



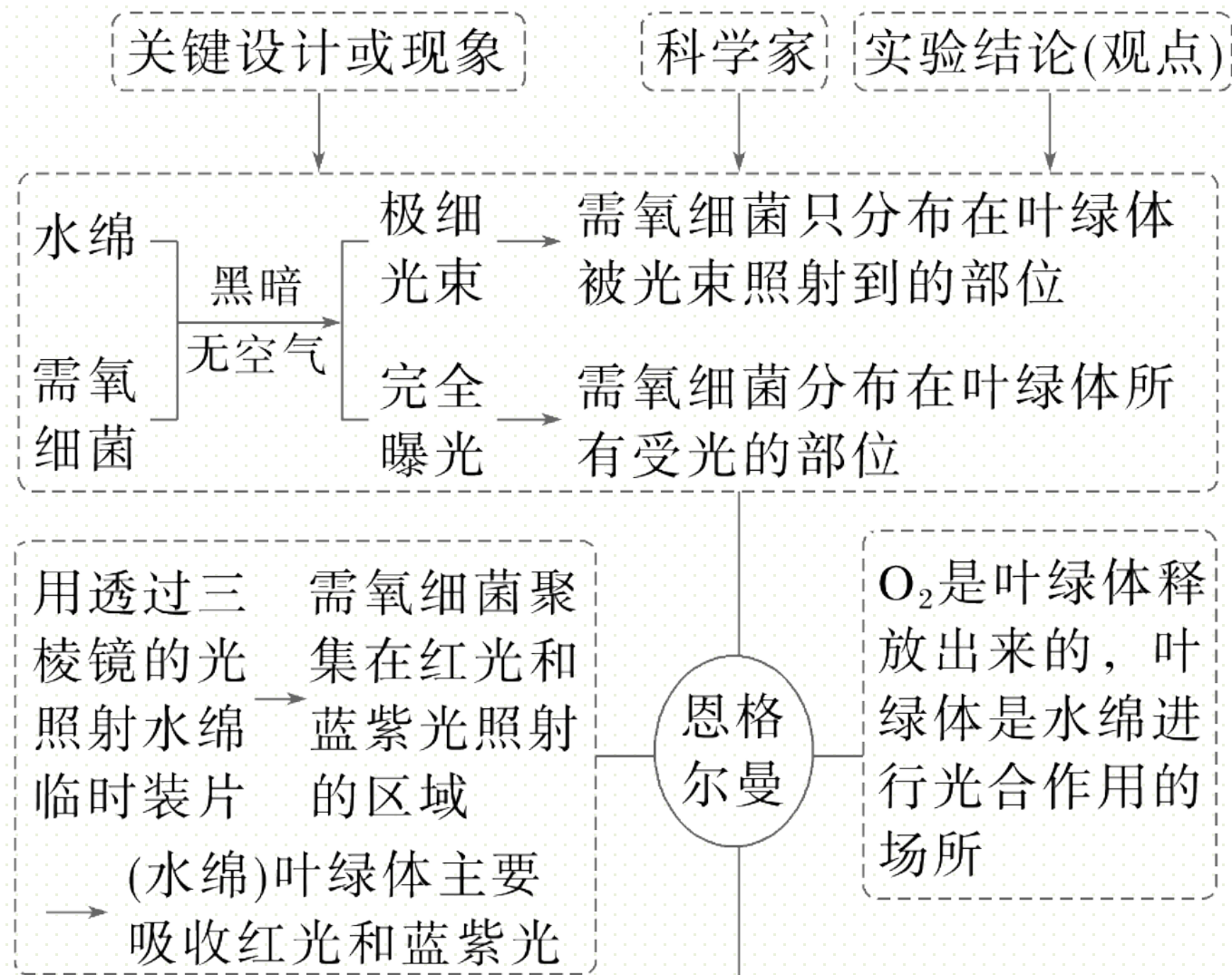
争分点突破 1

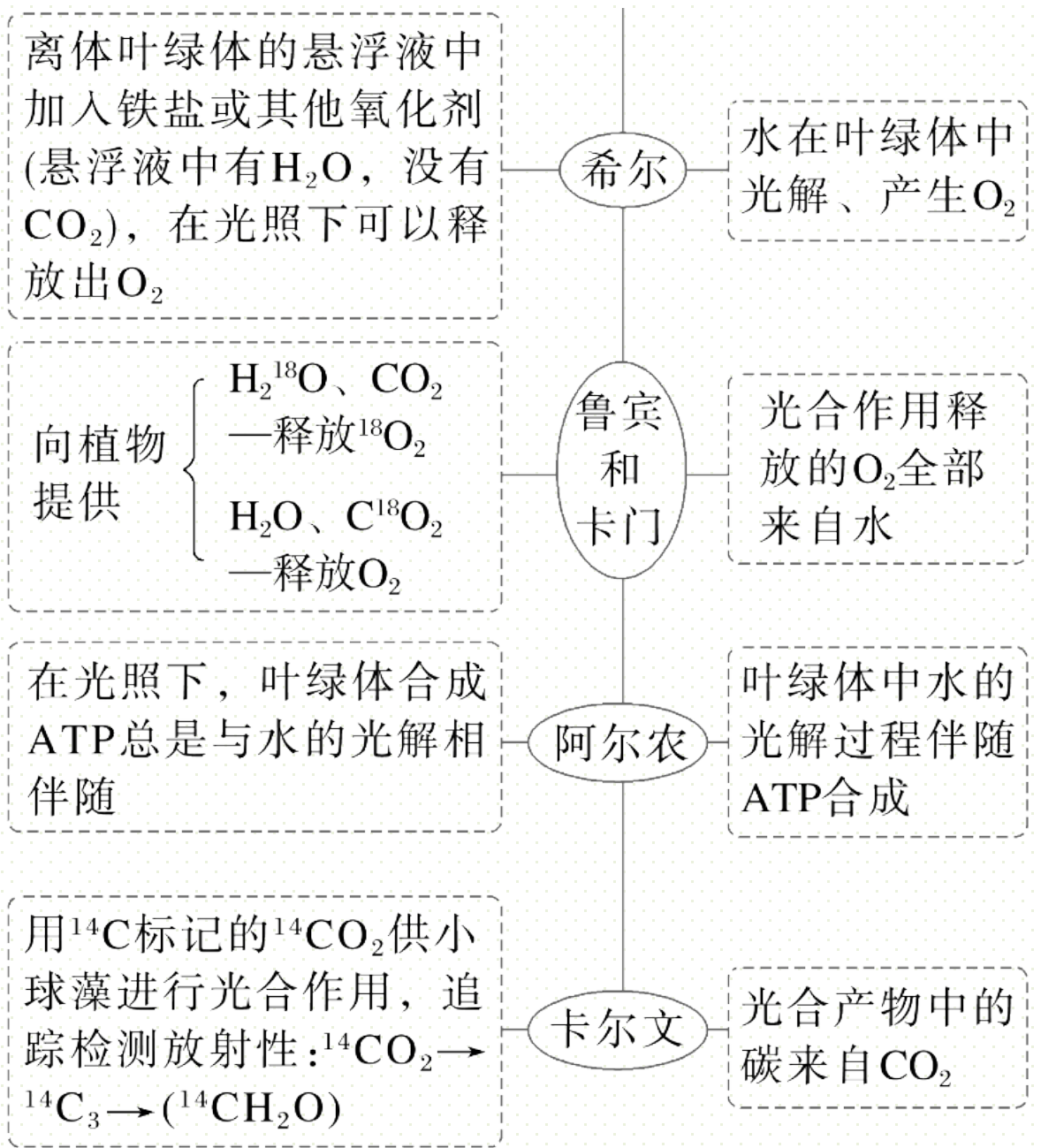
光合作用的原理



一 核心提炼

1. 探索光合作用原理的部分实验



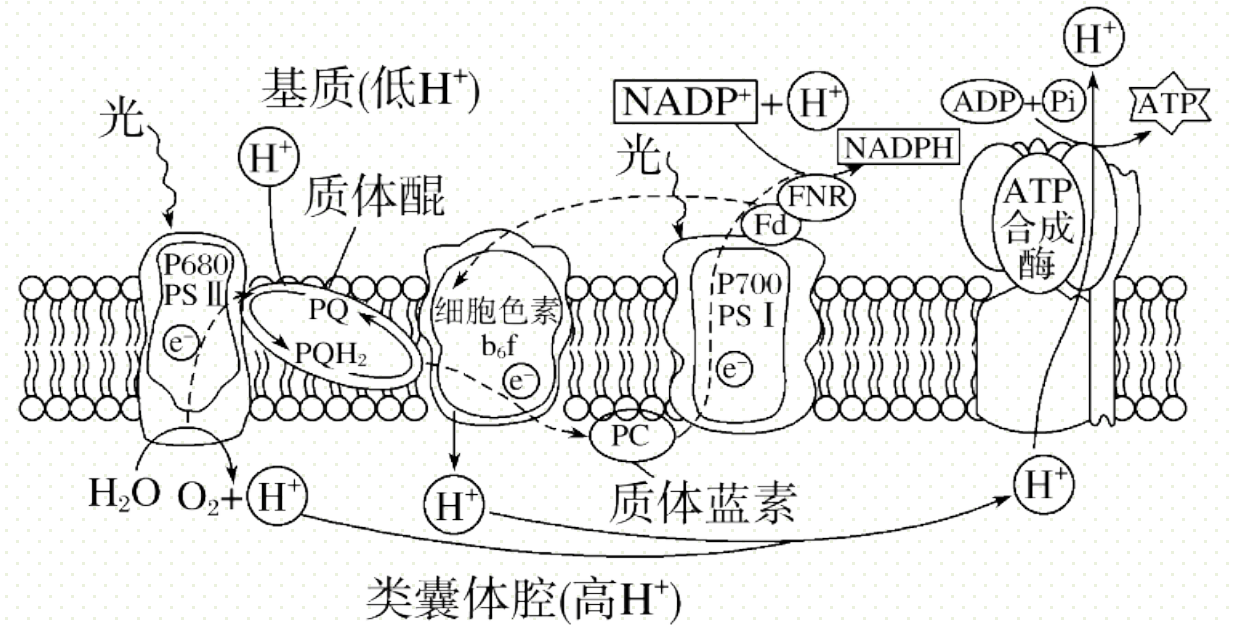


2. 光合作用的原理

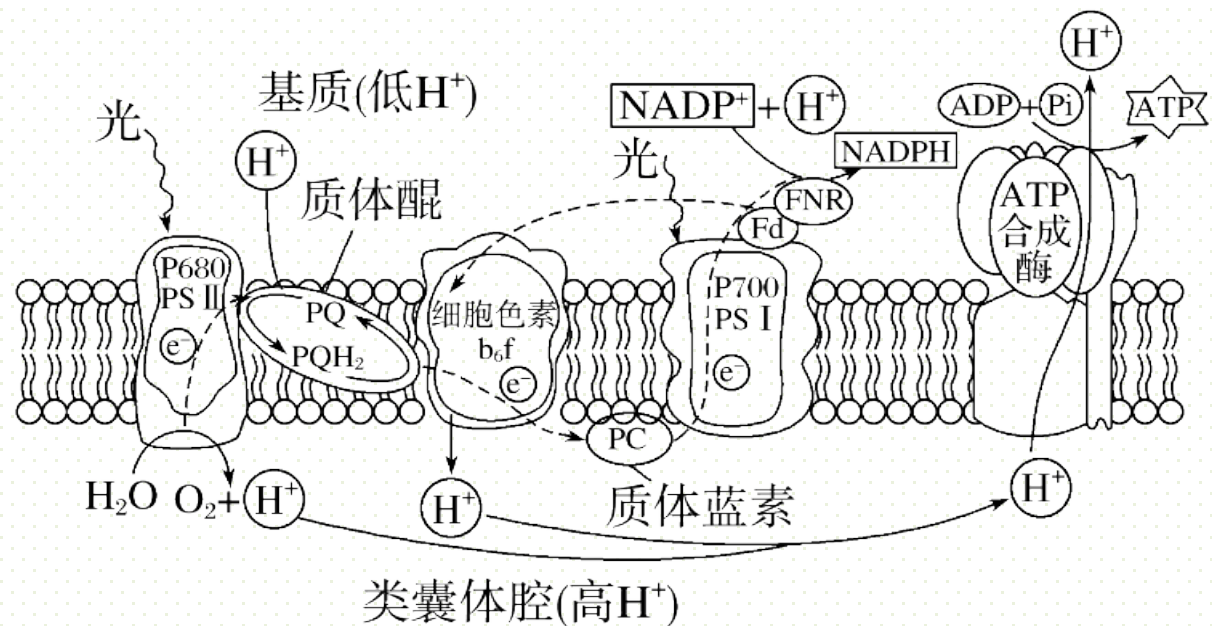
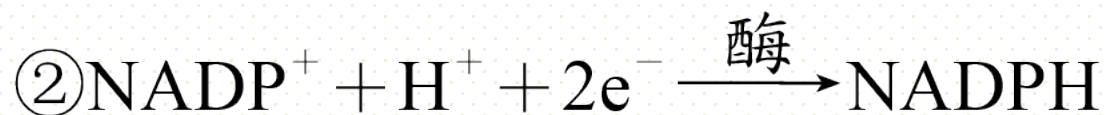
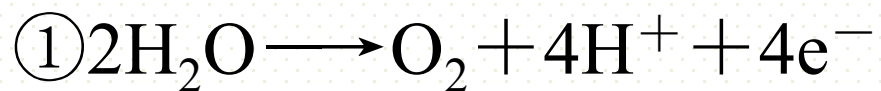
I. 光反应

(1) 光合色素 (PS II 和 PS I) 的主要功能是吸收、传递、转化光能，其吸收的光能有两个方面的用途：一是将水分解产生氧和 H^+ ，氧直接以氧分子的形式

释放出去， H^+ 与氧化型辅酶 II ($NADP^+$) 结合，形成还原型辅酶 II ($NADPH$)；二是在有关酶的作用下，提供能量促使 ATP 的合成。



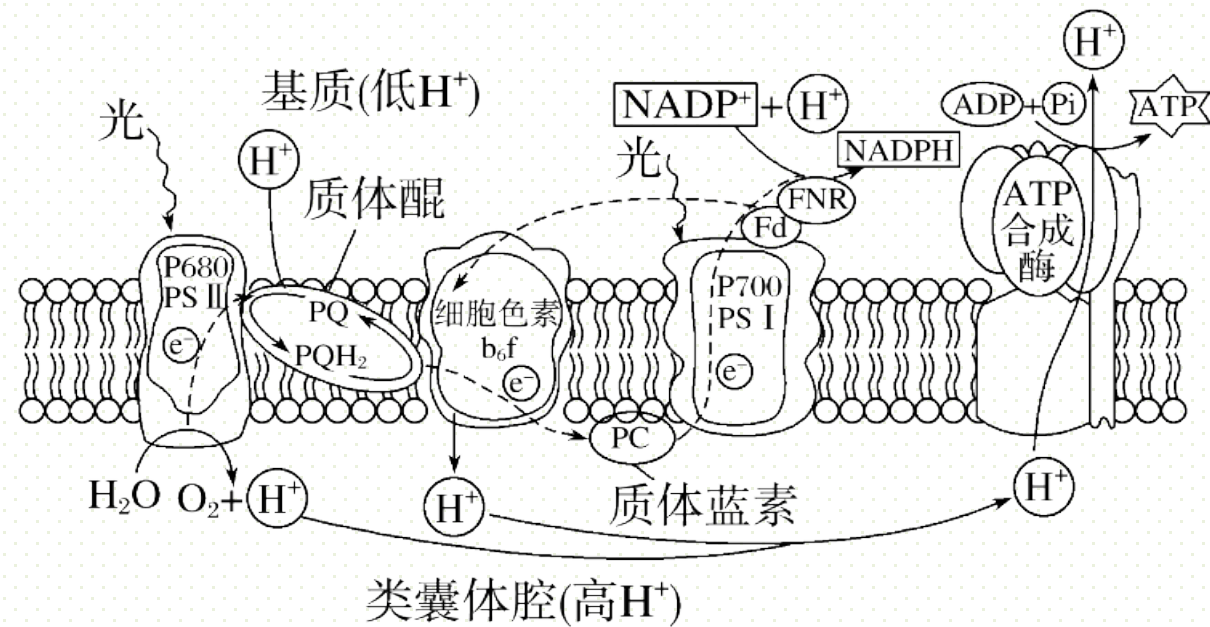
(2)物质变化



小结 电子的最初供体是水，最终受体是NADP⁺，电子传递的最终产物是NADPH。

(3) 能量变化

在PS II中，日光激发叶绿素中的电子由低能状态转化为高能状态，随后能量转移到ATP中。高能电子再转化为低能电子，进入PS I，PS I中的能量变化为光能→电能→NADPH中的化学能。



拓展 (1)质子浓度(电化学)梯度的建立

①PS II 在类囊体的囊腔侧进行水的光解产生 H^+ ；

②质子泵将一些 H^+ 逆浓度梯度从基质泵入类囊体腔； ③另一些 H^+ 在基质中和 $NADP^+$ 形成NADPH。

(2)合成ATP

类囊体膜的磷脂双分子层对质子高度不通透，因此类囊体内的高浓度质子只能通过ATP合成酶顺浓度梯度流出，而ATP合成酶利用质子顺浓度梯度流出释放的能量来合成ATP。

