2024 北京丰台高三二模

生　　物

2024．04

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. 绿叶海天牛是一种软体动物，大量捕食滨海无隔藻（红藻）后，将藻类的叶绿体贮存并加以利用，余生无需进食。下列叙述错误的是（　　）

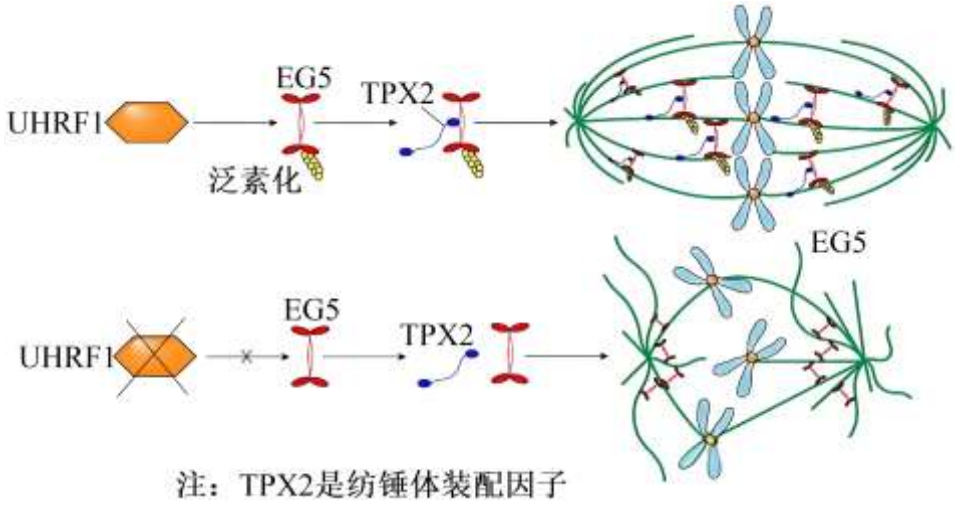
A. 两种生物都以 DNA 为遗传物质

B. 两种生物的细胞边界都是细胞膜

C. 两种生物之间的关系是互利共生

D. 不含叶绿体的绿叶海天牛可合成 ATP

2. 核蛋白 UHRF1 在有丝分裂期催化驱动蛋白 EG5 泛素化，进而调控细胞周期转换与细胞增殖，如图所示。下列相关叙述错误的是（　　）



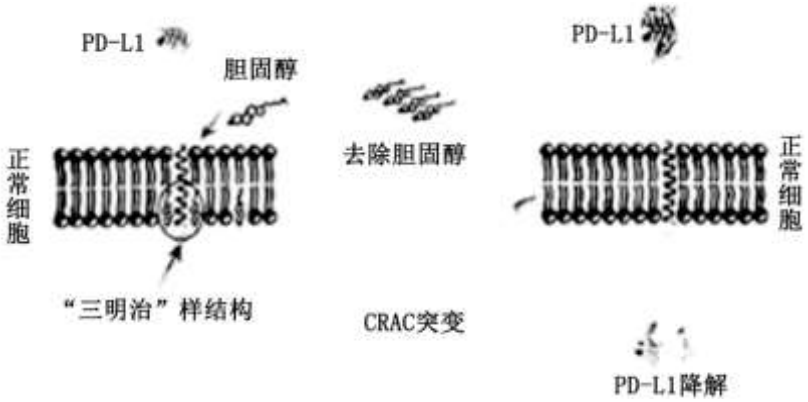
A. UHRF1 蛋白参与调控组装纺锤体和维持染色体正常行为

B. UHRF1 蛋白缺失可能会导致细胞有丝分裂期发生阻滞

C. TPX2 确保有丝分裂后期 EG5 在纺锤丝上的精确分布

D. 该研究为 UHRF1 作为潜在抗癌药物靶点提供理论依据

3. 正常细胞表面有 PD-L1.肿瘤细胞可以通过过量表达 PD-L1 来逃避免疫系统的“追杀”。胆固醇分子可以直接与细胞膜上 PD-L1 跨膜区域（CRAC1 和 CRAC2）结合，形成如图所示的类似“三明治”样结构。下列叙述正确的是（　　）



A. 胆固醇通过胞吞作用进入细胞膜形成“三明治”样结构

B. 若 CRAC1 和 CRAC2 发生突变时，PD-L1 降解加剧

C. 使用降低胆固醇的药物有助于稳定细胞表面的 PD-L1

D. 细胞膜上的胆固醇有助于肿瘤细胞逃避免疫防御

4. β 基因控制的矮小黄鸡具有单冠、胫短、胸宽等特点。为了研究矮小黄鸡的遗传特性，研究者利用正常黄羽鸡进行了正反交实验，结果如下表。下列说法正确的是（　　）

	杂交组合	F_1 体重（g）		F_1 胫长（cm）	
		♂	♀	♂	♀
正交	矮小黄鸡♂×正常黄羽♀	1633	1050	6.78	4.96
反交	矮小黄鸡♀×正常黄羽♂	1635	1530	6.76	6.13

A. β 基因位于 X 染色体上

B. 控制矮小性状的 β 基因为显性

C. 正反交子代中雄性的基因型不同

D. β 基因可以影响多个性状

5. 过敏成因复杂。有人对以前不过敏的食物突然过敏，这可能与 DNA 甲基化、染色体组蛋白修饰等有关。下列对食物过敏的成因分析不正确的是（　　）

A. 过敏可能与基因和环境的相互作用有关

B. DNA 甲基化可影响相关免疫细胞的分化

C. 过敏原与游离在内环境中的抗体结合

D. 某些过敏反应可能与表观遗传有关

6. 鱼类的肌间刺多影响食用体验。r 基因是肌间刺形成的关键基因。研究者利用基因组编辑技术对 r 基因进行编辑，构建了武昌鱼突变体 F_0 代。检测其中 54 尾发现有 6 尾出现肌间刺缺失，缺失根数在 7~43 之间。将这 6 尾鱼互交得 F_1 代，从 5000 尾 F_1 中分离得到完全无肌间刺的鱼 316 尾继续互交。下列说法不正确的是（　　）

