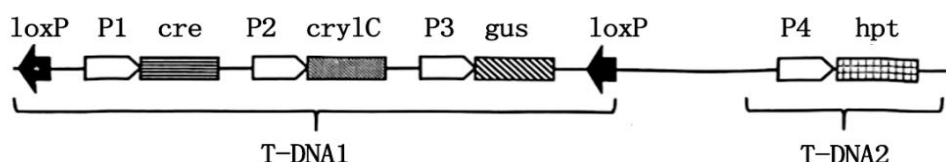


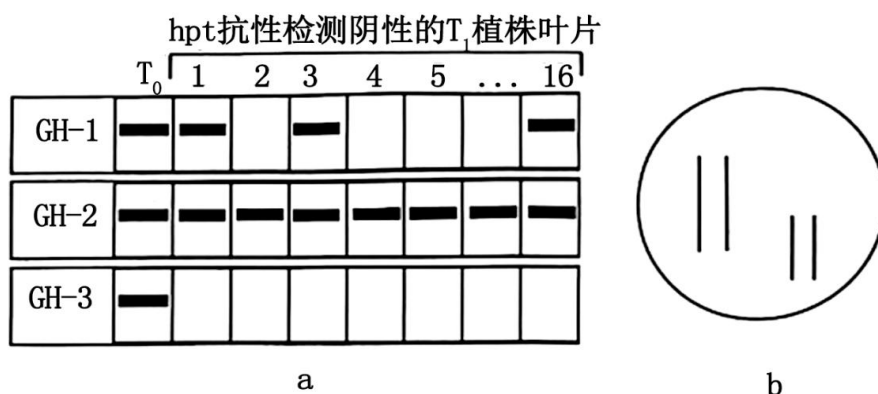
2026 年 5 月 12 日高中生物作业

1. 转基因技术的研发是加快农业现代化的重要途径，但转基因食品的安全性备受关注。研究者将水稻抗虫基因（*cry1C*）和双 T-DNA 载体连接（图示连接后双 T-DNA 部分结构），利用其中的“Cre/LoxP”系统培育了安全可食用的转基因水稻。在“Cre/LoxP”系统中，Cre 基因编码的 Cre 酶可特异性识别同一 DNA 两个同向的 loxP 序列并将两个 loxP 间的序列删除。



图：P—启动子（P1 为胚乳特异表达启动子；P2 为绿色组织特异性表达启动子）回答下列问题：

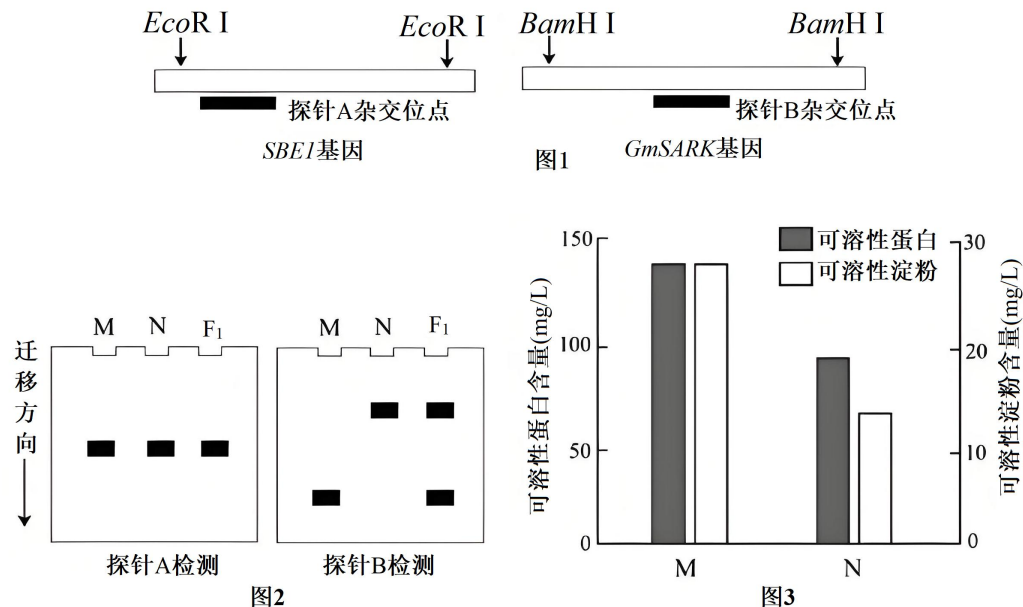
- (1) Cre 酶与基因工程中的_____（工具酶）作用类似。
- (2) 载体中，T-DNA 的作用是转移到被侵染的细胞后_____，*hpt* 基因（潮霉素抗性基因）和 *gus* 基因（表达产物使无色底物显蓝色）有助于双 T-DNA 共转化植株的筛选，起到基因表达载体中_____（填结构）的作用。
- (3) 筛选得到双 T-DNA 共转化成功的植株 T_0 中，*hpt* 基因对植物和环境具有潜在的危害，需设法将其删除。先从 T_0 植株中筛选 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 都是单拷贝（单个）插入的植株 GH-1、GH-2 和 GH-3，自交后得到 T_1 代植株进行潮霉素抗性检测，选择抗性检测为阴性植株的叶片的 *gus* 基因进行 PCR 检测，产物的电泳结果如下图 a。（不考虑减数分裂时发生互换）



