

光合作用最全知识梳理与拓展

内容来源：侨中生物大课堂

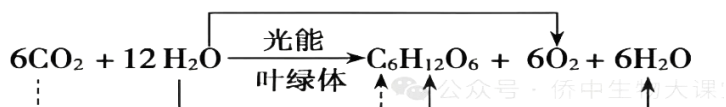
专题一、光合作用的原理与应用

一、光合作用的原理

1. 定义

光合作用是指绿色植物（包括藻类）通过叶绿体（**主要场所，非必要条件**），利用光能，将二氧化碳（ CO_2 ）和水（ H_2O ）转化成储存着能量的有机物（如葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ），同时释放出氧气（ O_2 ）的过程。

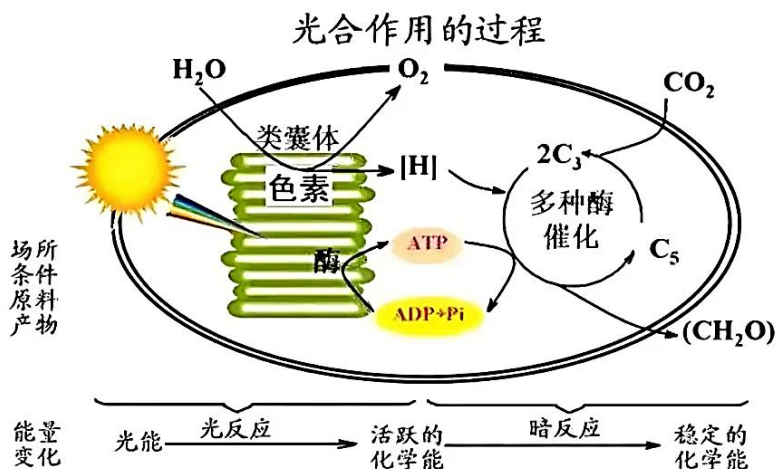
2. 反应式



3. 主要过程

光合作用分为光反应和暗反应两个阶段：

- **光反应阶段**：发生在叶绿体的类囊体薄膜上，涉及光能的吸收、传递和转换，以及电子传递链的运作，形成腺苷三磷酸（ATP）和还原型辅酶 II（NADPH）。水分子在光解作用下被分解成氧气（ O_2 ）和还原型氢（ $[\text{H}]$ ），氧气随后被释放到大气中
- **场所**：叶绿体类囊体薄膜
- **条件**：光照、光合色素、酶
- **产物**：ATP、NADPH、 O_2
- **暗反应阶段**：发生在叶绿体的基质中，利用光反应产生的 ATP 和 NADPH，将二氧化碳固定并还原，最终形成有机物（如葡萄糖），同时再生腺苷二磷酸（ADP）和氧化型辅酶 II（ NADP^+ ）。最重要的反应是卡尔文循环，通过一系列的化学反应将二氧化碳转化为葡萄糖。
- **场所**：叶绿体基质
- **条件**：酶、ATP、NADPH、 CO_2
- **产物**：葡萄糖



4. 能量变化和物质变化

光反应：

- 能量变化：**光能转化为活跃的的化学能（ATP）**
- 水的光解：在光照条件下， H_2O 分子被分解为 O_2 （氧气）和 $[\text{H}]$ （即 NADPH，一种还原态的氢）。
- ATP 的生成： $\text{ADP} + \text{Pi} + \text{光能} \rightarrow \text{ATP}$ 。

暗反应：

- 能量变化：**活跃的的化学能（ATP）转化为稳定的化学能**
- CO_2 的固定： $\text{CO}_2 + \text{C}_5$ （核酮糖-1, 5-二磷酸） $\rightarrow 2\text{C}_3$ （3-磷酸甘油酸）。
- C_3 的还原：在 NADPH 和 ATP 的供能下， C_3 被还原为糖类（主要是葡萄糖），并重新生成 C_5 。