A. 进行基因组编辑的受体细胞是受精卵

B. 相对 F_1 代，F_2 代肌间刺缺失的个体比例上升

C. 人工选择使突变的 r 基因频率不断升高

D. 基因组编辑使武昌鱼发生了基因重组

7. 尿酸是人体嘌呤代谢的终产物，高尿酸血症是由嘌呤代谢紊乱导致的疾病，严重时可发展为痛风。下列说法正确的是（　　）

A. 人体代谢产生的嘌呤主要来源于食物中富含的氨基酸

B. 血液中尿酸的积累会导致内环境 pH 值发生严重失衡

C. 痛风症状的出现体现了人体维持稳态的调节能力是有限的

D. 多补充水分可以促进抗利尿激素的分泌，有助于尿酸的排出

8. CAR-T 细胞免疫疗法是将从患者体内提取的 T 细胞通过基因工程改造，使其表达肿瘤嵌合抗原受体（CAR），大量扩增后输回患者体内以清除癌细胞。下列有关说法错误的是（　　）

A. CAR-T 疗法的 T 细胞来源于细胞毒性 T 细胞

B. 该疗法利用了细胞免疫和基因重组的基本原理

C. CAR-T 细胞清除癌细胞的过程属于细胞坏死

D. CAR-T 细胞上的 CAR 能够精准识别癌细胞

9. 2021 年我国科学家首次将 CO_2 人工转化为淀粉，对实现碳中和意义重大。下列相关叙述正确的是（　　）

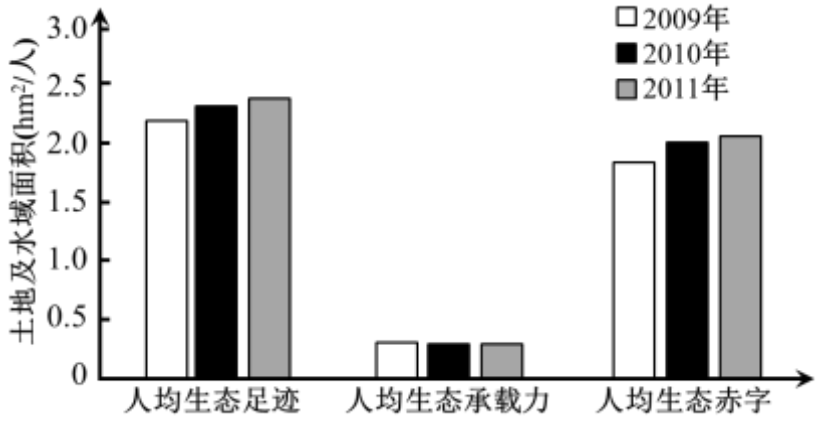
A. 将 CO_2 人工转化为淀粉的过程不需要额外输入能量

B. 生物群落与非生物环境之间的碳循环离不开分解者

C. 群落演替相对稳定后植物吸收与释放 CO_2 速率大致相等

D. 该技术应用将使我们不再需要植树造林和寻找清洁能源

10. 下图是某市 2009-2011 年人均生态足迹的调查结果。下列分析正确的是（　　）



A. 生态足迹越大，代表着人类对生态资源利用越少

B. 生态足迹总量大于生态承载力总量时出现生态赤字

C. 该市生态足迹和生态承载力均呈上升趋势符合可持续发展理念

D. 倡导市民乘坐公共交通等方式绿色出行，则生态足迹会增大

11. 单倍体胚胎干细胞（haESCs）取自于孤雌或孤雄发育至囊胚的细胞，具有极大的应用前景。下列叙述

正确的是（　　）

A. 培养液中通常含有蔗糖、氨基酸、无机盐、维生素和动物血清

B. 细胞培养应在 CO_2 培养箱中进行，CO_2 的作用是刺激细胞呼吸

C. haESCs 通常不含等位基因，有利于研究隐性基因的功能

D. haESCs 可取自于孤雌或孤雄发育至囊胚中任何一个细胞

12. 原浆苹果醋的简要工艺流程为：苹果采摘→挑选清洗→破碎榨汁→酵母发酵→醋酸发酵→陈酿 2 年左右。下列有关叙述正确的是（　　）

A. 酵母发酵结束后，改变通气条件和升高温度有利于醋酸发酵

B. 工艺流程中的“酵母发酵”发生在苹果细胞的细胞质基质中

C. 酿醋过程中发酵液的 pH 逐渐降低，与酿酒制作过程中相反

D. 醋酸发酵阶段中释放的 CO_2 是由醋酸菌的线粒体基质释放的

13. 有些地区有食用草乌炖肉的习惯，如果加工不当，草乌中的乌头碱会作用于迷走神经，使其持续兴奋，引起呼吸衰竭、心律失常等症状，严重时可导致死亡。下列判断不合理的是（　　）

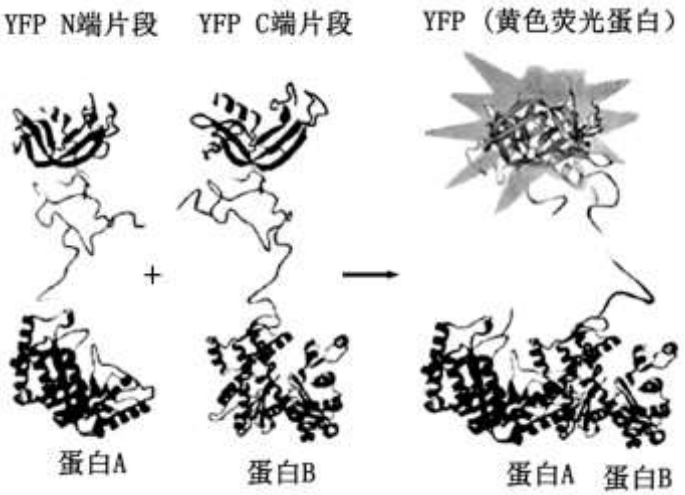
A. 脑干会对传入的信号进行分析和综合后发出指令控制呼吸

B. 乌头碱通过与钠离子通道蛋白结合从而抑制钠离子内流

C. 交感神经和副交感神经共同参与呼吸反射的调节作用

D. 乌头碱可能影响神经递质的释放从而使心肌异常兴奋

14. 为研究玉米的抗逆机制，科研人员利用图中的双分子荧光互补技术分析玉米 M5 与 B72 蛋白的相互作用。下列说法正确的是（　　）



A. 直接将 YFP 剪切为 N 端和 C 端后，分别与 M5 和 B72 蛋白连接

B. 设计特异性引物以玉米 cDNA 为模板扩增 M5 和 B72 基因

C. 将 M5 和 B72 基因融合后连接到质粒上的 YFP 基因中

D. 将含有 M5 和 B72 的基因表达载体分别导入不同细胞中

15. 颜色反应可以用来检测生物分子。下列说法不正确的是（　　）

A. 向豆浆中先加入双缩脲试剂 A 液，后加入 B 液，混匀后即可检测氨基酸

B. 将斐林试剂甲液、乙液混合后，加入梨汁中，水浴加热可检测还原糖

C. 将火腿肠研磨后加入碘液，可用于检测火腿肠是否含有淀粉

D. 从菜花研磨液中提取的 DNA，可用二苯胺试剂沸水浴加热鉴定

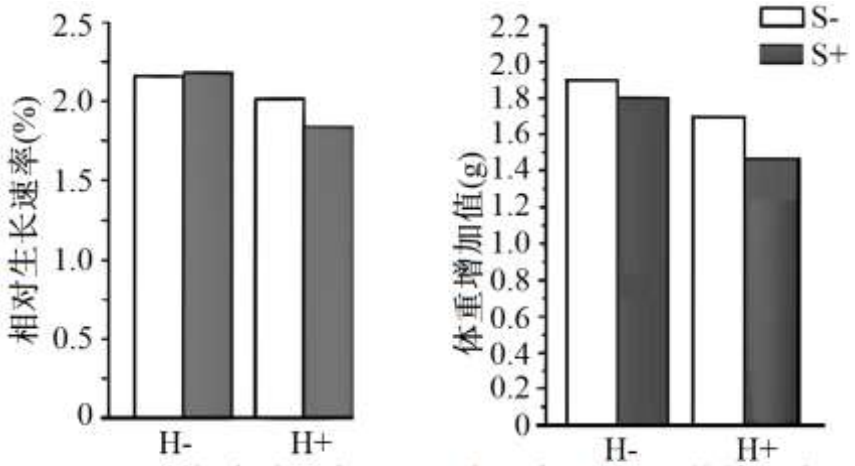
第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 人工孵化饲养幼鱼释放到自然水域是恢复渔业资源的有效措施。但是简单的人工饲养环境导致幼鱼没有足够的野外生存能力。

（1）影响鱼类种群数量特征的因素是_____。

（2）科研人员利用黑鲪（沿海经济鱼种）探究环境丰富对幼鱼生长的影响。环境丰富包括栖息地丰富（人工设置海草、礁石等复杂环境）和社交丰富（加入竞争鱼种）。将幼鱼进行适应性培养后，选择_____的幼鱼在环境丰富不同的条件下人工投喂饵料饲养。7 周后测量生长指标，结果如图 1.

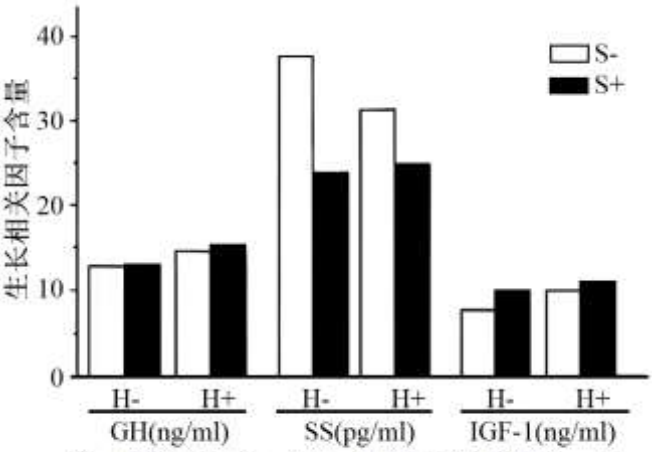


注：H+：栖息地丰富；S+：社交丰富；H-和S-：简单环境

图1

①结果说明_____。

②研究者进一步评估幼鱼生长相关因子的变化，结果如图 2.



注：促生长因子：GH、IGF-1;抑生长因子：SS

图2

根据图中生长相关因子的变化趋势推测黑鲪的体重应该增加，这与①中实验结果相反，请从物质与能量、进化与适应的角度解释_____。

（3）T 型迷宫可用于评估动物认知能力。研究者每天对以上四组黑鲷进行了 T 型迷宫测试，并记录幼鱼到达终点（有食物的人工栖息地）的时间，连续测试 7 天，结果如图 3.

