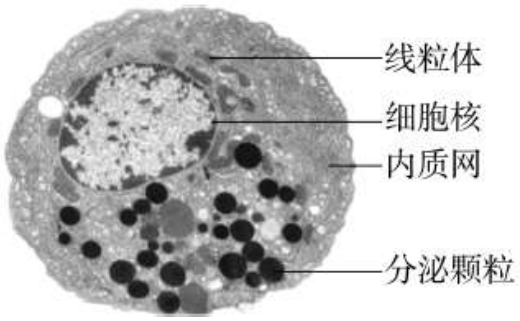
2022 北京朝阳高三二模

生　　物

1. 下图是豚鼠胰腺腺泡细胞的电镜照片，该细胞可合成并分泌胰蛋白酶等多种消化酶。据图说法正确的是（　）



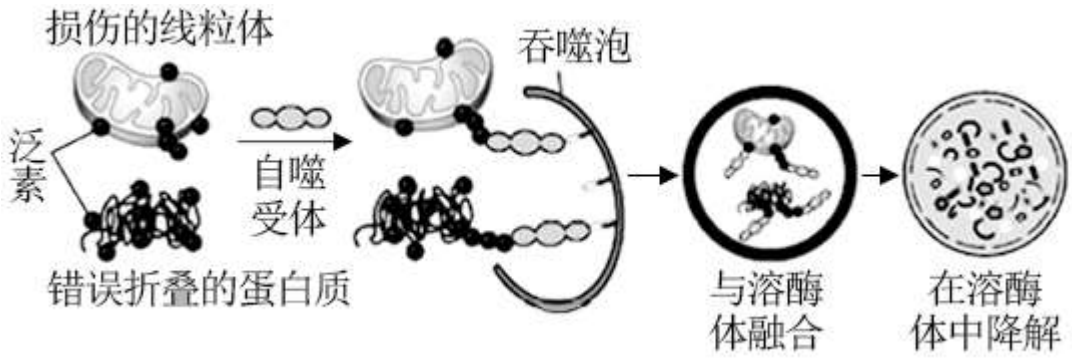
A. 线粒体彻底氧化分解葡萄糖为该细胞供能

B. 该细胞的核糖体可与胰岛素 mRNA 结合

C. 胰蛋白酶的合成及分泌由细胞核控制

D. 分泌颗粒由粗面内质网鼓出后形成

2. 研究发现，细胞中错误折叠的蛋白质或损伤的细胞器被一种称为泛素的多肽标记后，送往溶酶体降解，具体机制如下图。下列叙述错误的是（　）



A. 泛素在蛋白质和损伤细胞器降解过程中起到“死亡标签”的作用

B. 吞噬泡与溶酶体融合体现了生物膜的选择透过性

C. 溶酶体中的多种水解酶可以将吞噬泡降解

D. 泛素参与代谢、增殖等生命活动的调节

3. 研究者发现一种肉眼可见的细长型异类细菌，其菌体长度是一般细菌的 5000 倍，基因数量是常规细菌的 3 倍，基因组与核糖体包裹在同一囊泡中，另一个囊泡充满了水等物质，占总体积的 73%。下列叙述错误的是（　）

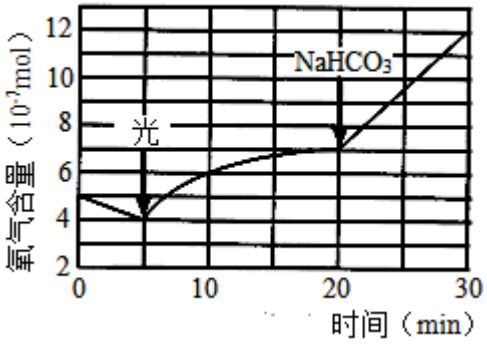
A. 囊泡中的水以结合水为主，是良好的溶剂

B. 基因组与核糖体的包裹利于基因高效表达

C. 菌体细长利于该细菌与外界进行物质交换

D. 包裹基因组囊泡的发现为细胞的演化历程提供证据

4. 将小球藻放在密封玻璃瓶内，实验在保持适宜温度的暗室中进行，第 5 分钟时给予光照，第 20 分钟时补充 $NaHCO_3$，实验结果如图。下列叙述错误的是（　）



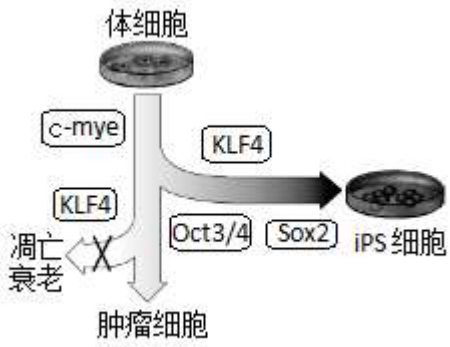
A. 0~5 分钟，由于小球藻有氧呼吸导致氧气减少

B. 7 分钟左右，小球藻开始向玻璃瓶中释放氧气

C. 15 分钟左右，CO_2 是光合作用的主要限制因素

D. 5~30 分钟，O_2 量逐渐增加但瓶内的气压不变

5. 实验发现小鼠的体细胞中转入四种基因就可以诱导产生一种与胚胎干细胞功能类似的诱导多能干（iPS）细胞。科学家将获得的 iPS 细胞分化为 T 细胞以期用于传染病的治疗。下列叙述错误的是（　）



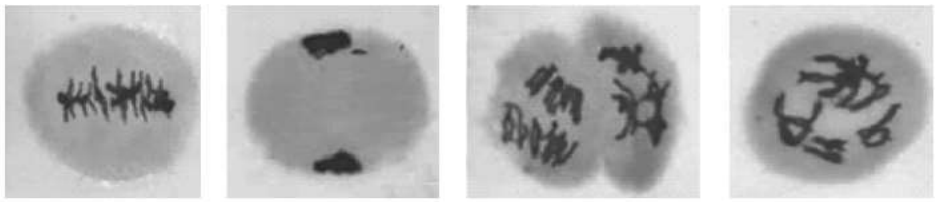
A. 诱导 iPS 细胞的过程细胞发生形态、结构的改变

B. 上图表示的所有过程，不仅仅涉及这四种基因的表达

C. 研制 iPS 细胞的原理类似于植物细胞的脱分化与再分化

D. KLF4 基因能够抑制细胞凋亡和衰老，可实现细胞的无限增殖

6. 下图为显微镜下某植物减数分裂不同时期的细胞图像。下列叙述正确的是（　）



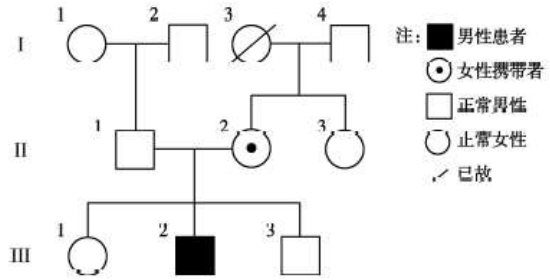
A. 图甲中，四分体整齐排列在细胞中央的细胞板上

B. 图乙中，染色体复制正在进行，着丝粒尚未分裂

C. 图丙中，同源染色体彼此分离，染色体数目减半

D. 图丁中，同源染色体之间有可能发生了基因重组

7. 无脉络膜症患者在儿童期会出现夜盲症，随病情发展成年时视觉丧失，发病率约为 1/50000。患者由于缺乏 CHM 基因表达的一种影响细胞囊泡转运的蛋白质，导致光感受细胞死亡。下图是一个无脉络膜症家族系谱图，对此家系分析错误的是（　）



A. 无脉络膜症是一种伴 X 染色体隐性遗传病

B. III-3 与表型正常的女性生育患病男孩概率为 1/4

C. 由于患者光感受细胞生物膜系统功能紊乱导致细胞死亡

D. 用基因治疗的方法治愈的II-2，其后代仍有可能患此病

8. 大麻（2n=20）是雌雄异株的植物，其性别决定方式为 XY 型。大麻纤维是优良的纺织原料，雄株纤维优于雌株。研究发现，短日照处理会使雄性大麻植株雌性化，日间高温促进大麻雄花的发育。下列叙述正确的是（　）

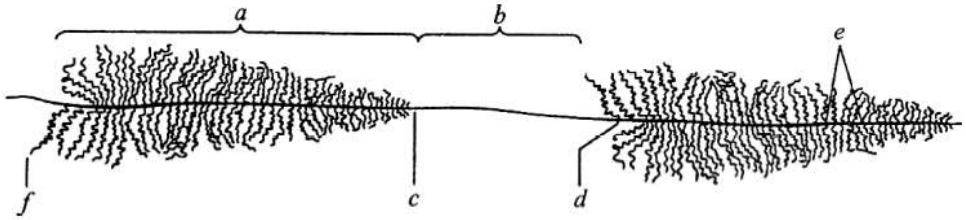
A. 大麻生殖细胞的染色体组成为 10+X 或 10+Y

B. 短日照处理使大麻的性染色体由 XY 突变为 XX

C. 长日照、日间高温处理有利于得到更多的雄株

D. 雄株花药离体培养秋水仙素处理后均为纯合雄株

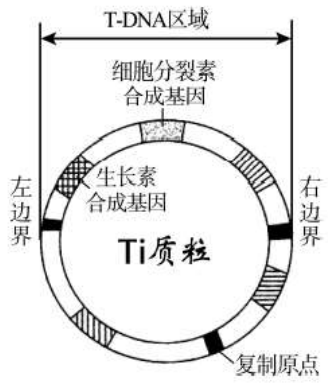
9. 真核细胞核仁染色质的铺展图呈现大树的形状（见下图），此结构是核仁内 rRNA 基因的 DNA 片段上进行转录的状况。对铺展图分析错误的是（　）



A. b 段是此时该细胞未被转录的区段　　B. f 是 rRNA 基因转录产物的 5'末端

C. RNA 聚合酶的移动方向是由右向左　　D. 新合成的 RNA 上附着大量核糖体

10. 农杆菌特有的 T-DNA 能够提高其对宿主细胞的转化，进而使宿主长出冠瘿瘤。下图为 T-DNA 上的部分结构，有关分析错误的是（　）



A. T-DNA 是 Ti 质粒上特有的序列，在基因工程中广泛应用

B. T-DNA 整合到宿主细胞基因组 DNA 上可能会导致基因突变

C. T-DNA 结构的完整性是诱导宿主植株产生冠瘿瘤的重要条件

D. 农杆菌通过改变植物激素的种类与比例诱导细胞的分化方向

11. 我国科研人员获得了含抗热基因 Q2 的热带粳稻，通过多代回交将 Q2 导入优质稻中，培育出了成活率、单株产量均大幅提高的抗热新品系。Q2 能够通过降低热响应，使植物处于钝感状态，减少能量损耗，维持基本生命活动，待高温结束后可以快速重建恢复。相关叙述错误的是（　）

A. Q2 来源于基因突变，在炎热环境下经选择被保留下来

B. 回交育种的基本原理是基因重组，可将优良性状整合在一起

C. Q2 基因可通过提高植物酶的最适温度来提高新品种的成活率

D. 种植抗热新品系水稻是应对全球变暖危机的一种新思路

12. 报春花具有二型花柱和同型花柱两种不同花型（如图 1）。研究发现，传粉昆虫随海拔增加而减少。为研究上述现象对报春花花型的影响，研究者进行模拟实验，处理及结果如图 2．相关分析错误的是（　）

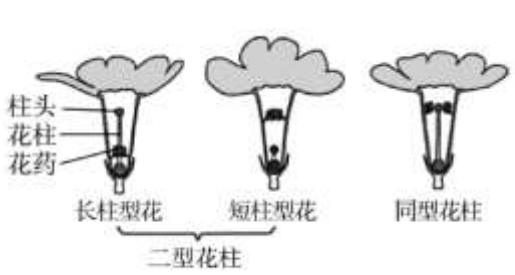


图1

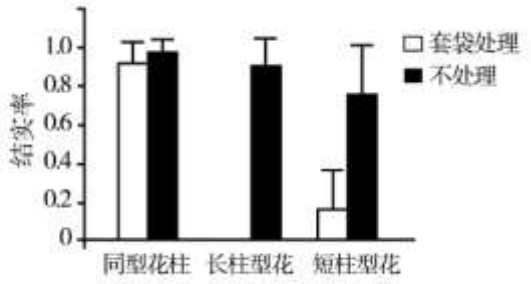


图2

A. 传粉昆虫与报春花间的相互作用是长期自然选择的结果

B. 实验中套袋处理是为了模拟高山上传粉昆虫减少的条件

C. 据图 2 推测二型花柱报春花的传粉方式主要为异花传粉

D. 异花传粉增加了基因多样性因此高海拔二型花更具优势

13. 研究者发现某些啮齿类种群数量爆发后又急剧下降。解剖未发现大规模流行　病原体，但尸体普遍具有以下特征：低血糖、肝脏萎缩、淋巴组织退化等，在此基础上提出“种群内源性自动调节理论”。相关叙述错误的是（　）

A. 种群数量下降有利于种群的持续性发展

B. 种内竞争加剧有助于个体稳态的有序调节

C. 种群数量变化过程中，内外环境压力加速种群的进化

D. 密度制约因素和非密度制约因素共同影响着种群密度

14. 下列为高中生物学中的重要实验，相关描述错误的是（　）

①DNA 的粗提取与鉴定　②绿叶中色素的提取和分离

③探究植物细胞的吸水和失水　④观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

⑤调查草地中某双子叶植物的种群密度　⑥探究抗生素对细菌的选择作用

A. ①②④均使用到乙醇　　B. ③④均需使用显微镜

C. ①②实验原理是物质的溶解度不同　　D. ⑤⑥选取样方、挑选菌落时均需随机取样

15. 人们日益关注键康的生活方式，下列生活建议具有科学依据的是（　）

A. 对家养的巴西龟进行放生或弃养将威胁生物安全

B. 清水浸泡能温和地清除寄生在蔬菜中的新冠病毒

C. 日常服用抗生素能靶向性地清除人体内的病原体

D. 夏季大量出汗后可补充浓盐水以维持内环境稳态

16. 肿瘤疫苗（OVA）可预防或治疗肿瘤，物质 P 作为安全的纳米材料常用作疫苗载体。

（1）肿瘤疫苗作为_____被树突状细胞（DC 细胞）摄取并进入溶酶体，加工后与 MHCII分子结合，呈递给辅助性 T 细胞，进而激活 B 细胞，引发_____免疫；从溶酶体逃逸到细胞质基质的疫苗，被降解成多肽后转移至内质网与 MHCI 分子结合，呈递给细胞毒性 T 细胞，引发_____免疫。