II.暗反应

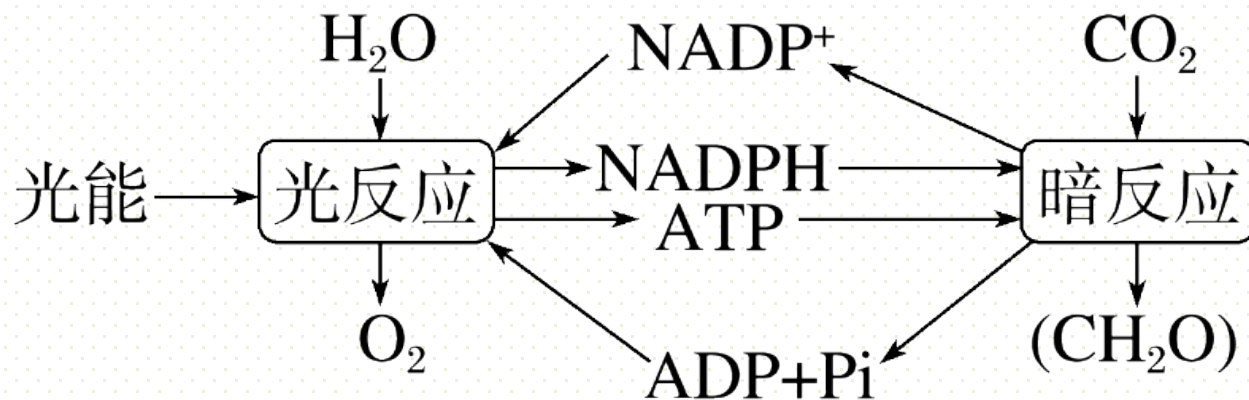
(1)物质变化



(2)光合产物的主要形式

光合作用旺盛时，很多植物合成的糖类通常会以淀粉的形式临时储存在叶绿体中，假如以大量可溶性糖的形式存在，则可能导致叶绿体吸水涨破。蔗糖是大多数植物长距离运输的主要有机物，与葡萄糖相比，以蔗糖作为运输物质的优点是非还原糖性质较稳定。

3. 光反应和暗反应的联系



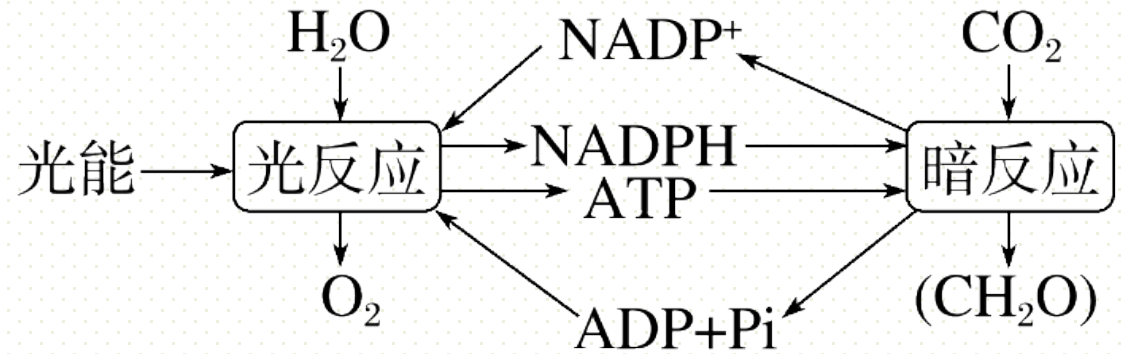
(1)NADPH的作用：作为活泼的还原剂，同时也储存部分能量供暗反应阶段利用。

(2)ATP和还原型辅酶在叶绿体、细胞质基质、线粒体间的转移方向

①ATP和还原型辅酶 II 在叶绿体、细胞质基质间的转移方向：叶绿体产生的ATP基本不转移至细胞

质基质，NADPH能转移至细胞质基质中，细胞质基质中的ATP和NADPH都能转移至叶绿体中。

②ATP和还原型辅酶 I 在细胞质基质、线粒体间的转移方向：线粒体产生的ATP和NADH都可以转移至细胞质基质中，细胞质基质中的ATP不转移至线粒体中，NADH能转移至线粒体中。



判断下列有关光合作用的叙述

析 (1)叶绿体中的色素在层析液中的溶解度越高，随层析液在滤纸上扩散得越慢(×)

提示：叶绿体中的色素在层析液中的溶解度越高，随层析液在滤纸上扩散得越快。

(2)用不同波长的光照射类胡萝卜素溶液，其吸收光谱在蓝紫光区有吸收峰(✓)

(3)植物工厂常采用无土栽培技术，应保持培养液与植物根部细胞的细胞液浓度相同(×)

提示：为保证植物的根能够正常吸收水分，应控制培养液的浓度小于植物根部细胞的细胞液浓度。

(4)类囊体产生的ATP和O₂，参与CO₂的固定与还原(×)

提示：类囊体产生的ATP参与C₃的还原，产生的O₂用于细胞呼吸或释放到周围环境中。

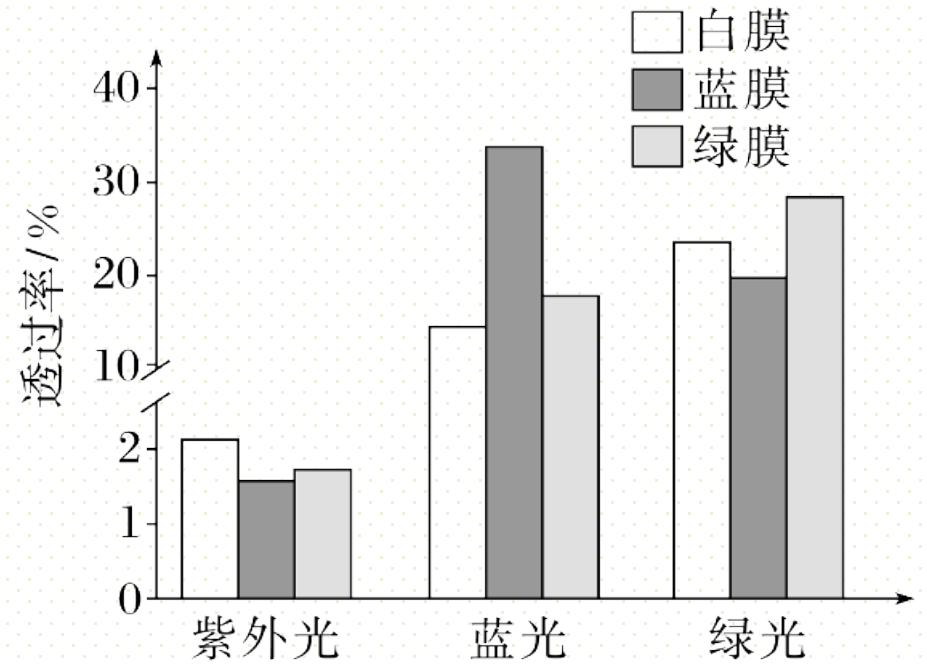
(5)在禾谷类作物开花期剪掉部分花穗，叶片的光合速率会暂时下降

(✓)



