2025 北京东城高三（上）期末

生　　物

本试卷共 10 页，满分 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

一、单项选择题：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. 贝氏布拉藻具有叶绿体和硝基体，硝基体是双层膜结构的细胞器，具有固氮功能。科学家推测硝基体是由藻类内吞的细菌 UCYN-A 演化而来。下列说法不正确的是（　　）

A. 贝氏布拉藻的遗传物质主要存在于细胞核中

B. 贝氏布拉藻的叶绿体也具有双层膜结构

C. UCYN-A 具有内质网等多种具膜的细胞器

D. 硝基体的外膜可能来自贝氏布拉藻的细胞膜

2. 达托霉素是一种抗生素，由亲水性环状肽和亲脂性脂肪酸侧链组成，可以插入细菌细胞膜中，造成细胞膜通透性的改变。达托霉素处理后的细菌耗氧率显著下降。下列关于达托霉素的推测不合理的是（　　）

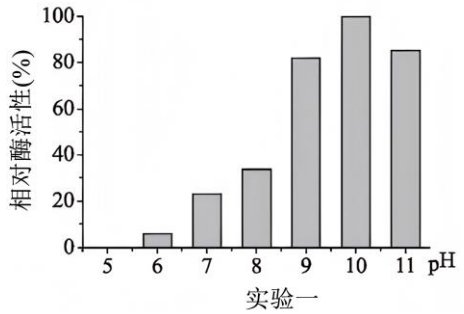
A. 插入到磷脂双分子层内部的是环状肽部分

B. 可以影响细菌细胞膜控制物质进出的功能

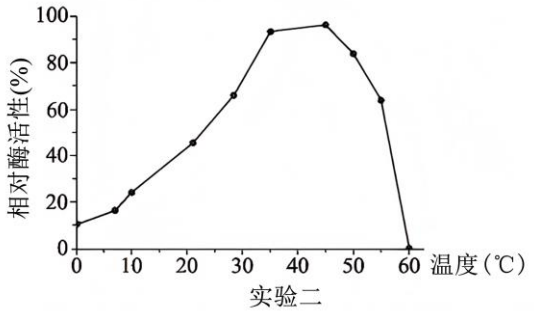
C. 使细菌有氧呼吸过程减弱造成耗氧率下降

D. 使用达托霉素治疗前需要有细菌感染指征

3. 检测细菌的转氨酶在不同 pH 和温度下的酶活性，实验一、二分别于 35℃和 pH10 的条件下进行，结果如图。下列分析正确的是（　　）



实验一



实验二

A. 转氨酶只能催化一类氨基转移反应，反映了酶具有高效性

B. 10℃和 60℃时酶活性极低，原因都是酶的空间结构被破坏

C. 在 pH5 条件下重复实验二，所得曲线与上图相似

D. 将实验一 pH10 的反应体系温度降低 10℃，酶活性降低

4. 细胞中进行着各种物质间的转化。下列相关叙述错误的是（　　）

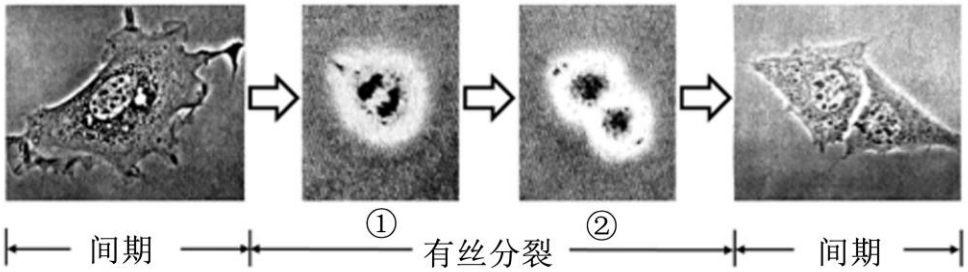
A. 光反应中 $NADP^+$转化为 NADPH，暗反应中 NADPH 转化为 $NADP^+$

B. 血糖浓度高时葡萄糖合成肌糖原，血糖浓度低时肌糖原水解为葡萄糖

C. 光合作用过程中发生有机物的合成，呼吸作用过程中发生有机物的分解

D. ATP 转化为 ADP 常与吸能反应相联系，ADP 转化为 ATP 常与放能反应相联系

5. 体外培养小鼠的成纤维细胞（2n=20），对同一个细胞的分裂过程进行连续观察，得到的部分图像如下。下列说法正确的是（　　）



A. 需要用酒精和盐酸对材料进行解离

B. DNA 复制和中心粒倍增发生在间期

C. 图①细胞中同源染色体彼此分离

D. 图②细胞中含 40 条姐妹染色单体

6. 果蝇的 DNA 分子上存在多个复制起始位点，复制起始蛋白能够识别该位点，进而促进解旋酶等相关蛋白结合 DNA 分子，启动 DNA 复制。下列说法不正确的是（　　）

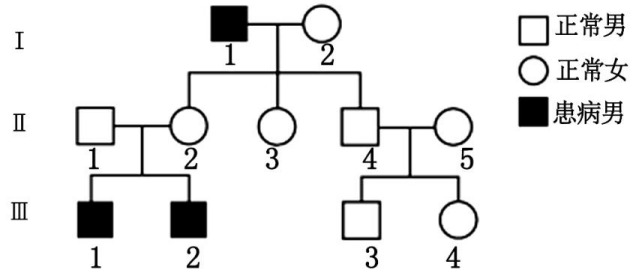
A. DNA 分子的多起点复制能提高复制效率

B. 复制起始蛋白有助于解旋酶在特定位置断开氢键

C. DNA 分子的两条链都将作为复制的模板链

D. DNA 聚合酶可将脱氧核苷酸添加到子链 5'端

7. 无丙种球蛋白血症是一种单基因遗传病，下图表示某家族部分系谱图，其中II_1、II_5均无致病基因。下列分析不正确的是（　　）



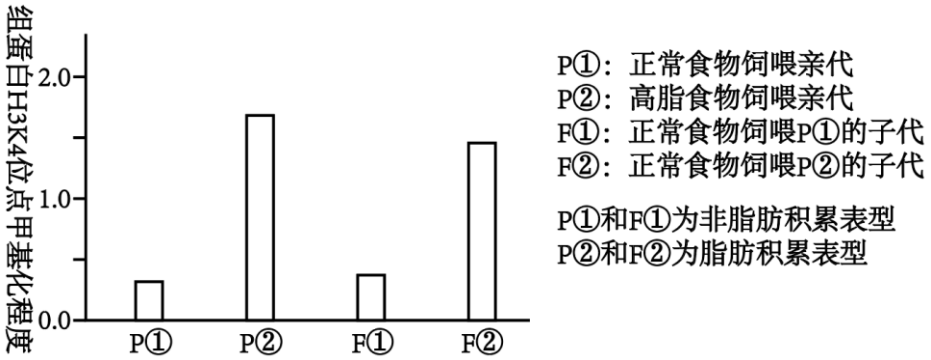
A. 无丙种球蛋白血症是伴X染色体隐性遗传病

B. III_1获得致病基因的路径最可能是$I_1 \rightarrow II_2 \rightarrow III_1$

C. II_3与正常男子婚配，所生女儿患病几率为 1/2

D. III_3和III_4均不携带无丙种球蛋白血症致病基因

8. 饲喂高脂食物的线虫表现出脂肪积累表型，其子代即使饲喂正常食物也表现为脂肪积累。染色体组蛋白 H3K4 位点甲基化可激活 daf-16 等脂代谢相关基因表达。检测各组线虫组蛋白 H3K4 位点甲基化情况，结果如图。下列分析不正确的是（　　）



A. 高脂饮食可以提高组蛋白 H3K4 位点甲基化程度

B. 造成 F①和 F②表型不同的原因在于亲代的饮食情况

C. daf-16 等相关基因表达增加可以抑制脂肪的积累

D. 组蛋白甲基化导致子代表型变化属于表观遗传现象

9. 加拉帕戈斯群岛由 13 个主要岛屿组成，居住着 13 种地雀。达尔文发现，它们在体型、喙等形态上存在巨大差异，不同种之间存在生殖隔离。这 13 种地雀是在 150 万年间由同一个祖先演化而来的，被称为“达尔文雀”。以下说法不正确的是（　　）

A. 不同种地雀形态特征差异体现了对不同地理环境的适应

B. 突变和基因重组使“达尔文雀”出现了丰富的表型

C. 各岛屿上的地雀种群之间由于地理隔离逐渐形成生殖隔离

D. 自然选择导致种群基因频率的改变，标志着新物种的形成

10. 2024 北京马拉松于 11 月 3 日 7：30 在天安门广场鸣枪起跑，终点为奥林匹克公园，运动员在比赛过程中体内会发生系列变化。下列叙述不正确的是（　　）

