 可知，与 Na 基因相比，N 基因的 ASI 基因表达量升高，而 YAB1 基因表达量降低，据此推测，基因突变使 AS1 基因表达下调、YAB1 基因表达上调，进而使叶片背面细胞数量、体积增加，发育速度快于腹面，导致结球型出现。

【小问 3 详解】

分析图 2 可知，与与乙、丁组相比，丙组在不含组氨酸的培养基中出现菌落，与甲组现象一致，说明丙组酵母菌细胞中 M，N 蛋白相互作用使得 AD 与 BD 蛋白形成复合物进而启动了组氨酸合成基因表达，据此

可推测 M、N 可以相互作用；结合题意可知，M、N 基因同时存在时，生菜叶片中 AS1 表达量与 N 基因单独存在时没有显著差异，但明显高于 M 基因单独存在时，可建立数量关系为，M＋N≈N＞M，则据此推测，N 可以消除 M 对 ASI 表达的影响。

【小问 4 详解】

若已知品系甲 M 基因突变为 m，M 蛋白丧失功能，由于 N 基因控制不结球性状，则（1）的 F_2 结球类型中，均应应为 N^aN^a，又由于“有些植株的球型更加紧实”，说明只有部分 M 变为 Mm，则其基因型应为 N^aN^aMM、N^aN^aMm。

19.【答案】（1）生物膜系统　（2）ACD

（3）经典分泌途径和 UPS 途径中，均需要 ERGIC 形成包裹蛋白的膜泡并转运至细胞不同部位

（4）参与细胞内蛋白质稳态的维持，作为经典蛋白分泌途径的有效补充，与其共同调控生命活动，利于细胞及机体适应变化的环境

【解析】

【分析】1.分泌蛋白是在细胞内合成后，分泌到细胞外起作用的蛋白质，分泌蛋白的合成加工和运输过程：最初是在内质网上的核糖体中由氨基酸形成肽链，肽链进入内质网进行加工，形成有一定空间结构的蛋白质由囊泡包裹着到达高尔基体，高尔基体对其进行进一步加工，然后形成囊泡经细胞膜分泌到细胞外，该过程消耗的能量由线粒体提供。

2.真核细胞的生物膜系统包括细胞膜、核膜和细胞器膜。真核细胞的内质网膜可以与核膜的外膜直接相连，内质网膜还可与细胞膜直接相连，是细胞内物质运输的桥梁。

【小问 1 详解】

真核细胞的生物膜系统包括细胞膜、核膜和细胞器膜，内质网、ERGIC、膜泡等多种细胞结构都有膜，这些膜共同构成细胞的生物膜系统。

ACD 经典分泌途径和 UPS 途径中，均需要 ERGIC 形成包裹蛋白的膜泡并转运至细胞不同部位参与细胞内蛋白质稳态的维持，作为经典蛋白分泌途径的有效补充，与其共同调控生命活动，利于细胞及机体适应变化的环境

【小问 2 详解】

蛋白质在细胞中分泌途径的研究方法可以用放射性同位素标记蛋白质的原料氨基酸，追踪它经过的细胞结构，也可以通过用药物阻断内质网与高尔基体间的膜泡运输，检测蛋白在细胞内是如何分布的，但是用荧光染料标记 ERGIC 膜蛋白，ERGIC 在细胞内运输方向是不确定的，无法知道蛋白在细胞中分泌途径，C 错误，故选 ACD。

【小问 3 详解】

ERGIC 是内质网－高尔基体中间体，经典分泌是蛋白分泌的主要途径，具体过程为：核糖体内质网一高尔基体一细胞膜，需要 ERGIC 的参与。根据题目提供的信息，非经典蛋白分泌（UPS）也需要 ERGIC，ERGIC 形成包裹蛋白的膜泡并转运至细胞不同部位。

【小问 4 详解】

根据题目信息，一些不含信号肽的蛋白可不依赖于经典分泌途径而通过非经典蛋白分泌（UPS）被释放到

细胞外，UPS 往往发生在细胞应激过程中，UPS 途径适时清除错误折叠或合成过量的蛋白质，推测 UPS 存在的意义是参与细胞内蛋白质稳态的维持，作为经典蛋白分泌途径的有效补充，与其共同调控生命活动，利于细胞及机体适应变化的环境。

20.【答案】（1） ①. 竞争 ②. 耐受性

（2）从重组质粒整合至拟核 DNA

（3）随着重组菌中的荧光强度增高，培养基中芘含量不断下降

（4）利用 lac 启动子及 nuc 基因与 T 质粒构建重组载体，导入工程菌，需要进行 IPTG 诱导，引发自毁

（5）微生物群落结构→基因工程菌→安全性

【解析】

【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。（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。（4）目的基因的检测与鉴定。

【小问 1 详解】

分析题意，滞留池中 PAHs 种类以芘为主，将滞留池土壤溶液接种于添加芘的培养基中，筛选获得三种菌株，说明三种菌种对芘有一定的竞争，但将三者分别接种于芘作唯一碳源的培养基中，均无法形成菌落，说明三者均无法降解芘；可通过基因工程改造后获得芘耐受性高的受体菌。