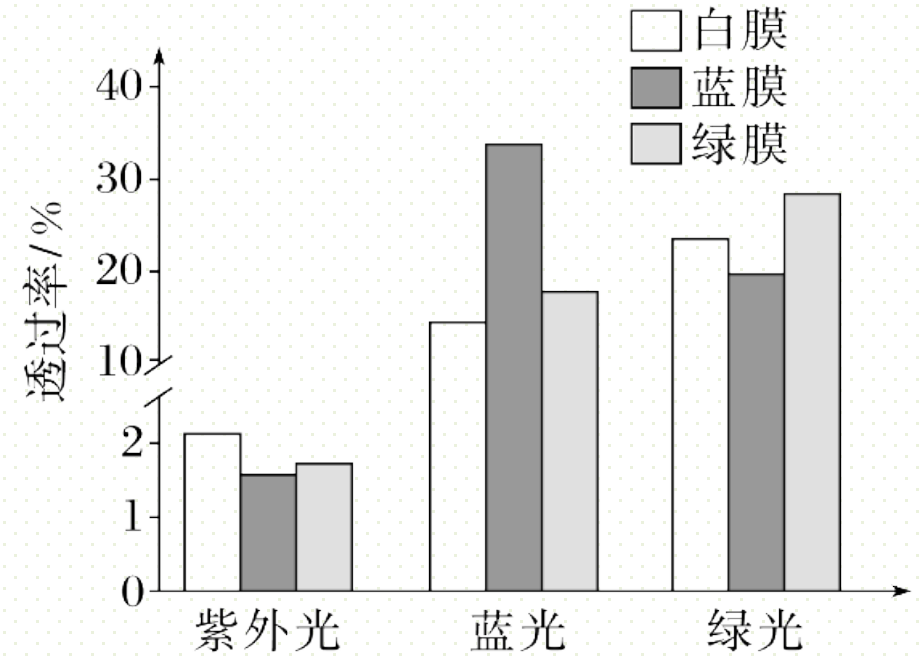
二 真题演练

1.(2024·河北, 19节选)高原地区蓝光和紫外光较强, 常采用覆膜措施辅助林木育苗。为探究不同颜色覆膜对藏川杨幼苗生长的影响, 研究者检测了白膜、蓝膜和绿膜对不同光的透过率, 以及覆膜后幼苗光合色素的含量, 结果如图所示。

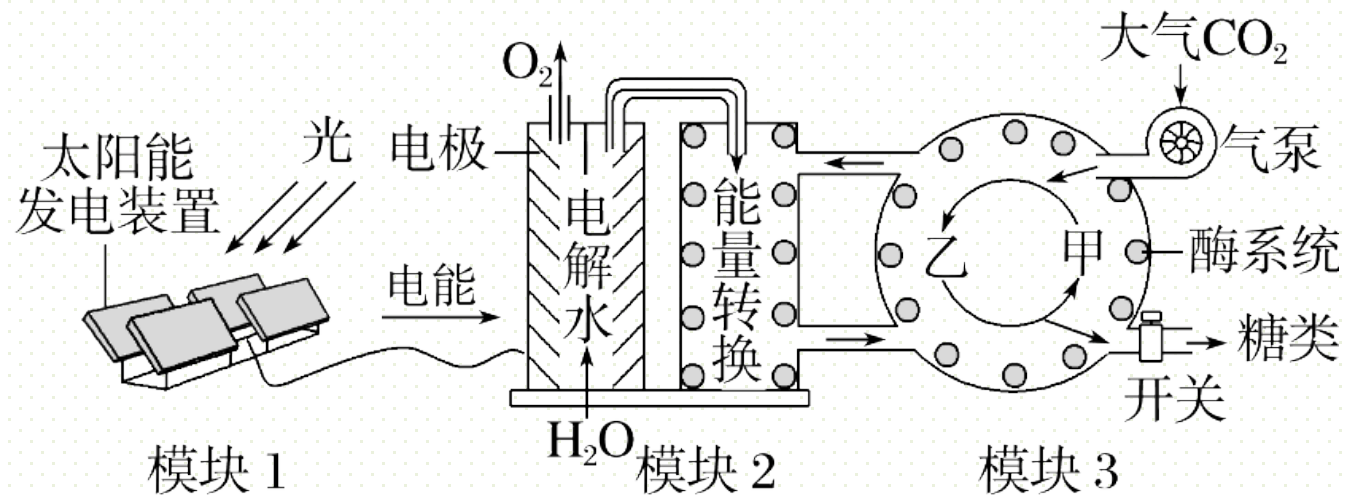


(1)如图所示, 三种颜色的膜对紫外光、蓝光和绿光的透过率有明显差异, 其中蓝光可被位于叶绿体类囊体薄膜上的光合色素高效吸收后用于光反应, 进而使暗反应阶段的 C_3 还原转化为 C_5 和糖类。与白膜覆盖相比, 蓝膜和绿膜透过的紫外光较少, 可更好地减弱幼苗受到的辐射。

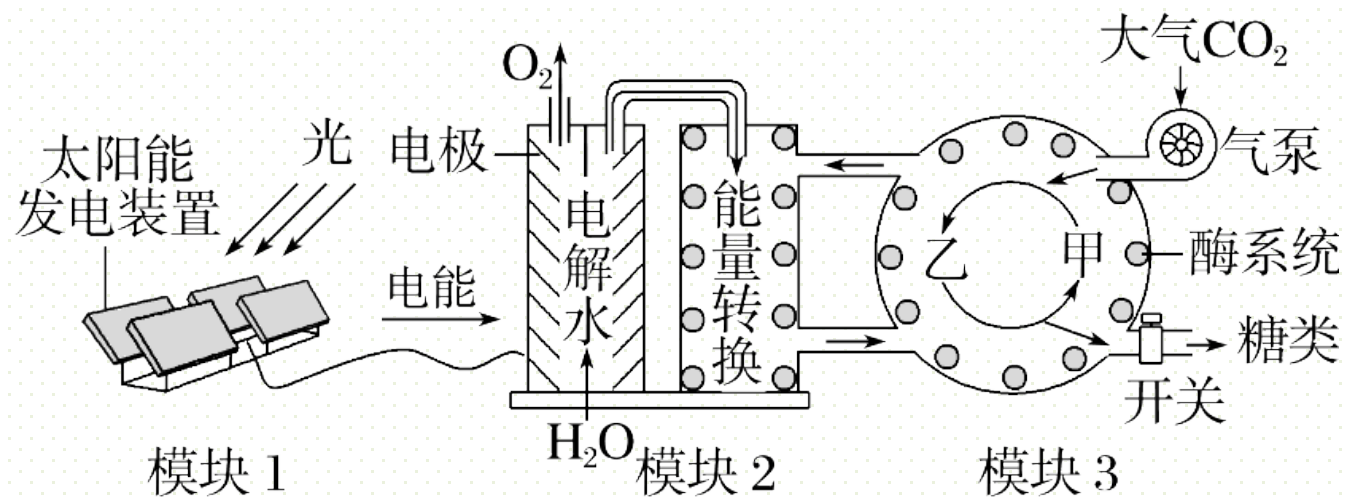
(2)光合色素溶液的浓度与其光吸收值成正比，选择适当波长的光可对色素含量进行测定。提取光合色素时，可利用无水乙醇作为溶剂。测定叶绿素含量时，应选择红光而不能选择蓝紫光，原因是叶绿素主要吸收蓝紫光和红光，类胡萝卜素主要吸收蓝紫光，选择红光可排除类胡萝卜素的干扰。



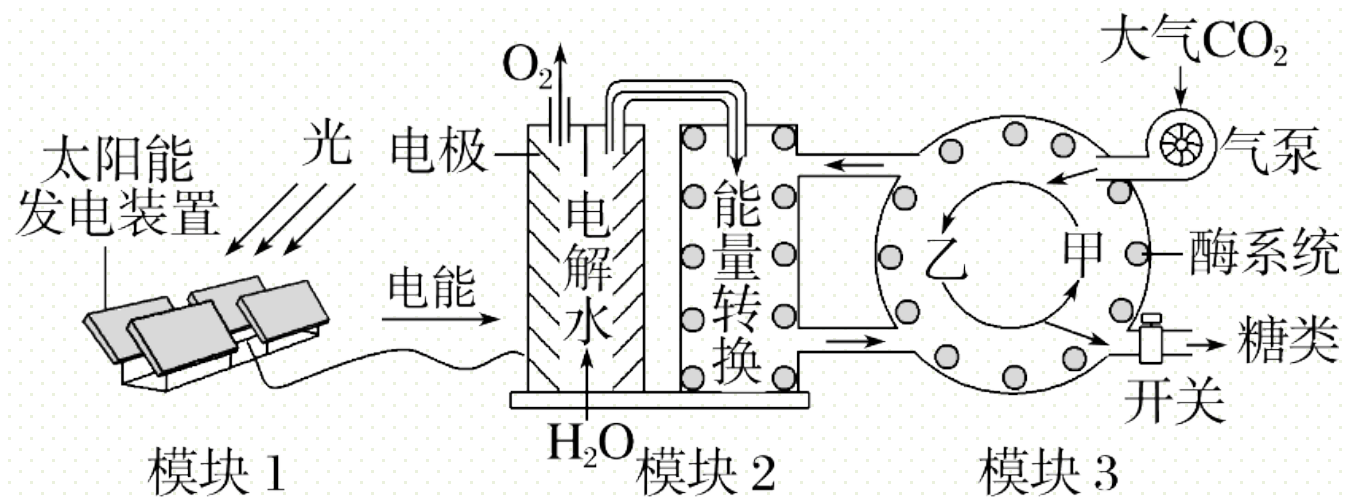
2.(2020·山东, 21节选)人工光合作用系统可利用太阳能合成糖类, 相关装置及过程如图所示, 其中甲、乙表示物质, 模块3中的反应过程与叶绿体基质内糖类的合成过程相同。回答下列问题:



(1)该系统中执行相当于叶绿体中光反应功能的模块是模块1和模块2, 模块3中的甲可与 CO_2 结合, 甲为五碳化合物(或 C_5)。

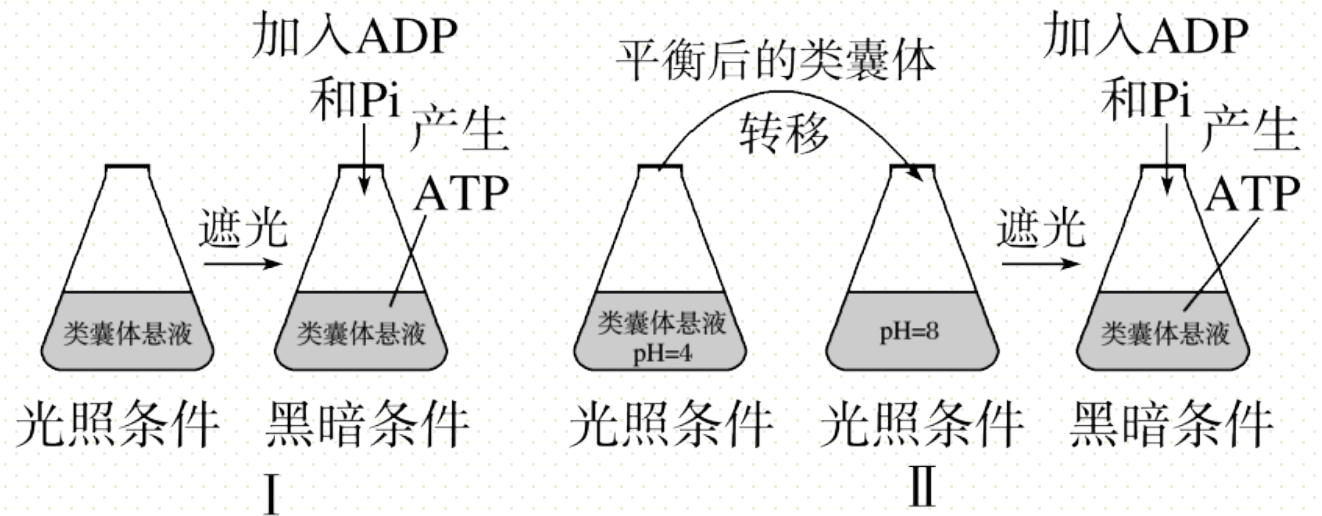


(2)若正常运转过程中气泵突然停转，则短时间内乙的含量将 减少 (填“增加”或“减少”)。若气泵停转时间较长，模块2中的能量转换效率也会发生改变，原因是 模块3为模块2提供的ADP、Pi和NADP⁺不足。



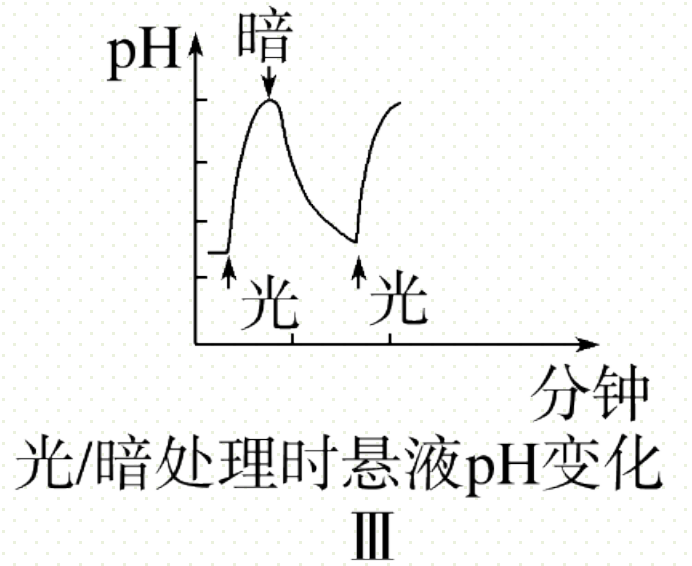
(3)在与植物光合作用固定的CO₂量相等的情况下，该系统糖类的积累量 高于 (填“高于”“低于”或“等于”)植物，原因是 人工光合作用系统没有细胞呼吸消耗糖类(或植物细胞呼吸消耗糖类)。

3.(2022·重庆, 23节选)科学家发现, 光能会被类囊体转化为“某种能量形式”, 并用于驱动产生ATP(如图 I)。为探寻这种能量形式, 他们开展了后续实验。回答下列问题:



(1)在图 I 实验基础上进行图 II 实验, 发现该实验条件下, 也能产生ATP。但该实验不能充分证明“某种能量形式”是类囊体薄膜内外的 H^+ 浓度差。实验 II 是在光照条件下对类囊体进行培养, 无法证明某种能量是来自光能还是来自膜内外 H^+ 浓度差。

(2)为探究自然条件下类囊体薄膜内外产生 H^+ 浓度差的原因，对无缓冲液的类囊体悬液进行光、暗交替处理，结果如图III所示，悬液的pH在光照处理时升高，原因是 类囊体薄膜外 H^+ 被转移到类囊体薄膜内，造成溶液pH升高。



4.(2021·湖南, 18节选)为研究叶绿体的完整性与光反应的关系, 研究人员用物理、化学方法制备了4种结构完整性不同的叶绿体, 在离体条件下进行实验, 用Fecy或DCIP替代 NADP^+ 为电子受体, 以相对放氧量表示光反应速率,

实验结果如表所示。

实验项目	叶绿体类型及放氧量相对值			
	叶绿体A： 双层膜结构完整	叶绿体B： 双层膜局部 受损，类囊 体略有损伤	叶绿体C：双 层膜瓦解， 类囊体松散 但未断裂	叶绿体D：所 有膜结构解 体破裂成颗 粒或片段
实验一：以Fecy为电 子受体时的放氧量	100	167.0	425.1	281.3
实验二：以DCIP为 电子受体时的放氧量	100	106.7	471.1	109.6

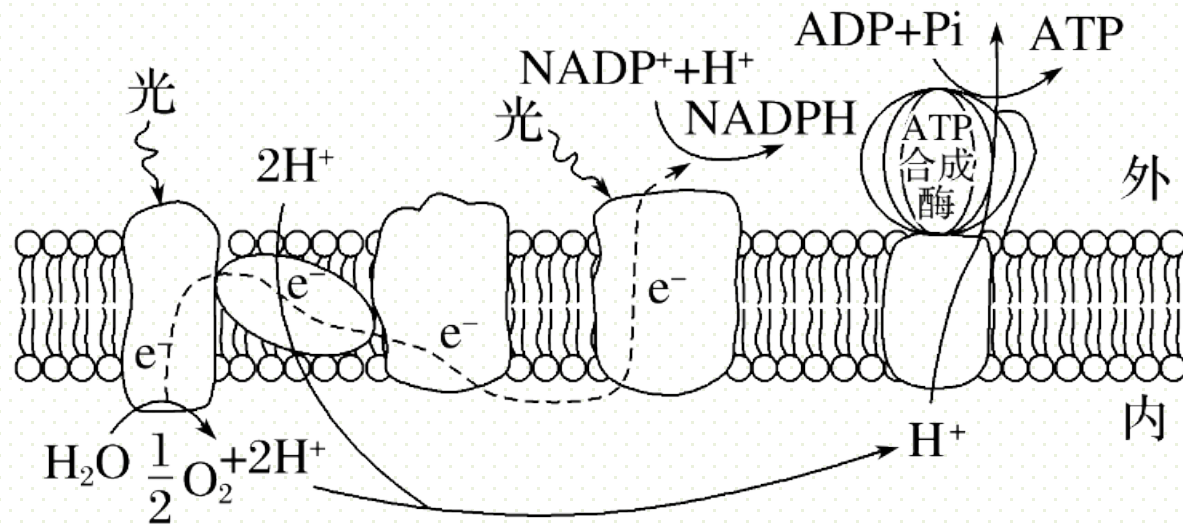
注： Fecy具有亲水性， DCIP具有亲脂性。

据此分析：

- (1)叶绿体A和叶绿体B的实验结果表明，叶绿体双层膜对以 Fecy (填“Fecy”或“DCIP”)为电子受体的光反应有明显阻碍作用，得出该结论的推理过程是 Fecy具有亲水性，对叶绿体双层膜的通透性较差，当叶绿体双层膜局部受损时，即叶绿体B相对于叶绿体A，相对放氧量明显提高；而以亲脂性的DCIP为电子受体进行实验时，相对放氧量无明显变化
- (2)该实验中，光反应速率最高的是叶绿体C，表明在无双层膜阻碍、类囊体又松散的条件下，更有利于 电子受体接近类囊体薄膜，提高电子传递效率，从而提高光反应速率。

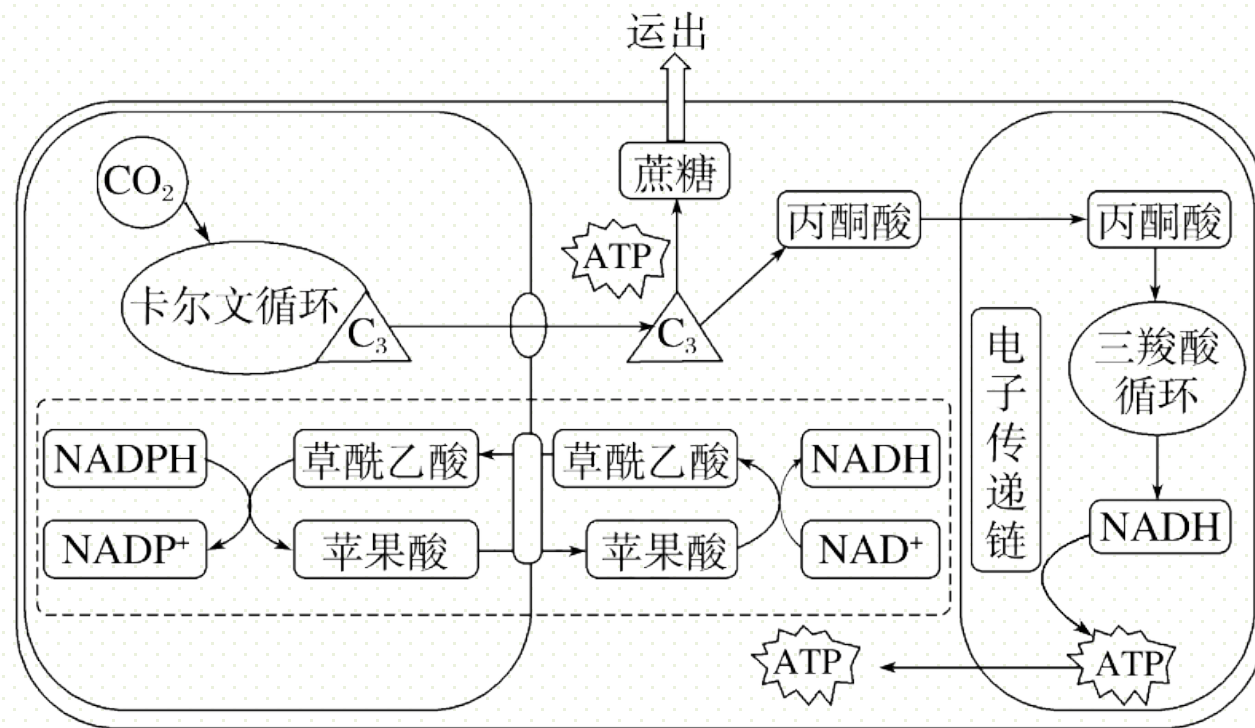
(3)以DCIP为电子受体进行实验，发现叶绿体A、B、C和D的ATP产生效率的相对值分别为1、0.66、0.58和0.41。结合图示对实验结果进行解释：

ATP的合成依赖于氢离子顺浓度梯度通过类囊体薄膜上的ATP合成酶，叶绿体A、B、C、D类囊体薄膜的受损程度依次增大，越不利于氢离子浓度梯度的建立，因此ATP的产生效率逐渐降低。