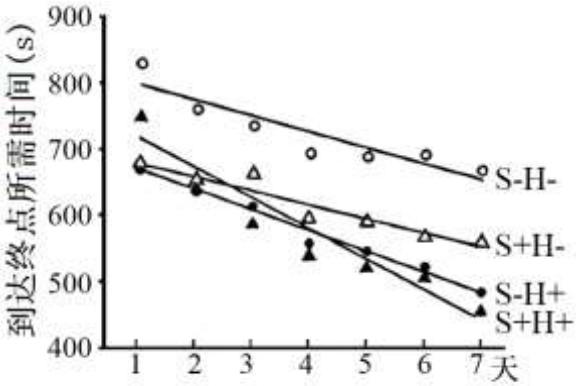


图3

①测试结果表明，环境丰富下饲养的幼鱼认知能力和学习能力都显著增强，依据是____。

②研究者进一步评估幼鱼的认知相关因子的变化，发现环境丰富下饲养的幼鱼的脑源性神经营养因子和神经生长因子均增加，从分子与细胞水平解释幼鱼各项能力均增强的原因____。

17. 镁（Mg）是影响光合作用的重要元素，科研人员进行了相关研究。

（1）镁是构成_____的重要成分，水稻细胞内的光合色素还包括_____。

（2）为探究镁对水稻光合作用的影响。将正常培养 38 天的水稻分别转移到无镁培养液（$-Mg^{2+}$）和正常培养液（$+Mg^{2+}$）中培养 15 天，对光合作用指标进行连续跟踪检测，测定光合色素含量相对值、Vc max（最大羧化速率，碳固定指标）和 An（净光合速率），结果如图 1。推测前 10 天 An 变化不明显的原因是____；10 天后，An 显著下降的原因是_____。

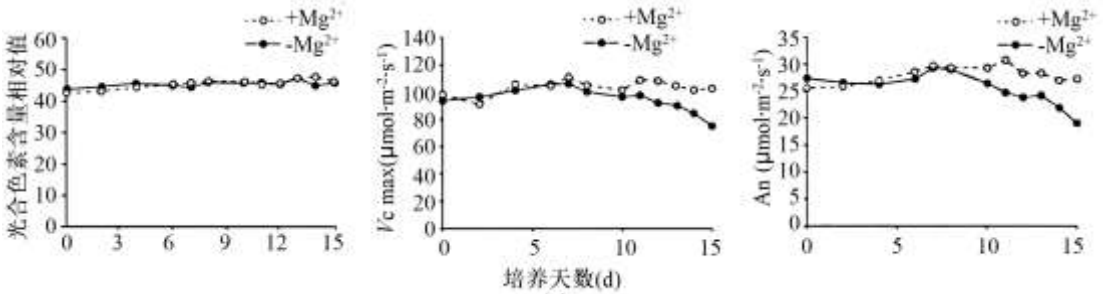


图1

（3）为进一步探究镁对水稻光合作用的影响，研究者将正常培养 38 天的水稻在缺镁和正常培养液中培养 12 天后，每 3h 检测一次 Vcmax 的变化，持续跟踪 48h，结果如图 2。实验结果表明_____，从而影响光合作用。为了验证缺镁前期对光反应的影响，还需要检测的指标有_____（至少答出两个）。

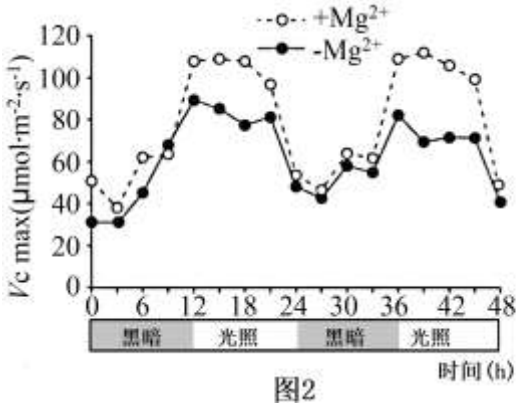


图2

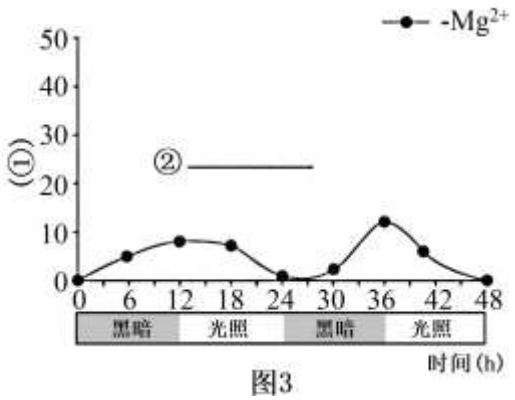


图3

（4）已知叶绿体中镁含量存在与 Vc max 相似的变化，且与叶绿体镁转运蛋白 MGT3 相关。为验证缺镁处理能够动态抑制 MGT3 基因的表达，设计实验如下表。请补全表中的检测指标_____和图 3 中的实验结果。

组别	实验材料	实验处理	检测指标
对照组	缺镁培养的水稻植株	缺镁培养液	持续 48h 检测水稻叶片中的_____
实验组		正常培养液	

（5）研究发现，RUBP 羧化酶的活性依赖于 Mg^{2+}，根据上述研究内容解释短期缺镁影响水稻光合作用的机制_____。

18. 研究者在秦岭地区发现了棕色大熊猫。

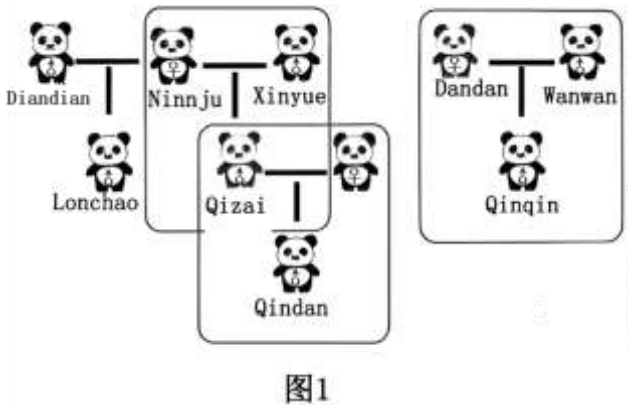


图1

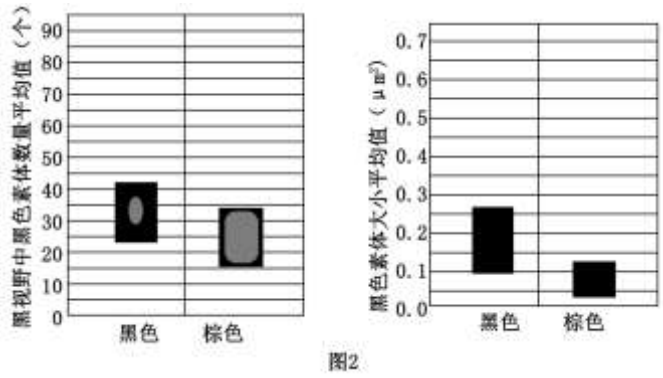


图2

（1）研究者研究了三个大熊猫家系，如图 1 所示（Qizai 和 Dandan 为棕色），据此推测大熊猫棕色的遗传方式最可能是由_____（常/X）染色体上的_____基因控制。

（2）为进一步研究熊猫毛色的差异，对黑色和棕色毛发进行了显微观察，结果如图 2。据图分析，大熊猫毛色差异的原因是_____。

（3）研究者发现 B 基因的外显子 1 发生的 25 个碱基对的缺失可能与毛色变异有关。B 基因相应的 mRNA 序列见图 3。



注：AUG为起始密码子；UAA、UGA、UAG为终止密码子

图3

据图分析，25 个碱基对的缺失导致毛色变异的可能原因是_____。

（4）黑色素主要沉积在淀粉样蛋白上，B 蛋白的作用可能与 PMEL 水解生成淀粉样蛋白有关，图 4 显示淀粉样蛋白的生成过程。为进一步研究 B 基因影响熊猫毛色的机理，研究者设计了下列实验：

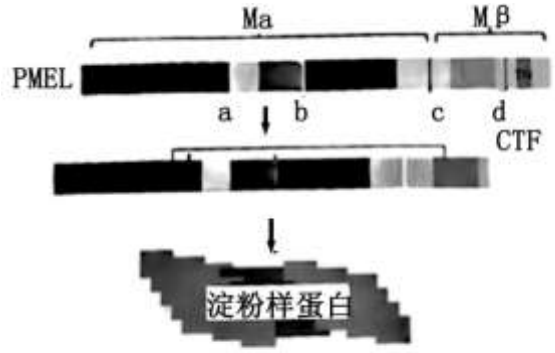


图4

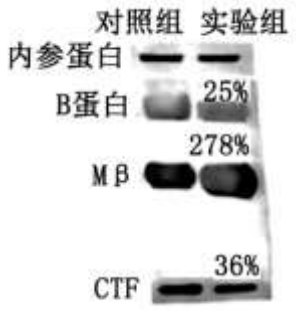


图5

①向黑色素瘤细胞中导入一小段 RNA，干扰 B 基因的_____过程导致细胞内 B 蛋白含量仅为正常细胞的 25%。

②通过蛋白质电泳与抗原—抗体杂交技术检测 PMEL 切割后的片段，部分结果如图 5.B 蛋白在 PMEL 上的作用位点是_____（a/b/c/d），做出此判断的依据是_____。

（5）综合以上研究概述 B 基因突变影响熊猫毛色的机理_____。

19. 研究人员就乙烯对水稻胚芽鞘伸长的作用展开了相关研究。

（1）研究表明乙烯能促进水稻种子萌发过程中胚芽鞘的伸长，促进幼苗出土。在此过程中，乙烯与生长素之间具有_____效应。

（2）研究人员检测种子出土过程中乙烯释放量和集中在胚芽鞘顶部的蛋白 E1 含量变化，结果如图 1 和 2。据此推测乙烯与 E1 的表达呈_____相关。

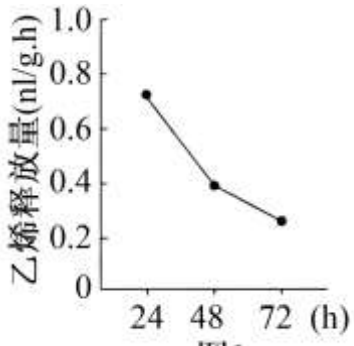
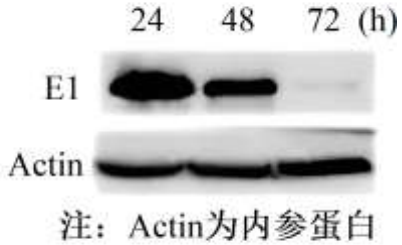