（2）物质 Q 具有干扰溶酶体膜稳定性的作用。将 Q 引入纳米疫苗（OVA-P）后与体外培养的 DC 细胞共孵育，得到结果如图 1。

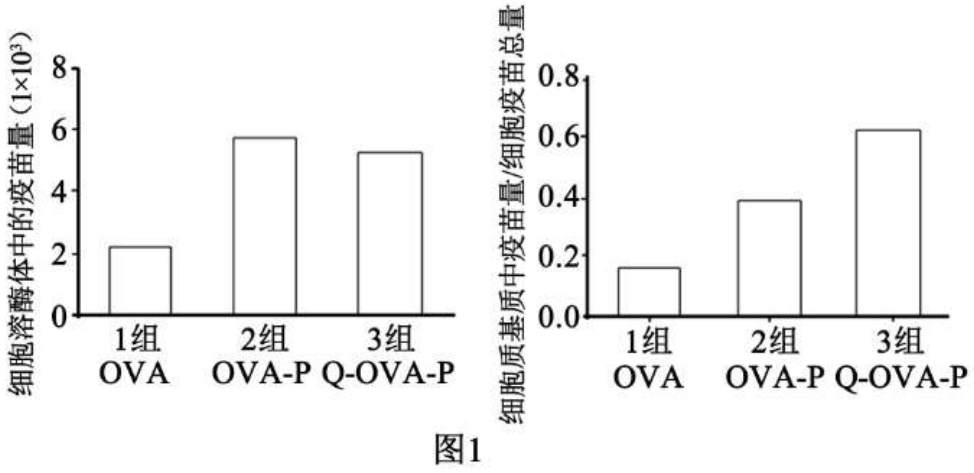


图1

①加入细胞悬液的培养板需置于 CO_2 恒温培养箱中培养以提供适宜的_____。

②与普通疫苗相比，纳米疫苗更易被 DC 细胞摄取处理。得出结论的依据是_____。比较 2、3 组的实验结果，说明_____。

（3）研究者进一步对 Q 引入后　纳米疫苗进行了体内效果评价。

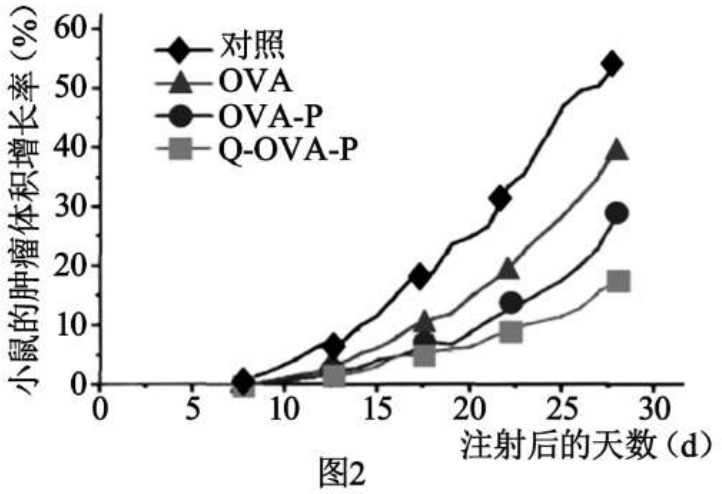


图2

将三类疫苗注射到肿瘤模型小鼠体内，结果如图 2。结果说明_____。

（4）综合以上信息，请概括出本实验研究的目的_____。

17. 微囊藻和绿藻常共存于同一水体环境，绿藻具有丰富的营养价值，是浮游动物的重要饵料。富营养化水体中，微囊藻等蓝细菌大量增殖并产生难被降解的藻毒素，严重威胁水体安全和人类健康。

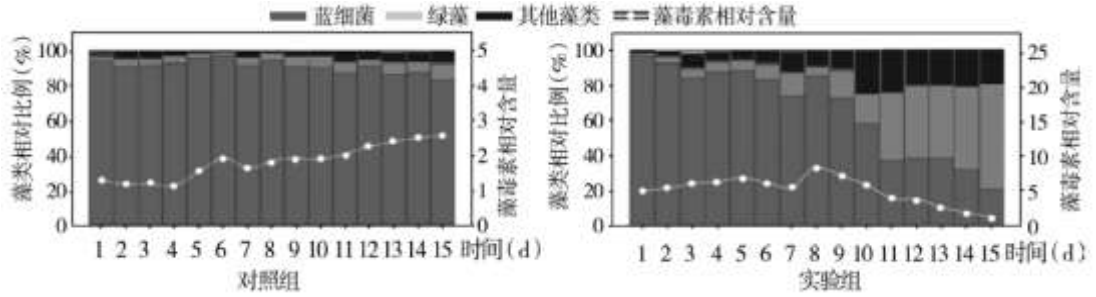
（1）调查水域中的_____共同构成生态系统。微囊藻产生的藻毒素抑制水生植物的生长，造成水生动物的中毒和死亡，生态系统的结构和功能受到影响从而降低其_____。

（2）研究者在不同时期采集湖水样本，测定微囊藻及部分水生动物可食用组织的藻毒素含量，结果如下表。

水生生物种类	分布	食性	藻毒素含量（μg/g 干重）	
			微囊藻暴发初期	微囊藻暴发期
微囊藻	浮游	——	2．03	7．14
铜锈环棱螺	底栖	以有机碎屑、浮游藻类等为食	0．63	3．69
鲢鱼	水体上层	主要以浮游藻类为食	1．05	12．936
翘嘴红鲌	水体中上层	以鱼、虾为食	1．11	35．91
鲤鱼	水体下层	以有机碎屑、幼螺、藻类等为食	0．47	11．07

表中所示生物利用了湖泊中　不同空间，形成了湖泊群落的_____结构。群落中每种生物都占据着相对稳定的生态位，这是群落中物种之间及生物与环境间_____的结果。推测调查水域的最高营养级的生物是_____，理由是_____。

（3）研究者获得一株棕鞭毛虫（以浮游藻类为食的浮游动物），为研究棕鞭毛虫对微囊藻的清除能力和降解藻毒素的效果，采集表层下 40cm 的富营养化湖水注入透光透析袋中，添加棕鞭毛虫后放置于原位，进行实验，结果如下图。



①对照组的处理是_____。

②实验结果表明，棕鞭毛虫能够_____水体中的藻毒素。有人认为，微囊藻在生存压力下会释放更多的藻毒素。为使实验结果更严谨，还应检测的两组数据是_____。

③由图可知，棕鞭毛虫对湖泊群落的影响是_____。

（4）若要将棕鞭毛虫应用于富营养化水体的治理，还需要进行哪些方面的研究？_____

18. 学习下面材料，回答（1）~（4）题。

聚糖——第三类生物信息分子

随着蛋白质和核酸中更多的奥秘被人类知晓，聚糖的重要性也浮出水面，成为了生物医学研究的“甜蜜之点”。聚糖一般由相同或不同型的单糖聚合而成，可独立存在，也可与蛋白质等共价结合成更复杂的复合物，被认为是继核酸和蛋白质之后的第三类生物信息分子，在生命活动中发挥重要作用，如蛋白折叠、细胞间通讯、免疫识别等。

在糖复合物中糖基化的位，点和数目不同、糖基之间糖苷键的连接有多种方式、且每个糖基又有异构体，这些特点使糖链的结构具有复杂性和多样性，其结构的多样性使其携带的信息量超过蛋白质与核酸携带信息量的总和。尽管聚糖在生理和疾病过程中具有十分重要的作用，但与蛋白质和核酸不同，聚糖不是经模板复制，而是在内质网和高尔基体内由糖基转移酶和糖苷酶催化合成的，除了受酶基因表达的调控外，还受酶活性的影响，即在同种分子的同一糖基化位，点的糖链结构也有差异。因此，一个基因一种产物的关系不适用于聚糖，而是多基因——多蛋白——多聚糖关系。不能采用类似于 PCR 的策略获得均一聚糖产物，且聚糖结构的测定和化学合成远比核酸和蛋白质要困难，所以各国科学家都在致力于开发解析“糖”密码的技术。

聚糖与人类健康息息相关，研究表明传染性疾病、免疫性疾病、心血管疾病、肿瘤、神经变性型疾病均与聚糖密切相关。近年来，新的糖基化方法和先进合成策略不断涌现，对聚糖的功能以及与疾病相关机理的基础研究越来越深入。继功能基因组学和蛋白质组学研究后，糖组学必将极大地促进生命科学的研究发展，成为全面揭示生命活动本质所不可缺少的内容。

（1）糖是细胞内的主要_____物质，由_____元素构成，常被形容为“生命的燃料”。除此以外，文中表明聚糖作为信息分子调节各种生命活动，体现其_____的功能。

（2）从结构与功能的角度，解释聚糖适于作生物信息分子的原因。_____

（3）请结合本文内容，在“中心法则”基础上补充“聚糖”，并添加必要的连线和注释，展示你对细胞内信息传递的理解。_____

（4）对文中聚糖和糖组学的理解，正确的是_____。

A. 细胞内只有核酸、蛋白质和聚糖三类生物信息分子

B. 细胞表面的聚糖能够辨别进出细胞的物质和信息

C. 研究聚糖的结构与功能是破解生命信息的途径之一

D. 糖组学领域的科学研究进展依赖于新技术的开发

E. 目前的研究热点是糖组学，可不关注功能基因组学和蛋白质组学

19. 流行病学数据显示，夜间光的输入增加患抑郁症的风险。研究者模拟城市照明手机、电脑等当前社会的不正常照光模式，探索夜间蓝光诱发小鼠抑郁样行为的神经调控机制。

（1）动物视网膜可接受光_____，产生和传导兴奋至_____形成视觉，光也影响瞳孔收缩、睡眠-觉醒循环、情绪等非成像视觉功能。

（2）按图 1 流程处理正常小鼠得到图 2 结果（“强迫游泳”和“糖水偏好”常用作反映抑郁程度的指标）。

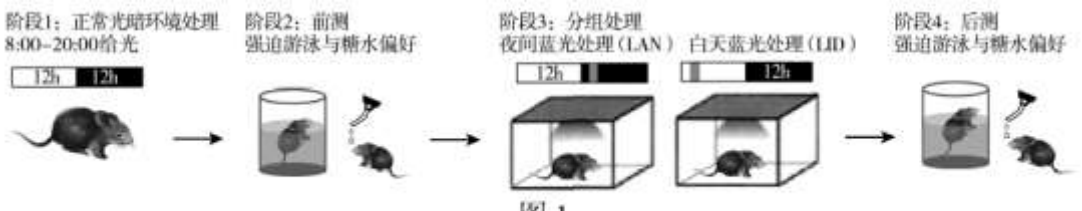


图 1

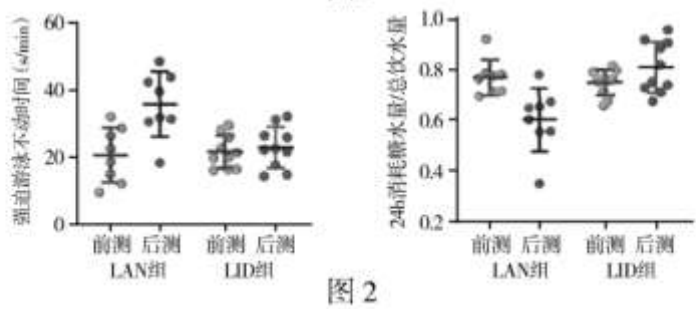


图 2

以上结果显示_____，表明夜间光的干扰可诱发小鼠抑郁。

（3）为探究 LAN 致郁的神经调控通路，研究者进行了如下实验。

①R 细胞是视网膜中的一类光感受器。利用 LAN 处理 R 细胞缺陷小鼠，发现_____的强迫游泳不动时间和糖水偏好基本一致，说明 R 细胞是 LAN 致郁的感受器。

②用转基因技术使光敏感钠离子通道仅表达在 R 胞膜上。激活光敏感钠离子通道使 R 细胞 Na^+_____，在脑中的 A 区神经元上检测到动作电位，说明_____。

③与 R 细胞有突触联系的 A 区神经元发出的纤维（M）投射到脑内的快乐中枢 B 区，研究者利用转基因小鼠证实了 B 区参与 LAN 致郁。请用所给出的 a~e 选项将实验方案及结果补充完整（注：表达药物甲受体的神经元可响应药物甲信号而无法兴奋）。

分组	实验动物	实验条件	实验结果
实验组	纤维 M 表达药物甲受体的转基因小鼠	I	游泳不动时间 III ； 糖水偏好 IV
对照组 1	纤维 M 表达药物甲受体的转基因小鼠	注射缓冲液， LAN 处理	游泳不动时间 V ； 糖水偏好 VI
对照组 2	纤维 M 表达无关受体的转基因小鼠	II	游泳不动时间明显上升；糖水偏好明显下降

a、注射药物甲，LAN 处理　b、注射缓冲液，LAN 处理

c、明显上升　d、无明显变化　e、明显下降

I：_____；II：_____

④进一步研究发现，利用抑制性突触受体阻断剂可阻断 A 区与 B 区　突触联系。综合上述研究概述 LAN 致郁的神经调控通路：_____。

（4）本研究结果对你　健康生活有何启示？_____

20. 肥胖的发生发展与肠道菌群关系密切，辣椒的活性成分辣椒素能够减肥。研究者探究辣椒素对肠道菌群的影响及作用机制。

（1）人肠道内存在着主要由细菌组成的肠道菌群，与人体细胞相比，这些细菌不具有_____（写出两项）结构。

（2）研究者用小鼠进行分组实验，实验处理及检测结果如下表。

组别	实验处理	实验增重（g）	总采食量（g）	肠道菌群丰度
甲	饲喂标准脂肪含量饲料	8．92	274．47	258
乙	饲喂高脂肪含量饲料	19．16	443．16	239
丙	饲喂高脂肪含量饲料+灌胃辣椒素	13．43	343．42	255

据表可知，_____。

（3）进一步研究发现，与乙组小鼠相比，丙组小鼠肠道菌群中产生短链脂肪酸的类群（菌群 a）显著增多，而产生脂多糖的类群（菌群 b）显著减少。

①GLP-1 和 PYY 是与食欲控制相关的两种多肽类激素，以_____的方式分泌出细胞。菌群 a 产生的短链脂肪酸可促进肠道细胞对 GLP-1 和 PYY 的合成及释放。GLP-1 刺激迷走神经_____神经元产生的兴奋沿迷走神经传至下丘脑：PYY 通过__传送的方式运输至下丘脑。研究者测定了（2）中三组小鼠的下丘脑中与食欲调节相关神经元的活性，结果如图 1。

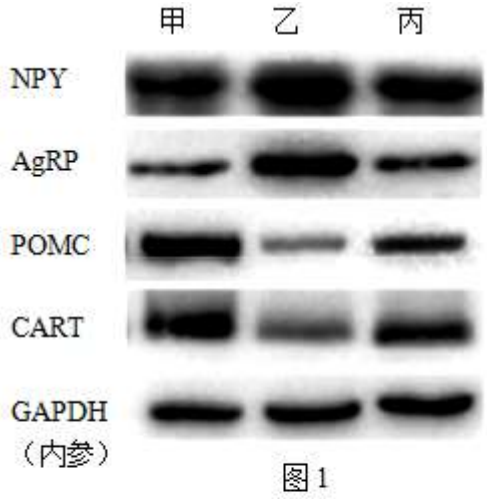


图 1

注：NPY、AgRP、POMC、CART 为四种神经元特异性表达蛋白，可用其指代相应神经元

结合（2）的实验结果推测，下丘脑中抑制采食的神经元是_____；GLP-1 和 PYY 通过_____，从而增加小鼠饱腹感，降低食欲。

②菌群 b 产生的脂多糖损伤肠道屏障进入内环境，与下丘脑中的受体结合诱发下丘脑炎症，改变胰岛素信号转导，导致机体稳态失衡，这是引起肥胖的重要原因之一、为验证辣椒素还可通过促进肠道细胞膜蛋白的表达来修复肠道屏障进而降低炎症反应，研究者对（2）中三组小鼠进行肠组织切片观察，结果如图 2。

