

# 2022 北京海淀高三（上）期中

## 生 物

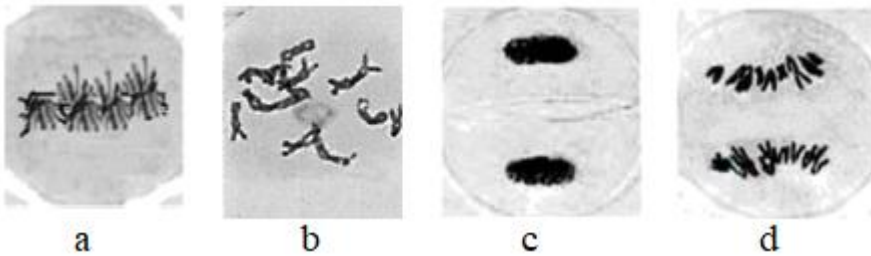
### 第一部分

一、选择题：共 15 题，在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 2022 年是遗传学之父—孟德尔诞辰 200 周年。以下现象不能用孟德尔遗传规律解释的是（ ）

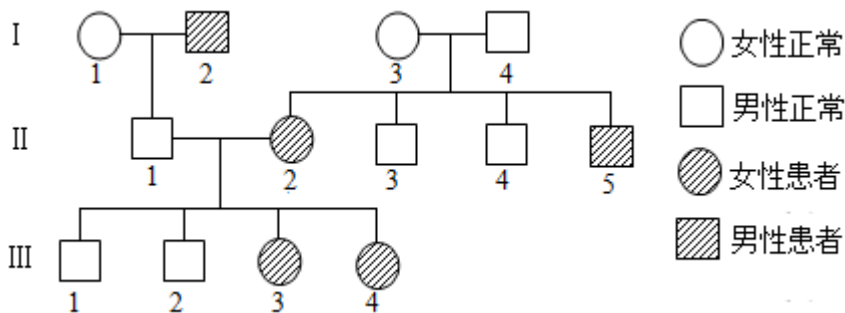
- A. 父母正常但子代出现白化病
- B. 甲基化导致控制花形的基因不表达
- C. 杂交培育抗倒伏抗条锈病小麦
- D. 黑羊和白羊杂交后代均为白羊

2. 某同学制作某二倍体植物（ $2n=24$ ）花粉母细胞减数分裂临时装片，显微镜下观察到的部分细胞图像如下图所示。下列相关叙述不正确的是（ ）



- A. a 中细胞有 24 条染色体，48 个 DNA 分子
- B. b 中细胞有 12 个四分体，可交换染色体片段
- C. c 中每个细胞染色体数是体细胞的一半
- D. d 中细胞着丝粒已分开，有两个染色体组

3. 黑尿症是一种遗传病，患者体内缺乏尿黑酸氧化酶，使尿黑酸在人体内积累，尿液中含有尿黑酸。如图是黑尿症患者家族的家系图。以下叙述不正确的是（ ）



- A. 黑尿症由常染色体上的隐性基因控制
- B. II-1 和 II-2 再生一个正常女儿的概率为 1/2
- C. 这体现基因通过控制酶的合成进而控制性状
- D. 可在人群中随机抽样调查黑尿症的发病率

4. 新型冠状病毒（SARS--CoV-2）是 RNA 病毒。病毒侵入宿主细胞后，病毒 RNA 可直接指导 RNA 聚合

酶等酶的合成。RNA 聚合酶能以病毒 RNA 为模板合成互补的 RNA，再以互补的 RNA 为模板合成新的病毒 RNA，实现病毒 RNA 的复制。据此可判断（ ）

- A. RNA 聚合酶以 4 种脱氧核苷酸为底物合成病毒 RNA
- B. 病毒 RNA 被宿主细胞的核糖体结合并翻译出蛋白质
- C. 不能依据病毒 RNA 的特异性序列进行核酸检测
- D. 新冠病毒遗传信息的流向为 RNA→DNA→蛋白质

5. 有氧运动能改变骨骼肌细胞中的 DNA 甲基化状态，引发骨骼肌的结构和代谢变化，改善肥胖、延缓衰老。下列相关叙述正确的是（ ）

- A. DNA 甲基化能改变骨骼肌细胞中基因的碱基序列
- B. 骨骼肌细胞中的 DNA 甲基化状态可以遗传给后代
- C. DNA 甲基化程度可能影响代谢相关酶基因的转录
- D. 所有成年人都适合进行长时间、剧烈的有氧运动

6. 北方粳稻比南方籼稻具有更强的耐寒性。水稻细胞膜上的低温响应受体  $L_1$  在低温下，能激活细胞膜上的  $Ca^{2+}$  通道，引起  $Ca^{2+}$  内流，进而启动下游的耐寒防御反应。籼稻  $L_1$  的第 187 位氨基酸为甲硫氨酸，而粳稻  $L_1$  的同一位置则为赖氨酸，其余序列完全相同。以下推测不合理的是（ ）

- A. 碱基对替换引起粳稻与籼稻  $L_1$  基因的差异
- B. 由籼稻和粳稻杂交所得  $F_1$  的耐寒性可判断二者  $L_1$  基因的显隐性
- C. 遭受低温后籼稻细胞质中  $Ca^{2+}$  浓度升高幅度高于粳稻
- D. 利用粳稻的  $L_1$  基因可培育转基因耐寒新品种

7. 九翅豆蔻花色晶莹剔透、花形精美，长而扁平的雌蕊花柱基部下方有簇生的短雄蕊。早上花刚刚开放，花粉成熟时，蜜蜂沿着黄色斑纹进入花中吸食花蜜、采集花粉，此时花的柱头却向上反卷，远离蜜蜂拜访的通道；午后花蜜减少、花粉也已被上午拜访的蜜蜂带走，上卷的花柱则逐渐向下弯曲，柱头进入蜜蜂拜访的通道。据此分析，不合理的是（ ）

- A. 早上和午后的花分别相当于雄花和雌花
- B. 花向蜜蜂传递的信息为物理和化学信息
- C. 花柱运动有利于增加子代的遗传多样性
- D. 花柱运动是为了适应环境而产生的突变

8. 研究者从古代尼安德特人标本中提取 DNA 进行测序，发现之前未知的线粒体 DNA (mtDNA) 序列。比较多个来自世界各地不同地区的现代人之间，以及现代人与尼安德特人、黑猩猩之间 mtDNA 特定序列的碱基对差异，结果如图 1。下列相关叙述不合理的是（ ）

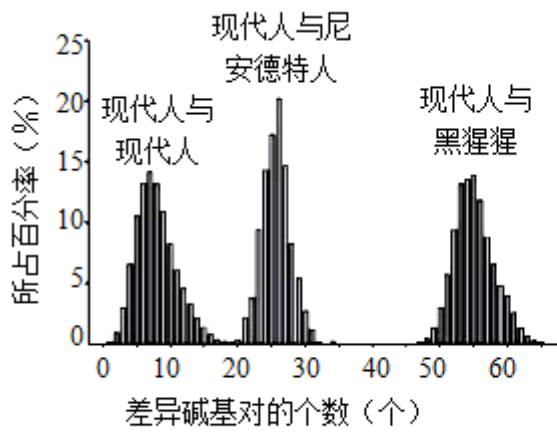


图 1

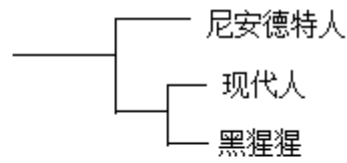
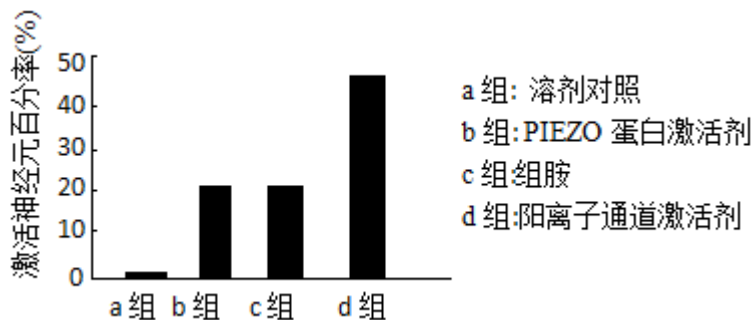