5. 关键物质

- **叶绿体**：是光合作用的主要场所，含有叶绿素等光合色素，能够吸收光能并将其转化为化学能。
- **光合色素**：如叶绿素 a 和叶绿素 b，负责吸收光能并将其传递给其他分子。叶绿素对红光（640–660nm）和蓝紫光（430–450nm）的吸收最为强烈。
- **酶**：催化光合作用中各个反应步骤的蛋白质分子，如参与碳固定的核酮糖-1, 5-二磷酸羧化酶/加氧酶（RuBisCO）、参与还原反应的磷酸甘油酸激酶等。

6. 影响因素

• 光照

- 光照强度：在一定范围内，光合速率随着光照强度的增加而加快。但超过一定范围后，光合速率的增加会变慢，直到不再增加，此时的光照强度称为光饱和点。
- 光照波长：植物对不同波长的光有不同的吸收效率。通常，红光下光合作用最快，蓝紫光次之，绿光最差，**而白光由于包含各种波长的光，通常被认为是植物进行光合作用最理想的光源。**
- 光照面积：一般情况下，光合作用实际量与叶面积呈正相关。但当达到面积饱和点后，光合作用速率不再增加，而呼吸作用会加强，导致光合作用产物的积累量不断降低。

• 二氧化碳

- 二氧化碳是绿色植物光合作用的原料，其浓度的高低直接影响光合作用暗反应的进行。在一定范围内提高二氧化碳的浓度能提高光合作用的速率。但当二氧化碳浓度达到一定值后，光合作用速率不再增加，这是因为光反应的产物有限。**如果二氧化碳浓度过高，甚至可能引起原生质体中毒或气孔关闭，从而抑制光合作用。**

• 温度

- 温度对光合作用的影响较为复杂。由于光合作用包括光反应和暗反应两个部分，**光反应主要涉及光物理和光化学反应过程，受温度的影响较小；而暗反应是一系列酶促反应，受温度变化的影响和制约较大。**在最适温度下，酶的活性最强，光合作用强度最大。当温度低于最适温度时，光合作用强度随温度的增加而加强；当温度高于最适温度时，光合作用强

度随温度的增加而减弱。高温会引起催化暗反应的有关酶钝化、变性甚至遭到破坏，同时还会导致叶绿体结构发生变化和受损。

- **矿质元素**

- **矿质元素直接或间接影响光合作用**。例如，氮（N）是构成叶绿素、酶、ATP 等化合物的元素；磷（P）是构成 ATP 的元素；镁（Mg）是构成叶绿素的元素。这些元素的缺乏会导致光合作用相关物质的合成受阻，从而影响光合作用的进行。

- **水分**

- **水分既是光合作用的原料之一（参与光反应的水的光解过程），又可影响叶片气孔的关闭，间接影响二氧化碳的吸收**。缺乏水分时会使光合速率下降。这是因为**缺水会导致叶片气孔关闭，减少二氧化碳的供应**；同时还会引起叶片内淀粉水解加强、糖类堆积、光合产物输出受阻等问题。

二、光合作用的应用

1. 为植物提供能量和有机物质

光合作用是植物生物体利用太阳能将无机物转化为有机物的过程。通过光合作用，植物可以合成出各种有机物质，为自身提供能量和生长发育所需的营养物质。

2. 维持生态平衡

光合作用是地球上维持生态平衡的重要过程之一。通过光合作用，植物可以吸收大气中的二氧化碳并释放出氧气，为其他生物提供氧气，同时减少二氧化碳的浓度，有助于减缓温室效应和应对气候变化。