图1

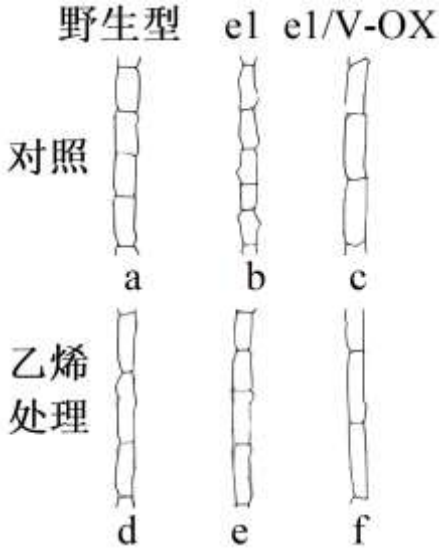


注：Actin为内参蛋白

图2

（3）ROS（活性氧）在植物生长和抗逆境中发挥重要作用，研究人员推测 ROS 参与了乙烯对胚芽鞘生长的调控过程，对照 V 基因的表达产物参与清除 ROS。现构建了 e1 突变体（E1 基因突变）、e1/V-OX 突变体

（E1 基因突变、V 基因过表达）。观察乙烯处理下不同组的细胞伸长情况，如图 3。



①对比_____（填字母）伸长量，说明乙烯通过促进 E1 基因的表达促进细胞伸长；

②对比 b 图、e 图显示，乙烯处理后，细胞仍有伸长。针对这一现象，提出一种假设_____。

③e1/V-OX 与 e1 相比，胚芽鞘细胞长度显著增加。有人认为 E 基因通过 V 基因发挥促进细胞伸长的作用。你是否认同该观点并说明理由_____。

（4）根据以上研究成果，有人提出了培育 ROS 合成酶基因的缺失突变体水稻品种。请评价该思路____。

20. 学习以下材料，回答下面题。病毒的“逃逸”，植物病毒主要侵染植物细胞，它们的生物学特性和分子机制通常是为了适应植物细胞内的生活环境而特化的。然而，这并不意味着植物病毒完全不能侵染动物细胞。在某些特定情况下，植物病毒或其组分可在动物细胞中表达或进行某些功能。

自然界中近 70%的植物病毒需要依靠介体昆虫传播，这些介体昆虫对植物病毒的持久性传播是导致植物病害的关键。介体昆虫可以通过自噬途径降解病毒颗粒起到一定的防御作用，过程如图 1。病毒也可以劫持或破坏自噬途径，在介体昆虫体内持续增殖。南方水稻黑条矮缩病毒（SDV）进入白背飞虱（介体昆虫）的肠道上皮细胞，通过血液循环到达其唾液腺，白背飞虱进食植物时将病毒传播。中国农业科学院某研究团队发现 SDV 侵染介体昆虫后“逃逸”的新机制，如图 2。

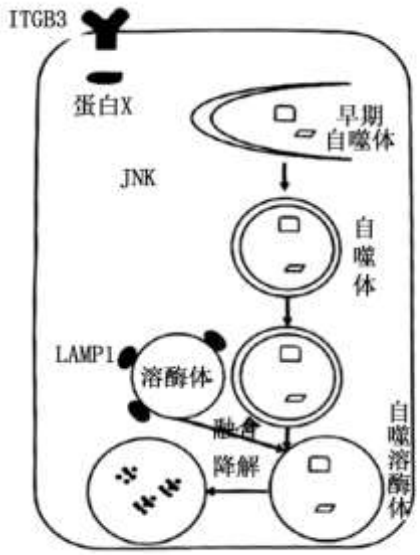


图1

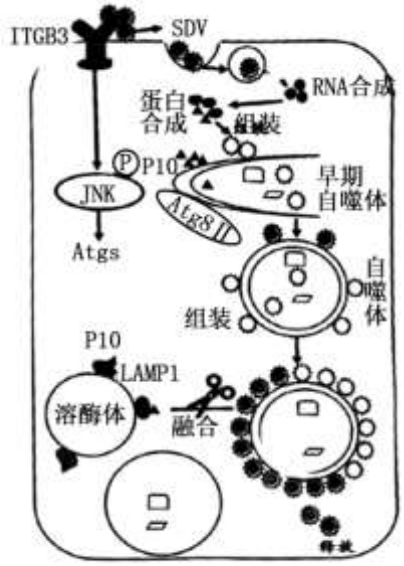


图2

SDV 侵染白背飞虱后，促进 Atgs 基因的表达激活了自噬，其中 Atg8II蛋白与早期自噬体膜结合，参与早期自噬体的延伸和闭合。进一步研究发现在自噬体膜上有很多正在组装和成熟的病毒颗粒，且病毒外壳蛋白 P10 可以与溶酶体膜上的 LAMP1 互作，操纵白背飞虱自噬，使 SDV 逃过防御，促进其持久传播。这解释了为什么病毒可以在特定的介体昆虫中存活并高效持久传播，同时为阻断病毒的持久传播提供了新策略。

（1）自噬体具有双层膜结构，白背飞虱中具有双层膜的结构还有_____。自噬体与溶酶体融合的过程体现了细胞膜具有_____的结构特点。

（2）写出 SDV 在白背飞虱细胞内遗传信息的传递过程_____（用文字和箭头表示）。

（3）依据文中信息，下列叙述正确的是（　）（多选）

A. SDV 与 ITGB3 结合后以胞吐的方式进入细胞

B. 自噬体膜为病毒蛋白 P10 的大量聚集提供了场所

C. Atg8II基因表达有助于 SDV 病毒量的下降

D. 介体昆虫细胞自噬有利于 SDV 的增殖和传播

（4）综合文中信息，概括病毒在特定的介体昆虫中存活并高效持久传播的适应性对策____。

21. 中性粒细胞是白细胞的一种，具有吞噬病原体的能力。分化过程中涉及到多种转录因子的调控，如 P 蛋白和 M 蛋白。研究者以斑马鱼（幼体透明）为材料研究二者的关系。

（1）中性粒细胞既参与免疫的第二道防线，也可作为_____发挥摄取、加工、处理和呈递抗原的功能，参与第三道防线。

（2）为了探究 P 蛋白对 M 基因的调控作用，研究者用 P 基因低表达斑马鱼突变体作为实验材料，利用带有标记的核酸分子探针，通过_____技术，在发育 3 天的胚胎中检测 M 基因的转录情况，结果如图 1 所示。实验结果表明 P 蛋白_____M 基因的表达。

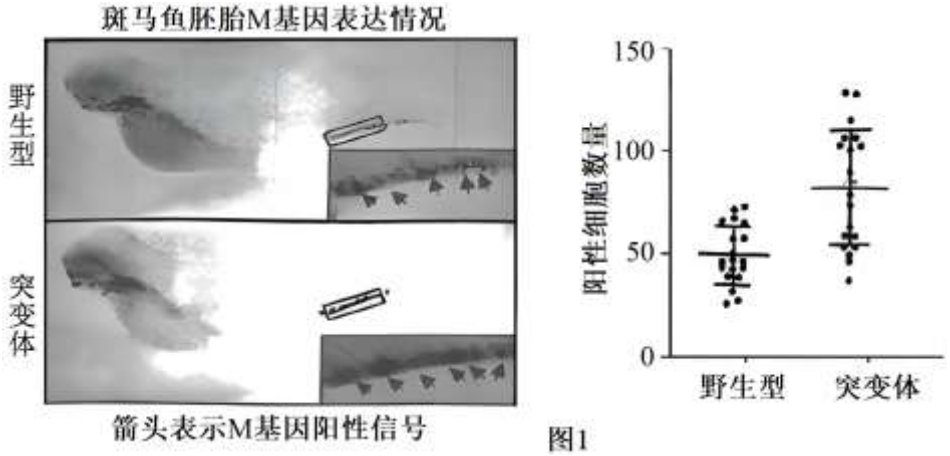


图1

产生以上结果的原因可能有二：

①P 基因减少，_____；

②已知 M 基因是原癌基因，其产生的蛋白质是_____所必需的，过表达导致细胞过度增殖，引起阳性细胞数量增加。

请从下列选项中选出实验组材料及结果，为上述结论提供新证据_____。

A.野生型

B.P 基因低表达突变体

C.导入 P 基因

D.导入 M 基因

E.敲低 M 基因

F.M 基因阳性信号及阳性细胞数量增加

G.M 基因阳性信号及阳性细胞数量减少

H.M 基因阳性信号及阳性细胞数量不变

（3）为进一步探究 P 基因调控 M 基因表达的具体方式，研究者对 P 蛋白与 M 基因结合位点进行预测，找出 10 个可能的位点如图 2.

