

2020 年北京市普通高中学业水平考试生物逐题解析

一、选择题（本部分共 15 小题，每小题 2 分，共 30 分。在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项）

1. 在口腔上皮细胞中，大量合成 ATP 的细胞器是

- A. 溶酶体 B. 线粒体 C. 内质网 D. 高尔基体

【答案】B

【解析】

线粒体中能进行有氧呼吸的第二、三阶段，释放大量能量，合成大量 ATP。

故选 B。

2. 蛋白质和 DNA 是两类重要的生物大分子，下列对两者共性的概括不正确的是

- A. 组成元素含有 C、H、O、N
B. 由相应的基本结构单位构成
C. 具有相同的空间结构
D. 体内合成时需要模板、能量和酶

【答案】C

【解析】

蛋白质的组成元素含有 C、H、O、N (S)，DNA 的组成元素含有 C、H、O、N、P，两者组成元素都含有 C、H、O、N，A 正确；蛋白质的基本组成单位是氨基酸，DNA 的基本组成单位是脱氧核糖核苷酸，两者都由相应的基本结构单位构成，B 正确；蛋白质具有多种多样的空间结构，DNA 只有双螺旋结构，两者空间结构不同，C 错误；蛋白质和 DNA 在体内合成时都需要模板、能量和酶，D 正确。

故选 C。

3. 丰富多彩的生物世界具有高度的统一性。以下对于原核细胞和真核细胞统一性的表述，不正确的是

A. 细胞膜的基本结构是脂双层

B. DNA是它们的遗传物质

C. 在核糖体上合成蛋白质

D. 通过有丝分裂进行细胞增殖

【答案】D

【解析】

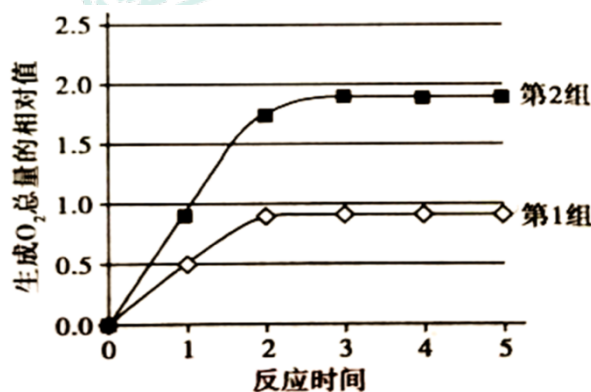
原核细胞和真核细胞的细胞膜的都由磷脂双分子层构成其基本骨架，A 正确；原核细胞和真核细胞的遗传物质都是 DNA，B 正确；原核细胞和真核细胞都有核糖体，核糖体是合成蛋白质的场所，C 正确；原核细胞主要通过二分裂进行增殖，而有丝分裂是真核细胞的增殖方式之一，D 错误。

故选 D。

4. 用新鲜制备的含过氧化氢酶的马铃薯悬液进行分解 H_2O_2 的实验，两组实验结果如图。

第1组曲线是在 $\text{pH}=7.0$ ， 20°C 条件下，向 $5\text{mL}1\%$ 的 H_2O_2 溶液中加入 0.5mL 酶悬液的结果。

与第1组相比，第2组实验只做了一个改变。第2组实验提高了



A. 悬液中酶的浓度

B. H_2O_2 溶液的浓度

C. 反应体系的温度

D. 反应体系的 pH

【答案】B

【解析】

提高悬液中酶的浓度、反应体系的温度、反应体系的 pH 只能提高化学反应速率，但不能改变化学反应本身，故无法提高产生 O_2 的总量，A、C、D 错误；而提高 H_2O_2 溶液的浓度，即提高了底物的浓度，产生 O_2 的总量可以提高，B 正确。

故选 B。

5. 为探究干旱对根尖细胞有丝分裂的影响，用聚乙二醇溶液模拟干旱条件，处理白刺花的根尖，制片（压片法）后用显微镜观察染色体变异（畸变）的情况，细胞图像如图。

相关叙述正确的是



断裂的
染色体片段

- A. 制片需经龙胆紫染色→漂洗→盐酸解离等步骤
- B. 直接使用高倍物镜寻找分生区细胞来观察染色体
- C. 染色体的形态表明该细胞正处于细胞分裂的间期
- D. 观察结果表明该细胞染色体发生了变异（畸变）

【答案】D

【解析】

观察根尖细胞有丝分裂的实验步骤包括：解离→漂洗→染色→制片→观察，A 错误；观察时应先在低倍物镜下寻找到分生区细胞再换高倍物镜，B 错误；由图中染色体的形态表明该细胞正处于细胞分裂的后期，C 错误；图中有染色体片段的断裂，表明该细胞染色体发生了变异（畸变），D 正确。

故选 D。

6. 甲型血友病（HA）是由位于 X 染色体上的 A 基因突变为 a 所致。下列关于 HA 的叙述不正确的是

- A. HA 是一种伴性遗传病
- B. HA 患者中男性多于女性
- C. $X^A X^a$ 个体不是 HA 患者
- D. 男患者的女儿一定患 HA

【答案】D

【解析】

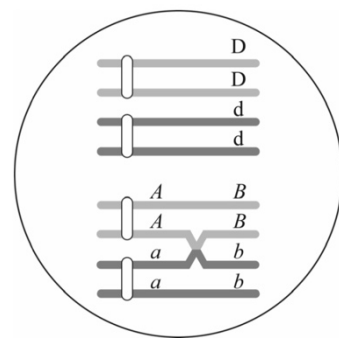
据题可知，甲型血友病（HA）是伴 X 隐性遗传病，其特点是隔代交叉遗传。

甲型血友病（HA）是由 X 染色体上的 A 基因突变为 a 所致，属于伴 X 隐性遗传病，A 正确；甲型血友病（HA）属于伴 X 隐性遗传病，男性存在 X^a 即表现患病，女性需同时存在 X^aX^a 时才表现为患病，故 HA 患者中男性多于女性，B 正确；甲型血友病（HA）属于伴 X 隐性遗传病， X^AX^a 个体不是 HA 患者，属于携带者，C 正确；甲型血友病（HA）属于伴 X 隐性遗传病，男患者 X^aY ，若婚配对象为 X^AX^A ，则女儿（ X^AX^a ）不会患病，D 错误。

故选 D。

7. 右图是雄性哺乳动物体内处于分裂某时期的一个细胞的染色体示意图。相关叙述不正确的是

- A. 该个体的基因型为 AaBbDd
- B. 该细胞正在进行减数分裂
- C. 该细胞分裂完成后只产生 2 种基因型的精子
- D. A、a 和 D、d 基因的遗传遵循自由组合定律