3. 食物的来源

光合作用是食物链的起始点，所有的食物都直接或间接地依赖于光合作用。植物通过光合作用合成的有机物质是其他生物的食物来源，维系了整个生态系统的食物链。

4. 生物能源的开发

光合作用产生的有机物可以作为生物燃料，如木材、秸秆、生物柴油等，这些可再生能源的开发有助于减少对化石燃料的依赖。

5. 用于环境监测和治理

通过观察植物的光合活性，可以判断环境中的污染物浓度和环境质量，为环境监测和治理提供重要依据。

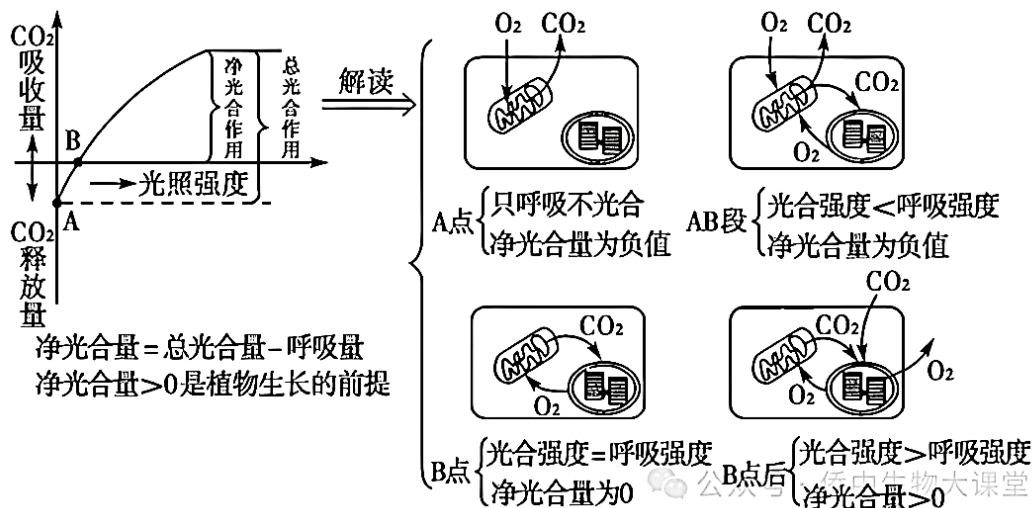
光合作用不仅是植物生存的基础，更是地球上所有生命赖以生存的能量源泉。通过光合作用，植物为自身提供了生长所需的能量和物质，同时也为整个生态系统提供了氧气，维持了大气中氧气和二氧化碳的平衡，对地球的生态环境起到了至关重要的作用。

专题二、光合作用相关曲线与实验分析

一、基本知识概念

光合作用是植物、藻类和某些细菌利用光能将无机物（二氧化碳和水）转化为有机物（葡萄糖）并释放氧气的过程。进行光合作用的前提需要有光照，影响因素主要是光照强度、二氧化碳浓度和温度。光合与呼吸紧密相关，呼吸作用每时每刻都在进行，一般没有特殊说明的情况下，强度会保持稳定。**在昼夜变化曲线中，夜间温度过低会影响呼吸作用的强度。**