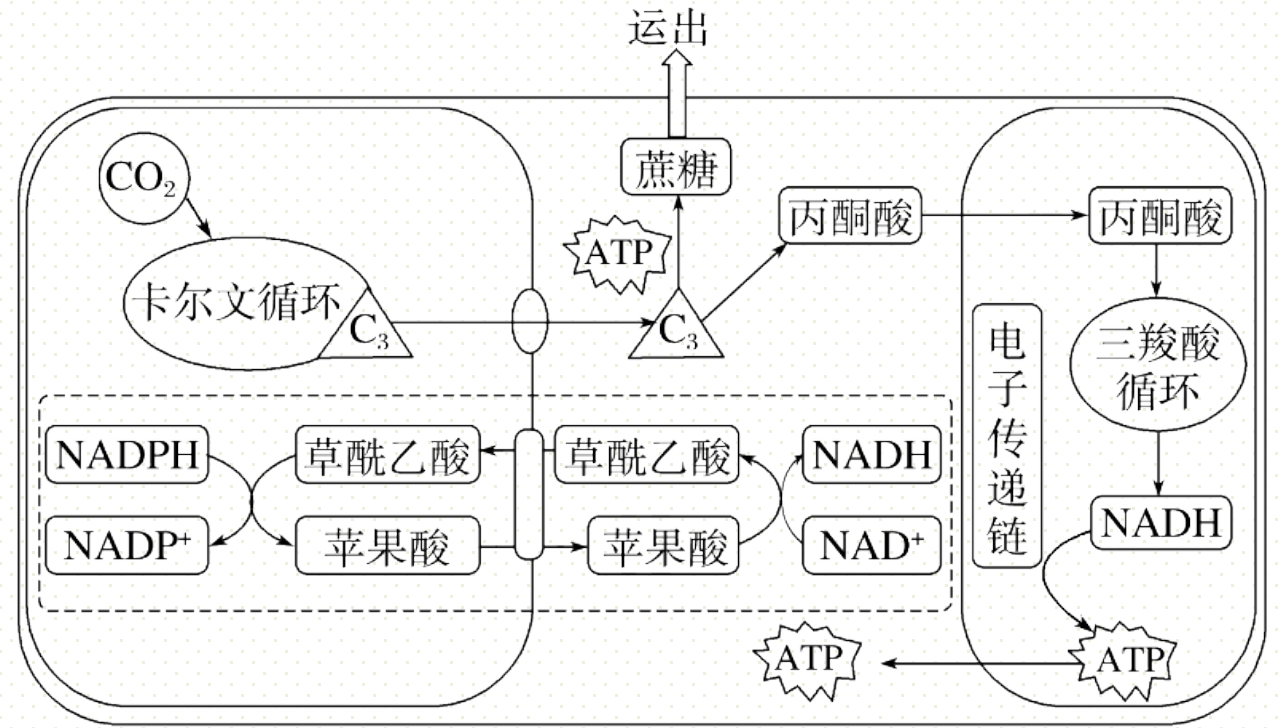
注： e^- 表示电子。

5.(2021·江苏, 20节选)线粒体对维持旺盛的光合作用至关重要。如图表示叶肉细胞中部分代谢途径, 虚线框内表示“草酰乙酸/苹果酸穿梭”。请据图回答下列问题:



(1)光合作用时, CO_2 与 C_5 结合产生三碳酸, 继而还原成三碳糖(C_3), 为维持光合作用持续进行, 部分新合成的 C_3 必须用于再生 C_5 ; 运到细胞质基质中的 C_3 可合成蔗糖, 运出细胞。每运出一分子蔗糖相当于固定了 12 个 CO_2 分子。

(2)光照过强时，细胞必须耗散掉叶绿体吸收的过多光能，避免细胞损伤。草酰乙酸/苹果酸穿梭可有效地将光照产生的 NADPH 中的还原能输出叶绿体，并经线粒体转化为 ATP 中的化学能。

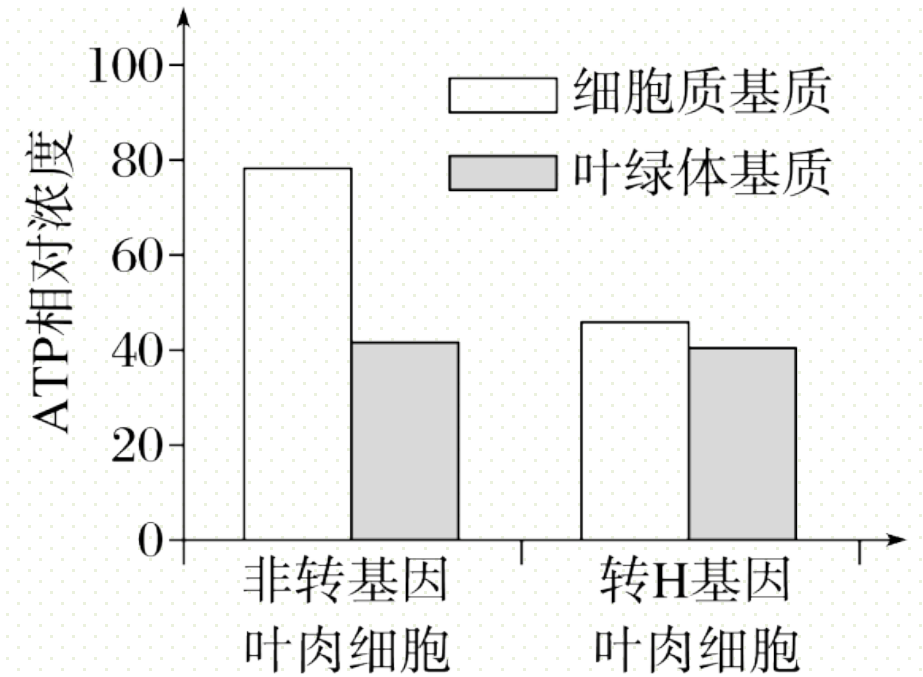


6.(2023·河北, 19节选)拟南芥发育早期的叶肉细胞中, 未成熟叶绿体发育所需ATP须借助其膜上的转运蛋白H由细胞质基质进入。发育到一定阶段, 叶肉细胞H基因表达量下降, 细胞质基质ATP向成熟叶绿体转运受阻。

回答下列问题:

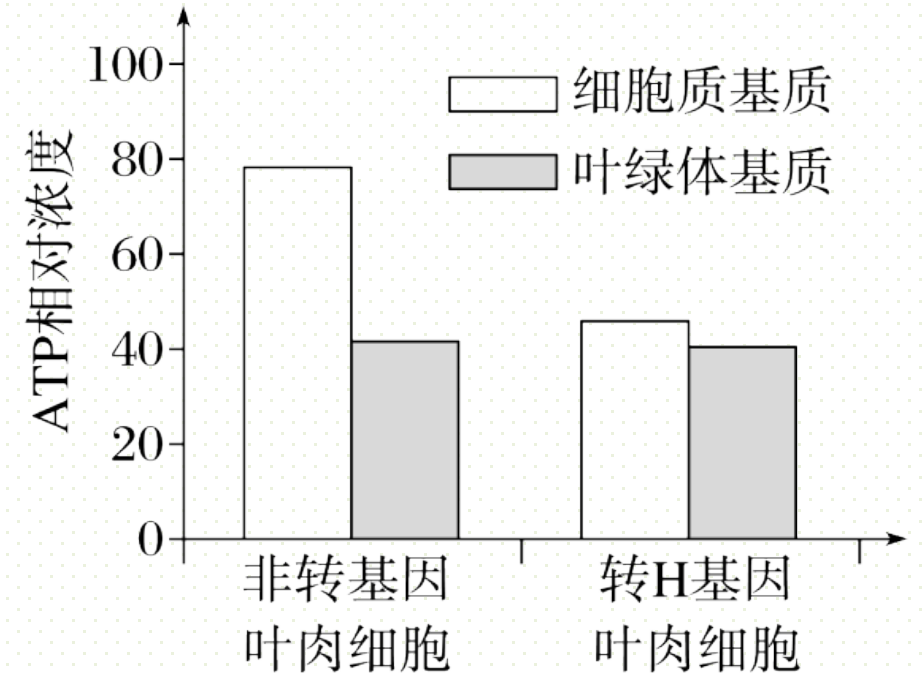
(1)未成熟叶绿体发育所需ATP主要在线粒体(或线粒体内膜)合成, 经细胞质基质进入叶绿体。

(2)研究者通过转基因技术在叶绿体成熟的叶肉细胞中实现H基因过量表达，对转H基因和非转基因叶肉细胞进行黑暗处理，之后检测二者细胞质基质和叶绿体基质中ATP相对浓度，结果如图。相对于非转基因细胞，转基因细胞的细胞质基质ATP浓



度明显 降低。据此推测，H基因的过量表达造成细胞质基质ATP被 叶绿体 (填“叶绿体”或“线粒体”)大量消耗，细胞有氧呼吸强度 升高。

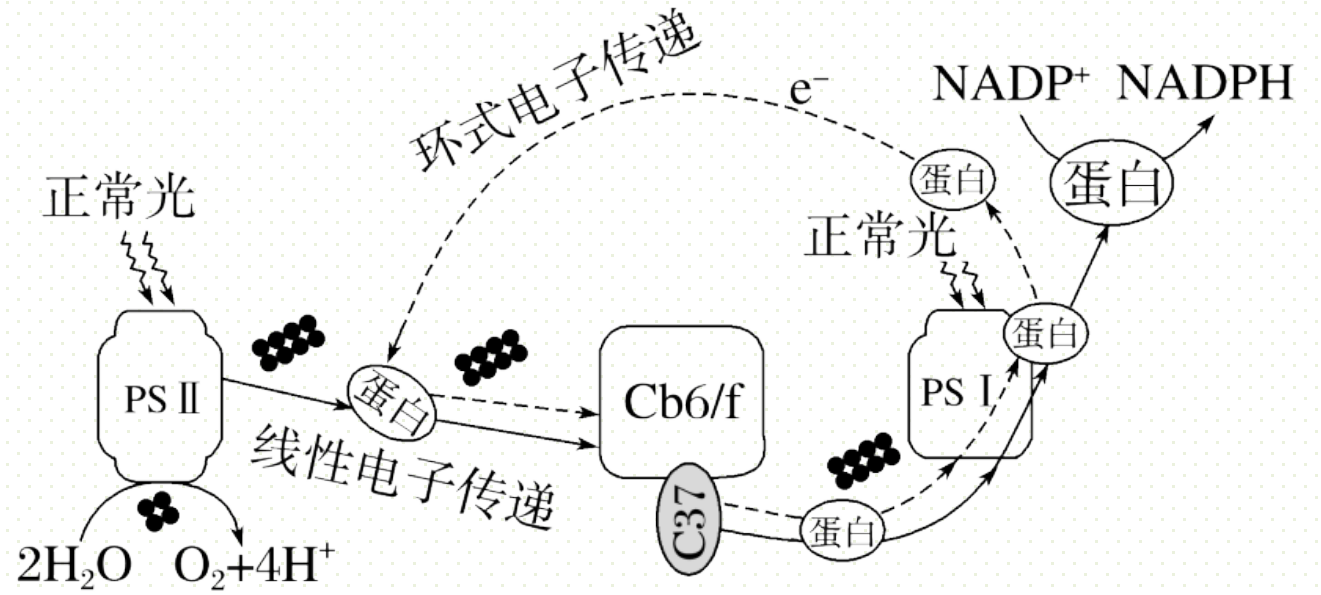
(3)综合上述分析，叶肉细胞通过下调H基因表达(或H蛋白数量)阻止细胞质基质ATP进入成熟的叶绿体，从而防止线粒体过多消耗光合产物(或有氧呼吸增强)，以保证光合产物可转运到其他细胞供能。