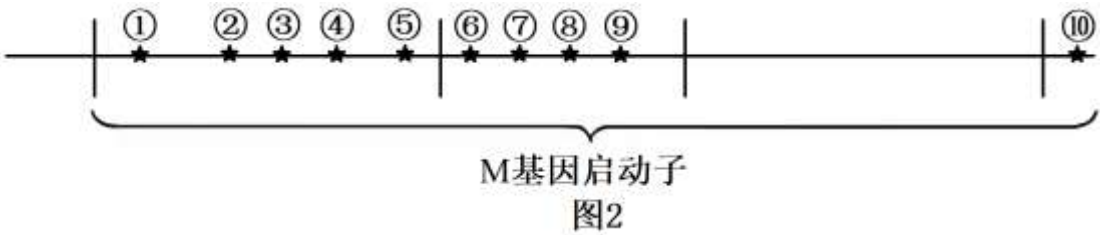


图2

研究者将 M 基因启动子 10 个位点分成 3 个部分，构建 3 种启动子突变质粒，分别与 GFP（绿色荧光蛋白）基因相连接：含有①~⑤多位点突变的 A、⑥~⑨多位点突变的 B 以及⑩号位点突变的 C.将三种质粒和无突变的质粒 D 分别注射到野生型和 P 基因低表达突变体中，结果发现_____，说明 P 蛋白通过结合⑩位点，调控 M 基因的表达，而与其他位点无关。

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。

1.【答案】C

【分析】细胞生物的遗传物质均为 DNA，细胞的边界均为细胞膜。

【详解】A、两种生物均为细胞生物，均以 DNA 为遗传物质，A 正确；

B、细胞边界都是细胞膜，B 正确；

C、两种生物之间的关系是捕食关系，C 错误；

D、不含叶绿体的绿叶海天牛可通过呼吸作用合成 ATP，D 正确。

故选 C。

2.【答案】C

【分析】有丝分裂各时期的特征：间期：完成 DNA 复制和有关蛋白质的合成，细胞适度生长，DNA 数目加倍，染色体数目不变；前期，有同源染色体，染色体散乱分布；中期，着丝粒排列在赤道板上；后期，着丝粒分裂，两条子染色体移向细胞两极；末期，细胞分裂为两个子细胞，子细胞染色体数目与体细胞染色体数目相同。

【详解】A、UHRF1 蛋白在有丝分裂期催化驱动蛋白 EG5 泛素化，从而促进 TPX2 纺锤体装配因子发出纺锤丝，形成纺锤体，牵引染色体移动，正常执行正常功能，参与调控组装纺锤体和维持染色体正常行为，A 正确；

B、UHRF1 蛋白缺失，EG5 无法泛素化，可能导致 TPX2 纺锤体装配因子无法正常执行正常功能，可能会导致细胞有丝分裂期发生阻滞，B 正确；

C、纺锤体形成是在有丝分裂前期，TPX2 纺锤体装配因子确保有丝分裂前中后末期 EG5 在纺锤丝上的精确分布，C 错误；

D、如果缺少 UHRF1 蛋白，将不能催化 EG5 的泛素化，抑制其活性会阻碍双极纺锤体装配，导致细胞阻滞在有丝分裂期，无法正常进行分裂，该研究为 UHRF1 作为潜在抗癌药物靶点提供理论依据, D 正确。

故选 C。

3.【答案】B

【分析】免疫系统的基本功能：

①免疫防御：机体排除外来抗原性异物的一种免疫防护作用。这是免疫系统最基本的功能。该功能正常时，机体能抵抗病原体的入侵；异常时，免疫反应过强、过弱或缺失，可能会导致组织损伤或易被病原体感染等问题。

②免疫自稳：指机体清除衰老或损伤的细胞，进行自身调节，维持内环境稳态的功能。正常情况下，免疫系统对自身的抗原物质不产生免疫反应；若该功能异常，则容易发生自身免疫病。

③免疫监视：指机体识别和清除突变的细胞，防止肿瘤的发生。机体内的细胞因物理、化学或病毒等致癌因素的作用而发生癌变，这是体内最危险的“敌人”。机体免疫功能正常时，可识别这些突变的肿瘤细胞，

然后调动一切免疫因素将其消除；若此功能低下或失调，机体会有肿瘤发生或持续的病毒感染。

【详解】A、胆固醇为小分子脂溶性物质，通过自由扩散的方式进入细胞膜形成“三明治”样结构，A 错误；

B、胆固醇分子可以直接与细胞膜上 PD-L1 跨膜区域（CRAC1 和 CRAC2）结合，由图可知，若 CRAC1 和 CRAC2 发生突变时，PD-L1 降解加剧，B 正确；

C、胆固醇分子可以直接与细胞膜上 PD-L1 跨膜区域结合，使用降低胆固醇的药物，不利于稳定细胞表面的 PD-L1，C 错误；

D、免疫监视是指机体识别和清除突变的细胞，防止肿瘤的发生，细胞膜上的胆固醇有助于肿瘤细胞逃避免疫监视，D 错误。

故选 B。

4.【答案】D

【分析】由性染色体上的基因所控制性状的遗传上总是和性别相关，这种与性别相关联的性状遗传方式就称为伴性遗传。鸡的性别决定方式为 ZW 型。

【详解】A、由题意可知，正交和反交 F1 胫长不同，说明控制胫长的基因位于性染色体上，而鸡的性别决定方式为 ZW 型，所以 β 基因位于 Z 染色体上，A 错误；

B、由反交实验可以看出，控制矮小性状的 β 基因为隐性，B 错误；

C、正反交子代中雄性的基因型均为杂合子，基因型相同，C 错误；

D、由题意“β 基因控制的矮小黄鸡具有单冠、胫短、胸宽等特点”可知，β 基因可以影响多个性状，D 正确。

故选 D。

5.【答案】C

【分析】过敏反应：指已免疫的机体，在再次接触相同的抗原时，有时会发生引起组织损伤或功能紊乱的免疫反应。引起过敏反应的物质叫作过敏原，如花粉、油漆、鱼、虾、青霉素、磺胺类药物等（因人而异）。

【详解】A、生物的性状也不完全是由基因决定的，环境对性状也有重要的作用，过敏可能与基因和环境的相互作用有关，A 正确；

B、DNA 甲基化会抑制基因的表达，从而影响相关免疫细胞的分化，B 正确；

C、过敏原第一次进入人体后，人体内产生抗体吸附在皮肤、呼吸道或消化道黏膜以及血液中某些细胞的表面，当相同的过敏原再次进入人体，就会与吸附在细胞表面的相应抗体特异性结合，最终导致过敏者出现一系列症状，C 错误；

D、据题意“某些人的过敏可能与 DNA 甲基化、染色体组蛋白修饰等有关”，而 DNA 甲基化、染色体组蛋白修饰等会影响某些基因的表达从而导致生物发生可遗传的性状改变，也就是说某些过敏反应可能与表观遗传有关，D 正确。

故选 C。

6.【答案】D

【分析】基因突变是指基因中碱基对的增添、缺失或替换，这会导致基因结构的改变，进而产生新基因。基因重组是指在生物体进行有性生殖的过程中，控制不同性状的非等位基因重新组合，包括两种类型：

①自由组合型：减数第一次分裂后期，随着非同源染色体自由组合，非同源染色体上的非等位基因也自由组合。

②交叉互换型：减数第一次分裂前期（四分体），基因随着同源染色体的非等位基因的交叉互换而发生重组。

【详解】A、根据题意，利用基因组编辑技术对 r 基因进行编辑，构建了武昌鱼突变体 F_0 代，因此基因组编辑的受体细胞应该是受精卵， A 正确；

B、54 尾鱼中 6 尾鱼中出现肌间刺缺失，缺失根数在 7~43 之间，相互交配产生的 F_1 中 5000 尾鱼出现了 316 尾完全无肌间刺，说明相对 F_0 代，F_1 代肌间刺缺失的个体比例上升，如果继续将这 316 尾完全无肌间刺的鱼进行交配，可以推测 F2 中肌间刺缺失个体的比例上升，B 正确；

C、根据选项 B，在互交以后，人工选择使突变的 r 基因频率不断升高， C 正确；

D、基因组编辑使武昌鱼发生了基因突变， D 错误。

故选 D。

7.【答案】C

【分析】1、体液包括细胞外液和细胞内液，细胞内液指细胞内的液体，细胞外液包括血浆、组织液和淋巴液。由细胞外液构成的液体环境叫做内环境。

2、内环境稳态是机体生命活动的必要条件，内环境稳态一旦失调机体生命活动受影响，细胞代谢紊乱，从而表现出相应的内环境稳态失调症。

【详解】A、人体代谢产生的嘌呤主要来源于食物中富含的 DNA 和 RNA，A 错误；

B、由题干可知，由于缓冲物质的存在，血液中尿酸的积累不会导致内环境 pH 值发生严重失衡，B 错误；

C、血液中尿酸含量过高易引发痛风，属于稳态失调现象，体现了人体维持稳态的调节能力是有限的，C 正确；

D、多补充水分可以抑制抗利尿激素的分泌，有助于尿酸的排出，D 错误。

故选 C。

8.【答案】C

【分析】细胞免疫的过程：被病毒感染的靶细胞膜表面的某些分子发生变化，细胞毒性 T 细胞识别变化的信号，开始分裂并分化，形成新的细胞毒性 T 细胞和记忆 T 细胞。同时辅助性 T 细胞分泌细胞因子加速细胞毒性 T 细胞的分裂、分化。新形成的细胞毒性 T 细胞在体液中循环，识别并接触、裂解被同样病原体感染的靶细胞，靶细胞裂解、死亡后，病原体暴露出来，抗体可以与之结合，或被其他细胞吞噬掉。