1、基础图形与气体交换示意图：



2、基础计算关系：

总光合速率 = 净光合速率 + 呼吸速率

光合作用实际产 O₂量 = 实测 O₂释放量 + 呼吸作用耗 O₂量

光合作用实际 CO₂消耗量 = 实测 CO₂消耗量 + 呼吸作用 CO₂释放量

3、各速率常用文字表述：

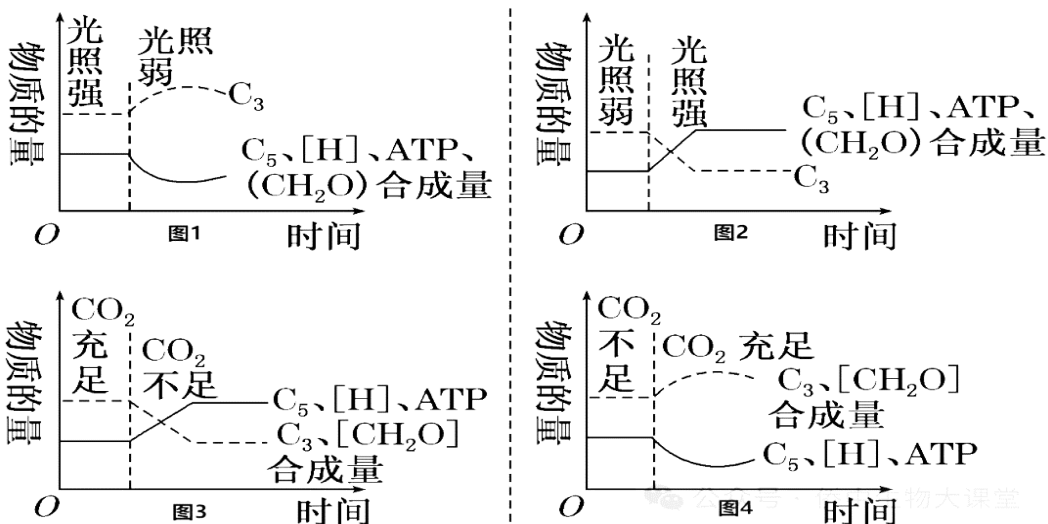
总光合：O₂的制造速率、有机物的生成速率、CO₂固定速率

呼吸速率：O₂的消耗速率、有机物的消耗速率、CO₂生成速率

净光合速率：O₂的释放速率、有机物的积累速率、CO₂吸收速率

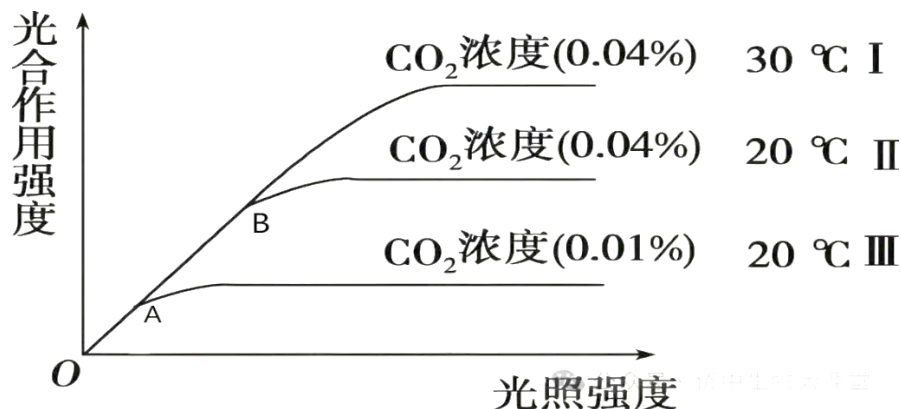
二、光合作用基础曲线分析

1. 光合作用过程中，改变光照或 CO₂导致物质的量变化曲线



- **曲线分析思维：光反应和暗反应存在相互依赖的关系**
- 图 1：光强突降，光反应受抑，[H]、ATP 产量锐减。暗反应中， C_3 因缺乏 [H]、ATP 还原受阻而累积， C_5 再生放缓，含量下降。同时，有机物 $[CH_2O]$ 生成减少，光合作用效率降低。
- 图 2：光强突增，光反应加速，[H]、ATP 产量激增。暗反应中， C_3 因 [H]、ATP 充足还原加快而减少， C_5 再生加速，含量上升。同时，有机物 $[CH_2O]$ 生成增多，光合作用整体效率提升。
- 图 3： CO_2 突然减少，暗反应受限， C_5 因缺乏 CO_2 固定而积累，含量上升。 C_3 生成减少，导致其对 [H]、ATP 的需求降低，进而使得光反应产生的 [H]、ATP 过剩。由于 C_3 还原减少，有机物（如 $[CH_2O]$ ）生成量下降。
- 图 4： CO_2 增加，暗反应加速， C_5 大量用于固定 CO_2 而减少， C_3 增多，导致其对 [H]、ATP 的需求增加，进而使光反应产生的 [H]、ATP 大量消耗并出现不足。有机物 $[CH_2O]$ 生成增多，光合作用效率提高。