- ① T_0 代中_____（填编号）是 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 以连锁形式在单一位点插入植株。
- ② 在答题卡对应的图 b 中画出植株 GH-2 的 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 在染色体上的位置_____（注：用圆点·表示 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 在染色体上的位置）
- ③ GH-1 的 T_0 代自交的后代 T_1 植株中，具有抗虫特性但不含 *hpt* 基因的植株的比例为_____。这些植株自交后筛选即可获得稳定遗传的种子 T_x 。
- (4) 水稻种子主要包括胚和胚乳，其中胚乳被加工成精米食用。该“Cre/LoxP”系统，实现了

_____，培育了安全可食用的转基因水稻。T_x 种子播种后获得的叶片_____（填“具有”或“不具有”）抗虫的性状。

2. 普通大豆 M 的籽粒为圆粒，突变体 N 的籽粒为皱粒。将突变体 N 与 M 进行杂交，F₁ 籽粒全部为圆粒，F₁ 自交后圆粒大豆与皱粒大豆的比例接近 3：1。已知 SBE1 基因控制合成的淀粉分支酶与淀粉的合成有关；GmSARK 基因的表达产物可降解蛋白质。研究人员进行实验探究皱粒大豆的遗传机制。回答下列问题：



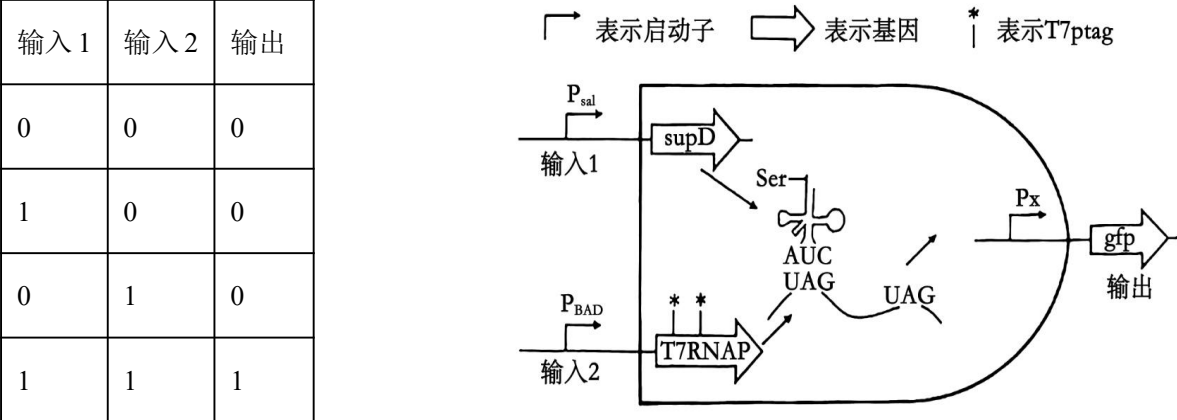
(1)皱粒大豆可能与 SBE1 基因、GmSARK 基因突变有关。若皱粒大豆是由单基因突变造成的，则皱粒基因属于_____（填“显性”或“隐性”）突变；若皱粒大豆是由两种基因突变造成的，则 SBE1 基因和 GmSARK 基因在染色体上的分布情况为_____。