【详解】A、细胞毒性 T 细胞能够识别并接触、裂解被同样病原体感染的靶细胞，CAR-T 疗法的 T 细胞来源于细胞毒性 T 细胞，A 正确；

B、CAR-T 细胞免疫疗法是将从患者体内提取的 T 细胞（细胞毒性 T 细胞）通过基因工程改造，利用了细胞免疫和基因重组的基本原理，B 正确；

C、CAR-T 细胞清除癌细胞的过程属于细胞凋亡，C 错误；

D、CAR-T 细胞表面有肿瘤嵌合抗原受体（CAR），故可以通过 CAR 能够精准识别癌细胞，D 正确。

故选 C。

9.【答案】B

【分析】碳元素在生物群落与无机环境之间以 CO_2 的形式进行循环，通过光合作用进入生物群落，再通过呼吸作用和分解作用从生物群落进入无机环境。

【详解】A、将 CO_2 人工转化为淀粉的过程是吸能反应，需要额外输入能量，A 错误；

B、分解者可以把有机物分解为无机物，所以生物群落与非生物环境之间的碳循环离不开分解者，B 正确；

C、群落演替相对稳定后植物吸收 CO_2 速率与所有生物释放的 CO_2 大致相等，C 错误；

D、该技术应用依然离不开我们的植树造林和寻找清洁能源实现碳中和，D 错误。

故选 B。

10.【答案】B

【分析】生态足迹也称“生态占用”是指特定数量人群按照某一种生活方式所消费的，自然生态系统提供的，各种商品和服务功能，以及在这一过程中所产生的废弃物需要环境（生态系统）吸纳，并以生物生产性土地（或水域）面积来表示的一种可操作的定量方法。

【详解】A、生态足迹的值越大，说明人类生存所需的资源越多，所以对生态和环境的影响就越大，A 错误；

B、生态足迹总量大于生态承载力总量时，会使生态系统入不敷出，造成生态赤字，B 正确；

C、生态足迹越大，对生态和环境的影响越大，故该市生态足迹和生态承载力均呈上升趋势不符合可持续发展理念，C 错误；

D、绿色出行、低碳生活等均可降低人均生态足迹，D 错误。

故选 B。

11.【答案】C

【分析】胚胎干细胞（简称 ES 细胞）存在于早期胚胎中，具有分化为成年动物体内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。

【详解】A、动物细胞不能直接吸收蔗糖，因此动物细胞培养液中通常含有的糖类是葡萄糖，A 错误；

B、动物细胞培养中 CO_2 的主要作用是维持培养液的 pH，B 错误；

C、haESCs 取自于孤雌或孤雄发育至囊胚的细胞，其细胞中通常只有一个染色体组，因此不含等位基因，有利于研究隐性基因的功能，C 正确；

D、haESCs 可取自于孤雌或孤雄发育至桑葚胚中任何一个细胞或囊胚的内细胞团的细胞，D 错误。

故选 C。

12.【答案】A

【分析】1、果酒的制作离不开酵母菌，酵母菌是兼性厌氧微生物，在有氧条件下，酵母菌进行有氧呼吸，大量繁殖，把糖分解成二氧化碳和水；在无氧条件下，酵母菌能进行酒精发酵。故果酒的制作原理是酵母菌无氧呼吸产生酒精，酵母菌最适宜生长繁殖的温度范围是 18～30℃；生产中是否有酒精的产生，可

用酸性重铬酸钾来检验，该物质与酒精反应呈现灰绿色。

2、果醋制作中起到主要作用的微生物是醋酸菌，醋酸菌是一种好氧细菌，只有当氧气充足时，才能进行旺盛的生理活动，其代谢类型属于异养需氧型。当氧气、糖源都充足时，醋酸菌将葡萄汁中的糖分解为醋酸；当缺少糖源时，醋酸菌将乙醇变为乙醛，再将乙醛变为醋酸。醋酸菌的最适生长温度为30～35℃。

【详解】A、醋酸发酵需要通入氧气，且温度比果酒发酵温度高，所以酵母发酵结束后，改变通气条件和升高温度有利于醋酸发酵，A正确；

B、果酒的制作原理是酵母菌无氧呼吸产生酒精，其场所是细胞质基质，因此工艺流程中的“酵母发酵”发生在酵母菌的细胞质基质中，B错误；

C、果醋制作过程中发酵液pH逐渐降低，果酒制作过程中产生二氧化碳，发酵液pH也逐渐降低，C错误；

D、醋酸菌属于原核细胞，只有核糖体一种细胞器，没有线粒体，D错误。

故选A。

13.【答案】B

【分析】自主神经系统：

（1）概念：支配内脏、血管和腺体的传出神经，它们的活动不受意识支配，称为自主神经系统。

（2）功能：当人体处于兴奋状态时，交感神经活动占据优势，心跳加快，支气管扩张，但胃肠的蠕动和消化腺的分泌活动减弱；当人处于安静状态时，副交感神经活动占据优势，此时，心跳减慢，但胃肠的蠕动和消化液的分泌会加强，有利于食物的消化和营养物质的吸收。

【详解】A、脑干是呼吸中枢，脑干会对传入的信号进行分析和综合后发出指令控制呼吸，A正确；

B、Na^+内流产生兴奋，乌头碱通过与钠离子通道蛋白结合使Na^+通道持续开放，促进钠离子内流，使神经元持续处于兴奋的状态，B错误；

C、交感神经和副交感神经对同一器官作用通常相反，有利于维持内环境稳态，交感神经和副交感神经共同参与呼吸反射的调节作用，C正确；

D、草乌中的乌头碱会作用于迷走神经，可能影响抑制性神经递质的释放，从而使心肌异常兴奋，D正确。

故选B。

14.【答案】B

【分析】结合题意分析可知，该操作应该是将M5和B72基因分别连接在YEP蛋白对应的基因的5'端和3'端，随后将基因表达载体导入同一细胞中。

【详解】AC、结合题意分析可知，该操作应该是将M5和B72基因分别连接在YEP蛋白对应的基因的5'端和3'端，AC错误；

B、设计特异性引物以玉米cDNA为模板扩增M5和B72基因，为构建基因表达载体作准备，B正确；

D、将含有M5和B72的基因表达载体导入同一细胞中，D错误。

故选B。

15.【答案】A

【分析】生物组织中化合物的鉴定：（1）斐林试剂可用于鉴定还原糖，在水浴加热的条件下，产生砖红色沉淀。（2）蛋白质可与双缩脲试剂产生紫色反应。（3）脂肪可用苏丹III染液鉴定，呈橘黄色。（4）淀粉遇碘液变蓝。

【详解】A、双缩脲试剂可用于检测蛋白质而非氨基酸，使用时向豆浆中先加入双缩脲试剂 A 液，摇匀后加入 B 液，A 错误；

B、斐林试剂可用于检测还原糖，将斐林试剂甲液、乙液混合后，加入梨汁中，水浴加热可检测还原糖，B 正确；

C、碘液与淀粉反应呈蓝色，将火腿肠研磨后加入碘液，可用于检测火腿肠是否含有淀粉，C 正确；

D、从菜花研磨液中提取的 DNA，可用二苯胺试剂沸水浴加热鉴定，两者反应呈蓝色，D 正确。

故选 A。

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16.【答案】（1）生物因素、非生物因素

（2） ①. 形态和生理状况一致 ②. 环境丰富会抑制幼鱼生长 ③. 环境丰富下饲养使幼鱼取食难度增加，获得的物质和能量较少，消耗能量增加，因此体重增加缓慢；幼鱼的促生长因子增多，抑生长因子减少，能更好的适应复杂环境。

（3） ①. 环境丰富下饲养的幼鱼到达终点的时间比简单环境下饲养的幼鱼短：并随测试天数的增加，S+H+组所需时间减少最多。 ②. 认知相关因子的增多会促进神经细胞生长以及新的突触的连接，利于幼鱼的学习和记忆，从而增强认知和学习能力。

【分析】大脑皮层言语区中，W 区为书写中枢，V 区为视觉性语言中枢，S 区为运动性语言中枢，H 区为听觉性语言中枢。语言、学习、记忆和思维都属于脑的高级功能，学习是神经系统不断地接受刺激，获得新的行为、习惯和积累经验的过程，记忆是将已获信息进行贮存和再现的过程，短期记忆与神经元的活动及神经元之间的联系有关，长期记忆与新突触的建立有关。

