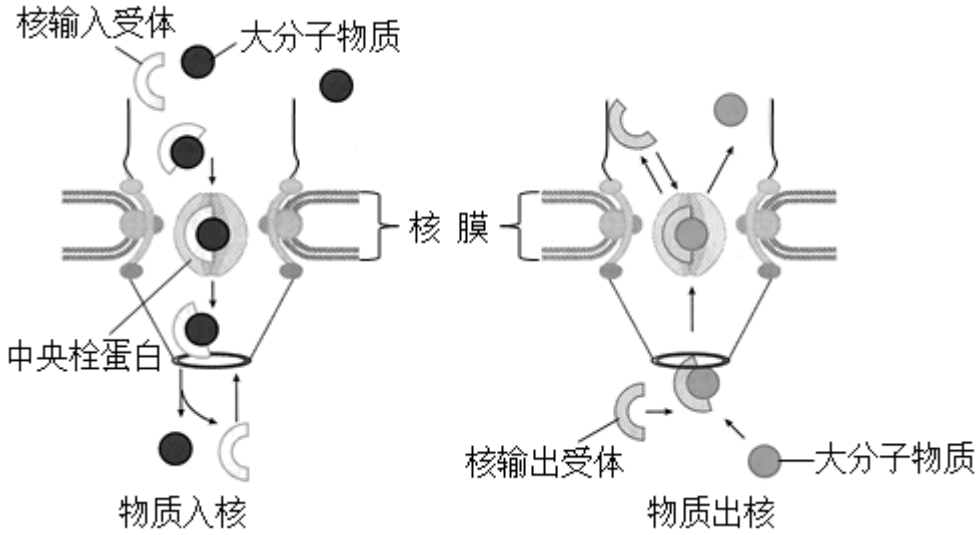
2023 北京顺义高三（上）期末生物

（第一次统练）

1. 用含 ^{32}P 的营养液培养植物，一段时间后不会检测到明显放射性的结构是（　　）

A. 核糖体　　B. 细胞膜　　C. 染色体　　D. 细胞骨架

2. 大分子物质可与相应受体结合，并通过核孔中　中央栓蛋白入核或出核，实现定向转运，过程如图。相关叙述错误的是（　　）



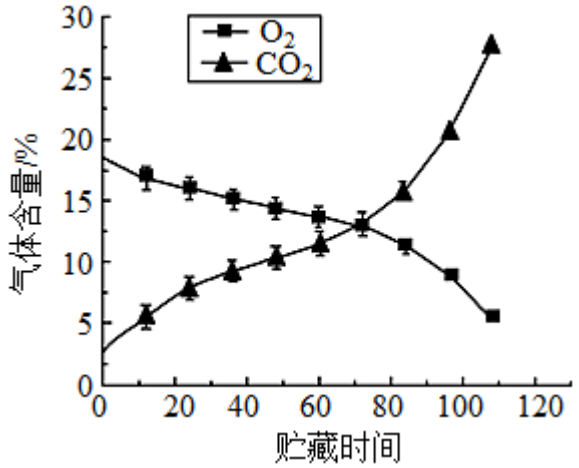
A. 核孔实现了细胞与细胞间的信息交流

B. 核孔控制物质进出具有一定的选择性

C. 核输出受体空间结构的改变可能影响 mRNA 出核

D. 核输入受体通过核孔返回细胞质避免物质和能量的浪费

3. 将石榴果实置于密闭包装、23℃条件下贮藏，每隔 20h 测定包装中的 O_2 和 CO_2 含量，结果如右图，相关分析正确的是（　　）



A. 0~60h 间石榴细胞呼吸速率逐渐升高

B. 将温度降低至 4℃，两条曲线的交点将左移

C. 70h 后呼吸速率突然上升可能与微生物有关

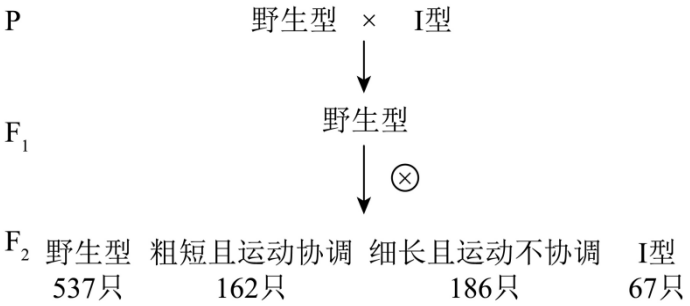
D. 实验测得的 CO_2 含量即为细胞呼吸的释放量

4. 小鼠的精原细胞既可有丝分裂也可减数分裂，两种分裂方式共有的特征不包括（　　）

A. DNA 复制和蛋白质合成　　B. 非同源染色体自由组合

C. 姐妹染色单体彼此分离　　D. 核膜、核仁消失与重建

5. 线虫因体型细长如线状而得名，实验小组获得一种体型粗短且运动不协调的Ⅰ型线虫，用野生型与Ⅰ型杂交，结果见下图。据图判断以下说法不合理的是（　　）



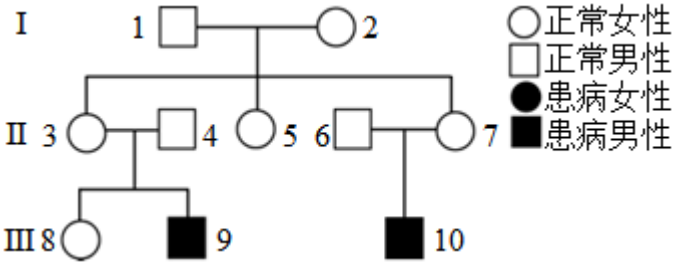
A. 体型粗短和运动不协调均为隐性性状

B. 控制体型和运动协调性的基因位于非同源染色体上

C. 控制体型和运动协调性的基因在受精作用时发生自由组合

D. 若 F_1 与Ⅰ型亲本回交，后代可能出现 4 种表型且比例均等

6. 卷发综合征 MD 是一种严重的遗传病，患儿通常在 3 岁内死亡，典型表现为毛发卷曲易断、长骨和颅骨发育异常。下图为患者家系图，基因检测显示Ⅱ4 和Ⅱ6 号不携带致病基因，相关叙述正确的是（　　）



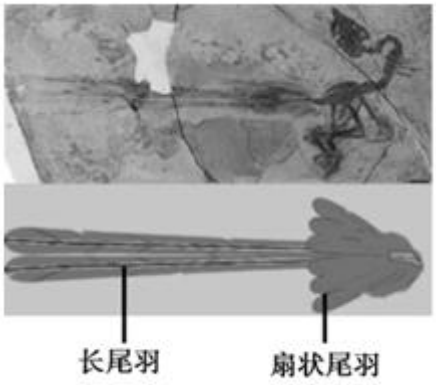
A. MD 为常染色体隐性遗传病

B. 基因检测是初步诊断 MD 的唯一手段

C. Ⅲ8 和正常男性婚配后代患病概率为 1/4

D. MD 家系中一般不会出现女患者

7. 如图为我国科学家新近发现的雄性原始鸟类“雅尾鹲鹩”（yuān　chú）的化石标本及尾羽形态图，其同时具有适于快速飞行的扇状尾羽和 1 对形态夸张的长尾羽。繁殖季节，隐身于茂密丛林中的雄鸟靠“抢眼”的长尾羽吸引雌性。相关叙述不合理的是（　　）



A. 化石是研究生物进化最直接的证据

B. 扇状尾羽有助于雅尾鹩鹛躲避敌害

C. 长尾羽性状得以保留与雌鸟的选择偏好无关

D. 推测栖息于开阔湖边的原始鸟类少见长尾羽

8. 下列各项表述中，激素与其合成部位及主要功能的对应关系均正确的是（　　）

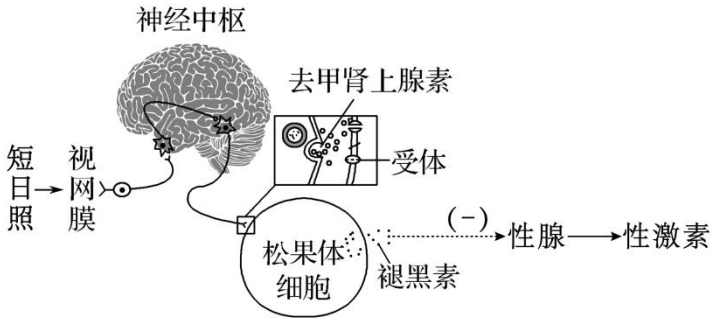
A. 抗利尿激素—垂体—促进肾小管和集合管重吸收水分

B. 醛固酮—肾上腺皮质—促进肾小管和集合管重吸收 Na^+

C. 促甲状腺激素—下丘脑—促进垂体合成分泌激素

D. 胰高血糖素—胰岛 A 细胞—促进肝糖原的合成

9. 高原鼠兔的生殖活动与光照时间长短有密切关系，下图表示了短日照通过视网膜-松果体途径对其性激素分泌的调控，相关叙述正确的是（　　）



注：去甲肾上腺素促进褪黑素合成与分泌

A. 高原鼠兔属于短日照繁殖的动物

B. 短日照调节褪黑素释放的反射弧中，效应器是褪黑素

C. 去甲肾上腺素与受体的结合引起电信号到化学信号的转变

D. 日照时长对高原鼠兔性激素分泌的调节属于神经-体液调节

10. 鲑鱼在淡水中孵化，1 年后游向大海，成熟的鲑鱼洄游到出生的溪流产卵并在此结束生命。棕熊会猎杀洄游的鲑鱼并带至林地深处食用，吃掉最有营养的部分后丢弃。鲑鱼残骸被鸟，昆虫等分食，最后由微生物降解，产生的 N、P 滋养植物并汇入海洋。由此可知（　　）