【答案】C

【解析】

由图可知该细胞正在发生同源染色体的联会，AB 和 ab 所在的同源染色体之间正在发生交叉互换，可判定细胞正在进行减数第一次分裂。

据图可知该个体的基因型应该为 AaBbDd，A 正确；由图可知该细胞正在发生同源染色体的联会，AB 和 ab 所在的同源染色体之间正在发生交叉互换，可判定细胞正在进行减数第一次分裂，B 正确；图中减数第一次分裂中的细胞发生了同源染色体非姐妹染色单体之间的交叉互换，由此可知该细胞分裂完成后可以产生 4 种配子，C 错误；由图可知 A、a 和 D、d 基因位于非同源染色体上，因此遵循自由组合定律，D 正确；

故选 C。

8. 食欲肽是下丘脑中某些神经元释放的神经递质，它作用于觉醒中枢的神经元，使人保持清醒状态。临床使用的药物 M 与食欲肽竞争突触后膜上的受体，但不发挥食欲肽的作用。下列判断不合理的是

- A. 食欲肽以胞吐的形式由突触前膜释放
- B. 食欲肽通过进入突触后神经元发挥作用
- C. 食欲肽分泌不足机体可能出现嗜睡症状
- D. 药物 M 可能有助于促进睡眠

【答案】B

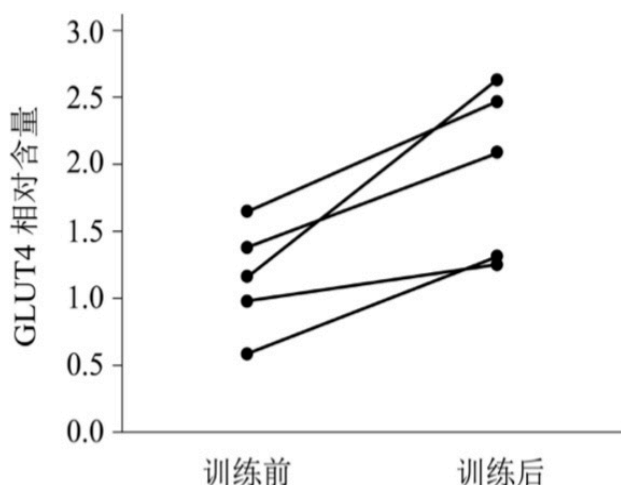
【解析】

由题可知，食欲肽属于一种神经递质，神经递质由突触前膜释放入突触间隙，作用于突触后膜上的特异性受体，引起下一个神经元的兴奋或抑制。

食欲肽属于一种神经递质，神经递质以胞吐的方式由突触前膜释放，A 正确；神经递质与突触后膜上的蛋白质受体特异性结合从而发挥作用，并不进入下一个神经元，B 错误；由题“食欲肽它作用于觉醒中枢的神经元，使人保持清醒状态”可知，食欲肽分泌不足可能会导致出现嗜睡症状，C 正确；由题“食欲肽使人保持清醒状态，而药物 M 与食欲肽竞争突触后膜上的受体，但不发挥食欲肽的作用”可知，药物 M 可能有助于促进睡眠，D 正确。

故选 B。

9. GLUT4 是骨骼肌细胞膜上的葡萄糖转运蛋白。研究者测定了 5 名志愿者进行 6 周骑行运动训练前后骨骼肌中 GLUT4 的含量（如图）。由此可知，训练使骨骼肌细胞可能发生的变化是



A. 合成的 GLUT4 增多

B. 消耗的葡萄糖减少

C. 分泌到细胞外的 GLUT4 增多

D. GLUT4 基因的数量增多

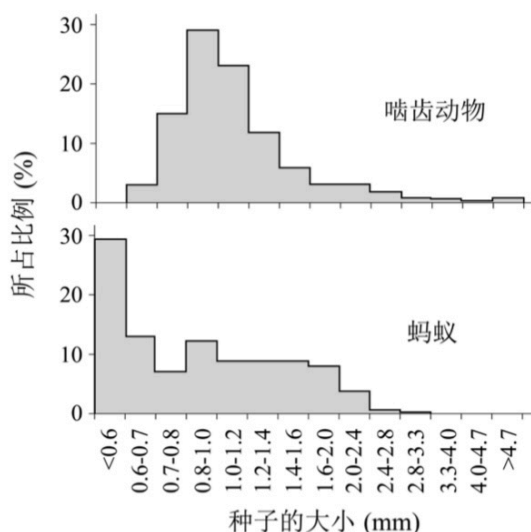
【答案】A

【解析】

由图可知，与训练前相比，训练后骨骼肌中 GLUT4 的相对含量增加，说明训练使骨骼肌细胞合成的 GLUT4 增多，A 正确；由图可知，与训练前相比，训练后骨骼肌中 GLUT4 的含量增加，GLUT4 是骨骼肌细胞膜上的葡萄糖转运蛋白，因此训练可促进骨骼肌细胞对葡萄糖的吸收和利用，B 错误；由图可知，与训练前相比，训练后骨骼肌中 GLUT4 的相对含量增加，C 错误；训练可促进 GLUT4 基因的表达，并不影响 GLUT4 基因的数量，D 错误。

故选 A。

10. 近缘种动物常因利用相同的食物资源而竞争。为研究亲缘关系较远的啮齿动物和蚂蚁之间是否也存在竞争关系，研究者调查了 5 种啮齿动物与 7 种蚂蚁采食的种子，统计各种大小不同的种子所占的比例（如图）。以下叙述错误的是



- A. 应选择有共同活动区域的啮齿动物和蚂蚁
- B. 啮齿动物与蚂蚁采食的种子大小有所重叠
- C. 啮齿动物与蚂蚁之间一定不存在竞争关系
- D. 无法判断啮齿动物与蚂蚁间存在捕食关系

【答案】C

【解析】

由图可知啮齿动物和蚂蚁有共同的食物颗粒大小，二者之间存在竞争关系。

研究亲缘关系较远的啮齿动物和蚂蚁之间是否也存在竞争关系，应选择有共同活动区域的啮齿动物和蚂蚁进行研究，A 正确；由图可知啮齿动物和蚂蚁有共同的食物颗粒大小，二者之间存在竞争关系，B 正确；由图可知啮齿动物和蚂蚁有共同的食物颗粒大小，二者之间存在竞争关系，C 错误；由图无法判断啮齿动物与蚂蚁间存在捕食关系，D 正确。

故选 C。

11. 人体感染新冠病毒后，机体会产生多种特异性抗体。我国科学家从康复者的浆细胞中克隆出针对病毒表面抗原的抗体基因相关序列，构建表达载体并在相应系统中表达，可制备出全人源单克隆抗体。以下表述错误的是

- A. 该单抗可直接用于新冠病毒的核酸检测
- B. 在该单抗制备过程中利用了基因工程技术
- C. 该单抗可与新冠病毒相应蛋白特异性结合
- D. 可用抗原-抗体反应检测抗体基因表达产物