【小问 1 详解】

影响鱼类种群数量特征的因素包括生物因素、非生物因素，其中前者的影响与种群密度有关。

【小问 2 详解】

①将幼鱼进行适应性培养后，选择形态和生理状况一致（保证无关变量相同且适宜）的幼鱼在环境丰富不同的条件下人工投喂饵料饲养。7 周后测量生长指标，结果如图 1，图中数据显示环境丰富条件下鱼的生长速率和体重增加值反而较小，因而说明环境丰富会抑制幼鱼生长。

②研究者进一步评估幼鱼生长相关因子的变化，结果如图 2，根据图中生长相关因子的变化趋势推测黑鲪的体重应该增加，这与①中实验结果相反，其原因可能是环境丰富下饲养使幼鱼取食难度增加，获得的物质和能量较少，消耗能量增加，因此体重增加缓慢；幼鱼的促生长因子增多，抑生长因子减少，能更好的适应复杂环境，即环境丰富条件下有利于提高幼鱼的适应能力。

【小问 3 详解】

①测试结果表明，环境丰富下饲养的幼鱼到达终点的时间比简单环境下饲养的幼鱼短，并随测试天数的增

加，S^+H^+组所需时间减少最多，因而可说明环境丰富下饲养的幼鱼认知能力和学习能力都显著增。

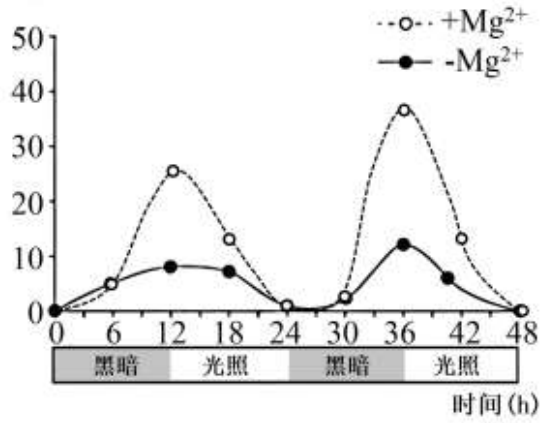
②研究者进一步评估幼鱼的认知相关因子的变化，发现环境丰富下饲养的幼鱼的脑源性神经营养因子和神经生长因子均增加，据此可推测，认知相关因子的增多会促进神经细胞生长以及新的突触的连接，利于幼鱼的学习和记忆，从而增强认知和学习能力，本实验结果说明对于幼小个体增加多样的环境刺激有利于学习能力的提高。

17.【答案】（1） ①. 叶绿素 ②. 类胡萝卜素

（2） ①. 植物可以利用体内原有的 Mg^{2+}，维持光合作用的正常进行 ②. 缺镁导致暗反应的碳固定速率下降

（3） ①. Mg^{2+}主要促进白天的碳固定，对夜间的碳固定无明显影响 ②. ATP、NADPH、光反应速率、电子传递速率、氧气含量等光反应阶段指标

（4） ①. MGT3 基因的相对表达量 ②.



（5）缺 Mg^{2+}抑制 MGT3 基因的表达，MGT3 蛋白含量降低使叶绿体中 Mg^{2+}含量下降，导致 RUBP 羧化酶的活性降低，从而抑制光合作用暗反应，降低水稻光合作用。

【分析】光合作用过程分为光反应和暗反应两个阶段，光反应阶段在叶绿体类囊体的薄膜上进行的，首先是水在光下分解成氧气和 H^+，H^+与氧化型辅酶II（$NADP^+$）结合形成还原性辅酶II（NADPH），在有关酶的催化作用下促使 ADP 与 Pi 反应生成 ATP；暗反应是在叶绿体基质中进行的，二氧化碳与 C_5 结合生成 C_3，即二氧化碳的固定。随后在有关酶的作用下，C_3 接受 ATP 和 NADPH 释放的能量，并且被 NADHP 还原。随后，一些 C_3 经过一系列的反应形成糖类，另一部分 C_3 经过一系列化学变化又形成 C_5。

【小问 1 详解】

镁是构成叶绿素（包括叶绿素 a 和叶绿素 b）的重要成分，水稻细胞内的光合色素还包括类胡萝卜素（包括叶黄素和胡萝卜素）。

【小问 2 详解】

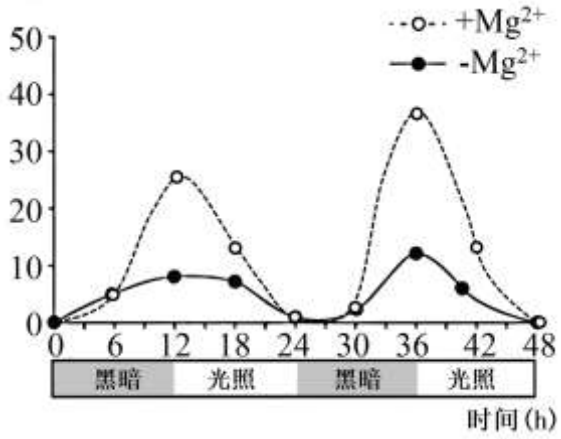
据图 1 分析，15 天内，两种培养液中水稻的光合色素含量相对值无明显变化，且两条曲线无明显差异，说明缺镁对光合色素的含量无影响；而缺镁培养液中的水稻 Vc max（最大羧化速率，碳固定指标）和 An（净光合速率）从 10 天后开始明显降低且低于正常培养液中的水稻，推测前 10 天 An 变化不明显的原因是植物可以利用体内原有的 Mg^{2+}，维持光合作用的正常进行；10 天后，An 显著下降的原因是缺镁导致暗反应的碳固定速率下降。

【小问 3 详解】

分析图 2 可知，在黑暗条件下的水稻在缺镁和正常培养液中的 Vc max 相差不大，而在光照条件下，缺镁水稻的 Vc max 明显低于正常水稻，这表明 Mg^{2+}主要促进白天的碳固定，对夜间的碳固定无明显影响。为了验证缺镁前期对光反应的影响，还需要检测的指标有 ATP、NADPH、光反应速率、电子传递速率、氧气含量等光反应阶段指标。

【小问 4 详解】

由于缺镁处理能够动态抑制 MGT3 基因的表达，因此实验的检测指标为 MGT3 基因的相对表达量。与对照组相比，实验组的镁含量更高，因此实验组的镁转运蛋白 MGT3 含量应高于对照组。实验结果如图所示：



【小问 5 详解】

据题意，RUBP 羧化酶的活性依赖于 Mg^{2+}，RUBP 羧化酶是催化光合作用暗反应的酶，再根据上述研究内容可解释短期缺镁影响水稻光合作用的机制：缺 Mg^{2+}抑制 MGT3 基因的表达，MGT3 蛋白含量降低使叶绿体中 Mg^{2+}含量下降，导致 RUBP 羧化酶的活性降低，从而抑制光合作用暗反应，降低水稻光合作用。

18.【答案】（1） ①. 常 ②. 隐性

（2）细胞中黑色素体的数量和大小不同

（3）终止密码子提前出现，无法合成具有特定空间结构的蛋白质，无法执行相应功能

（4） ①. 翻译 ②. d ③. B 基因表达下降导致 Mβ 含量明显上升，而 CTF 含量明显下降

（5）B 基因突变无法合成具有活性的 B 蛋白，无法对 PMEL 进行剪切，使得淀粉样蛋白含量下降，影响黑色素的沉积减少了黑色素体的形成，进而影响了毛色

【分析】1、系谱图中遗传方式的判断方法：若雄性个体均患病，则是伴 Y 遗传。排除了伴 Y 遗传，再判断致病基因的显隐性，“无中生有”（父母没该病，孩子患了该病）为隐性，隐性就看女患者，若其父亲和儿子皆病，则可能是伴 X 隐性遗传，若其父亲或儿子无病，则一定是常染色体隐性遗传；“有中生无”（父母都有该病，孩子没有该病）为显性，显性就看男患者，其母亲和女儿皆病，可能是伴 X 显性遗传病，若其母亲或女儿无病，一定为常染色体显性遗传病。推断可能性时，若连续遗传，可能是显性遗传病。看遗传方式，假设患者男女比例相当，可能是常染色体遗传，假设患者男多于女或女多于男，可能是伴性遗传。

2、电泳法利用了待分离样品中各种分子带电性质的差异以及分子大小、形状的不同，使带电分子产生不同的迁移速度，从而实现各种分子的分离。

【小问 1 详解】

研究者研究了三个大熊猫家系，图中 Qizai 和 Dandan 为棕色，根据相对性状的个体杂交后代没有出现棕

色，因此可判断棕色为隐性，棕色 Dandan 生出的雄性个体表现为黑色，因而可判断大熊猫棕色的遗传方式最可能是由常染色体上的隐性基因控制。

【小问 2 详解】

为进一步研究熊猫毛色的差异，对黑色和棕色毛发进行了显微观察，结合图 2 结果可以看出，大熊猫毛色差异的原因是细胞中黑色素体的数量和大小不同，之所以表现为棕色是由于其细胞中黑色素体的大小和数量偏小导致的。