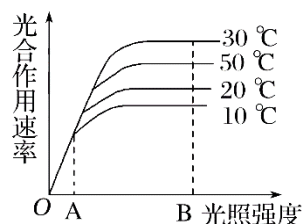
2. 二氧化碳浓度与光合速率的关系曲线



- **曲线分析：**A 点前，影响 I、II、III 曲线的主要因素是光照强度，A 到 B 点，影响 I、II、III 曲线的主要因素是 CO_2 浓度。B 点后，影响 I、II 曲线的主要因素是温度。

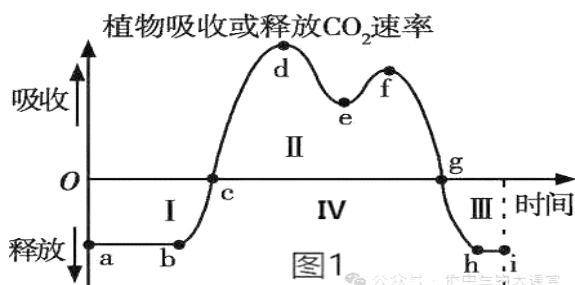
3. 温度与光合速率的关系曲线

- **曲线分析：**A 点前影响光合作用速率的主要因素是光照强度，A 点后影响合作用速率的主要因素是温度。



三、光合作用综合曲线分析

1、密闭玻璃罩内植物光合作用曲线：



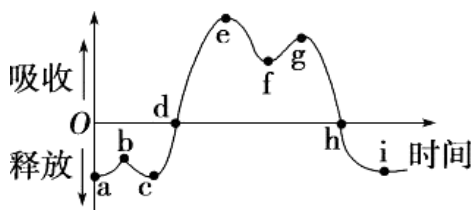
曲线分析：

- **图 1** 横坐标是时间，一般对应 0 点到 24 点。a 至 b 时间点无光照，只有呼吸作用，光合作用为 0，**a 点 CO₂ 释放量代表呼吸作用强度**；
- b 开始到 c 点，出现光照，光合作用开始并慢慢增强，呼吸产生的 CO₂ 部分被光合吸收利用，对外释放量慢慢减少；**光合小于呼吸作用**。
- 到 c 点时，**光合作用等于呼吸作用**；
- c 到 d 随着白天光照强度，光合作用增强，吸收外界 CO₂。**光合大于呼吸作用**。
- d 到 e 点，**由于临近中午，温度过高，气孔部分关闭（午休），气体交换减少（CO₂ 吸收减缓），光合作用强度下降。光合大于呼吸作用**。
- e 到 g，温度下降，气孔重新开放，光合作用强度重新回升，过 f 点后，时间来到傍晚，光照强度下降，光合作用强度下降。**光合大于呼吸作用**。
- 到 g 点，光照强度继续下降，**光合作用等于呼吸作用**。
- g 点到 h 点（不含 h 点），光照强度继续下降，**光合作用小于呼吸作用**
- h 点后，光照停止，**光合作用停止，只剩下呼吸作用**

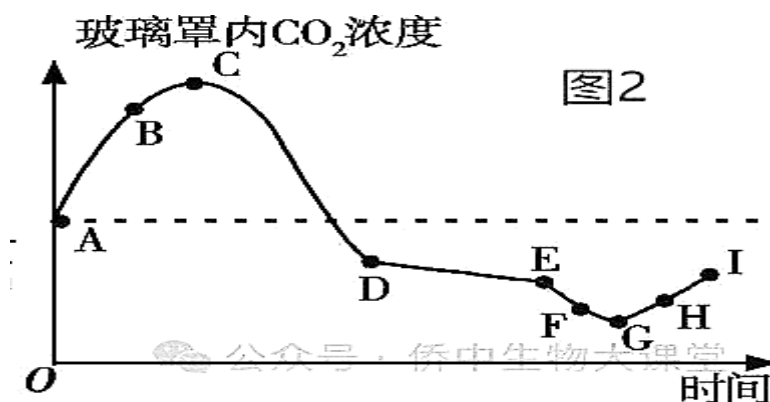
曲线相关点代表数值：

- 一昼夜，净光合 = II - (I + III)，总光合 = II + IV，总呼吸 = I + III + IV
- b 点开始光合，h 点停止光合
- 有机物积累最大点为 g 点。
- 有机物最少点为 b 点。