图 2

- A. mtDNA 的基因突变为生物进化提供原材料
- B. 现代人之间 mtDNA 的差异可能与迁徙有关
- C. 图 1 表明现代人与黑猩猩的 mtDNA 差异更大
- D. 图 1 结果支持绘制出图 2 所示的进化树
9. 当你在寒风中瑟瑟发抖时，机体内几乎所有细胞都会动员起来，共同抵御寒冷。这些反应不包括（ ）
- A. 大脑皮层的体温调节中枢兴奋
- B. 皮肤血管收缩导致血流量减少
- C. 神经系统快速反应，引起骨骼肌战栗
- D. 甲状腺激素、肾上腺素增强细胞代谢
10. 在野外，草丛里突然窜出的蛇会让人受到惊吓；平日里，人体能有意识地控制排尿。这些都与自主神经系统相关。下列相关叙述正确的是（ ）
- A. 受到惊吓时，副交感神经兴奋，心跳加快、呼吸急促
- B. 自主神经系统包括躯体运动神经和内脏运动神经
- C. 人体能有意识地控制排尿，说明大脑皮层能够调节内脏活动
- D. 交感和副交感神经对同一器官的作用相反，不利于机体适应环境
11. 痒觉可由化学物质（如组胺）或机械刺激引发。2010 年，人类首次鉴定出感觉神经元上可感知触碰、振动的 PIEZO 蛋白。研究者用不同试剂处理小鼠感觉神经元，实验结果如图所示。下列相关叙述错误的是（ ）

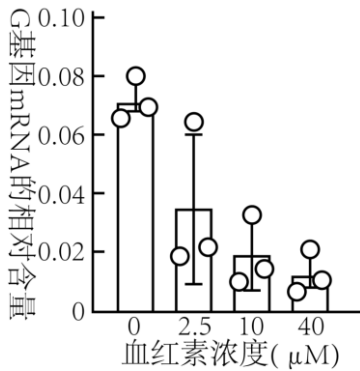


- A. 阳离子进入细胞可引起神经元兴奋  
B. 组胺和触碰都能激活感觉神经元  
C. 推测 PIEZO 蛋白可促进阳离子内流  
D. 触碰引起痒觉需要完整的反射弧
12. 科研人员发现长期精神压力会导致皮质醇释放增加，导致细胞的 DNA 损伤，诱发细胞癌变。下列相关叙述正确的是（ ）  
A. 精神压力导致下丘脑产生消极情绪引发皮质醇释放  
B. 皮质醇通过体液传送到靶细胞，结合受体后发挥调节作用  
C. 神经系统通过下丘脑-垂体-肾上腺髓质轴促进皮质醇释放  
D. 上述过程由神经-体液-免疫调节网络完成调节
13. 世界卫生组织对猴痘病毒传播作出预警。研究表明，接种过天花病毒疫苗的人群对猴痘病毒有一定的抵抗力。为此，我国生产了分离于天花病毒的“天坛株”疫苗备用。下列相关叙述正确的是（ ）  
A. 猴痘病毒可能与天花病毒的抗原结构相似  
B. 疫苗可增强机体免疫系统的免疫监视功能  
C. “天坛株”可诱发非特异性免疫预防猴痘病毒  
D. 疫苗诱发机体产生大量抗体起到长期保护作用
14. 一些人对猫过敏，研究发现猫体内存在的过敏原约有 10 种，其中最主要的是猫唾液中的 F 蛋白。下列相关叙述不合理的是（ ）  
A. 猫的舔毛行为会增加人接触 F 蛋白的概率  
B. 过敏反应有明显的遗传倾向和个体差异  
C. 若有家庭成员对猫过敏，则应尽量避免在家中养猫  
D. 从未接触过猫的儿童若接触 F 蛋白，也会产生过敏反应
15. 豌豆种子萌发成幼苗的过程中，未涉及到的激素调节过程是（ ）  
A. 赤霉素促进种子萌发  
B. 生长素促进细胞伸长  
C. 细胞分裂素促进芽的分化  
D. 脱落酸促进叶的脱落

## 第二部分

### 二、非选择题：共 6 题。

16. 疟疾是疟原虫感染引发的传染病，可能诱发严重低血糖。研究者对这过程的机理进行研究。



(1) 人体血糖平衡是通过调节血糖的来源和去路实现的。除食物中糖类的消化、吸收之外\_\_\_\_\_的分解及脂肪等非糖物质转化也是血糖的重要来源。血糖的重要去路包括被细胞摄取、\_\_\_\_\_释放能量及储存和转化。

(2) 疟原虫感染人体会导致红细胞破裂，释放血红素。研究者研究了血红素与肝脏细胞中 G 基因表达的关系，结果如下图。结果表明血红素\_\_\_\_\_ G 基因表达，且\_\_\_\_\_。

(3) G 基因表达的 G 蛋白是一种催化肝脏细胞中前体物质合成为葡萄糖的糖异生酶。由此分析，对于血糖浓度的影响，血红素与胰岛素二者的作用\_\_\_\_\_。

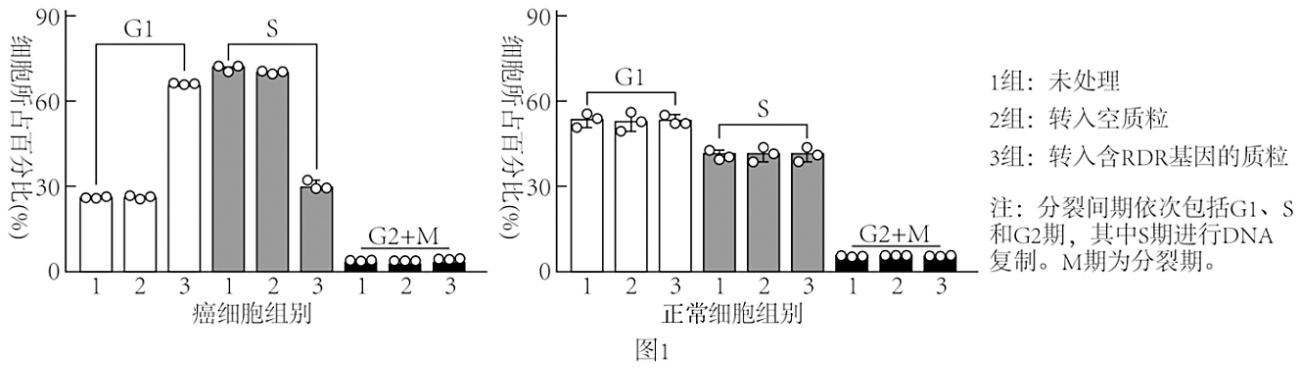
(4) 研究者推测“低血糖可能会影响疟原虫的致病性和毒性”。研究者设计了实验方案，测定得到表中的实验结果，证明了“降低血糖可对疟原虫进行抵抗”。该方案中实验组应选择的实验材料和实验操作为\_\_\_\_\_（选填表中字母）。

实验材料	实验操作	实验结果
a、未感染疟原虫的野生型小鼠 b、感染疟原虫的野生型小鼠 c、未感染疟原虫的 G 基因敲除小鼠	d、注射生理盐水 e、注射葡萄糖溶液	实验组小鼠血浆中的血红素含量高于对照组；实验组疟原虫毒性基因的转录量高于对照组