A. 物质只能由森林流向海洋，不能从海洋流向森林

B. 微生物降解鲑鱼残骸滋养植物，说明能量可由分解者流向生产者

C. 大量猎杀棕熊可能会影响河岸和森林生态系统中植物的生长

D. 在不威胁鲑鱼种群生存的情况下可进行大规模的商业捕捞

11. 某实验小组探究大蒜汁对枯草芽孢杆菌的抑制作用，与实验操作有关的叙述不正确的是（　　）

A. 称量、溶化和倒平板都必须进行无菌操作

B. 吸取适当稀释度的菌悬液滴在平板上并涂布均匀

C. 分别将浸于大蒜汁和无菌水的滤纸片贴在平板不同位置

D. 将平板倒置放入适宜温度的恒温培养箱中培养

12. 下列科技成果中，不需要用到细胞培养或组织培养技术的是（　　）

A. 制备抗新冠病毒 N 蛋白的单克隆抗体

B. 通过体细胞核移植技术培育高产奶牛

C. 袁隆平团队利用杂交技术培育性状优良的杂种水稻

D. 将玉米与水稻体细胞进行杂交培育“黄金大米”植株

13. 以下生物学实验的相关操作叙述正确的是（　　）

A. 检测生物组织中的还原糖，先向样液中加斐林试剂甲液再加乙液

B. 观察根尖细胞有丝分裂，解离后的根尖先漂洗再用甲紫进行染色

C. 观察洋葱外表皮细胞质壁分离，将装片从载物台上取下更换溶液

D. 样方法调查某地植物物种丰富度，需求各样方植物种类的平均值

14. 为研究吸烟对生殖的损害，科研人员连续 5 天对雄性小鼠注射香烟烟雾提取物，结果如下：

处理 检测项目	香烟烟雾提取物注射量（mg/kg）			
	0	25	50	100
精原细胞染色体畸变率（%）	0.2	2.6	3.4	4.8
精子畸形率（%）	1.4	6.8	8.7	10.2
睾丸组织中 SOD 酶活力（Nu/ml）	182.9	440.5	528.8	677.5
睾丸组织 MDA 含量（umol/ml）	33.4	106.5	138.4	187.7

注：MDA 可引起染色体畸变，SOD 酶可减少 MDA 合成

相关分析不合理的是（　　）

A. 精原细胞染色体畸变可能是造成精子畸形的原因之一

B. 机体可能通过提高 SOD 酶活力对香烟烟雾提取物产生防御

C. MDA 含量的增高说明 SOD 酶对机体的保护作用有限

D. 吸烟对亲代细胞染色体的损伤不会遗传给后代

15. 生态伦理道德强调人类应尊重其他生物生存和发展的权力，以下做法与这一论点不相符的是（　　）

A. 严禁猎采和贩卖珍稀濒危的动植物资源

B. 鼓励人们进入保护区给鸟类喂食和建巢

C. 为一级保护动物白头叶猴建立自然保护区

D. 在青藏铁路的路基上修建动物行走的涵洞

16. 学习以下材料，回答（1）~（4）题

小蚂蚱的“超能力”

东亚飞蝗，别名蚂蚱，主要危害禾本科作物的叶片和嫩茎。小蚂炸何以成灾?这恐怕离不开它的“超能力”。东亚飞蝗繁殖能力极强。绝大多数情况下，它们进行有性生殖，雌性成虫一生可产几百粒卵，十几天即可孵化完成。当某些极端因素造成蝗虫种群密度大幅降低时，幸存的蝗虫还可孤雌生殖，即在未交配的情况下产卵，短时间内大量繁殖。该方式产生的后代均为雌性，性成熟后可继续孤雌生殖。

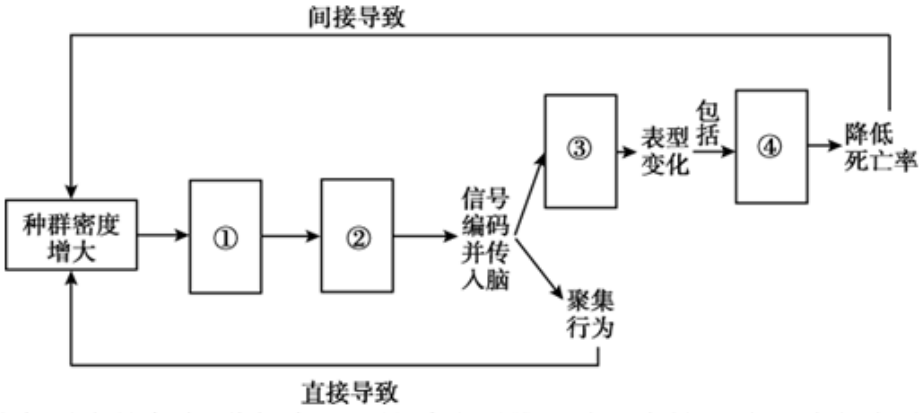
东亚飞蝗还会“变身”。自然状态下它们为散居状态、通体绿色，某些因素的诱导使它们转变为群居状态，体色以黑色为主，这一过程称为“型变”。我国科学家鉴定到一种由群居型蝗虫特异性释放的物质——4VA，该物质释放量低但生物活性高，被定义为飞蝗的聚集信息素。飞蝗能通过锥形感受器中的嗅觉受体 OR35 特异性结合 4VA，并将这一化学信号编码后传入到脑中形成聚集行为的指令，同时，特定区域的脑组织细胞在接收到 4VA 的信号后，某些基因转录成的 RNA 就会发生特定位点的甲基化修饰，从而引起飞蝗在表型上的一系列变化。例如：群居型蝗虫会高表达 β 胡萝卜素结合蛋白，该物质与 β 胡萝卜素结合呈现红色，大量的红色物质与原本的绿色体色叠加导致黑色体色的形成，这种体色显然属于警戒色；群居型飞蝗还会释放苯乙腈作为嗅觉警告信号以驱赶天敌大山雀，若大山雀强行攻击，飞蝗立即将苯乙腈转化为剧毒氢氰酸进行防御；此外，群居型飞蝗飞行的“燃料”也由糖类向单位能量更高的脂肪转变，这使其能够远距离迁移以获取更充足的食物资源。总之，4VA 是蝗虫聚集成灾的“祸首”，同时其释放量又能随飞蝗种群密度的增加而增加。

蝗灾爆发会严重影响农业生产，对东亚飞蝗遗传特性的研究为科学防治蝗灾提供了重要的理论基础。

（1）东亚飞蝗属于生态系统成分中的_____，直接决定其种群密度的数量特征包括出生率和死亡率以及_____。

（2）请在下图的“①~④”中补充相应文字，对“4VA 是蝗虫聚集成灾的祸首”这一说法做出合理解释

①_____；②_____；③_____；④_____。



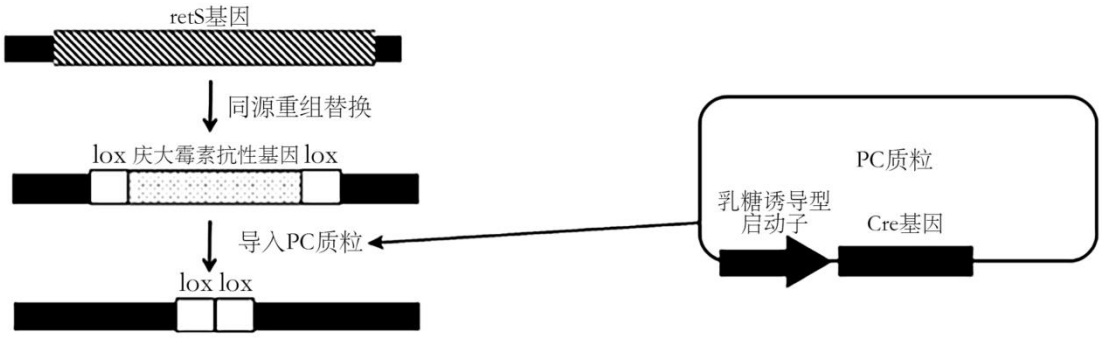
（3）从进化与适应的角度，分析东亚飞蝗采取孤雌生殖和有性生殖两种方式对于种群延续和进化的意义_____。

（4）4VA 和 OR35 的发现为“绿色控蝗”提供了更多可能性。请你结合文中信息，提出一条设想，以达到

“蝗灾要除，蝗虫要留”的目的_____。

17. 从植物根系中分离出的 C 菌可抑制多种土壤传播的植物病原菌。科研人员利用基因工程改造 C 菌，使其抑菌能力增强的同时具备生物固氮能力。

（1）C 菌的抗生素合成受 RetS 蛋白抑制，图 1 示敲除 C 菌中 retS 基因的过程。



注：Cre酶可特异性识别lox序列并敲除目标基因

图1

①研究人员将整合了 lox 序列的庆大霉素抗性基因导入 C 菌，使用添加_____的培养基可初步筛选出导入成功的 C 菌。

②lox-庆大霉素抗性基因通过同源重组的方式整合到 C 菌基因组中，若要通过 PCR 技术证明 C 菌基因组中 retS 基因已被 lox-庆大霉素抗性基因替换，图 2 中应选择的正确引物组合是_____。

