2025 北京顺义高三一模

生　　物

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。

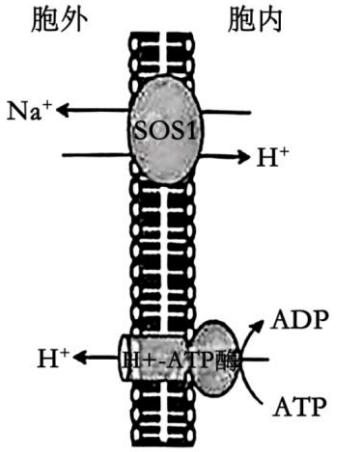
第一部分

本部分共 15 小题，每小题 2 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 一般认为只有真核生物能进行吞噬，近期发现一种能吞噬其他细胞的 H 菌，科学家将其归类为原核生物。支持以上判断的最关键证据是（　）

A. 体积微小　　B. 有环状 DNA　　C. 无核膜　　D. 无线粒体

2. 盐胁迫下，植物细胞膜上的 H^+-ATP 酶和 SOS1（Na^+-H^+逆向转运蛋白）协同作用，将 Na^+运出细胞，以维持胞内的低 Na^+水平（如图）。相关叙述错误的是（　）



A. H^+由 H^+-ATP 酶运出细胞的方式为主动运输

B. H^+由 SOS1 运入细胞的方式为协助扩散

C. 膜两侧的 H^+浓度梯度驱动 Na^+运出细胞

D. H^+-ATP 酶抑制剂可使胞内 Na^+水平降低

3. Y 蛋白主要存在于肿瘤细胞线粒体的内外膜间隙，可与丙酮酸转运蛋白相互作用，抑制丙酮酸进入线粒体。相关叙述正确的是（　）

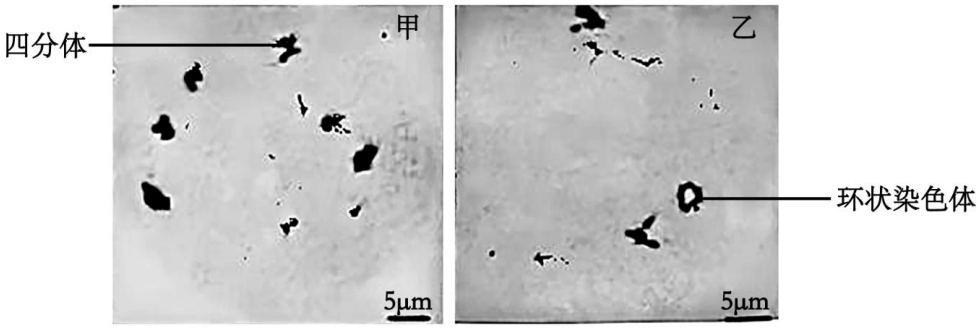
A. 丙酮酸转运蛋白主要分布于线粒体基质

B. 丙酮酸可在肿瘤的细胞质基质中转化为乳酸

C. 推测肿瘤细胞主要依靠有氧呼吸第三阶段供能

D. 敲除 Y 基因的肿瘤细胞耗氧速率明显降低

4. 单条染色体的长臂和短臂末端断裂，两断端会相互连接形成环状染色体。图甲、乙分别为厚轴茶（2n=30）花粉母细胞减数分裂同一时期正常和异常分裂的显微照片。据图推断，错误的是（　）



A. 两细胞均处于减数第一次分裂

B. 甲图细胞中含有 15 条染色体

C. 乙图细胞中含不配对的染色体

D. 乙图细胞形成正常配子概率低

5. 下列交配方式与实验目的不匹配的是（　）

A. 鉴别豌豆红花和白花的显隐性关系——测交

B. 育种中不断提高抗病品种的纯合度——自交

C. 鉴别结红果的番茄植株是否为纯合子——自交

D. 判断紫茉莉枝条颜色的遗传是否为质遗传——正反交

6. 2025 年我国科学家发现了龙城热河蝎的化石。据化石分析，龙城热河蝎生活在陆地，须肢纤细，毒针较长，具有诸多海洋生物的原始特征。与该生物相关的叙述错误的是（　）

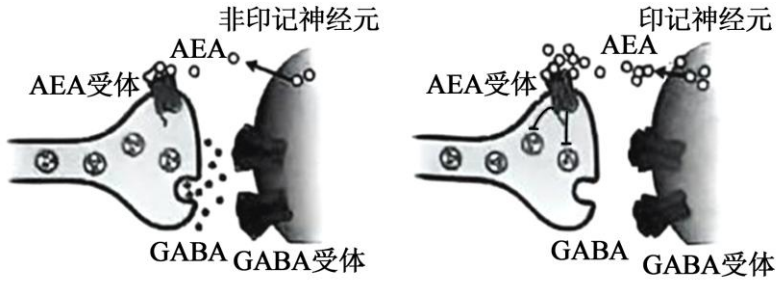
A. 祖先起源于海洋

B. 化石是研究其进化最直接的证据

C. 与现存蝎子基因差异的根本原因是基因重组

D. 保留海洋生物的原始特征是自然选择的结果

7. 创伤后应激障碍患者常被与创伤相关的日常生活情景刺激，产生过度焦虑。研究表明，创伤时的强烈刺激使大脑释放大量内源性大麻素 AEA 导致非印记神经元转变为负责记忆提取的印记神经元。下图示 AEA 作用机理，据图分析错误的是（　）



注：GABA为抑制性神经递质

A. AEA 由突触后神经元释放作用于突触前膜的受体

B. AEA 抑制突触前膜释放 GABA，解除对非印记神经元的抑制

C. 印记神经元数量和范围扩大降低大脑对恐惧记忆的特异性

D. 升高 AEA 水平可能有助于创伤后应激障碍患者恢复正常

8. 外来组织被移植到眼或脑后不易被排斥，称免疫豁免。这些部位通常存在血-组织屏障且缺乏淋巴回流，还可分泌免疫抑制因子。下列相关叙述错误的是（　）

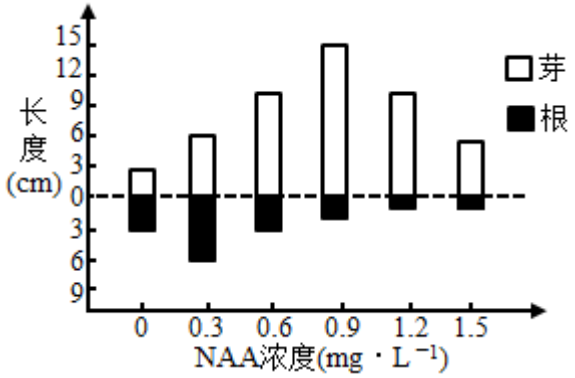
A. 眼或脑中免疫细胞或免疫活性物质相对较少

B. 入侵眼或脑的抗原易扩散到全身激活免疫反应

C. 免疫豁免一定程度上保护重要器官免受免疫损伤

D. 免疫豁免为异体器官移植提供理论基础

9. 实验小组用不同浓度的 NAA（生长素类似物）溶液处理玉米种子，几天后测量萌发种子的根长和芽长，求平均值，结果如图。由图可知（　）



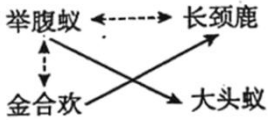
A. 根生长的最适 NAA 浓度高于芽

B. 高浓度 NAA 抑制根和芽生长

C. 对根产生抑制的 NAA 浓度仍能促进芽生长

D. 不添加 NAA 时根和芽的生长不受激素调节

10. 金合欢为举腹蚁提供住所和蜜汁，举腹蚁通过叮咬或释放蚁酸避免长颈鹿对金合欢树叶的过度采食，外来物种大头蚁会捕食举腹蚁但不主动攻击动物。将上述生物的不同关系以不同线型呈现，绘制成下图，下列相关叙述正确的是（　）