A. 交感神经活动占据优势，心跳加快，支气管扩张

B. 通过神经调节和体液调节维持体内血糖含量的相对稳定

C. 通过增加汗腺的分泌量维持细胞外液渗透压的相对稳定

D. 运动中产热量增加，通过增加散热维持体温的相对稳定

11. 除化学突触外，电突触也是突触的一种。电突触的突触间隙较窄，其间电阻较低，神经冲动的传递不需要神经递质。下列关于突触的叙述或推测不正确的是（　　）

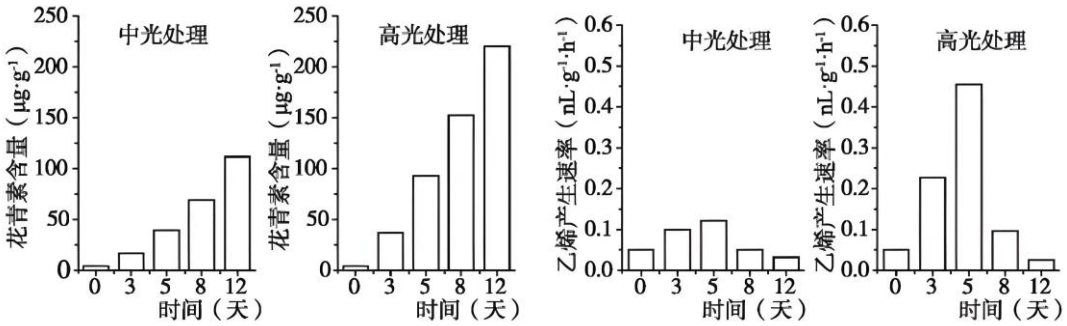
A. 突触小体可以与其他神经元相接近共同形成突触

B. 兴奋通过两种类型突触的传递都是双向的

C. 与化学突触相比，电突触的传递速度较快

D. 与化学突触相比，电突触前膜内囊泡数量较少

12. 为探究苹果果实成熟后逐渐变红的原因，进行了相关实验，实验处理及结果如下图。下列判断不正确的是（　　）



A. 光和乙烯都是调节果实成熟的信号

B. 增加光强有利于果实中花青素的积累

C. 果实成熟过程中乙烯的含量是动态变化的

D. 光通过促进乙烯的合成促进花青素的积累

13. 群落的演替过程中，从发展期到成熟期，下列最不可能发生的变化是（　　）

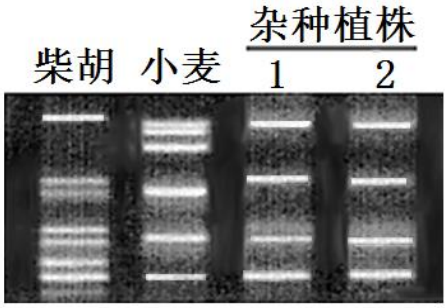
A. 能量的利用可以循环

B. 生产者固定的有机物增多

C. 物种丰富度越来越大

D. 营养结构越来越复杂

14. 利用小麦细胞与柴胡细胞进行植物体细胞杂交，希望获得具有柴胡药效的小麦。通过 PCR 对杂种植株和双亲植株的物种特异性 DNA 进行扩增，电泳结果如下图所示。下列说法不正确的是（　　）



A. 用纤维素酶和果胶酶处理柴胡和小麦细胞

B. 用电融合的方法或 PEG 诱导原生质体融合

C. 杂种细胞中丢失了部分来自小麦的遗传信息

D. 杂种细胞染色体组成与柴胡细胞完全相同

15. 层析、离心和电泳都是物质分离的常用方法，下列相关叙述不正确的是（　　）

A. 各种光合色素分子量不同，因此可以用纸层析法分离

B. 各种细胞器颗粒大小不同，因此可以用差速离心法分离

C. 离心可以分离密度不同的 $^{15}N/^{15}N$-DNA 和 $^{14}N/^{14}N$-DNA

D. 电泳可以分离分子量大小不同的 DNA 分子

第二部分

二、非选择题：本部分共 6 题，共 70 分。

16. 禾谷缢管蚜（简称蚜虫）是一种全球性害虫，研究人员对其取食行为与植物防御反应进行了研究，为科学防治蚜虫提供依据。

（1）蚜虫取食后植物会产生防御反应，这体现了蚜虫种群数量增长除受到非生物因素影响外，还受到_____的影响。监测蚜虫种群数量变化，可定期用_____法进行调查。

（2）蚜虫取食时会释放唾液效应因子（C）。在探究 C 的作用时，研究人员为构建沉默 C 基因的蚜虫，将人工合成的与 C 基因 mRNA 互补配对的小段 RNA 导入蚜虫，通过影响_____的过程干扰基因的表达。蚜虫接种小麦的实验结果如图 1、2，对照组导入的小段 RNA 的核苷酸序列应满足_____。实验结果显示接种 24h 后_____，说明 C 对蚜虫在小麦上的繁殖存在重要作用。

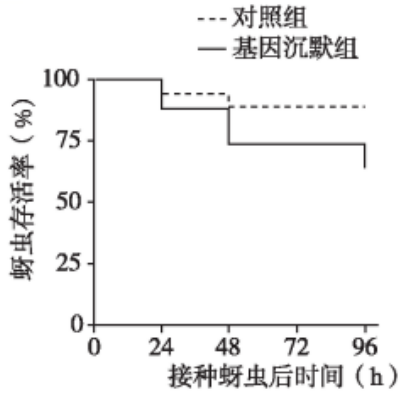


图 1

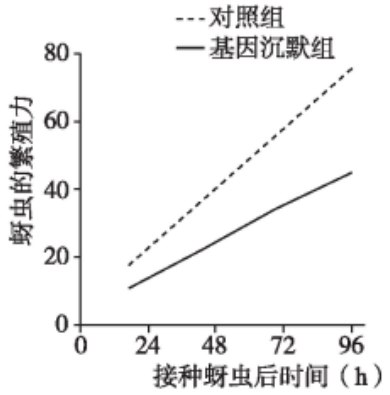


图 2

（3）已有研究发现蚜虫在夜晚取食量高，且 C 在夜晚分泌量达到峰值，推测蚜虫通过改变 C 的分泌量以应对植物防御反应。将蚜虫接种在小麦上培养或用人工饲料喂养，实验结果（如图 3、4）支持了上述推测。请补充人工饲料饲喂条件下 C 基因沉默组的实验结果。

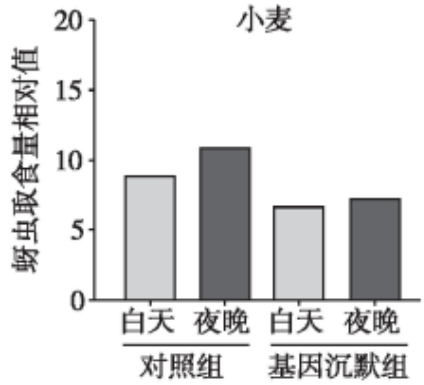


图 3

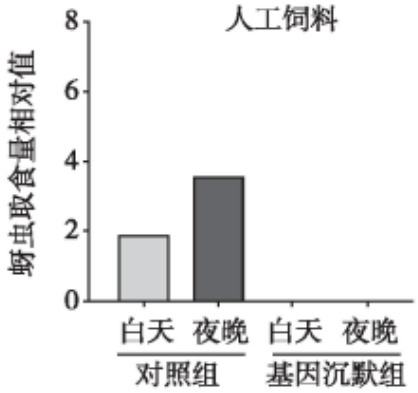


图 4

（4）请基于上述研究内容，概述夜晚蚜虫取食行为、植物防御反应和 C 之间的动态变化关系。_____。

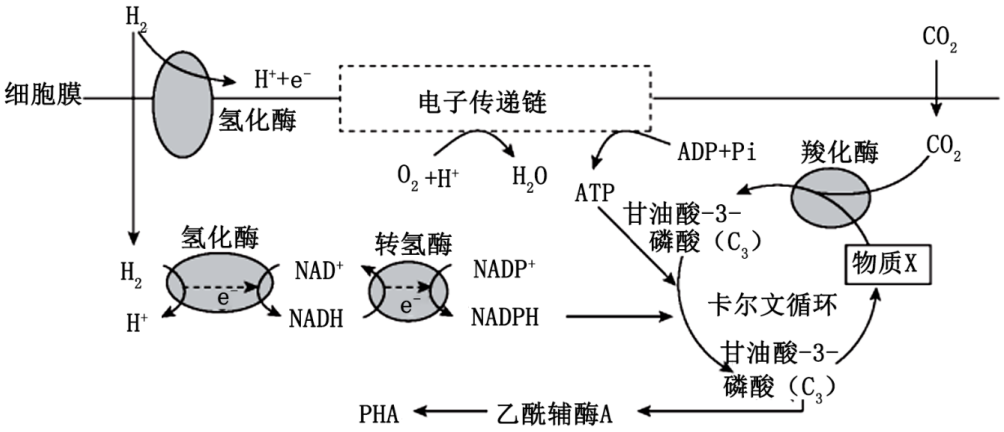
17. 学习以下材料，回答以下问题。

设计工程菌获取新材料

聚羟基脂肪酸酯（PHA）的物理化学性质类似于塑料，但可以被生物降解，能广泛用于人工心脏瓣膜、血管等材料的制备。钩虫贪铜菌是从土壤中分离出的一种细菌，能够产生并储存 PHA.钩虫贪铜菌可进行不同类型的代谢方式。在有机物充足的环境中，该菌株可利用果糖、甘油、脂肪酸等多种有机物进行异养代

谢。代谢过程中产生的乙酰辅酶 A 既是有氧呼吸的中间产物，也可作为原料合成 PHA.当环境中有机碳源缺乏时，

钩虫贪铜菌可以通过氧化 H_2 获得能量，进而通过卡尔文循环固定 CO_2 生成有机物，称为化能自养。如下图，在细胞质中的氢化酶催化下，NAD^+ 接收从 H_2 分子中捕获的电子，被还原为 NADH，进而将电子传递给 $NADP^+$。同时细胞膜上的氢化酶将电子直接传递到电子传递链中，产生的膜内外质子梯度差用于 ATP 的合成。NADPH 和 ATP 参与卡尔文循环，产生甘油醛-3-磷酸（C3），在多种酶的作用下生成乙酰辅酶 A，进而合成 PHA.