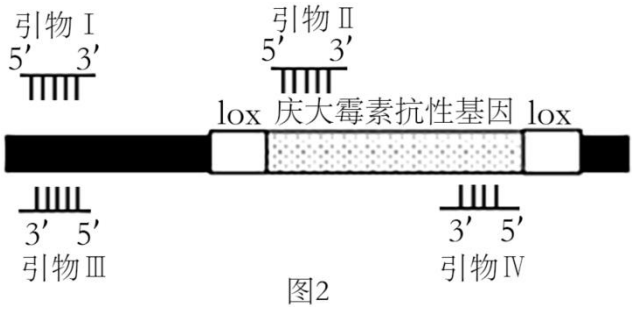


图2

A．Ⅰ和Ⅱ　　B．Ⅱ和Ⅲ　　C．Ⅰ和Ⅳ　　D．Ⅱ和Ⅳ

③给 C 菌导入 PC 质粒，并将其置于添加_____的培养基中，获得敲除 retS 基因且无庆大霉素抗性基因标记的 C^r 菌。

（2）为获得具有固氮能力的 C^{rN} 菌，科研人员提取固氮菌 M 体内的固氮酶基因导入 C^r 菌。

①需依据固氮酶基因序列设计引物，扩增待检验菌和_____的基因组 DNA，对比电泳结果，筛选转化成功的 C^{rN} 菌。

②将 C 菌、固氮菌 M 以及转化成功的 C^{rN} 菌同时接种在长满枯草芽孢杆菌菌落的培养基上，测量抑菌圈直径，并检测三者的固氮酶活性，分别是为了评估 C^{rN} 菌的_____。

（3）为进一步评估 C^{rN} 菌对拟南芥生长的影响，科研人员在_____（施加/不施加）氮肥的条件下种植拟南芥，并对其根部进行接种实验，结果如图 3，其中对照组 1 和对照组 2 的接种物分别是_____。

（4）以上获得的 C^{rN} 菌并不能盲目推广应用于农业生产，试举一例说明 C^{rN} 菌的盲目释放可能带来的生态安全问题_____。

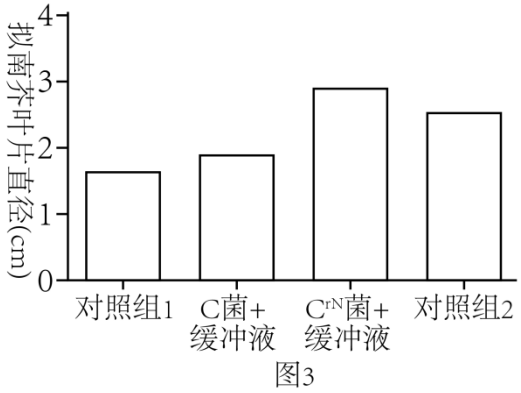


图3

18. 植物根系穿过充满空气的土壤气孔时，瞬时缺水会抑制侧根生长，再次遇到湿润土壤时恢复侧根生长的现象称为“干分支”，这使植物能最大限度利用分布不均的土壤水源。为探究其机制，科研人员以拟南芥为材料开展实验。

（1）植物激素作为_____分子，可由产生部位运送到作用部位，是能对植物生长发育有显著影响的_____有机物。

（2）科研人员用两层琼脂之间的间隙模拟土壤气孔，对拟南芥根尖施加“干分支”刺激，观察野生型（WT）和 ABA 基因缺失突变体的侧根生长情况，并检测 WT 根尖表层细胞中 ABA 的含量变化，结果分别如图 1、图 2 所示。

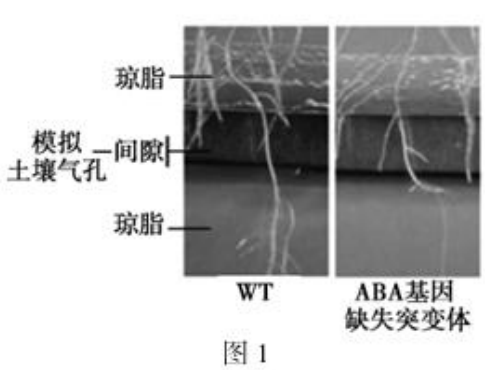


图 1

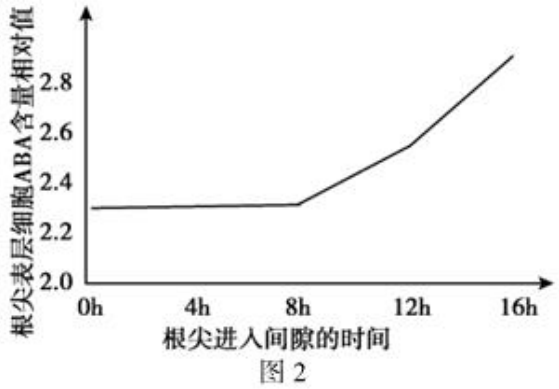


图 2

①由图 1 可知，ABA 在“干分支”反应中_____侧根的生长。

②正常情况下，根尖的水分由表层流向内层细胞，但环境缺水会引起内层韧皮部细胞的水分向表层流动，约 8h 到达表层细胞。图 2 结果显示_____，可推测产生于韧皮部的 ABA 也伴随水分向表层细胞移动。

（3）生长素是调控侧根发育的重要激素，膜上的生长素输出载体 PIN 和输入载体 AUX 的空间分布决定其运输方向（图 3）。

通常生长素的运输方向为“表层细胞→内层细胞（侧根发生部位）”，但当根尖进入土壤气孔后，检测到表层细胞中生长素含量显著增加，且并未显示有新的生长素合成，根据这一结果结合图 3 提出两种可能的假设：

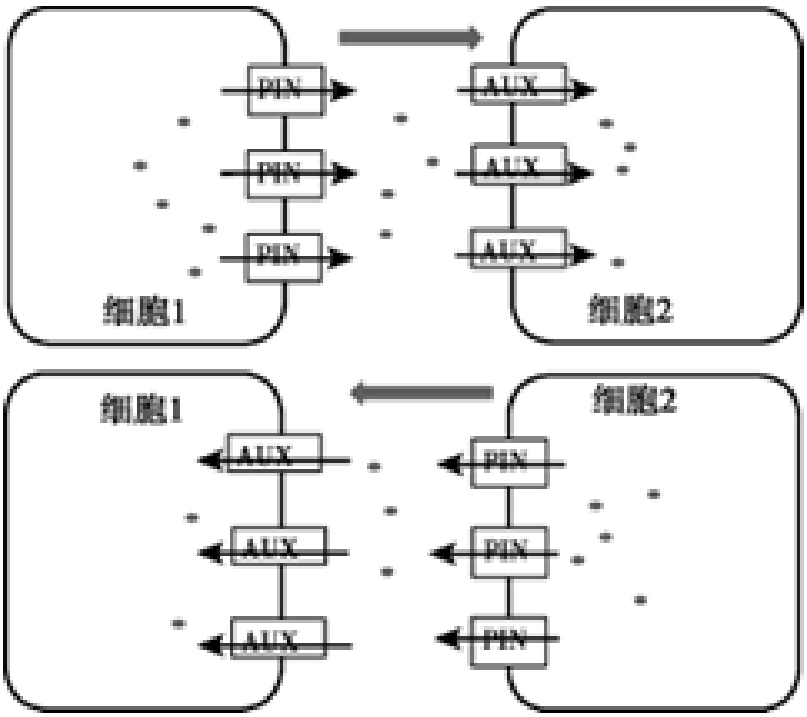


图 3

假设 1：由于_____；

假设 2：由于 PIN 和 AUX 的数量或结构改变，抑制生长素“表层细胞→内层细胞”的运输。若要验证上述假说，需进一步检测根尖表层细胞膜上_____是否发生变化。

（4）后续研究中证实生长素在表层和内层细胞间的运输并非由 PIN 和 AUX 介导，而是通过胞间连丝（PD）实现。科研人员对 WT 拟南芥根尖施加“干分支”刺激，检测到其 PD 关闭且无侧根生长，敲除 ABA 基因后结果相反，推测“干分支”刺激下，ABA 通过促进 PD 关闭来影响侧根生长。欲为此推测提供证据，需对_____（填数字）的根尖施加“干分支”刺激，并检测 PD 的开闭和侧根生长情况。

①PD 疏通剂+WT　　②PD 疏通剂+ABA 基因缺失突变体

③PD 阻断剂+WT　　④PD 阻断剂+ABA 基因缺失突变体

（5）综合上述研究成果，请在答题纸的空白方框中填写“生长素含量高/低”或“ABA 含量高/低”，并在胞间连丝处用“←”或“→”表示 ABA 和水流的方向，以完善植物根系“干分支”反应的调控模型_____。

19. 光照过强会抑制植物的光合作用，科研人员以拟南芥为材料探究强光下植物的自我保护机制。

（1）光反应主要发生在叶绿体的_____上，其上分布有光反应的单位——光系统Ⅱ（PsⅡ），在此处水光解后产生_____。D1 蛋白可与叶绿素分子结合形成 PSⅡ的核心结构，但 D1 极易受到光损伤。

（2）CLH 基因编码降解叶绿素的 C 酶，科研人员利用强光照射野生型拟南芥（WT）和 CLH 基因缺失突变体（clh）的幼叶，并统计幼叶存活率，结果见表。由表可知 C 酶可_____幼叶存活率。