17. 一种源自水稻的 RDR 蛋白具有抑制人类癌细胞的作用，我国科研人员对此展开研究。

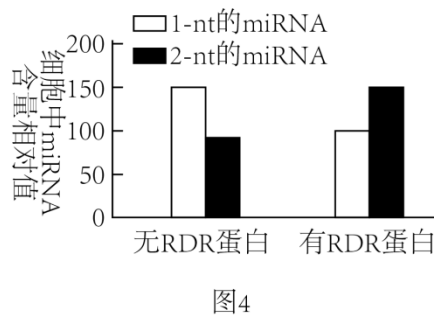
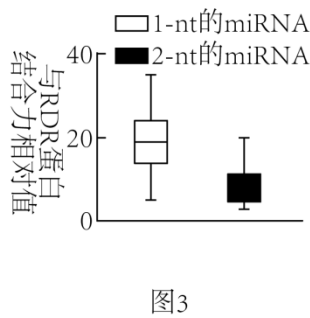
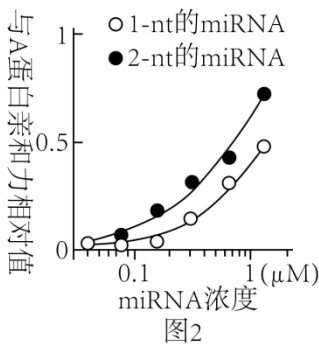
(1) 在多种癌细胞中，一种小 RNA——miRNA 的表达量明显下降，导致细胞周期失控，最终使癌细胞具有\_\_\_\_\_的特点。

(2) 科研人员通过转基因技术将水稻的 RDR 基因分别转入人类癌细胞和正常细胞中表达，统计细胞周期不同时期的细胞比例，结果如图 1。



2组转入空质粒的目的是\_\_\_\_\_。据图1可得出的结论是\_\_\_\_\_。正常

(3) 研究发现，正常细胞 miRNA 的 3'末端有 2 个碱基 (2-nt)，而癌细胞中则大量积累 3'末端短一个碱基 (1-nt) 的异常 miRNA。miRNA 必须与 A 蛋白结合才能发挥作用。科研人员利用癌细胞探究 RDR 蛋白的作用，得到图 2、3 和 4 所示结果。



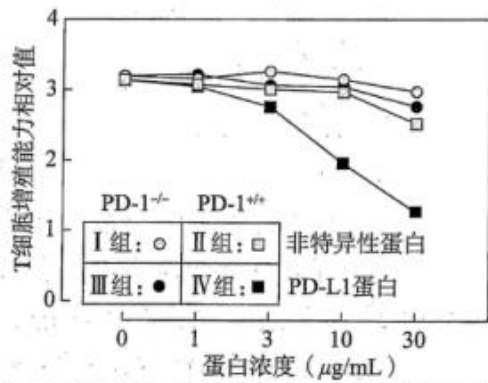
①图 2 结果显示，\_\_\_\_\_。

②请结合图 1~4，解释 RDR 蛋白抑制人类癌细胞增殖的作用机理：\_\_\_\_\_。

18. 通过肿瘤免疫治疗，可恢复人体自身的免疫细胞消灭肿瘤细胞或抑制肿瘤发展的功能，科研人员对这一机制进行研究。

(1) 正常情况下，肿瘤细胞膜表面的某些分子发生变化，\_\_\_\_\_细胞识别变化的信号后，分裂并分化，一部分新形成的细胞可以在体液中循环，它们可以识别、接触并\_\_\_\_\_所识别的肿瘤细胞。但是某些肿瘤细胞通过表达一些引起免疫异常的蛋白，从而“伪装”自己，导致机体免疫很难清除这些肿瘤细胞。

(2) 研究发现，T 细胞表面存在程序性死亡受体 PD-1 蛋白，肿瘤细胞表面存在大量 PD-L1 蛋白。科研人员从小鼠脾脏分离出 T 细胞，用不同浓度的 PD-L1 蛋白或非特异性蛋白处理，检测 T 细胞增殖能力，结果如下图。



注: PD-1<sup>-/-</sup>为PD-1基因敲除鼠, PD-1<sup>+/+</sup>为野生型鼠

①本实验检测 T 细胞增殖能力大小的直接指标是\_\_\_\_\_ (选填下列字母)。

- A. 抗体量变化                      B. <sup>3</sup>H 胸苷掺入量                      C. PD-1 蛋白的表达量变化

②实验结果说明, PD-L1 蛋白与 PD-1 蛋白结合从而抑制 T 细胞增殖, 其依据是\_\_\_\_\_。

(3) 综合上述信息, 对某些肿瘤细胞逃避免疫系统“追杀”作出的一种解释是\_\_\_\_\_。

(4) 传统上常用抑制细胞分裂的化学药物来治疗癌症, 如紫杉醇等。基于上述研究, 科研人员研制出 PD-1 抗体或 PD-L1 抗体作为癌症免疫治疗的药物。与传统化疗相比, 免疫治疗的主要优势和可能存在的不足是\_\_\_\_\_。

19. 学习以下材料, 回答以下问题。

### 现代生态育种

传统育种方式以高产优质为首要目标, 新品种育成后再进行多区域试验, 以鉴定其适应的生态区域、生态因素条件和丰产性等指标。我国地域辽阔, 农作物生长的生境多样, 生态因素差异明显。尤其是玉米、水稻等农作物种植区域广泛, 同一品种在不同生态区域产量差异明显, 没有一个品种在多个生态区域中均表现优异, 不同生态区域有不同的最优适应品种。

研究发现, 作物品种的表型 (P) 是其基因型 (G)、环境效应 (E) 和基因型与环境之间的互作效应

(GXE) 共同作用的结果, 即  $P=G+E+GXE$ , GXE 决定了作物品种的适应性和稳定性。实际育种中, 作物的 GXE 并不随 E 的大小和方向呈同步变化, 这使得在特定环境中的 P 无法被精准预测, 只能通过田间试验才能探明其具体表现。所以要选育一个 GXE 效应较小、适应性广且表型优良的“大品种”较为困难。

现代生态育种以最大限度利用 GXE 效应为理论基础, 在特定生态区域中, 以提高作物品种对该区域生物和非生物因素的适应性为育种目标, 选育适应较狭窄或适应特定生态区域的品种, 其次才是高产优质等指标。因此, 现代生态育种又称为“狭窄适应性育种”。

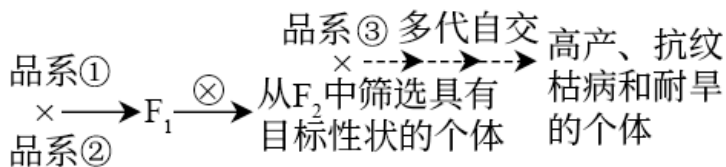
我国西南山地玉米种植区跨越了青藏高原、云贵高原、四川盆地等大的地貌单元, 非生物因素对玉米产量和品质有显著影响, 病害是影响最大的生物因素, 纹枯病、灰斑病严重的地块产量损失可达 40%以上。科学地细分西南山地玉米生产的生态区域, 依据现代生态育种理念, 系统选育稳产高产、环境友好、优质安全的玉米品种, 成为新的育种目标。

(1) 农作物的表型, 实际上是农作物响应\_\_\_\_\_变化, 调控\_\_\_\_\_以及激素产生、分布, 最终表现为器官和个体水平上的变化。

(2) 以下关于 G×E 的叙述, 正确的有\_\_\_\_\_。

- a、一般不存在  $G \times E$  为 0 的品种
- b、同一品种在不同生态环境中  $G \times E$  不同
- c、 $G \times E$  较小的品种一般适应种植的区域较小
- d、 $G \times E$  不随 E 的大小和方向呈同步变化的品种稳定性更大
- e、表观遗传可能是  $G \times E$  效应的一种体现

(3) 现有三个备选玉米品系，分别为高产玉米、抗纹枯病玉米和耐旱玉米。请依据现代生态育种理念，完善下图所示杂交育种方案，培育高产、适应干旱和纹枯病严重地区的玉米新品种。



图中品系①②③分别是\_\_\_\_\_。

(4) 现代生态育种对我国生态文明建设走向绿色发展具有重要价值。请向他人解释现代生态育种中“生态”一词的含义。\_\_\_\_\_

20. 水稻的甲品系和乙品系虽然能进行杂交，但杂交后代经常出现不育，这一现象与 3 号染色体上 S 基因有关。我国科研人员用甲品系（一对 3 号染色体为 AA）和乙品系（一对 3 号染色体为 BB）进行杂交实验，结果如图 1。