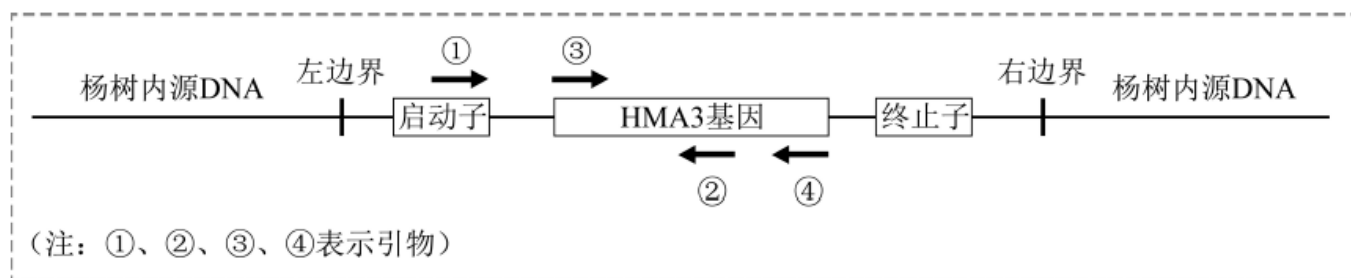
【答案】A

【解析】

由分析可知，该单抗的本质是蛋白质，因此不能直接用于新冠病毒的核酸检测，A 错误；由题“构建表达载体并在相应系统中表达”可知，在该单抗制备过程中利用了基因工程技术，B 正确；该单抗为针对新冠病毒表面抗原而制备，故可与新冠病毒相应蛋白特异性结合，C 正确；基因表达产物的检测的方法是抗原——抗体杂交技术，D 正确。

故选 A。

12. 为了对重金属污染的土壤进行生物修复，研究者将从杨树中克隆的重金属转运蛋白（HMA3）基因与外源高效启动子连接，导入杨树基因组中（如图）。



为检测获得的转基因杨树苗中是否含有导入的 HMA3 基因，同时避免内源 HMA3 基因的干扰，在进行 PCR 扩增时，应选择的引物组合是

- A. ①+③
- B. ①+②
- C. ③+②
- D. ③+④

【答案】B

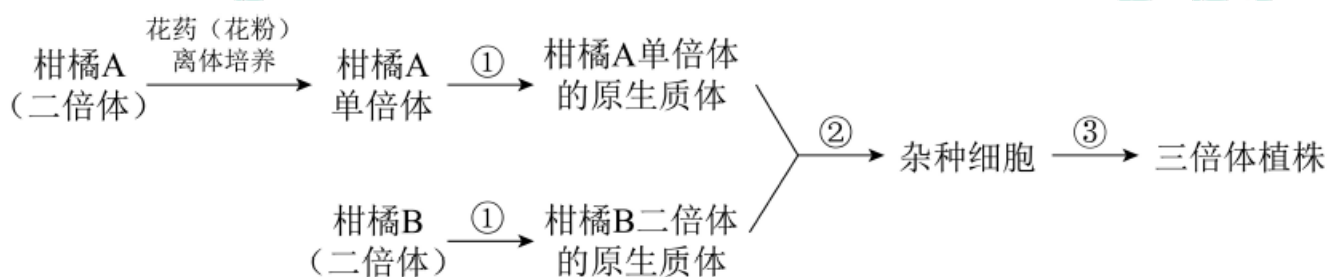
【解析】

根据图示中引物的位置可知，引物①③组合无法完成扩增，A 错误；图示中克隆的重金属转运蛋白（HMA3）基因与外源高效启动子连接，导入杨树基因组中，若要检测

获得的转基因杨树苗中是否含有导入的 **HMA3** 基因和高效启动子，需要检测是否含有高效启动子序列和 **HMA3** 基因序列，应选择的引物组合是①+②，**B** 正确；引物③+④扩增的片段不含启动子，**C** 错误；引物③+④扩增的片段不含启动子，**D** 错误；

故选 **B**。

13. 为培育具有市场竞争力的无籽柑橘，研究者设计如下流程。相关叙述不正确的是



A. 过程①需使用胰蛋白酶处理

B. 实现过程②依赖膜的流动性

C. 过程③需应用植物组培技术

D. 三倍体植株可产生无籽柑橘

【答案】A

【解析】

过程①需去除植物细胞壁，应该使用纤维素酶和果胶酶处理，**A** 错误；②过程为原生质体的融合过程，需要依赖膜的流动性，**B** 正确；过程③是将杂种细胞培养形成个体，需用植物组培技术，**C** 正确；三倍体植株因为含有三个染色体组，减数分裂时联会紊乱，无法产生配子，因此可产生无籽柑橘，**D** 正确。

故选 **A**。

14. 下列高中生物学实验中，用紫色的洋葱鳞片叶和黑藻叶片作为实验材料均可完成的是

A. 观察叶绿体和细胞质流动

B. 提取和分离叶绿素

C. 观察细胞质壁分离及复原

D. 观察细胞的有丝分裂

【答案】C

【解析】

因为紫色洋葱鳞片叶细胞不含叶绿体，所以不能作为观察叶绿体的实验材料，也不能作为观察细胞质流动的材料。黑藻的幼嫩叶片中含有大量的叶绿体，细胞质颜色比较深，易于观察叶绿体和细胞质流动，A 错误；紫色洋葱鳞片叶细胞不含有叶绿体，因此不可用于提取和分离叶绿体中的色素，B 错误；洋葱鳞片叶外表皮细胞含有紫色的大液泡，可作为观察细胞质壁分离和复原的材料，黑藻叶片的叶肉细胞中液泡呈无色，叶绿体的存在使原生质层呈绿色，有利于细胞质壁分离及复原实验现象的观察，C 正确；洋葱鳞片叶、黑藻叶片都已经高度分化，都不能发生有丝分裂，D 错误。

故选 C。

15. 生物安全是国家安全体系的组成部分。新冠肺炎疫情蔓延对我国生物安全防御体系建设提出了新的要求，引起了全社会对生物安全形势的高度关注。以下选项中不会给我国带来生物安全风险的是

- A. 人类及动植物中可能爆发的重大疫病
- B. 保护沿海滩涂红树林中的生物多样性
- C. 全球气候变暖导致生态环境发生改变
- D. 收集我国公民及生物资源的遗传信息

【答案】B

【解析】

由题意可知，如果人类及动植物中爆发的重大疫病，会影响生态环境以及人类的生存和发展，会给我国带来生物安全风险，A 错误；保护沿海滩涂红树林中的生物多样性，有利于保护生态系统的稳定性，不会给我国带来生物安全风险，B 正确；全球气候变暖导致生态环境发生改变，会影响生物多样性，危及生物圈的稳态，进而影响到人类的生存和发展，会给我国带来生物安全风险，C 错误；收集我国公民及生物资源的遗传信息，可能会造成基因歧视，遗传信息的滥用还会导致社会和政治事件的发生，会给我国带来生物安全风险，D 错误。