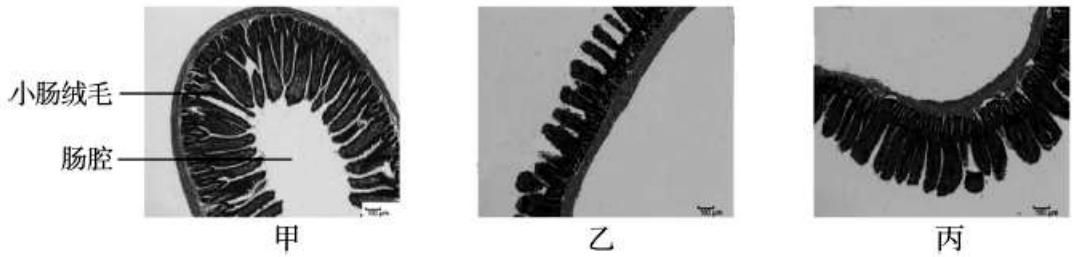


图 2

图 2 结果_____（能/不能）充分证明辣椒素可通过修复肠道屏障功能来降低炎症反应，理由是_____。

（4）综合上述，请用“→”和文字将辣椒素发挥减肥作用的机制补充完整（任选“菌群 a”或“菌群 b”中的一种在答题卡上作答）。_____

21. 近年来，杂种优势的利用使油菜的株高至少增加 20cm，株高过高容易倒伏造成减产。研究人员对甘蓝型油菜中的矮秆突变体 ds-3 进行了系列研究。

（1）很多植物的矮秆类型均与赤霉素（GA）信号转导异常有关，研究者用 GA 处理 ds-3，得到结果如图 1，可知 ds-3 对 GA 敏感性减弱，理由是_____。

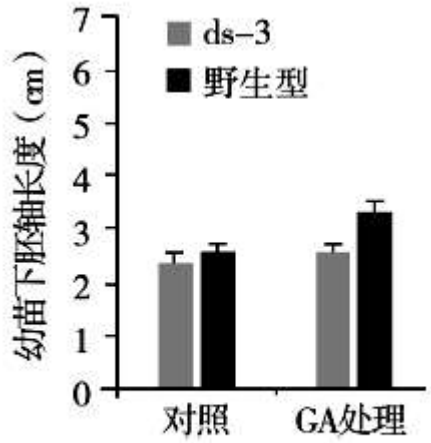


图 1

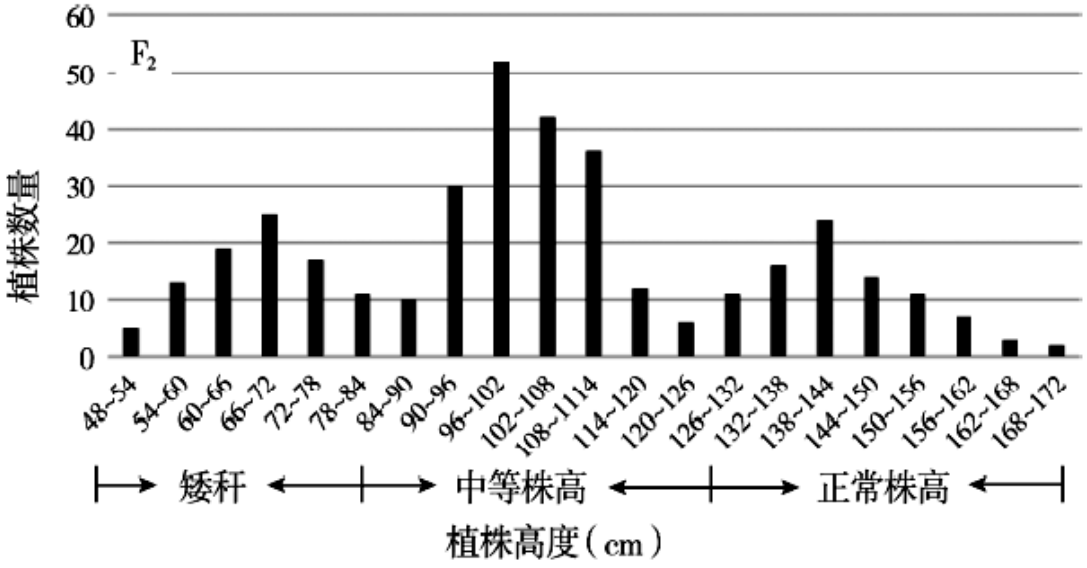


图 2

（2）ds-3 与野生型杂交获得的 F_1 株高介于双亲之间。F_1 自交获得的 F_2 群体株高呈现三峰（如图 2），统计数量比例符合 1∶2∶1，说明 ds-3 矮秆表型的遗传遵循孟德尔基因_____定律。预期 F_1 与野生型亲本回交获得的后代群体株高在_____cm 范围内呈现_____峰。

（3）为确定突变基因的位置，研究者根据油菜染色体上特定的 DNA 序列（如 M/m、N/n）设计了多对引物，提取上述 F_2 群体中极端矮秆植株的 DNA 进行 PCR，产物电泳后的部分结果如图 3。

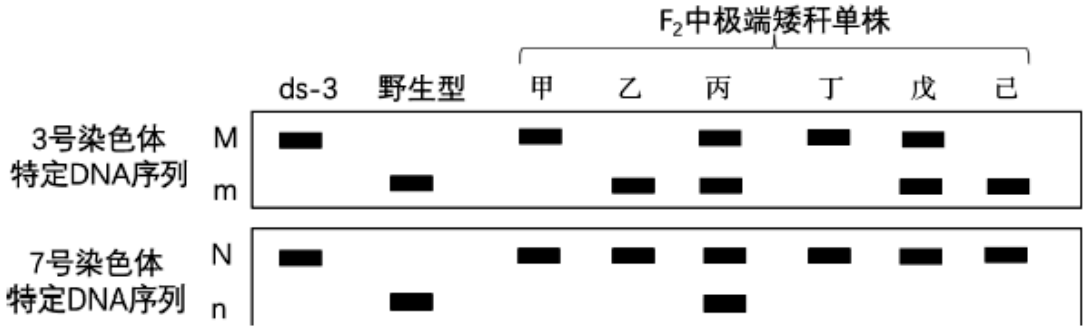
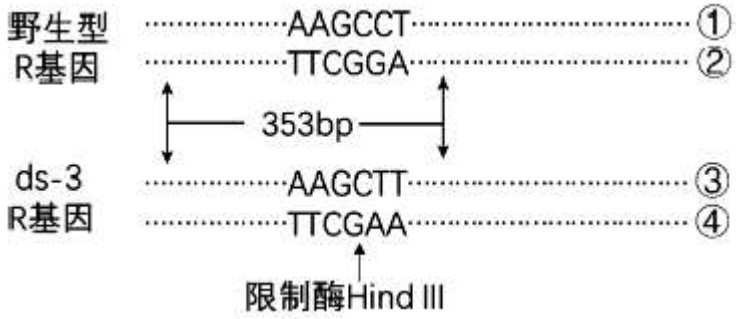


图 3

据结果可将突变基因定位在_____号染色体上，请解释单株丙扩增结果出现的原因。_____。

（4）将野生型与突变体 ds-3 上述染色体的候选基因 R 进行 DNA 测序，结果如图 4。



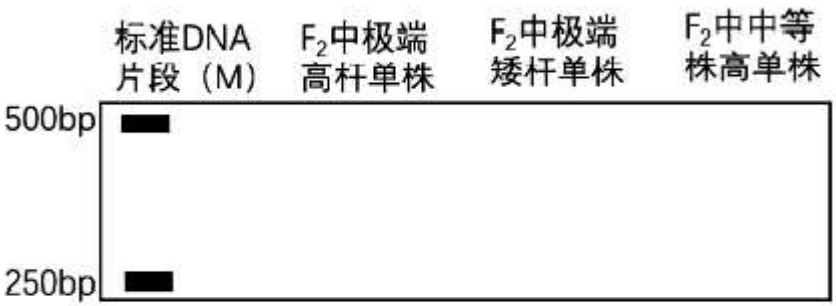


图 4

由于碱基对的_____使 ds-3 的 R 基因发生突变，导致其编码的 R 蛋白结构改变。扩增出野生型和 ds-3R 基因上长为 353bp 的片段，经限制酶 HindIII处理后，ds-3 的该片段可被切成 312bp 和 41bp 两段。研究者利用酶切电泳的方法对 F_2 单株进行检测，结果证实 R 基因该突变位点与突变表型之间直接相关。请在答题卡上绘出 F_2 单株的电泳结果。

_____

（5）R 蛋白是 GA 作用途径中的负调控因子，其空间结构包括感知 GA 信号的结构域和阻遏 GA 响应基因转录的结构域，作用机理如图 5。

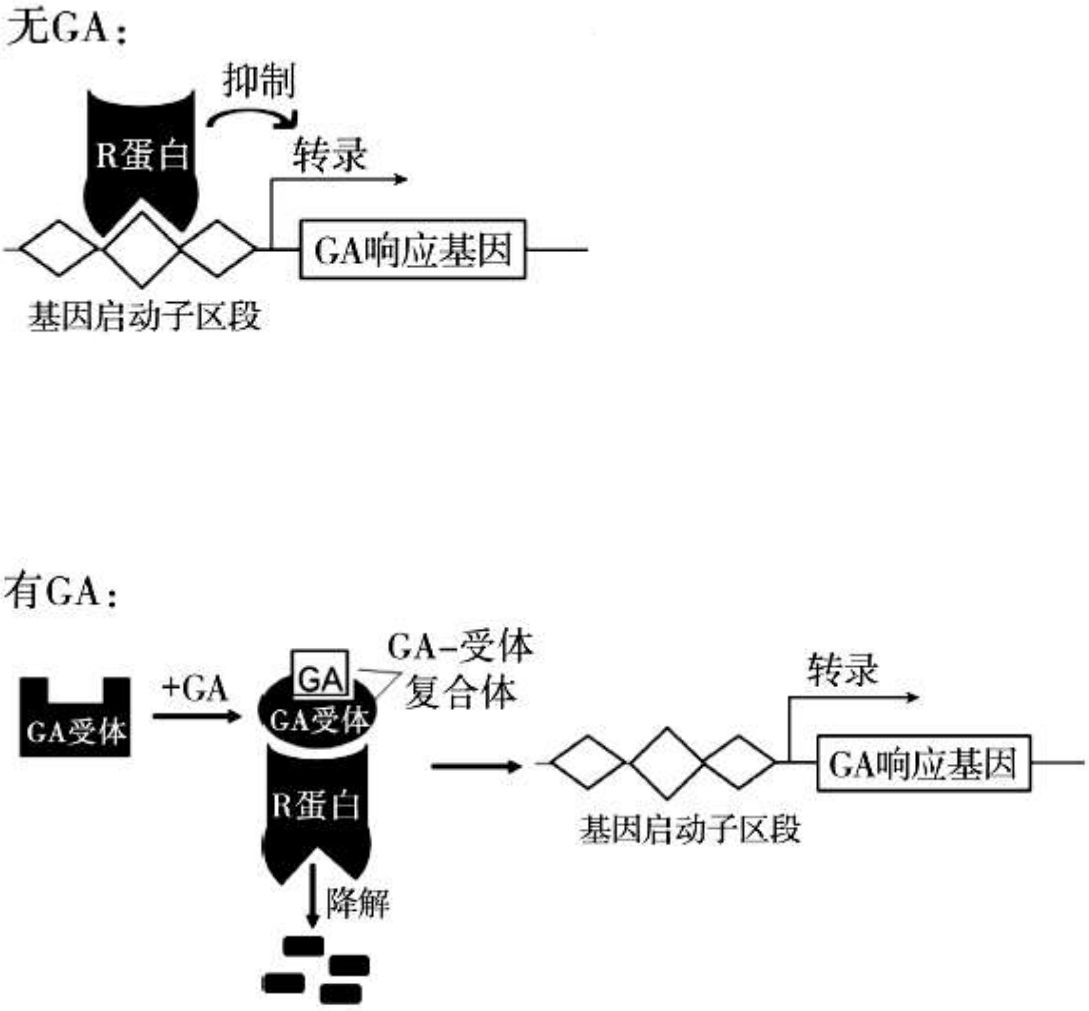
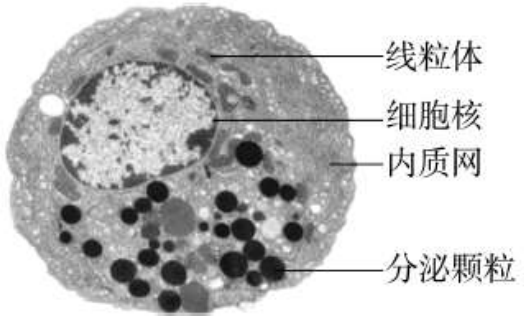


图 5

综合图中信息和研究结果，解释 ds-3 对 GA 不敏感的原因。_____。

参考答案

1. 下图是豚鼠胰腺腺泡细胞的电镜照片，该细胞可合成并分泌胰蛋白酶等多种消化酶。据图说法正确的是（　）



A. 线粒体彻底氧化分解葡萄糖为该细胞供能

B. 该细胞的核糖体可与胰岛素 mRNA 结合

C. 胰蛋白酶的合成及分泌由细胞核控制

D. 分泌颗粒由粗面内质网鼓出后形成

【答案】C

【解析】

【分析】由题意可知，该胰腺腺泡细胞可产生分泌蛋白，分泌蛋白的形成需要若干细胞器的配合：线粒体提供能量，核糖体合成蛋白质，内质网、高尔基体对蛋白质进行加工和运输。

【详解】A、葡萄糖在细胞质基质分解为丙酮酸，丙酮酸可进入线粒体进行有氧呼吸的第二、第三阶段被彻底氧化分解，为细胞供能，葡萄糖不能进入线粒体被分解，A 错误；

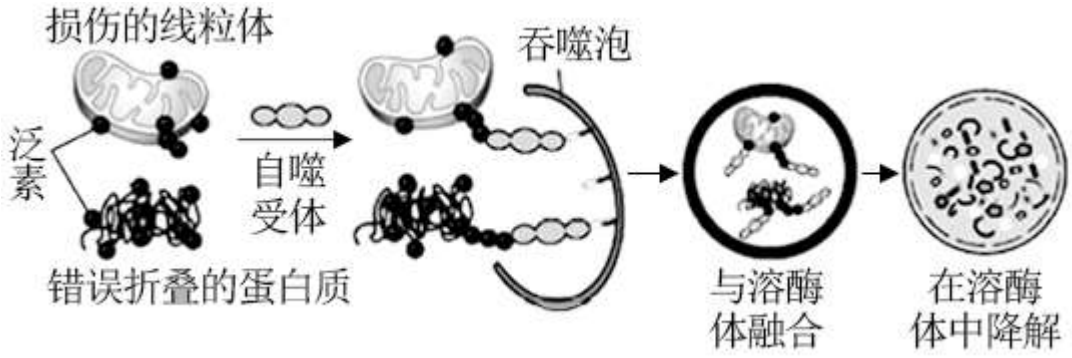
B、胰岛素只由胰岛 B 细胞分泌，该胰腺腺泡细胞的核糖体可与胰蛋白酶等多种消化酶的 mRNA 结合，翻译出相应蛋白质，不可与胰岛素 mRNA 结合，B 错误；