【小问 3 详解】

由于 B 基因的外显子 1 发生了 25 个碱基对的缺失因而导致 B 基因相应的 mRNA 序列发生改变，由于缺失的 25 个碱基对不是 3 的整数倍，因而对 B 基因控制合成的蛋白质影响较大，进而表现为 mRNA 中终止密码子提前出现，无法合成具有特定空间结构的蛋白质，进而无法执行相应功能。

【小问 4 详解】

①向黑色素瘤细胞中导入一小段 RNA，会由于碱基互补配对干扰 B 基因的翻译过程，进而使得细胞内 B 蛋白含量仅为正常细胞的 25%。

②通过蛋白质电泳与抗原—抗体杂交技术检测 PMEL 切割后的片段，部分结果如图 5，结果显示，B 基因表达下降导致 Mβ 含量明显上升，而 CTF 含量明显下降，据此结果可说明 B 蛋白在 PMEL 上的作用位点是 d。

【小问 5 详解】

题中显示，黑色素主要沉积在淀粉样蛋白上，B 蛋白的作用可能与 PMEL 水解生成淀粉样蛋白有关，而 B 基因突变无法合成具有活性的 B 蛋白，无法对 PMEL 进行剪切，使得淀粉样蛋白含量下降，影响黑色素的沉积减少了黑色素体的形成，进而影响了毛色，因而表现为黑色素体变小，且数量变少，因而表现为棕色。

19.【答案】（1）协同　（2）正

（3）　①. ade　②. 乙烯还能通过其他途径促进胚芽鞘细胞的伸长　③. 不认同，证据不足，还需要增加 V 基因缺失突变体的实验组

（4）该思路不合理，ROS 在植物生长和抗逆境中发挥重要作用

【分析】植物激素是指植物体内一定部位产生，从产生部位运输到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。人们发现的植物激素有生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯等。在植物体内，生长素在细胞水平上起着促进细胞伸长生长，诱导细胞分化等作用。

【小问 1 详解】

乙烯能促进水稻种子萌发过程中胚芽鞘的伸长，生长素也能促进细胞的伸长，因此在幼苗出土的过程中，乙烯与生长素之间作用相同，即具有协同效应。

【小问 2 详解】

据图 1 分析可知，在种子出土过程中，乙烯释放量逐渐减少，据图 2 可知在该过程中集中在胚芽鞘顶部的 E1 的含量逐渐减少，据此可以推测乙烯与 E1 的表达呈正相关。

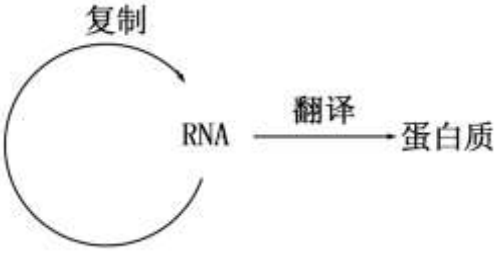
【小问 3 详解】

分析对照组可知，与野生型相比，el突变体的细胞伸长量有所减少，e1/V-OX突变体的细胞伸长量有所增加，乙烯处理后，ac组细胞伸长量基本相同，b组伸长量小于ac组。①对比ade伸长量，说明乙烯通过促进E1基因的表达促进细胞伸长；②对比b图、e图显示，乙烯处理后，细胞仍有伸长，说明el突变体不能合成E1蛋白后乙烯仍可以促进细胞的伸长。针对这一现象，可提出如下假设：乙烯还能通过其他途径促进胚芽鞘细胞的伸长；③e1/V-OX与e1相比，胚芽鞘细胞长度显著增加，有人认为E基因通过V基因发挥促进细胞伸长的作用。因该实验中证据不足，，所以表示不认同。如需证明E基因通过V基因发挥促进细胞伸长的作用，还需要增加V基因缺失突变体的实验组。

【小问4详解】

根据以上研究成果，有人提出了培育ROS合成酶基因的缺失突变体水稻品种。据题意可知ROS在植物生长和抗逆境中发挥重要作用，缺失ROS合成酶基因后植物可能无法生长，因此该思路不合理。

20.【答案】（1） ①. 线粒体、细胞核 ②. 流动性

（2）

（3）BD

（4）病毒利用未与溶酶体融合的自噬体进行组装和大量积累；病毒通过阻断自噬体与溶酶体融合，使病毒避免被介体昆虫自噬降解

【分析】1、真核细胞最典型的特征是具有双层生物膜构成的核膜为界限的细胞核。真核细胞细胞质中有众多复杂的细胞器，其中叶绿体和线粒体是双层膜的细胞器，内质网、高尔基体、溶酶体以及液泡是单层膜的细胞器，中心体和核糖体为无膜的细胞器。

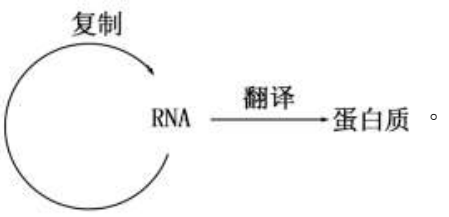
2、病毒无细胞结构，只能在宿主细胞中完成病毒的增殖，病毒的生活史：吸附、注入、合成、组装、释放。

【小问1详解】

白背飞虱属于真核生物，真核动物细胞中具有双层膜的结构有线粒体和细胞核；自噬体与溶酶体融合的过程依赖于生物膜的结构特点，具有一定的流动性。

【小问2详解】

由图2可知，SDV属于RNA病毒，侵入白背飞虱的肠道上皮细胞后，在细胞中进行RNA复制合成子代RNA，并且以病毒的RNA为翻译模板合成蛋白质，即SDV在白背飞虱细胞内遗传信息的传递过程为



。

【小问3详解】

A、由图2可知，SDV与ITGB3结合后以胞吞的方式进入细胞，A错误；

B、由图 2 可知，病毒的 P10 蛋白合成中主要集中与自噬体膜上，即自噬体膜为 P10 蛋白提供了聚集场所，B 正确；

C、自噬体膜上有很多正在组装和成熟的病毒颗粒，Atg8II蛋白参与早期自噬体的延伸，即 Atg8II蛋白能增大自噬体的膜面积，病毒颗粒提供更多的附着位点，有助于 SDV 病毒量的上升，C 错误；

D、根据题意，介体昆虫细胞自噬，使 SDV 逃过防御，有利于 SDV 的增殖和传播，D 正确。

故选 BD。

【小问 4 详解】

由图 2 可知，SDV 在介质细胞中进行 RNA 复制和相关蛋白质合成后，附着于介体细胞中未成形的自噬体上，进行组装和病毒的大量积累，同时阻断自噬体与溶酶体的融合，避免病毒被介体昆虫自噬降解，细胞同时通过指导合成的病毒外壳蛋白 P10 与溶酶体膜上的 LAMP1 互作，操纵白背飞虱自噬，使 SDV 逃过防御，促进其持久传播。

21.【答案】（1）抗原呈递细胞

（2） ①. 核酸分子杂交 ②. 抑制 ③. P 蛋白减少，对 M 基因的抑制作用下降，从而导致 M 基因过表达 ④. 细胞正常生长和增殖 ⑤. BCG

（3）注射 A、B、D 质粒的野生型细胞中荧光强度小于突变体，注射 C 质粒的野生型与突变体荧光强度相差不大，且亮度较高。

【分析】据题意可知，中性粒细胞是白细胞的一种，具有吞噬病原体的能力，说明其既参与免疫的第二道防线，也可作为抗原呈递细胞发挥摄取、加工、处理和呈递抗原的功能。据图 1 可知，突变体（P 基因低表达）M 基因阳性较强，说明 P 蛋白抑制 M 基因的表达。

【小问 1 详解】

据题意可知，中性粒细胞是白细胞的一种，具有吞噬病原体的能力，说明其既参与免疫的第二道防线，也可作为抗原呈递细胞发挥摄取、加工、处理和呈递抗原的功能，参与第三道防线。

【小问 2 详解】

利用带有标记的核酸分子探针，检测特定基因的转录情况，该技术为核酸分子杂交，其原理是碱基互补配对原则。据图 1 可知，突变体（P 基因低表达）M 基因阳性较强，说明 P 蛋白抑制 M 基因的表达。

①P 基因低表达，可能导致 P 蛋白减少，对 M 基因的抑制作用下降，从而导致 M 基因过表达。

②原癌基因是调控细胞正常生长和增殖的必要基因，说明其产生的蛋白质是调控细胞正常生长和增殖必需蛋白。

为了验证上述结论，可将 P 基因导入 P 基因低表达突变体，导入 P 基因前后进行对比，若较导入 P 基因前，M 基因阳性信号及阳性细胞数量减少，即可得到验证，BCG 正确。

故选 BCG。

【小问 3 详解】

由（2）可知，P 蛋白抑制 M 基因的表达，若注射 A、B、D 质粒（⑩号位点正常）的野生型细胞中荧光强度小于突变体，注射 C 质粒（⑩号位点突变）的野生型与突变体荧光强度相差不大，且亮度较高，则可说明 P 蛋白通过结合⑩位点，调控 M 基因的表达，而与其他位点无关。