(2)探针 A 可与 SBE1 基因的一段序列互补，探针 B 可与 GmSARK 基因的一段序列互补。SBE1 基因与 GmSARK 基因分别含有限制酶 EcoRI 与 BamHI 识别与切割的位点（见图 1）。研究人员提取不同品种大豆植株的 DNA，经酶切、探针杂交和电泳检测，结果见图 2。根据检测结果，推测皱粒大豆突变的基因是_____，基因突变的方式是_____。

(3)大豆叶片中合成的小分子有机物会转移到籽粒中进行转化、积累。研究人员检测相同发育期突变体 N 和普通大豆 M 叶片中两种基因的表达量，发现 SBE1 基因表达量差异不显著，而突变体 N 的 GmSARK 基因表达量显著降低。检测鼓粒期大豆籽粒中的可溶性蛋白质和淀粉含量，结果见图 3。综合上述研究，突变体 N 由于基因突变后导致叶片中的蛋白质_____，同时影响叶片中的可溶性糖向籽粒转移，突变体 N 的籽粒_____，从而呈现皱粒。

3. 逻辑基因线路是借鉴数字电路中逻辑运算的思想，利用基因重组、基因表达调控原理设计、改造生物系统，实现特定功能的合成生物学技术。研究人员设计出“与”门基因线路，将其导入大肠杆菌，实现了当两个输入信号均为“真”时就能发出绿色荧光的“与”门计算逻辑，其真值表和基因线路示意图如下所示。其中启动子 P_{sal} 和 P_{BAD} 分别受水杨酸和阿拉伯糖的诱

导激活。*supD* 编码一种特殊 tRNA，其可识别终止密码子(UAG)并将其翻译为丝氨酸(Ser)。*T7RNAP* 编码 T7 噬菌体来源的 RNA 聚合酶，但其序列中修饰了两个终止密码子对应的序列(*T7ptag*)。*gfp* 为绿色荧光蛋白基因。



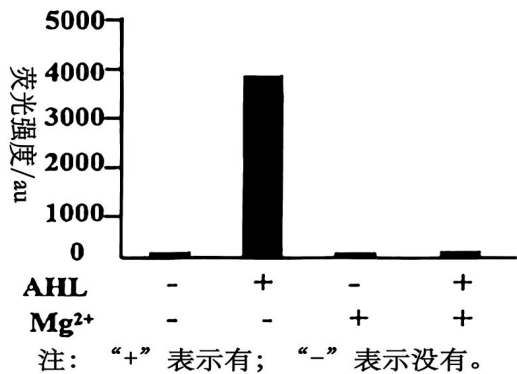
注：0 表示“假”，1 表示“真”。

回答下列问题：

(1)在构建该“与”门基因线路过程中，将基因表达载体导入大肠杆菌常用的方法是_____。

据图分析，只有 *P_{BAD}* 被激活时，*T7RNA* 聚合酶合成过程中的_____过程异常。图中启动子 *P_x* 可被_____（填“*T7RNA* 聚合酶”或“大肠杆菌 *RNA* 聚合酶”）识别。为让大肠杆菌发出绿色荧光，应将其置于含_____的环境中。

(2)为测试该“与”门基因线路组分的可替换性，研究人员将 *P_{sal}* 和 *P_{BAD}* 分别替换成响应细菌群体信号 AHL 的 *P_{luxR}* 和响应外源性镁缺失信号的 *P_{mgrB}*。在不同条件下检测荧光强度，结果如图所示。



替换后的基因线路_____（填“能”或“不能”）体现“与”门计算逻辑，理由是_____。

(3)“或”门计算逻辑是输入信号有一个为“真”时，输出即为“真”，真值表如下所示。已知基因 *RhaS* 和 *AraC* 由启动子 *P_{CON}* 启动，两者表达产物能分别抑制启动子 *P_{RHAB}* 和 *P_{BAD}*。当鼠李糖和阿拉伯糖均不存在时，*RhaS* 和 *AraC* 能发挥抑制作用；当存在鼠李糖或阿拉伯糖时，*RhaS* 或 *AraC* 不能发挥抑制作用，启动子 *P_{RHAB}* 或 *P_{BAD}* 能驱动相关基因转录。请设计“或”门基因线路，使大肠杆菌在有鼠李糖或阿拉伯糖存在时发出绿色荧光，画出基因线路示意图