C、细胞核是细胞代谢和遗传的控制中心，胰蛋白酶的合成及分泌由细胞核控制，C 正确；

D、分泌颗粒由高尔基体鼓出后形成，D 错误。

故选 C。

2. 研究发现，细胞中错误折叠的蛋白质或损伤的细胞器被一种称为泛素的多肽标记后，送往溶酶体降解，具体机制如下图。下列叙述错误的是（　）



A. 泛素在蛋白质和损伤细胞器降解过程中起到“死亡标签”的作用

B. 吞噬泡与溶酶体融合体现了生物膜的选择透过性

C. 溶酶体中的多种水解酶可以将吞噬泡降解

D. 泛素参与代谢、增殖等生命活动的调节

【答案】B

【解析】

【分析】1、分泌蛋白的合成与分泌过程：核糖体合成蛋白质→内质网进行粗加工→内质网“出芽”形成囊泡→高尔基体进行再加工形成成熟的蛋白质→高尔基体“出芽”形成囊泡→细胞膜，整个过程还需要线粒体提供能量。

2、溶酶体内含有多种水解酶，能分解衰老、损伤的细胞器，吞噬并杀死侵入细胞的病毒或病菌。水解酶的化学本质是蛋白质，在核糖体中合成。

【详解】A、据题意可知，泛素与错误折叠的蛋白质和损伤细胞器结合，相当于对其进行了标记，后被溶酶体中的水解酶降解，泛素起到“死亡标签”的作用，A 正确；

B、吞噬泡与溶酶体融合属于膜融合，体现了生物膜的流动性（细胞膜上磷脂分子和蛋白质分子都可以运动），B 错误；

C、溶酶体中含有多种水解酶，可将吞噬泡降解，将其中有用的物质如氨基酸重复利用，而无用的物质排出细胞，C 正确；

D、在代谢、增殖过程中可能出现错误折叠或损伤的细胞器，需要通过图示过程进行降解，故泛素参与代谢、增殖等生命活动的调节，D 正确。

故选 B。

3. 研究者发现一种肉眼可见的细长型异类细菌，其菌体长度是一般细菌的 5000 倍，基因数量是常规细菌的 3 倍，基因组与核糖体包裹在同一囊泡中，另一个囊泡充满了水等物质，占总体积的 73%。下列叙述错误的是（　）

A. 囊泡中的水以结合水为主，是良好的溶剂

B. 基因组与核糖体的包裹利于基因高效表达

C. 菌体细长利于该细菌与外界进行物质交换

D. 包裹基因组囊泡的发现为细胞的演化历程提供证据

【答案】A

【解析】

【分析】1、细胞内的水的存在形式是自由水和结合水，结合水是细胞结构的重要组成成分；自由水是良好的溶剂，是许多化学反应的介质，自由水还参与许多化学反应，自由水对于营养物质和代谢废物的运输具有重要作用。

2、真核生物的 DNA 主要分布在细胞核中，此外在细胞质中也有分布，都与外界环境分隔开。

【详解】A、细胞中水以自由水为主，自由水是良好的溶剂，A 错误；

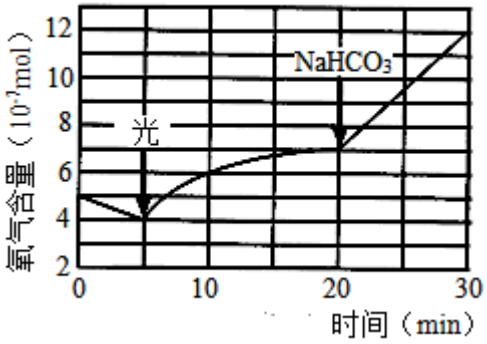
B、基因组与核糖体包裹在同一囊泡中，该现象可使基因组在特定空间高效表达，B 正确；

C、菌体细长，则表面积和体积之比更大，即相对表面积更大，更有利于与外界进行物质交换，C 正确；

D、真核细胞中的 DNA 通常位于细胞核或线粒体、叶绿体中，而原核细胞的 DNA 也位于细胞内，故包裹基因组囊泡的发现为细胞的演化历程提供证据，D 正确。

故选 A。

4. 将小球藻放在密封玻璃瓶内，实验在保持适宜温度的暗室中进行，第 5 分钟时给予光照，第 20 分钟时补充 $NaHCO_3$，实验结果如图。下列叙述错误的是（　）



A. 0~5 分钟，由于小球藻有氧呼吸导致氧气减少

B. 7 分钟左右，小球藻开始向玻璃瓶中释放氧气

C. 15 分钟左右，CO_2 是光合作用的主要限制因素

D. 5~30 分钟，O_2 量逐渐增加但瓶内的气压不变

【答案】B

【解析】

【分析】分析题意：0-5 分钟没有光照，植物只进行呼吸作用；5-20 分钟有光照，植物进行光合作用和呼吸作用；20-30 分钟二氧化碳的浓度增加，光合作用强度增强。

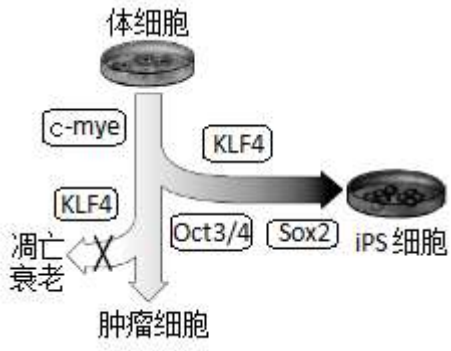
【详解】A、在 0-5 分钟之间，小球藻在暗室中进行呼吸作用，不进行光合作用，只进行呼吸作用，吸收氧气，释放二氧化碳，因此氧气量减少，A 正确；

B、分析题意可知，在第 5 分钟时给予光照，植物开始进行光合作用，据图可知，5 分钟后玻璃瓶中氧气含量增加，故小球藻释放氧气的时间早于 7 分钟，B 错误；

C、光合作用的原料之一是二氧化碳，小球藻进行光合作用使容器内的二氧化碳浓度逐渐减少，光合作用的强度逐渐下降，故 15 分钟左右，CO_2 是光合作用的主要限制因素，C 正确；

D、据图可知，5~30 分钟，O_2 量逐渐增加但 $NaHCO_3$ 能保持二氧化碳的恒定，故瓶内的气压不变 D 正确。

5. 实验发现小鼠的体细胞中转入四种基因就可以诱导产生一种与胚胎干细胞功能类似的诱导多能干（iPS）细胞。科学家将获得的 iPS 细胞分化为 T 细胞以期用于传染病的治疗。下列叙述错误的是（　）



A. 诱导 iPS 细胞的过程细胞发生形态、结构的改变

B. 上图表示的所有过程，不仅仅涉及这四种基因的表达

C. 研制 iPS 细胞的原理类似于植物细胞的脱分化与再分化

D. KLF4 基因能够抑制细胞凋亡和衰老，可实现细胞的无限增殖

【答案】C

【解析】

【分析】胚胎干细胞简称 ES 或 EK 细胞，来源于早期胚胎或原始性腺（即囊胚期的内细胞团）。特点：具有胚胎细胞的特性，体积较小，细胞核大，核仁明显；在功能上，具有发育的全能性，可分化为成年动物任何一种组织细胞。另一方面，在体外培养条件下，ES 细胞可不断增殖而不发生分化，可进行冷冻保存，也可以进行某些遗传改造。

【详解】A、iPS 细胞是由体细胞诱导分化而成的，该过程中有细胞形态、结构的改变，A 正确；

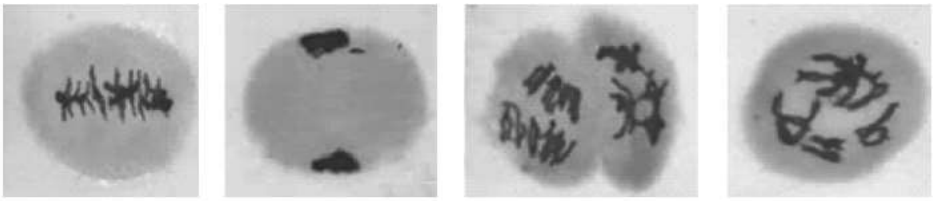
B、图示四种基因是关键基因，此外还有其它基因的表达，如控制 ATP 合成的基因、呼吸酶的基因等，B 正确；

C、小鼠的体细胞中转入四种基因就可以诱导产生一种与胚胎干细胞功能类似的诱导多能干（iPS）细胞，类似于植物组织培养中的脱分化的过程，C 错误；

D、据图可知，KLF4 基因能够抑制细胞凋亡和衰老，可实现细胞的无限增殖，从而产生肿瘤细胞，D 正确。

故选 C。

6. 下图为显微镜下某植物减数分裂不同时期的细胞图像。下列叙述正确的是（　）



A. 图甲中，四分体整齐排列在细胞中央的细胞板上

B. 图乙中，染色体复制正在进行，着丝粒尚未分裂

C. 图丙中，同源染色体彼此分离，染色体数目减半

D. 图丁中，同源染色体之间有可能发生了基因重组

【答案】D

【解析】

【分析】分析题图：图示是在光学显微镜下拍到的二倍体植物的减数分裂不同时期的图象。其中甲细胞处于减数第二次分裂的中期；乙细胞处于减数第一次分裂末期；丙细胞处于减数第一次分裂后期；丁细胞处于减数第一次分裂前期。

【详解】A、图甲中可以看出染色体的着丝粒（点）排在赤道板上，应该是减数第二次分 裂的中期，A 错误；

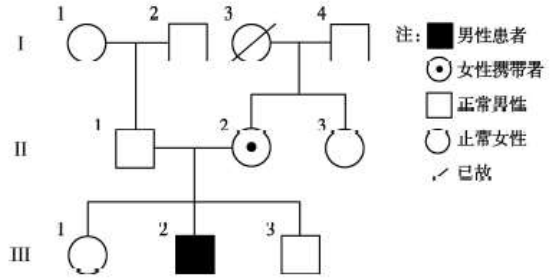
B、图乙是减数第一次分 裂的末期，此时染色体不复制，着丝粒尚未分 裂，B 错误；

C、图丙中，细胞处于减数第一次分 裂后期，同源染色体分离，非同源染色体自由组合，移向细胞两极，此时同源染色体彼此分离，染色体数目没有减半，C 错误；

D、图丁中，染色体联会，形成四分体，同源染色体的非姐妹染色单体可能发生交叉互换，这是基因重组的一种，也就是同源染色体之间有可能发生了基因重组，D 正确。

故选 D。

7. 无脉络膜症患者在儿童期会出现夜盲症，随病情发展成年时视觉丧失，发病率约为 1/50000。患者由于缺乏 CHM 基因表达的一种影响细胞囊泡转运的蛋白质，导致光感受细胞死亡。下图是一个无脉络膜症家族系谱图，对此家系分析错误的是（　）



A. 无脉络膜症是一种伴 X 染色体隐性遗传病

B. III-3 与表型正常的女性生育患病男孩概率为 1/4

C. 由于患者光感受细胞生物膜系统功能紊乱导致细胞死亡

D. 用基因治疗的方法治愈的II-2，其后代仍有可能患此病

【答案】B

【解析】

【分析】据图分析，图中 II-1 与 II-2 正常，而 III-2 患病，说明该病是隐性遗传病，又因为 II-1 正常，不携带致病基因，而 II-2 表现正常，却携带致病基因，说明该致病基因位于 X 染色体上，属于伴 X 染色体隐性遗传病，设相关基因为 A、a，据此分析作答。

【详解】A、结合分析可知，无脉络膜症是一种伴 X 染色体隐性遗传病，A 正确；

B、III-3 表现正常，基因型为 X^AY，与表型正常的女性婚配，若该女性不携带致病基因，基因型为 X^AX^A，则子代均正常，即生育患病男孩概率为 0，B 错误；

C、生物膜系统是由细胞膜、细胞器膜和核膜组成的，生物膜系统之间可通过囊泡相互转化，分析题意“患者由于缺乏 CHM 基因表达的一种影响细胞囊泡转运的蛋白质，导致光感受细胞死亡”可知，由于患者光感受细胞生物膜系统功能紊乱导致细胞死亡，C 正确；

D、基因治疗是治疗遗传病的有效手段，用基因治疗的方法治愈的II-2，若与患病女性婚配，子代仍可能患该病，D 正确。

故选 B

8. 大麻（2n=20）是雌雄异株的植物，其性别决定方式为 XY 型。大麻纤维是优良的纺织原料，雄株纤维优于雌株。研究发现，短日照处理会使雄性大麻植株雌性化，日间高温促进大麻雄花的发育。下列叙述正确的是（　）

A. 大麻生殖细胞的染色体组成为 10+X 或 10+Y

B. 短日照处理使大麻的性染色体由 XY 突变为 XX

C. 长日照、日间高温处理有利于得到更多的雄株

D. 雄株花药离体培养秋水仙素处理后均为纯合雄株

【答案】C

【解析】

【分析】已知大麻（2N=20）为雌雄异株植物，性别决定方式为 XY 型，所以它有 9 对常染色体和 1 对性染色体，因此雄性大麻的染色体组成可表示为 18+XY，雌性为 18－XX。

【详解】A、分析题意，大麻是雌雄异株的植物，其性别决定方式为 XY 型，则其生殖细胞的染色体组成是 9+X 或 9+Y，A 错误；

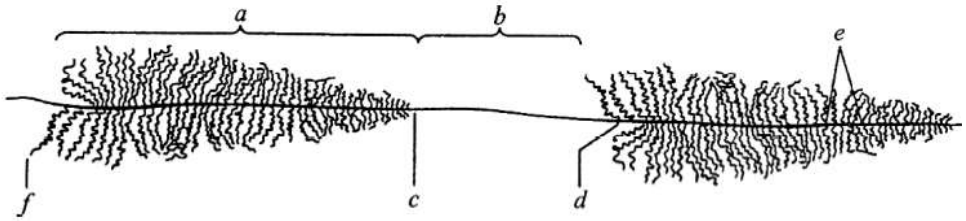
B、分析题意可知，短日照处理可以影响大麻植株雌性化，即外界因素会影响植株表现，但无法推知其可以改变大麻染色体组成，B 错误；

C、据题干信息“短日照处理会使雄性大麻植株雌性化，日间高温促进大麻雄花的发育”可知，为得到更多的雄株，应抑制雌性花的过程并促进雄花发育，故可采用长日照、日间高温处理方式，C 正确；

D、雄性大麻的染色体组成可表示为 18+XY，其花药可表示为 8＋X、8＋Y，经秋水仙素处理后基因型为 18+XY、18＋XX，其中 18＋XX 表现为雌株，D 错误。

故选 C。

9. 真核细胞核仁染色质的铺展图呈现大树的形状（见下图），此结构是核仁内 rRNA 基因的 DNA 片段上进行转录的状况。对铺展图分析错误的是（　）



A. b 段是此时该细胞未被转录的区段　　B. f 是 rRNA 基因转录产物的 5'末端

C. RNA 聚合酶的移动方向是由右向左　　D. 新合成的 RNA 上附着大量核糖体

【答案】D

【解析】

【分析】遗传信息的转录是以 DNA 的一条链为模板合成 RNA 的过程，该过程需要 RNA 聚合酶的催化。

【详解】A、据图可知，b 阶段是无 RNA 产物，故 b 段是此时该细胞未被转录的区段，A 正确；

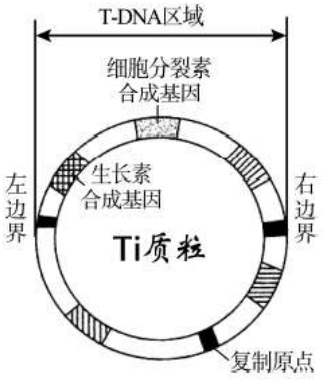
B、基因的转录是从 5'向 3'端，据 RNA 的长度可知，f 是 rRNA 基因转录产物的 5'末端，B 正确；