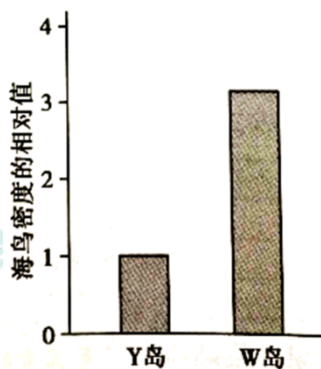
故选 B。

二、填空题（本部分共 6 题，共 70 分）

16. 北极圈附近的 A 群岛由众多生态环境相似的岛屿组成，是许多海鸟的栖息地。一百多年以前，北极狐被引入到一些岛屿上定居。几十年后发现，无北极狐岛（W 岛）的植物群落无明显变化，而有北极狐岛（Y 岛）上较高的草本植物明显减少，苔藓增加。为分析北极狐的引入是否导致植物群落的变化，生态学家进行了相关研究。

(1) Y 岛的生态系统由岛上所有的生物与_____共同组成，在此生态系统组成成分中，北极狐属于_____者。

(2) 研究者调查了若干 Y 岛和 W 岛的海鸟密度，统计结果如图。



由图可知，Y 岛上的海鸟密度比 W 岛_____。

(3) 进一步调查发现，Y 岛上单位面积的植物干重及土壤氮、磷含量均低于 W 岛。研究者选择 Y 岛上的若干代表性地块，通过施肥实验证明了 Y 岛植物干重较低是由土壤肥力低所致。支持此结论的实验结果应为_____。

(4) 综所述，请将下列选项排序以解释北极狐的引入导致的植物群落变化。

A. 岛屿土壤肥力降低

B. 北极狐捕食海鸟

C. 土壤中的鸟粪减少

D. 海鸟数量减少

北极狐引入并定居→_____→_____→_____→植物群落变化。

【答案】

(1) 非生物环境/无机环境；消费

(2) 小/低

(3) 施肥地块（实验组）的植物干重高于未施肥地块（对照组）

(4) B D C A

【解析】

(1) 生态系统包括当地的所有生物与非生物环境（无机环境），北极狐为食肉动物属于消费者。

(2) 由图可知，Y 岛上的海鸟密度低于 W 岛。

(3) 为验证 Y 岛植物干重较低是否由土壤肥力低所致，对 Y 岛若干代表性地块进行适量施肥，并与未施肥地块进行对比。如果施肥地块（实验组）的植物干重高于未施肥地块（对照组），则说明 Y 岛植物干重较低是由土壤肥力低导致的。

(4) 由题中给出的起始条件“北极狐引入并定居”可推知北极狐捕食海鸟导致海鸟数量减少，而海鸟数量减少则土壤中的鸟粪减少会引起岛屿土壤肥力降低最终使植物群落发生变化。因此顺序为 BDCA。

17. 枯草芽孢杆菌可分泌纤维素酶。研究者筛选到一株降解纤维素能力较强的枯草芽孢杆菌菌株（B 菌），从中克隆得到了一种纤维素酶（C₁ 酶）基因。将获得的 C₁ 酶基因与高效表达载体（HT 质粒）连接，再导入 B 菌，以期获得降解纤维素能力更强的工程菌。

(1) 纤维素属于_____糖，因此经过一系列酶催化最终可降解成单糖，该单糖是_____。

(2) 对克隆到的 C₁ 酶基因测序，与数据库中的 C₁ 酶基因编码序列相比有两个碱基不同，但两者编码出的蛋白的氨基酸序列相同，这是因为_____。

(3) C₁ 酶基因以 B 链为转录模板链，转录时 mRNA 自身的延伸方向为 5'→3'。为了使 C₁ 酶基因按照正确的方向与已被酶切的 HT 质粒连接，克隆 C₁ 酶基因时在其两端添加了 Sma I 和 BamH I 的酶切位点。该基因内部没有这两种酶切位点。图 1 中酶切位点

1 和 2 所对应的酶分别是_____。

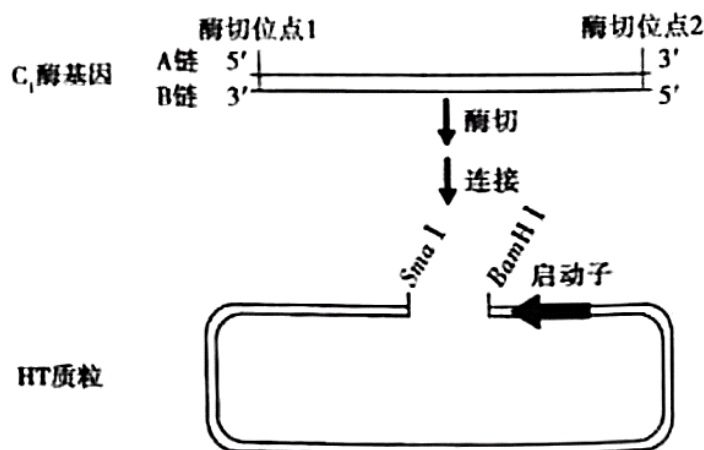


图1

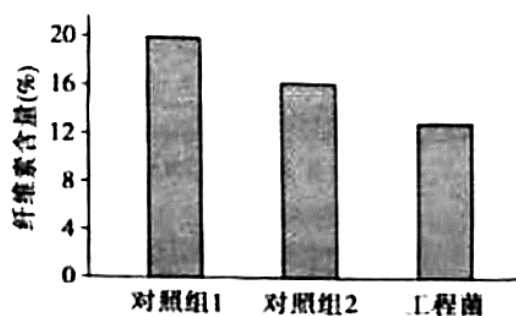


图2

将纤维素含量为 20%的培养基分为三组，一组接种工程菌，对照组 1 不进行处理，对照组 2 进行相应处理。在相同条件下培养 96 小时，检测培养基中纤维素的含量。结果(图 2)说明工程菌降解纤维素的能力最强。对照组 2 的处理应为_____。

预期该工程菌在处理废弃物以保护环境方面可能的应用。(举一例)

【答案】

- (1) 多 葡萄糖
- (2) 编码同一种氨基酸的密码子可以有多个
- (3) 位点 1: BamHI 位点 2: SmaI
- (4) 接种(等量) B 菌
- (5) 处理绿化废弃物 / 处理农作物秸秆

【解析】

(1) 植物多糖纤维素是通过基本单位葡萄糖聚合而成的，在酶的催化下，最终降解为葡萄糖。

(2) mRNA 上 3 个相邻的碱基构成密码子。因为密码子有简并性，同一种氨基酸可以有多种密码子编码，所以即使克隆到的 C_1 酶基因有两个碱基对不同，仍然可以编码相同的氨基酸。