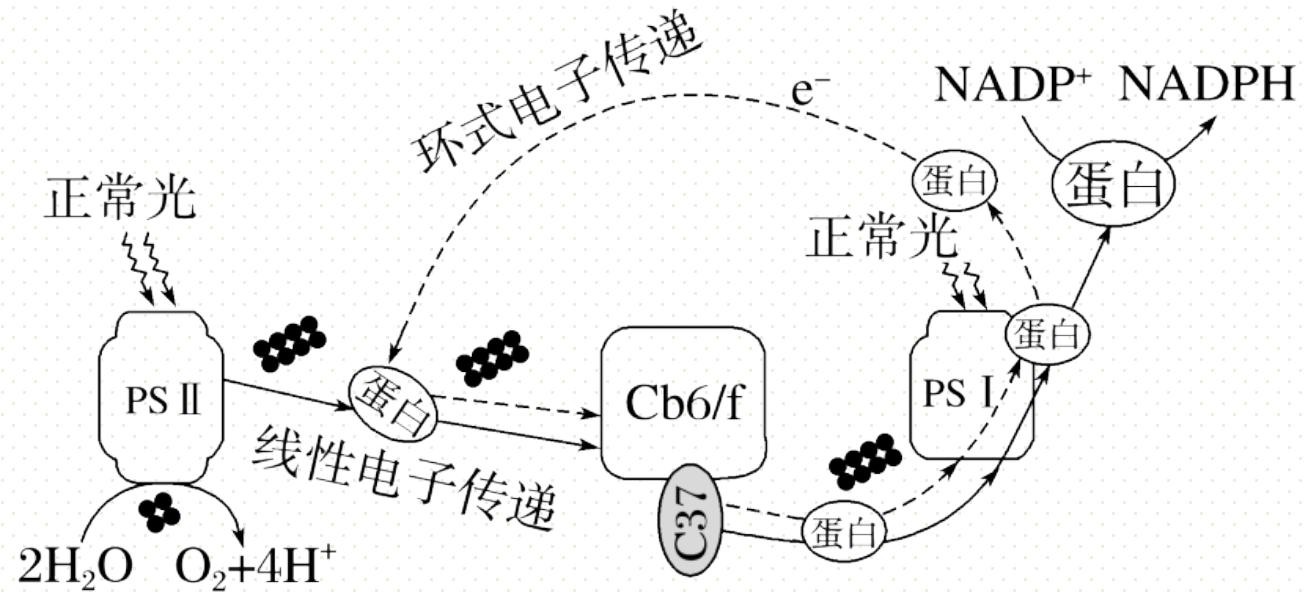
三 模拟预测

1.光系统 I (PS I)和光系统 II (PS II)是完成光反应必需的，光反应过程中光合电子传递包括线性电子传递和环式电子传递(如图)。请分析回答下列问题：



注：—→ 线性电子传递，---→ 环式电子传递，• 电子。

(1)类囊体膜上光合色素与蛋白质形成的复合体可吸收、传递、转化光能。在光照条件下，PS II吸收光能产生高能电子，PS II中部分叶绿素a失去电子转化为强氧化剂(填“强还原剂”或“强氧化剂”)再从H₂O中夺取电子引起O₂释放。

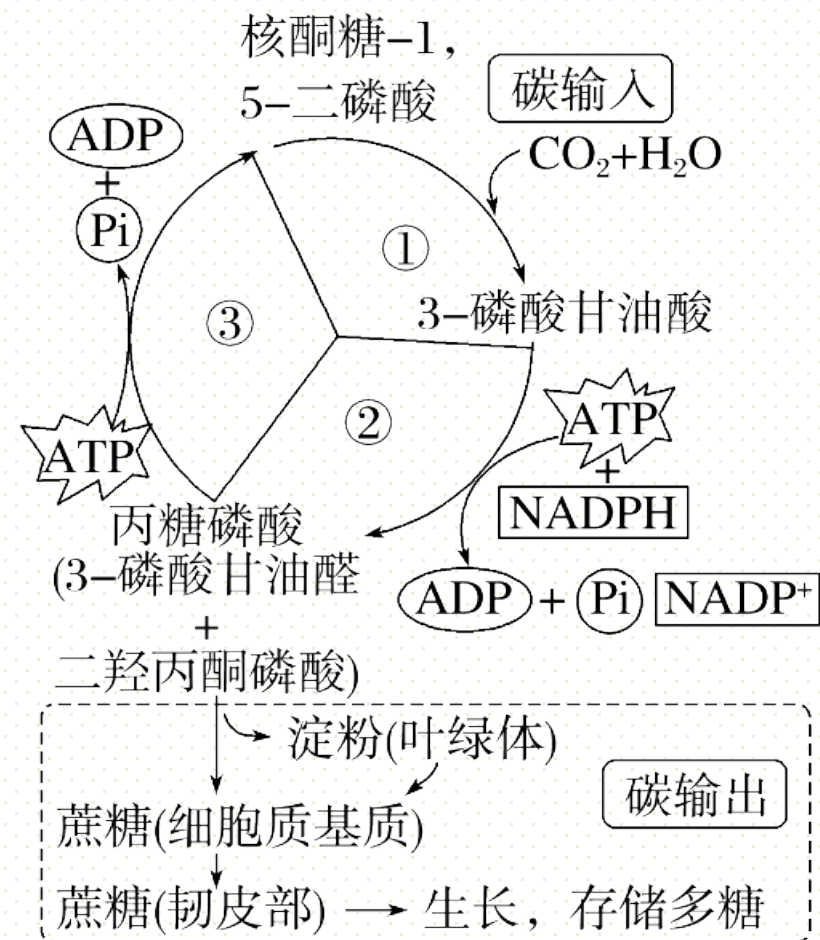


注：—→ 线性电子传递，---→ 环式电子传递，• 电子。

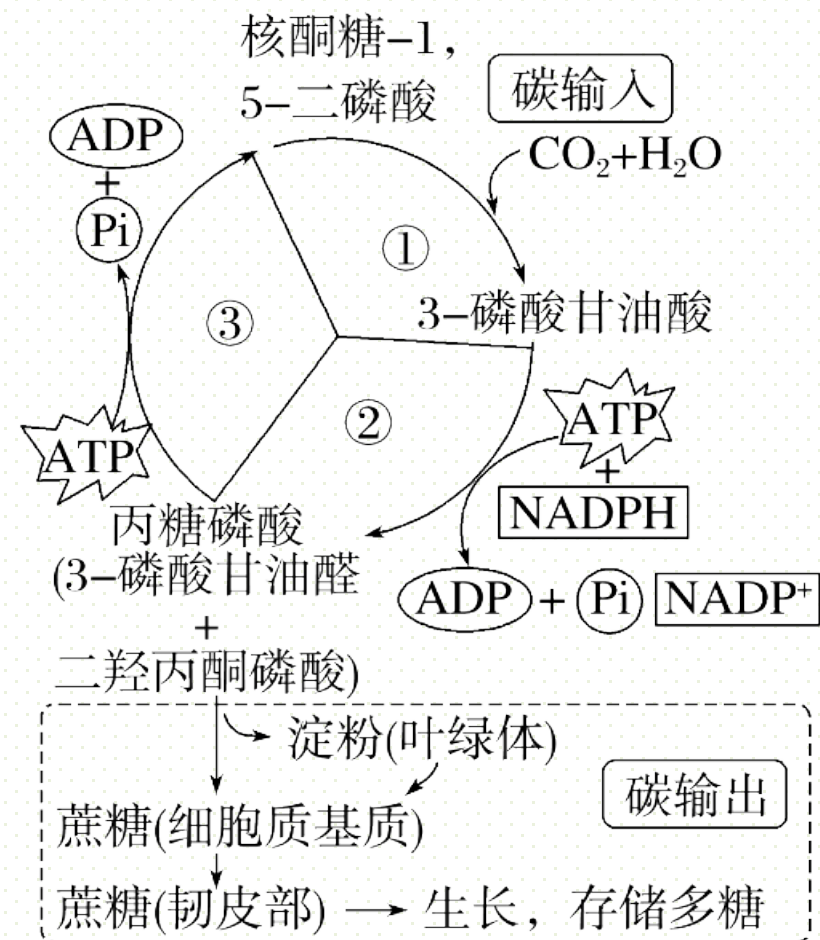
(2)在 线性电子传递 (填“线性电子传递”或“环式电子传递”)中，电子经PS II、Cb6/f和PS I 最终与 H⁺、NADP⁺ 结合生成NADPH，同时产生ATP共同参与 C₃的还原 过程。

2.根据植物光合作用中卡尔文循环示意图回答下列问题:

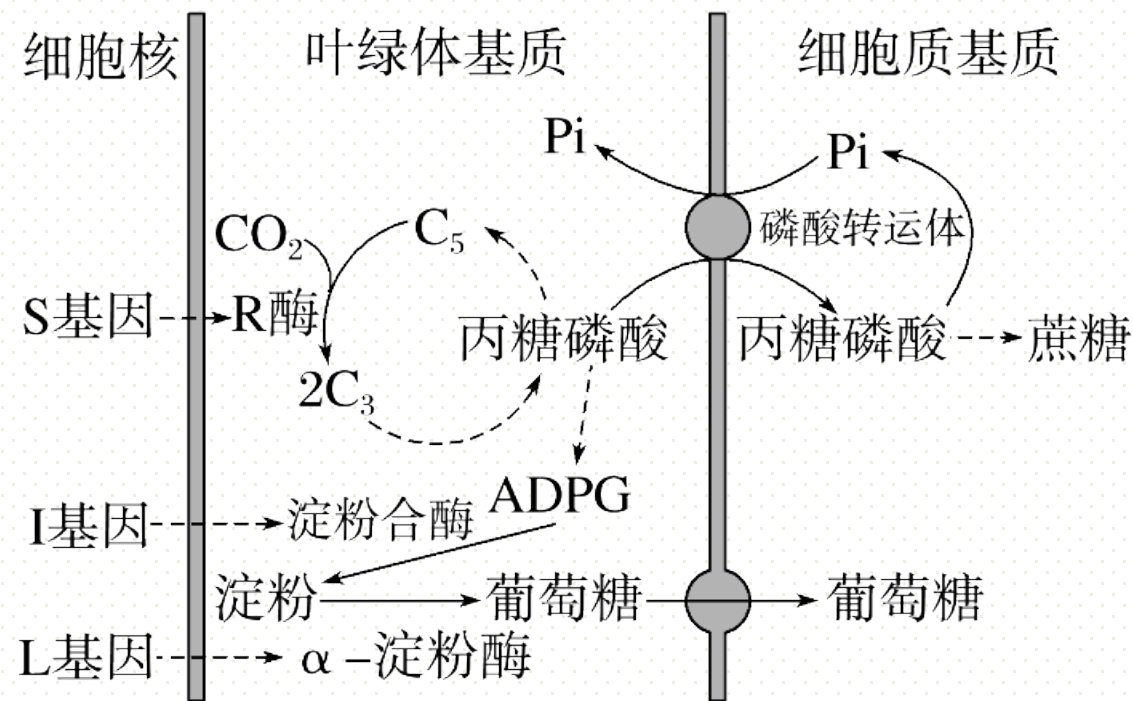
(1)卡尔文用 $^{14}\text{CO}_2$ 供小球藻进行光合作用,5秒后在五碳化合物和六碳化合物中检测到放射性,当缩短时间至几分之一秒时,三碳化合物中检测到放射性,由此可知 ^{14}C 的转移路径是 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_3 \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})$ 或 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_3 \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{C}_5$,30秒后许多有机化合物中均检测到放射性。可见,在该实验中卡尔文是通过控制 反应时间 来探究 CO_2 中碳原子转移路径的,卡尔文循环包括 CO_2 的固定和 C_3 的还原 两个过程。