C、据 RNA 的长度可知，RNA 聚合酶的移动方向是由右向左，C 正确；

D、RNA 合成后要经过加工才能成为成熟的 RNA，故新合成的 RNA 无大量核糖体，D 错误。

故选 D。

10. 农杆菌特有的 T-DNA 能够提高其对宿主细胞的转化，进而使宿主长出冠瘿瘤。下图为 T-DNA 上的部分结构，有关分析错误的是（　）



A. T-DNA 是 Ti 质粒上特有的序列，在基因工程中广泛应用

B. T-DNA 整合到宿主细胞基因组 DNA 上可能会导致基因突变

C. T-DNA 结构的完整性是诱导宿主植株产生冠瘿瘤的重要条件

D. 农杆菌通过改变植物激素的种类与比例诱导细胞的分化方向

【答案】A

【解析】

【分析】土壤农杆菌的 Ti 质粒上有一段 T-DNA 序列，可以插入到植物细胞的核基因组中，因此，农杆菌是一种天然的植物遗传转化体系，被誉为“自然界最小的遗传工程师”

【详解】A、T-DNA 是农杆菌特有的序列，该序列可存在于农杆菌所有 DNA 中，不是 Ti 质粒所特有的，A 错误；

B、基因突变是指 DNA 分子中碱基对的增添、替换和缺失而引起基因结构的改变，故 T-DNA 整合到宿主细胞基因组 DNA 上可能会导致基因突变，B 正确；

C、基因的结构决定功能，基因要表达功能应保证其具有完整性，故 T-DNA 结构的完整性是诱导宿主植株产生冠瘿瘤的重要条件，C 正确；

D、据图可知，重组质粒上有生长素合成基因和细胞分裂素合成基因，两者比例不同可决定植物根或茎的分化，故农杆菌通过改变植物激素的种类与比例诱导细胞的分化方向，D 正确。

故选 A。

11. 我国科研人员获得了含抗热基因 Q2 的热带粳稻，通过多代回交将 Q2 导入优质稻中，培育出了成活率、单株产量均大幅提高的抗热新品系。Q2 能够通过降低热响应，使植物处于钝感状态，减少能量损耗，维持基本生命活动，待高温结束后可以快速重建恢复。相关叙述错误的是（　）

A. Q2 来源于基因突变，在炎热环境下经选择被保留下来

B. 回交育种的基本原理是基因重组，可将优良性状整合在一起

C. Q2 基因可通过提高植物酶的最适温度来提高新品种的成活率

D. 种植抗热新品系水稻是应对全球变暖危机的一种新思路

【答案】C

【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、分析题意可知，Q2 为抗热基因，该基因是基因突变产生的，自然选择（炎热环境）选择并将其保留，A 正确；

B、杂交育种可以集合不同亲本的优良性状，其原理是基因重组，B 正确；

C、结合题意“Q2 能够通过降低热响应，使植物处于钝感状态，减少能量损耗，维持基本生命活动”可知，Q2 基因可以降低高温环境下植物的代谢来适应高温环境，C 错误；

D、全球变暖的条件下温度升高，普通植物的生命活动可能受影响，故种植抗热新品系水稻是应对全球变暖危机的一种新思路，D 正确。

故选 C。

12. 报春花具有二型花柱和同型花柱两种不同花型（如图 1）。研究发现，传粉昆虫随海拔增加而减少。为研究上述现象对报春花花型的影响，研究者进行模拟实验，处理及结果如图 2．相关分析错误的是（　）

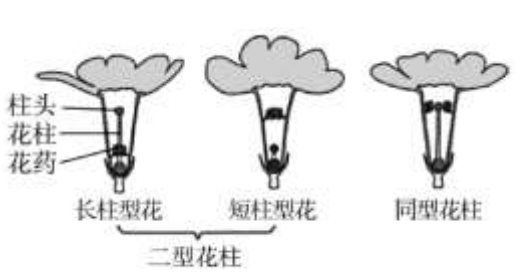


图1

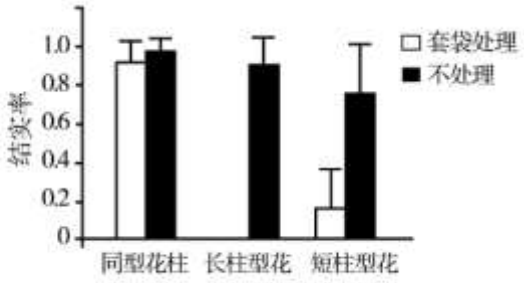


图2

A. 传粉昆虫与报春花间的相互作用是长期自然选择的结果

B. 实验中套袋处理是为了模拟高山上传粉昆虫减少的条件

C. 据图 2 推测二型花柱报春花的传粉方式主要为异花传粉

D. 异花传粉增加了基因多样性因此高海拔二型花更具优势

【答案】D

【解析】

【分析】分析图 1，同型花柱的花中，花药与柱头高度相近，有助于自花传粉；而二型花柱则不利于自花授粉。分析图 2，不套袋处理时，三种花柱类型的结束率差距不大；而套袋处理后，对同型花柱影响不大，长柱型花不结实，短柱型花结实率很低。

【详解】A、传粉昆虫在吸食花筒底部花蜜的同时，也起到帮助报春花传粉的作用，这是长期自然选择的结果，A 正确；

B、根据题意可知，“高山上环境温度降低，传粉昆虫减少”，因此本实验中，套袋处理可以防止外来花粉　干扰，模拟了高山上无传粉者的条件，B 正确；

C、结合图 1 和图 2 分析，套袋处理后，二型花柱的花结实率低或不结实，说明其主要传粉方式为异花传粉，C 正确；

D、套袋处理后，二型花柱的花结实率低或不结实，说明其主要传粉方式为异花传粉，这种传粉方式虽然有利于增加报春花的遗传多样性，但同型花柱报春花主要为自花传粉，在传粉昆虫减少条件下结实率更高，有利于繁殖，因而高海拔环境下同型花柱的花比例增大，D 错误。

故选 D。

13. 研究者发现某些啮齿类种群数量爆发后又急剧下降。解剖未发现大规模流行的病原体，但尸体普遍具有以下特征：低血糖、肝脏萎缩、淋巴组织退化等，在此基础上提出“种群内源性自动调节理论”。相关叙述错误的是（　）

A. 种群数量下降有利于种群的持续性发展

B. 种内竞争加剧有助于个体稳态的有序调节

C. 种群数量变化过程中，内外环境压力加速种群的进化

D. 密度制约因素和非密度制约因素共同影响着种群密度

【答案】A

【解析】

【分析】一般将种群数量控制在环境容纳量的 K/2 时，种群增长速度最快，可提供的资源数量最多；当种群数量大于 K/2 时，可以猎捕一定数量该生物资源，且获得量最大。过度猎取时，种群增长速度虽然较快，但资源总量减少。

【详解】A、种群数量下降可能会导致种群衰退甚至灭亡，不利于种群的持续性发展，A 错误。

B、着密度增加，种内竞争加剧，引起种群个体死亡而密度减少，即自疏现象，故种内竞争加剧有助于个体稳态的有序调节，B 正确；

C、自然选择可通过作用于个体的表现型而起作用，种群数量变化过程中，内外环境压力加速种群的进化，C 正确；

D、一般来说，影响种群密度的因素包括密度制约因素（如竞争、捕食、寄生、疾病和种内调节等生物因素）和非密度制约因素（如温度、降水、风等气候因素，污染、环境的 pH 等环境因素），D 正确。

故选 A。

14. 下列为高中生物学中的重要实验，相关描述错误的是（　）

①DNA 的粗提取与鉴定　②绿叶中色素的提取和分离

③探究植物细胞的吸水和失水　④观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂

⑤调查草地中某双子叶植物的种群密度　⑥探究抗生素对细菌的选择作用

A. ①②④均使用到乙醇　　B. ③④均需使用显微镜

C. ①②实验原理是物质的溶解度不同　　D. ⑤⑥选取样方、挑选菌落时均需随机取样

【答案】D

【解析】

【分析】1、观察植物细胞质壁分离及复原实验的原理：（1）原生质层的伸缩性比细胞壁的伸缩性大。（2）当外界溶液浓度大于细胞液浓度时，细胞失水，原生质层收缩进而质壁分离。（3）当细胞液浓度大于外界溶液浓度时，细胞渗透吸水，使质壁分离复原。

2、绿叶中色素的提取和分离实验，提取色素时需要加入无水乙醇（溶解色素）、石英砂（使研磨更充分）和碳酸钙（防止色素被破坏）；分离色素时采用纸层析法，原理是色素在层析液中的溶解度不同，随着层析液扩散的速度不同，最后的结果是观察到四条色素带，从上到下依次是胡萝卜素（橙黄色）、叶黄素（黄色）、叶绿素 a（蓝绿色）、叶绿素 b（黄绿色）。

3、观察细胞有丝分裂实验的步骤：解离（解离液由盐酸和酒精组成，目的是使细胞分散开来）、漂洗（洗去解离液，便于染色）、染色（用龙胆紫、醋酸洋红等碱性染料）、制片（该过程中压片是为了将根尖细胞压成薄层，使之不相互重叠影响观察）和观察（先低倍镜观察，后高倍镜观察）。

【详解】A、①DNA 的粗提取与鉴定 用到 95%冷酒精，②绿叶中色素的提取和分离用到无水乙醇，④观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂用到体积分数 95%的酒精，A 正确；

B、③探究植物细胞的吸水和失水需要用到低倍显微镜， ④观察根尖分生区组织细胞的有丝分裂需要先用低倍镜再用高倍镜观察，B 正确；

C、①DNA　粗提取与鉴定中原理是蛋白质和 DNA 的溶解度不同，②绿叶中色素的提取和分离原理是色素在层析液中的溶解度不同，C 正确；

D、⑤调查草地中某双子叶植物的种群密度 采用样方法，需要随机取样；而⑥探究抗生素对细菌的选择作用，需要通过比较特定菌落的形态、数量进行观察，D 错误。

故选 D。

15. 人们日益关注键康的生活方式，下列生活建议具有科学依据的是（　）

A. 对家养的巴西龟进行放生或弃养将威胁生物安全

B. 清水浸泡能温和地清除寄生在蔬菜中的新冠病毒

C. 日常服用抗生素能靶向性地清除人体内的病原体

D. 夏季大量出汗后可补充浓盐水以维持内环境稳态

【答案】A

【解析】

【分析】1、病毒无细胞结构，必须寄生在活细胞内才能增殖。

2、血浆渗透压的大小主要与无机盐、蛋白质的含量有关。在组成细胞外液的各种无机盐离子中，含量上占有明显优势的是 Na^+和 Cl^-。

【详解】A、对家养的巴西龟进行放生或弃养等外来物种在中国野外普遍存在，并呈迅速蔓延之势，这不仅会破坏生态平衡，影响本地物种生存以致威胁生物多样性，A 正确；

B、新冠病毒无细胞结构，属于动物病毒，不能寄生在蔬菜中，B 错误；

C、抗生素是一种广谱性药物，不能靶向性清除病原体，C 错误；

D、大量出汗后，不仅要补充水分，也要补充无机盐，应适当补充淡盐水，D 错误。

故选 A。

16. 肿瘤疫苗（OVA）可预防或治疗肿瘤，物质 P 作为安全的纳米材料常用作疫苗载体。

（1）肿瘤疫苗作为_____被树突状细胞（DC 细胞）摄取并进入溶酶体，加工后与 MHCII分子结合，呈递给辅助性 T 细胞，进而激活 B 细胞，引发_____免疫；从溶酶体逃逸到细胞质基质的疫苗，被降解成多肽后转移至内质网与 MHCI 分子结合，呈递给细胞毒性 T 细胞，引发_____免疫。

（2）物质 Q 具有干扰溶酶体膜稳定性的作用。将 Q 引入纳米疫苗（OVA-P）后与体外培养的 DC 细胞共孵育，得到结果如图 1。

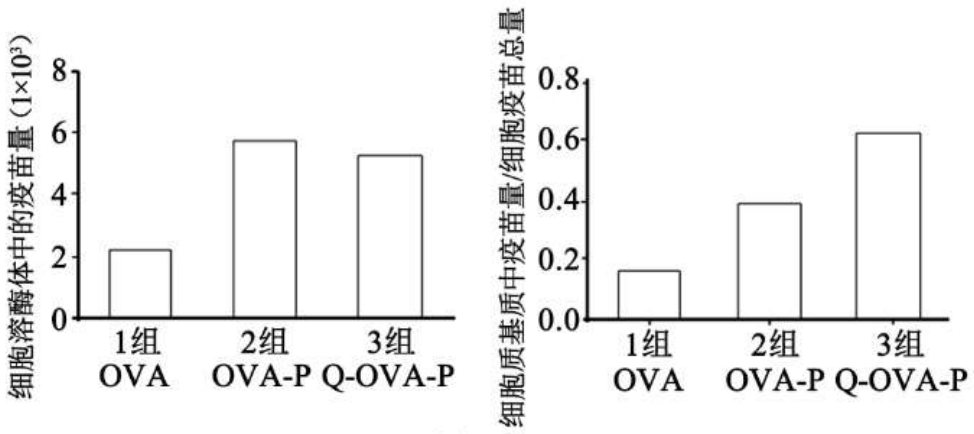


图1

①加入细胞悬液的培养板需置于 CO_2 恒温培养箱中培养以提供适宜的_____。

②与普通疫苗相比，纳米疫苗更易被 DC 细胞摄取处理。得出结论的依据是_____。比较 2、3 组的实验结果，说明_____。

（3）研究者进一步对 Q 引入后的纳米疫苗进行了体内效果评价。

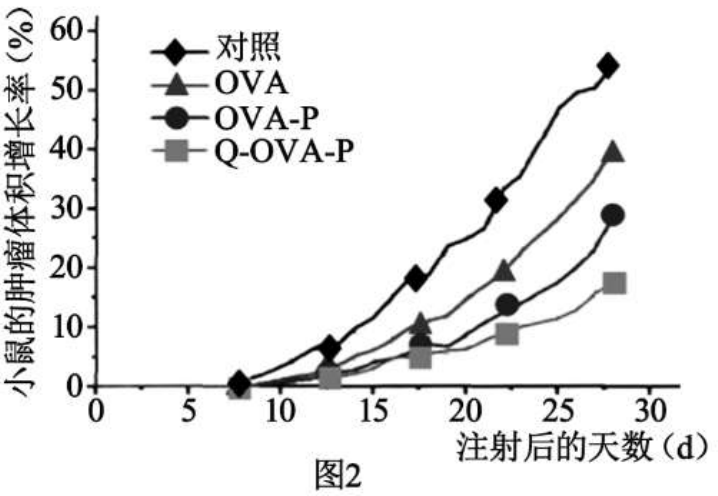


图2

将三类疫苗注射到肿瘤模型小鼠体内，结果如图 2。结果说明_____。

（4）综合以上信息，请概括出本实验研究的目的_____。

【答案】（1） ①. 抗原 ②. 体液 ③. 细胞

（2） ①. pH、温度和气体环境 ②. 与 1 组相比，2、3 组进入 DC 细胞溶酶体的疫苗量增加，且细胞质基质中的疫苗占比也显著增加 ③. Q 引入纳米疫苗，可增加 DC 细胞中从溶酶体逃逸到细胞质基质的疫苗量