(3) 由题目信息可知“以 B 链为转录模板链，转录时 mRNA 自身的延伸方向为 $5' \rightarrow 3'$ ”，图中 B 链的方向是从 $3' \rightarrow 5'$ ，质粒上启动子紧挨着的位置为 $3'$ ，已经用 BamHI 进行了切割，所以 B 链 $3'$ 需要连在启动子上，应该用 BamHI 进行切割，而其 $5'$ 端应该用 SmaI 进行切割。

(4) 本实验的目的是获得降解纤维素能力更强的工程菌。根据实验原则，需要设置空白对照组，对照组 1 不作处理为空白对照组，降解纤维素能力最弱。对照组 2 的处理是接种（等量）B 菌，为阳性对照组，肯定可以降解纤维素。实验组 3 是添加的工程菌，因为工程菌是比 B 菌降解能力更强的菌种，所以应该是降解效率最高的。

(5) 本实验的目的是获得降解纤维素能力更强的工程菌。所以可以高效降解纤维素，农作物秸秆主要成分是纤维素，可以减少秸秆燃烧带来的空气污染，还可以处理绿化废弃物。

18. 细菌侵入宿主体内生长繁殖引起感染。铜绿假单胞菌（Pa）导致的感染多见于烧伤、创伤等受损部位。在 Pa 感染部位常可检出大量丝状噬菌体（f）。

(1) 在感染部位，吞噬细胞会发挥非特异性_____功能。

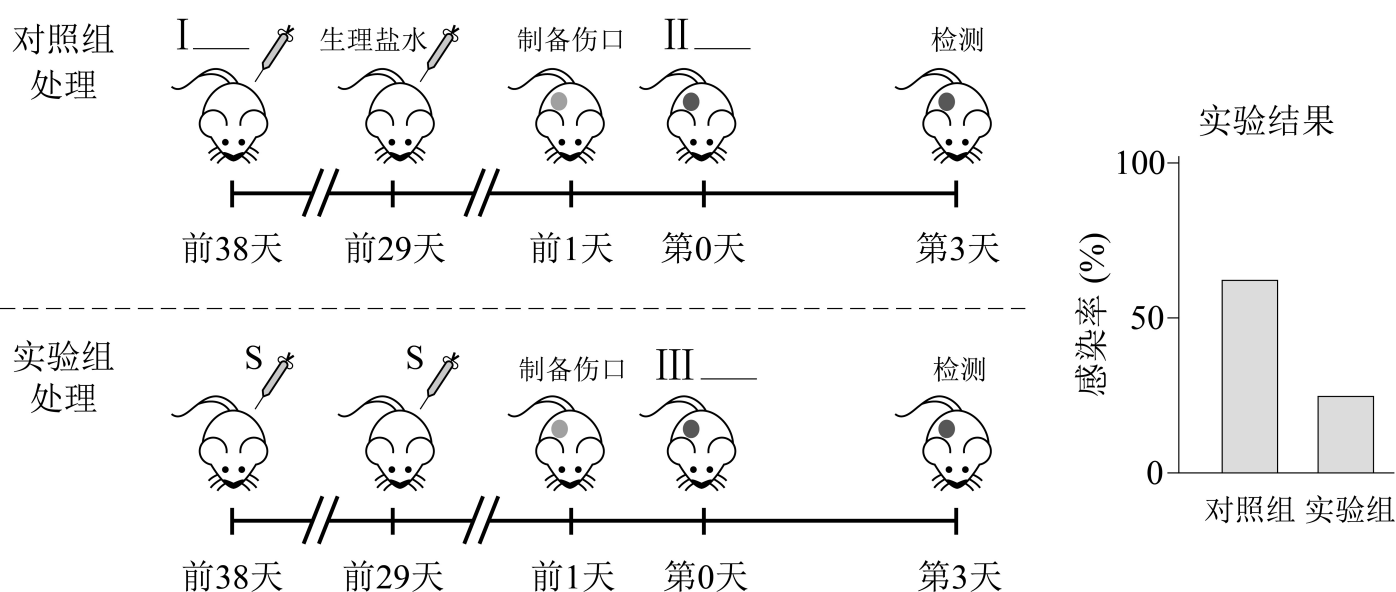
(2) f 侵染 Pa 并随 Pa 的分裂传递给子细菌，但 f 的增殖和释放不引起 Pa 的裂解。为探讨 f 与细菌感染的关系，研究者将等量的无 f 侵染的 Pa 菌株（P）和被 f 侵染的 Pa 菌株（P^f）分别接种于小鼠伤口，结果如下表。

| 接种菌株 | 接种后不同时间伤口的感染率（%） |
|------|------------------|
|------|------------------|

| | 24h | 48h | 72h |
|----------------|-----|-----|-----|
| P | 18 | 30 | 22 |
| P ^f | 59 | 62 | 62 |

由此可知，f能_____Pa引起的伤口感染。

(3) 在上述研究的基础上，研究者利用f的表面蛋白S进一步展开实验，主要流程及结果见下图。



①I~III处理所需的实验材料应分别选用_____。(填选项前字母)

A. P^f B. P C. 灭活的f D. S E. 生理盐水

②另有研究发现，f能抑制吞噬细胞的功能。试从分子与细胞水平解释实验组的感染率低于对照组的原因_____。

【答案】

(1) 免疫

(2) 加重

(3) ①IE IIA IIIA

②S刺激小鼠产生抗S抗体，抗体与f表面的S蛋白特异性结合，减弱了f对吞噬

细胞的抑制，更多的 P^f 被吞噬，感染减轻，故实验组的感染率低于对照组。

【解析】

(1) 在感染部位，吞噬细胞会发挥非特异性免疫功能。

(2) 据表中数据可知， P^f 接种后不同时间伤口的感染率均比 P 接种后伤口的感染率高，说明 f 能加重 Pa 引起的伤口感染。

(3) ①由图分析可知，该实验的自变量为是否提前注射 S 蛋白，实验组分别提前 38 天、29 天注射 S 蛋白，对照组应在相同时间注射等量生理盐水，故 I 处所需的实验材料为生理盐水。该实验的因变量是伤口感染程度，故需在制备伤口后进行相应菌的接种，实验结果显示对照组的感染率明显高于实验组，说明提前接种 S 蛋白可以降低感染率，而 S 蛋白为 f 表面的蛋白质，说明接种的菌为被 f 侵染的 Pa 菌株 (P^f)，故 II、III 处材料为 P^f 。

②实验组提前接种 S 蛋白使得小鼠产生了针对 S 蛋白的抗体和记忆细胞。接种 P^f 后， P^f 释放的 f 表面的 S 蛋白相当于是第二次入侵，激发了小鼠的二次免疫，可以迅速攻击 f ，从而使 f 对吞噬细胞的抑制作用减弱，小鼠免疫能力增强，更多的 P^f 被吞噬，感染率大大降低。

