

专题突破 1 二氧化碳固定方式的多样性及光呼吸

课标要求	说明植物细胞的叶绿体从太阳光中捕获能量，这些能量在二氧化碳和水转变为糖与氧气的过程中，转换并储存为糖分子中的化学能。
考情分析	1.不同生物固定二氧化碳的方式比较：2023·湖南·T17 2022·全国甲·T29 2021·辽宁·T22 2021·天津·T15 2021·全国乙·T29 2.光呼吸：2024·黑吉辽·T21 2022·江苏·T20 2021·山东·T21

典例示范

1. 某研究小组在研究小麦、玉米和芦荟的光合作用时，分别测得三种植物一昼夜 CO_2 吸收速率的变化量，结果如图 1：

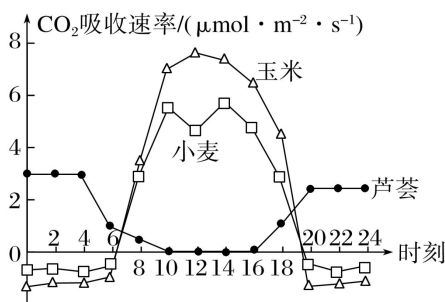


图 1

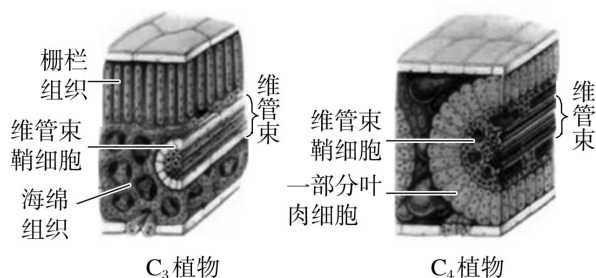
(1)图 1 中小麦在 10~12 时光合作用速率下降的原因是_____。

(2)小麦进行暗反应时， CO_2 被 C_5 固定后，形成 C_3 ，但科学家在研究玉米等原产在热带地区绿色植物的光合作用时发现，这类植物固定 CO_2 时， CO_2 中的碳首先转移到含有四个碳原子的有机物(C_4)中，然后才转移到 C_3 中，科学家将这类植物叫作 C_4 植物，将其特有的固定 CO_2 的途径叫作 C_4 途径；此类作物没有“光合午休”的现象。而像小麦等仅有 C_3 参与 CO_2 固定的植物叫作 C_3 植物，将其固定 CO_2 的途径叫作 C_3 途径。

若用 ^{14}C 标记大气中的 CO_2 ，则小麦植株中 ^{14}C 的转移途径为_____；

玉米植株中 ^{14}C 的转移途径为_____。

(3)请据图 2 比较 C_3 、 C_4 植物的结构并完善表格。



注：维管束主要作用是输导水分、无机盐和有机养料等。

图 2

细胞类别	C ₃ 植物		C ₄ 植物
维管束鞘细胞	形态	小	①_____
	叶绿体	无	有，但无基粒或基粒发育不良
叶肉细胞	排列	栅栏组织、海绵组织	部分叶肉细胞与维管束鞘细胞形成“花环型”结构
	叶绿体	②_____	有，但不能进行暗反应

两圈细胞

(4)C₃ 途径的 CO₂ 固定是通过 Rubisco 来实现的；C₄ 途径的 CO₂ 固定是通过 PEP 羧化酶催化完成的，PEP 羧化酶催化 CO₂ 连接到 PEP 上，形成四碳酸。这两种酶对 CO₂ 的亲合力不同，PEP 羧化酶对 CO₂ 的亲合力比 Rubisco 高出 60 多倍，有利于玉米等植物在叶肉细胞中把大气中含量很低的 CO₂ 以 C₄ 的形式固定下来，形成 C₄ 后进入维管束鞘细胞并释放 CO₂，PEP 羧化酶被形象地称为“CO₂ 泵”。

请解释玉米在 10 ~ 12 h 光合作用速率不降反升的原因：

①_____。

②强光下，可产生更多的 NADPH 和 ATP，以满足 C₄ 植物 C₄ 途径对 ATP 的额外需求。

③维管束鞘细胞中的光合产物可就近运入维管束，从而避免了光合产物累积对光合作用可能产生的抑制作用。

(5)生长在干旱地区的植物如芦荟、仙人掌等多肉植物，具有一种光合固定 CO₂ 的附加途径——CAM 途径，具有 CAM 途径的植物被称为 CAM 植物。图 1 中芦荟在 10~16 h 进行光合作用，但是 CO₂ 吸收速率却是 0，请据图 3 判断：白天，芦荟进行光合作用的 CO₂ 来源是