研究发现，环境中 CO_2 浓度很低时，钩虫贪铜菌卡尔文循环水平较低，但相关酶的表达量依然较高；环境中没有 H_2 存在时，氢化酶也会大量表达。这种持续表达“低利用率”酶的现象是一种适应环境的表现。研究者希望通过优化菌株代谢途径、改进发酵条件等使钩虫贪铜菌能在混合营养条件下利用有机废物进行生长和代谢活动，同时将 CO_2 转化为 PHA 等有广泛应用的材料。

（1）在 O_2、CO_2、H_2 混合气体环境中，利用不含碳源的培养基培养，钩虫贪铜菌可采用的代谢方式是_____。

（2）图中物质 X 是_____。绿色植物和钩虫贪铜菌都能通过卡尔文循环固定 CO_2 合成有机物，两者不同之处在于最初的能量来源不同，即_____。

（3）请分析，为什么说钩虫贪铜菌持续表达“低利用率”酶是适应环境的表现_____。

（4）钩虫贪铜菌可应用于工业生产，根据该菌株特性，以下分析合理的有_____。

A. 该菌株可固定工业废气中的 CO_2 同时生产 PHA，有利于减少碳排放

B. 通过改造该菌株的代谢途径，可使其利用如餐厨废油等更广泛的底物

C. 通过提高羧化酶的活性提高 CO_2 固定效率，可提高 PHA 产量

D. 因呼吸作用过程中消耗乙酰辅酶 A，可阻断呼吸作用提高 PHA 产量

18. A 蛋白家族是细胞分裂素应答调节因子，包括 A1、A12 等。研究者以拟南芥根段为材料，探讨 A 蛋白在组织培养中参与调节的机制。

（1）植物器官、组织及细胞在离体培养条件下可形成再生植株，体现出植物细胞具有_____。在植物组织培养过程中，需向培养基中添加生长素和细胞分裂素，以启动由愈伤组织形成芽的_____过程。

（2）为探究 A 蛋白对愈伤组织再生芽的影响，研究者比较了野生型和 al（A1 缺失突变体）、al2（A12 缺失突变体）和双突变体在组织培养过程中的芽再生能力，结果如图 1.根据结果可知，

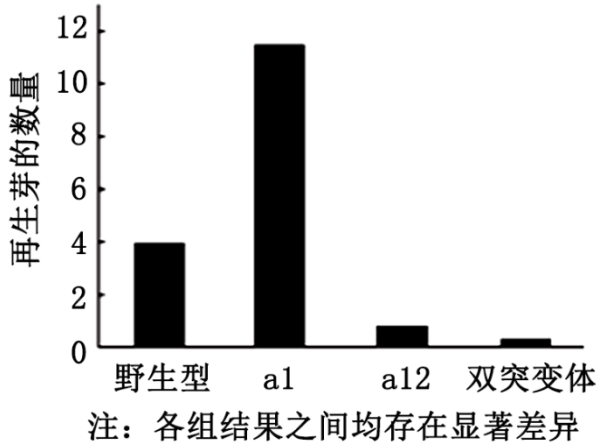


图1

当 A12 存在时 A1 对芽的再生有_____作用，当没有 A12 存在时 A1 对芽的再生有_____作用。

（3）CLV 是芽尖分生组织中的干细胞调节因子，CLV 缺失突变体的再生芽数量明显减少。已有实验证明 A1 和 A12 均能与 CLV 基因启动子相同位点结合，调节下游基因表达。研究者进行了下列 4 组实验，检测报告基因的表达情况，证明 A1 与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进基因的表达，且 A12 的促进作用显著大于 A1。支持此结论的 4 组报告基因表达量关系为_____。

组别	导入叶肉细胞的基因	
1	/	含 CLV 基因启动子的报告基因
2	A1 基因	
3	A12 基因	
4	A1 基因和 A12 基因	

（4）综合上述研究结果，分析图 1 中野生型再生芽数量明显少于 a1 的原因是_____。

（5）结合上述实验研究，完善 A 蛋白在植物组织培养过程中的调控机制，请将 A1、A12 和 CLV 基因补充在图 2 中_____。

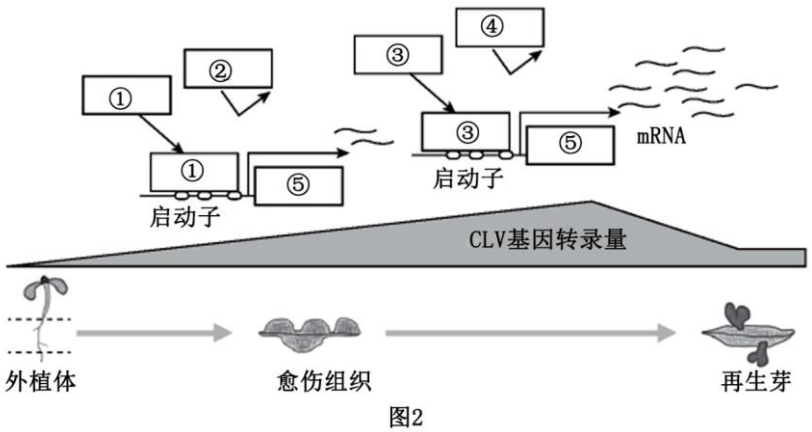


图2

19. 在单克隆抗体（简称单抗）治疗过程中，癌细胞会发生免疫逃逸，出现耐药性。研究癌细胞的免疫逃逸机制有重要意义。

（1）机体识别并清除癌细胞，属于免疫系统的_____功能。免疫功能的发挥依赖于各种免疫细胞，如_____细胞（一种即可）、NK 细胞等。乳腺癌细胞膜蛋白 E 含量显著升高，成为常用的单抗治疗靶点。如图 1，当抗 E 单抗结合 E 蛋白，NK 细胞能够通过结合抗体的另一区域，接近并杀伤癌细胞。

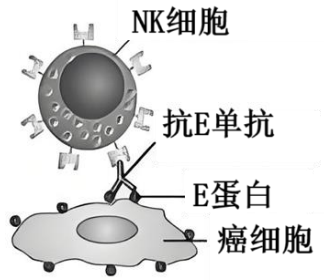


图 1

（2）NAT8L 是中枢神经系统神经元的重要表达产物，长期使用单抗治疗可能出现耐药性，这些患者的乳腺癌细胞中 NAT8L 基因表达明显上调，推测 NAT8L 减弱了 NK 细胞对肿瘤生长的抑制作用。如图 2 进行实验，结果证实推测成立。选择实验材料填入表中完善实验方案并填写实验结果。

实验材料：a、小鼠乳腺癌细胞系；b、转入 E 基因的小鼠乳腺癌细胞系（E^+）；c、敲除 NAT8L 基因的 E^+；d、对人 E 蛋白无排异反应的小鼠；e、不产生免疫细胞的免疫缺陷小鼠

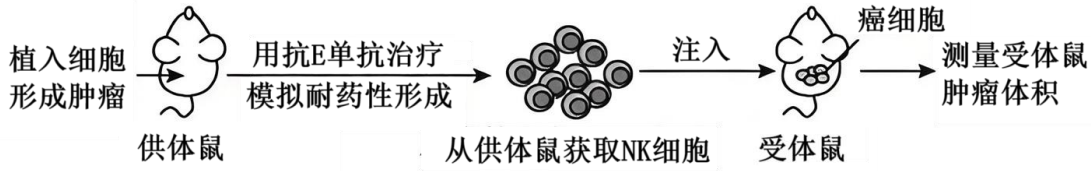


图2

组别	供体鼠	获取 NK 细胞	受体鼠	肿瘤体积
1	植入细胞 b 的小鼠 d	由供体鼠肿瘤区域分离 NK 细胞并注入受体鼠	已植入细胞 c 的小鼠_____	+++
2	植入细胞____的小鼠_____			_____
3	/	/		_____

注：“十”越多表示肿瘤体积越大

（3）NK 细胞接近癌细胞后，与癌细胞之间形成特定连接结构，穿孔素在连接处聚集后释放，诱导癌细胞凋亡。研究证实 NAT8L 催化生成的 NAA 是对 NK 细胞产生影响的物质，用不同预处理的 NK 细胞与乳腺癌细胞共培养，实验结果如图 3 所示。综合上述信息，推测在单抗治疗过程中，乳腺癌细胞形成免疫逃逸的机制。