A. 图中所示生物共同构成生物群落

B. 实线单箭头可代表能量流动方向

C. 虚线双箭头的种间关系对双方均有利

D. 大头蚁入侵不影响长颈鹿的种群数量

11. 新质生产力是一种绿色生产力，通过科技创新推动经济和社会的绿色转型。下列生产、生活方式与此不符的是（　）

A. 开垦原始森林，增加耕地面积

B. 电池技术革新，降低能源浪费

C. 发展光伏发电，开发清洁能源

D. 智能垃圾回收，减轻环境污染

12. 大肠杆菌在伊红-亚甲蓝琼脂培养基（EMB）上会形成有金属光泽的深紫色菌落。利用 EMB 鉴定自制酸

奶中的大肠杆菌，相关操作错误的是（　）

A. 培养基经湿热灭菌后再倒平板

B. 将酸奶样品稀释后涂抹在 EMB 表面

C. 观察菌落颜色进行初步鉴定

D. 将使用过的培养基直接丢弃

13. 藻类产生的虾青素具有抗氧化等多种药理活性。研究人员诱导转基因水稻外植体形成愈伤组织，制备水稻胚乳悬浮细胞，对虾青素进行工厂化生产。下列操作不合理的是（　）

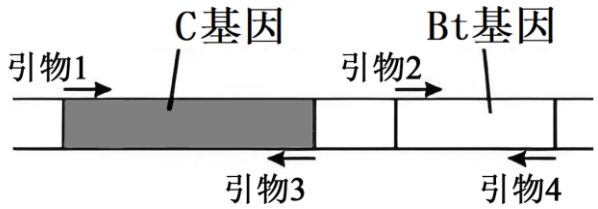
A. 将虾青素基因与胚乳特异性启动子重组

B. 在诱导愈伤组织的培养基中添加植物激素

C. 悬浮培养前用胰蛋白酶分离胚乳细胞

D. 对分离纯化的虾青素进行活性鉴定

14. 转基因抗虫棉的 Bt 蛋白在细胞质积累，可能与内源蛋白相互作用，产生非期望效应。C 蛋白能结合纤维素，科研人员将 C 基因与 Bt 基因连接构建融合基因（如图）导入棉花细胞。相关叙述正确的是（　）



A. 使用 DNA 聚合酶催化 C 基因和 Bt 基因连接

B. 选择引物 2 和 4 进行 PCR 以确定基因正确连接

C. 可通过花粉管通道法将融合基因导入棉花细胞

D. 融合基因表达可促进 Bt 蛋白在细胞膜定向积累

15. 取样调查法强调从总体中抽取样本调查，并根据样本数据推断总体特征。下列研究活动中，没有采用取样调查法的是（　）

A. 测定土壤中尿素分解菌的数量

B. 研究土壤中小动物类群丰富度

C. 调查人群中红绿色盲发病率

D. 我国开展的七次全国人口普查

第二部分

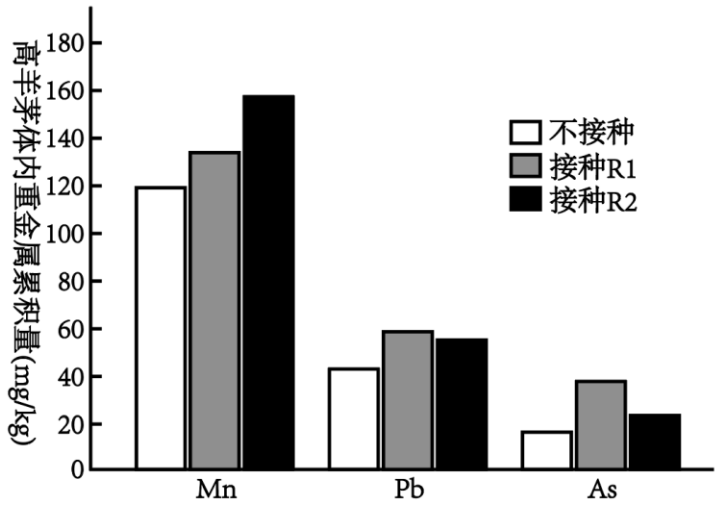
本部分共 6 小题，共 70 分。

16. 大规模采矿会造成严重的重金属污染，科研人员以某岛金矿区的尾砂为对象探究矿区生态修复的有效途径。

（1）重金属元素一般以较稳定的形式存在于环境中，但采矿改变了其在环境中的分布，加速其参与生态系统的_____过程。这些重金属元素沿着_____逐渐在生物体内聚集，对人体健康造成危害。

（2）植物修复重金属污染是常用方法。科研人员检测金矿尾砂中重金属含量以反映污染情况（下表），并给种植在矿区尾砂中的高羊茅接种根际菌 R1 或 R2，检测其体内重金属累积量（下图）。

指标	Mn（锰）	Pb（铅）	As（砷）
金矿尾砂重金属含量（mg/kg）	1438.69	356.50	231.62
该矿区土壤背景值（mg/kg）	644.00	25.80	9.30



据图可知，接种根际菌可_____高羊茅对重金属的富集能力；综合图表分析，接种_____菌更利于高羊茅富集尾砂中污染等级较高的两种重金属。

（3）高羊茅对重金属耐受性极强，以下为探究其富集特性的相关证据。

证据 1:地上部分重金属浓度与根系重金属浓度的比值随处理浓度增加而增大；

证据 2:老叶液泡膜上的重金属转运蛋白（将重金属泵入液泡）表达量是新叶的 2-3 倍；

证据 3:将高羊茅种植在含一定浓度重金属的基质中，若干天后剪取叶片，浸入荧光染色剂（与重金属结合后发荧光）1h 再取出叶片.借助特定显微镜仅观测叶片外面，可见荧光出现。

①结合以上证据，分析可知高羊茅耐受重金属的“解毒”机制是_____。

②为避免矿区种植的高羊茅体内累积的重金属重新释放到环境中，提出一条可行措施_____。

17.“倒春寒”使紫花苜蓿在返青期发生低温胁迫。为探究低温胁迫后光合作用恢复的限制因素，科研人员选取苜蓿幼苗放入培养箱，低温处理后再进行室温恢复培养，检测指标及结果如图 1：

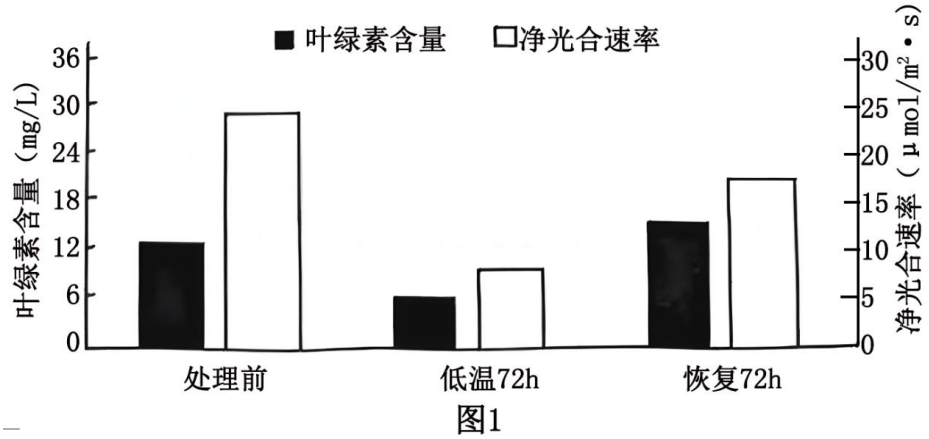


图1

（1）称取适量新鲜苜蓿叶片，加少量石英砂、碳酸钙和一定量的_____，研磨过滤制成色素提取液，用于测定叶绿素含量。将叶片切成大小一致的圆片，置于适宜浓度的 $NaHCO_3$ 溶液中，测定叶圆片的_____