_____；

夜晚，芦荟_____ (填“能”或“不能”)进行卡尔文循环。

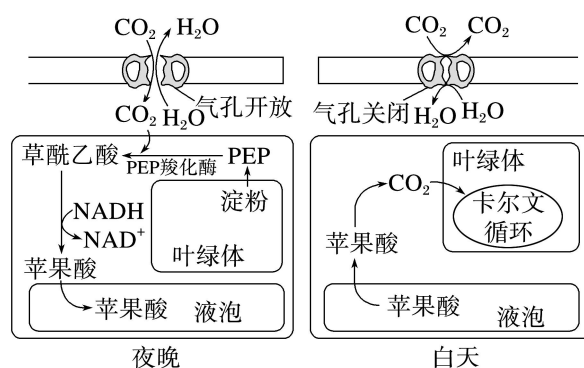


图3

答案 (1)温度过高，植物蒸腾作用失水过多导致气孔导度下降，CO₂ 吸收减少

(2)¹⁴CO₂→¹⁴C₃→(¹⁴CH₂O) ¹⁴CO₂→¹⁴C₄→¹⁴CO₂→¹⁴C₃→(¹⁴CH₂O) (3)①大 ②有 (4)①叶

肉细胞中的 PEP 羧化酶对 CO₂ 有很高的亲和力，能浓缩低浓度的 CO₂，从而增加维管束鞘

细胞中 CO_2 的浓度 (5)苹果酸的分解和细胞呼吸 不能

2. 不同物种独立演化出相同或相似的性状称为趋同进化。在干旱、炎热的条件下,植物的气孔都会关闭,关闭气孔会阻止 CO_2 进入叶片和 O_2 逸出叶片。其结果是叶内 CO_2 很少,而光合作用的光反应所释放的 O_2 又在叶内积累。光合作用暗反应中的用于固定 CO_2 的酶 Rubisco 有一个特点,能够固定 O_2 ,所以称为加氧酶。在 CO_2 很少而 O_2 很多的情况下,这种固定 O_2 的作用非常显著,其结果是将糖转化为一种二碳化合物,然后植物细胞又将这种二碳化合物分解为 CO_2 和水,这种作用为光呼吸。光呼吸的结果不产生糖,而是使细胞中已有的糖转变成 CO_2 ,但是光呼吸不产生 ATP。

(1)根据文中信息阐述光呼吸与有氧呼吸的区别与联系:_____。

(2)结合题干信息分析,下列可作为光合作用趋同进化的证据有_____(多选)。

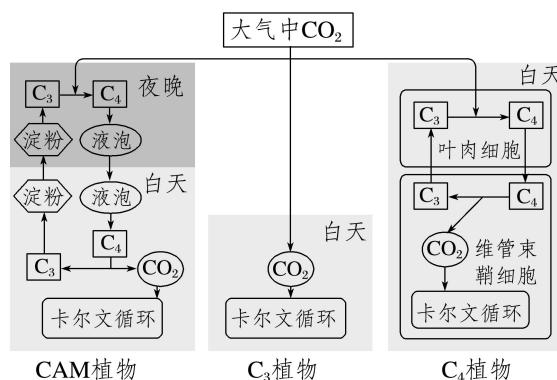
- A. 从蓝细菌到开花植物捕获光能的装置都是叶绿体
- B. 为避免光呼吸,陆生植物进化出多种碳浓缩机制
- C. C_4 植物和 CAM 植物都利用 Rubisco 酶来固定 CO_2
- D. C_4 植物和 CAM 植物都把 CO_2 的捕获和固定分开

答案 (1)光呼吸与有氧呼吸的联系:光呼吸和有氧呼吸都需要消耗氧气,都能将糖分解为 CO_2 和水;光呼吸与有氧呼吸的区别:光呼吸不产生 ATP,有氧呼吸产生 ATP (2)BCD

解析 (2)蓝细菌是原核生物,光合作用在其光合片层上进行,没有叶绿体,A 错误;光呼吸是 CO_2 很少而 O_2 很多的情况下发生的,所以陆生植物进化出固定低浓度 CO_2 机制,可避免光呼吸,是趋同进化的证据之一,B 正确; C_4 植物和 CAM 植物都利用 R 酶来固定 CO_2 ,是趋同进化的证据之一,C 正确; C_4 植物和 CAM 植物都把 CO_2 的捕获和固定分开,前者在空间上分开,后者在时间上分开,是趋同进化的证据之一,D 正确。

归纳总结

1. C_3 植物、 C_4 植物和 CAM 植物固定 CO_2 方式的比较



(1)比较 C_4 植物、CAM 植物固定 CO_2 的方式

相同点:都对 CO_2 进行了两次固定;

不同点: C_4 植物两次固定 CO_2 在空间上错开;CAM 植物两次固定 CO_2 在时间上错开。

(2)比较 C_3 、 C_4 、CAM 途径

C_3 途径是碳同化的基本途径, C_4 途径和 CAM 途径都只起固定 CO_2 的作用, 最终还是通过 C_3 途径合成有机物。

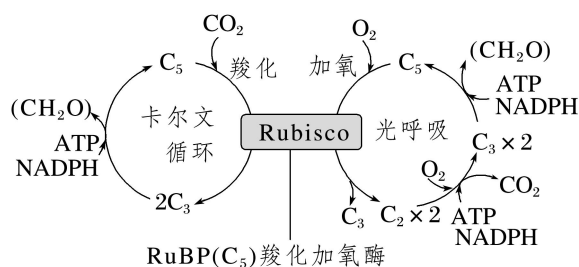
2. 光呼吸

(1) 发生条件

① 干旱、炎热条件下, 气孔关闭, 阻止 CO_2 进入叶片和 O_2 逸出叶片。

② Rubisco 具有两面性(或双功能)。

(2) 过程



(3) 发生场所: 叶绿体、过氧化物酶体、线粒体。

(4) 不利影响: 光呼吸消耗掉暗反应的底物 C_5 , 导致光合作用减弱, 农作物产量降低。

(5) 有利影响

① 光呼吸是进行光合作用的细胞为适应高光照及高 O_2 低 CO_2 的条件下, 提高抗逆性而形成的一条代谢途径;

