2023 北京延庆高三一模

生　　物

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. 核酸和蛋白质都是重要的生物大分子，下列相关叙述错误的是（　　）

A. 高温变性后降温都能缓慢复性

B. 都是染色体的组成成分

C. 组成元素都含有 C、H、O、N

D. 细胞内合成新的分子时都需要模板

2. 下列关于生命本质的认识，不正确的是（　　）

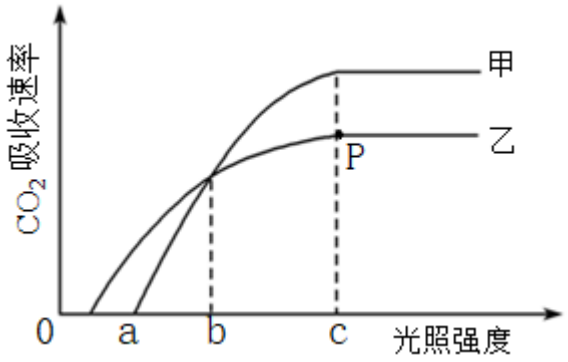
A. 细胞分化的本质就是基因选择性表达

B. 细胞学说揭示了动物和植物的差异性

C. 生命是物质、能量和信息的统一体

D. 反馈调节是生命系统维持稳态的普遍调节机制

3. 研究人员在适宜温度、水分和一定 CO_2 浓度条件下，分别测定了甲、乙两个作物品种 CO_2 吸收速率与光照强度的关系。下列说法不正确的是（　　）



A. 限制 P 点 CO_2 吸收速率的因素可能是 CO_2 浓度

B. 光照强度为 b 时，甲、乙总光合作用强度相等

C. 光照强度为 a 时，甲的总光合作用强度与呼吸作用强度相等

D. 光强强度为 c 时，甲、乙光合作用强度的差异可能与相关酶的数量有关

4. 下列高中生物学实验中，必须用活细胞作为实验材料的是（　　）

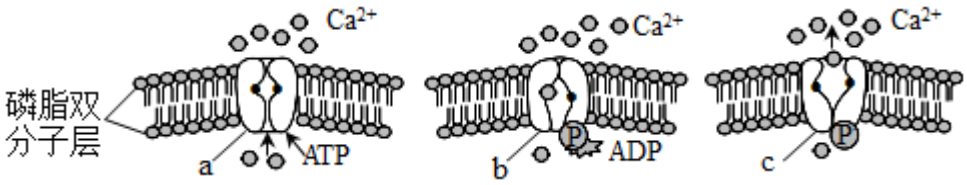
A. DNA 的粗提取与鉴定

B. 观察细胞的有丝分裂

C. 还原糖的鉴定

D. 显微镜观察细胞质流动

5. 下面是 Ca^{2+} 泵（Ca^{2+}-ATP 酶）跨膜运输 Ca^{2+} 的过程示意图，下列有关叙述不正确的是（　　）



A. a 蛋白有运输和催化作用　　B. b 蛋白发生了载体蛋白的磷酸化

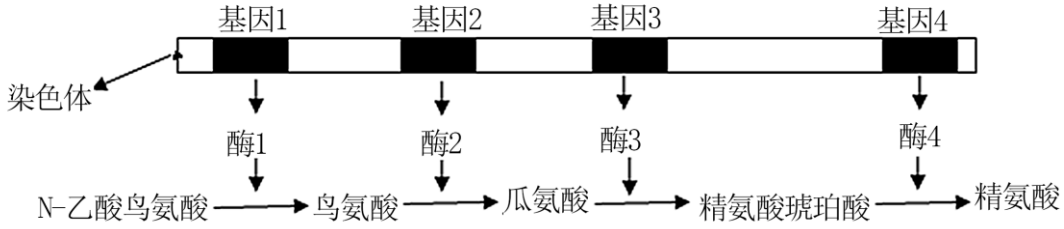
C. b 蛋白与 c 蛋白的空间结构相同　　D. Ca^{2+}的跨膜运输方式为主动运输

6. 玉米根尖分生区细胞核 DNA 复制、转录和翻译的共同之处是（　　）

A. 都遵循碱基互补配对原则　　B. 发生的场所相同

C. 进行的时期相同　　D. 所需的原料相同

7. 一种名为粗糙脉孢菌的真菌细胞中精氨酸的合成途径如下图所示，其中精氨酸是细胞生活的必需物质，而鸟氨酸等中间代谢产物都不是必需物质。下列有关叙述错误的是（　　）



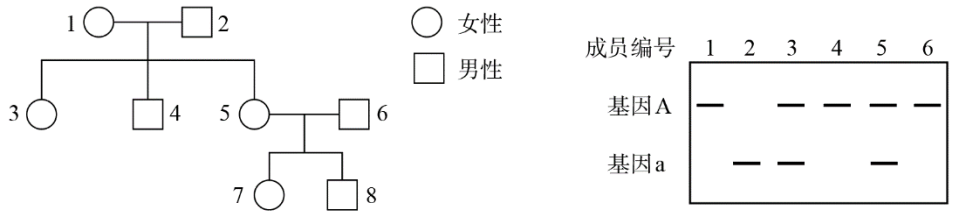
A. 基因在染色体上呈线性排列，是有遗传效应的 DNA 片段

B. 酶 4 缺陷型脉孢菌必须在培养基中添加精氨酸才能生长

C. 若在缺少精氨酸的培养基上不能生长，则一定是基因 4 发生了突变

D. 基因可通过控制酶的合成来控制代谢过程，进而控制生物体的性状

8. 人类有一种隐性遗传病，其致病基因 a 是由基因 A 编码序列部分缺失产生的。对下图所示某家族成员 1～6 号分别进行基因检测，得到如下条带图。下列相关分析正确的是（　　）



A. 基因 A 产生基因 a 的变异属于染色体变异

B. 基因 A、a 位于常染色体上

C. 成员 1、2 再生一个孩子患病的概率为 50%

D. 成员 8 号基因型有两种可能

9. 中国荷斯坦牛是由从国外引进的荷斯坦-弗里生牛与中国黄牛杂交并多代选育而形成的优质奶牛，下列相

关说法不正确的是（　　）

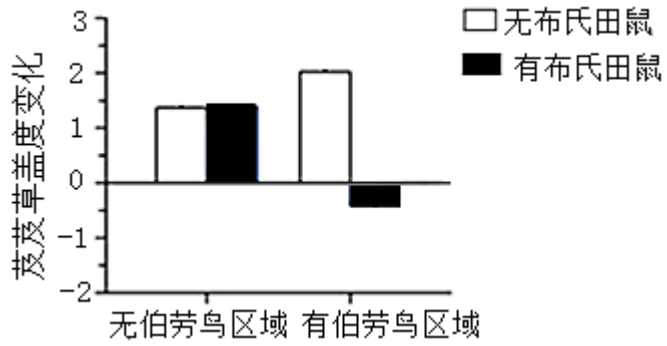
A. 中国荷斯坦奶牛的选育原理是基因重组

B. 中国荷斯坦奶牛相应的基因发生了定向改变

C. 荷斯坦-弗里生牛与中国本地黄牛没有生殖隔离

D. 中国荷斯坦牛种群相应基因的频率发生了定向改变

10. 茭茭草是内蒙古草地广泛分布的一种高大草本，其中栖息在茭茭草上的伯劳鸟主要以布氏田鼠为食，布氏田鼠不采食茭茭草。科研人员研究伯劳鸟、布氏田鼠对茭茭草盖度（反映繁茂程度）的影响，结果如下图所示。下列有关叙述不正确的是（　　）