类似图：下图原理相同，b 点变化是由于夜间温度低，抑制了呼吸作用。



2、密闭玻璃罩内植物光合作用曲线

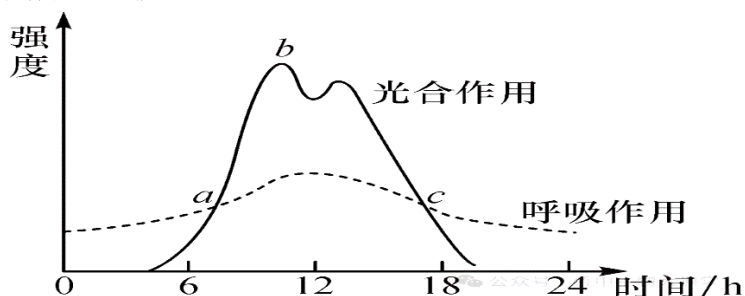


曲线分析思维：光合作用和呼吸作用的强度大小关系决定了植物是吸收CO₂还是释放CO₂。图2曲线横坐标为时间（0点到24点），随时间变化，光照慢慢增强，中午后又慢慢减弱。纵坐标为玻璃罩内CO₂浓度。

- A点到B点，**只有呼吸作用**，植物向外释放CO₂，玻璃罩内CO₂浓度升高；
- B点到C点（不含C），B点时，植物开始光合作用，且逐渐增强。呼吸作用产生的CO₂部分用于光合作用，室内CO₂浓度升高变缓，但**光合作用依旧小于呼吸作用**；
- C点，**光合作用强度等于呼吸作用强度**，植物不再向外释放CO₂；
- C到D点，光合作用继续增强，植物开始吸收CO₂，玻璃罩内CO₂浓度减少。**光合作用大于呼吸作用**；
- D到F点，临近中午，植物出现**午休现象**，植物因为气孔部分关闭，CO₂吸收减缓。**光合作用大于呼吸作用**；
- F点到G（不含G）午休解除，植物继续吸收CO₂。随着时间，光照强度开始减弱。但**光合作用依旧大于呼吸作用**；
- G点，光照强度减弱到一定水平，**光合作用强度又等于呼吸作用强度**；植物停止从外界吸收CO₂；
- G点到I点，**光照强度减弱甚至为0**，光合作用强度继续下降直到停止，**呼吸作用大于光合作用**，植物向外释放CO₂，室内CO₂浓度升高。

注意：A点和I点的CO₂浓度的差值可以表示植物一昼夜的净光合量。I点在虚线以下（I点小于A点）**光合作用总强度大于呼吸作用总强度**，植物可以正常生长发育。I点等于或大于A点，植物可能停止生长，甚至会慢慢死亡。**注意：**C点是光合作用强度等于呼吸作用强度的点，并不是开始光合作用的点。G点是植物有机物积累量达到最大值的点。