_____。

输入 1	输入 2	输出
0	0	0
1	0	0
0	1	1
1	1	1

注：0 表示“假”，1 表示“真”。

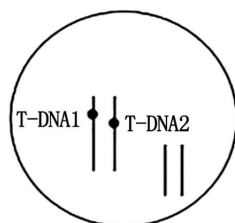
图例：启动子： 基因：

《2026 年 5 月 12 日高中生物作业》参考答案

1. (1)限制酶

(2) 整合到染色体（细胞核）DNA 标记基因

(3) GH-3



3/16

(4) 在胚乳中特异性删除抗虫基因（外源基因/两个 loxP 间的序列）具有

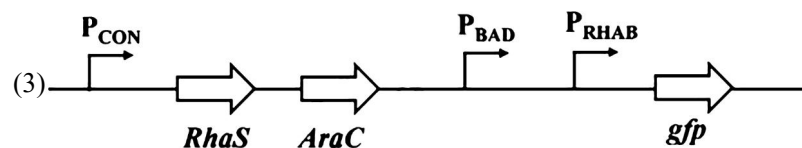
2. (1) 隐性 突变的 SBE1 基因和 GmSARK 基因位于同一条染色体上（或：两者位于同源染色体上）

(2) GmSARK 发生碱基的增添（插入一段序列/发生序列重复）

(3) 降解减少，转移到籽粒中的氨基酸减少 可溶性蛋白和可溶性淀粉含量少

3. (1) Ca^{2+} 处理 翻译 T7RNA 聚合酶 水杨酸和阿拉伯糖

(2) 能 只有两个输入信号均为“真”，即环境中无 Mg^{2+} 和有 AHL 时，才发出荧光

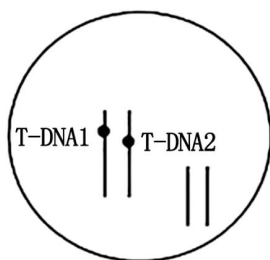


《2026 年 5 月 12 日高中生物作业》参考答案

1. (1)限制酶

(2) 整合到染色体（细胞核）DNA 标记基因

(3) GH-3



3/16

(4) 在胚乳中特异性删除抗虫基因（外源基因/两个 loxP 间的序列） 具有

【分析】基因工程又称基因拼接技术和 DNA 重组技术，是以分子遗传学为理论基础，以分子生物学和微生物学的现代方法为手段，将不同来源的基因按预先设计的蓝图，在体外构建杂种 DNA 分子，然后导入活细胞，以改变生物原有的遗传特性、获得新品种、生产新产品。基因工程的基本操作步骤主要包括四步：①目的基因的获取；②基因表达载体的构建；③将目的基因导入受体细胞；④目的基因的检测与表达。其中，基因表达载体的构建是基因工程的核心。

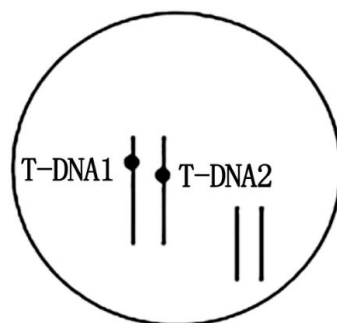
【详解】（1）由题干信息可知，在“Cre/LoxP”系统中，Cre 基因编码的 Cre 酶可特异性识别同一 DNA 两个同向的 loxP 序列并将两个 loxP 间的序列删除，所以 Cre 酶与基因工程中的限制酶作用类似。

（2）载体中，T-DNA 的作用是转移到被侵染的细胞后整合到染色体（细胞核）DNA，hpt 基因（潮霉素抗性基因）和 gus 基因（表达产物使无色底物显蓝色）有助于双 T-DNA 共转化植株的筛选，起到基因表达载体中标记基因的作用。