② 在干旱和高辐射等环境中, 气孔关闭, 胞间 CO_2 浓度降低, 会导致光抑制。此时光呼吸释放 CO_2 , 用于光合作用, 减少碳损失; 消耗高光强产生过多的 NADPH 和 ATP, 保护光合结构。

(6) 二氧化碳的猝发: 指在光照突然停止之后释放出大量的二氧化碳的现象。是光合作用停止而光呼吸还在进行造成的。

(7) 光呼吸与细胞呼吸的区别

反应条件不同: 光呼吸的强度大致和光强度成正比。只有在光照下, CO_2 浓度降低, O_2 浓度增高时才进行。

产能情况不同: 光呼吸虽然能使有机物分解为 CO_2 , 却不产生 ATP 或 NADPH。

对点精练

1. (2021·全国乙, 29 节选) 生活在干旱地区的一些植物(如植物甲)具有特殊的 CO_2 固定方式。这类植物晚上气孔打开吸收 CO_2 , 吸收的 CO_2 通过生成苹果酸储存在液泡中; 白天气孔关闭, 液泡中储存的苹果酸脱羧释放的 CO_2 可用于光合作用。回答下列问题:

(1) 光合作用所需的 CO_2 来源于苹果酸脱羧和_____释放的 CO_2 。

(2) 若以 pH 作为检测指标, 请设计实验来验证植物甲在干旱环境中存在这种特殊的 CO_2 固定方式(简要写出实验思路和预期结果)。

答案 (1) 细胞呼吸 (2) 实验思路: 分别在白天和夜间每隔一定时间取干旱条件下生长的植

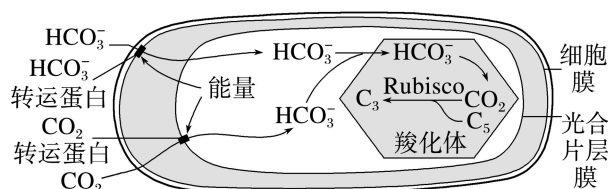
物甲的叶片，测定叶肉细胞液泡中的 pH；预期结果：植物甲叶肉细胞液泡中 pH 在夜间逐渐降低、白天逐渐升高。

2. (2022·全国甲，29 节选) C_4 植物的 CO_2 补偿点比 C_3 植物的低。 CO_2 补偿点通常是指环境 CO_2 浓度降低导致光合速率与呼吸速率相等时的环境 CO_2 浓度。回答问题：

干旱会导致气孔开度减小，研究发现在同等程度干旱条件下， C_4 植物比 C_3 植物生长得好。从两种植物 CO_2 补偿点的角度分析，可能的原因是_____。

答案 干旱会导致气孔开度减小， CO_2 供应减少， C_4 植物的 CO_2 补偿点比 C_3 植物低，因此在低 CO_2 浓度下， C_4 植物比 C_3 植物合成的有机物多

3. (2021·天津，15) Rubisco 是光合作用过程中催化 CO_2 固定的酶。但其也能催化 O_2 与 C_5 结合，形成 C_3 和 C_2 ，导致光合效率下降。 CO_2 与 O_2 竞争性结合 Rubisco 的同一活性位点，因此提高 CO_2 浓度可以提高光合效率。蓝细菌具有 CO_2 浓缩机制，如图所示。回答问题：



注：羧化体具有蛋白质外壳，可限制气体扩散。

据图分析， CO_2 依次以_____和_____方式通过细胞膜和光合片层膜。蓝细菌的 CO_2 浓缩机制可提高羧化体中 Rubisco 周围的 CO_2 浓度，从而通过促进_____和抑制_____提高光合效率。

答案 自由扩散 主动运输 CO_2 固定 O_2 与 C_5 结合

4. (2021·辽宁，22 节选) 早期地球大气中的 O_2 浓度很低，到了大约 3.5 亿年前，大气中 O_2 浓度显著增加， CO_2 浓度明显下降。现在大气中的 CO_2 浓度约为 $390 \mu mol \cdot mol^{-1}$ ，是限制植物光合作用速率的重要因素。核酮糖二磷酸羧化酶/加氧酶(Rubisco)是一种催化 CO_2 固定的酶，在低浓度 CO_2 条件下，催化效率低。有些植物在进化过程中形成了 CO_2 浓缩机制，极大地提高了 Rubisco 所在局部空间位置的 CO_2 浓度，促进了 CO_2 的固定。回答下列问题：

(1) 海水中的无机碳主要以 CO_2 和 HCO_3^- 两种形式存在，水体中 CO_2 浓度低、扩散速度慢，有些藻类具有图 1 所示的无机碳浓缩过程，图中 HCO_3^- 浓度最高的场所是_____ (填“细胞外”“细胞质基质”或“叶绿体”)，可为图示过程提供 ATP 的生理过程有_____。