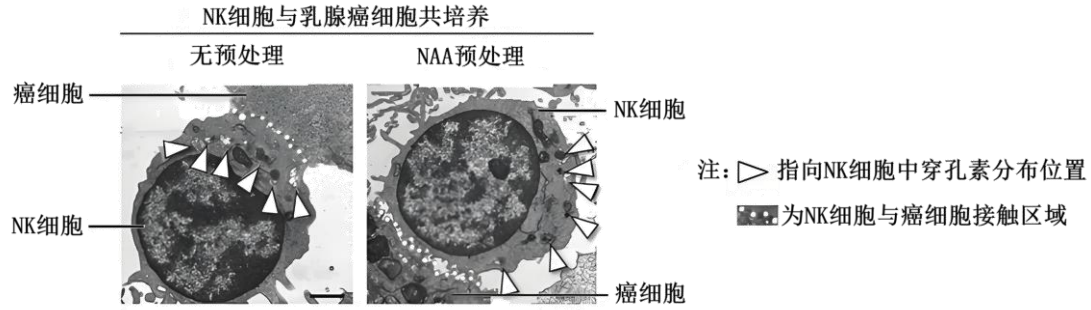


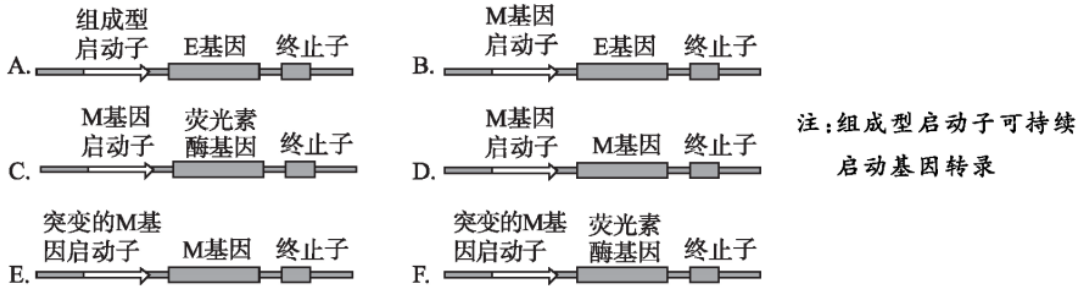
图3

（4）研究发现，中枢神经系统神经元高表达 NAT8L 可能是机体的一种自我保护机制。若以 NAT8L 作为肿瘤治疗的靶点，请从降低副作用的角度，提出一个进一步研究的具体问题_____。

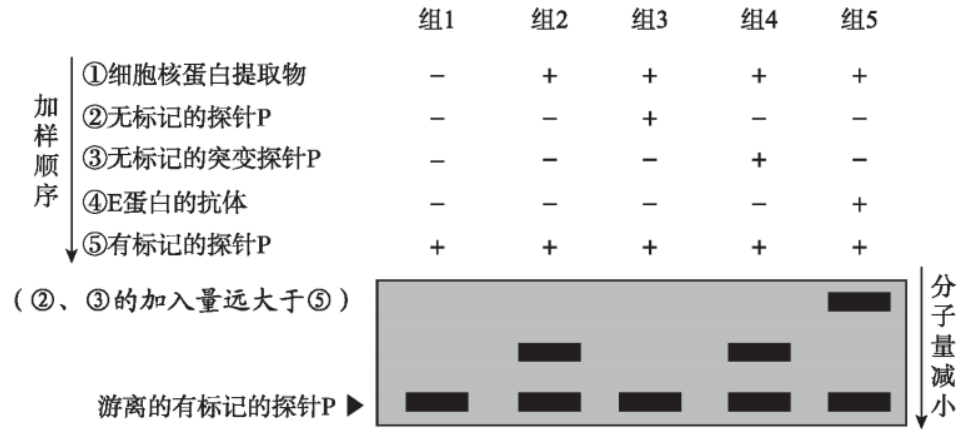
20. 结肠癌是发病率高的癌症之一，血管生成与肿瘤的发生发展密切相关，研究人员针对结肠癌的血管生成机制做了如下研究。

（1）研究表明，M 蛋白可以诱导细胞凋亡，通过抑制异常的血管平滑肌细胞增殖和迁移影响血管生成。M 蛋白在核糖体合成，经_____加工后分泌至细胞外。研究人员发现结肠癌患者血清中的 M 蛋白含量显著降低。据此推测，M 基因可能是一种_____基因。

（2）研究人员利用数据库筛选到一种可促进 M 基因转录的 E 蛋白。推测 E 蛋白通过与 M 基因启动子区域结合，促进 M 基因的表达。将相应质粒分别转入两组相同的细胞中，一段时间后收集细胞裂解液，检测荧光强度。结果显示甲组荧光强度明显高于乙组，从而证实推测。请从下列选项中选择转入甲组细胞的表达载体有_____，转入乙组细胞的表达载体有_____。



（3）EMSA 实验可在体外验证 DNA 和蛋白质的相互作用，其原理是将蛋白质和用放射性同位素标记的 DNA 探针一同保温，电泳时探针和蛋白质相互作用形成的复合物比游离的探针移动的慢，处理后标记可显色。为了证实（2）中的结论，按下图所示的加样顺序进行实验，则探针 P 的碱基序列应与_____相同。实验中设置组 3 和组 4 的作用是为了说明_____的结合具有特异性，而组 5 的作用则是为了说明_____。



（4）将血管内皮细胞接种于某基底上，一段时间后在显微镜下观察小管的形成数量即可判断血管形成能力。接种数量相同的血管内皮细胞后，经 E 蛋白处理的细胞形成小管的数量低于未经 E 蛋白处理的。此实验结果能否证实“E 蛋白通过 M 蛋白抑制血管生成”？理由是_____。

21. 具备智能冠层的玉米（2n=20）可提高群体对光能的利用，增加密植产量。利用具备智能冠层的玉米突变品系甲展开研究与育种开发。

（1）将品系甲与野生型杂交，F_1 自交得到的 F_2 中，常规冠层和智能冠层的子代比例为 3：1，表明智能冠层为_____性状，该性状的遗传遵循_____定律。

（2）研究者将甲与野生型不同层的叶片角度进行比较，图 1 显示甲更适宜密植的冠层特点是_____。

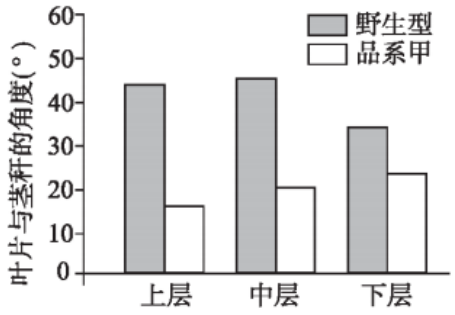


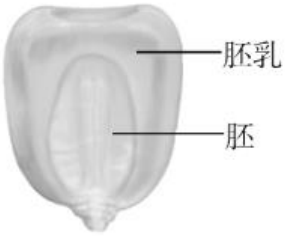
图 1

（3）玉米的不同染色体上存在不同的短核苷酸序列，可作为基因定位的分子标记。为了对控制智能冠层的基因进行定位，研究者对（1）F_2 中共 7400 个子代进行研究。从玉米的每对同源染色体中各选取 2 种分子标记进行检测，统计出现纯合分子标记个体的平均叶片角度，下表为部分检测结果，最终将智能冠层基因定位于 1 号染色体上，定位的依据是_____。请依据答题卡中 F_1 的示例，标出 F_2 中智能冠层植株染色体上的分子标记（不考虑染色体互换。有几种分子标记组合情况画几个细胞图即可）_____。经过进一步定位与测序，最终鉴定出智能冠层基因 lacl。

染色体编号	1 号		3 号	
分子标记	A_1A_1/B_1B_1	a_1a_1/b_1b_1	A_3A_3/B_3B_3	a_3a_3/b_3b_3
平均叶片角度（°）	33.75	17.89	29.56	31.43

注：分子标记 AA/BB 均来自野生型；分子标记 aa/bb 均来自甲

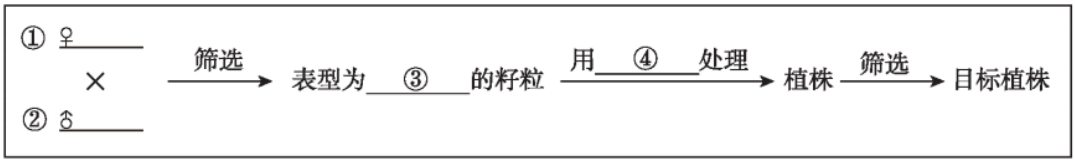
（4）欲利用下列材料培育智能冠层高产品系，该品系不含外源基因，且可稳定遗传。请将方框中的育种流程补充完整。



玉米籽粒

图 2

纯合品系乙：品系乙给普通玉米传粉，形成受精卵一段时间后，乙的染色体被全部消除。形成的籽粒中胚为单倍体，胚乳为三倍体（含有一个乙的染色体组和两个普通玉米的染色体组）。R 是品系乙中特有的标记基因，带有 R 基因的胚和胚乳会显紫色。纯合品系丙：高产，具有常规冠层。基因编辑系统 L：具有靶向编辑功能的 DNA 片段，导入后可在子代受精卵时期发挥作用，将细胞内的常规冠层基因编辑为 lacl 基因。