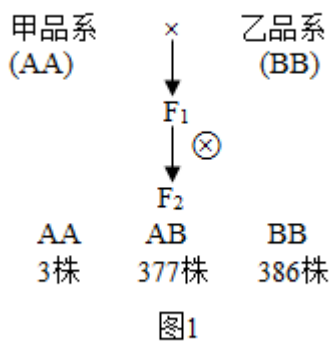


图1

(1) 在  $F_1$  减数分裂的过程中，\_\_\_\_\_彼此分离，形成含 A 或 B 甲品系染色体的雌雄配子。据图 1 可知，雌雄配子结合形成的  $F_2$  中染色体为 AA 的个体极少，因此  $F_2$  个体染色体的比例约为  $AB:BB=1:1$ 。

(2) 对 3 号染色体的 s 基因测序发现，甲、乙品系的 S 基因分别为  $S_a$  和  $S_b$ 。甲、乙品系及  $F_1$  花粉的显微照片如图 2。



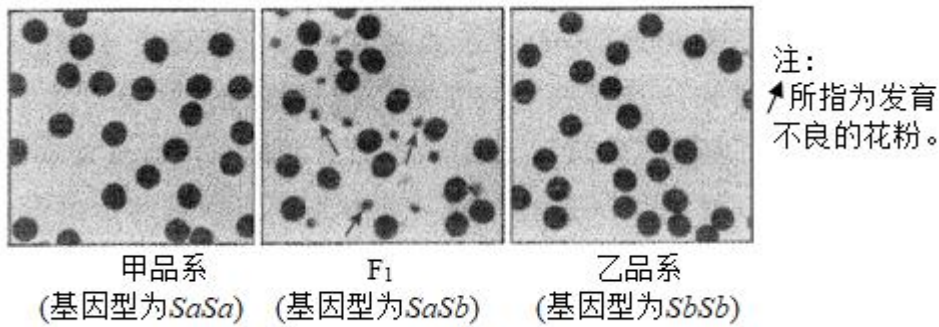


图2

请依据图 2 结果，解释图 1 所示杂交中出现 F<sub>2</sub> 结果的原因：\_\_\_\_\_。

(3) 为探究花粉发育不良的原因，科研人员利用 PCR 技术检测 Sa 基因的表达情况，结果如图 3。

①提取\_\_\_\_\_，在逆转录酶的作用下形成 cDNA，作为 PCR 的模板。PCR 扩增时，反应体系中还需加入的物质有\_\_\_\_\_。

②由图 3 结果推测，F<sub>1</sub> 植株中 Sa 基因的表达受到 Sb 基因的抑制，推测的依据是\_\_\_\_\_。

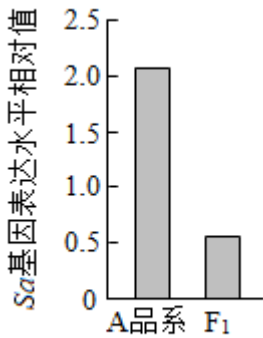


图3

(4) 研究发现，乙品系、丙品系和丁品系水稻植株 S 基因位点上 Sb 基因的拷贝数不同。科研人员用不同品系的水稻进行杂交，检测后代中 SaSa 基因型的比例，结果如下表所示。

杂交组合	F <sub>1</sub> 基因型	F <sub>2</sub> 中 SaSa 基因型比例
甲品系×乙品系	Sa/3×Sb	0. 4
甲品系×丙品系	Sa/1×Sb	21. 0
甲品系×丁品系	Sa/2×Sb	9. 7

注：表中的 3×、2×、1×代表相应 Sb 基因的拷贝数量。

实验结果说明，\_\_\_\_\_。

21. I. 我国科研人员对蓝光和赤霉素在调节植物发育中的相互关系进行研究。

(1) 光不仅作为植物光合作用的\_\_\_\_\_来源，同时作为\_\_\_\_\_，影响、调控植物生长发育的全过程。

(2) 在拟南芥中，赤霉素与细胞内的赤霉素受体结合形成复合物，该复合物与 R 蛋白结合使 R 蛋白降解，从而抑制相关基因的表达，引起细胞伸长、植株增高。用赤霉素处理野生型和蓝光受体缺失突变体拟

南芥后，用蓝光照射，分别检测 R 蛋白的含量，结果如图 1。实验结果表明，\_\_\_\_\_。

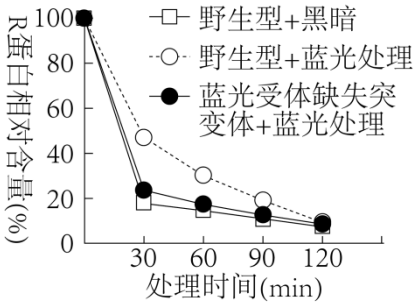


图1

(3) 科研人员进一步研究被蓝光激活的蓝光受体对赤霉素信号通路的影响。用药物阻断野生型拟南芥的内源赤霉素合成，然后分三组进行不同处理。一段时间后，将各组拟南芥的细胞裂解，在裂解液中加入表面结合了蓝光受体抗体的微型磁珠。与裂解液充分孵育后收集磁珠，分离磁珠上的各种蛋白，利用抗原-抗体杂交技术检测其中的蓝光受体和赤霉素受体，处理及结果如图 2。

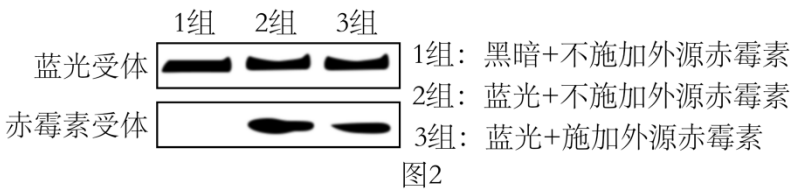


图2

①据图分析，蓝光受体在\_\_\_\_\_条件下才能与赤霉素受体结合。

②请判断蓝光受体与赤霉素受体的结合是否依赖赤霉素，并阐述判断依据\_\_\_\_\_。

II. 利用药物阻断拟南芥内源赤霉素合成，利用“磁珠”技术进一步证明了蓝光受体与赤霉素受体结合后，后者便无法与 R 蛋白结合。

(4) 相关实验如下表，请完善实验方案。

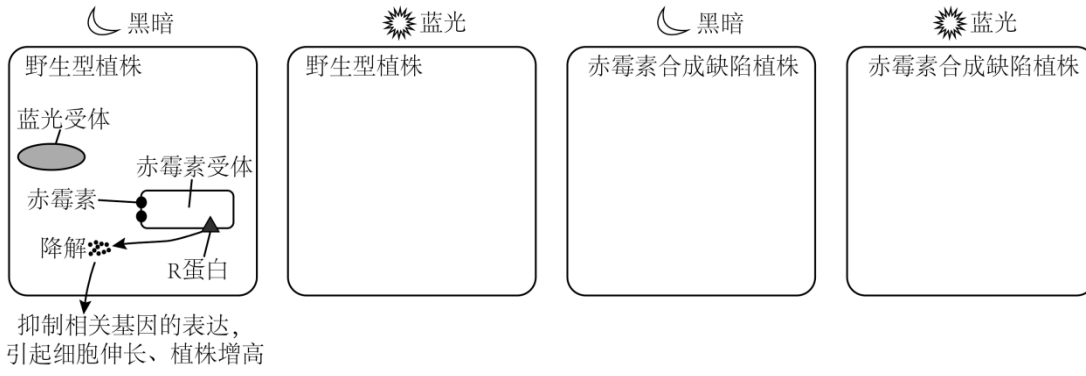
组别	植株处理	磁珠抗体	抗原-抗体检测	预期结果
对照组	①_____	赤霉素受体的抗体	赤霉素受体的抗体，R 蛋白的抗体	③_____
实验组	②_____			④_____

a、黑暗                      b、蓝光                      c、黑暗+赤霉素                      d、蓝光+赤霉素

e、有赤霉素受体条带，无 R 蛋白条带                      f、无赤霉素受体条带，有 R 蛋白条带

g、有赤霉素受体条带，有 R 蛋白条带                      h、无赤霉素受体条带，无 R 蛋白条带

(5) 综合上述信息，在不考虑其他影响因素的情况下，模仿野生型植株在黑暗条件下的情况，完善不同植株在不同条件下的生长状态及相关信号调节通路（任选一个即可）\_\_\_\_\_。