速率（μmol/m²·s），代表净光合速率。

（2）据图 1 可知，低温会_____叶绿素含量。叶绿素含量变化并非影响光合速率的唯一因素，依据是室温恢复培养 72h 后，_____。

（3）紫花苜蓿叶绿体中部分特定叶绿素与蛋白构成大型复合物，即光系统，可分为Ⅰ、Ⅱ两种类型。图 2 为光系统Ⅱ（PSⅡ）电子传递的过程示意图。

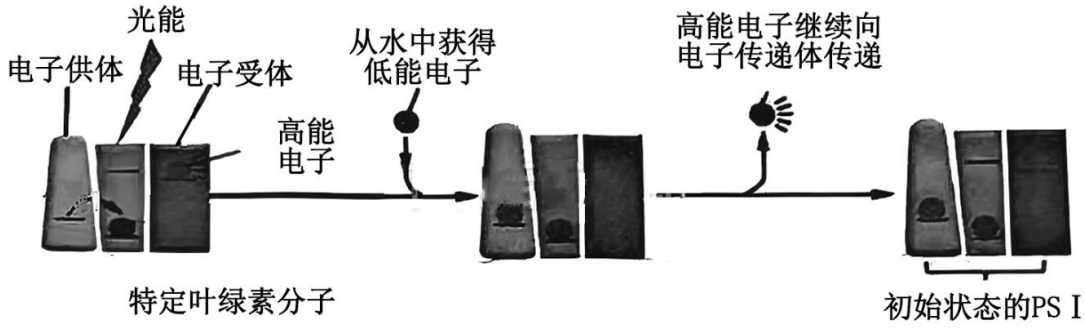


图2

①图 2 中特定叶绿素的电子可被_____激发跃迁为高能电子，再传递给电子受体。失去电子的叶绿素从电子供体中获得电子，电子供体则夺取水的电子，促进水分解直接生成_____，电子受体的高能电子继续传递，PSⅡ恢复初始状态。

②若电子传递受阻，叶绿素吸收的光能无法用于光合作用，多余的能量以更强的荧光释放。对暗处理的叶片施以强光照射，快速连续采集荧光信号，照光 0.3ms 和 2ms 时的荧光强度分别反映 PSⅡ供体侧和受体侧的电子传递情况。正常情况下，供体侧电子传递顺畅，但受体侧传递速度较慢，电子在受体侧堆积，电子传递暂时中断。若将低温处理前和恢复常温后的叶片荧光强度值记为 a 和 b，则 0.3ms 和 2ms 时，a 与 b 的大小关系分别为_____，说明低温造成 PSⅡ的供体侧功能受损，限制了光合作用的恢复。

18. 学习以下材料，回答（1）～（4）题。

基因编辑技术的变革

CRISPR/Cas9 系统是基因编辑技术的常用工具.由 Cas9 蛋白和人工设计的 gRNA 构成。gRNA 嵌入 Cas9 的 RNA 结合区，形成稳定的 RNA-蛋白复合体。gRNA 可识别目标序列，引导 Cas9 切断 DNA 双链。这种情况下，细胞内原有的负责修复 DNA 切口的酶将“行动”起来，修复断裂的 DNA（如图示）。

肝脏合成的蛋白 T 若发生错误折叠后，会聚集在心脏、神经等组织引发疾病。科学家研发了基于 CRISPR/Cas9 技术的基因治疗产品，命名为 N-2001。该产品包含靶向 T 基因的 gRNA 和编码 Cas9 的 mRNA，并由亲肝性脂质体包裹，注射到患者体内，取得一定治疗效果。但 gRNA 识别的序列短小，可能结合基因组中与目标序列相似的非目标序列，造成脱靶。

Cas9 的两个结构域分别负责切割 DNA 双链中的一条，其中一个结构域失活得到 nCas9，只能切割 DNA 中与 gRNA 结合的那条链。利用 nCas9 在目标序列的两条链上产生邻近切口，造成双链断裂，能有效减少脱靶效应。但 Cas9 和 nCas9 均是对 DNA 序列的直接改变，一旦发生错误难以纠正。

若使 Cas9 的两个结构域同时失活，则获得 dCas9，dCas9 虽然失去了切割 DNA 的能力，但仍可在 gRNA 的引导下定位到特定 DNA 序列上。以此为基础，我国科研人员通过改造获得“dCas9-Tet1”融合蛋白，将 Tet1（去甲基化因子）精确地定位到抑癌基因的启动子区域，激活抑癌基因表达。研究表明，该疗法治疗

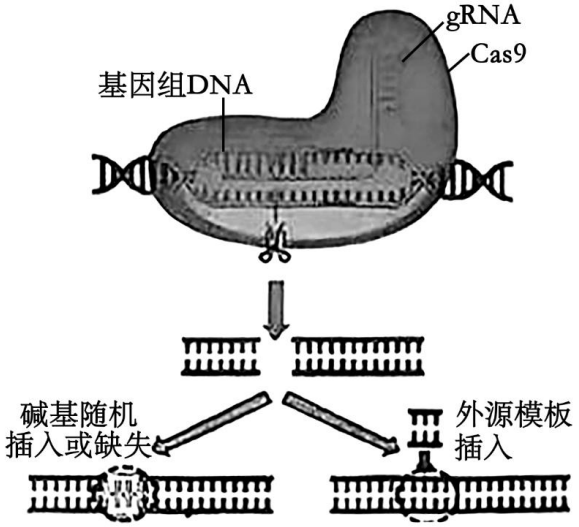
的肺癌模型小鼠，抑癌基因的表达量显著升高，癌细胞增殖迁移能力均明显降低。dCas9 基因编辑技术通过改变特定位点的 DNA 甲基化修饰，调控基因表达，为相关疾病的治疗提供了新思路。

（1）以含 Cas9 基因的重组质粒为模板，通过_____技术扩增得到含 Cas9 基因的线性 DNA 片段，在体外转录出 Cas9mRNA。

（2）由文中信息可知，N-2001 输入到患者体内后，在无外源模板的情况下，其发挥作用的过程是:脂质体进入肝细胞后降解并释放 Cas9mRNA→_____→_____→T 基因被 Cas9 剪切发生_____→T 蛋白含量降低。

（3）切割 DNA 双链时，nCas9 比 Cas9 脱靶概率低的原因是_____。

（4）DNMT 是一种作用于基因启动子区域的 DNA 甲基化酶，通过研究确定了编码 DNMT 催化结构域的基因序列。请在 N-2001 基础上，设计一种基因编辑疗法的产品，实现对肝细胞内 T 基因表达的抑制_____。



19. 二氢睾酮（5α-DHT）是人体内的强效雄激素，对肌肉力量和功能产生重要影响。为探究其发挥作用的途径，科研人员展开研究。

（1）睾酮的分泌通过下丘脑-垂体-性腺轴来调控，这称为_____调节。性腺分泌的睾酮在特定组织内转化为 5α-DHT，经_____运输至肌肉细胞，与核内受体结合，调控基因转录，30 分钟后促进肌动蛋白的合成，该途径属于核受体途径。

（2）近期发现 5α-DHT 能在 5 分钟内快速增强肌肉力量，推测其存在另一条作用途径。科研人员开展图 1 实验，在注射 5α-DHT 后的 30 分钟内，检测不同处理下小鼠骨骼肌中 cAMP 含量（cAMP 可通过调节细胞质基质中 Ca^{2+}浓度快速提高肌肉收缩力）。

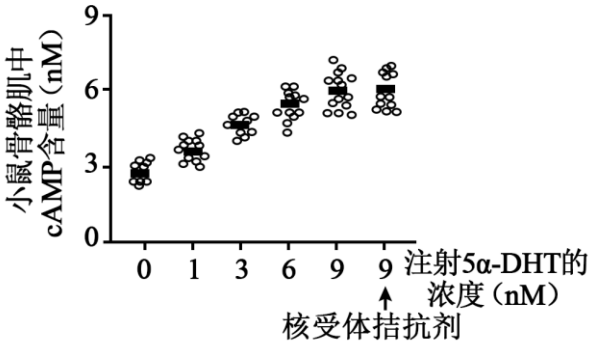


图1

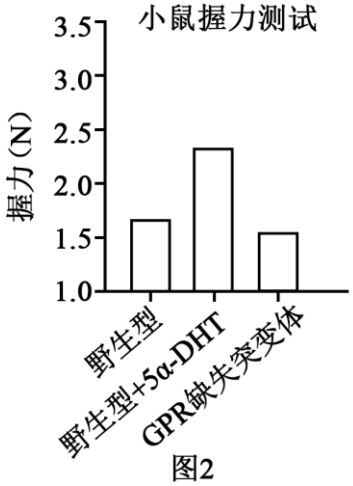


图2

①实验选择在“注射 5 α -DHT 后的 30 分钟内”检测小鼠骨骼肌中 cAMP 含量的目的是_____。

②进一步检测发现随 5 α -DHT 浓度升高，图 1 实验小鼠的肌肉收缩力加强，综合图 1 结果分析，5 α -DHT 可_____。

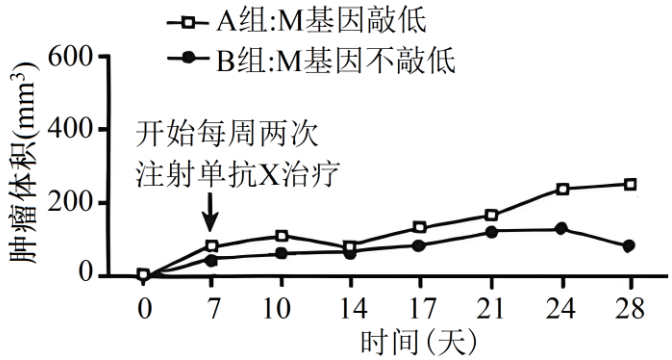
（3）cAMP 通常被认为是胞膜受体途径中的关键信使。后续研究鉴定 GPR 为 5 α -DHT 的特异性细胞膜受体，为验证这一结论，科研人员利用野生型和 GPR 缺失突变体开展图 2 所示实验，并在注射 5 α -DHT 的 30 分钟之后测试小鼠握力。请在图 2 钟补充第四组处理，并在图中相应位置绘出相应结果_____。