①_____；②_____；③_____；④_____。

参考答案

第一部分

一、单项选择题：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】1、真核生物具有细胞核和众多细胞器，核糖体是合成蛋白质的场所。线粒体和叶绿体都具有一定的自主性，其起源与内共生学说有关。原核生物没有以核膜为界限的细胞核，细胞器只有一种核糖体。2、当细胞摄取大分子时，首先是大分子与膜上的蛋白质结合，从面引起这部分细胞膜内陷形成小囊，包围大分子。然后，小囊从细胞膜上分离下来，形成囊泡，进入细胞内部，这种现象叫胞吞。

【详解】A、根据题意，贝氏布拉藻具有叶绿体和硝基体等细胞器，说明贝氏布拉藻为真核生物，其遗传物质是 DNA，因此其遗传物质主要存在于细胞核中，A 正确；

B、叶绿体是具有双层膜的细胞器，能够进行光合作用，故贝氏布拉藻的叶绿体也具有双层膜结构，B 正确；

C、细菌 UCYN-A 属于原核生物，原核生物细胞内只有一种细胞器核糖体，C 错误；

D、根据题意，科学家推测硝基体是由藻类内吞的细菌 UCYN-A 演化而来，那么内吞过程中细胞膜形成囊泡包裹细菌 UCYN-A，因此推测硝基体的外膜可能来自贝氏布拉藻的细胞膜，D 正确。

故选 C。

2.【答案】A

【分析】细胞膜的主要成分是磷脂分子和蛋白质，基本骨架是磷脂双分子层。细胞膜具有控制物质出入细胞的能力。

【详解】A、磷脂双分子层内部是脂肪酸，脂肪酸为亲脂性，达托霉素的环状肽为亲水性，脂肪酸侧链为亲脂性，因此插入到磷脂双分子层内部的是脂肪酸侧链部分，A 错误；

B、达托霉素可以插入细菌细胞膜中，造成细胞膜通透性的改变，因此达托霉素可以影响细菌细胞膜控制物质进出的功能，B 正确；

C、有氧呼吸过程需要消耗氧气，达托霉素处理后的细菌耗氧率显著下降，说明达托霉素使细菌有氧呼吸过程减弱造成耗氧率下降，C 正确；

D、达托霉素可以使细菌耗氧率显著下降，在使用达托霉素治疗前需要确定个体是否感染了细菌（细菌感染指征），D 正确。

故选 A。

3.【答案】D

【分析】酶是活细胞产生的具有生物催化能力的有机物，大多数是蛋白质，少数是 RNA；酶的催化具有高效性（酶的催化效率远远高于无机催化剂）、专一性（一种酶只能催化一种或一类化学反应的进行）、需要适宜的温度和 pH 值（在最适条件下，酶的催化活性是最高的，低温可以抑制酶的活性，随着温度升高，酶的活性可以逐渐恢复，高温、过酸、过碱可以使酶的空间结构发生改变，使酶永久性的失活）。

【详解】A、转氨酶只能催化一类氨基转移反应，反映了酶具有专一性，A 错误；

B、10℃和 60℃时酶活性极低，原因是低温降低了酶的活性，但是酶的空间结构没有被破坏，高温导致酶的空间结构被破坏，B 错误；

C、据图 1 可知，在 pH5 条件下，酶的活性为 0，即已经失活，则在 pH5 条件下重复实验二，所得曲线与上图不同，C 错误；

D、据图 2 可知，25℃条件下的相对酶活性小于 35℃条件下的相对酶活性，实验一是在 35℃条件下进行的，所以将实验一 pH10 的反应体系温度降低 10℃，酶活性降低，D 正确。

故选 D。

4.【答案】B

【分析】1、光合作用包括光反应和暗反应过程，光反应将光能转化为 ATP、NADPH 中活跃的化学能，暗反应将 ATP、NADPH 中活跃的化学能转化为有机物中稳定的化学能。

2、血糖的来源包括食物、肝糖原分解、非糖物质的转化，血糖的去向细胞氧化分解、合成肝糖原和肌糖原、形成非糖物质。

【详解】A、光反应过程中水光解产生的 H^+、e^-和 $NADP^+$反应生成 NADPH，暗反应 NADPH 用于三碳酸的还原，重新形成 $NADP^+$，A 正确；

B、血糖浓度过高时葡萄糖可以用于合成肝糖原、肌糖原等，血糖浓度低时肝糖原可以水解为葡萄糖，肌糖原不能直接水解形成葡萄糖，B 错误；

C、光合作用过程将二氧化碳、水等无机物转变为糖类等有机物，而呼吸作用将糖类等有机物氧化分解形成无机物或小分子有机物，C 正确；

D、ATP 转化为 ADP 为放能反应，释放的能量用于某些吸能反应，ADP 转化为 ATP 为吸能反应，所需的能量来源于某些放能反应，如细胞呼吸，因此 ATP 转化为 ADP 常与吸能反应相联系，ADP 转化为 ATP 常与放能反应相联系，D 正确。

故选 B。

5.【答案】B

【分析】图示是在光学显微镜下拍到的二倍体百合的减数分裂不同时期的图象。其中①细胞中含有细胞核和核仁，处于有丝分裂的间期；②中细胞即将分裂成 2 个细胞，因此属于分裂后期。

【详解】A、植物根尖细胞制作装片时需要用酒精和盐酸对材料进行解离，而动物细胞制作装片时一般用胰蛋白酶处理，不能进行减数分裂，用根尖细胞无法观察到减数分裂的过程，A 错误；

B、细胞的分裂间期发生 DNA 复制和中心粒倍增，B 正确；

C、图①细胞是小鼠的成纤维细胞，不会发生减数分裂，因此不会发生同源染色体的分离，C 错误；

D、图 2 细胞属于分裂后期，着丝点分裂，姐妹染色单体分离，因此细胞中没有姐妹染色单体存在，D 错误。

故选 B。

6.【答案】D

【分析】DNA 复制时两条链均作为模板，复制的原料是四种游离的脱氧核苷酸，所需的酶是 DNA 聚合酶

和解旋酶，复制的产物是 DNA，遵循的原则是碱基互补配对原则。

【详解】A、DNA 分子的多起点复制可以提高 DNA 复制的效率，A 正确；

B、DNA 复制时以 DNA 的两条链分别作为模板，DNA 两条链之间的氢键需要断开暴露其中的碱基，复制起始蛋白能够识别复制起始部位，进而促进解旋酶等相关蛋白结合 DNA 分子，在特定位置断开氢键，启动 DNA 复制，D 正确；

C、DNA 复制时，DNA 的两条链两条链都将作为复制的模板链，C 正确；

D、DNA 的复制方向是从子链的 5'→3'，DNA 聚合酶可将脱氧核苷酸添加到子链 3'端，D 错误。

故选 D。

7.【答案】C

【分析】人类遗传病分为单基因遗传病、多基因遗传病和染色体异常遗传病：

（1）单基因遗传病包括常染色体显性遗传病（如并指）、常染色体隐性遗传病（如白化病）、伴 X 染色体隐性遗传病（如血友病、色盲）、伴 X 染色体显性遗传病（如抗维生素 D 佝偻病）。

（2）多基因遗传病是由多对等位基因异常引起的，如青少年型糖尿病。

（3）染色体异常遗传病包括染色体结构异常遗传病（如猫叫综合征）和染色体数目异常遗传病（如 21 三体综合征）。

【详解】A、据图分析，图中的II_1与II_2正常，生有患病的儿子，说明该病是隐性遗传病，又因为II_1无致病基因，说明该病致病基因位于 X 染色体，即该病是伴X染色体隐性遗传病，A 正确；

B、III_1患病，其母亲和父亲都正常，由于该病致病基因位于 X 染色体，其致病基因来自母亲，故致病基因的路径最可能是$I_1 \rightarrow II_2 \rightarrow III_1$, B 正确；

C、设该病相关基因是 B/b，I_1患病，基因型是 X^bY，II_3基因型是 X^BX^b，与正常男子 X^BY 婚配，所生女儿基因型是 X^BX^B、X^BX^b，患病几率为 0，C 错误；

D、II_5无致病基因，基因型是 X^BX^B，II_4正常，基因型是 X^BY，其子代III_3和III_4均不携带无丙种球蛋白血症致病基因，D 正确。

故选 C。

8.【答案】C

【分析】DNA 甲基化是表观遗传的一种类型，表观遗传是指生物体的碱基序列保持不变，但基因表达和表型发生可遗传变化的现象。

【详解】A、依据题干信息，饲喂高脂食物会使线虫表现出脂肪积累表型，此时组蛋白 H3K4 位点甲基化的程度提高，当饲喂正常食物时，组蛋白 H3K4 位点甲基化的程度较低，说明高脂饮食可以提高组蛋白 H3K4 位点甲基化程度，A 正确；

B、当亲本饲喂高脂食物时，子代无论食物如何，也表现为脂肪积累，当亲本饲喂正常食物时，子代饲喂正常食物，子代表型正常，说明造成 F①和 F②表型不同的原因在于亲代的饮食情况，B 正确；