(2)当叶绿体中核酮糖-1,5-二磷酸含量低时,可通过丙糖磷酸不输出循环,从而增强图中③过程方式增加其含量。



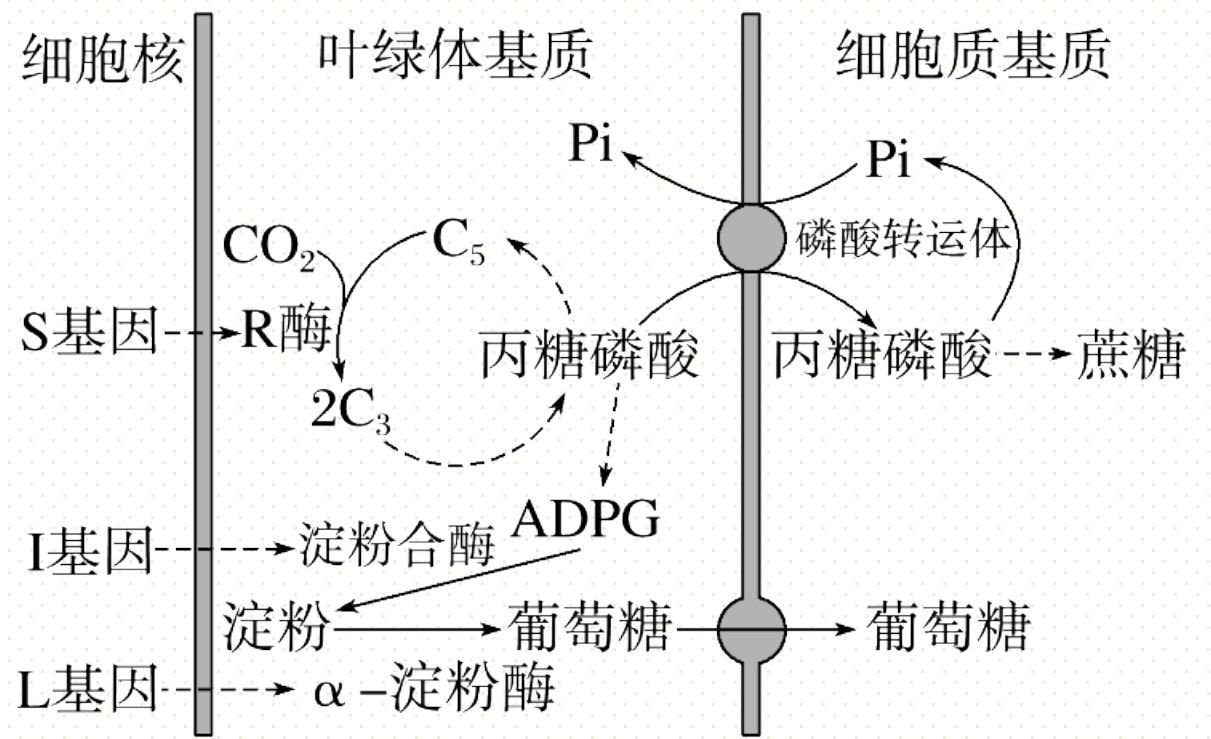
3.(2024·湘潭高三二模)番茄受低温伤害后叶肉细胞叶绿体受损严重，淀粉大量积累。Y基因过表达株系比野生型明显耐低温。如图为番茄叶肉细胞内光合作用过程中有机物合成及转运示意图。回答下列问题：



(1)据图分析，低温影响R酶的活性进一步降低了光反应对光能的利用，其原因是R酶活性降低，暗反应速率降低，为光反应提供的ADP、NADP⁺、Pi减少。

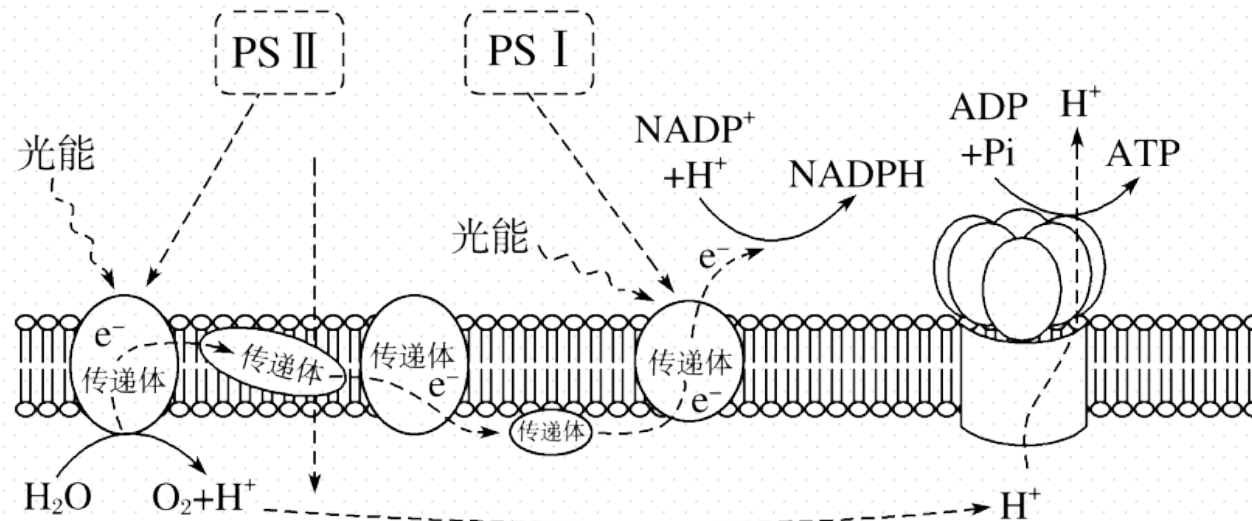
低温下，叶绿体中丙糖磷酸增加，生成淀粉过多抑制光合作用，推测低温对磷酸转运体的抑制作用大于(填“大于”或“小于”)对R酶的抑制。

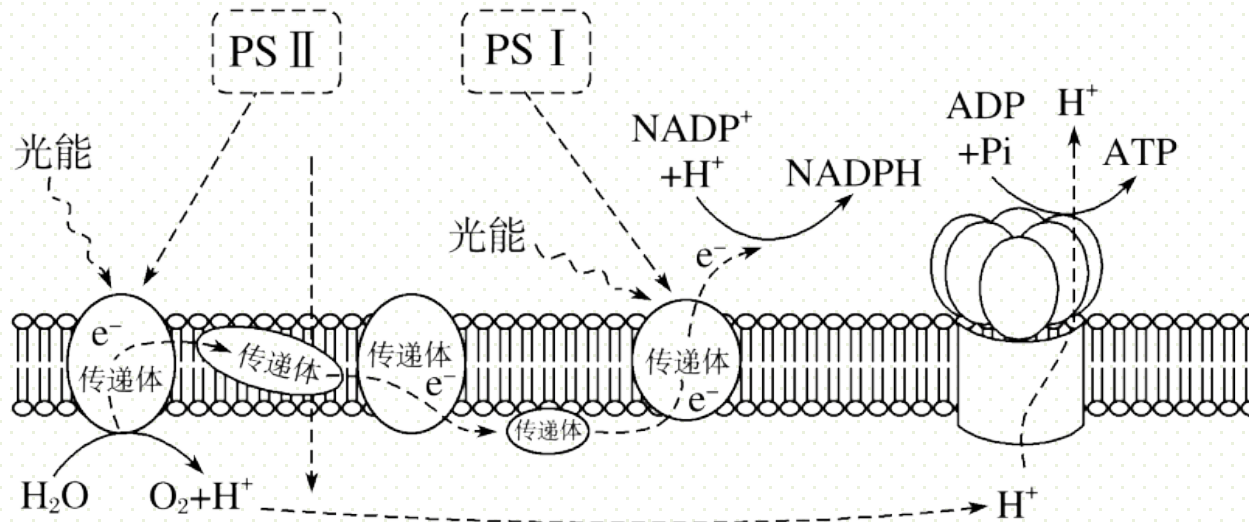
(2)Y蛋白可进入细胞核作用于基因S、I、L的启动子。低温下Y基因过表达株系叶绿体内淀粉积累减少，细胞质基质中葡萄糖、蔗糖等可溶性糖的含量增加，因而具有更强的低温抗性。据此推测，Y



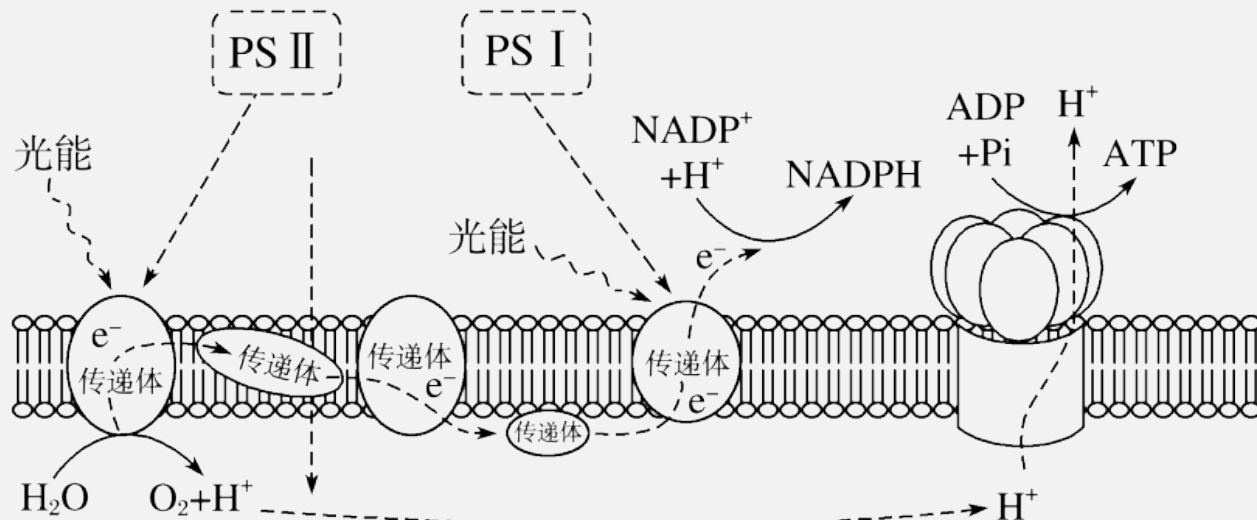
基因过表达株系抗低温的机理是 促进S基因转录，使R酶增多，从而促进丙糖磷酸的合成；抑制I基因转录，减少淀粉合酶，从而减少淀粉合成对丙糖磷酸的消耗；促进L基因转录，增加α-淀粉酶的量，促进葡萄糖的生成。

4.(2024·济南高三模拟)图为杜鹃花叶肉细胞叶绿体部分结构及相关反应示意图，光系统 I (PS I)和光系统 II (PS II)是叶绿体进行光吸收的功能单位。PS II 吸收光能的分配有三个去路：①PS II 光化学反应所利用的能量；②PS II 调节性热耗散等形式的能量耗散；③非调节性的能量耗散。研究发现，③部分的分配占比过大将对PS II 的结构产生破坏。