（3）①由题图信息可知，对自交后得到 T₁ 代植株进行潮霉素抗性检测，而潮霉素抗性检测为阴性植株，如果 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 以连锁形式在单一位点插入植株，则对叶片的 gus 基因进行 PCR 检测时，电泳结果不会出现相应的条带，符合 GH-3 植株的电泳结果。

②由题图信息可知，先从 T₀ 植株中筛选 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 都是单拷贝（单个）插入的植株 GH-2，再结合植株 GH-2 的 T₁ 代叶片 gus 基因电泳结果可知，抗性检测为阴性，但植株的叶片中都含有 gus 基因，说明 T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 插入到了一对同源染色体的不同位点，如果插入到了两对同源染色体的不同位置，符合自由组合定律，经过自交后会出现有的叶片含有 gus 基因，有的叶片不含 gus 基因，符合 GH-1 的电泳结果，所以植株 GH-2 的 T-DNA₁

和 T-DNA₂ 在染色体上的位置如图：



③根据 GH-1 的 T₀ 代自交的后代 T₁ 植株的 gus 基因电泳结果可知，T-DNA₁ 和 T-DNA₂ 插入到了两对同源染色体的不同位置，符合自由组合定律，亲本为杂合子，所以在 T₁ 植株中具有抗虫特性但不含 hpt 基因的植株的比例为 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$ 。

（4）由题干信息可以，在“Cre/LoxP”系统中，Cre 基因编码的 Cre 酶可特异性识别同一 DNA 两个同向的 loxP 序列并将两个 loxP 间的序列删除，可以实现了在胚乳中特异性删除抗虫基因（或外源基因或两个 loxP 间的序列），培育了安全可食用的转基因水稻。GH-1 的 T₀ 代自交的后代 T₁ 植株中，具有抗虫特性但不含 hpt 基因的植株，这些植株自交后筛选即可获得稳定遗传的种子 T_x，所以 T_x 种子播种后获得的叶片具有抗虫的性状。

2. （1） 隐性 突变的 SBE1 基因和 GmSARK 基因位于同一条染色体上（或：两者位于同源染色体上）

（2） GmSARK 发生碱基的增添（插入一段序列/发生序列重复）

（3） 降解减少，转移到籽粒中的氨基酸减少 可溶性蛋白和可溶性淀粉含量少

【分析】基因对性状的控制途径：

（1）通过控制酶的结构来控制代谢过程，从而控制生物的性状。

（2）通过控制蛋白质的分子结构来直接影响性状。

【详解】（1）根据题干中“F₁ 籽粒全部为圆粒，F₁ 自交后圆粒大豆与皱粒大豆的比例接近 3：1”可知皱粒基因属于隐性突变。若皱粒大豆是由两种基因突变造成的，①当 SBE1 基因和 GmSARK 基因连锁在同一条染色体上时也会出现 F₁ 自交后圆粒大豆与皱粒大豆的比例接近 3：1 的结果；②当 SBE1 基因和 GmSARK 基因位于两条染色体上，且是非同源染色体时，根据孟德尔的杂交实验二可知，F₁ 自交后圆粒大豆与皱粒大豆的比例接近 15：1 的结果，不符合题意；③当 SBE1 基因和 GmSARK 基因位于两条染色体上，且是同源染色体时，根据孟德尔的杂交实验二可知，F₁ 自交后圆粒大豆与皱粒大豆的比例接近 3：1 的结果，符合题意。

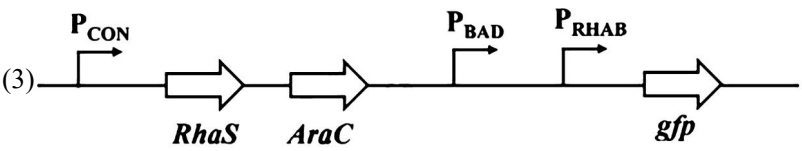
（2）由图 2 可知，使用探针 A 检测时，M、N、F₁ 的电泳条带相同，没有差别；使用探针

B 检测时, M 和 N 的条带不同, 且 F₁ 具备两种条带, 可知皱粒大豆突变的基因是 GmSARK, 且 M 所含有的基因碱基对少于 N 个体基因所含有的碱基对, 因此可知, 基因发生了碱基对的增添。

