



## 生物

## 结合解题过程复习“光合作用”专题

北京市第八中学 李艳辉

新高考以来，“光合作用”不仅是生物学科的必考考点，更是考查考生高阶思维能力的核心内容。从失分情况看，考生的问题主要集中在两个方面：一是对光合作用的过程、关键影响因素等核心知识理解不够深入，记忆模糊；二是面对陌生情境时，考生难以快速提取、整合信息，无法将其转化为规范、准确的科学表述。“光合作用”这一专题即将进入复习阶段，本文将为考生提供实用的复习建议。

## 系统复习 夯实基础

一轮复习注重系统性，考生要提前预复习熟悉基础知识，课堂听讲有效抓取重点，课后再通过经典题型加以巩固。

在预复习“光合作用”时，考生可借助以下问题串联起基础知识。

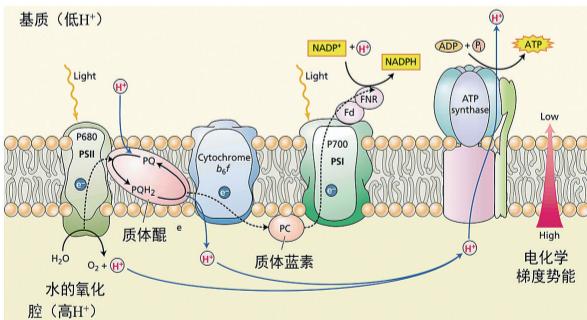
1. 光合作用的总反应式是什么？
2. 概述光合作用的过程——光反应和暗反应。
3. 提高农作物光能利用率的措施有哪些？

针对“光合作用过程”这一重点，考生可进一步细化为以下子问题。

- (1) 光反应的场所在哪里？
- (2) 光反应需要哪些条件？
- (3) 光反应生成哪些物质？哪些产物用于暗反应？
- (4) 光反应中电子的最终供体和最终受体是什么物质？
- (5) 光反应中转化成的化学能储存在哪些物质中？
- (6) 暗反应的场所在哪里？物质变化是什么？
- (7) 光反应和暗反应有什么联系？
- (8) 光反应和暗反应分别发生怎样的能量变化？
- (9) 当  $\text{CO}_2$  不足或者光照不足时，植物体内  $\text{C}_3$ 、 $\text{ATP}$ 、 $\text{C}_5$ 、 $\text{NADPH}$  如何变化？
- (10) 光合速率如何测定？一般采用什么指标？

## 深入理解 培养科学思维

老师在课堂上可能会补充一些难度较高的机制示意图，并设计问题引导大家深入思考，例如借助类囊体膜上光系统I、光系统II及电子传递链的过程示意图，让考生深入理解光反应过程。



1. 识别图中的结构。
  2. 光反应中， $\text{ATP}$  是如何生成的？
  3. 类囊体腔中的高  $\text{H}^+$  浓度是如何建立的？光能的作用是什么？
  4. 光系统I 和光系统II 的功能有何不同？
  5.  $\text{NADPH}$  是如何生成的？
- 除以上问题，考生还可结合科学史材料设计实验来验证合成  $\text{ATP}$  的能量来源于  $\text{H}^+$  浓度差。

## 实验探究 提升科学探究能力

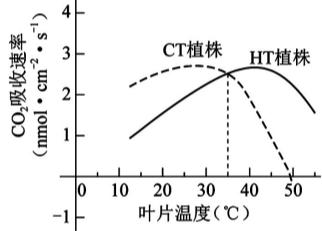
针对“光合作用强度的影响因素”这一重点，考生若能重新进入实验室，再次亲身实践是最好的复习方式。若条件不允许，考生也可以将“探究·实践”中的实验进行全面

分析。考生要重点分析实验变量、原理、目的、材料用具、过程，要区分结果、结论，从而提升科学探究能力。

例如，在探究光照强度对光合作用强度影响的实验中，考生要分析清楚实验的自变量为光照强度（通过调整光源距离控制）；因变量为光合作用强度（通常检测净光合速率，如单位时间、单位叶面积的  $\text{O}_2$  释放量、 $\text{CO}_2$  吸收量或有机物积累量）；实验过程中要控制无关变量，如  $\text{CO}_2$  浓度、温度等需保持相同且适宜。