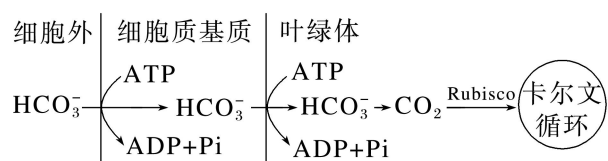


图 1

(2) 某些植物还有另一种 CO_2 浓缩机制，部分过程见图 2。在叶肉细胞中，磷酸烯醇式丙酮酸

羧化酶(PEPC)可将 HCO_3^- 转化为有机物,该有机物经过一系列的变化,最终进入相邻的维管束鞘细胞释放 CO_2 ,提高了 Rubisco 附近的 CO_2 浓度。由这种 CO_2 浓缩机制可以推测,PEPC 与无机碳的亲合力_____ (填“高于”“低于”或“等于”)Rubisco。

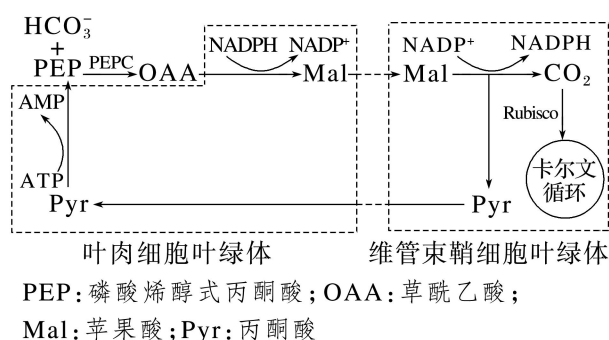


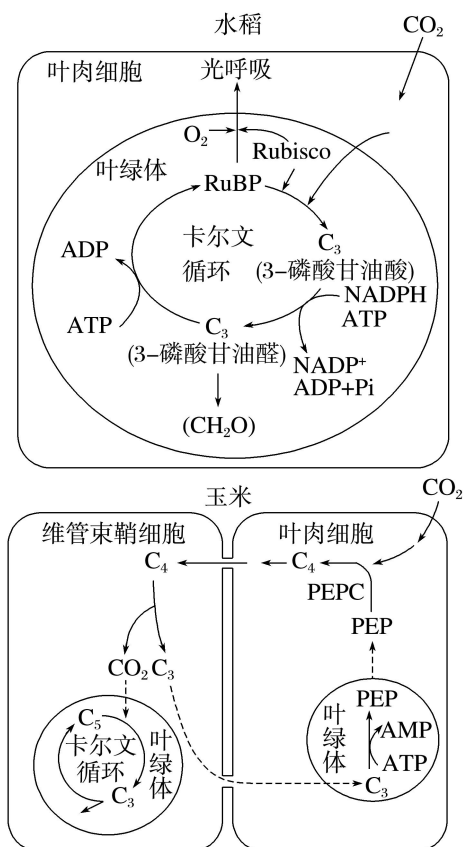
图 2

(3)通过转基因技术或蛋白质工程技术,能进一步提高植物光合作用的效率,以下研究思路合理的有_____。

- A. 改造植物的 HCO_3^- 转运蛋白基因,增强 HCO_3^- 的运输能力
- B. 改造植物的 PEPC 基因,抑制 OAA 的合成
- C. 改造植物的 Rubisco 基因,增强 CO_2 固定能力
- D. 将 CO_2 浓缩机制相关基因转入不具备此机制的植物

答案 (1)叶绿体 呼吸作用和光合作用 (2)高于 (3)ACD

5. (20 分)(2023·湖南, 17 节选)如图是水稻和玉米的光合作用暗反应示意图。卡尔文循环的 Rubisco 酶对 CO_2 的 K_m 为 $450 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (K_m 越小,酶对底物的亲合力越大),该酶既可催化 RuBP 与 CO_2 反应,进行卡尔文循环,又可催化 RuBP 与 O_2 反应,进行光呼吸(绿色植物在光照下消耗 O_2 并释放 CO_2 的反应)。该酶的酶促反应方向受 CO_2 和 O_2 相对浓度的影响。与水稻相比,玉米叶肉细胞紧密围绕维管束鞘,其中叶肉细胞叶绿体是水光解的主要场所,维管束鞘细胞的叶绿体主要与 ATP 生成有关。玉米的暗反应先在叶肉细胞中利用 PEPC 酶 (PEPC 对 CO_2 的 K_m 为 $7 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 催化磷酸烯醇式丙酮酸(PEP)与 CO_2 反应生成 C_4 , 固定产物 C_4 转运到维管束鞘细胞后释放 CO_2 , 再进行卡尔文循环。回答下列问题:



(1)在干旱、高光照强度环境下,玉米的光合作用强度_____ (填“高于”或“低于”)水稻。
从光合作用机制及其调控分析,原因是_____

(答出三点即可)。

(2)某研究将蓝细菌的 CO_2 浓缩机制导入水稻,水稻叶绿体中 CO_2 浓度大幅提升,其他生理代谢不受影响,但在光饱和条件下水稻的光合作用强度无明显变化。其原因可能是_____