# 参考答案

## 第一部分

一、选择题：共 15 题，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】B

【解析】

【分析】表观遗传是指 DNA 序列不发生变化，但基因的表达却发生了可遗传的改变，即基因型未发生变化而表现型却发生了改变，如 DNA 的甲基化，甲基化的基因不能与 RNA 聚合酶结合，故无法进行转录产生 mRNA，也就无法进行翻译，最终无法合成相应蛋白，从而抑制了基因的表达。

【详解】A、白化病是常染色体隐性遗传病，父母正常（Aa）但子代出现白化病（aa），符合分离定律，A 不符合题意；

B、孟德尔遗传规律是指真核生物有性生殖的细胞核遗传，而甲基化导致控制花形的基因不表达属于表观遗传，不能用孟德尔遗传规律解释，B 符合题意；

C、杂交培育抗倒伏抗条锈病小麦的原理是基因重组，能用孟德尔自由组合定律解释，C 不符合题意；

D、黑羊（aa）和白羊（AA）杂交后代均为白羊（Aa），符合分离定律，D 不符合题意。

故选 B。

2. 【答案】D

【解析】

【分析】据图可知，a 表示减数第一次分裂中期，b 表示减数第一次分裂前期，c 表示减数第一次分裂完成，d 表示减数第一次分裂后期。

【详解】A、该植物体细胞中含有 24 条染色体，a 细胞处于减数第一次中期，细胞中有 24 条染色体，每条染色体有 2 条染色单体，故含有 48 个核 DNA 分子，A 正确；

B、b 表示减数第一次分裂前期，此时细胞中的四分体个数是 12 个，此时期同源染色体的非姐妹染色单体之间发生交换，B 正确；

C、c 表示减数第一次分裂完成，此时染色体数目减半，每个细胞染色体数是体细胞的一半，C 正确；

D、d 处于减数第一次分裂后期，此时着丝粒未分开，D 错误。

故选 D。

3. 【答案】B

【解析】

【分析】基因控制生物性状的途径有两条：一是通过控制酶的合成来控制代谢过程从而控制性状，二是通过控制蛋白质的结构直接控制生物性状。

【详解】A、分析题图可知，I-3 和 I-4 正常，但是其女儿 II-2 和儿子 II-5 患病，符合“无中生有为隐性，生女患病为常隐”，由此可知，黑尿症由常染色体上的隐性基因控制，A 正确；

B、设控制黑尿症的基因为 a，II-1 正常，II-2 患病，且 III-3 和 III-4 患病，由此可知 II-1 的基因型为 Aa，II-2 的基因型为 aa，则 II-1 和 II-2 再生一个正常女儿的概率为  $1/2 \times 1/2 = 1/4$ ，B 错误；

C、据题意可知，黑尿症患者是由缺乏尿黑酸氧化酶引起的，说明基因通过控制酶的合成控制代谢，进而间接控制性状，C 正确；

D、调查单基因遗传病的发病率一般在自然人群中随机抽样调查计算，D 正确。

故选 B。

#### 4. 【答案】B

【解析】

【分析】分析题意可知：新冠病毒为正链 RNA 病毒，在宿主细胞中其遗传物质 RNA 可以直接作为 mRNA 进行翻译，同时还可以进行 RNA 复制。

【详解】A、RNA 的原料是核糖核苷酸，故 RNA 聚合酶以 4 种核糖核苷酸为底物合成病毒 RNA，A 错误；

B、病毒无细胞结构，不具有核糖体，故病毒 RNA 被宿主细胞的核糖体结合并翻译出蛋白质，B 正确；

C、病毒 RNA 有特定的核苷酸排列顺序，具有特异性，可依据病毒 RNA 的特异性序列进行核酸检测，C 错误；

D、新冠病毒属于 RNA 病毒，不是逆转录病毒，不存在 RNA→DNA 的过程，D 错误。

故选 B。

#### 5. 【答案】C

【解析】

【分析】表观遗传是指 DNA 序列不发生变化，但基因的表达却发生了可遗传的改变，即基因型未发生变化而表现型却发生了改变，如 DNA 的甲基化，甲基化的基因不能与 RNA 聚合酶结合，故无法进行转录产生 mRNA，也就无法进行翻译，最终无法合成相应蛋白，从而抑制了基因的表达。

【详解】A、DNA 甲基化属于表观遗传，表观遗传是指 DNA 序列不发生变化，但基因的表达却发生了可遗传的改变，A 错误；

B、DNA 甲基化属于表观遗传，是可遗传变异，但骨骼肌细胞属于体细胞，其中的甲基化不能遗传给后代，B 错误；

C、转录是以 DNA 的一条链为模板合成 RNA 的过程，DNA 甲基化可能影响 DNA 分子的解旋，进而影响相关酶基因的转录，C 正确；

D、有氧运动能改变骨骼肌细胞中的 DNA 甲基化状态，但并非所有成年人都适合进行长时间、剧烈的有氧运动，如一些有基础病的个体不能进行剧烈运动，D 错误。

故选 C。

#### 6. 【答案】C

【解析】

【分析】基因突变是指 DNA 中碱基对的增添、缺失或替换，从而导致基因结构（基因中碱基对排列顺序）的改变。

【详解】A、分析题意，籼稻 L<sub>1</sub> 的第 187 位氨基酸为甲硫氨酸，而粳稻 L<sub>1</sub> 的同一位置则为赖氨酸，其余序列完全相同，该现象出现的根本原因是碱基对的替换所致，而北方粳稻比南方籼稻具有更强的耐寒性，

故碱基对替换引起粳稻与籼稻  $L_1$  基因的差异，A 正确；

B、具有相对性状的纯合子杂交，子一代所表现出的即为显性性状，故由籼稻和粳稻杂交所得 F1 的耐寒性可判断二者  $L_1$  基因的显隐性，B 正确；

C、水稻细胞膜上的低温响应受体  $L_1$  在低温下，能激活细胞膜上的  $Ca^{2+}$  通道，引起  $Ca^{2+}$  内流，进而启动下游的耐寒防御反应，北方粳稻比南方籼稻具有更强的耐寒性，故遭受低温后籼稻细胞质中  $Ca^{2+}$  浓度升高幅度低于粳稻，C 错误；

D、水稻细胞膜上的低温响应受体  $L_1$  可在低温条件下启动耐寒防御机制，利用粳稻的  $L_1$  基因可培育转基因耐寒新品种，D 正确。

故选 C。

#### 7. 【答案】D

##### 【解析】

【分析】生态系统中信息的种类：（1）物理信息：生态系统中的光、声、温度、湿度、磁力等，通过物理过程传递的信息，如蜘蛛网的振动频率。（2）化学信息：生物在生命活动中，产生了一些可以传递信息的化学物质，如植物的生物碱、有机酸，动物的性外激素等。（3）行为信息：动物的特殊行为，对于同种或异种生物也能够传递某种信息，如孔雀开屏。

【详解】A、分析题意，九翅豆蔻早上花刚刚开放，花粉成熟，相当于雄花，午后上卷的花柱则逐渐向下弯曲，柱头进入蜜蜂拜访的通道，此时相当于雌花，A 正确；

B、花向蜜蜂传递的信息为物理（黄色斑纹等颜色）和化学信息（气味分子），B 正确；

C、九翅豆蔻早上和午后的花柱情况不同，花柱运动有利于增加子代的遗传多样性，C 正确；

D、突变是不定向的，环境只是选择并保存适应性的变异，D 错误。

故选 D。

#### 8. 【答案】D

##### 【解析】

【分析】现代进化理论的基本内容是：①进化是以种群为基本单位，进化的实质是种群的基因频率的改变。②突变和基因重组产生进化的原材料。③自然选择决定生物进化的方向。④隔离导致物种形成。