（4）5 α -DHT 在机体内通过核受体和膜受体两条途径调节肌肉力量和功能，结合两条途径各自的特点，从进化与适应的角度分析双重机制存在的意义_____。

20. 生长因子可结合并激活癌细胞表面的 EGFR 受体，通过一系列信号传导最终促进 ERK 磷酸化，p-ERK 进入细胞核调控促增殖基因的转录。用于结肠癌治疗的单抗 X 能与生长因子竞争受体，从上阻断胞内信号通路，但长期使用会产生耐药。

（1）获得单抗 X 需先通过注射特定抗原对小鼠进行_____，再从脾中获取 B 细胞，与骨髓瘤细胞融合，并用特定培养基筛选得到_____细胞。

（2）M 基因编码甲基转移酶 M，酶 M 可使靶基因的 mRNA 发生甲基化，影响靶基因表达。研究表明耐药结肠癌细胞中 M 基因表达下调。科研人员给小鼠接种对单抗 X 敏感的两种结肠癌细胞，并进行单抗 X 治疗，实验处理及结果如下图。



①上图结果显示_____，验证 M 基因表达下调导致结肠癌对单抗 X 产生耐药性。

②科研人员用单抗 X 处理敏感癌细胞获得耐药癌细胞，从耐药组中挑选靶基因的候选基因，相比对照组，这些基因表达的程度、其对应 mRNA 的甲基化程度分别表现为_____。

（3）进一步研究将靶基因锁定为 F 基因。科研人员完成以下实验，证明酶 M 通过甲基化修饰降低 FmRNA 的稳定性，请补充表中实验结果。

组别	实验处理	检测指标及数据处理	实验结果
1 组:对照癌细胞	在培养基中加入转录抑制剂	处理 0h、2h、4h、6h、8h 后检测 FmRNA 剩余量，推算 FmRNA 半衰期。	三组细胞 FmRNA 的半衰期由大到小的顺序为_____。
2 组:M 基因敲低癌细胞			
3 组:M 基因过表达癌细胞			

注:半衰期指某物质含量降低到初始浓度一半时所需的时间

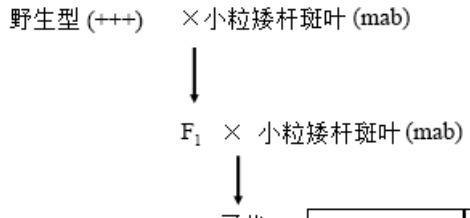
（4）研究表明 F 蛋白含量与 ERK 磷酸化水平呈正相关。基于单抗 X 的作用机理，综合上述研究成果，概括结肠癌细胞对单抗 X 产生耐药性的本质_____。

21. 杂交制种指生产具有杂种优势的种子，并供应给农民用于播种。使用机械收割，有利于实现杂交种子的规模化生产。

（1）水稻花为两性花，杂交水稻 TH 是雄性不育系 T 与育性正常的恢复系 H 杂交获得的。机械收割前，需人工提前拔除大田中的恢复系植株，目的是_____。

（2）科研人员用诱变剂处理野生型水稻，得到能结小粒的水稻 M。以 M 为母本与野生型杂交，M 所结种子（F_1）为小粒，F_1 自交所结种子（F_2）为正常籽粒，F_2 自交所结种子（F_3）中正常籽粒：小粒≈3：1。由此可知籽粒大小是由_____的基因型决定的。

（3）水稻有高秆和矮秆（由隐性基因 a 控制）、全绿叶和斑叶（由隐性基因 b 控制）之分。进行下图所示杂交实验，据子代类型及数量分析，小粒基因 m 与 a、b 在染色体上的位置及距离可描述为_____。



子代类型	+++	mab	++b	ma+	m+b	+a+	m++	+ab
数量（株）	405	398	53	46	30	34	2	3

（4）为精确定位 m 基因，研究人员筛选突变体 M 和野生型 DNA 序列中存在单个碱基差异的 5 个位点。提取 F_2 结小粒种子植株的 DNA，将不同株 DNA 等量混合扩增，然后切成含有不同差异位点的片段并进行测序。针对每个差异位点计算比值（某位点含突变体 M 碱基的片段数/该位点片段数总和），得出下表数据。推测_____位点最可能存在于 m 基因上，表中 V 位点的理论值应为_____。

染色体	差异位点	突变体 M 碱基	野生型碱基	比值
3 号	Ⅰ	A-T	G-C	0.80
3 号	Ⅱ	G-C	C-G	0.63

3 号	Ⅲ	G-C	C-G	1
5 号	Ⅳ	A-T	G-C	0.52
6 号	Ⅴ	A-T	G-C	

（5）一般情况下，籽粒大小与籽粒数量呈负相关。科研人员已根据定位信息进一步确定 m 基因的序列，请绘制出利用籽粒大小的差异，通过机械筛选分离获得杂交水稻 TH 种子的制种流程图_____。（关键词:基因编辑、混种、机械筛选筛的孔径）。

参考答案

第一部分

本部分共 15 小题，每小题 2 分。在每小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】原核细胞与真核细胞相比，最大的区别是原核细胞没有被核膜包被的成形的细胞核（没有核膜、核仁和染色体）；原核生物没有复杂的细胞器，只有核糖体一种细胞器，但原核生物含有细胞膜、细胞质等结构，也含有核酸（DNA 和 RNA）和蛋白质等物质。

【详解】原核细胞与真核细胞相比，最大的区别是原核细胞没有被核膜包被的成形的细胞核（没有核膜、核仁和染色体），H 菌若被归类为原核生物，无核膜这一特征是关键证据，C 正确。

故选 C。

2.【答案】D

【分析】由题意可知，H^+进入细胞为顺浓度梯度运输，Na^+出细胞为逆浓度梯度运输，均通过 Na^+-H^+逆向转运蛋白，H^+顺浓度梯度进入细胞所释放的势能是驱动 Na^+转运到细胞外的直接动力，由此推出 Na^+-H^+逆向转运蛋白介导的 Na^+跨膜运输为主动运输。

【详解】A、从图中可以看到，H^+由 H^+-ATP 酶运出细胞时，需要消耗 ATP，而主动运输的特点就是需要载体蛋白且消耗能量，所以 H^+由 H^+-ATP 酶运出细胞的方式为主动运输，A 正确；

B、H^+由 SOS1 运入细胞时，是顺着浓度梯度进行的，并且需要 SOS1（Na^+-H^+逆向转运蛋白）作为载体，协助扩散的特点是顺浓度梯度运输且需要载体蛋白，所以 H^+由 SOS1 运入细胞的方式为协助扩散，B 正确；

C、由图可知，SOS1（Na^+-H^+逆向转运蛋白）在将 Na^+运出细胞的同时，会将 H^+运入细胞，是利用膜两侧的 H^+浓度梯度驱动 Na^+运出细胞的，C 正确；

D、H^+-ATP 酶抑制剂会抑制 H^+-ATP 酶的活性，使得 H^+运出细胞的过程受阻，膜两侧 H^+浓度梯度难以维持，进而影响 SOS1（Na^+-H^+逆向转运蛋白）将 Na^+运出细胞，这样会导致胞内 Na^+水平升高，而不是降低，D 错误。