(答出三点即可)。

答案 (1)高于 玉米 PEPCase 对 CO_2 的亲合力大,利用低浓度 CO_2 能力强;维管束鞘细胞中 O_2 含量低,光呼吸弱;玉米维管束鞘细胞的光合产物转运至输导组织的速度快 (2)酶的活性达到最大,对 CO_2 的利用率不再提高;受到 ATP 以及 NADPH 等物质含量的限制;原核生物和真核生物光合作用机制有所不同

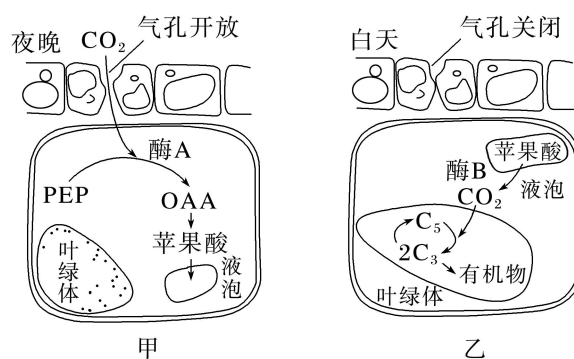
课时精练

选择题 1~3 题,每小题 6 分,4~9 题,每小题 7 分,共 60 分。

一、选择题

1. (2024·韶关联考)图示为生活在干旱地区的景天科植物 CAM 代谢途径示意图,下列叙述

错误的是()

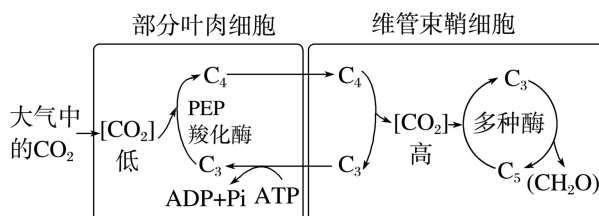


- A. 景天科植物固定 CO_2 形成 C_3 的场所是叶绿体基质
- B. 景天科植物原产地夏季夜晚酶 A 活性高，酶 B 活性低
- C. 给植物提供 ^{14}C 标记的 $^{14}\text{CO}_2$, ^{14}C 可以出现在 OAA、苹果酸、 C_3 和有机物中
- D. 在夜晚，叶肉细胞能产生 ATP 的细胞器有线粒体和叶绿体

答案 D

解析 在夜晚，叶肉细胞只能通过细胞呼吸产生 ATP，即产生 ATP 的细胞器是线粒体，D 错误。

2. (2025·广东南粤名校联考)甘蔗、玉米是常见的 C_4 植物， C_4 植物的叶片具有特殊的花环结构，其叶肉细胞中的叶绿体有类囊体但没有 Rubisco，而维管束鞘细胞中的叶绿体没有类囊体但有 Rubisco。 C_4 植物的光合作用过程如图所示。已知 PEP 羧化酶对 CO_2 的亲合力远高于 Rubisco，下列叙述错误的是()



- A. 维管束鞘细胞可以通过卡尔文循环制造糖类
- B. 叶肉细胞可以通过光反应产生 ATP 和 NADPH
- C. 甘蔗、玉米等 C_4 植物具有较低的 CO_2 补偿点
- D. 甘蔗、玉米等 C_4 植物具有明显的光合午休现象

答案 D

解析 暗反应过程也称作卡尔文循环，由于维管束鞘细胞中的叶绿体没有类囊体，但有 Rubisco 参与暗反应过程，所以维管束鞘细胞可以通过卡尔文循环制造糖类，A 正确；叶肉细胞中的叶绿体有类囊体，光反应阶段的场所在类囊体薄膜，因此叶肉细胞可以通过光反应产生 O_2 、ATP 和 NADPH，B 正确； C_4 植物叶肉细胞中存在 PEP 羧化酶，由于 PEP 羧化酶对 CO_2 的亲合力远高于 Rubisco，所以在 CO_2 浓度较低时，PEP 羧化酶可催化 CO_2 与 C_3 结合形成 C_4 ， C_4 从叶肉细胞运输至维管束鞘细胞，分解产生高浓度 CO_2 ，用于暗反应，因此 C_4 植

物对低浓度 CO_2 具有富集作用，提高光合速率，所以甘蔗、玉米等 C_4 植物具有较低的 CO_2 补偿点，C 正确；光合午休现象是由于气温升高，植物为减少蒸腾作用而关闭大部分的气孔，吸收 CO_2 减少，导致光合速率下降的现象， C_4 植物存在 C_4 途径，一般没有光合午休现象，D 错误。