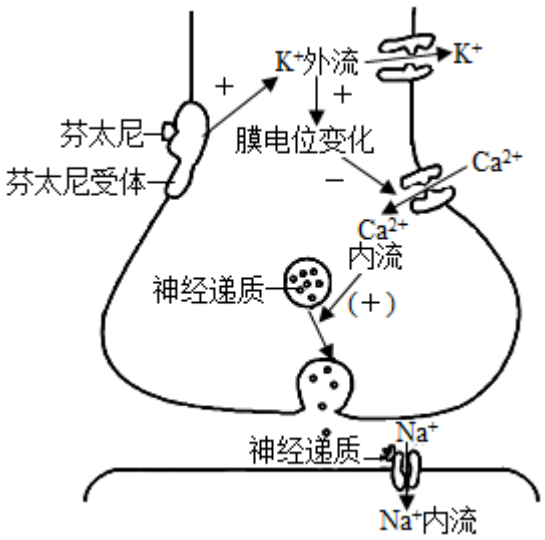
A. 茭茭草、伯劳鸟和布氏田鼠构成了生物群落

B. 在有伯劳鸟区域，布氏田鼠会显著降低茭茭草的盖度

C. 布氏田鼠通过破坏茭茭草，降低被伯劳鸟捕食的机率

D. 茭茭草、伯劳鸟与布氏田鼠之间通过自然选择协同进化

11. 芬太尼作为一种强效止痛剂适用于各种疼痛及手术过程中的镇痛，其镇痛机制如下图所示。下列相关叙述错误的是（　　）



A. 芬太尼与芬太尼受体结合，促进神经元 K^+的外流

B. 神经元 K^+外流引发的电位变化促进了 Ca^{2+}的内流

C. Ca^{2+}的内流促进神经递质释放，引发突触后神经元兴奋

D. 芬太尼通过抑制突触间的信号传递缓解大脑皮层产生的疼痛信号

12. 利用菠萝蜜制作果醋的大致流程为：先在灭菌的果肉匀浆中接种酵母菌，发酵 6 天后，再接入活化的醋酸杆菌，发酵 5 天。下列有关叙述正确的是（　　）

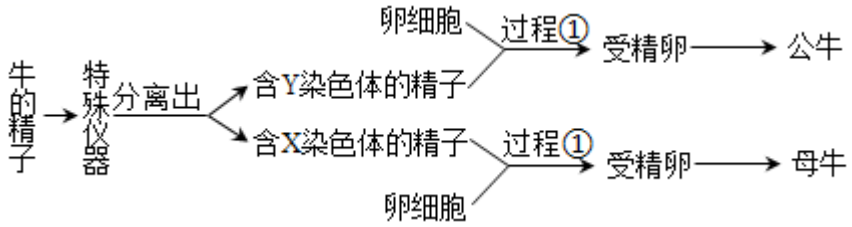
A. 酵母菌和醋酸杆菌均是原核生物

B. 接入醋酸杆菌后，应适当升高发酵温度

C. 酵母菌和醋酸杆菌发酵过程中都需要密闭条件

D. 酵母菌和醋酸杆菌均以有丝分裂的方式进行增殖

13. 控制哺乳动物的性别对于畜牧生产有着十分重要的意义，目前分离精子技术是有效的控制方法，再通过胚胎工程技术就可培育出所需性别的试管动物。试管牛的培育如下图所示。下列有关叙述正确的的是（　　）



A. 试管牛的培育属于有性生殖

B. 过程①指的是体外受精技术和胚胎移植技术。

C. 采集来的精子和卵母细胞可以直接用于受精

D. 经胚胎移植产生的后代，其遗传特性与受体保持一致

14. 癌症患者进行化疗或放疗之后，体内白细胞数量大幅度降低，可以注射粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子（GM-CSF）增加白细胞的数量。在自然条件下，此细胞因子的含量很低，很难获得。某科研团队将人的 GM-CSF 基因导入大肠杆菌，大量生产重组 GM-CSF，满足了临床需求。下列有关叙述正确的是（　　）

A. 可通过 PCR 的方法获取 GM-CSF 基因

B. 构建 GM-CSF 基因表达载体需要限制酶和 DNA 聚合酶

C. 基因表达载体上的复制原点可以调控 GM-CSF 基因的表达

D. 可通过显微注射的方式将 GM-CSF 基因导入大肠杆菌

15. 中国积极推进生物多样性保护和恢复，赢得国际社会广泛赞誉。下列保护生物多样性的措施最为有效的是（　　）

A. 禁止开发和利用自然资源

B. 利用生物技术对濒危物种的基因进行保护

C. 将各地濒危野生物种都迁移到自然保护区并加以保护

D. 成立三江源、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山等国家公园及自然保护区

二、非选择题（共 6 题）

16. 病毒感染过程中往往导致大量未折叠或错误折叠蛋白的堆积而引起内质网应激（ERS），从而诱导未折叠蛋白反应，增强细胞对蛋白质的处理能力。

（1）发生内质网应激时，可通过减少在_____中的蛋白质合成，使运往内质网的蛋白质减少，从而减少未折叠或错误折叠蛋白在内质网的堆积。

（2）细胞自噬是细胞成分降解和回收利用的基础。研究表明细胞自噬与蛋白激酶 R 样内质网激酶（PERK）有关。在无内质网应激反应时，PERK 与分子伴侣 GRP78 结合，处于无活性状态。对细胞接种呼吸综合征病毒（PRRSV）构建内质网应激反应模型，检测细胞中游离 GRP78 的含量变化，结果如下图 1。

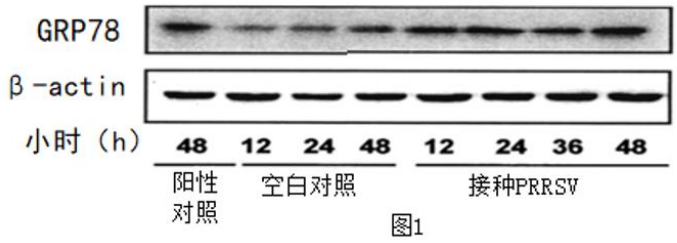


图1

①β-actin 属于细胞骨架蛋白，在细胞中表达量稳定，在实验中可作为标准物质，以校准和消除_____对实验结果的影响。

②实验结果说明，发生内质网应激反应时，_____，激活 PERK。

（3）LC3-Ⅱ是自噬体形成的标志蛋白。研究人员检测 PRRSV 感染后细胞中 LC3-Ⅱ的表达情况，结果如下图 2 所示。综合（2）、（3）的实验结果，内质网应激与细胞自噬的作用机制是：PRRSV 感染引起内质网应激反应→_____→_____→促进了细胞自噬。

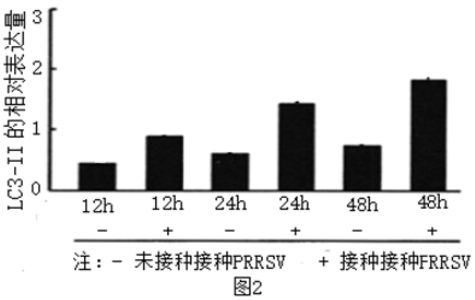


图2

（4）若要从细胞水平进一步验证此结论，实验思路和预期结果正确的有_____。

A. 对感染 PRRSV 的细胞的亚显微结构进行观察

B. 对感染 PRRSV 的细胞的显微结构进行观察

C. 感染组中观察到内质网肿胀，并有自噬体的形成

D. 对照组中无内质网肿胀现象和自噬体的形成

（5）从物质与能量、稳态与平衡的角度阐明内质网应激引起细胞自噬的意义_____。

17. （二氮嗪（DZX）是一种线粒体 K^+通道开放剂，为探究其对心肌的影响，研究者展开了系列实验。

（1）在紧急状态下，自主神经系统中的_____神经支配肾上腺髓质分泌肾上腺素，通过_____运输，作用于心脏，使心跳加快。若肾上腺素持续性分泌，能导致心脏持续兴奋，造成心肌缺氧损伤，诱发心肌肥大。

（2）利用肾上腺素构建心肌缺氧损伤模型，研究二氮嗪（DZX）对心肌的影响，主要实验流程如下图 1。利用电镜检测大鼠心肌细胞超微结构（下图 2），发现 ISO 处理后，线粒体普遍出现肿胀、破碎的现象。该实验结果表明_____。

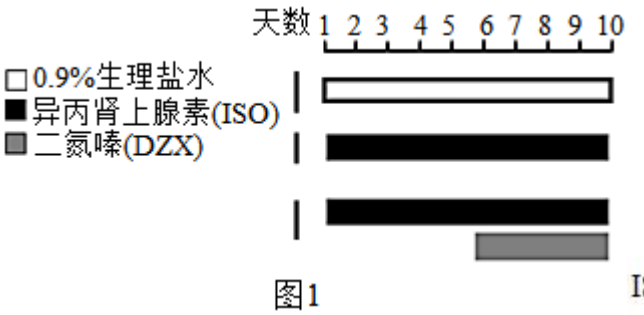


图1

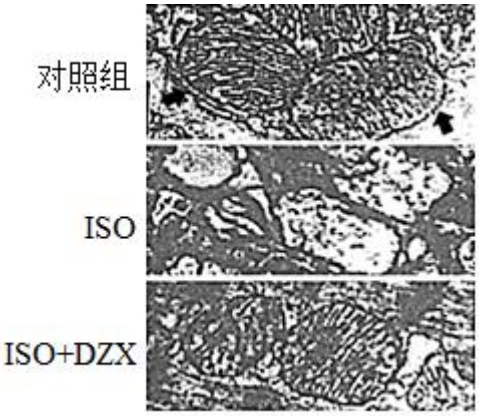


图2

（3）线粒体体积膨胀时，在波长 520nm 处吸光值下降。以此为依据，研究人员提取各组大鼠心肌细胞线粒体后，用 Ca^{2+}诱导线粒体通透性转换孔（mPTP）开放，并检测线粒体吸光值变化，结果如下图 3。实验结果表明，二氮嗪可以_____（降低/升高）mPTP 对 Ca^{2+}的敏感性，缓解线粒体由于通透性增加而导致的肿胀，判断的依据是_____。