故选 D。

3.【答案】B

【分析】高等植物的细胞呼吸可以分为有氧呼吸和无氧呼吸两类，有氧呼吸分为三个阶段，分别为葡萄糖在细胞质基质分解为丙酮酸和[H]，丙酮酸在线粒体基质分解为二氧化碳和[H]，氧气和[H]在线粒体内膜上生成水三个过程。而无氧呼吸是在没有氧气的条件下，第一阶段产生的丙酮酸在细胞质基质被分解为酒精和二氧化碳。

【详解】A、丙酮酸转运蛋白的作用是将丙酮酸从细胞质基质转运至线粒体基质，其位于线粒体内膜，而非线粒体基质中，A 错误；

B、Y 蛋白抑制丙酮酸进入线粒体，导致丙酮酸无法参与线粒体内的有氧呼吸（如柠檬酸循环）。此时，肿瘤细胞通过无氧呼吸（糖酵解）在细胞质基质中将丙酮酸转化为乳酸，以维持能量供应，B 正确；

C、有氧呼吸第三阶段（氧化磷酸化）依赖前两阶段的产物（如 NADH 和 $FADH_2$）。若丙酮酸无法进入线粒体，则柠檬酸循环无法进行，第三阶段反应物不足，肿瘤细胞主要依赖糖酵解（无氧呼吸）供能，而非有氧呼吸第三阶段，C 错误；

D、敲除 Y 基因后，Y 蛋白的抑制作用解除，丙酮酸可正常进入线粒体参与有氧呼吸，线粒体耗氧速率应升高而非降低，D 错误。

故选 C。

4.【答案】B

【分析】减数分裂过程：（1）减数分裂前间期：染色体的复制；（2）减数第一次分裂：①前期：联会；②中期：同源染色体成对的排列在赤道板上；③后期：同源染色体分离，非同源染色体自由组合；④末期：细胞质分裂。（3）减数第二次分裂：①前期：染色体散乱分布；②中期：染色体形态固定、数目清晰；③后期：着丝点（着丝粒）分裂，姐妹染色单体分开成为染色体，并均匀地移向两极；④末期：核膜、核仁重建、纺锤体和染色体消失。

【详解】A、甲图显示四分体（同源染色体联会），说明处于减数第一次分裂。乙图虽出现环状染色体，但题目明确甲、乙为同一时期的显微照片，因此乙也处于减数第一次分裂，A 正确；

B、厚轴茶体细胞染色体数为 2n=30，减数第一次分裂时染色体数目仍为 30 条（未减半）。甲图中每个四分体由一对同源染色体组成（2 条染色体），因此甲图中染色体总数为 30 条，而非 15 条，B 错误；

C、乙图的环状染色体因断裂异常可能导致同源染色体无法正常配对，因此存在不配对的染色体，C 正确；

D、乙图的环状染色体在分裂时易导致染色体分配不均，形成染色体缺失或重复的配子，因此正常配子概率低，D 正确。

故选 B。

5.【答案】A

【分析】鉴别方法：（1）鉴别一只动物是否为纯合子，可用测交法；（2）鉴别一棵植物是否为纯合子，可用测交法和自交法，其中自交法最简便；（3）鉴别一对相对性状的显性和隐性，可用杂交法和自交法（只能用于植物）；（4）提高优良品种的纯度，常用自交法；

【详解】A、测交是让待测个体与隐性纯合子杂交。若用测交鉴别豌豆红花和白花的显隐性关系，只能判断出待测个体是纯合子还是杂合子，无法直接确定显隐性关系。要鉴别显隐性关系，应采用杂交的方式，让红花和白花豌豆杂交，子代所表现出的性状即为显性性状，A 符合题意；

B、自交可使杂合子后代发生性状分离，通过不断自交并筛选，可提高抗病品种的纯合度，B 不符合题意；

C、对于结红果的番茄植株，自交若后代不发生性状分离，则该植株为纯合子；若后代发生性状分离，则为杂合子，所以自交可鉴别其是否为纯合子，C 不符合题意；

D、正反交实验可用于判断遗传方式。若紫茉莉枝条颜色的遗传是质遗传，正反交结果会不同，且子代性状总是与母本相同；若正反交结果相同，则不是质遗传，D 不符合题意。

故选 A。

6.【答案】C

【分析】在研究生物进化的过程中，化石是最重要的、比较全面的证据，化石在地层中出现的先后顺序说明了生物是由简单到复杂、由低等到高等、由水生到陆生逐渐进化而来的。

【详解】A、龙城热河蝎具有海洋生物的原始特征，表明其祖先可能起源于海洋，逐步适应陆地环境，A正确；

B、化石是研究生物进化最直接的证据，可直接反映古生物的形态及演化关系，B正确；

C、基因差异的根本原因是基因突变（产生新等位基因），而基因重组仅在有性生殖中导致个体间差异。现存蝎子与龙城热河蝎的基因差异是长期积累的突变、自然选择及隔离的结果，而非基因重组，C错误；

D、保留原始特征可能是某些性状未被自然选择淘汰（如无显著劣势），或对适应环境仍有作用，属于自然选择的结果，D正确。

故选C。

7.【答案】D

【分析】神经纤维未受到刺激时，K^+外流，细胞膜内外的电荷分布情况是外正内负，形成静息电位；当某一部位受刺激时，Na^+内流，其膜电位变为外负内正，形成动作电位。

题意分析：当GABA与突触后膜上的特异性受体结合后，导致大量氯离子内流，使突触后神经元静息电位绝对值增大，从而抑制细胞的兴奋。

【详解】A、结合图示可知，AEA由突触后神经元释放作用于突触前膜的受体，A正确；

B、题意显示，AEA抑制突触前膜释放GABA，解除对非印记神经元的抑制，进而转变为印记神经元，B正确；

C、印记神经元数量和范围扩大会减少GABA的释放，降低大脑对恐惧记忆的特异性，即泛化恐惧反应，C正确；

D、升高AEA水平会导致非印记神经元转变为负责记忆提取的印记神经元，减少了GABA的释放，不利于创伤后应激障碍患者恢复正常，D错误。

故选D。

8.【答案】B

【分析】“免疫赦免”现象不能说明人体的免疫系统存在一定的缺陷，这是自然选择的结果。妊娠子宫的这种“免疫赦免”特性有利于胚胎的存活，保证了胚胎的正常发育。“免疫赦免”是由赦免基因控制的，通过使用药物降低免疫系统的敏感程度。

【详解】A、由于眼或脑存在血-组织屏障且缺乏淋巴回流，所以免疫细胞或免疫活性物质相对较少，A正确；

B、因为存在血-组织屏障，入侵眼或脑的抗原不易扩散到全身激活免疫反应，B错误；

C、外来组织被移植到眼或脑后不易被排斥，这样在一定程度上保护了重要器官免受免疫损伤，C正确；

D、免疫豁免现象说明外来组织在眼或脑这样的部位不易被排斥，为异体器官移植提供了理论基础，D正确。

故选B。

9.【答案】C

【分析】由人工合成的，对植物的生长、发育有调节作用的化学物质，称为植物生长调节剂。植物生长调节剂具有原料广泛、容易合成、效果稳定等优点，在农林园艺生产上得到广泛的应用。

【详解】A、根对生长素敏感，生长的最适 NAA 浓度低于芽，A 错误；

B、据图可知，与对照相比，实验范围内的 NAA 浓度对于芽都是促进而无抑制作用，B 错误；

C、图示 0.6-1.5 的浓度范围内，NAA 抑制根的生长，但仍促进芽生长，C 正确；

D、植物自身能合成并调节生长的激素，不添加 NAA 时根和芽的生长仍受到激素调节，D 错误。

故选 C。

10.【答案】B

【分析】生物之间的关系分种间关系和种内关系两种：种间关系又分互利共生（如藻类和真菌共同生活在一起形成地衣，二者密不可分）、原始合作（如海葵和寄居蟹在一起，互惠互利）、种间竞争（如水稻与稗草）、捕食（如狼吃羊）和寄生（如蛔虫寄生在人体内）等；种内关系又分种内互助（如蜜蜂之间的合作）和种内斗争（如狼群争抢猎物）等。