光照时间/h	0	24	48	72	96

存活率/% 叶片种类					
WT 幼叶	100	100	85	48	0
clh 幼叶	100	88	60	22	0

（3）检测强光处理不同时长下 WT 和 clh 突变体叶片的光合速率（图 1），说明 C 酶的作用在强光条件下被激活，并且主要在幼叶中发挥作用，得出这一推论的依据是存活率_____。进一步检测显示 CLH 基因在幼叶中高表达，为上述推论补充了证据。

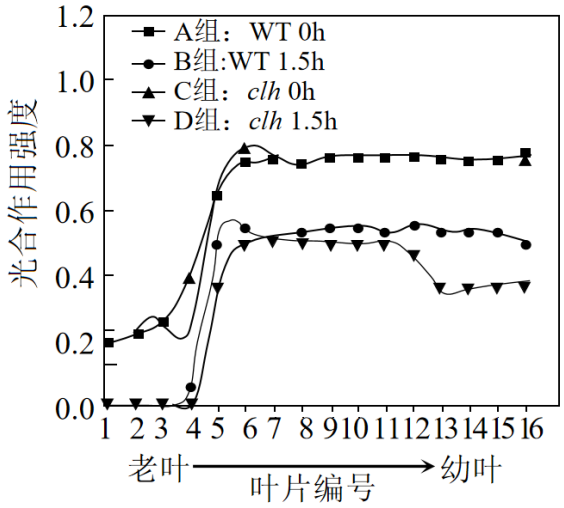


图 1

（4）高等植物的叶绿体存在 PSⅡ修复循环途径，该途径首先降解受损的 D1，再以新合成的 D1 替代原有 D1，从而恢复 PSⅡI 的活性。

①测定强光处理前后 WT 和 clh 突变体幼叶中 D1 蛋白的含量，发现相比野生型，clh 突变体幼叶的 D1 含量明显升高。这一结果不能充分说明 C 酶参与了 D1 蛋白的降解，请说明理由_____。

②FH 酶是直接降解 D1 的酶，fh 突变体中该酶活性降低。后续实验证明，强光处理时，C 酶通过降解结合在 D1 上的叶绿素，促进 FH 酶对 D1 的降解，进而加速 PSII 的修复循环。若对以下各植株进行强光处理，并以幼叶白化面积反映 PSⅡ的损伤程度，请将以下各植株幼叶白化面积由小到大依次排序_____（填选项）

A. 野生型　　B. fh 突变体

C. 超表达 CLH 的 fh 突变体　　D. fh 和 clh 双突变体

（5）结合上述系列研究，阐明强光下植物体中幼叶的光保护机制_____。

20. 纹枯病是危害水稻的主要病害之一，对我国粮食安全构成严重威胁。探究植物抵御病原体感染的机制对促进作物安全生产至关重要。

（1）科研人员发现水稻突变体 M 对纹枯病具有极高抗性。将 M 与野生型杂交获得 F_1，F_1 自交后代中抗病植株约占 1/4，说明 M 的抗病性状受_____性基因控制，遵循_____定律。

（2）将 M 与某粒稻品系杂交，获得 F_1 及 F_1 自交系 F_2。依据 6、7 号染色体的分子标记（特异性 DNA 序

列）设计引物，对亲本、F_1和F_2中抗病植株的基因组进行 PCR，电泳结果如图 1。

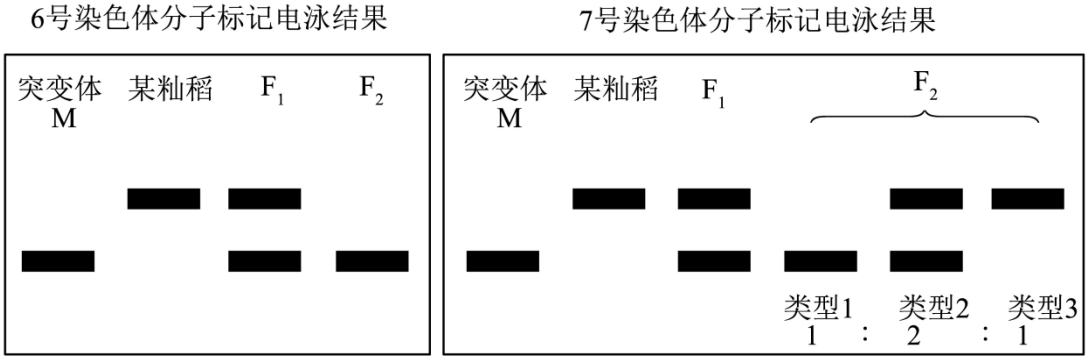


图1

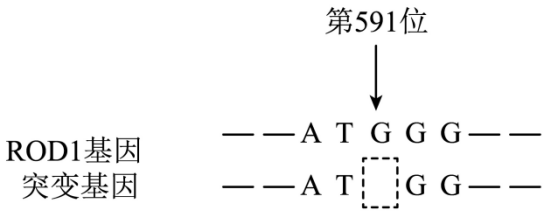


图2

据图 1 分析，可将突变基因定位于 6 号染色体上，理由是_____。

（3）在野生型体内筛选到突变基因的等位基因 ROD1，其控制合成的 ROD1 蛋白可抑制植物的免疫功能。将突变基因与 ROD1 基因进行序列对比（图 2），基于基因、蛋白质和性状的关系分析突变体 M 抗病性增强的原因_____。

（4）H_2O_2含量与抗病性成正相关，CatB 是降解 H_2O_2的酶，推测 ROD1 蛋白可能通过与 CatB 结合发挥作用。为验证上述推测，科研人员给烟草叶片的不同区域转入不同基因，一段时间后检测各区域荧光反应，检测原理和结果分别如图 3、4 所示。

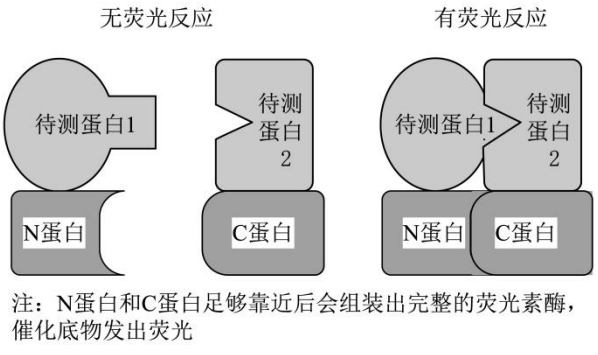


图3

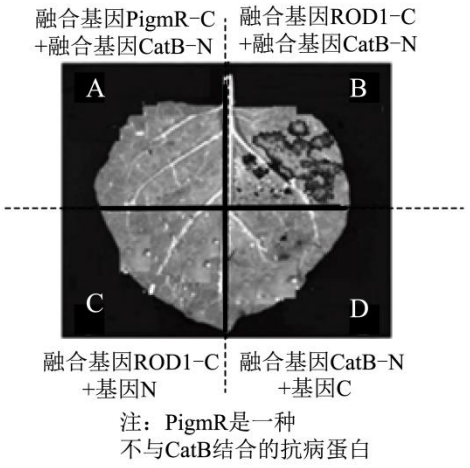


图4

①图 4 中仅 B 区检测到明显荧光说明_____，为排除 N 蛋白与 C 蛋白自发组装产生荧光反应而设置的对照组为_____区（填字母）。

②已证实 H_2O_2 等过氧化物的大量积累会损伤细胞结构，对比突变体 M 与野生型在非疫区的生长发育状况，结果应为_____。

（5）科研人员又筛选到一种 RIP1 蛋白，它可介导 ROD1 蛋白的降解，且其表达可被病原体感染所诱导。结合本题研究尝试解释野生型水稻未感染和感染病原体这两种不同情况下，如何平衡抗病能力与生长发育的关系_____。

21. 恶性肿瘤往往先向淋巴结初始转移形成淋巴结转移瘤，再经淋巴结实现远端转移。科学家开展实验探索肿瘤初始转移　机制以及淋巴结转移对远端转移的影响。

（1）正常情况下，原位瘤细胞转移至淋巴结会激活 NK 细胞和细胞毒性 T 细胞，前者非特异性杀伤瘤细胞，后者则在辅助 T 细胞分泌的_____的作用下，经_____过程产生新的细胞毒性 T 细胞裂解瘤细胞。

（2）将原位瘤细胞 FO 和淋巴结转移的瘤细胞 LN6 等量接种于同一健康小鼠体内进行研究，过程如图 1。

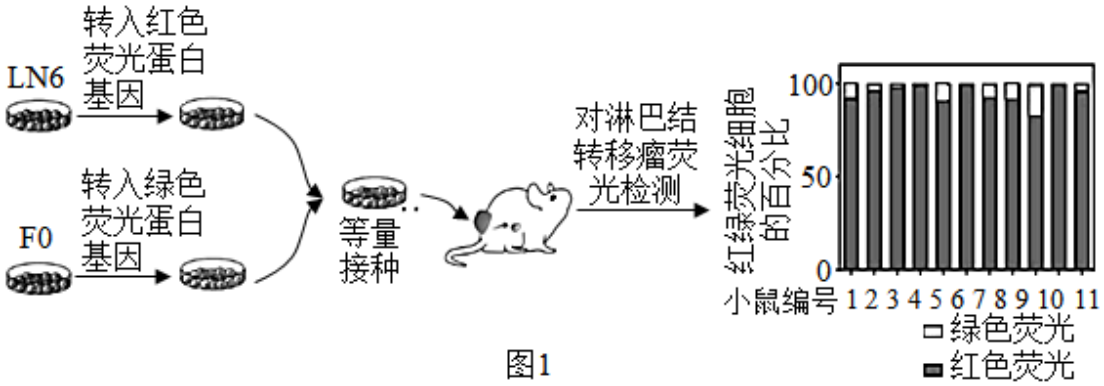


图1

①已知 FO 和 LN6 的增殖能力无显著差异，图 1 结果说明_____向淋巴结转移的能力更强。

②为排除红绿荧光蛋白可能存在的检测差异干扰实验结果，需增设一组实验，大致思路为_____。

（3）为探究原位瘤细胞初始转移的机制，科研人员又开展了如下实验：

①将 FO 中编码 MHC-1 分子关键蛋白的基因敲除，再将其接种于小鼠体内，发现其向淋巴结转移的能力降低，但去除该小鼠的 NK 细胞后其转移能力恢复。说明 NK 细胞通过识别_____（高表达/低表达）的 MHC-1 杀伤瘤细胞。