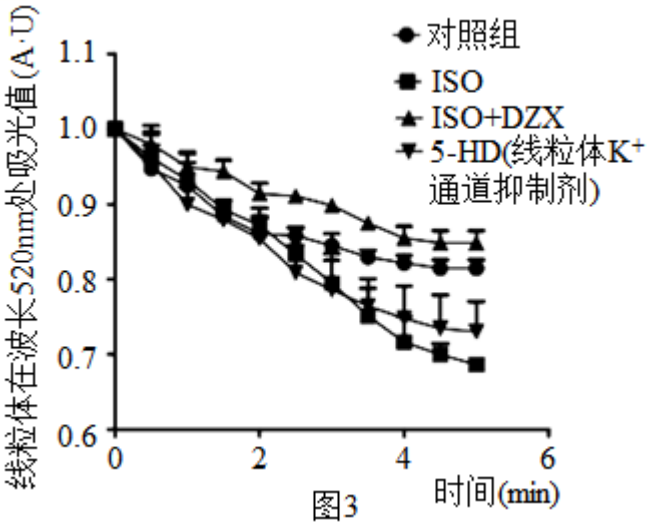


图3

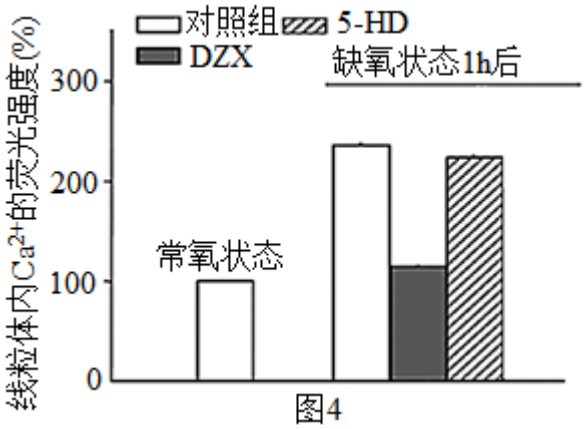


图4

（4）为进一步明确二氮嗪（DZX）作用机制，研究人员构建了体外心肌细胞的缺氧损伤模型，并检测细胞

线粒体内 Ca^{2+}浓度（图 4）。综合题中实验结果概括 DZX 缓解心肌缺氧损伤可能的机制_____。

18. 学习以下材料，回答（1）～（3）题

针对抗生素引起的生物失调的预防注射抗生素是控制体内细菌感染的有效措施，但抗生素也会伤害生活在人类肠道中的有益微生物，使其从肠道生态位中消失，造成生态失调，进而引发代谢紊乱及艰难梭菌感染导致的腹泻和结肠炎等。除此之外，抗生素的滥用也可能引发细菌耐药性的传播。为了保护肠道微生物，研究人员开发了一种工程化的乳酸菌（spTEM1），用以在肠道中降解广泛使用的 β-内酰胺类抗生素。使用能降解抗生素的工程菌具有独特的安全性要求：β-内酰胺酶使细胞对抗生素产生耐药性，而且它们的基因可以很容易地在不同的细菌之间传播。为了解决这个问题，研究人员使用一种非连锁双基因生物合成策略对 β-内酰胺酶基因重新编码。已知 β-内酰胺酶是由两个亚基（BLF1 和 BLF2）组成，科研人员把 β -内酰胺酶的基因分成两段，每段编码一个酶片段，并且使 BLF1 和 BLF2 两个基因片段位于不同的 DNA 片段上，其构建的 β-内酰胺酶表达系统如下图 1 所示。

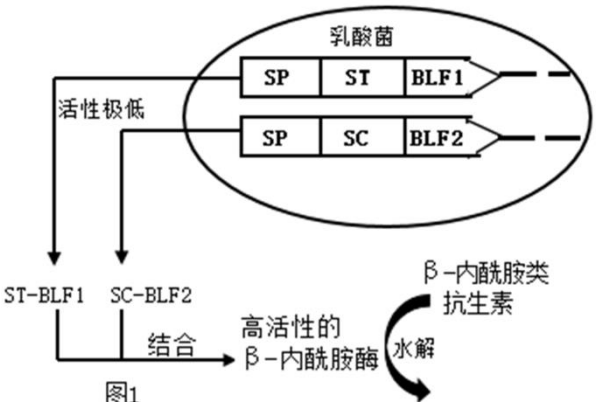


图1

在动物试验中，研究人员给实验组小鼠注射抗生素的同时，口服 spTEM1 工程菌，结果发现工程菌顺利抵达小鼠肠道，并开始分泌 β-内酰胺酶分解抗生素，同时小鼠血液中的抗生素浓度与对照组小鼠一样高。在肠道中，与只注射抗生素的小鼠相比，注射了工程菌的小鼠保持了更高水平的微生物多样性，也无任何小鼠受到艰难梭菌感染。反之，对照组小鼠肠道微生物多样性水平显著下降，其中部分小鼠受到感染。该研究所开发的安全降解肠道抗生素工程菌为预防菌群失调及其相关病理提供了一种可行策略。

（1）本文中的肠道生态位是指_____。文中生物的种间关系有____。

（2）根据图 1 和下表实验结果，推测 spTEM1 乳酸菌中 ST 和 SC 片段的作用_____。

组别	乳酸菌工程菌种类	胞外相对酶活性
甲	BLF1＋BLF2	0.2
乙	ST-BLF1	0.16
丙	SC-BLF2	0.16

丁	ST-BLF1＋SC-BLF2	0.55

（3）请从基因工程安全性角度分析，研究人员设计使用一种非连锁双基因生物合成策略对 β-内酰胺酶基因进行重新编码，使基因片段位于不同的 DNA 片段上的意义是_____；同时该工程菌将 β-内酰胺酶片段分泌到细胞外重组以恢复活性的意义是_____。

19. 籼稻品系 S 是一种低温不育、高温可育的雄性不育系。为研究其遗传机理，科研人员进行相关实验。

（1）让品系 S 与可育品系 R 进行杂交，实验过程及结果如下图 1。



图 1

①该杂交实验中，品系 S 最好做_____（父本或母本）。

②实验结果说明雄性不育性状由_____基因控制，遵循_____定律。

（2）SSR 是 DNA 中的简单重复序列，非同源染色体上的 SSR 重复单位不同（如 CA 重复或 GT 重复），不同品种的同源染色体上的 SSR 重复次数不同（如 CACACA 或 CACACACA），因此常用于染色体特异性标记。科研人员提取出 F2 中 50 株雄性不育单株的叶肉细胞 DNA，利用 6 号、8 号、10 号等染色体上特异的 SSR 进行 PCR 扩增，结果如下图 2。

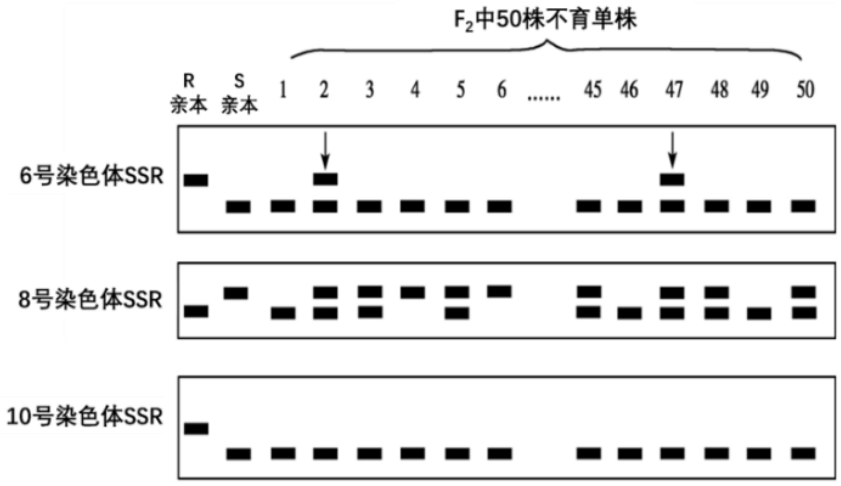


图2

①据图判断控制雄性不育性状的基因位于_____号染色体上，判断的依据是_____。

②2 号和 47 号单株 6 号染色体 SSR 扩增结果出现的原因是_____。

（3）科研人员将 ORF1 基因和 ORF2 基因作为不育基因的待选基因，检测品系 R 和品系 S 花药中两种基因的表达程度，结果如下图 3。据图推测：_____是品系 S 雄性不育的有关基因，为了验证该推测，需要进一步进行的实验是_____。