【详解】A、生物群落是指在一定时间内一定空间内上的分布各物种的种群集合，包括动物、植物、微生物等各个物种的种群。图中仅展示了金合欢、举腹蚁、长颈鹿和大头蚁这几种生物，不能代表该区域所有生物，所以不能共同构成生物群落，A 错误；

B、能量流动是单向的，从生产者流向消费者等。图中实线单箭头表示举腹蚁以金合欢为食，能量从金合欢流向举腹蚁，可代表能量流动方向，B 正确；

C、虚线双箭头表示金合欢和举腹蚁之间的关系，金合欢为举腹蚁提供住所和蜜汁，举腹蚁通过叮咬或释放蚁酸避免长颈鹿对金合欢树叶的过度采食，这种种间关系对双方均有利，但举腹蚁与长颈鹿之间不是均有利的关系，C 错误；

D、大头蚁会捕食举腹蚁，举腹蚁数量减少后，长颈鹿对金合欢树叶的过度采食压力减小，金合欢可能因长颈鹿采食受影响，进而可能影响长颈鹿的食物资源等，从而影响长颈鹿的种群数量，D 错误。

故选 B。

11.【答案】A

【分析】生态工程是指人类应用生态学和系统学等学科的基本原理和方法，对人工生态系统进行分析、设计和调控，或对已被破坏的生态环境进行修复、重建，从而提高生态系统的生产力或改善生态环境。生态工程建设的目的就是遵循生态学规律，充分发挥资源的生产潜能，防止环境污染，达到经济效益和生态效益的同步发展。与传统的工程相比，生态工程是一类少消耗、多效益、可持续的工程体系。生态工程以生态系统的自组织、自我调节功能为基础，遵循着整体、协调、循环、自生等生态学基本原理。

【详解】A、开垦原始森林，增加耕地面积未涉及绿色生产力，A 符合题意；

B、电池技术革新利用了新的技术提高能源利用效率，降低能源浪费，B 不符合题意；

C、建设大型风电光伏基地可以开发清洁能源，可以减少化石燃料的燃烧，减少碳排放，C 不符合题意；

D、通过科技创新来智能垃圾回收可减少人类对资源的浪费，减轻环境污染，实现绿色转型，D 不符合题意。

故选 A。

12.【答案】D

【分析】在微生物学中，将允许特定种类的微生物生长，同时抑制或阻止其他种类微生物生长的培养基，称为选择培养基。虽然各种培养基的具体配方不同，但一般都含有水、碳源（提供碳元素的物质）、氮源（提供氮元素的物质）和无机盐。另外还需要满足微生物生长对 pH、特殊营养物质以及氧气的要求。例如，培养乳酸杆菌时需要在培养基中添加维生素，培养霉菌时需将培养基的 pH 调至酸性，培养细菌时需将 pH 调至中性或微碱性，培养厌氧微生物时则需要提供无氧的条件。

【详解】A、为防止杂菌污染，微生物培养基配制之后用湿热灭菌法进行灭菌再倒平板，冷却的平板需要倒置，防止对培养基造成污染，且可避免水分过快蒸发，A 正确；

B、大肠杆菌在伊红-亚甲蓝琼脂培养基（EMB）上会形成有金属光泽的深紫色菌落，将酸奶样品充分稀释后涂抹在 EMB 表面进行鉴定是否含有大肠杆菌，B 正确；

C、大肠杆菌在伊红-亚甲蓝琼脂培养基（EMB）上会形成有金属光泽的深紫色菌落，所以可以通过观察菌落的颜色对菌种进行初步鉴定，C 正确；

D、使用过的培养基应进行灭菌，不应直接丢弃，以免污染环境，D 错误。

故选 D。

13.【答案】C

【分析】1、植物组织培养就是在无菌和人工控制的条件下，将离体的植物器官、组织、细胞，培养在人工配制的培养基上，给予适宜的培养条件，诱导其产生愈伤组织、丛芽，最终形成完整的植株。

2、植物组织培养的条件：①细胞离体和适宜的外界条件（如适宜温度、适时的光照、pH 和无菌环境等）；②一定的营养（无机、有机成分）和植物激素（生长素和细胞分裂素）。

【详解】A、将虾青素基因与胚乳特异性启动子重组，这样可以使虾青素基因在水稻胚乳细胞中特异性表达，有利于在水稻胚乳悬浮细胞中生产虾青素，A 正确；

B、在诱导愈伤组织的培养基中添加植物激素，植物激素如生长素和细胞分裂素等可以调节植物细胞的脱分化和再分化过程，促进愈伤组织的形成，B 正确；

C、胰蛋白酶是用于处理动物细胞的，植物细胞有细胞壁，应用纤维素酶和果胶酶来分离植物细胞，所以用胰蛋白酶分离胚乳细胞操作不合理，C 错误；

D、对分离纯化的虾青素进行活性鉴定，能够确定所生产的虾青素是否具有预期的抗氧化等药理活性，D 正确。

故选 C。

14.【答案】C

【分析】基因工程需要四个步骤：目的基因的筛选与获取、基因表达载体的构建、将目的基因导入受体细胞、目的基因的检测与鉴定；构建基因表达载体就是要让基因在受体细胞中稳定存在，并且遗传给下一代；同时，使目的基因能够表达和发挥作用，这一步是基因工程的核心工作。

【详解】A、DNA 聚合酶的功能是催化 DNA 链的延伸（如 PCR 中），而连接两个基因需要的是 DNA 连接酶（如 T4 DNA 连接酶），因此使用 DNA 连接酶催化 C 基因和 Bt 基因连接，A 错误；

B、PCR 检测融合基因时，需选择位于两个基因外侧的引物（如 C 基因上游和 Bt 基因下游），确保仅当基

因正确连接时才能扩增出目标片段，因此选择引物 1 和 4 进行 PCR 才可以确定基因正确连接，B 错误；

C、花粉管通道法通过将外源 DNA 直接导入花粉管，利用受精过程将基因整合到胚胎细胞中，因此可通过花粉管通道法将融合基因导入棉花细胞，C 正确；

D、C 蛋白能结合纤维素（主要存在于细胞壁），融合基因表达后，Bt 蛋白通过与 C 蛋白的结合被定向至细胞壁附近，减少细胞质中的积累，从而避免非期望效应，D 错误。

故选 C。

15.【答案】D

【分析】调查种群密度常用样方法和标记重捕法。

【详解】A、测定土壤中尿素分解菌的数量，由于土壤中细菌数量庞大，难以对所有细菌进行计数，通常采用稀释涂布平板法等取样调查方法，从土壤样本中获取数据来推断总体中尿素分解菌的数量，A 不符合题意；

B、研究土壤中小动物类群丰富度，因土壤中小动物种类和数量众多，不可能对所有小动物进行全面调查，一般通过取样器取样等方法获取部分样本，进而分析总体的小动物类群丰富度，B 不符合题意；

C、调查人群中红绿色盲发病率，由于不可能对所有人群逐一检查，常选取一定数量的人群样本进行调查，根据样本中红绿色盲患者的比例来推断整个人群的发病率，C 不符合题意；

D、我国开展的七次全国人口普查，是对全国所有人口进行全面的调查统计，并非抽取部分样本进行推断，不属于取样调查法，而是普查法，D 符合题意。

故选 D。

第二部分

本部分共 6 小题，共 70 分。

16.【答案】（1） ①. 物质循环 ②. 食物链

（2） ①. 提高 ②. R_1

（3） ①. 将重金属转运至地上部老叶，液泡区隔化储存，通过衰老叶片脱落和叶片外泌，实现高效解毒 ②. 定期收割、及时清理落叶，并进行无害化处理

【分析】当生物体摄入含有重金属的食物或水时，重金属会在其体内积累。 而在食物链中，这些重金属会随着食物链的级别不断积累和富集，即所谓的生物放大效应。

【小问 1 详解】

采矿活动释放重金属，重金属元素加速参与生态系统的物质循环过程，沿着食物链逐渐聚集。

【小问 2 详解】

根据表格，Pb 和 As 超标倍数最高（Pb 超标 13.8 倍，As 超标 24.9 倍）。若图表显示接种 R1 后对 Pb 和 As 的富集量显著增加，则 R1 更优。