②PD-L1 可与 T 细胞表面的特定蛋白结合，抑制其杀伤作用。进一步研究表明原位瘤细胞通过调节 MHC-1 分子和 PD-L1 的表达量，抑制 NK 和 T 细胞的杀伤作用，以增强转移能力。请在答题纸表格中填写“高”或“低”，将支持上述结论的实验结果补充完整_____。

（4）细胞因子 TCF-β 能促进调节性 T 细胞的增殖，从而加强后者对辅助 T 细胞的抑制作用。科研人员将 FO 和 LN6 接种在野生型小鼠体内，检测该小鼠血清中的 TGF-β 浓度和瘤细胞远端转移率（图 2）；又将不同类型的瘤细胞混合 DT 毒素（可清除调节性 T 细胞）接种于小鼠体内，检测瘤细胞的远端转移率（图 3）。

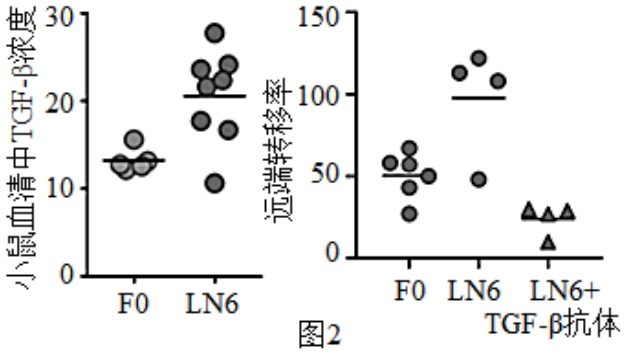


图2

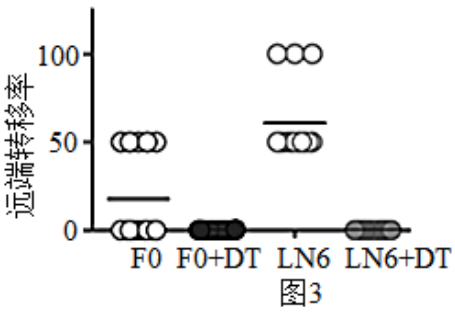


图3

综合上述相关信息和免疫学相关知识可知，淋巴结转移可_____（促进/抑制）远端转移，其可能的机制是_____。

参考答案

1. 【答案】D

【解析】

【分析】化合物的元素组成：（1）蛋白质的组成元素有 C、H、O、N 元素构成，有些还含有 S 等；（2）核酸的组成元素为 C、H、O、N、P；（3）脂质的组成元素有 C、H、O，有些还含有 N、P；（4）糖类的组成元素为 C、H、O。

【详解】A、核糖体主要包括 RNA 和蛋白质，其中 RNA 的元素组成有 C、H、O、N、P，故能检测到放射性，A 正确；

B、细胞膜的基本支架是磷脂双分子层，磷脂的元素组成有 C、H、O、N、P，故能检测到放射性，B 正确；

C、染色体的主要成分是 DNA 和蛋白质，其中 DNA 的元素组成有 C、H、O、N、P，故能检测到放射性，C 正确；

D、细胞骨架的主要成分是蛋白质纤维，不含 P 元素，故一段时间后不会检测到明显放射性，D 错误。

故选 D。

2. 【答案】A

【解析】

【分析】由图可知，大分子物质可与核输入受体（或核输出受体）结合，通过核孔中的中央栓蛋白大分子物质入核（或出核），从而实现定向转运。

【详解】A、核孔实现了细胞核与细胞质间的物质交换和信息交流，A 错误；

B、由图可知，大分子物质可与核输入受体（或核输出受体）结合，通过核孔中的中央栓蛋白大分子物质入核（或出核），故核孔控制物质的进出具有一定的选择性，B 正确；

C、在细胞核中转录形成的 mRNA 与相应的核输出受体识别、结合后才能出核，若其核输出受体空间结构的改变可能影响 mRNA 出核，C 正确；

D、由图可知，核输入受体完成物质入核后，其又通过核孔返回细胞质，继续完成物质的入核转运，即避免了物质和能量的浪费，D 正确。

故选 A。

3. 【答案】C

【解析】

【分析】细胞呼吸分为有氧呼吸和无氧呼吸，氧气充足的条件下细胞进行有氧呼吸，吸收氧气释放二氧化碳，在氧气不足时细胞进行无氧呼吸，无氧呼吸不吸收氧气，石榴果实无氧呼吸的产物是酒精和二氧化碳。由于细胞呼吸是酶促反应，酶的活性受温度的影响，因此细胞呼吸也受温度影响。

【详解】A、据曲线图分析，0~60h 间，包装中 O_2 含量减少趋势较小，CO_2 含量增加趋势较大，说明有氧呼吸速率在减弱，无氧呼吸速率逐渐加快，A 错误；

B、两条曲线的交点表示包装中 O_2 和 CO_2 含量相等，由于 O_2 含量是逐渐减少，CO_2 含量是逐渐增加的，温度降低至 4℃，酶活性减弱，呼吸强度减弱，则两曲线交点将右移，B 错误；

C、随呼吸进行，释放热量增加，代谢产生水，滋生微生物。70h 后呼吸速率突然上升可能与微生物的代谢有关，C 正确；

D、实验测得的 CO_2 含量为包装中原本所含 CO_2 含量和细胞呼吸的释放量之和，D 错误。

故选 C。

4. 【答案】B

【解析】

【分析】有丝分裂过程：（1）间期：进行 DNA 的复制和有关蛋白质的合成；（2）前期：核膜、核仁逐渐解体消失，出现纺锤体和染色体；（3）中期：染色体形态固定、数目清晰；（4）后期：着丝点分裂，姐妹染色单体分开成为染色体，并均匀地移向两极；（5）末期：核膜、核仁重建、纺锤体和染色体消失。

【详解】A、在有丝分裂和减数第一次分裂前的间期，都可发生 DNA 分子复制和有关蛋白质的合成，A 正确；

B、非同源染色体自由组合只发生在减数分裂过程中，B 错误；

C、 有丝分裂后期和减数第二次分裂后期，着丝粒（着丝点）分裂，姐妹染色单体彼此分离，C 正确；

D、有丝分裂和减数分裂过程中都有核膜与核仁的消失与重新出现，D 正确。

故选 B。

5. 【答案】C

【解析】

【分析】F_1 杂交后 F_2 得比例接近于 9：3：3：1，说明线虫的形态和运动受两对基因控制，且两对基因位于两对染色体上，符合自由组合定律。

【详解】A、I型线虫的体型粗短且运动不协调，F_1 野生型自交后代出现比例接近于 9：3：3：1，其中野生型占 9/16 为双显性，说明I型线虫的体型粗短且运动不协调均为隐性性状，A 正确；

B、F_1 野生型自交后代出现比例接近于 9：3：3：1，控制体型和运动协调性的基因位于非同源染色体上，符合自由组合定律，B 正确；

C、自由组合发生在减数分裂过程中，受精过程中发生的是配子的随机结合，C 错误；

D、若 F_1 与I型亲本回交，即是双杂合子和隐性纯合子的测交，后代可能出现 4 种表型且比例均等，D 正确。

故选 C。

6. 【答案】D

【解析】

【分析】II3 和II4 正常，生出了III9 说明该病 隐性病，因II4 不携带致病基因，说明该病是伴 X 染色体隐性病。

【详解】A、由II6 和II7 生出了III10 或II3 和II4 生出了III9 说明该病是隐性病，因II4 和II6 不携带致病基因，说明该病是伴 X 染色体隐性病，A 错误；

B、MD 表现为毛发卷曲易断、长骨和颅骨发育异常，可初步诊断，基因检测是产前诊断中比较重要的诊断遗传病方法，B 错误；

C、III8 的基因型是 1/2 的 X^AX^A 或 1/2 的 X^AX^a，和正常男性 X^AY 婚配，后代患病概率为 1/4×1/2=1/8，C 错误；

D、MD 是伴 X 染色体隐性遗传，男患者多于女患者，家系中一般不会出现女患者，D 正确。

故选 D。

7. 【答案】C

【解析】

【分析】利用化石可以确定地球上曾经生活过的生物的种类及其形态、结构、行为等特征。例如，从动物的牙齿化石推测它们的饮食情况，从动物的骨骼化石推测其体型大小和运动方式；从植物化石推测它们的形态、结构和分类地位等等。因此，化石是研究生物进化最直接、最重要的证据。