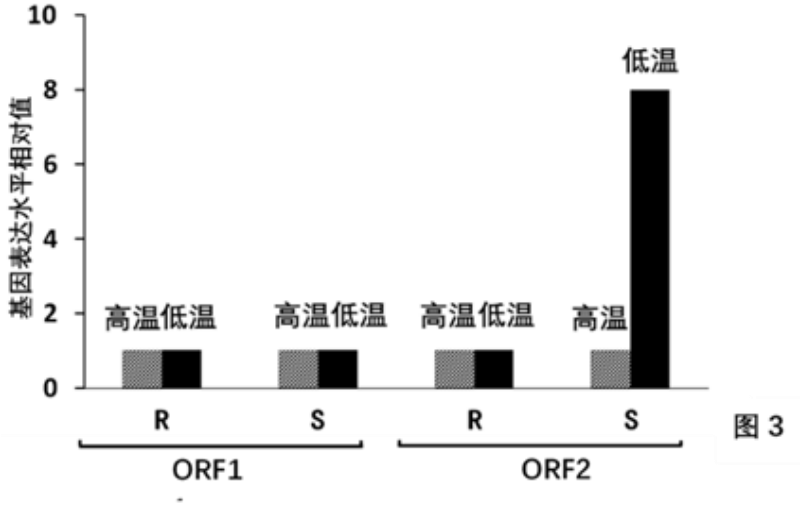


图 3

20. 有的番茄品种的果实远端凸起形成果尖，研究人员对果尖的形成展开了系列研究。

（1）受精作用后，生长素能促进番茄果实的_____。

（2）已知果实尖端细胞的发育起源于果实远端细胞的分裂和生长。为研究生长素对果尖形成的调节作用，研究人员设计如下实验。

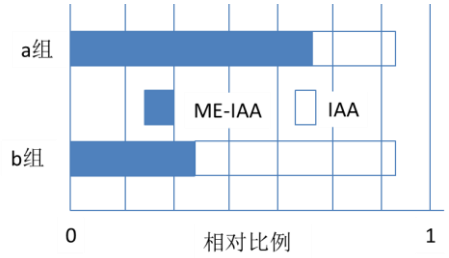
组别	品种	处理	检测
实验组	有果尖品种	在果实远端喷洒生长素转运抑制剂 NPA 水溶液	无果尖
对照组	?品种	在果实远端喷洒?	有果尖

①对照组应为_____品种，在果实远端喷洒_____。

②实验结果说明，降低远端生长素浓度会_____果尖的发育，该实验结果与已知相符。

（3）有研究发现，番茄染色体上 F 基因的表达产物可以促进生长素的运输，从而促进果实尖端的形成。PT 蛋白能识别、结合特定基因的启动子。研究人员发现原本无尖的品种其基因（PT）突变后变为有尖。据此推测，该品种 PT 基因突变后有尖的原因是_____。

（4）研究人员证实了上述推测后，在无尖果实品种的果实远端通过基因工程技术表达了 F 蛋白，并检测尖端生长素形式与相对比例，结果如下图（注：酯酶 E 通过催化无活性生长素（ME-IAA）的去甲基化产生有活性的生长素（IAA）。其中_____为野生品种组。



（5）请综合上述系列研究，以流程图的形式在下图中阐述番茄果尖形成的机制_____。



21. 肿瘤患者中有超过 1/3 的人会遭受疼痛折磨。为了研究肿瘤、癌痛及免疫三者之间的关系，研究人员进行了系列实验研究。

（1）正常情况下，_____细胞能识别肿瘤细胞膜表面的一些信号分子后，分裂并分化，一部分新形成的细胞可以在体液中循环，它们可以识别并接触、_____所识别的肿瘤细胞。

（2）研究发现，伤害感受神经元与黑色素肿瘤细胞共培养后，神经元中与癌痛相关基因表达明显上调。研究人员进而检测了培养液中神经元释放神经肽 CGRP 浓度，结果如下图 1。

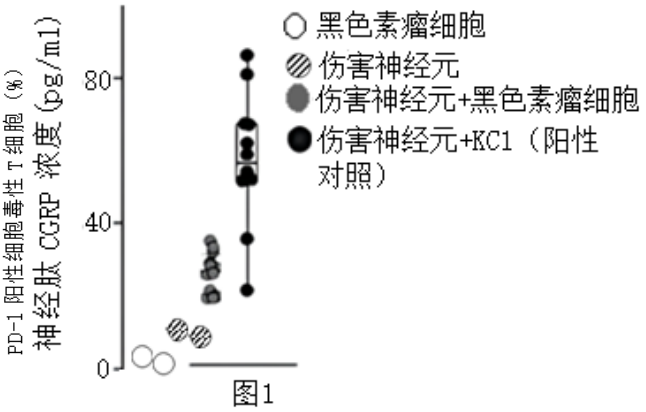


图1

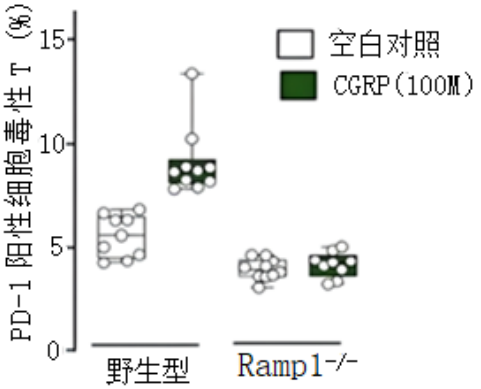


图2

实验结果说明肿瘤细胞可提高神经元对疼痛的敏感度，并_____，这可能是神经元接受癌痛信号后调节免疫系统的潜在方式。

（3）研究发现，抗原长期刺激促使细胞毒性 T 细胞进入程序性死亡，成为耗竭性 T 细胞，其受体 PD-1 高表达。科研人员体外培养野生型、Ramp1 基因（T 细胞表面受体基因）敲除小鼠的细胞毒性 T 细胞，用 CGRP 处理后检测 PD-1 阳性细胞毒性 T 细胞百分比，结果如图 2。综合以上研究，从 T 细胞耗竭角度，解释癌症患者免疫衰退的原因：_____。

（4）为了进一步证明癌痛能够抑制细胞免疫促进肿瘤生长，请从 a～h 中选择合适字母填入下表的标号上，

并预期实验结果。

a.与甲组生理状况一致　b.敲除痛觉基因 Trpv1　c.注射生理盐水　d.注射抗 CD-8（细胞毒性 T 细胞表面标志抗原）抗体　e. 注射黑色素瘤细胞　f.肿瘤体积＞400mm^3 g.200mm^3＜肿瘤体积＜400mm^3 h.肿瘤体积＜200mm^3

组别	实验材料	处理 1	处理 2	12 天后肿瘤体积
甲组	正常小鼠	①	甲 1：注射生理盐水	200mm^3＜肿瘤体积＜400mm^3
			甲 2：②	肿瘤体积＞400mm^3
乙组	③	同上	乙 1：同甲 1 组	肿瘤体积＜200mm^3
			乙 2：同甲 2 组	④

①_____；②_____；③_____；④_____。

（5）传统上常用抑制细胞分裂的化学药物来治疗癌症。基于上述研究，请提出肿瘤治疗新思路_____。

参考答案

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】A

【解析】

【分析】1、蛋白质是生命活动的主要承担者，构成蛋白质的基本单位是氨基酸，蛋白质的结构多样，在细胞中承担的功能多样。

2、核酸是遗传信息的携带者、其基本构成单位是核苷酸，核酸根据所含五碳糖的不同分为 DNA 和 RNA，核酸对于生物的遗传变异和蛋白质在的生物合成中具有重要作用，不同生物的核酸中的遗传信息不同。

【详解】A、DNA 经高温变性后降温能缓慢复性，蛋白质经高温变性后永久失活，降温不能复性，A 错误；

B、染色质主要由 DNA 和蛋白质组成，DNA 是遗传信息的载体，B 正确；

C、核酸的组成元素为 C、H、O、N、P，蛋白质的组成元素主要为 C、H、O、N，所以组成元素都含有 C、H、O、N，C 正确；

D、核酸中 DNA 复制时以 DNA 为模板，RNA 的合成以 DNA 为模板，蛋白质的合成需要 mRNA 作为模板，因此核酸和蛋白质的合成都需要模板，D 正确。