（3）Q 引入后的纳米疫苗比纳米疫苗（和普通疫苗）的肿瘤抑制效果更好

（4）探究 Q 是否能提高疫苗激活细胞免疫功能以加强对肿瘤的治疗效果

【解析】

【分析】1、疫苗相当于抗原，进入机体后可激发机体的特异性免疫。

2、细胞免疫：细胞毒性 T 细胞识别到被感染的宿主细胞后，增殖分化形成新的细胞毒性 T 细胞和记忆细胞，细胞毒性 T 细胞和靶细胞接触，将靶细胞裂解。

【小问 1 详解】

肿瘤细胞相当于抗原，进入机体后可激发机体的特异性免疫过程；其中辅助性 T 细胞激活 B 细胞后可引发体液免疫；而细胞毒性 T 细胞主要在细胞免疫中起作用。

【小问 2 详解】

①加入细胞悬液的培养板需置于 CO_2 恒温培养箱中培养，以提供适宜的 pH、温度和气体环境，保证动物细胞正常生长和增殖。

②据图可知，与 1 组相比，2、3 组进入 DC 细胞溶酶体的疫苗量增加，且细胞质基质中的疫苗占比也显著增加，故与普通疫苗（1 组）相比，纳米疫苗（OVA-P）后更易被 DC 细胞摄取处理；2 组和 3 组的自变量是 Q 的有无，结果显示 3 组的细胞溶酶体中疫苗量较低，故比较 2、3 组的实验结果，说明 Q 引入纳米疫苗，可增加 DC 细胞中从溶酶体逃逸到细胞质基质的疫苗量。

【小问 3 详解】

分析题图可知，实验的自变量是不同类型处理的疫苗，因变量是小鼠的肿瘤体积增长率，据图可知，Q 引入后的纳米疫苗比纳米疫苗（和普通疫苗）的肿瘤抑制效果更好。

【小问 4 详解】

综合以上信息可知，本实验目的是探究 Q 是否能提高疫苗激活细胞免疫功能以加强对肿瘤的治疗效果。

【点睛】本题以 OVA 的作用为背景，考查人体免疫系统在维持稳态中的作用，要求考生识记人体免疫系统的组成，掌握体液免疫和细胞免疫的具体过程，能结合图中信息准确答题。

17. 微囊藻和绿藻常共存于同一水体环境，绿藻具有丰富的营养价值，是浮游动物的重要饵料。富营养化水体中，微囊藻等蓝细菌大量增殖并产生难被降解的藻毒素，严重威胁水体安全和人类健康。

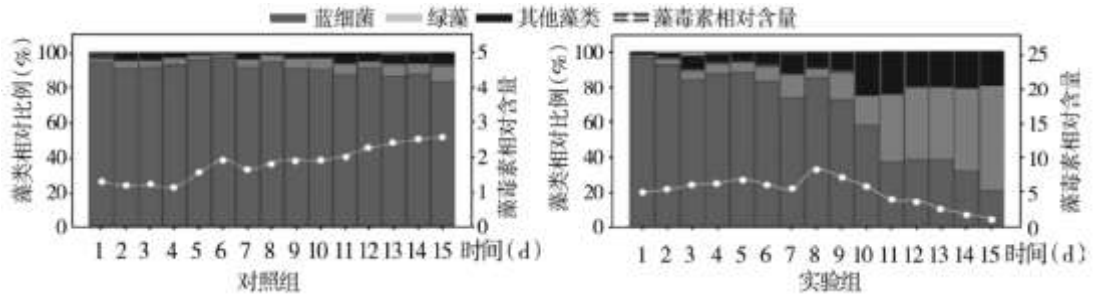
（1）调查水域中的_____共同构成生态系统。微囊藻产生的藻毒素抑制水生植物的生长，造成水生动物的中毒和死亡，生态系统的结构和功能受到影响从而降低其_____。

（2）研究者在不同时期采集湖水样本，测定微囊藻及部分水生动物可食用组织的藻毒素含量，结果如下表。

水生生物种类	分布	食性	藻毒素含量（μg/g 干重）	
			微囊藻暴发初期	微囊藻暴发期
微囊藻	浮游	——	2．03	7．14
铜锈环棱螺	底栖	以有机碎屑、浮游藻类等为食	0．63	3．69
鲢鱼	水体上层	主要以浮游藻类为食	1．05	12．936
翘嘴红鲌	水体中上层	以鱼、虾为食	1．11	35．91
鲤鱼	水体下层	以有机碎屑、幼螺、藻类等为食	0．47	11．07

表中所示生物利用了湖泊中的不同空间，形成了湖泊群落的_____结构。群落中每种生物都占据着相对稳定的生态位，这是群落中物种之间及生物与环境间_____的结果。推测调查水域的最高营养级的生物是_____，理由是_____。

（3）研究者获得一株棕鞭毛虫（以浮游藻类为食的浮游动物），为研究棕鞭毛虫对微囊藻的清除能力和降解藻毒素的效果，采集表层下 40cm 的富营养化湖水注入透光透析袋中，添加棕鞭毛虫后放置于原位，进行实验，结果如下图。



①对照组的处理是_____。

②实验结果表明，棕鞭毛虫能够_____水体中的藻毒素。有人认为，微囊藻在生存压力下会释放更多的藻毒素。为使实验结果更严谨，还应检测的两组数据是_____。

③由图可知，棕鞭毛虫对湖泊群落的影响是_____。

（4）若要将棕鞭毛虫应用于富营养化水体的治理，还需要进行哪些方面的研究？_____

【答案】（1） ①. 各种生物及其生存环境 ②. 稳定性

（2） ①. 垂直 ②. 协同进化 ③. 翘嘴红鲌 ④. 藻毒素很难降解。会沿着食物链逐渐在生物体内聚集，营养级越高，其相对含量越高

（3） ①. 不添加棕鞭毛虫，其他处理与实验组相同 ②. 降解 ③. 微囊藻纯培养组以及微囊藻和棕鞭毛虫共培养组的藻毒素含量 ④. 促使了以蓝细菌为优势类群向以绿藻和其他藻类为主的群落的演替，改善了群落结构

（4）检测棕鞭毛虫对微囊藻数量的影响；棕鞭毛虫降解藻毒素的机制；其他生态因素对棕鞭毛虫治理效果的影响

【解析】

【分析】1、生态系统中的生物种类越多，营养结构越复杂，生态系统的自我调节能力就越强，抵抗力稳定性就越高；反之，生物种类越少，营养结构越简单，生态系统的自我调节能力就越弱，抵抗力稳定性就越低。

2、垂直结构指在垂直方向上，大多数群落都具有明显的分层现象．群落中植物的垂直结构为动物创造了许多的栖息空间和食物条件，所以动物也有分层现象。

【小问 1 详解】

生态系统是指一定区域各种生物及其生存环境；一般而言，生态系统的稳定性与其生物的种类和数量有关，故生态系统的结构和功能受到影响从而降低其稳定性。

【小问 2 详解】

表中不同鱼类分别占据不同的水体空间，体现了群落的垂直结构；生态位是指一个物种在生物群落中的地位和作用，生态位的形成是群落中物种之间及生物与环境间协同进化的结果；藻毒素很难降解，会沿着食物链逐渐在生物体内聚集，营养级越高，其相对含量越高，故调查水域的最高营养级的生物是翘嘴红鲌。

【小问 3 详解】

①本实验目的是研究棕鞭毛虫对微囊藻的清除能力和降解藻毒素的效果，则实验的自变量是棕鞭毛虫的有无，实验设计应遵循对照与单一变量原则，故对照组的处理是不添加棕鞭毛虫，其他处理与实验组相同。

②据图可知，与对照组相比，实验组的藻毒素相对比例较低，说明棕鞭毛虫能够降解水体中的藻毒素；为使实验结果更严谨，还应检测的两组数据是微囊藻纯培养组以及微囊藻和棕鞭毛虫共培养组的藻毒素含量。

③由图可知，实验组蓝细菌的数量降低，而绿藻和其它藻类的比例逐渐升高，故棕鞭毛虫对湖泊群落的影响是：促使了以蓝细菌为优势类群向以绿藻和其他藻类为主的群落的演替，改善了群落结构。

【小问 4 详解】

棕鞭毛虫虽能够降解水体中的藻毒素，但为确保安全，在将棕鞭毛虫应用于富营养化水体的治理以前，还需要进行以下方面的研究：检测棕鞭毛虫对微囊藻数量的影响；棕鞭毛虫降解藻毒素的机制；其他生态因素对棕鞭毛虫治理效果的影响。

【点睛】本题主要考查生态系统的稳定性和影响光合作用的环境因素，意在强化学生对相关知识的理解与应用，解题关键是运用术语并结合题意分析作答。

18. 学习下面材料，回答（1）~（4）题。

聚糖——第三类生物信息分子

随着蛋白质和核酸中更多的奥秘被人类知晓，聚糖的重要性也浮出水面，成为了生物医学研究的“甜蜜之点”。聚糖一般由相同或不同型的单糖聚合而成，可独立存在，也可与蛋白质等共价结合成更复杂的复合物，被认为是继核酸和蛋白质之后的第三类生物信息分子，在生命活动中发挥重要作用，如蛋白折叠、细胞间通讯、免疫识别等。

在糖复合物中糖基化的位，点和数目不同、糖基之间糖苷键的连接有多种方式、且每个糖基又有异构体，这些特点使糖链的结构具有复杂性和多样性，其结构的多样性使其携带的信息量超过蛋白质与核酸携带信息量的总和。尽管

聚糖在生理和疾病过程中具有十分重要的作用，但与蛋白质和核酸不同，聚糖不是经模板复制，而是在内质网和高尔基体内由糖基转移酶和糖苷酶催化合成的，除了受酶基因表达的调控外，还受酶活性的影响，即在同种分子的同一糖基化位，点的糖链结构也有差异。因此，一个基因一种产物的关系不适用于聚糖，而是多基因——多蛋白——多聚糖关系。不能采用类似于 PCR 的策略获得均一聚糖产物，且聚糖结构的测定和化学合成远比核酸和蛋白质要困难，所以各国科学家都在致力于开发解析“糖”密码的技术。

聚糖与人类健康息息相关，研究表明传染性疾病、免疫性疾病、心血管疾病、肿瘤、神经变性型疾病均与聚糖密切相关。近年来，新的糖基化方法和先进合成策略不断涌现，对聚糖的功能以及与疾病相关机理的基础研究越来越深入。继功能基因组学和蛋白质组学研究后，糖组学必将极大地促进生命科学的研究发展，成为全面揭示生命活动本质所不可缺少的内容。

（1）糖是细胞内的主要_____物质，由_____元素构成，常被形容为“生命的燃料”。除此以外，文中表明聚糖作为信息分子调节各种生命活动，体现其_____的功能。

（2）从结构与功能的角度，解释聚糖适于作生物信息分子的原因。_____

（3）请结合本文内容，在“中心法则”基础上补充“聚糖”，并添加必要的连线和注释，展示你对细胞内信息传递的理解。_____

（4）对文中聚糖和糖组学的理解，正确的是_____。

A. 细胞内只有核酸、蛋白质和聚糖三类生物信息分子

B. 细胞表面的聚糖能够辨别进出细胞的物质和信息

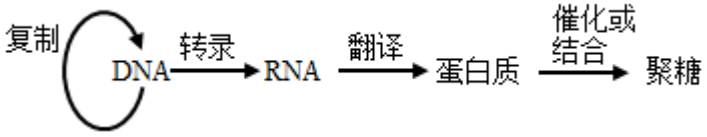
C. 研究聚糖的结构与功能是破解生命信息的途径之一

D. 糖组学领域的科学研究进展依赖于新技术的开发

E. 目前的研究热点是糖组学，可不关注功能基因组学和蛋白质组学

【答案】（1） ①. 能源 ②. C、H、O ③. 信息交流

（2）聚糖一般由相同或不同型的单糖聚合而成；在糖复合物中糖基化的位点和数目不同、糖基之间糖苷键的连接有多种方式、且每个糖基又有异构体，这些使聚糖的结构具有复杂性和多样性，适于携带大量信息

（3） 

（4）BCD

【解析】

【分析】1、分析题意可知，聚糖一般由相同或不同型的单糖聚合而成，故其本质属于多糖分子。

2、聚糖可独立存在，也可与蛋白质等共价结合成更复杂的复合物，是继核酸和蛋白质之后的第三类生物信息分子，在蛋白折叠、细胞间通讯、免疫识别等生命活动中发挥重要作用。

【小问 1 详解】

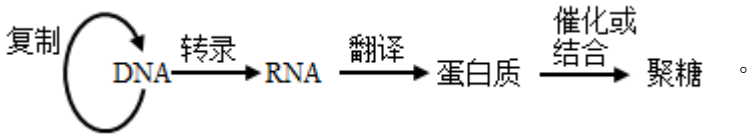
糖是细胞内的主要能源物质，一般是由 C、H、O 构成的；聚糖作为信息分子调节各种生命活动，体现的是信息交流功能。

【小问 2 详解】

物质的结构决定其功能，由题意“聚糖一般由相同或不同型的单糖聚合而成；在糖复合物中糖基化的位点和数目不同、糖基之间糖苷键的连接有多种方式、且每个糖基又有异构体，这些使聚糖的结构具有复杂性和多样性，适于携带大量信息”可知，聚糖种类多、分布广泛，故可作为生物信息分子。

【小问 3 详解】

中心法则包括 DNA 分子复制、转录和翻译过程，而结合题干信息“与蛋白质和核酸不同，聚糖不是经模板复制，而是在内质网和高尔基体内由糖基转移酶和糖苷酶催化合成的”可补充细胞内信息传递为：



。

【小问 4 详解】

A、结合题干信息“聚糖被认为是继核酸和蛋白质之后的第三类生物信息分子”可知，核酸、蛋白质和聚糖是目前已知的三类信息分子，但不能得出细胞内只有核酸、蛋白质和聚糖三类生物信息分子，A 错误；

B、聚糖具有细胞间通讯的功能，故细胞表面的聚糖能够辨别进出细胞的物质和信息，B 正确；

C、由于“糖组学必将极大地促进生命科学的研究发展，成为全面揭示生命活动本质所不可缺少的内容”，故研究聚糖的结构与功能是破解生命信息的途径之一，C 正确；

D、由于聚糖结构的测定和化学合成远比核酸和蛋白质要困难，所以各国科学家都在致力于开发解析“糖”密码的技术，即糖组学领域的科学研究进展依赖于新技术的开发，D 正确；