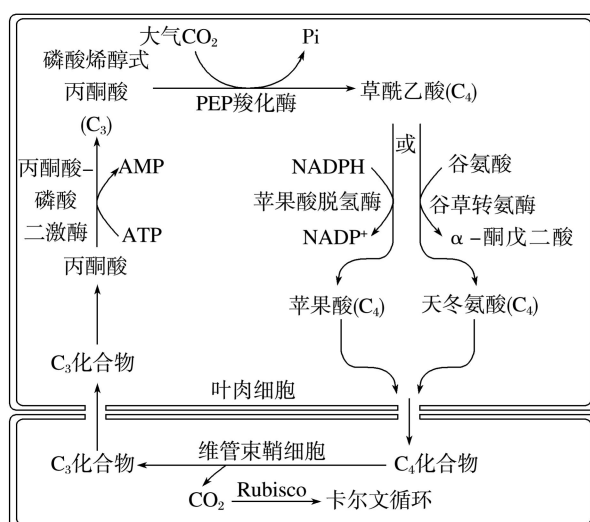
3. 下列有关 C_3 植物和 C_4 植物代谢和结构特点的描述，正确的是()

- A. C_3 植物都为阴生植物， C_4 植物多为阳生植物
- B. 在进行光合作用时， C_3 植物和 C_4 植物分别将 CO_2 中的 C 首先转移到 C_3 和 C_4 中
- C. C_3 植物的叶肉细胞具有正常叶绿体， C_4 植物的叶肉细胞具有无基粒的叶绿体
- D. C_4 植物的维管束鞘外有“花环型”的两圈细胞

答案 B

解析 C_3 植物既有阳生植物也有阴生植物，A 错误； C_4 植物的维管束鞘细胞具有无基粒的叶绿体，而叶肉细胞具有有基粒的叶绿体，C 错误； C_4 植物的叶片中，围绕着维管束的是呈“花环型”的两圈细胞：里面一圈是维管束鞘细胞，外面一圈是一部分叶肉细胞，D 错误。

4. C_4 植物是指生长过程中从空气中吸收 CO_2 后，首先合成含四个碳原子化合物的植物，其能浓缩空气中低浓度的 CO_2 用于光合作用。玉米属于 C_4 植物，与 C_3 植物相比具有生长能力强、需水量少等优点。如图为 C_4 植物光合作用固定 CO_2 过程的简图。下列相关叙述错误的是()

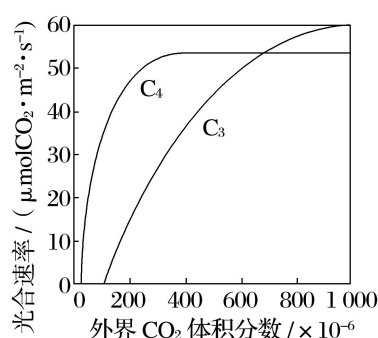


- A. C_4 植物叶肉细胞固定 CO_2 时不产生 C_3 ，而是形成苹果酸或天冬氨酸
- B. 据图推测暗反应的场所在叶肉细胞中
- C. 由 CO_2 浓缩机制可推测，PEP 羧化酶对 CO_2 的亲合力高于 Rubisco
- D. 图中丙酮酸转变为磷酸烯醇式丙酮酸(C_3)的过程属于吸能反应

答案 B

5. 根据光合作用中 CO_2 固定方式的不同，植物可分为多种类型，其中 C_3 和 C_4 植物的光合速率随外界 CO_2 浓度的变化如图所示(CO_2 饱和点是指植物光合速率开始达到最大值时

的外界 CO_2 浓度)。据图分析, 下列说法错误的是()



- A. 在低 CO_2 浓度下, C_4 植物光合速率更易受 CO_2 浓度变化的影响
- B. 在 C_4 植物 CO_2 饱和点时, C_4 植物的光合速率要比 C_3 植物的低
- C. 适当扩大 C_3 植物的种植面积, 可能更有利于实现碳中和的目标
- D. 在干旱条件下, 气孔开度减小, C_4 植物生长效果要优于 C_3 植物

答案 B

解析 分析题图可知, 在低 CO_2 浓度下, CO_2 浓度稍微提高, C_4 植物光合速率快速提高, C_3 植物在 CO_2 浓度很低时不进行光合作用, A 正确; 根据图示, 在 C_4 植物 CO_2 饱和点(外界 CO_2 体积分数为 300×10^{-6} 左右)时, C_4 植物的光合速率要比 C_3 植物的高, B 错误; 分析题图, C_3 植物的 CO_2 饱和点更高, 能利用更多的 CO_2 , 从而减少大气中的 CO_2 , C 正确; 在干旱条件下, 气孔开度减小, C_4 植物能利用更低浓度的 CO_2 , 生长效果要优于 C_3 植物, D 正确。

6. 在干旱、高温条件下, 玉米(C_4 植物)由于含有磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC), 其利用 CO_2 的能力远远高于水稻(C_3 植物), 具有明显的生长及产量优势。育种专家从玉米的基因组中分离出 *PEPC* 基因, 培育出高光合效率的转基因水稻。下列叙述正确的是()

- A. 鉴定时需测定并比较转基因水稻与非转基因水稻同化 CO_2 的速率
- B. DNA 聚合酶与 *PEPC* 基因上的启动子结合后能驱动该基因转录
- C. 可使用 PCR 技术检测 *PEPC* 基因是否在转基因水稻中成功表达
- D. 基于转基因水稻的科学研究, 体现了生物多样性的间接价值

答案 A

解析 RNA 聚合酶识别并结合启动子, 驱动转录, DNA 聚合酶催化合成 DNA, B 错误; PCR 技术可检测目的基因及其转录出的 RNA, 但不能检测翻译是否成功, C 错误; 基于转基因水稻的科学研究, 体现了生物多样性的直接价值, D 错误。