19. 阅读以下材料，回答 (1) ~ (4) 题。

创建 D1 合成新途径，提高植物光合效率

植物细胞中叶绿体是进行光合作用的场所，高温或强光常抑制光合作用过程，导致作物严重减产。光合复合体 PSII 是光反应中吸收、传递并转化光能的一个重要场所，D1 是 PSII 的核心蛋白。高温或强光会造成叶绿体内活性氧 (ROS) 的大量累积。相对于组成 PSII 的其他蛋白，D1 对 ROS 尤为敏感，极易受到破坏。损伤的 D1 可不断被新合成的 D1 取代，使 PSII 得以修复。因此，D1 在叶绿体中的合成效率直接影响 PSII 的修复，进而影响光合效率。

叶绿体为半自主性的细胞器，具有自身的基因组和遗传信息表达系统。叶绿体中的蛋白一部分由叶绿体基因编码，一部分由核基因编码。核基因编码的叶绿体蛋白在N端的转运肽引导下进入叶绿体。编码D1的基因psbA位于叶绿体基因组，叶绿体中积累的ROS也会显著抑制psbA mRNA的翻译过程，导致PSII修复效率降低。如何提高高温或强光下PSII的修复效率，进而提高作物的光合效率和产量，是长期困扰这一领域科学家的课题。

近期我国科学家克隆了拟南芥叶绿体中的基因psbA，并将psbA与编码转运肽的DNA片段连接，构建融合基因，再与高温响应的启动子连接，导入拟南芥和水稻细胞的核基因组中。检测表明，与野生型相比，转基因植物中D1的mRNA和蛋白在常温下有所增加，高温下大幅增加；在高温下，PSII的光能利用能力也显著提高。在南方育种基地进行的田间实验结果表明，与野生型相比，转基因水稻的二氧化碳同化速率、地上部分生物量（干重）均有大幅提高，增产幅度在8.1%~21.0%之间。

该研究通过基因工程手段，在拟南芥和水稻中补充了一条由高温响应启动子驱动的D1合成途径，从而建立了植物细胞D1合成的“双途径”机制，具有重要的理论意义与应用价值。随着温室效应的加剧，全球气候变暖造成的高温胁迫日益成为许多地区粮食生产的严重威胁，该研究为这一问题提供了解决方案。

(1) 光合作用的_____反应在叶绿体类囊体膜上进行，类囊体膜上的蛋白与_____形成的复合体吸收、传递并转化光能。

(2) 运用文中信息解释高温导致D1不足的原因_____。

(3) 若从物质和能量的角度分析，选用高温响应的启动子驱动psbA基因表达的优点是：_____。

(4) 对文中转基因植物细胞D1合成“双途径”的理解，正确的叙述包括_____。

A. 细胞原有的和补充的psbA基因位于细胞不同的部位

B. 细胞原有的和补充的D1的mRNA转录场所不同

C. 细胞原有的和补充的 D1 在不同部位的核糖体上翻译

D. 细胞原有的和补充的 D1 发挥作用的场所不同

E. 细胞原有的和补充的 D1 发挥的作用不同

【答案】

(1) 光 光合色素

(2) 高温会造成叶绿体内 ROS 的积累，ROS 既破坏 D1 蛋白，又抑制 psbA mRNA 的翻译。

(3) 高温时，高温响应的启动子驱动 psbA 基因高水平表达，补充高温造成的 D1 不足，修复 PSII，提高光能利用率；非高温时低水平表达，避免不必要的物质和能量消耗。

(4) ABC

【解析】

(1) 光合作用的光反应过程在叶绿体类囊体膜上进行，类囊体膜上的蛋白与叶绿体的光合色素形成复合体。

(2) 根据原文“高温或强光会造成叶绿体内活性氧(ROS)的大量累积。相对于组成 PSII 的其他蛋白，D1 对 ROS 尤为敏感，极易受到破坏，编码 D1 的基因 psbA 位于叶绿体基因组，叶绿体中积累的 ROS 也会显著抑制 psbA mRNA 的翻译过程”，所以高温导致 D1 不足的原因是高温会造成叶绿体内 ROS 的积累，ROS 既破坏 D1 蛋白，又抑制 psbA mRNA 的翻译。

(3) 根据原文“与野生型相比，转基因植物中 D1 的 mRNA 和蛋白在常温下有所增加，高温下大幅增加；在高温下，PSII 的光能利用能力也显著，提高转基因水稻的二氧化碳同化速率、地上部分生物量(干重)均有大幅提高”，所以高温时，高温响应的启动子驱动 psbA 基因高水平表达，补充高温造成的 D1 不足，修复 PSII，提高光能利用率；非高温时低水平表达，避免不必要的物质和能量消耗。

(4) 根据题干信息, D1 合成双途径有①编码 D1 的基因 *psbA* 位于叶绿体基因组, 所以 D1 在叶绿体中编码合成; ②将 *psbA* 与编码转运肽的 DNA 片段连接, 构建融合基因, 再与高温响应的启动子连接, 导入拟南芥和水稻细胞的核基因组中, 所以 D1 也可以通过细胞核基因编码控制合成。

A. 根据以上分析, 细胞原有的基因位于叶绿体中, 而补充的 *psbA* 基因位于细胞核中, 场所不同, A 正确;

B. 细胞原有的转录场所在叶绿体, 而补充的 D1 的 mRNA 转录场所在细胞核中, 场所不同, B 正确;

C. 细胞原有的的翻译场所在位于叶绿体的核糖体上进行, 而补充的 D1 在位于细胞质中的核糖体进行翻译过程, 场所不同, C 正确;

D. 细胞原有的和补充的 D1 发挥作用的场所都是在叶绿体中合成 PSII, 所以发挥作用场所相同, D 错误;

E. 二者作用都是去合成 PSII, 所以发挥的作用相同, E 错误。

故选 ABC。

20. 研究者以拟南芥根段作为组织培养材料, 探讨了激素诱导愈伤组织分化生芽的机制。

(1) 离体的拟南芥根段在适宜条件下可以培育出完整的植株, 说明植物细胞具有_____。在组织培养过程中, 根段细胞经过_____形成愈伤组织, 此后调整培养基中细胞分裂素 (CK) 与生长素的比例可诱导愈伤组织分化。

(2) 在愈伤组织生芽过程中, CK 通过 ARR_s (A) 基因和 WUS (W) 基因起作用。为探讨 A 基因与 W 基因的关系, 将 A 基因功能缺失突变体 (突变体 a) 和野生型的愈伤组织分别置于 CK 与生长素比例高的 (高 CK) 培养基中诱导生芽, 在此过程中测定 W 基因的表达量。图 1 中, 野生型的 W 基因表达量与高 CK 诱导时间的关系是_____。分析图 1 结果可得出的结论是: 在高 CK 诱导下 A 基因促进