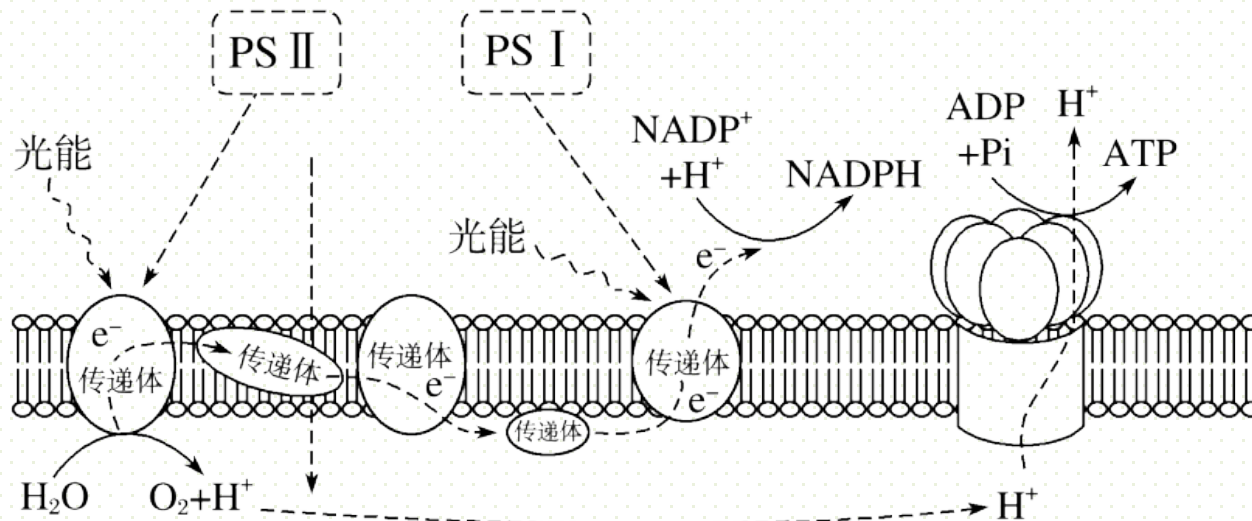




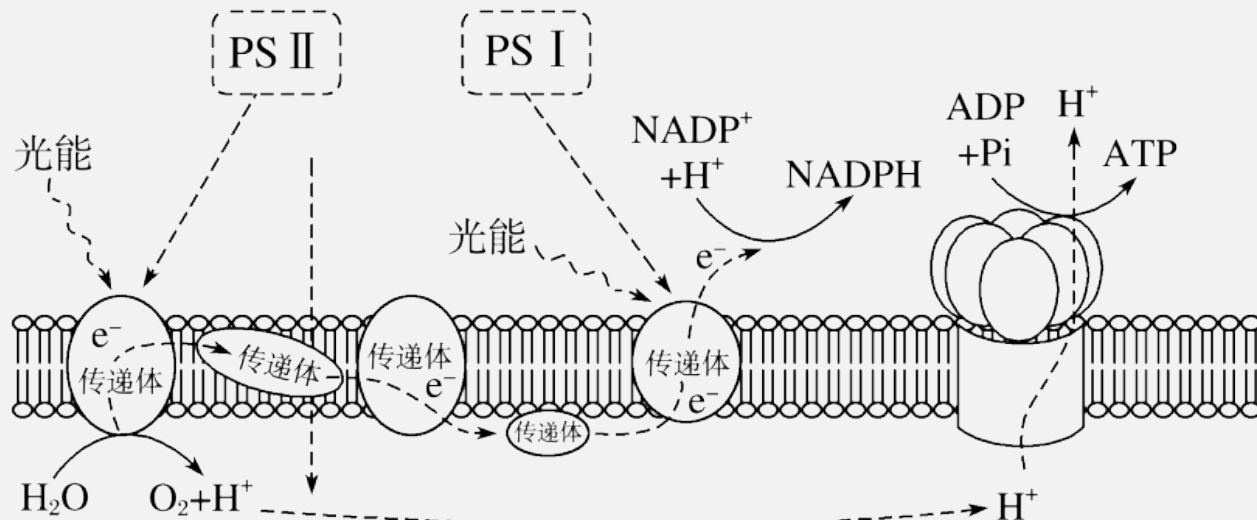
(1) 杜鹃根尖伸长区细胞中能合成ATP的场所是 细胞质基质、线粒体；在类囊体薄膜上光能被转化为电能，后被转化为化学能储存在 ATP、NADPH 中；生产者除了利用光能还可以利用化学能，如硝化细菌能将土壤中的氨(NH₃)氧化成 HNO₂(亚硝酸)，进而氧化成 HNO₃(硝酸)，释放出的化学能可以被硝化细菌用来将CO₂、H₂O合成糖类。



根尖伸长区细胞没有叶绿体，合成ATP的场所是细胞质基质和线粒体。据图可知，图示过程属于光反应过程，发生在叶绿体的类囊体薄膜上，光反应先将光能转化为电能，再转化为化学能储存在ATP、NADPH中，用于暗反应中的 C_3 还原过程。硝化细菌为自养型生物，可以将氨氧化成亚硝酸，进而氧化成硝酸，并利用无机物氧化所释放的能量制造有机物。



(2)据图可知，NADPH合成过程中所需电子的最初供体是H₂O，推动ATP合成所需能量的直接来源是膜两侧的H⁺浓度差。



由图分析可知，PS II 中的光合色素吸收光能后，一方面将水分解为 O_2 和 H^+ ，同时产生的电子经传递可用于 $NADP^+$ 和 H^+ 结合形成 $NADPH$ ，故 $NADPH$ 合成过程中所需电子的最初供体是水。另一方面，在ATP合成酶的作用下， H^+ 浓度梯度提供分子势能，促使 ADP 与 Pi 反应形成 ATP ，故 ATP 合成所需能量的直接来源是膜两侧的 H^+ 浓度差。

(3)为探索某种杜鹃花叶片对光环境变化的适应及响应机制，研究人员将其长期遮阴培养后，置于全光照下继续培养一段时间并进行相关检测，结果如表所示。

条件	遮阴	全光照
PS II 光能转化效率/100%	79.3	49.4
光合电子传递效率/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	64.9	37.8

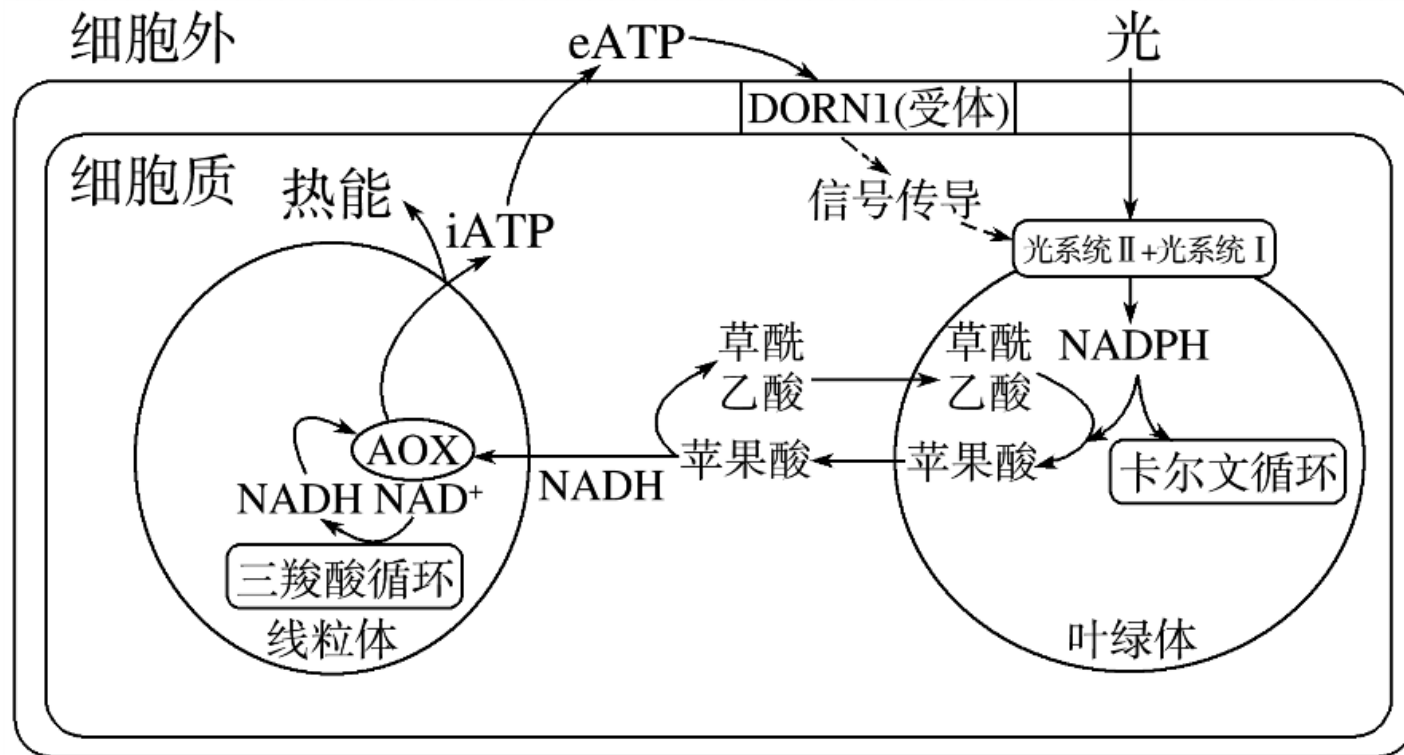
请结合表中数据，从光能分配角度分析，该品种杜鹃花对全光照的适应能力较弱的原因是全光照下，PS II吸收的光能分配到非调节性的能量耗散的占比过大，对PS II结构造成破坏，导致PS II光能转化效率和光合电子传递效率降低。

解析

条件	遮阴	全光照
PS II 光能转化效率/100%	79.3	49.4
光合电子传递效率/ $(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	64.9	37.8

由题干可知，非调节性的能量耗散的分配占比过大将对PS II 的结构产生破坏。结合表中数据推测，全光照下，该品种杜鹃花PS II 吸收的光能分配到非调节性的能量耗散的占比过大，对PS II 结构造成破坏，导致PS II 光能转化效率和光合电子传递效率降低，使该品种杜鹃花对全光照的适应能力较弱。

5.研究表明：相对于动物，植物的细胞呼吸还包括另一条由交替氧化酶(AOX)主导的途径，该呼吸途径可帮助其抵抗强光等逆境，具体过程如图所示，其中iATP为细胞内ATP，eATP为细胞外ATP。

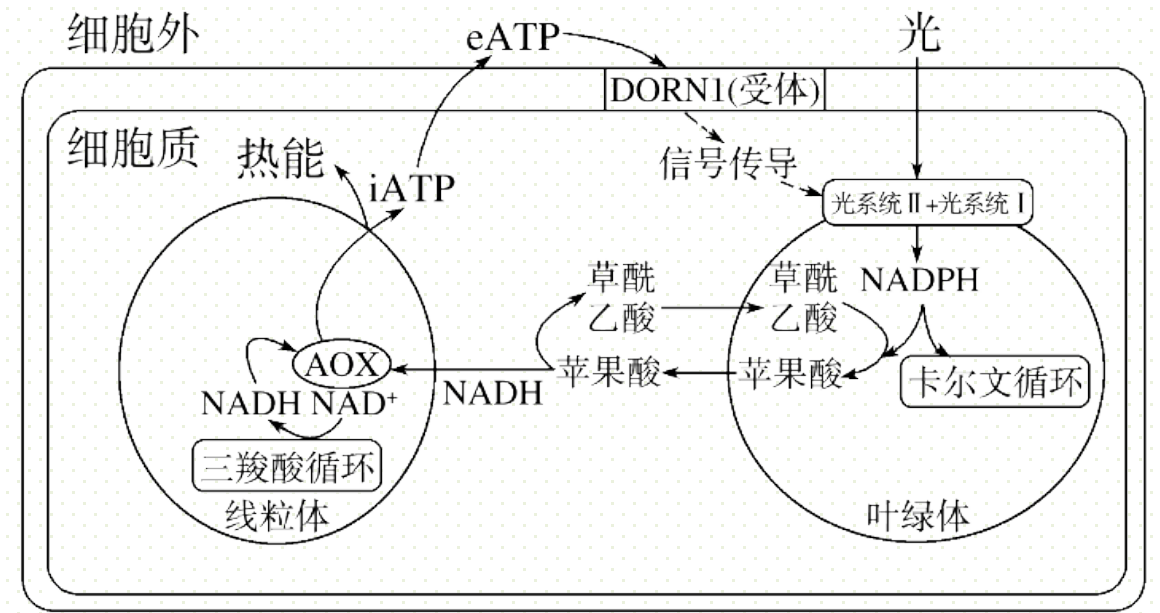


(1)强光下，光反应产生的NADPH量大于暗反应消耗的NADPH量，使叶绿体内NADP⁺含量 减少(下降)。

植物细胞通过“苹果酸—草酰乙酸穿梭”途径，将过多的NADPH中还

原能转移出叶绿体，并最终通过AOX呼吸途径将其中大部分能量以 热能 的形式散失，从而有效缓解强光对植物细胞内光系统的损伤。同时，eATP可通过DORN1缓解因交替呼吸抑制引起的光系统反应效率下降，进一步避免光抑制现象产生，因此强光照射下植物可避免光抑制，

该调节过程为 负反馈 (填“正反馈”或“负反馈”)。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/055143334341012012>