7. 蓝细菌能通过产生的一组特殊蛋白质将 CO_2 浓缩在 Rubisco(固定 CO_2 的关键酶)周围。科学家们在蓝细菌这一 CO_2 浓缩机制的研究中又有新发现。下列有关叙述错误的是()

- A. Rubisco 是在蓝细菌的核糖体上合成的
- B. 蓝细菌中含有 DNA 和 RNA, 其 DNA 主要位于拟核中

C. 蓝细菌的 CO_2 浓缩机制可能是自然选择的结果

D. 蓝细菌中催化 H_2O 光解的酶与 Rubisco 相同

答案 D

解析 酶具有专一性，蓝细菌中催化 H_2O 光解的酶与 Rubisco 不同，后者用于 CO_2 的固定，D 错误。

8. (2024·梅州月考)科学家研究出二氧化碳到淀粉的人工合成途径，这是基础研究领域的重大突破，技术路径如图所示，图中①~⑥表示相关过程。下列分析不正确的是()



A. 该途径与叶肉细胞相比，不进行细胞呼吸消耗糖类，能积累更多的有机物

B. 过程④⑤⑥类似于固定二氧化碳产生糖类的过程

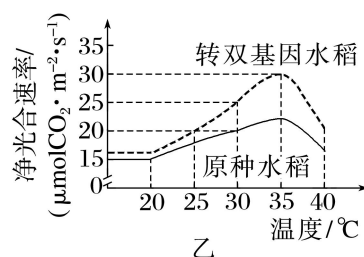
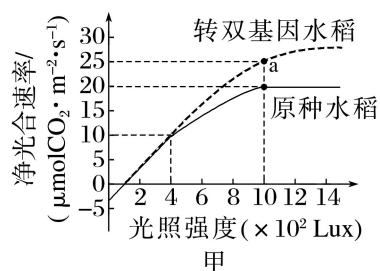
C. 该技术在物质转化的过程中没有能量的转化

D. 该途径能更大幅度地缓解粮食短缺问题，同时能节约耕地和淡水资源

答案 C

解析 该途径与叶肉细胞相比，不进行细胞呼吸，即不消耗糖类，在相同条件下能积累更多的有机物，A 正确；过程④⑤⑥形成有机物，类似于固定二氧化碳产生糖类的过程，B 正确；该途径实现了“光能→有机物中化学能”的能量转化，C 错误；该研究成果的意义是有助于实现碳中和、缓解人类粮食短缺问题，同时可以节约耕地和淡水资源，D 正确。

9. 图甲是将玉米的 *PEPC*(与 CO_2 的固定有关的酶)基因与 *PPDK*(催化 CO_2 初级受体“PEP”生成的酶)基因导入水稻后，在某一温度下测得光照强度对转双基因水稻和原种水稻净光合速率的影响；图乙是在光照为 1 000 Lux 下测得温度影响净光合速率的变化曲线(净光合速率是指植物光合作用积累的有机物，是总光合速率减去呼吸速率的值)。下列相关叙述错误的是()



- A. PEPC 在转双基因水稻叶肉细胞的叶绿体基质中发挥作用
 B. 将温度调整为 35 ℃，重复图甲相关实验，a 点会向左下方移动
 C. 与原种水稻相比，转双基因水稻更适宜栽种在强光照环境中
 D. 图甲温度条件下，转双基因水稻与原种水稻的细胞呼吸强度相等

答案 B

解析 PEPC 与 CO_2 的固定有关， CO_2 固定的场所是叶绿体基质，故转基因成功后，正常情况下，PEPC 在转双基因水稻叶肉细胞的叶绿体基质中发挥作用，A 正确；由图甲可知，a 点表示在 1 000 Lux 光照强度下转双基因水稻的净光合速率是 $25 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，对应图乙的温度是 30 ℃，据图乙可知，在 30 ℃、1 000 Lux 光照强度条件下，转双基因水稻的净光合速率小于 35 ℃时，故将温度调整为 35 ℃重复图甲相关实验，则净光合速率增大，a 点向右上方移动，B 错误；由图甲可知，转双基因水稻的光饱和点要高于原种水稻，所以更适宜栽种在强光照环境中，C 正确；由图甲可知，当光照强度为 0 时，两条曲线的起点相同，故该温度条件下，两者细胞呼吸强度相等，D 正确。

二、非选择题

10. (22 分)(2024·黑吉辽，21)在光下叶绿体中的 C_5 能与 CO_2 反应形成 C_3 ；当 CO_2/O_2 比值低时， C_5 也能与 O_2 反应形成 C_2 等化合物。 C_2 在叶绿体、过氧化物酶体和线粒体中经过一系列化学反应完成光呼吸过程。上述过程在叶绿体与线粒体中主要物质变化如图 1。