W 基因表达。得出结论的依据为：与野生型相比，_____。

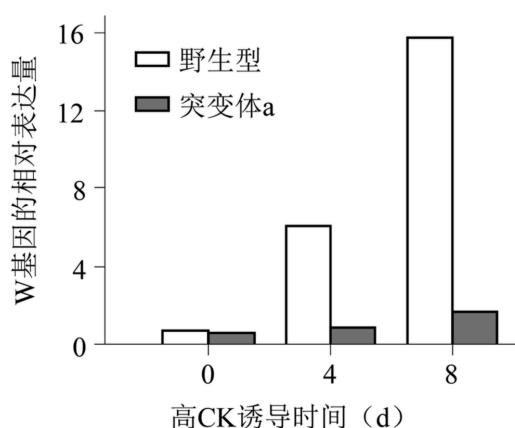


图1

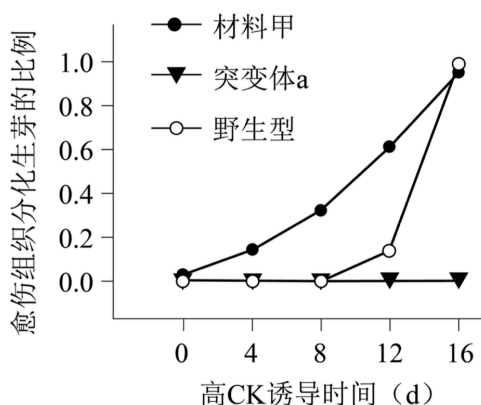


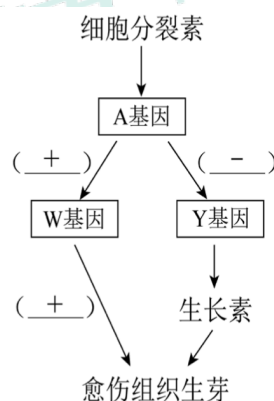
图2

(3) 用转基因方法在上述突变体 a 中过量表达 W 基因，获得材料甲。将材料甲、突变体 a 和野生型三组愈伤组织在高 CK 培养基中培养，三组愈伤组织分化生芽的比例如图 2，由此能得出的结论包括_____。

- A. A 基因在愈伤组织分化生芽的过程中起作用
- B. w 基因的表达产物调控 A 基因的表达
- C. 缺失 A 基因时 W 基因表达不能促进生芽
- D. 过量表达 W 基因可使生芽时间提前

(4) YUCs (Y) 基因编码生长素合成途径中的一种关键酶。研究发现，在高 CK 诱导条件下，突变体 a 中 Y 基因的表达量明显高于野生型。

依据此发现和上述所有实验结果，完善在生芽过程中有关基因和植物激素的相互关系模式图。请在方框中选填“A 基因”“W 基因”“Y 基因”，在 () 中选填 “+”“-” (+ 表示促进，- 表示抑制)。



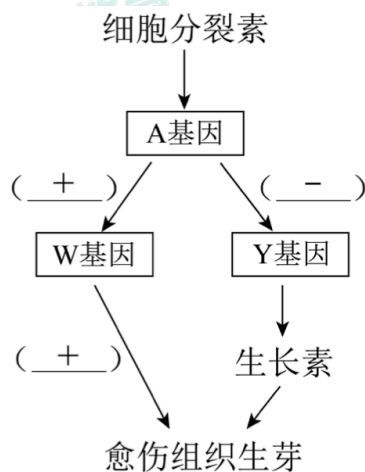
【答案】

(1) (细胞) 全能性 脱分化/去分化

(2) 随着高 CK 诱导时间的增加而增加；经过高 CK 诱导后，突变体 a 中 W 基因表达量明显低

(3) A、D

(4)



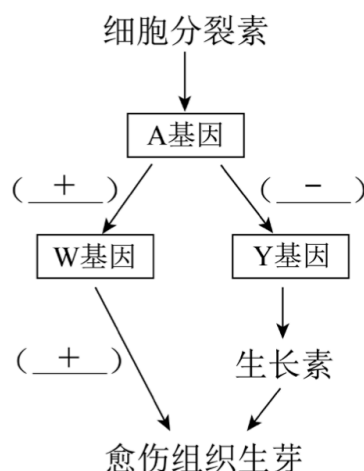
【解析】

(1) 全能性指的是离体的植物组织或器官仍具有发育成完整个体的潜能，已分化的细胞形成愈伤组织的过程称之为脱分化。

(2) 由图可知，高 CK 诱导时间越长，W 基因表达量越高，而突变体 a 的 W 基因的表达量明显少于野生型，说明在高 CK 诱导下 A 基因促进 W 基因表达。

(3) 材料甲体内的 W 基因过量表达，突变体 a 的 A 基因不能表达，野生型是正常的，由图 2 可知，A 基因在愈伤组织分化生芽的过程中起作用，而 A 基因缺失时 W 基因不能促进生芽，W 基因表达后促进生芽。通过材料甲曲线和野生型曲线的比较可知，过量表达 W 基因可使生芽时间提前，所以答案为 AD 选项。

(4) 由第二问可知，高 CK 作用下，A 基因促进 W 基因的表达；第三问可知，过量表达的 W 基因可以促进愈伤组织分化成芽。再通过综合分析三、四问可知，Y 基因受 A 基因控制且与生长素合成有关，过量表达的 Y 基因影响愈伤组织分化成芽，所以分化成芽的过程中应抑制 Y 基因的表达。综上所述，相关基因和激素的互作关系如图下所示：



21. 遗传组成不同的两个亲本杂交所产生的杂种一代，产量等多个性状常优于双亲，这种现象称为杂种优势。获得具有杂种优势的杂合种子是提高水稻产量的重要途径。

(1) 中国是最早种植水稻的国家，已有七千年以上历史。我国南方主要种植籼稻，北方主要种植粳稻。籼稻和粳稻是由共同的祖先在不同生态环境中，经过长期的_____，进化形成的。

(2) 将多个不同的籼稻、粳稻品种间进行两两杂交，获得三种类型 F_1 （分别表示为籼-籼，籼-粳，粳-粳）。统计 F_1 的小花数、干重等性状的平均优势（数值越大，杂种优势越明显），结果如图 1。可知籼-粳具有更强的杂种优势，说明两个杂交亲本的_____差异越大，以上性状的杂种优势越明显。