【详解】A、利用化石可以确定地球上曾经生活过的生物的种类及其形态、结构、行为等特征，化石是研究生物进化最直接、最重要的证据，A 正确；

B、扇状尾羽适于快速飞行，有助于雅尾鹩鹛躲避敌害，B 正确；

C、隐身于茂密丛林中的雄鸟靠“抢眼”的长尾羽吸引雌性，长尾羽性状得以保留与雌鸟的选择偏好有关，C 错误；

D、隐身于茂密丛林中的雄鸟靠“抢眼”的长尾羽吸引雌性，栖息于开阔湖边的原始鸟类若有长尾羽易被天敌发现，故少见长尾羽，D 正确。

故选 C。

8. 【答案】B

【解析】

【分析】人体内某些激素可通过下丘脑-垂体-腺体轴进行调节，在该调节过程中，下丘脑分泌促激素释放激素作用于垂体，促进垂体分泌促激素作用于相关腺体，如甲状腺激素、性激素和肾上腺皮质激素的调节都包含该过程，该过程即体现了激素分级调节的特点也体现了反馈调节的特点。

【详解】A、抗利尿激素是下丘脑合成后储存在垂体，由垂体释放，可促进肾小管和集合管对水分的重吸收，A 错误；

B、醛固酮是肾上腺皮质分泌的盐皮质激素，可促进肾小管和集合管重吸收 Na^+，调节水盐的平衡，B 正确；

C、促甲状腺激素是垂体分泌的，可作用于甲状腺，促进甲状腺的生长发育，促进甲状腺激素的合成和分泌，C 错误；

D、胰高血糖素是胰岛 A 细胞分泌的，具有升高血糖的作用，主要作用于肝脏促进肝糖原的分解，D 错误。

故选 B。

9. 【答案】D

【解析】

【分析】分析图解可知，光暗信号调节的反射弧中，效应器是传出神经末梢及其支配的松果体，图中去甲肾上腺激素是由传出神经的突触前膜释放的，即释放的过程中伴随着电信号到化学信号的转变。

【详解】A、高原鼠兔在短日照下，最终性激素分泌减少，因此属于长日照繁殖的动物，A 错误；

B、短日照调节褪黑素释放的反射弧中，效应器是松果体细胞，B 错误；

C、去甲肾上腺素与受体的结合引起化学信号到电信号的转变，C 错误；

D、由图可知，日照时长对高原鼠兔性激素分泌的调节属于神经-体液调节，D 正确。

故选 D。

10. 【答案】C

【解析】

【分析】保护生物多样性只是反对盲目地、掠夺式开发利用大自然，并不意味着禁止开发和利用。例如，保护海洋生态系统并不是完全禁渔；相反，适时地、有计划地捕捞成鱼，不仅能获得渔业产品和经济效益，也有利于幼鱼的生长发育，从而有利于保护海洋生态系统。这正是“合理利用就是最好的保护”的科学道理。

【详解】A、在生物圈内物质可以循环利用，物质能从森林流向海洋，也能从海洋流向森林，A 错误；

B、微生物降解鲑鱼残骸滋养植物，植物利用的是无机物，分解者的能量并没有流向生产者，B 错误；

C、棕熊猎杀洄鲑鱼并带至林地食用，鲑鱼残骸被鸟，昆虫等分食，最后由微生物降解，产生的 N、P 滋养植物并汇入海洋，故大量猎杀棕熊可能会影响河岸和森林生态系统中植物的生长，C 正确；

D、对于野生生物要合理开发和利用，不能大规模捕捞，D 错误。

故选 C。

11. 【答案】A

【解析】

【分析】防止杂菌污染，获得纯净的微生物培养物是研究和应用微生物的前提，也是发酵工程的重要基础。在实验室培养微生物，一方面要为人们需要的微生物提供合适的营养和环境条件；另一方面要确保其他微生物无法混入，并将需要的微生物分离出来。培养基配制过程不需要进行无菌操作，配制好的培养基需要进行灭菌，后续需要无菌操作。

【详解】A、称量、溶化是进行配置培养基的过程，培养基配制后需要灭菌，称量和溶化不需要无菌操作，倒平板过程需要进行无菌操作，A 错误；

B、可用稀释涂布平板法进行接种，吸取适当稀释度的菌悬液滴在平板上并涂布均匀，B 正确；

C、可分别将浸于大蒜汁和无菌水的滤纸片贴在平板不同位置，加入大蒜汁的是实验组，无菌水作为对照组，C 正确；

D、平板冷凝后，皿盖上会凝结水珠，凝固后的培养基表面的湿度也比较高，将平板倒置，既可以使培养基表面的水分更好地挥发，又可以防止皿盖上的水珠落入培养基，造成污染，D 正确。

故选 A。

12. 【答案】C

【解析】

【分析】植物细胞工程技术包括植物组织培养技术和植物体细胞杂交技术，动物细胞工程技术包括动物细胞培养技术、动物细胞融合技术、核移植技术等。

【详解】A、制备抗新冠病毒 N 蛋白的单克隆抗体需要用到动物细胞融合技术和动物细胞培养技术，A 不符合题意；

B、通过体细胞核移植技术培育高产奶牛需要用到动物细胞培养技术和核移植技术，B 不符合题意；

C、利用杂交技术培育出优良杂种水稻的过程，属于杂交育种，不需要用到细胞工程技术，C 符合题意；

D、将玉米与水稻体细胞进行杂交培育“黄金大米”植株需要用到植物体细胞杂交技术和组织培养技术，D 不符合题意。

故选 C。

13. 【答案】B

【解析】

【分析】斐林试剂可用于检测还原糖，检测的原理是斐林试剂中溶解状态的氢氧化铜可以和还原糖发生反应，在水浴加热的条件下生成砖红色的氧化亚铜沉淀，故使用时斐林试剂需要将甲液和乙液混合使用，且需要现配现用。

【详解】A、检测生物组织中的还原糖，需要使用斐林试剂，斐林试剂需要现配现用，将甲液和乙液混合均匀后使用，且需要水浴加热，A 错误；

B、观察根尖细胞有丝分裂，解离后的根尖先漂洗洗掉解离液后再用甲紫进行染色，解离液可能影响染色，B 正确；

C、观察洋葱外表皮细胞质壁分离，直接在载物台上更换溶液，不需要将装片从载物台上取下，C 错误；

D、样方法调查某地植物物种丰富度，需将各样方植物种类的数值相加，而不是取平均值，调查种群密度时需要取平均值，D 错误。

故选 B。

14. 【答案】D

【解析】

【分析】由表格可知，香烟烟雾提取物注射量越高，精原细胞染色体畸变率越高，精子畸形率越高，睾丸组织中 SOD 酶活力越高，睾丸组织 MDA 含量越高。

【详解】A、由表格可知，香烟烟雾提取物注射量越高，精原细胞染色体畸变率越高，精子畸形率越高，所以精原细胞染色体畸变可能是造成精子畸形的原因之一，A 正确；

B、由表格可知，香烟烟雾提取物注射量越高，睾丸组织中 SOD 酶活力越高，所以机体可能通过提高 SOD 酶活力对香烟烟雾提取物产生防御，B 正确；

C、由题干可知，MDA 可引起染色体畸变，SOD 酶可减少 MDA 合成所以，睾丸组织中 SOD 酶活力越高，但睾丸组织中 MDA 含量也越高。所以 MDA 含量的增高说明 SOD 酶对机体的保护作用有限，C 正确；

D、吸烟对亲代细胞染色体的损伤如果发生在生殖细胞中，可遗传给后代，D 错误。

15. 【答案】B

【解析】

【分析】保护生物多样性最为有效的措施是建立自然保护区，建立自然保护区是指把包含保护对象在内的

一定面积的陆地或水体划分出来，进行保护和管理，又叫就地保护。

【详解】A、严禁猎采和贩卖珍稀濒危的动植物资源，体现了尊重其他生物生存和发展的权力，A 正确；

B、鼓励人们进入保护区，给鸟类建巢、喂食，会干扰生物的正常生存，B 错误；

C、白头叶猴是我国特有的濒危灵长类动物，是我国一级保护动物，为保护白头叶猴，最为有效的措施是建立自然保护区，实行就地保护，C 正确；

D、在青藏铁路的路基上修建动物行走的涵洞，可降低对野生动物生活的干扰、尽量保护当地的原生态环境，保持物种多样性，D 正确。

故选 B。

16. 【答案】（1） ①. 消费者 ②. 迁入率和迁出率

（2） ①. 释放 4VA ②. 4VA 与 OR35 结合 ③. RNA 发生甲基化修饰 ④. 形成警戒色、合成有毒物质、迁移能力增强

（3）在种群数量极低的情况下通过孤雌生殖的方式使种群数量在短时间内得以恢复，以保持种群的延续；通过有性生殖的方式实现基因重组，增加遗传多样性，在种群进化过程中为自然选择提供原材料。

（4）根据 4VA 的结构设计拮抗剂，寻找无生理功能的 4VA 的竞争性抑制物或能清除 4VA 或其作用的化合物等，阻止蝗虫的聚集；或使用基因编辑技术建立嗅觉受体 OR35 缺失的突变体，长期释放到野外，在重灾区建立起不能群居的蝗虫种群等。

【解析】

【分析】生态系统的结构包括生态系统的组成成分和营养结构；生态系统的组成成分包括生产者、消费者、分解者和非生物的物质和能量；生态系统的营养结构指的时食物链和食物网。东亚飞蝗属于消费者，消费者的存在，能够加快生态系统的物质循环，消费者对于植物的传粉和种子的传播等具有重要作用。