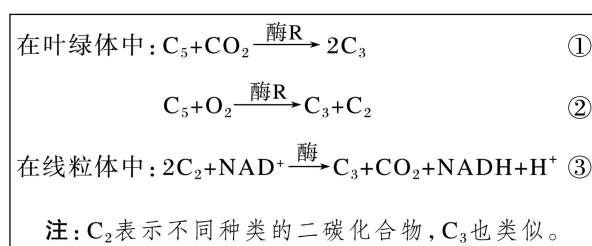


图 1

光呼吸将已经同化的碳释放，且整体上是消耗能量的过程。回答下列问题：

(1)反应①是_____过程。

(2)与光呼吸不同，以葡萄糖为反应物的有氧呼吸产生 NADH 的场所是_____和_____。

(3)(14 分)我国科学家将改变光呼吸的相关基因转入某种农作物野生型植株(WT)，得到转基因株系 1 和 2，测定净光合速率，结果如图 2、图 3。图 2 中植物光合作用 CO_2 的来源除了有外界环境外，还可来自_____和_____ (填生理过程)。7~10 时株系 1 和 2 与 WT 净光合速率逐渐产生差异，原因是_____

据图 3 中的数据_____ (填“能”或“不能”)计算出株系 1 的总光合速率，理由是

(4)结合上述结果分析，选择转基因株系 1 进行种植，产量可能更具优势，判断的依据是

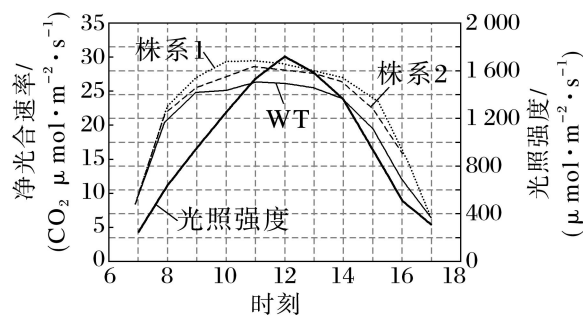


图 2

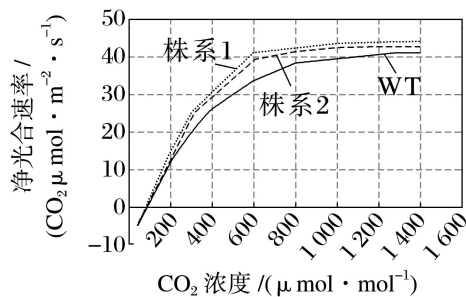


图 3

答案 (1)CO₂ 的固定 (2)细胞质基质 线粒体基质 (3)光呼吸 呼吸作用 净光合速率=总光合速率-呼吸速率-光呼吸速率, 7~10 时, 随着光照强度的增加, 与 WT 相比, 株系 1、株系 2 因转基因, 降低了光呼吸强度 不能 总光合速率=净光合速率+细胞呼吸速率+光呼吸速率, 在图 3 中, 能看到净光合速率和呼吸作用速率, 但无法得知光呼吸速率 (4)与株系 2 与 WT 相比, 转基因株系 1 的净光合速率最大

11. (18 分)同一地区种植玉米(C₄ 植物)和水稻(C₃ 植物)两种作物, 夏季晴朗白天, 水稻出现“光合午休”现象, 而玉米没有此现象。研究发现: 玉米叶肉细胞含有典型叶绿体, 维管束鞘细胞含有的叶绿体只能进行暗反应。请结合图回答问题:

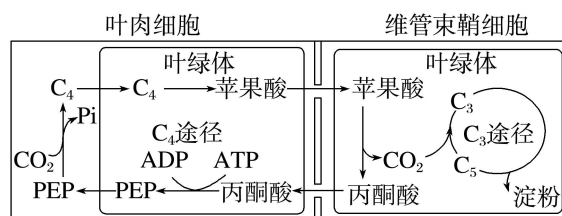


图 1

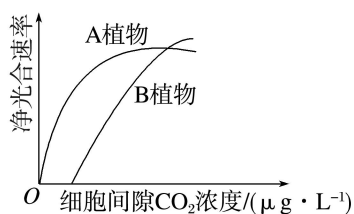


图 2

(1)玉米维管束鞘细胞含有的叶绿体只能进行暗反应，因此玉米叶片光反应发生在

(填具体场所)。

由图 1 可知， CO_2 先后与_____ (物质)结合。玉米叶肉细胞和维管束鞘细胞结构和功能不同的根本原因是_____

_____。

(2)玉米维管束鞘细胞与相邻叶肉细胞通过胞间连丝相连，其作用是_____

_____。与水稻相比，玉米的 CO_2 的补偿点较_____。高温、干旱时玉米还能保持高效光合作用的原因是_____

_____。

据此推测，图 2 中_____ (填“A”或“B”)植物为 C_4 植物。

(3)为了让水稻获得 C_4 途径中固定 CO_2 的酶，提高对 CO_2 的亲合力，利用所学的生物技术与工程相关知识，提出你的设计思路：_____

_____。

答案 (1)叶肉细胞的叶绿体类囊体薄膜 PEP、 C_5 基因的选择性表达 (2)实现细胞间的物质交换和信息交流 低 玉米叶肉细胞中固定 CO_2 的酶对 CO_2 的亲合力更高，可利用较低浓度 CO_2 进行光合作用 A (3)获取 C_4 途径固定 CO_2 的酶的基因(PEP 羧化酶基因)，将其导入水稻细胞