【详解】A、基因突变可产生新基因，进而产生新性状，故 mtDNA 的基因突变为生物进化提供原材料，A 正确；

B、据图 1 分析可知，现代人与现代人之间的 mtDNA 特定序列差异较现代人与尼安德特人更大（差异碱基对个数与百分率），推测可能与迁徙有关，B 正确；

C、据图 1 分析可知，现代人与黑猩猩的 mtDNA 差异碱基对个数多，且每个区段的百分率均较高，故表明现代人与黑猩猩的 mtDNA 差异更大，C 正确；

D、图 2 的进化树中，现代人与黑猩猩的亲缘关系更近，其 mtDNA 特定序列的差异应更小，与图 1 结果不符，D 错误。

故选 D。

#### 9. 【答案】A

**【解析】**

**【分析】**寒冷环境→皮肤冷觉感受器→下丘脑体温调节中枢→增加产热（骨骼肌战栗、立毛肌收缩、甲状腺激素分泌增加），减少散热（毛细血管收缩、汗腺分泌减少）→体温维持相对恒定。

**【详解】**A、感觉的形成部位位于大脑皮层，体温调节中枢位于下丘脑，A 错误；

B、皮肤血管收缩导致血流量减少，从而减少散热，B 正确；

C、神经系统快速反应，引起骨骼肌战栗，增加产热，C 正确；

D、甲状腺激素、肾上腺素增强细胞代谢，增加产热，D 正确。

故选 A。

10. **【答案】**C

**【解析】**

**【分析】**神经系统包括中枢神经系统和外周神经系统，中枢神经系统由脑和脊髓组成，脑分为大脑、小脑和脑干；外周神经系统包括脊神经、脑神经、自主神经，自主神经系统包括交感神经和副交感神经。交感神经和副交感神经是调节人体内脏功能的神经装置，所以也叫内脏神经系统，因为其功能不完全受人类的意识支配，所以又叫自主神经系统，也可称为植物性神经系统。

**【详解】**A、当人受到刺激兴奋、紧张时，交感神经活动占优势，表现为心跳加快，支气管扩张，但胃肠蠕动和消化腺的分泌会受到抑制，A 错误；

B、自主神经系统包括交感神经和副交感神经，自主神经系统包括支配内脏、血管和腺体的传出神经，不包括支配躯体运动的神经，B 错误；

C、人能有意识地控制排尿，说明大脑皮层的神经中枢能控制脊髓中的神经中枢，大脑皮层能够调节内脏活动，C 正确；

D、交感神经和副交感神经对同一器官作用通常相反，使机体对外界刺激作出更精确的反应，使机体更好地适应环境，D 错误。

故选 C。

11. **【答案】**D

**【解析】**

**【分析】**由图可知：b、c、d 三组都能激活神经元细胞，d 组激活率最高。

**【详解】**A、神经元细胞静息电位膜电位为外正内负，动作电位 外负内正，阳离子进入细胞可引起神经元兴奋，A 正确；

B、由图可知组胺可以激活神经元细胞，触碰属于机械刺激，组胺和触碰都能激活感觉神经元，B 正确；

C、由图可得，PIEZO 蛋白激活剂和阳离子通道激活剂都能引起神经元兴奋，动作电位是由阳离子内流产生的，可推测 PIEZO 蛋白可促进阳离子内流，C 正确；

D、触碰引起痒觉的形成不属于反射，D 错误。

故选 D。

12. **【答案】**B

**【解析】**

**【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。激素只能对生命活动进行调节，不参与生命活动。

**【详解】**A、下丘脑是调节中枢，但情绪的产生是在大脑皮层，A 错误；

B、皮质醇属于激素，激素通过体液传送到靶细胞，结合受体后发挥调节作用，B 正确；

C、丘脑-垂体-肾上腺髓质属于分级调节轴线，该过程中肾上腺皮质的释放需要神经系统和体液调节的共同作用，C 错误；

D、上述过程由神经-体液调节完成，不涉及免疫调节（免疫系统尚未发挥免疫清除功能），D 错误。

故选 B。

13. **【答案】**A

**【解析】**

**【分析】**疫苗相当于抗原，进入机体后可激发机体的特异性免疫过程，据此分析作答。

**【详解】**A、抗原与抗体的结合具有特异性，接种过天花病毒疫苗的人群对猴痘病毒有一定的抵抗力，故推测猴痘病毒可能与天花病毒的抗原结构相似，A 正确；

B、疫苗可增强机体免疫系统的免疫防御功能，B 错误；

C、“天坛株”属于疫苗，疫苗主要通过诱发机体的特异性免疫预防猴痘病毒，C 错误；

D、疫苗进入机体后可激发特异性免疫，产生抗体和记忆细胞，但抗体和记忆细胞都具有一定的时效性，不能长期起到保护作用，D 错误。

故选 A。

14. **【答案】**D

**【解析】**

**【分析】**过敏反应是指已免疫的机体在再次接受相同物质的刺激时所发生的反应，反应的特点是发作迅速、反应强烈、消退较快；一般不会破坏组织细胞，也不会引起组织损伤，有明显的遗传倾向和个体差异。

**【详解】**A、猫的舔毛行为使得毛发上面沾有猫的唾液，猫唾液中含有 F 蛋白，会增加人接触过敏原 F 蛋白的概率，A 正确；

B、过敏反应有明显的遗传倾向和个体差异，B 正确；

C、过敏反应具有明显的遗传倾向，若有家庭成员对猫过敏，则应尽量避免在家中养猫，C 正确；

D、过敏反应是指已免疫的机体在再次接受相同物质的刺激时所发生的反应，故从未接触过猫的儿童若接触 F 蛋白，不会产生过敏反应，D 错误。

故选 D。

15. **【答案】**D

**【解析】**

**【分析】**1、生长素类具有促进植物生长的作用，在生产上的应用主要有：（1）促进扦插的枝条生根；（2）促进果实发育；（3）防止落花落果。



2、赤霉素的生理作用是促进细胞伸长，从而引起茎秆伸长和植物增高。此外，它还有促进麦芽糖化，促进营养生长，防止器官脱落和解除种子、块茎休眠促进萌发等作用。

3、细胞分裂素类 细胞分裂素在根尖合成，在进行细胞分裂的器官中含量较高，细胞分裂素的主要作用是促进细胞分裂和扩大，此外还有诱导芽的分化，延缓叶片衰老的作用。

4、脱落酸在根冠和萎蔫的叶片中合成较多，在将要脱落和进入休眠期的器官和组织中含量较多。

【详解】A、赤霉素的生理作用是促进细胞伸长，从而引起茎秆伸长和植物增高，此外赤霉素还可促进种子萌发，在豌豆种子萌发成幼苗的过程中可发生该过程，A 不符合题意；

B、生长素类具有促进植物生长的作用，在豌豆种子萌发成幼苗的过程中可发生该过程，B 不符合题意；

C、细胞分裂素的主要作用是促进细胞分裂和扩大，此外还有诱导芽的分化，在豌豆种子萌发成幼苗的过程中可发生该过程，C 不符合题意；

D、脱落酸在将要脱落和进入休眠期的器官和组织中含量较多，在豌豆种子萌发成幼苗的过程中不涉及脱落酸促进叶的脱落，D 符合题意。

故选 D。

## 第二部分

### 二、非选择题：共 6 题。

16. 【答案】(1) ①. 肝糖原 ②. 氧化分解

(2) ①. 抑制 ②. 血红素浓度越大，抑制作用越强 (3) 协同 (4) bcd

【解析】

【分析】胰岛 A 细胞分泌胰高血糖素，能升高血糖，只有促进效果没有抑制作用，即促进肝糖原的分解和非糖类物质转化；胰岛 B 细胞分泌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。