## 研究考题 理清答题逻辑

北京市高考对光合作用影响因素的考查较多，考生可借助真题进行总结提升。例如2021年第3题：将某种植物置于高温环境（HT）下生长一定时间后，测定 HT 植株和生长在正常温度（CT）下的植株在不同温度下的光合速率，结果如图。由图不能得出的结论是



- A. 两组植株的  $\text{CO}_2$  吸收速率最大值接近
- B. 35°C 时两组植株的真正（总）光合速率相等
- C. 50°C 时 HT 植株能积累有机物而 CT 植株不能
- D. HT 植株表现出对高温环境的适应性

【解析】图像中纵坐标是  $\text{CO}_2$  吸收速率，这代表的是净光合速率，但B选项提问的是总光合速率，不匹配。因此，B选项正确。C选项中提问的能不能积累有机物是看净光合速率是否大于零，50°C时 HT 植株的净光合速率大于零，能积累有机物，但 CT 植株的净光合速率等于零，不能积累有机物。

借助此题，考生要总结出总光合速率=净光合速率+呼吸速率这个规律，同时还要总结总光合速率的关键词，包括有机物产生、 $\text{O}_2$  产生、 $\text{CO}_2$  消耗；净光合速率的关键词，包括有机物积累、 $\text{O}_2$  释放、 $\text{CO}_2$  吸收。

对于光合作用的“源与库”问题、RUBP酶与光呼吸、 $\text{C}_4$ 植物、景天酸代谢植物等拓展内容，考生不宜直接将其作为知识点去学习，而应借助经典题目，在解题过程中自主理解。

对于非选择题，考生要从头到尾梳理出其研究的逻辑。下面节选2020年第19题的一部分，为大家展示如何将研究逻辑外显化。

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PS II是光反应中吸收、传递并转化光能的一个重要场所，D1是PS II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PS II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PS II得以修复。因此，D1在叶绿体中的合成效率直接影响PS II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PS II修复效率降低。如何提高高温或强光下PS II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问题。

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，PS II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。

【解析】对于材料分析题，考生可先快速浏览问题，再带着问题去阅读材料，同时梳理研究的逻辑框架并将其可视化。

通过第一段考生可以梳理出这样的逻辑：

高温、强光  $\rightarrow$  ROS大量积累  $\xrightarrow{\text{破坏}}$  D1蛋白  $\xrightarrow{\text{补充}}$  新合成D1蛋白 (PS II核心蛋白)

通过第二段，考生可以梳理出这样的逻辑：



考生如将这两个逻辑结合，就不难答出第(2)问的高温导致D1不足的原因了。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。

第二段末尾提出一个实际问题：如何提高高温或强光下PS II的修复效率，进而提高作物的光合效率和产量。第三段介绍了解决方案：科学家将高温响应启动子—psbA基因—转运肽基因的融合基因导入核基因，使植物在自身叶绿体合成D1蛋白之外，新增一条通过核基因合成D1的途径。融合蛋白在转运肽引导下进入叶绿体，可及时补充被破坏的D1蛋白，促进PS II修复，最终提高作物的光合效率与产量。

此外，考生还应加强对答题规律的总结。例如，2022年西城区期末考试第17题要求考生绘制C6SB株系光合速率明显提高的原理流程图，考生要从光反应和暗反应两方面综合考虑。在复习过程中，考生还应仔细研究评分标准，明确给分点，规范答题表述，避免不必要的失分。

高三复习犹如一场马拉松，不仅考验考生的知识掌握程度，更考验考生的毅力、方法与心态。“光合作用”专题正如细胞中的叶绿体，是能量转化的重要枢纽，考生若能将其学透、学活，则可以为整个复习过程注入充沛的“ATP”与“NADPH”。