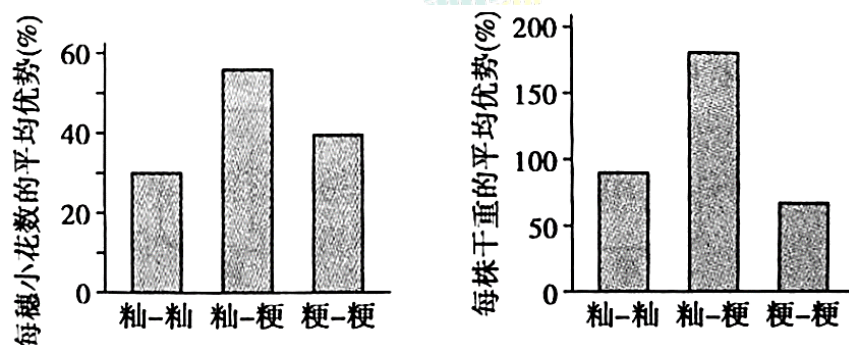


图 1

(3) 尽管粳-粳具有更强的杂种优势，但由部分配子不育，导致结实率低，从而制约粳-粳杂种优势的应用。研究发现，这种不育机制与位于非同源染色体上的两对基因 (A_1 、 A_2 和 B_1 、 B_2) 有关。通常情况下，粳稻的基因型为 $A_1A_1B_1B_1$ ，粳稻为 $A_2A_2B_2B_2$ 。 A_1A_2 杂合子所产生的含 A_2 的雌配子不育； B_1B_2 杂合子所产生的含 B_2 的雄配子不育。

①根据上述机制，补充粳稻 \times 粳稻产生 F_1 及 F_1 自交获得 F_2 的示意图，用以解释 F_1 结实率低的原因_____。

②为克服粳-粳杂种部分不育，研究者通过杂交、连续多代回交和筛选，培育出育性正常的粳-粳杂交种，过程如图 2。通过图中虚线框内的连续多代回交，得到基因型 $A_1A_1B_1B_1$ 的粳稻。若粳稻作为连续回交的亲本，则不能得到基因型 $A_2A_2B_2B_2$ 的粳，原因是 $F_1(A_1A_2B_1B_2)$ 产生基因型为_____的配子不育。

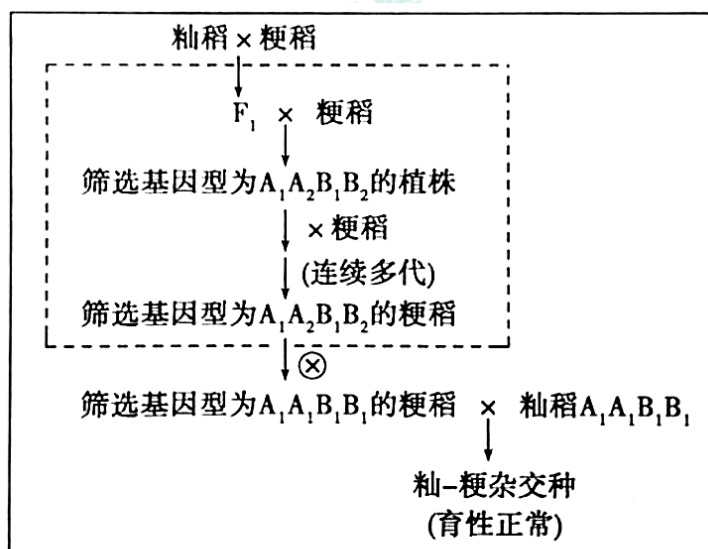


图 2

③在产量低的甲品系水稻中发现了 A 、 B 基因的等位基因 A_3 、 B_3 (广亲和基因)，含有广亲和基因的杂合子，雌雄配子均可育。请写出利用甲品系培育出育性正常的粳-粳杂交稻的流程_____。(用文字或图示作答均可)

【答案】

(1) 选择

(2) 遗传组成（背景）

(3) ①P

籼稻 $A_1A_1B_1B_1$ × 粳稻 $A_2A_2B_2B_2$



F₁

$A_1A_2B_1B_2$



| F ₂ 雌配子 \ F ₂ 雄配子 | A_1B_1 | A_1B_2 | A_2B_1 （不育） | A_2B_2 （不育） |
|-----------------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| A_1B_1 | $A_1A_1B_1B_1$ | $A_1A_1B_1B_2$ | × | × |
| A_2B_1 | $A_1A_2B_1B_1$ | $A_1A_2B_1B_2$ | × | × |
| A_1B_2 （不育） | × | × | × | × |
| A_2B_2 （不育） | × | × | × | × |

② A_2B_2

③用甲品系（ $A_3A_3B_3B_3$ ）与粳稻（籼稻）杂交获得 F₁，F₁ 与粳稻（籼稻）连续多代回交，筛选基因型为 $A_2A_3B_2B_3$ （ $A_1A_3B_1B_3$ ）的植株，最终获得 $A_2A_3B_2B_3$ （ $A_1A_3B_1B_3$ ）粳稻（籼稻）。通过自交、筛选获得 $A_3A_3B_3B_3$ 的粳稻（籼稻），再与籼稻 $A_1A_1B_1B_1$ （粳稻 $A_2A_2B_2B_2$ ）杂交，得到育性正常的籼-粳杂交种（ $A_1A_3B_1B_3$ / $A_2A_3B_2B_3$ ）。

【解析】

(1) 籼稻和粳稻是由共同的祖先在不同生态环境中，经过长期的自然选择，进化形成的。

(2) 籼-粳具有更强的杂种优势，说明两个杂交亲本的亲缘关系差异越大，遗传组成差异大，以上性状的杂种优势越明显。

(3)

①F₁产生的雌雄配子只有一半可育，因此结实率低，故遗传图解分析如下

| P 籼稻 A ₁ A ₁ B ₁ B ₁ × 粳稻 A ₂ A ₂ B ₂ B ₂ | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ↓ | | | | |
| F ₁ A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ | | | | |
| ↓ ⊗ | | | | |
| F ₂ 雌配子 F ₂ 雄配子 | A ₁ B ₁ | A ₁ B ₂ | A ₂ B ₁ (不育) | A ₂ B ₂ (不育) |
| A ₁ B ₁ | A ₁ A ₁ B ₁ B ₁ | A ₁ A ₁ B ₁ B ₂ | × | × |
| A ₂ B ₁ | A ₁ A ₂ B ₁ B ₁ | A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ | × | × |
| A ₁ B ₂ (不育) | × | × | × | × |
| A ₂ B ₂ (不育) | × | × | × | × |

②由题可知，不能得到基因型 A₂A₂B₂B₂ 的籼稻，原因是 F₁ (A₁A₂B₁B₂) 产生基因型为 A₂B₂ 的配子不育。

③用甲品系 (A₃A₃B₃B₃) 与粳稻 (籼稻) 杂交获得 F₁，F₁ 与粳稻 (籼稻) 连续多代回交，筛选基因型为 A₂A₃B₂B₃ (A₁A₃B₁B₃) 的植株，最终获得 A₂A₃B₂B₃

(A₁A₃B₁B₃) 粳稻 (籼稻)。通过自交、筛选获得 A₃A₃B₃B₃ 的粳稻 (籼稻)，再与籼稻 A₁A₁B₁B₁ (粳稻 A₂A₂B₂B₂) 杂交，得到育性正常的籼-粳杂交种 (A₁A₃B₁B₃ / A₂A₃B₂B₃)。