【小问 2 详解】

在基因工程中，基因表达载体的构建过程中，通常以质粒 DNA 作为运载体，与目的基因形成重组质粒，但 PCR 结果显示质粒 DNA 的 RHD-GFP 基因无扩增条带，而对应的拟核 DNA 的 RHD-GFP 基因出现条带，说明 DNA 从重组质粒整合至拟核 DNA。

【小问 3 详解】

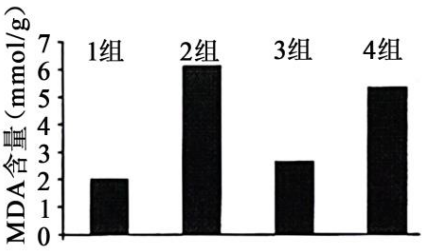
据图可知，将工程菌培养在以芘为唯一碳源的培养基中，随时间延长，芘的浓度降低，而荧光强度增加（随着重组菌中的荧光强度增高，培养基中芘含量不断下降），故荧光强度可作为工程菌降解芘的指标。

【小问 4 详解】

基因表达载体中启动子是 RNA 聚合酶识别与结合的位点，可用于驱动基因的转录，而 IPTG 可诱导 lac 启动子启动转录，故设计思路如下：利用 lac 启动子及 uc 基因与 T 质粒构建重组载体，导人工程菌，需要时进行 IPTG 诱导，引发自毁。

【小问 5 详解】

基因工程应用还应考虑其安全性，分析题意，后续需评价可自毁工程菌对微生物群落结构的影响，结合上述研究，可完善技术路线如下：微生物群落结构→基因工程菌→安全性。

21.【答案】（1）能源　（2）

（3）蛋白 H 与植物耐盐性的关系

（4）补充野生型、过表达己糖激酶 K 的苹果愈伤组织两组对照：将各组置于高盐培养基中培养@

预期实验组愈伤组织 MDA 含量显著高于过表己糖激酶达 K 的愈伤组织，但低于野生型

（5）　①. 转运进液泡　②. 提高苹果己糖激酶 K 的表达量、促进蛋白质 H 的磷酸化等

【解析】

【分析】1、组成细胞的有机物中，糖类是植物主要能源物质；

2、由图可知，2、3、4 组的自变量不同，故 14 天后检测叶片脂质过氧化物 MDA 的含量为 2 组>4 组>3 组>1 组；

3、制备过表达 H 蛋白的拟南芥播种到高盐培养基上，故本实验的目的是探究蛋白 H 与植物耐盐性的关系；

4、由题干可知：己糖激酶 K 可与 H 蛋白相互作用，推测己糖激酶 K 在苹果耐盐性中的作用部分依赖 H 蛋白；故需完善实验：补充野生型、过表达己糖激酶 K 的苹果愈伤组织两组对照；将各组置于高盐培养基中培养；预期结果：实验组愈伤组织 MDA 含量显著高于过表己糖激酶达 K 的愈伤组织，但低于野生型；

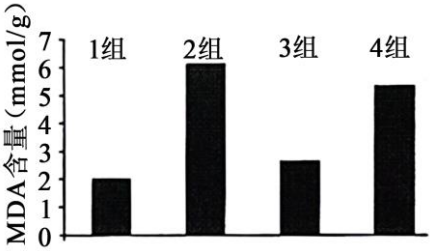
5、H 蛋白将 Na^+转运进液泡，提高细胞液渗透压，以保证高盐环境下苹果细胞质渗透压的相对稳定；由此可推知耐盐苹果的育种思路：提高苹果己糖激酶 K 的表达量、促进蛋白质 H 的磷酸化等。

【小问 1 详解】

组成细胞的有机物中，糖类是植物主要能源物质，也可作为信号调节植物对盐胁迫的响应。

【小问 2 详解】

由图可知，2、3、4 组的自变量不同，3 组加入了 200mMNaCl、4%葡萄糖，4 组加入了 200mMNaCl、4%葡萄糖以及己糖激酶 K 抑制剂，由于实验结论为葡萄糖通过己糖激酶 K 提高苹果功苗耐盐性，3 组有己糖激酶 K，其 MDA 含量低于 4 组，而 2 组只加了 200mMNaCl，细胞损伤最大，故 2 组的 MDA 含量最高，1 组没有做任何处理，其 MDA 含量最低，故 14 天后检测叶片脂质过氧化物 MDA 的含量为 2 组>4 组>3 组>1 组，即



。

【小问 3 详解】

将制备过表达 H 蛋白的拟南芥播种到高盐培养基上，通过检测幼苗的根长来判断植物的耐盐性，故本实验

的目的是探究蛋白 H 与植物耐盐性的关系；

【小问 4 详解】

由题干可知：己糖激酶 K 可与 H 蛋白相互作用，推测己糖激酶 K 在苹果耐盐性中的作用部分依赖 H 蛋白；故需完善实验：补充野生型、过表达己糖激酶 K 的苹果愈伤组织两组对照；将各组置于高盐培养基中培养；

预期结果：实验组愈伤组织 MDA 含量显著高于过表己糖激酶达 K 的愈伤组织，但低于野生型；

【小问 5 详解】

H 蛋白将 Na^+转运进液泡，提高细胞液渗透压，以保证高盐环境下苹果细胞质渗透压的相对稳定；由此可推知耐盐苹果的育种思路：提高苹果己糖激酶 K 的表达量、促进蛋白质 H 的磷酸化等。