【小问 1 详解】

东亚飞蝗主要危害禾本科作物的叶片和嫩茎，说明其是分解者；种群密度是种群数量最基本的特征，直接决定种群密度的数量特征包括出生率和死亡率以及迁入率和迁出率。

【小问 2 详解】

①4VA 释放量又能随飞蝗种群密度的增加而增加，当种群密度增大时释放 4VA，②4VA 与 OR35 结合，将这一化学信号编码后传入到脑中形成聚集行为的指令，导致③RNA 发生甲基化修饰，引起表现变化包括④形成警戒色、合成有毒物质、迁移能力增强。

【小问 3 详解】

有性生殖通过两性生殖细胞的结合可以增加多样性，故东亚飞蝗在种群数量极低的情况下通过孤雌生殖的方式使种群数量在短时间内得以恢复，以保持种群的延续；通过有性生殖的方式实现基因重组，增加遗传多样性，在种群进化过程中为自然选择提供原材料。

【小问 4 详解】

4VA 是蝗虫聚集成灾的“祸首”，同时其释放量又能随飞蝗种群密度的增加而增加，要达到“蝗灾要除，蝗虫要留”的目的，可根据 4VA 的结构设计拮抗剂，寻找无生理功能的 4VA 的竞争性抑制物或能清除 4VA 或其作用的化合物等，阻止蝗虫的聚集；或使用基因编辑技术建立嗅觉受体 OR35 缺失的突变体，长期释放到

野外，在重灾区建立起不能群居的蝗虫种群等。

17. 【答案】（1）　①. 庆大霉素　②. C　③. 乳糖

（2）　①. 固氮菌 M 和 C^r 菌（只答固氮菌 M 即可得分）　②. 抑菌能力和固氮酶基因的表达情况

（3）　①. 不施加　②. 缓冲液、固氮菌 M+缓冲液

（4）可能影响土壤微生物群落的组成和结构或造成基因污染等

【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。

【小问 1 详解】

①据图可知，庆大霉素抗性基因是重组质粒的标记基因，故使用添加庆大霉素的培养基可初步筛选出导入成功的 C 菌。

②PCR 扩增时，应选择一对方向相反的引物，且引物应与目的基因的 3'端结合，该过程的目的是通过 PCR 技术证明 C 菌基因组中 retS 基因已被 lox-庆大霉素抗性基因替换，即扩增基因应为 lox 基因，据图可知，应选择引物 I 和 IV，故选 C。

③据图可知，启动子是乳糖诱导型，故给 C 菌导入 PC 质粒，并将其置于添加乳糖的培养基中，获得敲除 retS 基因且无庆大霉素抗性基因标记的 Cr 菌。

【小问 2 详解】

①分析题意，实验目的是获得具有固氮能力的 C^{rN} 菌，需依据固氮酶基因序列设计引物，扩增待检验菌和固氮菌 M 和 C^r 菌的基因组 DNA，对比电泳结果，筛选转化成功的 C^{rN} 菌。

②抑菌圈直径能够反应抑菌能力，固氮酶活性可以反应固氮酶基因的表达情况。

【小问 3 详解】

分析题意可知，C^{rN} 菌具有固氮能力，故为进一步评估 C^{rN} 菌对拟南芥生长的影响，应在不施加氮肥的条件下种植拟南芥；实验设计应遵循对照与单一变量原则，结合实验结果可知，对照组 1 和对照组 2 的接种物分别是缓冲液、固氮菌 M+缓冲液。

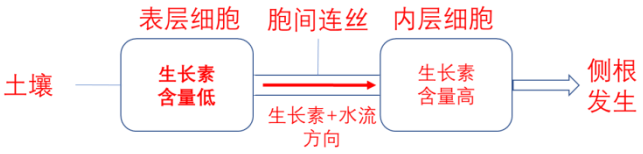
【小问 4 详解】

明 C^{rN} 菌的盲目释放可能影响土壤微生物群落的组成和结构或造成基因污染等。

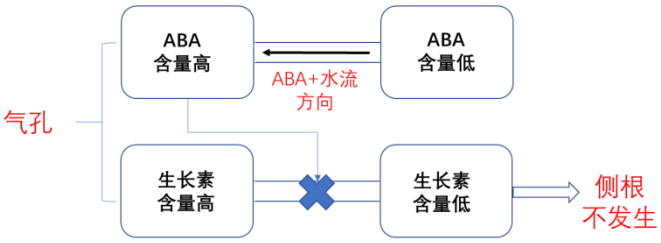
18. 【答案】（1）　① 信息　②. 微量（高效）

（2）　①. 抑制　②. 根尖进入间隙 8 小时后，表层细胞 ABA 含量迅速升高

（3）　①. PIN 和 AUX 空间分布的变化使生长素进行“内层细胞→表层细胞”的反向运输　②. PIN 和 AUX 的结构、数量和空间分布



（4）①④　　（5）



【解析】

【分析】植物激素是由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。植物激素作为信息分子，几乎参与调解植物生长发育过程的所有生命活动。

【小问 1 详解】

植物激素是由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。是细胞间进行信息传递的信号分子。

【小问 2 详解】

①由图 1 可知，在模拟土壤气孔区域，WT 组没有侧根生长，而 ABA 基因缺失突变体中存在侧根，WT 组存在 ABA，ABA 基因缺失突变体中不存在 ABA，因此说明 ABA 在“干分支”反应中抑制侧根的生长。

②根据图 2 可知，根尖进入间隙 8 小时后，表层细胞 ABA 含量迅速升高，可推测产生于韧皮部的 ABA 也伴随水分向表层细胞移动。

【小问 3 详解】

假设 1：根据题意，膜上的生长素输出载体 PIN 和输入载体 AUX 的空间分布决定其运输方向，通常生长素的运输方向为“表层细胞→内层细胞（侧根发生部位）”，但当根尖进入土壤气孔后，检测到表层细胞中生长素含量显著增加，且并未显示有新的生长素合成，可提出是 PIN 和 AUX 空间分布的变化使生长素进行“内层细胞→表层细胞”的反向运输的假设。

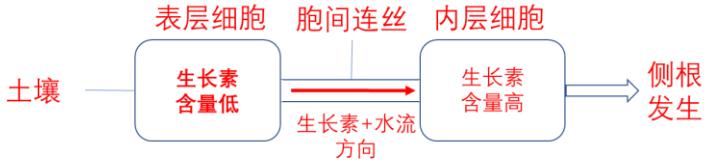
假设 2：若是由于 PIN 和 AUX 的数量或结构改变，抑制生长素“表层细胞→内层细胞”的运输。则需进一步检测根尖表层细胞膜上 PIN 和 AUX 的结构、数量和空间分布是否发生变化，以确定生长素的运输方向。

【小问 4 详解】

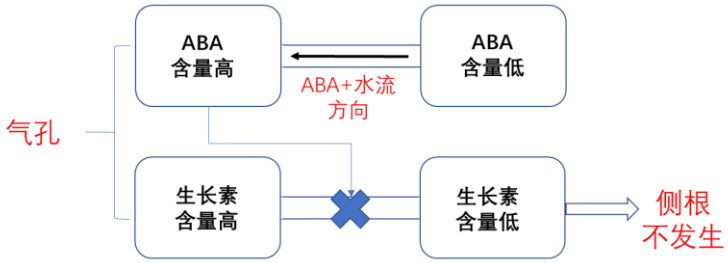
若要证明“干分支”刺激下，ABA 通过促进 PD 关闭来影响侧根生长，则应该设置“PD 疏通剂+WT”组的根尖施加“干分支”刺激与图 1 中 WT 组形成对照，同时设置“PD 阻断剂+ABA 基因缺失突变体”组的根尖施加“干分支”刺激与图 1 中 ABA 基因缺失突变体形成对照，若“PD 疏通剂+WT”组有侧根形成，而“PD 阻断剂+ABA 基因缺失突变体”组没有侧根形成，则为上述推测提供了证据。因此应选择①④。

【小问 5 详解】

正常情况下，表层细胞中生长素和水通过胞间连丝进入内层细胞，促进侧根发生；而存在土壤气孔时，内层细胞的生长素和水可通过胞间连丝运输到表层细胞，使侧根不发生。因此植物根系“干分支”反应的调控



模型为



。

19. 【答案】（1） ①. 类囊体膜 ②. O_2、H^+

（2）提高 （3）A、C 组光合强度无显著差异，但 D 组光合强度低于 B 组，且幼叶的差距比老叶更大。

（4） ①. 无法排除 C 酶抑制 D1 合成的可能 ②. A、C、B、D

（5）强光下幼叶中高表达 CLH 基因，合成大量 C 酶降解叶绿素；叶绿素的降解促进 FH 酶降解 D1，加速幼叶中 PS II 的修复，提高幼叶存活率。

【解析】

【分析】光合作用包括光反应和暗反应两个阶段，影响光合作用的外界因素主要有光照强度、二氧化碳浓度、温度等，影响光合作用的内部因素包括叶绿素含量、酶的含量及活性等。

【小问 1 详解】

叶绿体类囊体薄膜上分布有与光合色素，是进行光反应的场所，光合色素吸收的光能可以用于两个方面，一是将水光解产生 O^2、H^+，H^+与 $NADP^+$结合生成 NADPH；二是将 ADP 和 Pi 生成 ATP。

【小问 2 详解】

分析表格数据可知在相同时间内，CLH 基因缺失突变体（clh）的幼叶存活率低于对照组，说明 C 酶可以提高幼叶存活率，可能原因是 CLH 基因缺失，不能表达 C 酶，拟南芥的强光下自我保护能力下降，幼叶存活率下降。