(3) 由图 3 可知, N 个体中可溶性蛋白和可溶性糖均少于 M, 可推测突变体 N 由于基因突变后导致叶片中的蛋白质降解减少, 转移到籽粒中的氨基酸减少, 同时影响叶片中的可溶性糖向籽粒转移, 突变体 N 的籽粒可溶性蛋白和可溶性淀粉含量少吸水能力减弱, 从而呈现皱粒。。

3. (1) Ca²⁺处理 翻译 T7RNA 聚合酶 水杨酸和阿拉伯糖

(2) 能 只有两个输入信号均为“真”, 即环境中无 Mg²⁺和有 AHL 时, 才发出荧光

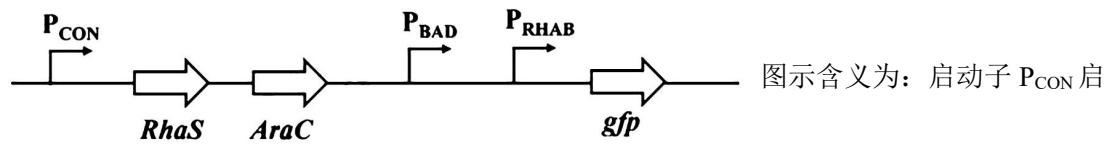


【分析】基因工程基本操作程序: 目的基因的获取、基因表达载体的构建、目的基因导入受体细胞和目的基因的检测与鉴定。

【详解】(1) 在构建该“与”门基因线路过程中, 将基因表达载体导入大肠杆菌常用的方法是 Ca²⁺处理, 钙离子处理后大肠杆菌的通透性增强, 可以提高转化的效率。据图分析, 只有 P_{BAD} 被激活时, T7RNA 聚合酶合成过程中的翻译过程异常。图中启动子 P_x 可被“T7RNA 聚合酶识别, 进而驱动绿色荧光蛋白基因的表达, 为让大肠杆菌发出绿色荧光, 应将其置于含水杨酸和阿拉伯糖的环境中, 因为启动子 P_{sal} 和 P_{BAD} 分别受水杨酸和阿拉伯糖的诱导激活。

(2) 为测试该“与”门基因线路组分的可替换性, 研究人员将 P_{sal} 和 P_{BAD} 分别替换成响应细菌群体信号 AHL 的 P_{luxR} 和响应外源性镁缺失信号的 P_{mgtB}。在不同条件下检测荧光强度, 结果如图所示, 根据图示结果可知, 替换后的基因线路“能”体现“与”门计算逻辑, 因为图示结果显示, 只有两个输入信号均为“真”, 即环境中无 Mg²⁺和有 AHL 时, 才发出荧光, 与之前发出荧光的机制是相同的。

(3) “或”门计算逻辑是输入信号有一个为“真”时, 输出即为“真”, 真值表如下所示。已知基因 RhaS 和 AraC 由启动子 P_{CON} 启动, 两者表达产物能分别抑制启动子 P_{RHAB} 和 P_{BAD}。当鼠李糖和阿拉伯糖均不存在时, RhaS 和 AraC 能发挥抑制作用; 当存在鼠李糖或阿拉伯糖时, RhaS 或 AraC 不能发挥抑制作用, 启动子 P_{RHAB} 或 P_{BAD} 能驱动相关基因转录。请设计“或”门基因线路, 使大肠杆菌在有鼠李糖或阿拉伯糖存在时发出绿色荧光, 结合之前的分析画出相关基因线路示意图如下:



动基因 *RhaS* 和 *AraC* 的表达，两者表达产物能分别抑制启动子 P_{RHAB} 和 P_{BAD} ，进而表现为无法发出荧光，此时鼠李糖和阿拉伯糖均不存在，*RhaS* 和 *AraC* 能发挥抑制作用；当鼠李糖或阿拉伯糖存在时，两个基因均不表达相应的产物，*RhaS* 或 *AraC* 不能发挥抑制作用，启动子 P_{RHAB} 或 P_{BAD} 能驱动相关基因转录，发出绿色荧光。