E、基因组学和蛋白质组学是糖组学的基础和支持，故应继续关注功能基因组学和蛋白质组学，E 错误。

故选 BCD。

【点睛】本题以聚糖为背景，考查糖的种类及功能、中心法则等知识，旨在考查考生的获取信息能力与知识迁移运用能力。

19. 流行病学数据显示，夜间光的输入增加患抑郁症的风险。研究者模拟城市照明手机、电脑等当前社会的不正常照光模式，探索夜间蓝光诱发小鼠抑郁样行为的神经调控机制。

（1）动物视网膜可接受光_____，产生和传导兴奋至_____形成视觉，光也影响瞳孔收缩、睡眠-觉醒循环、情绪等非成像视觉功能。

（2）按图 1 流程处理正常小鼠得到图 2 结果（“强迫游泳”和“糖水偏好”常用作反映抑郁程度的指标）。



图 1

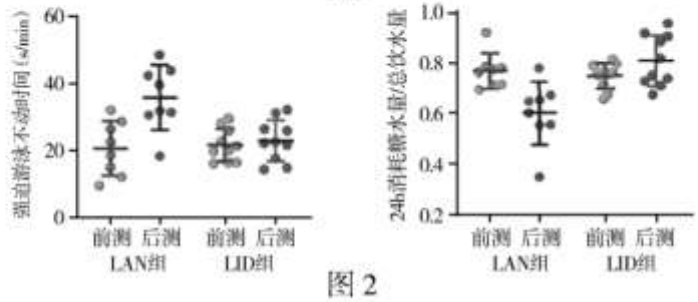


图 2

以上结果显示_____，表明夜间光的干扰可诱发小鼠抑郁。

（3）为探究 LAN 致郁的神经调控通路，研究者进行了如下实验。

①R 细胞是视网膜中的一类光感受器。利用 LAN 处理 R 细胞缺陷小鼠，发现_____的强迫游泳不动时间和糖水偏好基本一致，说明 R 细胞是 LAN 致郁的感受器。

②用转基因技术使光敏感钠离子通道仅表达在 R 胞膜上。激活光敏感钠离子通道使 R 细胞 Na^+_____，在脑中的 A 区神经元上检测到动作电位，说明_____。

③与 R 细胞有突触联系的 A 区神经元发出的纤维（M）投射到脑内的快乐中枢 B 区，研究者利用转基因小鼠证实了 B 区参与 LAN 致郁。请用所给出的 a~e 选项将实验方案及结果补充完整（注：表达药物甲受体的神经元可响应药物甲信号而无法兴奋）。

分组	实验动物	实验条件	实验结果
实验组	纤维 M 表达药物甲受体的转基因小鼠	I	游泳不动时间 III ；糖水偏好 IV
对照组 1	纤维 M 表达药物甲受体的转基因小鼠	注射缓冲液，LAN 处理	游泳不动时间 V ；糖水偏好 VI
对照组 2	纤维 M 表达无关受体的转基因小鼠	II	游泳不动时间明显上升；糖水偏好明显下降

a、注射药物甲，LAN 处理　b、注射缓冲液，LAN 处理

c、明显上升　d、无明显变化　e、明显下降

I：_____；II：_____

④进一步研究发现，利用抑制性突触受体阻断剂可阻断 A 区与 B 区的突触联系。综合上述研究概述 LAN 致郁的神经调控通路：_____。

（4）本研究结果对你的健康生活有何启示？_____

【答案】（1）　①. 刺激(信号)　②. 大脑皮层

（2）夜间蓝光（LAN）使小鼠的强迫游泳不动时间提升，24h 消耗糖水占总饮水量的比例下降；而白天蓝光（LID）处理的小鼠相关指标未发生明显变化

（3）　①. 后测与前测　②. 内流　③. R 细胞可导致 A 区神经元兴奋　④. a　⑤. a　⑥. LAN 通过 R 细胞，引起脑内 A 区神经元兴奋，进而产生对快乐中枢 B 区的抑制，从而致郁

（4）合理作息；减少夜晚电子设备的使用；睡眠时营造黑暗环境（合理即得分）

【解析】

【分析】1、神经调节的基本方式是反射，反射活动的结构基础是反射弧，反射弧包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器，人体在完成一项反射活动时，必须保持反射弧结构的完整，任何一个环节出现障碍，反射活动就不能正常进行。

2、静息时，神经细胞膜对钾离子　通透性大，钾离子大量外流，形成内负外正的静息电位；受到刺激后，神经细胞膜的通透性发生改变，对钠离子的通透性增大，钠离子大量内流，因此形成内正外负的动作电位。

【小问 1 详解】

动物的视网膜属于感受器，可接受光刺激；所有的感觉形成部位都是大脑皮层，故视觉是在大脑皮层形成的。

【小问 2 详解】

分析题意，阶段 2 表示前测，是在正常光暗环境下得到的结果，阶段 4 是后测，是在给予蓝光处理后测得的结果。据图可知，夜间蓝光（LAN）使小鼠的强迫游泳不动时间提升，24h 消耗糖水占总饮水量的比例下降；而白天蓝光（LID）处理的小鼠相关指标未发生明显变化。

【小问 3 详解】

①分析题意，R 细胞是视网膜中的一类光感受器，若 R 细胞是 LAN 致郁的感受器，则利用 LAN 处理 R 细胞缺陷小鼠，无法感受到光刺激，故后测与前测的强迫游泳不动时间和糖水偏好基本一致。

②兴奋时钠离子通道开放，钠离子内流；若 R 细胞可导致 A 区神经元兴奋，则可在脑中的 A 区神经元上检测到动作电位。

③分析题意可知，与 R 细胞有突触联系的 A 区神经元发出的纤维（M）投射到脑内的快乐中枢 B 区，而表达药物甲受体的神经元可响应药物甲信号而无法兴奋，本实验目的是验证 B 区参与 LAN 致郁，则实验的变量是实验动物的类型和药物甲的有无，因变量是游泳不动时间和糖水偏好，实验设计应遵循对照原则与单一变量原则，对照组 1 种实验条件是注射缓冲液，LAN 处理，则实验组和对照组 2 应为注射药物甲，LAN 处理，故选 a、a。

④兴奋在神经元间的传递需要经过突触，由于“利用抑制性突触受体阻断剂可阻断 A 区与 B 区的突触联系”，结合上述研究推测 LAN 致郁的神经调控通路为：LAN 通过 R 细胞，引起脑内 A 区神经元兴奋，进而产生对快乐中枢 B 区的抑制，从而致郁。

【小问 4 详解】

结合上述研究结果可知，照明手机、电脑等当前社会的不正常照光模式，夜间蓝光会诱发抑郁样行为，故应合理作息；减少夜晚电子设备的使用；睡眠时营造黑暗环境。

【点睛】本题以蓝光致郁为背景，考查兴奋的传导和传递的相关实验，要求考生明确实验设计的原则和思路，能结合题意分析作答。

20. 肥胖的发生发展与肠道菌群关系密切，辣椒的活性成分辣椒素能够减肥。研究者探究辣椒素对肠道菌群的影响及作用机制。

（1）人肠道内存在着主要由细菌组成的肠道菌群，与人体细胞相比，这些细菌不具有_____（写出两项）结构。

（2）研究者用小鼠进行分组实验，实验处理及检测结果如下表。

组别	实验处理	实验增重（g）	总采食量（g）	肠道菌群丰度
甲	饲喂标准脂肪含量饲料	8．92	274．47	258
乙	饲喂高脂肪含量饲料	19．16	443．16	239
丙	饲喂高脂肪含量饲料+灌胃辣椒素	13．43	343．42	255

据表可知，_____。

（3）进一步研究发现，与乙组小鼠相比，丙组小鼠肠道菌群中产生短链脂肪酸的类群（菌群 a）显著增多，而产生脂多糖的类群（菌群 b）显著减少。

①GLP-1 和 PYY 是与食欲控制相关的两种多肽类激素，以_____的方式分泌出细胞。菌群 a 产生的短链脂肪酸可促进肠道细胞对 GLP-1 和 PYY 的合成及释放。GLP-1 刺激迷走神经_____神经元产生的兴奋沿迷走神经传至下丘脑：

PYY 通过__传送的方式运输至下丘脑。研究者测定了（2）中三组小鼠的下丘脑中与食欲调节相关神经元的活性，结果如图 1。

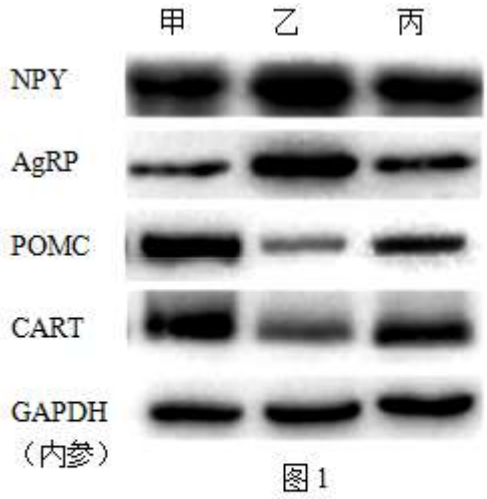


图 1

注：NPY、AgRP、POMC、CART 为四种神经元特异性表达蛋白，可用其指代相应神经元

结合（2）的实验结果推测，下丘脑中抑制采食的神经元是_____；GLP-1 和 PYY 通过_____，从而增加小鼠饱腹感，降低食欲。

②菌群 b 产生的脂多糖损伤肠道屏障进入内环境，与下丘脑中的受体结合诱发下丘脑炎症，改变胰岛素信号转导，导致机体稳态失衡，这是引起肥胖的重要原因之一、为验证辣椒素还可通过促进肠道细胞膜蛋白的表达来修复肠道屏障进而降低炎症反应，研究者对（2）中三组小鼠进行肠组织切片观察，结果如图 2。

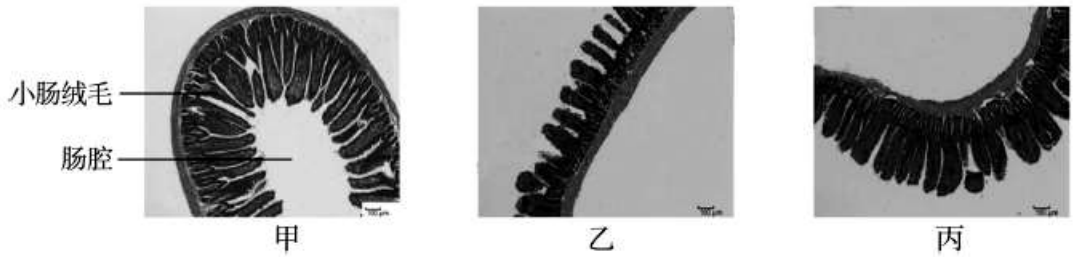


图 2

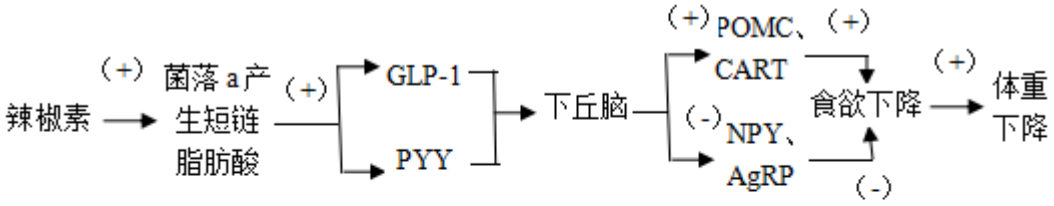
图 2 结果_____（能/不能）充分证明辣椒素可通过修复肠道屏障功能来降低炎症反应，理由是_____。

（4）综合上述，请用“→”和文字将辣椒素发挥减肥作用的机制补充完整（任选“菌群 a”或“菌群 b”中的一种在答题卡上作答）。_____

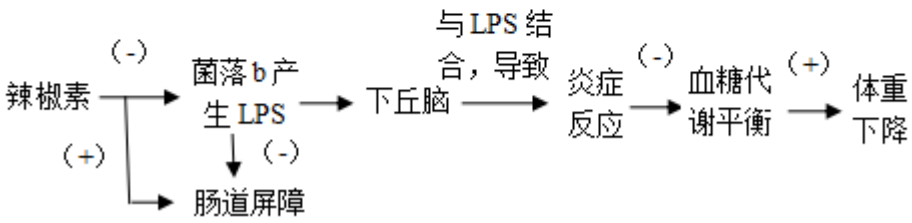
【答案】（1）核膜、染色体、除核糖体以外的其他细胞器

（2）辣椒素通过提高肠道菌群丰度、减少采食量在一定程度上缓解了高脂饮食引起的肥胖

（3） ①. 胞吐 ②. 传入/感觉；体液/血液 ③. POMC、CART ④. 使促进采食神经元 NPY、AgRP 的活性降低，同时使抑制采食神经元 POMC、CART 的活性增强 ⑤. 不能 ⑥. 图 2 结果显示辣椒素对肠道屏障功能有一定程度的修复，但是还应检测并比较三小鼠肠道细胞膜蛋白的表达量以及血液中脂多糖和炎症细胞因子的含量（如胰岛素含量、血糖水平等）



（4）



【解析】

【分析】分析题意可知，本实验目的是探究辣椒素对肠道菌群的影响及作用，分析表格可知，本实验的变量是饲料种类及是否灌喂辣椒素，因变量是实验增重、 肠道菌群丰度等，据此分析作答。

【小问 1 详解】

细菌为原核生物，与人体细胞（真核生物）相比，原核生物无核膜、染色体，也无除核糖体以外的其他细胞器。

【小问 2 详解】

分析表格数据，与乙组相比，丙组在饲喂高脂肪含量饲料+灌胃辣椒素条件下，实验增重较少，但肠道菌群丰度较高，说明辣椒素通过提高肠道菌群丰度、减少采食量在一定程度上缓解了高脂饮食引起的肥胖。

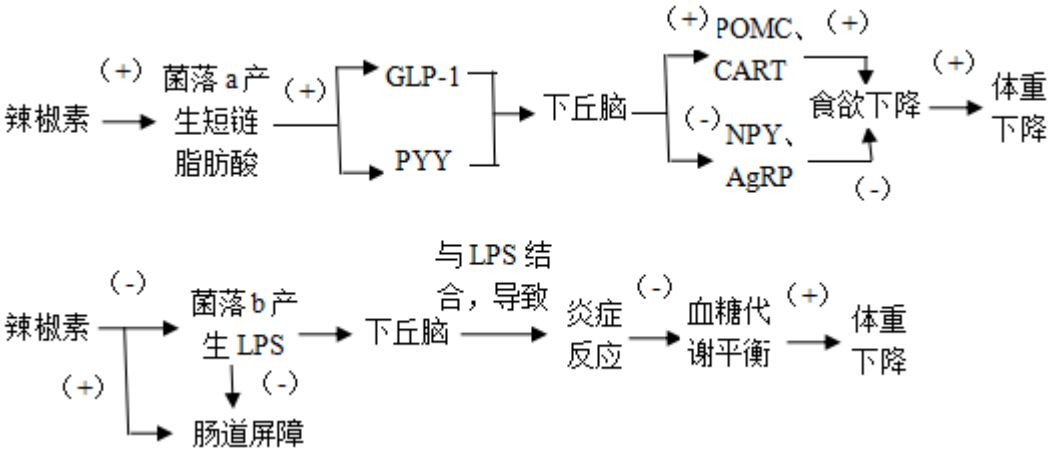
【小问 3 详解】

①多肽属于大分子物质，GLP-1 和 PYY 是与食欲控制相关的两种多肽类激素，故两者以胞吐的方式分泌出细胞；根据反射弧的结构可知，兴奋产生时迷走神经属于传入神经元；PYY 属于激素，激素通过体液运输；分析图 1，与乙组相比，丙组的 POMC、CART 神经元活性较高，而 NPY、AgRP 活性较低，故推测下丘脑中抑制采食的神经元是 POMC、CART，促进采食的是 NPY、AgRP；据此推测 GLP-1 和 PYY 通过使促进采食神经元 NPY、AgRP 的活性降低，同时使抑制采食神经元 POMC、CART 的活性增强，从而增加小鼠饱腹感，降低食欲。