【小问 3 详解】

由图表分析，高羊茅耐受重金属的“解毒”机制是将重金属从根系转运至地上部分，通过液泡膜上的转运蛋白将重金属泵入老叶液泡中储存，并通过衰老叶片脱落和叶片外泌，实现高效解毒。为避免矿区种植的高羊茅体内累积的重金属重新释放到环境中，可行措施有定期收割高羊茅的地上部分并进行集中处理（如

焚烧后安全填埋或回收重金属），避免植物腐烂导致重金属重新释放。

17.【答案】（1） ①. 无水乙醇 ②. O_2释放

（2） ①. 降低 ②. 叶绿素含量超过处理前水平，净光合速率升高但未恢复到处理前水平

（3） ①. 光能 ②. O_2和H^+ ③. a＜b，a＞b

【分析】光合作用过程分为光反应阶段和暗反应阶段，光反应阶段是水光解形成氧气和还原氢的过程，该过程中光能转变成活跃的化学能储存在 ATP 中；暗反应阶段包括二氧化碳的固定和三碳化合物的还原，二氧化碳固定是二氧化碳与 1 分子五碳化合物结合形成 2 分子三碳化合物的过程，三碳化合物还原是三碳化合物在光反应产生的还原氢和 ATP 的作用下形成有机物和五碳化合物的过程。

【小问 1 详解】

在提取光合色素时，研磨叶片需要加入少量石英砂（有助于研磨充分）、碳酸钙（防止色素被破坏）和一定量的无水乙醇，因为光合色素能溶解在无水乙醇等有机溶剂中。净光合速率可以用单位时间、单位叶面积氧气的释放量或二氧化碳的吸收量等来表示，将叶片切成大小一致的圆片置于适宜浓度的$NaHCO_3$溶液中，$NaHCO_3$溶液可提供二氧化碳，此时测定叶圆片的氧气释放速率（$\mu mol/m^2 \cdot s$），能代表净光合速率。

【小问 2 详解】

从图 1 可以看出，与对照组相比，低温处理组的叶绿素含量降低，所以低温会降低叶绿素含量。室温恢复培养 72h 后，叶绿素含量恢复超过到对照组水平，但净光合速率并未恢复到对照组水平，这就说明叶绿素含量变化并非影响光合速率的唯一因素。

【小问 3 详解】

①图 2 中特定叶绿素的电子可被光能激发跃迁为高能电子，再传递给电子受体，失去电子的叶绿素从电子供体中获得电子，电子供体夺取水的电子，促使水分解直接生成氧气和H^+。

②若电子传递受阻，叶绿素吸收的光能无法用于光合作用，多余的能量以更强的荧光释放。正常情况下，供体侧电子传递顺畅，低温造成 PSII的供体侧功能受损，那么低温处理前（a）的供体侧电子传递情况好于恢复常温后（b），所以 0.3ms 时 a＜b；受体侧传递速度较慢，电子在受体侧堆积，电子传递暂时中断，低温处理后受体侧功能也受影响，但是相对来说恢复常温后受体侧电子传递会有所改善，所以 2ms 时 a ＞ b。

18.【答案】（1）PCR （2） ①. 合成 Cas9 蛋白 ②. gRNA 引导 Cas9 定位到 T 基因 ③. 突变

（3）nCas9 切割双链产生邻近切口，需两种 gRNA 分别识别目标基因两条链的两段序列

（4）靶向 T 基因启动子的 gRNA+编码 dCas9-DNMT 融合蛋白的 mRNA+亲肝性脂质体

【分析】CRISPR/Cas9 系统由 Cas9 蛋白和人工设计的 gRNA 构成。在 gRNA 引导下，gRNA 通过碱基互补配对原则特异性结合目的基因序列，然后 Cas9 与靶序列结合并将 DNA 双链切断，对真核细胞的基因组进行特异编辑。

【小问 1 详解】

以含 Cas9 基因的重组质粒为模板，通过 PCR 技术扩增得到含 Cas9 基因的线性 DNA 片段，而后在体外转录出 Cas9mRNA，为定向切割 DNA 做准备。

【小问 2 详解】

由文中信息可知，N-2001 输入到患者体内后，在无外源模板的情况下，其发挥作用的过程是：脂质体进入肝细胞后降解并释放 Cas9mRNA→合成 Cas9 蛋白→gRNA 引导 Cas9 蛋白定位到 T 基因→T 基因被 Cas9 剪切发生突变→T 蛋白含量降低，进而发生性状改变。

【小问 3 详解】

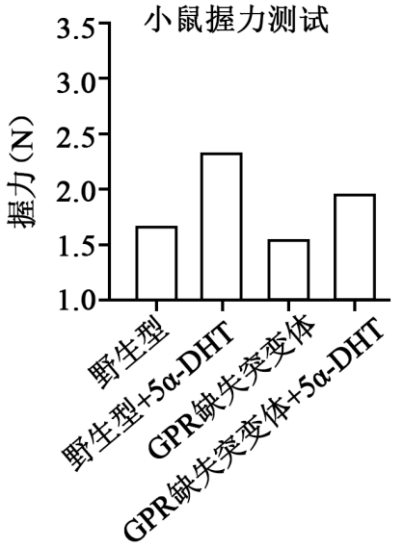
切割 DNA 双链时，nCas9 切割双链产生邻近切口，需两种 gRNA 分别识别目标基因两条链的两段序列，因此 nCas9 特异性更强，因而比 Cas9 脱靶概率低。

【小问 4 详解】

DNMT 是一种作用于基因启动子区域的 DNA 甲基化酶，启动子的甲基化会导致基因表达受阻，进而引起 T 基因编码蛋白质减少，根据该思路设计使 T 基因的启动子发生甲基化，因此，通过研究确定了编码 DNMT 催化结构域的基因序列，在 N-2001 基础上，设计靶向 T 基因启动子的 gRNA+编码 dCas9-DNMT 融合蛋白的 mRNA+亲肝性脂质体，进而实现 T 基因启动子甲基化。

19.【答案】（1） ①. 分级 ②. 体液

（2） ①. ①排除核受体途径的干扰 ②. 通过 cAMP 增强肌肉力量，且该途径不依赖核受体

（3） 

（标准：高于第三组，低于第二组）

（4）既保留了膜受体途径快速反应的优势，又叠加了核受体途径长期的调控，有助于生物 体适应多变的选择压力（也增加了生理系统的容错能力）

【分析】激素调节是指由内分泌器官（或细胞）分泌的化学物质进行的调节。不同激素的化学本质组成不同，但它们的作用方式却有一些共同的特点：（1）微量和高效；（2）通过体液运输；（3）作用于靶器官和靶细胞。

【小问 1 详解】

睾酮的分泌通过下丘脑 - 垂体 - 性腺轴来调控，这属于分级调节。分级调节是一种分层控制的方式，下丘脑分泌促性腺激素释放激素作用于垂体，垂体分泌促性腺激素作用于性腺，进而调节性腺分泌睾酮等性激素。性腺分泌的睾酮在特定组织内转化为 5α - DHT，激素通过体液（主要是血液）运输到全身各处，然后作用于靶细胞，所以 5α - DHT 经体液运输至肌肉细胞。

【小问 2 详解】

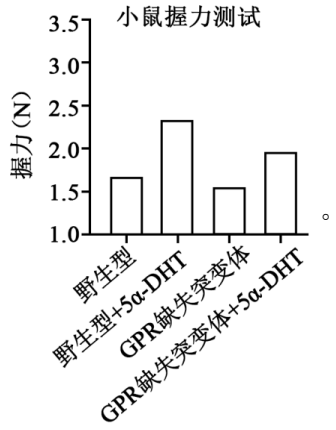
①核受体途径是在 30 分钟后增强肌肉力量。但近期发现 5α - DHT 能在 5 分钟内快速增强肌肉力量，推测

其存在另一条作用途径，而 cAMP 可通过调节细胞质基质中 Ca^{2+}浓度快速提高肌肉收缩力，所以选择在“注射 5α - DHT 后的 30 分钟内”检测小鼠骨骼肌中 cAMP 含量的目的是排除核受体途径的干扰。