故选 A。

2. 【答案】B

【解析】

【分析】1、细胞是一个有机体，一切动植物都由细胞发育而来，并由细胞和细胞产物构成；2、细胞是一个相对独立的单位，既有它自己的生命，又对与其他细胞共同构成的整体生命起作用；3、新细胞是由老细胞分裂产生的。细胞学说揭示了动物和植物的统一性，从而阐明了生物界的统一性。

【详解】A、细胞分化的本质是基因的选择性表达，不同细胞中存在不同的基因表达情况，A 正确；

B、细胞学说揭示了动物和植物细胞的统一性，B 错误；

C、生命可以进行物质交换，能量交换和信息交流，是统一体，C 正确；

D、生命系统一般维持相对稳定的状态，负反馈调节是生命系统维持稳态最主要的调节机制，D 正确。

故选 B。

3. 【答案】B

【解析】

【分析】光合速率=呼吸速率+净光合速率，影响光合作用的因素主要有光照强度、温度、CO_2 的浓度。光照强度通过影响植物的光反应进而影响光合速率。光照强度增加，光反应速率加快，产生的 NADPH 和 ATP 增多，使暗反应中 C_3 的还原加快，从而使光合作用产物增加；温度主要影响酶的活性，从而影响光合速率；

CO_2主要影响暗反应阶段C_3的形成，从而影响光合速率。

【详解】A、在P点之后随着光照强度的增加，CO_2的吸收速率不再变化，也就意味着光合速率不再变化，此时限制光合速率的因素不再是光照强度，此时的限制因素可能是CO_2的浓度，A正确；

B、光照强度为b时，甲乙的CO_2的吸收速率相等，也就是此时甲乙的净光合速率相等，光合速率=呼吸速率+净光合速率，据图可知，甲乙与横坐标的交点表示净光合速率为0，光合速率=呼吸速率，而甲的呼吸速率大于乙，因此在b点时甲的光合作用强度大于乙，B错误；

C、光照前度为a时，CO_2的吸收速率0，表明甲的净光合速率为0，总光合作用强度与呼吸作用强度相等，C正确；

D、光强强度为c时，甲、乙光合作用强度的差异可能与CO_2的浓度相关，也可能是作物品种之间的差异，导致相关酶的活性与数量也存在差异，D正确。

故选B。

4. 【答案】D

【解析】

【分析】高中生物学实验中，有许多实验需要保持细胞活性，如观察叶绿体实验、观察细胞质的流动实验、观察质壁分离及复原实验等。

【详解】A、DNA粗提取与鉴定实验中，使细胞破裂，从而能提取出DNA，这些过程都不能保证细胞的正常生活，A错误；

B、在光学显微镜下观察细胞的有丝分裂过程用盐酸和酒精进行解离，细胞死亡，B错误；

C、鉴定生物组织中的蛋白质、脂肪、还原糖，死细胞做实验材料即可，C错误；

D、观察细胞质的流动的实验，必须保证细胞的活性，死细胞不会造成细胞内部的流动，D正确。

故选D。

5. 【答案】C

【解析】

【分析】题图分析，“Ca^{2+}泵是一种能催化ATP水解的载体蛋白；通过ATP水解消耗该过程释放的能量实现钙离子的转运，说明Ca^{2+}泵出细胞的方式是主动运输。

【详解】A、结合图示可以看出，a蛋白有运输和催化作用，能运输钙离子，同时催化ATP的水解，A正确；

B、结合图示可以看出，b蛋白发生载体蛋白的磷酸化的过程伴随着ATP的水解过程，B正确；

C、b蛋白与c蛋白的空间结构不同，进而实现了对钙离子的转运 ，C错误；

D、Ca^{2+}的跨膜运输是逆浓度梯度进行的，且需要消耗能量，因而为主动运输，D正确。

故选 C。

6. 【答案】A

【解析】

【分析】玉米根尖分生区细胞可以进行细胞分裂，可以进行 DNA 复制、转录和翻译。

【详解】A、DNA 复制时，以 DNA 的两条链为模板，以碱基互补配对为原则合成新的 DNA。转录时以 DNA 的一条链为模板，按 A-U，G-C，C-G，T-A 配对，合成 mRNA。翻译时，tRNA 上的反密码子与 mRNA 上的密码子互补配对，A 正确；

B、DNA 复制和转录的主要场所是细胞核，翻译的场所是核糖体，B 错误；

C、DNA 分子复制发生在细胞分裂间期，转录和翻译发生在整个生命历程，C 错误；

D、DNA 复制的原料是脱氧核糖核苷酸，转录的原料是核糖核苷酸，翻译的原料是氨基酸，D 错误。

故选 A。

7. 【答案】C

【解析】

【分析】基因控制生物性状的方式：基因通过控制蛋白质的分子结构来直接影响性状；基因通过控制酶的合成来控制代谢过程，进而控制生物性状。

【详解】A、对于细胞生物而言，基因是有遗传效应的 DNA 片段，基因在染色体上呈线性排列，A 正确；

B、据图可知，若缺乏酶 4，则精氨酸琥珀酸无法转变为精氨酸，故酶 4 缺陷型脉孢菌必须在培养基中添加精氨酸才能生长，B 正确；

C、若在缺少精氨酸的培养基上不能生长，则可能是精氨酸之前的前体物质合成出现问题，可能是基因 1、2、 3 或 4 发生突变所致，C 错误；

D、据图可知，图中的性状与酶的合成有关，说明基因可通过控制酶的合成来控制代谢过程，进而控制生物体的性状，D 正确。

故选 C。

8. 【答案】D

【解析】

【分析】基因突变是基因结构的改变，包括碱基对的增添、缺失或替换。基因突变发生的时间主要是细胞分裂的间期。

【详解】A、分析题意可知，该病的致病原因是基因 A 编码序列部分缺失所致，属于基因突变，A 错误；

B、分析题意可知，该病是隐性遗传病，且由条带图可知，成员 1 只含基因 A，成员 2 只含基因 a，而成员 4 只含基因 A，若为伴 Y 遗传，1 号为女性不应携带相应等位基因；若为常染色体遗传，则 AA×aa 不可能出现

子代基因型为 AA 的个体；故致病基因位于 X 染色体上，B 错误；

C、结合 B 分析可知，该致病基因位于 X 染色体，亲代为 $X^AX^A \times X^aY$，再生一个孩子患病的概率为 0，C 错误；

D、结合条带图可知，5 号基因型是 X^AX^a，6 号基因型是 X^AY，则成员 8 号基因型有两种可能：X^AX^A 或 X^AX^a，D 正确。

故选 D。

9. 【答案】B

【解析】

【分析】1、杂交育种

①原理：基因重组；②方法：杂交→自交→选育→自交；③优点：将不同个体的优良性状集中。

2、生殖隔离：由于各方面的原因，使亲缘关系接近的类群之间在自然条件下不交配，或者即使能交配也不能产生后代或不能产生可育性后代的隔离机制，若隔离发生在受精以前，就称为受精前的生殖隔离。

【详解】A、不同个体之间交配，可使不同优良基因重组在同一个个体上，出现新的基因型和表现型，该育种方法为杂交育种，原理为基因重组，A 正确；

B、一方面杂交育种没有发生基因突变，另一方面变异是不定向的，B 错误；

C、荷斯坦-弗里生牛与中国黄牛能杂交产生可育后代，说明不存在生殖隔离，C正确；

D、经多代选育，中国荷斯坦牛的年产不断提高，说明中国荷斯坦牛种群相应基因的频率（不断）提高（或（发生）定向改变），D 正确。

故选 B。

10. 【答案】A

【解析】

【分析】群落是指某一自然区域内所有生物的集合，不是各种生物的简单堆积，而是在长期的相互选择中形成了彼此之间的联系，同时对当地的环境有适应性。

【详解】A、生物群落指的使某一自然区域内所有生物的总称，而芨芨草、伯劳鸟和布氏田鼠只是其中的一部分，因而不能构成了生物群落，A 错误；

B、图中实验数据显示，在有伯劳鸟区域，布氏田鼠会显著降低芨芨草的盖度，B 正确；

C、栖息在芨芨草上的伯劳鸟主要以布氏田鼠为食，布氏田鼠不采食芨芨草，据此可推测，布氏田鼠通过破坏芨芨草，降低被伯劳鸟捕食的机率，C 正确；

D、芨芨草、伯劳鸟与布氏田鼠在相互选择中实现了协同进化，因而通过自然选择形成了对环境相适应的一些特征和生活习性，D 正确。

故选 A。

11. 【答案】B

【解析】

【分析】兴奋在神经元之间传递时要经过突触，当神经末梢有神经冲动传来 时，突触前膜内的突触小泡受到刺激，就会释放神经递质，神经递质扩散通过突触间隙，然后与突触后膜上的特异性受体结合，引发突触后膜电位变化。