【小问 3 详解】

分析图 1 曲线可知，该实验的自变量是有无 CLH 基因、叶片类型，图中结果显示 A、C 组光合作用强度基本相同，无显著差异，但 D 组光合作用强度低于 B 组，且幼叶的差距比老叶更大，说明强光下 C 酶的作用被激活，并且主要在幼叶中发挥作用。

【小问 4 详解】

①相比野生型，clh 突变体幼叶的 D1 含量明显升高，说明 C 酶与 D1 的含量有关，可能影响 D1 酶降解，也可能影响 D1 酶的合成，故这一结果不能充分说明 C 酶参与了 D1 蛋白的降解。

②fh 突变体缺乏 FH 酶，不能降解 D1，不能充分修复 PSII，强光处理时，C 酶通过降解结合在 D1 上的叶绿素，促进 FH 酶对 D1 的降解，加速 PSII 的修复循环。野生型、fh 突变体、超表达 CLH 的 fh 突变体、fh 和 clh 双突变体四种植株中，突变体的 C 酶、FH 正常表达，修复能力最强，白化面积最小；超表达 CLH 的 fh 突变体的 C 酶含量最高，但缺乏 FH 酶，对 D1 的降解不足，再其次为 fh 突变体，能合成与野

生型植株等量的 C 酶，但缺乏 FH 酶，不能降解 D1，最后为 fh 和 clh 双突变体，缺乏 C 酶和 FH 酶，对 PSII 系统的修复能力最弱，白化面积最大，故白化面积由小到大依次排序为 A、C、B、D。

【小问 5 详解】

结合上述分析，CLH 基因编码降解叶绿素的 C 酶，C 酶通过降解结合在 D1 上的叶绿素，促进 FH 酶对 D1 的降解，进而加速 PSII 的修复循环，可推测强光下幼叶中高表达 CLH 基因，合成大量 C 酶降解叶绿素；叶绿素的降解促进 FH 酶降解 D1，加速幼叶中 PSII的修复，提高自我保护能力，提高幼叶存活率。

20. 【答案】（1） ①. 隐 ②. 基因分离

（2）F_2 抗病植株的 6 号染色体分子标记扩增结果全部与突变体 M 一致；而 7 号染色体分子标记扩增结果中类型 1：类型 2：类型 3=1：2：1

（3）突变基因碱基 G 缺失，控制合成的 ROD1 蛋白空间结构改变，抑制免疫的功能降低（丧失），抗病性增强。

（4） ①. ROD1 能和 CatB 结合 ②. C、D ③. 突变体 M 生长状况比野生型差。

（5）未受感染时 RIP1 表达量低，ROD1 与 CatB 结合促进 H_2O_2 降解，避免其损伤细胞，植物生长发育正常；病原体感染时诱导 RIP1 表达，ROD1 降解使其不能与 CatB 结合，H_2O_2 积累提高抗病能力。

【解析】

【分析】基因的分离定律(1)发生时间：减数第一次分裂后期。 (2)描述对象：同源染色体上的等位基因。(3)实质：等位基因随同源染色体的分开而分离。基因控制性状的途径：（1）基因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。如豌豆的圆粒和皱粒、人类白化病。（2）基因可以通过控制蛋白质的结构直接控制生物性状。如人类囊性纤维病、镰状细胞贫血。

【小问 1 详解】

将 M 与野生型杂交获得 F_1，F_1 自交后代中抗病植株约占 1/4，说明 F_1 自交后代中野生型：抗病=3:1，所以 M 的抗病性状受隐性基因控制，遵循基因的分离定律。

【小问 2 详解】

据图 1 分析，F_2 抗病植株的 6 号染色体分子标记扩增结果全部与突变体 M 一致；而 7 号染色体分子标记扩增结果中类型 1：类型 2：类型 3=1：2：1，可将突变基因定位于 6 号染色体上。

【小问 3 详解】

在野生型体内筛选到突变基因的等位基因 ROD1，其控制合成的 ROD1 蛋白可抑制植物的免疫功能。从图 2 中可以看出突变基因缺失碱基 G，其控制合成的 ROD1 蛋白空间结构改变，抑制免疫的功能降低，抗病性增强。

【小问 4 详解】

N 蛋白和 C 蛋白足够靠近后会组装出完整的荧光素酶，催化底物发出荧光，B 区是融合基因 ROD1-C+融合基因 CatB-N，B 区检测到明显荧光说明 ROD1 能和 CatB 结合，从而使 N 蛋白和 C 蛋白足够靠近，催化底物发出荧光。

C 区是融合基因 ROD1-C+基因 N，D 区是融合基因 CatB-N+基因 C，C、D 区并未出现荧光，说明 N 蛋白与 C 蛋白不能自发组装，所以为排除 N 蛋白与 C 蛋白自发组装产生荧光反应而设置的对照组为 C、D

区。

根据 H_2O_2 含量与抗病性成正相关可知，突变体 M 中会积累大量的 H_2O_2，H_2O_2 等过氧化物的大量积累会损伤细胞结构，所以对比突变体 M 与野生型在非疫区的生长发育状况，结果应为突变体 M 生长状况比野生型差。

【小问 5 详解】

根据“H_2O_2 含量与抗病性成正相关，CatB 是降解 H_2O_2 的酶，推测 ROD1 蛋白可能通过与 CatB 结合发挥作用”、“RIP1 蛋白，它可介导 ROD1 蛋白的降解，且其表达可被病原体感染所诱导”分析可知，未受感染时 RIP1 表达量低，ROD1 与 CatB 结合促进 H_2O_2 降解，避免其损伤细胞，植物生长发育正常；病原体感染时诱导 RIP1 表达，ROD1 降解使其不能与 CatB 结合，H_2O_2 积累提高抗病能力。

21. 【答案】（1） ①. 细胞因子 ②. 分裂（增殖）分化

（2） ①. LN6 ②. 对 F0 转入红色荧光蛋白基因，对 LN6 转入绿色荧光蛋白基因，重复上述实验。

（3） ①. 低表达 ②.

肿瘤细胞的类型	MHC-1 分子表达量	PD-L1 分子表达量
来自于正常小鼠的淋巴结转移瘤	高	高
来自于 T 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤	高	低（给出）
来自于 T 和 NK 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤	低（给出）	低

（4） ①. 促进 ②. 原位瘤细胞发生淋巴结转移后诱导机体释放的 TGF-β 增多，TGF-β 促进调节性 T 细胞增殖，后者抑制辅助 T 细胞的功能，抑制机体的体液免疫和细胞免疫功能，从而促进瘤细胞的远端转移。【解析】

【分析】辅助 T 细胞能分泌细胞因子，加强免疫效应，辅助 T 细胞即能参加体液免疫和细胞免疫。

NK 细胞通过识别低表达的 MHC-1 杀伤瘤细胞，所以正常小鼠的淋巴结转移瘤 MHC-1 分子表达量高，从而抑制 NK 和 T 细胞的杀伤作用，PD-L1 可与 T 细胞表面的特定蛋白结合，抑制其杀伤作用。

图 2 可知：种 LN6 野生型小鼠体内小鼠血清中的 TGF-β 浓度和瘤细胞远端转移率高于接种 FO 野生型小鼠。

【小问 1 详解】

辅助 T 细胞能分泌细胞因子，加强免疫效应，细胞毒性 T 细胞在辅助 T 细胞分泌的细胞因子的作用下，经分裂（增殖）分化过程产生新的细胞毒性 T 细胞裂解瘤细胞。

【小问 2 详解】

由图 1 可知，每组小鼠的红色荧光细胞的百分比都比绿色荧光蛋白细胞的百分比高，FO 和 LN6 的增殖能力无显著差异，图 1 结果说明 LN6 向淋巴结转移的能力更强。为排除红绿荧光蛋白可能存在的检测差异干扰实验结果，需增设一组实验，大致思路为对 F0 转入红色荧光蛋白基因，对 LN6 转入绿色荧光蛋白基因，重复上述实验。

【小问 3 详解】

①FO 中编码 MHC-1 分子关键蛋白的基因敲除，MHC-1 分子关键蛋白减少，发现其向淋巴结转移的能力

降低，但去除该小鼠的 NK 细胞后其转移能力恢复。说明 NK 细胞通过识别低表达的 MHC-1 杀伤瘤细胞。

②NK 细胞通过识别低表达的 MHC-1 杀伤瘤细胞。所以来自于 T 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤和来自于正常小鼠的淋巴结转移瘤中 MHC-1 分子表达量高，从而抑制 NK 细胞的杀伤作用，PD-L1 可与 T 细胞表面的特定蛋白结合，抑制其杀伤作用，所以来自于 T 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤和来自于 T 和 NK 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤中 PD-L1 分子表达量，来自于正常小鼠的淋巴结转移瘤中 PD-L1 分子表达量高。表格如下：

肿瘤细胞类型	MHC-1 分子表达量	PD-L1 分子表达量
来自于正常小鼠和淋巴结转移瘤	高	高
来自于 T 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤	高	低（给出）
来自于 T 和 NK 细胞缺失小鼠的淋巴结转移瘤	低（给出）	低

【小问 4 详解】接种 LN6 野生型小鼠体内小鼠血清中的 TGF-β 浓度和瘤细胞远端转移率高于接种 FO 野生型小鼠，所以淋巴结转移可促进远端转移，其可能的机制是原位瘤细胞发生淋巴结转移后诱导机体释放的 TGF-β 增多，TGF-β 促进调节性 T 细胞增殖，后者抑制辅助 T 细胞的功能，抑制机体的体液免疫和细胞免疫功能，从而促进瘤细胞的远端转移