C、结合 A 项和题干信息，染色体组蛋白 H3K4 位点甲基化可激活 daf-16 等脂代谢相关基因表达，高脂饮食可以提高组蛋白 H3K4 位点甲基化程度，说明 daf-16 等相关基因表达增加可以促进脂肪的积累，C 错误；

D、组蛋白甲基化会影响基因的表达，导致子代表型发生改变，属于表观遗传现象，D 正确。

故选 C。

9.【答案】D

【分析】1、物种：分布在一定的自然区域内，具有一定的形态结构和生理功能，而且在自然状态下能够相互交配和繁殖，并能够产生可育后代的一群生物个体。

2、隔离：不同种群间的个体，在自然条件下基因不能发生自由交流的现象，常见的有地理隔离和生殖隔离。

3、地理隔离在物种形成中起促进性状分离的作用，是生殖隔离必要的先决条件，一般形成亚种。

【详解】A、不同的地理环境会对生物进行选择，使得生物向着适应环境的方向进化，不同种地雀形态特征差异体现了对不同地理环境的适应，A 正确；

B、突变和基因重组为生物进化提供原材料，使“达尔文雀”出现了丰富的表型，B 正确；

C、各岛屿上的地雀种群之间由于地理隔离，不能进行基因交流，逐渐形成生殖隔离，C 正确；

D、自然选择导致种群基因频率的改变，标志着生物发生了进化，生殖隔离的形成标志着新物种的形成，D 错误。

故选 D。

10.【答案】C

【分析】醛固酮的作用是促进肾小管和集合管对 Na^+的主动重吸收，同时促进钾的分泌，从而维持水盐平衡；而抗利尿激素的作用是提高肾小管和集合管上皮细胞对水的通透性，增加水的重吸收量，使细胞外液渗透压下降，从而维持水平衡。

【详解】A、运动员在马拉松比赛过程中交感神经活动占据优势，心跳加快，支气管扩张，为运动提供充足的能量，A 正确；

B、血糖的含量相对稳定需要通过神经调节和体液调节的共同维持，B 正确；

C、通过增加汗腺的分泌量，在皮肤蒸发带走热量，从而维持体温的恒定，C 错误；

D、运动中产热量增加，通过出汗、皮肤毛细血管舒张等增加散热维持体温的相对稳定，D 正确。

故选 C。

11.【答案】B

【分析】化学突触包括突触前膜、突触间隙和突触后面三部分，神经递质存在于突触前膜内，兴奋只能由突触前膜向突触后膜单向传递。

【详解】A、突触小体可以和其他神经元的树突、胞体相接近形成突触，A 正确；

B、兴奋通过化学突触传递是单向的，原因是递质存在于突触前膜内，只能由突触前膜释放作用于突触后膜，电突触的传递是双向的，B 错误；

C、化学突触处存在着电信号和化学信号之间的转换，电突触处以电信号形式传递，电信号速度比化学信号速度快，因此与化学突触相比，电突触的传递速度较快，C 正确；

D、化学突触兴奋的传递过程需要突触前膜内的突触小泡（囊泡）与突触前膜融合释放神经递质作用于突触后膜，而电突触兴奋的传递不需要神经递质的参与，因此与化学突触相比，电突触前膜内囊泡数量较

少，D 正确。

故选 B。

12.【答案】D

【分析】乙烯的合成部位是植物体各个部位，作用是促进果实成熟，促进开花，促进叶、花、果实脱落。

【详解】A、分析图可知，光处理会影响花青素的含量，乙烯可以调节果实的成熟，即光和乙烯都是调节果实成熟的信号，A 正确；

B、分析图可知，高光处理组花青素含量高于中光处理组，因此增加光强有利于果实中花青素的积累，B 正确；

C、分析图可知，无论是中光处理组还是高光处理组，乙烯的产生速率都在发生动态变化，即果实成熟过程中乙烯的含量是动态变化的，C 正确；

D、分析图可知，高光处理组第 5 天乙烯产生速率最高，但花青素在第 5 天不是最高的，且高光处理组第 12 天乙烯产生速率最低，但花青素在第 12 天是最高的，因此不能说明光通过促进乙烯的合成促进花青素的积累，D 错误。

故选 D。

13.【答案】A

【分析】随着时间的推移，一个群落被另一个群落代替的过程,叫作群落演替，包括初生演替和次生演替。

【详解】A、能量不能循环利用，A 符合题意；

B、群落从发展期到成熟期，生产者种类和数量增多，固定的有机物增多，B 不符合题意；

CD、群落从发展期到成熟期，生物组分增加，物种丰富度越来越大，营养结构越来越复杂，CD 不符合题意。

故选 A。

14.【答案】D

【分析】进行植物体细胞杂交时先用酶解法去除植物细胞的细胞壁，进行植物原生质体的融合，形成杂种细胞，再通过植物的组织培养将杂种细胞培育成杂种植株。不同种的植物之间具有生殖隔离，该种方法打破了不同种植物间的生殖隔离，克服了远缘杂交不亲和的障碍。

【详解】A、需要先用纤维素酶和果胶酶处理柴胡和小麦细胞获得原生质体，再进行融合获得杂种细胞，A 正确；

B、原生质体融合的常用方法包括了电融合、PEG、离心等方法，B 正确；

C、结合电泳结果分析，杂种细胞中没有包含小麦所有的 DNA，说明丢失了部分来自小麦的遗传信息，C 正确；

D、结合电泳结果分析，杂种细胞只含有柴胡的部分 DNA，即杂种细胞染色体组成与柴胡细胞不完全相同，D 错误。

故选 D。

15.【答案】A

【分析】DNA 电泳分离原理是基于 DNA 分子在电场中的迁移速度差异来实现分离的。DNA 分子带有负电

荷，在电场作用下会向正极迁移，由于 DNA 分子的大小和电荷不同，不同的 DNA 分子会以不同的速度迁移，从而实现分离。

【详解】A、各种光合色素在层析液中的溶解度不同，因此可以用纸层析法分离，A 错误；

B、在细胞器分离时，由于各种细胞器颗粒大小不同，因此可以用差速离心法分离，B 正确；

C、由于 $^{15}N/^{15}N$-DNA 和 $^{14}N/^{14}N$-DNA 质量不同，因此可以采用密度梯度离心的方法分离，C 正确；

D、由于不同大小的 DNA 分子在电场的作用下迁移速度不同，分子量小的迁移速度快，因此可以采用电泳的方法分离分子量大小不同的 DNA 分子，D 正确。

故选 A。

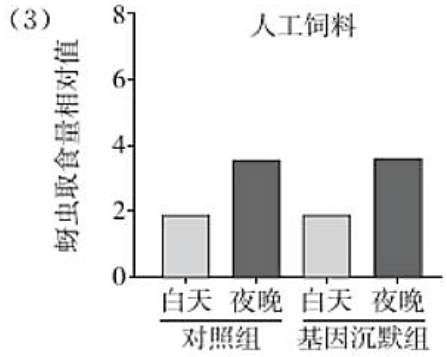
第二部分

二、非选择题：本部分共 6 题，共 70 分。

16.【答案】（1） ①. 生物因素 ②. 样方

（2） ①. 翻译 ②. 不与蚜虫基因的 mRNA 具有碱基互补配对关系 ③. 基因沉默组蚜虫的存活率和繁殖力均低于对照组

（3）



（4）蚜虫在夜晚取食增加，植物防御反应增强，蚜虫释放 C 增加，应对植物防御反应，保证了取食量。

【分析】植物和活动范围小和活动能力弱的动物，调查种群密度采用样方法；活动能力强和活动范围广的动物采用标记重捕法。

【小问 1 详解】

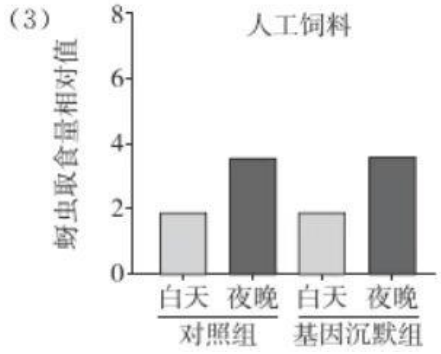
环境中影响生物生活的各种因素叫环境因素，分为非生物因素和生物因素。非生物因素包括：光、温度、水、空气、土壤等。生物因素是指环境中影响某种生物个体生活的其他所生物。植物的防御反应可以通过植物对蚜虫取食的反应来控制或影响蚜虫的种群数量。这体现了蚜虫种群数量增长除受到非生物因素影响外，还受到生物因素的影响。因为蚜虫属于活动范围小和活动能力能力弱的动物，监测蚜虫种群数量变化，可定期用样方法进行调查。

【小问 2 详解】

在探究 C 的作用时，研究人员为构建沉默 C 基因的蚜虫，将人工合成的与 C 基因 mRNA 互补配对的小段 RNA 导入蚜虫，mRNA 参与基因的翻译过程，所以通过影响翻译的过程干扰基因的表达。基因沉默组的处理是将与 C 基因 mRNA 互补配对的 RNA 导入蚜虫，所以对照组导入的小段 RNA 的核苷酸序列应满足不与蚜虫基因的 mRNA 具有碱基互补配对关系。由图 1、2 可知，接种 24h 后基因沉默组蚜虫的存活率和繁殖力均低于对照组，说明 C 对蚜虫在小麦上的繁殖存在重要作用。