【详解】A、据图可知，芬太尼与芬太尼受体结合时，促进了钾离子的外流，A 正确；

B、据图可知，神经元 K^+外流时，对于 Ca^{2+}的内流是抑制作用，B 错误；

C、据图可知，Ca^{2+}的内流能够促进突触小泡与突触前膜融合，进而促进神经递质的释放，引发突触后膜的 Na^+内流，引起下一个神经元兴奋，C 正确；

D、据图可知，芬太尼与芬太尼受体结合后，会促进 K^+外流，K^+外流会导致膜电位发生变化，从而抑制 Ca^{2+}内流，Ca^{2+}的缺乏会影响神经递质的释放，进而影响兴奋在神经元之间的传递，D 正确。

故选 B。

12. 【答案】B

【解析】

【分析】参与果酒制作的微生物是酵母菌，其新陈代谢类型为异养兼性厌氧型。参与果醋制作的微生物是醋酸菌，其新陈代谢类型是异养需氧型。果醋制作的原理：当氧气、糖源都充足时，醋酸菌将葡萄汁中的糖分解成醋酸。当缺少糖源时，醋酸菌将乙醇变为乙醛，再将乙醛变为醋酸。

【详解】A、酵母菌是真核生物，A 错误；

B、醋酸菌的最适温度为 30-35 度，比酵母菌高，所以在接入醋酸杆菌后，应适当升高发酵温度 ，B 正确；

C、醋酸菌是需氧型微生物，所以培养过程中不能密闭，需要不断通入氧气，C 错误；

D、醋酸杆菌是原核生物，分裂方式是二分裂，而不是有丝分裂，D 错误。

故选 B。

13. 【答案】A

【解析】

【分析】分析题图：图示为试管牛培育过程图，牛的精子分离出含 Y 染色体的精子和含 X 染色体的精子，与卵细胞结合形成受精卵，因此①表示体外受精过程，接着经过早期胚胎培养过程和胚胎移植形成试管牛.

【详解】A、试管牛的培育过程中，涉及到减数分裂和受精作用，属于有性生殖，A 正确；

B、过程①指的是体外受精技术，没有涉及胚胎移植技术，B 错误；

C、采集来的精子需要经过获能处理才能用于受精，C 错误；

D、胚胎移植产生的后代，是经过受精作用形成的，其遗传特性与提供精子和卵细胞的亲本相同，而与受体一般不一致，D 错误。

故选 A。

14. 【答案】A

【解析】

【分析】基因工程技术的基本步骤：（1）目的基因的获取：方法有从基因文库中获取、利用 PCR 技术扩增和人工合成。（2）基因表达载体的构建：是基因工程的核心步骤，基因表达载体包括目的基因、启动子、终止子和标记基因等。（3）将目的基因导入受体细胞：根据受体细胞不同，导入的方法也不一样。（4）目的基因的检测与鉴定。

【详解】A、PCR 是一项体外扩增 DNA 分子的技术，可用于目的基因的获取及扩增，故可通过 PCR 的方法获取 GM-CSF 基因，A 正确；

B、构建 GM-CSF 基因表达载体是基因工程的核心，该过程需要限制酶和 DNA 连接酶，B 错误；

C、基因表达载体上的启动子是 RNA 聚合酶识别和结合的位点，可以调控 GM-CSF 基因的表达，C 错误；

D、大肠杆菌属于原核生物，将目的基因导入原核生物的方法是钙离子处理法（感受态细胞法），D 错误。

故选 A。

15. 【答案】D

【解析】

【分析】1、生物的多样性：生物圈内所有的植物、动物和微生物，它们所拥有的全部基因以及各种各样的生态系统，共同构成了生物多样性．生物多样性包括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性。

2、生物多样性的价值：（1）直接价值：对人类有食用、药用和工业原料等使用意义，以及有旅游观赏、科学研究和文学艺术创作等非实用意义的。（2）间接价值：对生态系统起重要调节作用的价值（生态功能）。（3）潜在价值：目前人类不清楚的价值。

3、生物多样性的保护：（1）就地保护（自然保护区）：就地保护是保护物种多样性最为有效的措施。（2）易地保护：动物园、植物园。（3）利用生物技术对生物进行濒危物种的基因进行保护，如建立精子库、种子库等。（4）利用生物技术对生物进行濒危物种进行保护．如人工授精、组织培养和胚胎移植等。

【详解】A、为实现可持续发展，应合理开发和利用自然资源，A 错误；

B、利用生物技术对生物进行濒危物种进行保护，如人工授精、组织培养和胚胎移植等，属于对生物多样性的保护，但不属于最有效的保护，B 错误；

C、将各地濒危野生物种都迁移到自然保护区并加以保护属于易地保护，但不属于最有效的保护，C 错误；

D、成立三江源、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山等国家公园及自然保护区属于就地保护，就地保护是保

护物种多样性最为有效的措施，D 正确；

故选 D。

二、非选择题（共 6 题）

16. 【答案】（1）核糖体　　（2）　　①. 细胞培养操作、细胞取样量、点样量等　　②. PERK 与分子伴侣 GRP78 解离（分离）

（3）　　①. 激活了 PERK 通路　　②. 促进 LC3-Ⅱ的表达　　（4）ACD

（5）内质网应激引起细胞自噬，通过细胞自噬可降解内质网内堆积的未折叠或错误折叠的蛋白质，重新形成合成蛋白质的原料，减少了细胞内物质和能量的浪费，维持了细胞内部环境的稳态。

【解析】

【分析】通俗地说，细胞自噬就是细胞吃掉自身的结构和物质。在一定条件下，细胞会将受损或功能退化的细胞结构等，通过溶酶体降解后再利用，这就是细胞自噬。处于营养缺乏条件下的细胞，通过细胞自噬可以获得维持生存所需的物质和能量；在细胞受到损伤、微生物入侵或细胞衰老时，通过细胞自噬，可以清除受损或衰老的细胞器，以及感染的微生物和毒素，从而维持细胞内部环境的稳定。

【小问 1 详解】

蛋白质的合成发生在核糖体，当发生内质网应激时，核糖体合成的蛋白质减少，使运往内质网的蛋白质减少，从而减少未折叠或错误折叠蛋白在内质网的堆积。

【小问 2 详解】

①在实验过程中，由于细胞培养操作、细胞取样量、点样量等的差别可能对实验结果造成影响，β-actin 属于细胞骨架蛋白，在细胞中表达量稳定，用 β-actin 作为标准物质可校准和清除影响，图 1 中 β-actin 含量一直稳定，说明操作、取样量、点样量都合理，对实验结果未造成影响，GRP78 的不同是由于自变量的不同。

②对细胞接种呼吸综合征病毒（PRRSV）可导致内质网应激反应，接种后 GRP78 蛋白含量增加，说明 PERK 与分子伴侣 GRP78 解离（分离），导致 PERK 被激活而有活性。

【小问 3 详解】

由（2）可知，PRRSV 感染引起内质网应激反应激活了 PERK 通路，通过图 2 分析，接种病毒后 LC3-II含量增加，说明 PERK 通路激活后促进 LC3-II的表达，进而引起细胞自噬。

【小问 4 详解】

AB、要从细胞水平验证此结论，即是观察细胞自噬的现象，可对感染 PRRSV 的细胞的亚显微结构进行观察，A 正确，B 错误；

C、病毒感染过程中往往导致大量未折叠或错误折叠蛋白的堆积，故感染组中观察到内质网肿胀，并有自噬体的形成，C 正确；

D、一般情况下，处于营养缺乏条件下的细胞，通过细胞自噬可以获得维持生存所需的物质和能量，对照组中是正常环境，无内质网肿胀现象和自噬体的形成，D 正确。

故选 ACD。

【小问 5 详解】

通俗意义上，通过细胞自噬，可以清除受损或衰老的细胞器，以及感染的微生物和毒素，从而维持细胞内部环境的稳定。内质网应激引起细胞自噬，通过细胞自噬可降解内质网内堆积的未折叠或错误折叠的蛋白质，重新形成合成蛋白质的原料，减少了细胞内物质和能量的浪费，维持了细胞内部环境的稳态。