②从图 1 可以看出，随着 5α - DHT 浓度升高，小鼠骨骼肌中 cAMP 含量升高，且即使注射核受体拮抗剂，小鼠骨骼肌中 cAMP 含量并不降低，说明 5α -DHT 可通过 cAMP 增强肌肉力量，且该途径不依赖核受体。

【小问 3 详解】

为验证 GPR 为 5α - DHT 的特异性细胞膜受体，已经有野生型、野生型+5α - DHT、GPR 缺失突变体三组处理，第四组处理应为 GPR 缺失突变体+5α - DHT。由于 GPR 为 5α- DHT 的特异性细胞膜受体，GPR 缺失突变体无法通过膜受体途径起作用，所以 GPR 缺失突变体+ 5α- DHT 组只存在核受体途径，则小鼠的握力应高于第三组，低于第二组，图形如下：



。

【小问 4 详解】

核受体途径的特点是调控基因转录，30 分钟后促进肌动蛋白的合成，作用较为缓慢但持久，可从根本上调节肌肉相关蛋白质的合成，维持肌肉的长期功能和发育；膜受体途径 5 分钟内就能快速增强肌肉力量，作用迅速，可使机体在短时间内应对突发的肌肉力量需求，如遇到危险时快速做出反应等。从进化与适应的角度看，既保留了膜受体途径快速反应的优势，又叠加了核受体途径长期的调控，有助于生物 体适应多变的选择压力（也增加了生理系统的容错能力）。

20.【答案】（1） ①. 免疫 ②. 杂交瘤

（2） ①. A 组肿瘤体积的增长量大于 B 组 ②. 明显不同、低

（3）2 组＞1 组＞3 组

（4）癌细胞激活 EGFR 通路下游信号 ERK，绕过单抗 X 对上游靶点的抑制

【分析】单克隆抗体是指由单个 B 淋巴细胞进行无性繁殖形成的细胞系所产生出的化学性质单一、特异性强的抗体。

【小问 1 详解】

抗原能引起机体产生特异性免疫，因此获得单抗 X 需先通过注射特定抗原对小鼠进行免疫，再从脾中获取 B 细胞，与骨髓瘤细胞融合，并用特定培养基筛选得到能大量增殖并产生抗体的杂交瘤细胞。

【小问 2 详解】

①据图可知，A 组 M 基因敲低，B 组 M 基因不敲低，单抗治疗后 A 组肿瘤的体积大于 B 组，因此可验证

M 基因表达下调导致结肠癌对单抗 X 产生耐药性。

②由于 M 基因表达下调导致结肠癌对单抗 X 产生耐药性，而 M 基因编码甲基转移酶 M，酶 M 可使靶基因的 mRNA 发生甲基化，影响靶基因表达，因此 M 基因表达下调会导致耐药组与对照组中的靶基因的甲基化程度不同，表达水平明显有差异，耐药组中 M 基因表达下调会使靶基因的甲基化水平降低。

【小问 3 详解】

2 组为 M 基因敲低癌细胞，M 酶催化能力低于 1 组，3 组为 M 基因过表达癌细胞，M 酶催化能力大于 1 组，若酶 M 通过甲基化修饰降低 FmRNA 的稳定性，则 FmRNA 的稳定性 2 组＞1 组＞3 组，半衰期指某物质含量降低到初始浓度一半时所需的时间，稳定性越强，半衰期越长，因此实验结果为 2 组＞1 组＞3 组。

【小问 4 详解】

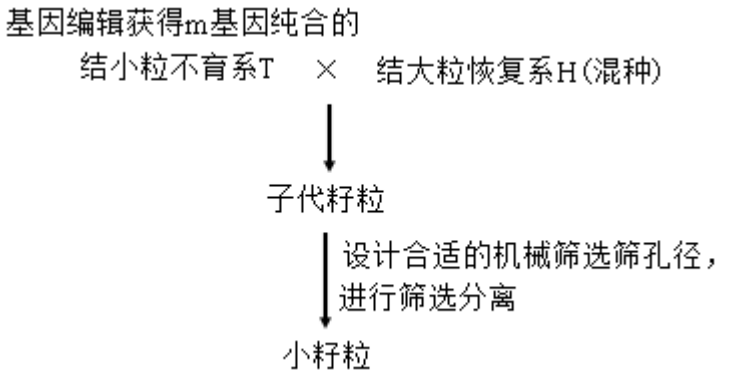
上述研究结果可知，M 基因敲低会使 F 基因表达增加，进而会导致癌细胞对单抗产生抗药性，研究表明 F 蛋白含量与 ERK 磷酸化水平呈正相关，且磷酸化的 p-ERK 进入细胞核调控促增殖基因的转录。因此可推测结肠癌细胞对单抗 X 产生耐药性的本质是癌细胞激活 EGFR 通路下游信号 ERK，绕过单抗 X 对上游靶点的抑制。

21.【答案】（1）防止恢复系自交种子混入杂交种子中

（2）母本　（3）在同一条染色体上，m 位于 a、b 之间，且距 a 更近

（4）　①. III　②. 0.5

（5）



【分析】基因的分离定律的实质是：在杂合体的细胞中，位于一对同源染色体上的等位基因，具有一定的独立性，在减数分裂形成配子的过程中，等位基因会随同源染色体的分开而分离，分别进入两个配子中，独立地随配子遗传给后代。

【小问 1 详解】

水稻花为两性花，既可以自花传粉，也可以异花传粉，育性正常的恢复系会自交，杂交水稻 TH 是雄性不育系 T 与育性正常的恢复系 H 杂交获得的，要想获得杂交水稻种子需要防止恢复系自交种子混入杂交种子中，因此机械收割前，需人工提前拔除大田中的恢复系植株。

【小问 2 详解】

据题意可知，F_2 自交所结种子（F_3）中正常籽粒：小粒≈3：1，可能该对性状由一对等位基因控制，正常籽粒对小粒为显性，假定用 A/a 表示控制该对性状基因，亲代小粒的水稻 M（♀aa）与野生型（AA）杂交，M 所结种子（F_1）应该为 Aa，按照孟德尔遗传规律，它应该是正常籽粒，但实际它为小粒，与母本基因型对应的表型一样，推测籽粒大小是由母本的基因型决定的，按照这一推测，F_1 基因型为 Aa，自交后代

性状由母本基因型决定，表型为正常籽粒，基因型为 AA：Aa：aa=1：2：1，F_2 自交所结种子（F_3）中正常籽粒：小粒≈3：1，符合题意，说明籽粒大小是由母本的基因型决定的推测是正确的。

【小问 3 详解】

据题意可知，F_1 与小粒矮秆斑叶杂交相当于测交，根据图中的测交结果，并不是（1:1）^{3}，不符合自由组合定律，因此这三对等位基因位于一对同源染色体上，且子代+++和 mab 数量较多，说明 m 与 a、b 在同一条染色体上，根据重组率可以判断基因之间距离的远近，基因之间距离越近，越不容易重组，表格中++b 和 ma+(这两种代表 m 与 b 的交换)的数量多于 m+b 和+a+（这两种代表 m 与 a 的交换），它们两者都多余于 m++和+ab（这两种代表 m 于 ab 的交换）的数量，说明 m 位于 a、b 之间，且距 a 更近。

【小问 4 详解】

III号位点的比值为 1，表明所有 F_2 小粒植株的 DNA 中，该位点均携带突变体 M 的碱基（G-C），这说明III号位点与 m 基因完全连锁，未发生重组，因此该位点极可能位于 m 基因内部或与其紧密相邻的区域。若 m 基因位于 3 号染色体（III号位点），则 6 号染色体上的V号位点与 m 基因遵循自由组合定律，F_2 小粒植株（mm）中，V号位点的等位基因应随机来自父本或母本，理论上突变型（M 碱基）与野生型碱基的比例为 1：1，即比值应为 **0.5**。

【小问 5 详解】

一般情况下，籽粒大小与籽粒数量呈负相关，需要筛选得到小籽粒的杂交水稻，题中给出关键词基因编辑（首先通过基因编辑技术获得 m 基因纯合的结小粒不育系 T）、混种（将结小粒不育系 T 与结大粒恢复系 H 进行混种，产生子代）、机械筛选筛的孔径（利用机械筛选设备，根据籽粒大小的差异，设计合适的筛孔径，筛选分离出小籽粒），因此流程图为：