【小问 3 详解】

已有研究发现蚜虫在夜晚取食量高，且 C 在夜晚分泌量达到峰值，推测蚜虫通过改变 C 的分泌量以应对植物防御反应。因为用人工饲料喂养不会出现植物防御反应，蚜虫不需要通过改变 C 的分泌量应对植物防御反应，与 C 基因是否沉默无关，所以人工饲料饲喂条件下 C 基因沉默组的实验结果，应与对照组一致。



【小问 4 详解】

已有研究发现蚜虫在夜晚取食量高，而蚜虫取食后植物会产生防御反应，所以蚜虫在夜晚取食增加，植物防御反应增强，C 在夜晚分泌量达到峰值，且通过改变 C 的分泌量以应对植物防御反应，因此，蚜虫释放 C 增加，应对植物防御反应，保证了取食量。

17.【答案】（1）化能自养

（2） ①. 五碳化合物 C_5 ②. 绿色植物进行光合作用的能量来源光能，而钩虫贪铜菌的能量来源 H_2 氧化

（3）钩虫贪铜菌较持续表达“低利用率酶”，在环境变化时可迅速改变代谢方式 （4）ABC

【分析】光合作用包括光反应和暗反应两个阶段：光反应发生场所在叶绿体的类囊体薄膜上，色素吸收光能、传递光能，并将一部分光能用于水的光解生成[H]和氧气，另一部分光能用于合成 ATP；暗反应发生场所是叶绿体基质中，首先发生二氧化碳的固定，即二氧化碳和五碳化合物结合形成两分子的三碳化合物，三碳化合物在光反应产生的[H]和 ATP 的作用下被还原，进而合成有机物。

【小问 1 详解】

在 O_2、CO_2、H_2 混合气体环境中，利用不含碳源的培养基培养，即环境中缺乏有机碳源，此时钩虫贪铜菌可以通过氧化 H_2 获得能量，进而通过卡尔文循环固定 CO_2 生成有机物，称为化能自养。

【小问 2 详解】

图中物质 X 是 C_5，即五碳化合物。绿色植物和钩虫贪铜菌都能通过卡尔文循环固定 CO_2 合成有机物，两者不同之处在于最初的能量来源不同，即绿色植物进行光合作用最初的能量来源是光能，而钩虫贪铜菌最初的能量来源是氧化 H_2 获得的能量。

【小问 3 详解】

研究发现，环境中 CO_2 浓度很低时，钩虫贪铜菌卡尔文循环水平较低，但相关酶的表达量依然较高，相关酶的表达有利于固定较低浓度的二氧化碳，进而参与卡尔文循环，适应低二氧化碳环境；而当环境中没有 H_2 存在时，氢化酶也会大量表达，这样可为随时出现的 H_2 提供氧化条件，满足自身需要，因此这是适应环境的表现，即钩虫贪铜菌持续表达低利用率酶，在环境变化时可迅速改变代谢方式，因而提高了自身对环境的适应性。

【小问 4 详解】

A、根据题意可知，该菌株可固定工业废气中的 CO_2 同时生产 PHA，有利于减少碳排放，环节温室效应，A 正确；

B、 通过改造该菌株的代谢途径，可使其利用如餐厨废油等更广泛的底物，实现废物再利用，起到了节约能源的目的，B 正确；

C、 通过提高羧化酶的活性提高 CO_2 固定效率，促进了 C_3 的生成，因而可提高 PHA 产量，C 正确；

D、呼吸作用为细胞内其他代谢过程提供能量来源，因此，尽管呼吸作用过程中消耗乙酰辅酶 A，也不能可阻断呼吸作用提高 PHA 产量，D 错误。

故选 ABC。

18.【答案】（1） ①. 全能性 ②. 再分化

（2） ①. 抑制 ②. 促进

（3）3组＞4组＞2组＞1组

（4）野生型植株中 A1 和 A12 基因同时存在，a1 植株中 A1 基因突变，只有 A12，A1 与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子，且 A12 的促进作用显著大于 A1；两者同时存在时的促进作用小于只有 A12时，CLV 促进再生芽数量增多，因此，野生型再生芽数量明显小于 a1

（5）①A1、②A12、③A12、④A1、⑤CLV基因

【分析】植物组织培养依据的原理为植物体细胞的全能性，即细胞经分裂、分化后，仍然具有产生完整生物体或分化成其他各种细胞的潜能。离体的植物组织或细胞，在培养一段时间后，会通过细胞分裂形成愈伤组织。愈伤组织的细胞排列疏松而无规则，是一种高度液泡化的呈无定形状态的薄壁细胞。由高度分化的植物组织或细胞产生愈伤组织的过程，称为植物细胞的脱分化。脱分化产生的愈伤组织继续进行培养，又可以重新分化成根或芽等器官，这个过程叫做再分化。再分化形成的试管苗，移栽到地里，可以发育成完整的植株体。

【小问 1 详解】

植物器官、组织及细胞在离体培养条件下可形成再生植株，即分裂、分化后的植物细胞发育成了完整植株，该过程体现出植物细胞具有全能性。由愈伤组织继续进行培养，又可以重新分化成根或芽的过程叫作再分化。

【小问 2 详解】

分析图 1 可知，野生型植株同时含有 A1、A12 基因，可以表达 A1、A12 蛋白，al（A1 缺失突变体）植株只含有 A12 基因，不能表达 A1 蛋白，al2 植株属于 A12 缺失突变体，只含有 A1 基因，即该植株中不能表达 A12 蛋白，根据图 1 中结果可知，al（A1 缺失突变体）植株再生芽的数量最多，其次是野生型植株，再次是 al2 植株，说明当 A12 存在时 A1 对芽的再生有抑制作用，当没有 A12 存在时 A1 对芽的再生有促进作用。

【小问 3 详解】

根据题意，CLV 是芽尖分生组织中的干细胞调节因子，CLV 缺失突变体的再生芽数量明显减少。A1 和 A12 均能与 CLV 基因启动子相同位点结合，实验证明 A1 与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进基因

的表达，且 A12 的促进作用显著大于 A1。那么表中 4 组实验中，第 3 组叶肉细胞中只导入了 A12 基因，因此该组促进 CLV 基因的表达量最多，其次是第 4 组叶肉细胞中导入了 A1 和 A12 基因，由于 A1 与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进基因的表达，且 A12 的促进作用显著大于 A1，因此该组 CLV 基因的表达量少于第 3 组，再次是第 2 组，叶肉细胞中只导入了 A1 基因，那么第 2 组 CLV 基因的表达量少于第 4 组，第 1 组叶肉细胞中没有导入 A1 和 A12 基因，该组 CLV 基因表达量最少，因此 4 组报告基因表达量关系为 3＞4＞2＞1。

【小问 4 详解】

综合上述研究结果可知，野生型植株中 A1 和 A12 基因均正常，a1 植株中 A1 基因突变，但 A12 基因正常，由于 A1 与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进基因的表达，且 A12 的促进作用显著大于 A1；a1 植株中 A1 基因突变不能与 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域，因此 a1 植株 CLV 表达量多于野生型植株，CLV 是芽尖分生组织中的干细胞调节因子，CLV 缺失突变体的再生芽数量明显减少，因此 CLV 表达增量多促进再生芽数量增多。

【小问 5 详解】

结合上述实验研究可知，A1 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进 CLV 基因表达量少，而 A12 竞争结合 CLV 基因启动子区域促进 CLV 基因表达量多，有利于促进再生芽数量增多。因此图中①为 A1、②为 A12、③为 A1、④为 A12、⑤为 CLV 基因，故图中 A1、A12 和 CLV 基因补充在图 2 中如下：

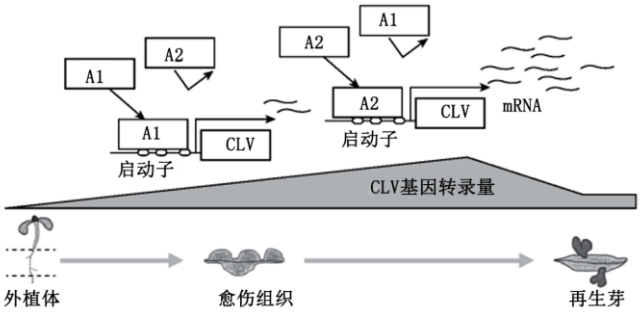


图2

。

19.【答案】（1） ①. 免疫监视 ②. 巨噬细胞（B 淋巴细胞/T 淋巴细胞）

（2） ①. c ②. d ③. e ④. + ⑤. ++++

（3）使用单抗治疗乳腺癌的过程中，癌细胞高表达 NAT8L.产生大量 NAA，NAA 抑制穿 孔素在 NK 细胞与癌细胞连接处聚集，减少穿孔素释放，降低 NK 细胞对癌细胞的杀 伤作用，形成免疫逃逸