17. 【答案】（1） ①. 交感 ②. 体液运输（血液运输）

（2）二氮嗪(DZX)能改善 ISO 导致的心肌细胞线粒体损伤

（3） ①. 降低 ②. 和对照组相比，ISO 处理后，大鼠心肌细胞线粒体在波长 520 纳米处吸光值出现明显的下降，而加入 DZX 后，大鼠心肌细胞线粒体吸光值升高。和 DZX 组大鼠相比，5-HD 处理后，大鼠线粒体吸光值下降明显加快。

（4）DZX 在缺氧环境下（通过打开 K^+通道），抑制线粒体对钙离子的吸收，从而降低线粒体通透性转换孔(mPTP)开放，缓解线粒体由于通透性增加而导致的肿胀、破碎，缓解心机缺氧损伤。

【解析】

【分析】1.交感神经兴奋时，腹腔内脏及末梢血管收缩，心跳加快加强:支气管平滑肌扩张;胃肠运动和胃分泌受到抑制:新陈代谢亢进;瞳孔散大等。

2.副交感神经兴奋时，心跳减慢减弱;支气管平滑肌收缩:胃肠运动加强促进消化液的分泌:瞳孔缩小等。

交感神经系统的活动一般比较广泛，往往不会只波及个别的神经及其支配的效应器官，而常以整个系统来参加反应。例如，当交感神经系统发生反射性兴奋时，除心血管功能亢进外，还伴有瞳孔散大、支气管扩张、胃肠道活动抑制等反应。

交感神经系统作为一个完整的系统进行活动时，其主要作用在于促使机体能适应环境的急骤变化。

【小问 1 详解】

交感神经兴奋时，腹腔内脏及末梢血管收缩，心跳加快加强:支气管平滑肌扩张；胃肠运动和胃分泌受到抑制:新陈代谢亢进；瞳孔散大等，因此在紧急状态下，自主神经系统中的交感神经支配肾上腺髓质分泌肾上腺素，通过体液运输，作用于心脏，使心跳加快。

【小问 2 详解】

根据图 2，三组对比发现，第三组现 ISO+DZX 处理后，线粒体肿胀破碎的现象有所缓解，表明二氮嗪(DZX)能改善 ISO 导致的心肌细胞线粒体损伤。

【小问 3 详解】

由于和对照组相比，ISO 处理后，大鼠心肌细胞线粒体在波长 520 纳米处吸光值出现明显的下降，而加入 DZX 后，大鼠心肌细胞线粒体吸光值升高，与 DZX 组大鼠相比，5-HD 处理后，大鼠线粒体吸光值下降明显加快，说明二氮嗪可以降低 mPTP 对 Ca^{2+}的敏感性。

【小问 4 详解】

由图 4 分析，缺氧状态下 DZX 组线粒体内钙离子荧光强度低，说明 DZX 缓解心肌缺氧损伤可能的机制是 DZX 在缺氧环境下（通过打开 K^{+}通道），抑制线粒体对钙离子的吸收，从而降低线粒体通透性转换孔(mPTP)开放，缓解线粒体由于通透性增加而导致的肿胀、破碎，缓解心机缺氧损伤。

18. 【答案】（1） ①. 肠道有益微生物在肠道微生物群落中的地位和作用，（包括所处的空间位置、占用的资源，以及与人和其他肠道微生物的关系等。） ②. 共生、竞争

（2）（ST 和 SC 片段有较强的相互作用），在细胞外促进 BLF1 和 BLF2 片段结合，从而形成有活性的 β-内酰胺酶。

（3） ①. 避免因基因水平转移导致抗性基因在不同细菌之间传播，引起细菌耐药性的产生和扩散） ②. β-内酰胺酶可以在肠道环境中自由扩散，对肠道菌群产生共同影响，避免了工程菌获得优于肠道原生菌的竞争优势

【解析】

【分析】基因工程技术的基本步骤：

（1）目的基因的获取：方法有从基因文库中获取、利用 PCR 技术扩增和人工合成。

（2）基因表达载体的构建：是基因工程的核心步骤，基因表达载体包括目的基因、启动子、终止子和标记基因等。

（3）将目的基因导入受体细胞：根据受体细胞不同，导入的方法也不一样。将目的基因导入植物细胞的方法有农杆菌转化法、基因枪法和花粉管通道法；将目的基因导入动物细胞最有效的方法是显微注射法；将目的基因导入微生物细胞的方法是感受态细胞法。

（4）目的基因的检测与鉴定：分子水平上的检测：①检测转基因生物染色体的 DNA 是否插入目的基因——DNA 分子杂交技术；②检测目的基因是否转录出了 mRNA——分子杂交技术；③检测目的基因是否翻译成蛋白质——抗原—抗体杂交技术；个体水平上的鉴定：抗虫鉴定、抗病鉴定、活性鉴定等。

【小问 1 详解】

生态位指一个物种在时间和空间上的位置及其与其他物种之间的关系，肠道生态位是指肠道有益微生物在肠道微生物群落中的地位和作用，（包括所处的空间位置、占用的资源，以及与人和其他肠道微生物的关系等。）有益菌群之间以及不同菌群之间体现的生物种间关系有共生、竞争。

【小问 2 详解】

由甲组和丁组对比可知，丁组胞外相对酶活性较高，说明 ST 和 SC 片段有较强的相互作用，在细胞外促进 BLF1 和 BLF2 片段结合，从而形成有活性的 β-内酰胺酶。

【小问 3 详解】

使基因片段位于不同的 DNA 片段上的意义是避免因基因水平转移导致抗性基因在不同细菌之间传播，引起细菌耐药性的产生和扩散。同时该工程菌将 β-内酰胺酶片段分泌到细胞外重组以恢复活性的意义是 β-内酰胺酶可以在肠道环境中自由扩散，对肠道菌群产生共同影响，避免了工程菌获得优于肠道原生菌的竞争优势。

19. 【答案】（1） ①. 母本 ②. 两对隐性（基因） ③. 基因自由组合

（2） ①. 6 和 10 ②. F_2 所有雄性不育单株均含有来自于 S 亲本 6 号和 10 号染色体的 SSR（F_2 雄性不育单株的 6 号、10 号染色体的 SSR 扩增结果与 S 亲本 SSR 扩增结果基本一致） ③. 在 F_1 形成配子过程中，雄性不育基因与 SSR 标记之间发生了交叉互换，形成了同时含雄性不育基因和 R 亲本 SSR 标记的配子

（3） ①. ORF2 基因 ②. 低温条件下，抑制品系 S 植株 ORF2 基因的表达，检测其花粉育性（用基因工程技术敲除品系 S 植株 ORF2 基因，在低温条件下培养，检测其花粉育性）

【解析】

【分析】1、基因的自由组合定律的实质是：位于非同源染色体上的非等位基因的分离或组合是互不干扰的；在减数分裂过程中，同源染色体上的等位基因彼此分离的同时非同源染色体上的非等位基因自由组合。

2、利用雄性不育株与两性植株杂交，生产上减少了去雄操作。

【小问 1 详解】

①籼稻品系 S 是一种低温不育、高温可育的雄性不育系，该杂交实验中，品系 S 最好做母本，生产上减少了去雄操作。

②F_2 中可育单株：雄性不育单株=15：1，符合 9：3：3：1 的变式，说明控制该性状的基因至少位于两对同源染色体上，雄性不育性状是由双隐形基因控制，遵循基因自由组合定律。

【小问 2 详解】

①提取出 F_2 中 50 株雄性不育单株的叶肉细胞 DNA，利用 6 号、8 号、10 号等染色体上特异的 SSR 进行 PCR 扩增，由图可知，F_2 雄性不育单株的 6 号、10 号染色体的 SSR 扩增结果与 S 亲本 SSR 扩增结果基本一致，因此可判断雄性不育性状的基因位于 6 和 10 号染色体上。

②由图 2 可知，2 号和 47 号单株 6 号染色体同时具有 R 亲本和 S 亲本的基因，这说明在 F_1 形成配子过程中，雄性不育基因与 SSR 标记之间发生了交叉互换，形成了同时含雄性不育基因和 R 亲本 SSR 标记的配子。