【小问 1 详解】

人体中的血糖来源有：食物中糖类的消化、吸收、肝糖原的分解及非糖物质转化；血糖的重要去路包括被细胞摄取、氧化分解释放能量及储存和转化。

小问 2 详解】

据图分析，与对照相比，随血红素浓度升高，G 基因 mRNA 的相对含量降低，说明血红素抑制 G 基因表达，且抑制作用随浓度升高而增强。

【小问 3 详解】

分析题意，G 蛋白是一种催化肝脏细胞中前体物质合成为葡萄糖的糖异生酶，即 G 蛋白质能够升高血糖，而血红素抑制 G 基因表达，即血红素可以降低血糖浓度，故红素与胰岛素二者的作用协同，均可降低血糖浓度。

【小问 4 详解】

G 蛋白是一种催化肝脏细胞中前体物质合成为葡萄糖的糖异生酶，即 G 蛋白质能够升高血糖，为证明降低血糖可对疟原虫进行抵抗，实验设计的原则是单一变量原则和对照原则，故选取感染疟原虫的野生型小鼠和感染疟原虫的 G 基因敲除小鼠，两者的区别在于是否有 G 蛋白的存在，G 蛋白的缺失可以使得血糖浓度

较低，故感染疟原虫的 G 基因敲除小鼠血糖浓度较低，是低血糖组，故实验操作中应当选取注射生理盐水，避免血糖浓度的影响。故选 bcd。

17. 【答案】(1) 无限增殖

(2) ①. 排除转入操作及质粒本身对实验结果的影响 ②. RDR 蛋白抑制癌细胞进入 S 期（使癌细胞的细胞周期阻断在 G<sub>1</sub> 期），对正常细胞的细胞周期无影响

(3) ①. 2-nt 的 miRNA 与 A 蛋白的亲和力高于 1-nt 的 miRNA ②. RDR 蛋白结合 1-nt 的 miRNA，增加易与 A 蛋白结合的 2-nt 的 miRNA 的相对含量，二者结合抑制癌细胞进入 S 期（阻断癌细胞在 G<sub>1</sub> 期），从而抑制癌细胞增殖

【解析】

【分析】1、癌细胞的主要特征：无限增殖；形态结构发生显著改变；细胞表面发生变化。

2、原癌基因负责调节细胞周期，控制细胞生长和分裂的进程，抑癌基因的作用是阻止细胞不正常的增殖，细胞发生癌变后具有无限增殖的能力。

【小问 1 详解】

细胞周期失控，会导致癌细胞的产生，适宜条件下，癌细胞具有无限增殖的特点。

【小问 2 详解】

分析题意，本实验目的是研究 RDR 基因对于癌细胞的影响，则实验的自变量是 RDR 基因的有无，实验设计应遵循对照与单一变量原则，故 2 组转入空质粒的目的是排除转入操作及质粒本身对实验结果的影响；据图 1 可知，癌细胞组别的 3 组中 G<sub>1</sub> 期细胞比例明显增多，而 S 期细胞减少，正常细胞组别三组的差异不大，故推测 RDR 蛋白抑制癌细胞进入 S 期（使癌细胞的细胞周期阻断在 G<sub>1</sub> 期），对正常细胞的细胞周期无影响。

【小问 3 详解】

①分析图 2 可知，2-nt 的 miRNA 与 A 蛋白的亲和力高于 1-nt 的 miRNA。

②图 3 显示，1-nt 的 miRNA 与 RDR 蛋白结合力的相对值较高，图 4 显示，无 RDR 蛋白时，细胞中 1-nt 的 miRNA 较高，而有 RDR 蛋白时，1-nt 的 miRNA 含量相对值较低，故据图 1-4 推测：RDR 蛋白结合 1-nt 的 miRNA，增加易与 A 蛋白结合的 2-nt 的 miRNA 的相对含量，二者结合抑制癌细胞进入 S 期（阻断癌细胞在 G<sub>1</sub> 期），从而抑制癌细胞增殖。

18. 【答案】(1) ①. 细胞毒性 T ②. 裂解

(2) ①.B ②. 随着蛋白浓度升高 IV 组 T 细胞增殖能力明显低于 III 组，而 II 组与 I 组结果相近，IV 组 T 细胞增殖能力明显低于 II 组，而 III 组与 I 组结果相近。

(3) 肿瘤细胞大量表达 PD-L1，与 T 细胞表面的 PD-1 结合，降低 T 细胞的增殖能力，减弱 T 细胞对肿瘤细胞的监视和裂解

(4) 优势：免疫治疗可以阻断肿瘤细胞对 T 细胞的抑制，恢复 T 细胞对肿瘤细胞的杀伤力，免疫治疗特异性杀伤肿瘤细胞，不会对健康细胞造成伤害。

不足：过度阻断 PD-L1 和 PD-1 信号通路，可能引起过度的免疫反应

【解析】

【分析】人体的第三道防线在抵抗外来病原体和抑制肿瘤方面具有十分重要的作用。病原体侵入后，刺激了淋巴细胞，淋巴细胞就会产生一种抵抗该病原体的特殊蛋白质，叫做抗体。引起人体产生抗体的物质（如病原体等异物）叫做抗原。

【小问 1 详解】

正常情况下，肿瘤细胞膜表面的某些分子发生变化，会变成抗原，识别抗原的是细胞毒性 T，该细胞识别到变化的信号后，分裂并分化，一部分新形成的细胞可以在体液中循环，它们可以识别、接触裂解所识别的肿瘤细胞。

【小问 2 详解】

细胞增殖需要 DNA 复制，本实验检测 T 细胞增殖能力大小 直接指标是  $^3\text{H}$  胸苷掺入量。随着蛋白浓度升高 IV 组 T 细胞增殖能力明显低于 III 组，而 II 组与 I 组结果相近，IV 组 T 细胞增殖能力明显低于 II 组，而 III 组与 I 组结果相近，该结果说明 PD-L1 蛋白与 PD-1 蛋白结合从而抑制 T 细胞增殖。

【小问 3 详解】

部分肿瘤细胞没有被免疫系统发现，原因是肿瘤细胞大量表达 PD-L1，与 T 细胞表面 PD-1 结合，降低 T 细胞的增殖能力，减弱 T 细胞对肿瘤细胞的监视和裂解。

【小问 4 详解】

优势：免疫治疗可以阻断肿瘤细胞对 T 细胞的抑制，恢复 T 细胞对肿瘤细胞的杀伤力，免疫治疗特异性杀伤肿瘤细胞，不会对健康细胞造成伤害。

不足：过度阻断 PD-L1 和 PD-1 信号通路，可能引起过度的免疫反应，抗体保存和治疗不如化学药物方便，且单克隆抗体生产成本更高。

19. 【答案】(1) ①. 环境 ②. 基因表达

(2) abc (3) 抗纹枯病玉米、耐旱玉米、高产玉米（或耐旱玉米、抗纹枯病玉米、高产玉米）

(4) 优先提高作物品种对所种植生态区域的适应性和稳定性

【解析】

【分析】分析题意，作物品种的表型 (P) 是其基因型 (G)、环境效应 (E) 和基因型与环境之间的互作效应 (GXE) 共同作用的结果，作物品种的适应性和稳定性是 GXE 共同决定的

【小问 1 详解】

表型是生物性状的外在表现，农作物的表型，实际上是农作物响应环境变化；调控基因表达以及激素产生、分布，最终表现为器官和个体水平上的变化。

【小问 2 详解】

a、基因型 (G)、环境效应 (E)，一般不存在  $G \times E$  为 0，即基因型和环境效应影响为 0 的品种，a 正确；

b、表现型是环境和基因型共同影响的结果，同一品种在不同生态环境中  $G \times E$  不同，b 正确；

c、分析题意可知，育种目标是选择一个 GXE 效应较小、适应性广的品种， $G \times E$  较小的品种一般适应性广，稳定性高，c 错误；

d、E 是环境效应，是可变因素， $G \times E$  不随 E 的大小和方向呈同步变化说明 G 是可变的，则 g 不稳定，d 错误；

e、表观遗传是指基因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，表观遗传可能是 G×E 效应的一种体现，e 正确。