（4）从使用剂量、使用时间、药物靶向性等

【分析】人体免疫系统的三大防线：

（1）第一道：皮肤、粘膜的屏障作用及皮肤、黏膜的分泌物（泪液、唾液）的杀灭作用。

（2）第二道：吞噬细胞的吞噬作用及体液中杀菌物质的杀灭作用。

（3）第三道：免疫器官、免疫细胞、免疫物质共同组成的免疫系统。

【小问 1 详解】

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。机体识别并清除癌细胞，属于免疫系统的免疫监视功能。免疫细胞有树突状细胞，巨噬细胞，B 淋巴细胞和 T 淋巴细胞等。

【小问 2 详解】

实验目的：NAT8L 减弱了 NK 细胞对肿瘤生长的抑制作用。自变量是 NAT8L 基因的有无，因此实验组 1 为植入 b（转入 E 基因的小鼠乳腺癌细胞系）的 d（对人 E 蛋白无排异反应的小鼠），实验组 2，供体鼠应为植入细胞 c（敲除 NAT8L 基因的 E^+）的小鼠 d（对人 E 蛋白无排异反应）。受体鼠为已植入细胞 c 的小鼠 e（e 不产生免疫细胞的免疫缺陷小鼠）。第三组作为对照，肿瘤体积最大，第二组没有 NAT8L 基因的作用，NK 细胞未被抑制，肿瘤体积最小。

【小问 3 详解】

根据题意和实验结果可知，NAA 处理组的 NK 细胞其穿孔素并未在癌细胞与 NK 细胞的连接处，而无处理组的 NK 细胞其穿孔素主要在癌细胞与 NK 细胞的连接处，因此使用单抗治疗乳腺癌的过程中，癌细胞高表达 NAT8L 产生大量 NAA，NAA 抑制穿孔素在 NK 细胞与癌细胞连接处聚集，减少穿孔素释放，降低 NK 细胞对癌细胞的杀 伤作用，形成免疫逃逸。

【小问 4 详解】

若以 NAT8L 作为肿瘤治疗的靶点，可以进一步从使用剂量、使用时间、药物靶向性等方面进行探究。

20.【答案】（1） ①. 内质网、高尔基体 ②. 抑癌

（2） ①. AC ②. AF

（3） ①. M 基因的启动子序列相同 ②. E 蛋白与探针 P ③. 与探针 P 结合的确实是 E 蛋白

（4）不能，此实验只能证明 E 蛋白抑制血管的生成，而不能证明是通过蛋白 M 抑制血管生成。

【分析】胰岛素是唯一能降低血糖的激素，其作用分为两个方面：促进血糖氧化分解、合成糖原、转化成非糖类物质；抑制肝糖原的分解和非糖类物质转化。当胰岛素和其受体结合后，一方面促进葡萄糖的氧化分解、合成糖原和转化形成非糖类物质，另一方面使细胞膜上的葡萄糖转运蛋白增加，促进葡萄糖进入细胞，从而使血糖浓度降低。

【小问 1 详解】

M 蛋白属于分泌蛋白，因此 M 蛋白在核糖体合成，经内质网和高尔基体加工后分泌至细胞外；根据题意，研究人员发现结肠癌患者血清中的 M 蛋白含量显著降低，说明癌细胞增殖与 M 蛋白含量降低有关，因此，M 蛋白的作用可能是抑制细胞分裂，因此 M 基因可能是一种抑癌基因。

【小问 2 详解】

根据题意，E 蛋白通过与 M 基因启动子区域结合，促进 M 基因的表达，将相应质粒分别转入两组相同的细胞中，一段时间后收集细胞裂解液，检测荧光强度。结果显示甲组荧光强度明显高于乙组，因此转入甲组细胞的表达载体有含有组成型启动子和 M 基因，而转入乙组细胞的表达载体只含有突变型的 M 基因启动子，此外都要转入 E 基因和荧光素酶基因，因此转入甲组细胞的表达载体有 AC，而转入甲组细胞的表达载体有 AF。

【小问 3 详解】

根据题意，EMSA 实验可在体外验证 DNA 和蛋白质的相互作用，其原理是将蛋白质和用放射性同位素标记的 DNA 探针一同保温，电泳时探针和蛋白质相互作用形成的复合物比游离的探针移动的慢，处理后标记可显色，（2）中的结论，是 E 蛋白通过与 M 基因启动子区域结合，促进 M 基因的表达，因此探针 P 的碱基序列应与 M 基因的序列相同，实验 3 与 2 组相比加了有标记和无标记的探针 P，实验 4 组中加入了无

标记的突变探针 P，因此实验 3、4 组无标记的探针不会出现显色条带，作用是说明 E 蛋白与探针 P 的结合是具有特异性的，而 5 组加入了 E 蛋白的抗体，因此 5 组的作用在于说明与探针 P 结合的确实是 E 蛋白。

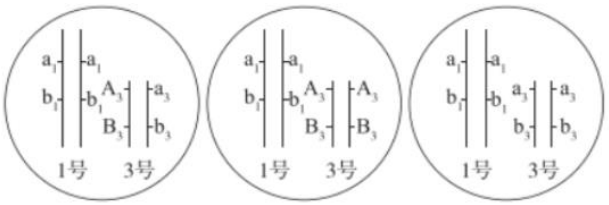
【小问 4 详解】

根据题意，接种数量相同的血管内皮细胞于某基底上后，一段时间后在显微镜下观察，经 E 蛋白处理的细胞形成小管的数量低于未经 E 蛋白处理的，该实验不能证实“E 蛋白通过 M 蛋白抑制血管生成”，因为 E 蛋白的抑制作用是否通过蛋白 M 无法证明。

21.【答案】（1） ①. 隐性 ②. 基因分离

（2）甲的三层叶片角度均小于野生型的，且甲上、中、下层叶片角度逐渐增大

（3）a_1a_1/b_1b_1 个体的平均叶片角度小于 A_1A_1/B_1B_1 个体，A_3A_3/B_3B_3 和 a_3a_3/b_3b_3 个体的平均叶片角度无显著差异



（4） ①. 品系丙 ②. 导入基因编辑系统 L 的品系乙 ③. 胚非紫色/白色、胚乳紫色 ④. 秋水仙素

【分析】基因分离定律的实质：在杂合子的细胞中，位于一对同源染色体上的等位基因，具有一定的独立性；生物体在进行减数分裂形成配子时，等位基因会随着同源染色体的分开而分离，分别进入到两个配子中，独立地随配子遗传给后代。

【小问 1 详解】

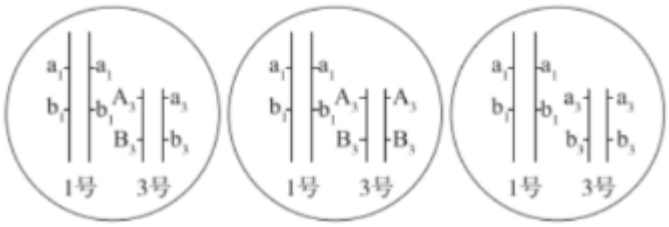
据题分析可知，品系甲与野生型杂交，F_1 自交得到的 F_2 中，常规冠层和智能冠层的子代比例为 3：1，表明智能冠层为隐性，常规冠层为显性；该相对性状由一对等位基因控制，该性状的遗传遵循分离定律。

【小问 2 详解】

根据图 1 分析可知，图 1 显示甲更适宜密植的冠层特点是：品系甲三层叶片与茎秆的角度均小于野生型的，且甲上、中、下层叶片与茎秆的角度逐渐增大。

【小问 3 详解】

分析题意可知，玉米的不同染色体上存在不同的短核苷酸序列，可作为基因定位的分子标记，本实验中玉米的每对同源染色体中各选取 2 种分子标记进行检测，据表可知，1 号的分子标记是 A_1A_1/B_1B_1，a_1a_1/b_1b_1，两者的平均叶片角度分别是 33.75、17.89，a_1a_1/b_1b_1 个体的平均叶片角度小于 A_1A_1/B_1B_1 个体，而 A_3A_3/B_3B_3 的平均叶片角度是 29.56，a_3a_3/b_3b_3 的平均叶片角度是 31.43，两者之间无明显差异，故最终将智能冠层基因定位于 1 号染色体上；由于智能冠层基因位于 1 号染色体上，则 F_2 中智能冠层植株染色体上的分子标记应是 1 号染色体上 a_1b_1 连锁，3 号染色体上 A_3、B_3 和 a_3、b_3 的位置有三种情况， 可绘制图形如

下：

。

【小问 4 详解】

分析题意，杂交实验的材料有纯合品系乙、导入基因编辑系统 L 的品系乙、纯合品系丙等，其中丙的特点是高产，具有常规冠层，实验目的是培育智能冠层高产品系，该品系不含外源基因，且可稳定遗传，故首先应选择品系丙与导入基因编辑系统 L 的品系乙进行杂交，此后筛选表型为胚非紫色/白色、胚乳紫色（R 是品系乙中特有的标记基因，带有 R 基因的胚和胚乳会显紫色）的籽粒，由于相对于乙而言，此时属于单倍体，故还应用秋水仙素诱导染色体数目加倍，此后进一步筛选获得目标植株。