②分析图 2，丙组的小肠绒毛比乙组密集，故推测辣椒素对肠道屏障功能有一定程度的修复，但据此不能充分证明辣椒素可通过修复肠道屏障功能来降低炎症反应；还应检测并比较三小鼠肠道细胞膜蛋白的表达量以及血液中脂多糖和炎症细胞因子的含量。

【小问 4 详解】

据题可知，与乙组小鼠相比，丙组小鼠肠道菌群中产生短链脂肪酸的类群（菌群 a）显著增多，而产生脂多糖的类群（菌群 b）显著减少，而两者的作用机理不同，如前者主要是通过 GLP-1 和 PYY 等作用于下丘脑起作用，故可绘制图形如下：



【点睛】本题以肥胖的发生为背景，考查实验设计的原则和思路，要求考生明确实验设计的单一变量与对照原则，结合题意分析作答。

21. 近年来，杂种优势的利用使油菜的株高至少增加 20cm，株高过高容易倒伏造成减产。研究人员对甘蓝型油菜中的矮秆突变体 ds-3 进行了系列研究。

（1）很多植物的矮秆类型均与赤霉素（GA）信号转导异常有关，研究者用 GA 处理 ds-3，得到结果如图 1，可知 ds-3 对 GA 敏感性减弱，理由是_____。

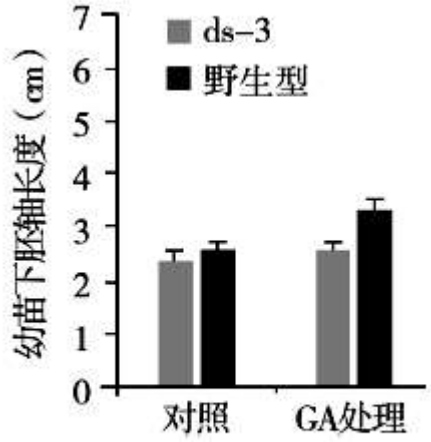


图 1

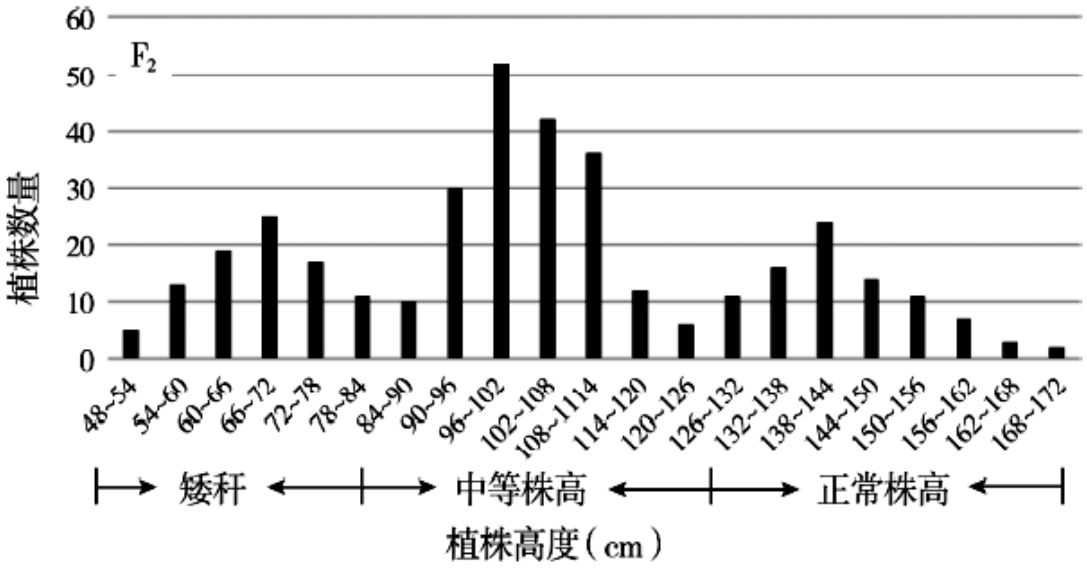


图 2

（2）ds-3 与野生型杂交获得的 F_1 株高介于双亲之间。F_1 自交获得的 F_2 群体株高呈现三峰（如图 2），统计数量比例符合 1∶2∶1，说明 ds-3 矮秆表型的遗传遵循孟德尔基因_____定律。预期 F_1 与野生型亲本回交获得的后代群体株高在_____cm 范围内呈现_____峰。

（3）为确定突变基因的位置，研究者根据油菜染色体上特定的 DNA 序列（如 M/m、N/n）设计了多对引物，提取上述 F_2 群体中极端矮秆植株的 DNA 进行 PCR，产物电泳后的部分结果如图 3。

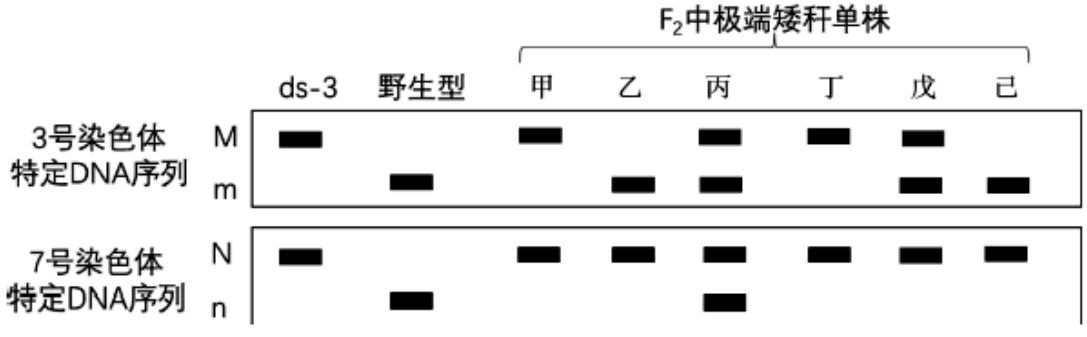
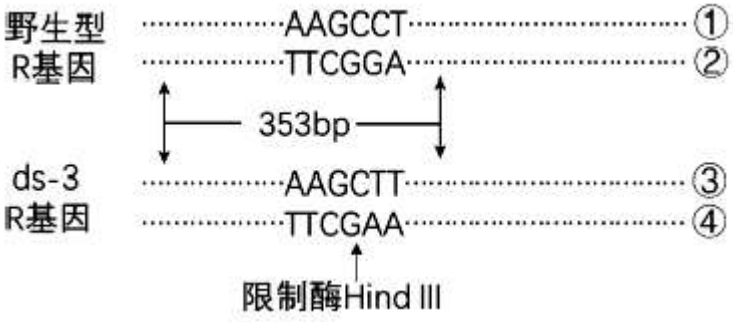


图 3

据结果可将突变基因定位在_____号染色体上，请解释单株丙扩增结果出现的原因。_____。

（4）将野生型与突变体 ds-3 上述染色体的候选基因 R 进行 DNA 测序，结果如图 4。



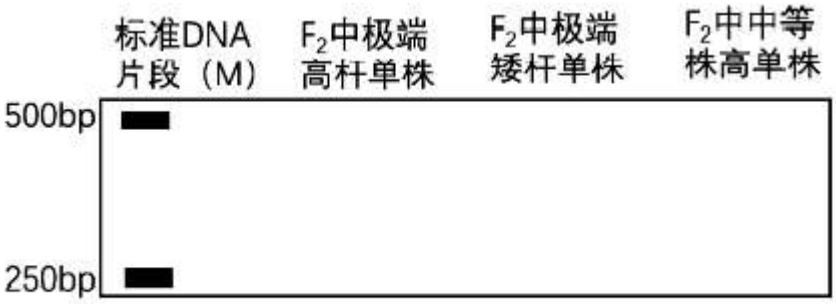


图 4

由于碱基对的_____使 ds-3 的 R 基因发生突变，导致其编码的 R 蛋白结构改变。扩增出野生型和 ds-3R 基因上长为 353bp 的片段，经限制酶 HindIII处理后，ds-3 的该片段可被切成 312bp 和 41bp 两段。研究者利用酶切电泳的方法对 F_2 单株进行检测，结果证实 R 基因该突变位点与突变表型之间直接相关。请在答题卡上绘出 F_2 单株的电泳结果。

_____

（5）R 蛋白是 GA 作用途径中的负调控因子，其空间结构包括感知 GA 信号的结构域和阻遏 GA 响应基因转录的结构域，作用机理如图 5。

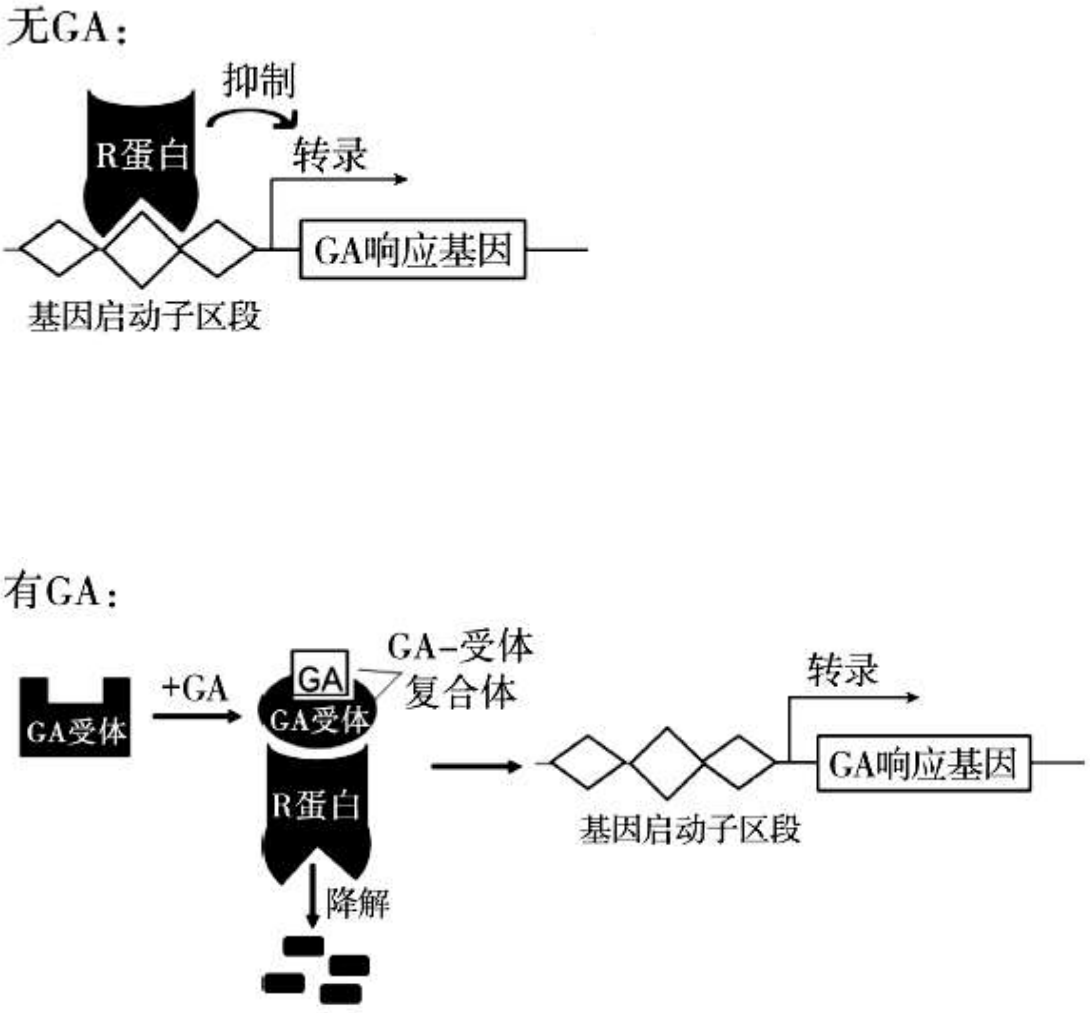


图 5

综合图中信息和研究结果，解释 ds-3 对 GA 不敏感的原因。_____。

【答案】（1）与野生型相比，ds-3 幼苗下胚轴经 GA 处理后伸长不显著

（2） ①. 分离 ②. 84～172 ③. 双

（3） ①. 7 ②. 突变基因及其等位基因与 M/m 位于非同源染色体上。减数分裂过程中非同源染色体自由组合，使 F_1 既能产生含突变基因与 M 的重组型配子，也能产生含突变基因与 m 的亲本型配子，受精后发育成丙。

（4） ①. 替换 ②.



（5）R 基因突变导致 R 蛋白结构改变，感知 GA 信号的功能丧失，但不影响其阻遏 GA 响应基因转录。当用 GA 处理突变体 ds-3 后，其 R 蛋白无法响应 GA 信号从而不降解，继续抑制 GA 响应基因的转录，导致 ds-3 对 GA 不敏感

【解析】

【分析】基因的分离定律实质：在杂合子细胞中，位于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时，等位基因会随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】

据图可知，与野生型相比，ds-3 幼苗下胚轴经 GA 处理后伸长不显著，故 ds-3 对 GA 敏感性减弱。

小问 2 详解】

分析题意，F_1 的株高介于双亲之间，而 F_1 自交后代的 F_2 基因型比例为 1∶2∶1，是 3∶1 的变形，说明该性状由一对等位基因控制，符合基因的分离定律；设相关基因为 A、a，则 ds-3 矮秆基因型为 aa，野生型基因型为 AA，F_1 基因型为 Aa，F_1 与野生型亲本 AA 回交，子代基因型为 AA、Aa，表现为正常株高和中等株高，故后代群体株高在 84～172cm 范围内呈现双峰。

【小问 3 详解】

据图可知，野生型植株的基因型为 mmnn，ds-3 基因型为 MMNN，F_1 基因型应为 MmNn，F_1 自交，F_2 群体中极端矮秆植株应为 M 或 N 较多，而图示 7 号染色体上都含有 M 基因，故可将突变基因定位在 7 号染色体上；突变基因及其等位基因与 M/m 位于非同源染色体上，减数分裂过程中非同源染色体自由组合，使 F_1 既能产生含突变基因与 M 的重组型配子，也能产生含突变基因与 m 的亲本型配子，受精后发育成丙。

【小问 4 详解】

对比题图野生型和 ds-3 碱基序列可知，发生了 C-G 到 T-A 的碱基对替换，使 ds-3 的 R 基因发生突变，导致其编码的 R 蛋白结构改变；据图可知，限制酶 HindIII可以识别 AAGCTT 序列，且可在 A 与 G 之间进行切割，ds-3 的该片段可被切成 312bp 和 41bp 两段，结合（1）分析可知，F_2 中出现 1∶2∶1 的三种比例，故高杆和矮杆分别为纯合子，而中等株高为杂合子，有两个条带，故可绘制图形如下：



【小问 5 详解】

综合图中信息和研究结果可推断，ds-3 对 GA 不敏感的原因是：R 基因突变导致 R 蛋白结构改变，感知 GA 信号的功能丧失，但不影响其阻遏 GA 响应基因转录。当用 GA 处理突变体 ds-3 后，其 R 蛋白无法响应 GA 信号从而不降解，继续抑制 GA 响应基因的转录，导致 ds-3 对 GA 不敏感。

【点睛】本题考查自由组合定律的相关知识，意在考查学生的识记能力和判断能力，运用所学知识综合分析问题的能力，解答本题的关键是根据图中的分离比推测各表现型对应的基因型，进而分析作答。