故选 abc。

### 【小问 3 详解】

分析题意，以高产玉米、抗纹枯病玉米和耐旱玉米为材料，培育高产、适应干旱和纹枯病严重地区的玉米新品种，可通过杂交育种的方法进行筛选，①②分别是抗纹枯病玉米、耐旱玉米，获得抗病、耐旱的玉米，再通过与③高产玉米杂交，最终获得高产、适应干旱和纹枯病的玉米。

### 【小问 4 详解】

结合题意可知，生态育种中的“生态”是指优先提高作物品种对所种植生态区域的适应性和稳定性。

20. 【答案】(1) 同源染色体

(2)  $F_1$  含 Sa 基因的花粉几乎不育，但不影响雌配子的活性，雌雄配子随机结合，导致  $F_2$  AA (SaSa 基因型) 比例极低， $AB : BB$  (SaSb : SbSb) = 1:1

(3) ①. 花粉细胞的 RNA ②. 一定的缓冲溶液、分别与两条模板链结合的 2 种引物、4 种脱氧核苷酸和耐高温 DNA 聚合酶 ③.  $F_1$  的基因型为 SaSb，与基因型为 SaSa 的甲品系相比，Sa 基因表达水平低

(4) Sb 基因对 Sa 基因的抑制作用与 Sb 基因拷贝数量成正相关

### 【解析】

【分析】PCR 原理：在解旋酶作用下，打开 DNA 双链，每条 DNA 单链作为母链，以 4 种游离脱氧核苷酸为原料，合成子链，在引物作用下，DNA 聚合酶从引物 3'端开始延伸 DNA 链，即 DNA 的合成方向是从子链的 5'端自 3'端延伸的。实际上就是在体外模拟细胞内 DNA 的复制过程。DNA 的复制需要引物，其主要原因是 DNA 聚合酶只能从 3'端延伸 DNA 链。

### 【小问 1 详解】

在减数分裂过程中，同源染色体彼此分离，形成含 A 或 B 甲品系染色体的雌雄配子。

### 【小问 2 详解】

结合图 1，甲品系 AA×乙品系 BB， $F_1$  为 AB， $F_1$  自交，子代中 AA: AB: BB 应为 1:2:1，但实际上 AA 的个体极少， $AB : BB = 1 : 1$ ，据图可知，甲品系基因型为 SaSa，乙品系基因型为 SbSb， $F_1$  基因型为 SaSb，故可推测： $F_1$  含 Sa 基因的花粉几乎不育，但不影响雌配子的活性，雌雄配子随机结合，导致  $F_2$  AA (SaSa 基因型) 比例极低， $AB : BB$  (SaSb : SbSb) = 1:1。

### 【小问 3 详解】

①在逆转录酶作用下获得 cDNA 是逆转录过程，该过程是 RNA→DNA 的过程，且该过程是为探究花粉发育不良的原因，故应选择花粉细胞的 RNA，以特异性扩增；PCR 扩增时，反应体系中还需加入的物质有一定的缓冲溶液、分别与两条模板链结合的 2 种引物、4 种脱氧核苷酸和耐高温 DNA 聚合酶。

②分析图 3，与 A 品系相比， $F_1$  的基因型为 SaSb，与基因型为 SaSa 的甲品系相比，Sa 基因表达水平低，故推测  $F_1$  植株中 Sa 基因的表达受到 Sb 基因的抑制。

### 【小问 4 详解】

分析表格，表中的 3×、2×、1×代表相应 Sb 基因的拷贝数量，甲品系×丙品系的  $F_2$  中 SaSa 基因型比例最

高，而甲品系×乙品系中 F<sub>2</sub> 中 SaSa 基因型比例最低，为 0.4，实验结果说明，Sb 基因对 Sa 基因的抑制作用与 Sb 基因拷贝数量成正相关。

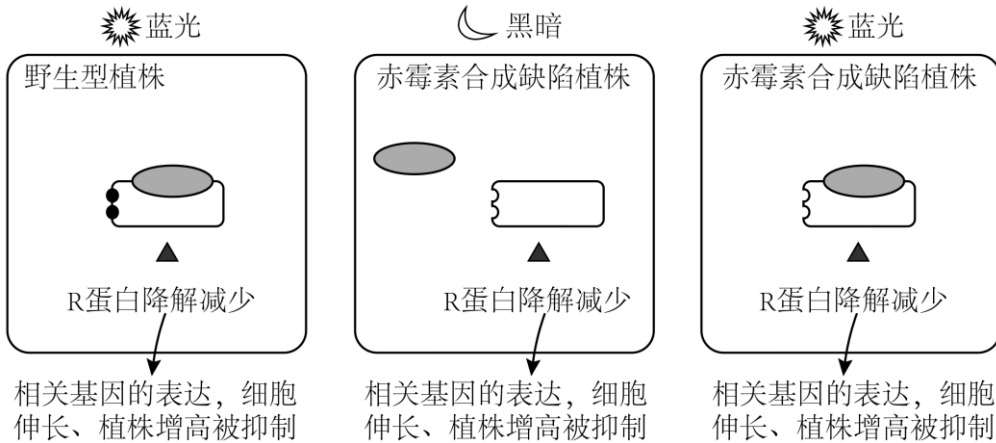
21. 【答案】(1) ①. 能量 ②. 信号

(2) 蓝光受体被激活后，抑制 R 蛋白降解

(3) ①. 蓝光 ②. 否，2 组和 3 组均检测到赤霉素受体

(4) ①. c ②. d ③. g ④. e

(5) 任选一个绘制正确即可得分（参考下图）



【解析】

【分析】分析题意可知，本实验目的是研究蓝光和赤霉素在调节植物发育中的相互关系，实验的自变量是蓝光和赤霉素的有无，因变量是植物的发育情况，据此分析作答。

【小问 1 详解】

光不仅是植物进行光合作用的能量来源，还可以作为一种信号，影响、调控植物生长发育的全过程。

【小问 2 详解】

分析题意，赤霉素与细胞内的赤霉素受体结合形成复合物，该复合物与 R 蛋白结合使 R 蛋白降解，据图可知，与黑暗相比，蓝光处理后野生型的 R 蛋白相对含量升高，而蓝光受体缺失突变体经蓝光处理后与野生型在黑暗中的处理结果一致，说明蓝光受体被激活后，抑制 R 蛋白降解。

【小问 3 详解】

①据图分析，1 组是黑暗条件下，不施加外源赤霉素，2 组是蓝光处理，不施加外源赤霉素，3 组是蓝光且施加外源赤霉素，结果显示 2 组和 3 组的均出现条带，说明蓝光受体在蓝光条件下才能与赤霉素受体结合。

②分析图 2，2 组是蓝光处理，不施加外源赤霉素，3 组是蓝光且施加外源赤霉素，两组的自变量是赤霉素的有无，但 2 组和 3 组均检测到赤霉素受体，故蓝光受体与赤霉素受体的结合不依赖赤霉素。

【小问 4 详解】

分析题意，利用药物阻断拟南芥内源赤霉素合成，利用“磁珠”技术进一步证明了蓝光受体与赤霉素受体结合后，后者便无法与 R 蛋白结合，则实验应用赤霉素处理后，分别在黑暗和蓝光条件下处理，则对照组的植株处理为 c 黑暗+赤霉素，实验的处理为 d 蓝光+赤霉素；由于磁珠抗体是赤霉素受体的抗体，而抗原-

抗体检测是利用赤霉素受体的抗体，R 蛋白的抗体，故预期结果应为对照组有赤霉素受体条带，有 R 蛋白条带（无蓝光，不与赤霉素受体结合），实验组为有赤霉素受体条带，无 R 蛋白条带（有蓝光，与赤霉素受体结合，无法与 R 蛋白结合，无 R 蛋白条带）。

**【小问 5 详解】**

在蓝光条件下，野生型植株的 R 蛋白降解减少，相关基因正常表达，则细胞伸长、植株增高被抑制，可绘制图形如下：