【小问 3 详解】

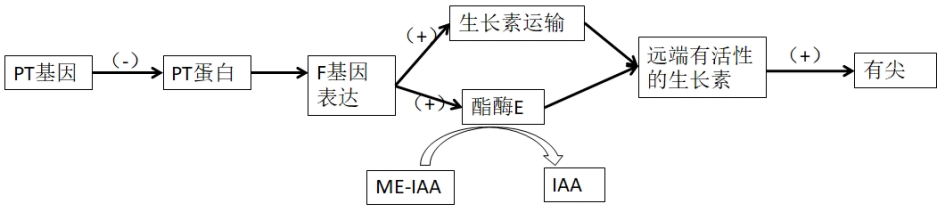
已知品系 S 是一种低温不育、高温可育的雄性不育系，ORF1 基因和 ORF2 基因作为不育基因的待选基因，

由图 3 可知，ORF1 基因在高温或低温的条件下，在品系 R 和品系 S 中的表达水平相对值相同，说明 ORF1 基因不是品系 S 雄性不育的有关基因；ORF2 基因在低温的条件下，在品系 S 中的表达水平相对值较高，与题意相符，说明 ORF2 基因是品系 S 雄性不育的有关基因。欲进一步验证 ORF2 基因是否是品系 S 雄性不育的有关基因，可选择在低温条件下，抑制品系 S 植株 ORF2 基因的表达，检测其花粉育性，如果可育，说明 ORF2 基因是品系 S 雄性不育的有关基因；如果不可育，说明 ORF2 基因不是品系 S 雄性不育的有关基因。

20. 【答案】（1）发育　　（2）　　①. 有果尖　　②. 等量不含 NPA 的水溶剂　　③. 抑制

（3）突变后的 PT 蛋白不能结合 F 基因启动子，解除了对 F 基因转录的抑制作用，表达的 F 蛋白将生长素运输至果实远端，从而促进了果尖的发育

（4）a　　（5）



【解析】

【分析】植物生长发育的调控，是由基因表达调控、植物激素调控和环境因素调节共同完成的。

【小问 1 详解】

生长素主要由幼嫩的芽、叶和发育中的种子产生，其中发育中的种子产生的生长素能促进番茄果实的发育。

【小问 2 详解】

该实验目的是研究生长素对果尖形成的调节作用，自变量为生长素（或生长素转运抑制剂 NPA），因变量为果实是否有果尖，其余无关变量应控制相同，故对照组品种也应该为有果尖品种。实验组的处理为在果实远端喷洒生长素转运抑制剂 NPA 水溶液，则对照组的处理应为在果实远端喷洒等量不含 NPA 的水溶剂。实验组在果实远端喷洒生长素转运抑制剂 NPA 水溶液后使有果尖的品种出现了无果尖，说明降低远端生长素浓度会抑制果尖的发育。

【小问 3 详解】

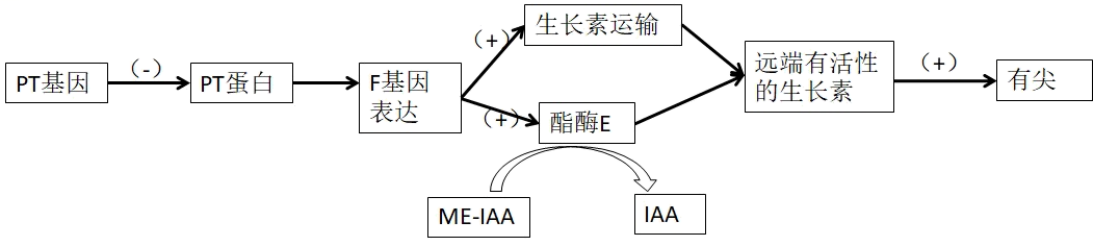
由题意“番茄染色体上 F 基因的表达产物可以促进生长素的运输，从而促进果实尖端的形成。PT 蛋白能识别、结合特定基因的启动子。”可知果尖的形成与 F 基因的正常转录、翻译有关，原本无尖的品种突变后的 PT 基因无法表达出正常的 PT 蛋白，导致结构异常的 PT 蛋白不能结合 F 基因启动子，解除了对 F 基因转录的抑制作用，F 基因能正常转录，表达的 F 蛋白将生长素运输至果实远端，促进了果尖的发育，从而该品种从无尖突变成有尖。

【小问 4 详解】

由（2）（3）分析可知，远端生长素浓度过低会抑制果尖的发育，题图中 a 组无活性生长素（ME-IAA）的相对比例明显大于有活性的生长素（IAA）的相对比例，说明 a 组为野生品种组，为无尖果实品种。

【小问 5 详解】

结合题意可知，PT 基因正常表达产生 PT 蛋白，该蛋白能识别、结合特定基因的启动子，导致 F 基因不能正常表达，F 蛋白一方面参与生长素的运输，一方面保证酯酶 E 催化无活性生长素（ME-IAA）的去甲基化产生有活性的生长素（IAA），从而使远端有活性的生长素含量增加，促进果实远端细胞的生长，促进尖端细胞的发育，具体流程图如图：



21. 【答案】（1） ①. 细胞毒性 T 细胞 ②. 裂解

（2）促进活化的神经元释放 CGRP

（3）肿瘤细胞可提高神经元对疼痛的敏感度，并促进伤害感受神经元释放 CGRP，进而通过 CGRP-RAMP1 信号轴诱导细胞毒性 T 细胞耗竭，降低细胞免疫力，从而促进黑色素肿瘤的生长。

（4） ①. b ②. e ③. d ④. f

（5）PD-1 抗体作为癌症免疫治疗的药物，T 细胞回输逆转 T 细胞衰竭，抑制伤害神经元兴奋，抑制 CGRP-RAMP1 结合

【解析】

【分析】第三道防线的“作战部队”主要是众多的淋巴细胞，其中 B 细胞主要靠产生抗体“作战”，这种方式称为体液免疫，细胞毒性 T 细胞主要靠直接接触靶细胞“作战”，这种方式称为细胞免疫。

【小问 1 详解】

正常体内的肿瘤细胞的识别与清除需要依赖细胞免疫，细胞免疫中发挥重要作用的是细胞毒性 T 细胞，该细胞能识别肿瘤细胞膜表面的一些信号分子，然后分裂并分化，其中分化产生的细胞毒性 T 细胞可以识别并接触、裂解所识别的肿瘤细胞，以防止肿瘤细胞在体内大量增殖。

【小问 2 详解】

分析图 1 可知，伤害感受神经元与黑色素肿瘤细胞共培养后，培养液中神经元释放神经肽 CGRP 浓度明显上升，结合题意“伤害感受神经元与黑色素肿瘤细胞共培养后，神经元中与癌痛相关基因表达明显上调”可推测，肿瘤细胞可提高神经元对疼痛的敏感度，并促进活化的神经元释放 CGRP。

【小问 3 详解】

分析图 2 可知，Ramp1 基因（T 细胞表面受体基因）敲除小鼠的 PD-1 阳性细胞毒性 T 细胞百分比低于野生型小鼠，结合（2）小问的分析可推测肿瘤细胞可提高神经元对疼痛的敏感度，并促进伤害感受神经元释放 CGRP，进而通过 CGRP-RAMP1 信号轴诱导细胞毒性 T 细胞耗竭，而细胞毒性 T 细胞数量减少会降低细胞免疫能力，肿瘤细胞不能及时被清除，从而出现癌症患者免疫衰退、黑色素肿瘤不断生长的现象。

【小问 4 详解】

实验目的是验证癌痛能够抑制细胞免疫促进肿瘤生长，观测指标为 12 天后肿瘤体积。甲组实验材料为正常小鼠，将正常小鼠的痛觉基因 Trpv1 敲除，使之不能产生癌痛，将处理后的小鼠分为两组，其中一组（甲 1）小鼠注射生理盐水，另一组（甲 2） 注射黑色素瘤细胞，12 天后测定各组小鼠肿瘤体积；乙组实验材料为注射抗 CD-8（细胞毒性 T 细胞表面标志抗原）抗体的正常小鼠，将处理后的小鼠分为两组，其中一组（乙 1）小鼠注射生理盐水，另一组（乙 2） 注射黑色素瘤细胞，12 天后测定各组小鼠肿瘤体积。甲 2 组肿瘤体积＞$400mm^3$，若乙 2 组肿瘤体积＞$400mm^3$，则可证明癌痛能够抑制细胞免疫促进肿瘤生长。

【小问 5 详解】

结合题意可知，抗原长期刺激促使细胞毒性 T 细胞进入程序性死亡，成为耗竭性 T 细胞，其受体 PD-1 高表达，可推测 PD-1 抗体可作为癌症免疫治疗的药物；及时补充 T 细胞，如 T 细胞回输逆转 T 细胞衰竭，维持 T 细胞的正常数量；抑制伤害神经元兴奋；抑制 CGRP-RAMP1 结合等，这些方法均可作为肿瘤治疗的新思路。