3、光合作用和呼吸作用的强度曲线

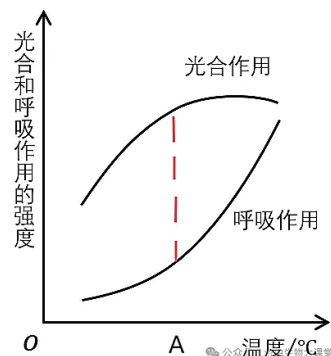


曲线分析：

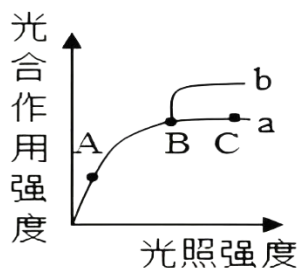
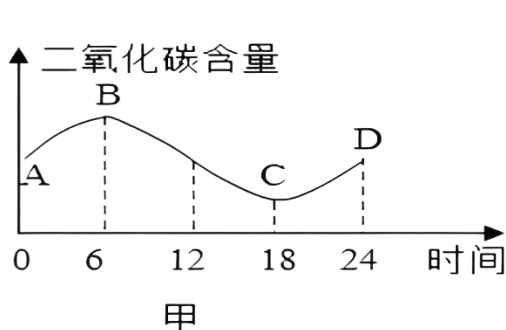
- 该曲线图展示了光合作用与呼吸作用在不同时间段内的强度变化。
- 呼吸作用的曲线变化影响因素是由于昼夜温差变化。夜间温度较低，酶活性低，抑制了呼吸作用。
- a 和 c 点都表示光合作用强度等于呼吸作用强度。12 点区间出现的凹陷是由于中午植物的午休现象。
- b 点可以表示的是净光合速率的最大值

4、温度对光合和呼吸的强度影响曲线

曲线分析：呼吸比光合更容易受温度影响，在 A 点对应温度，光合和呼吸差值最大，净光合速率最大。



5、大棚内 CO₂ 浓度一昼夜变化相关曲线



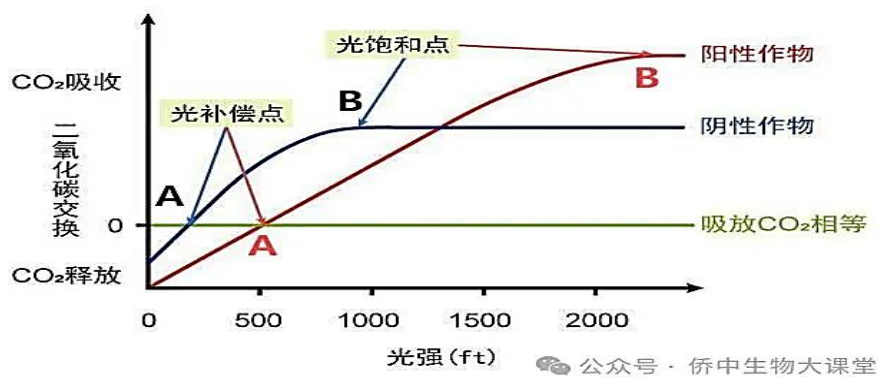
曲线分析：密闭空间中，CO₂浓度的增减取决于光合作用和呼吸作用的强度大小关系。光合作用强度随白天光照强度变化而变化。

- 图甲中，A 到 B 点（不含 B），呼吸大于光合。CO₂浓度增加；
- B 点，呼吸等于光合，CO₂浓度停止增加；
- B 点到 C 点（不含 C），呼吸小于光合，CO₂浓度减少；
- C 点，呼吸等于光合，CO₂浓度停止减少；C 到 D 点，呼吸大于光合。

注意：甲图中，有机物积累量最多的点是 C 点。若 A 点和 D 点数值大小相等，则大棚植物停止生长，不利于大棚生产。需要保持 A 点大于 D 点。

- 图乙中，B 点前，影响植物光合作用强度的主要因素是光照强度，B 点后光饱和。要实现 b 曲线变化，可以适当提高温度或 CO₂ 浓度。

6、光照强度对光合作用的影响



- **光补偿点 (A 点对应的光强)**：是指植物在光合作用过程中，光照强度达到一定水平时，光合作用产生的 O₂ 量（或吸收的 CO₂ 量）等于呼吸作用消耗的 O₂ 量（或释放的 CO₂ 量），此时净光合速率为零的点。

在这个点上，植物的光合作用和呼吸作用达到平衡，不再有 O₂ 的净产生或消耗（或二氧化碳的净吸收或释放）。它是植物不进行光合作用就无法生存的最低光照水平。

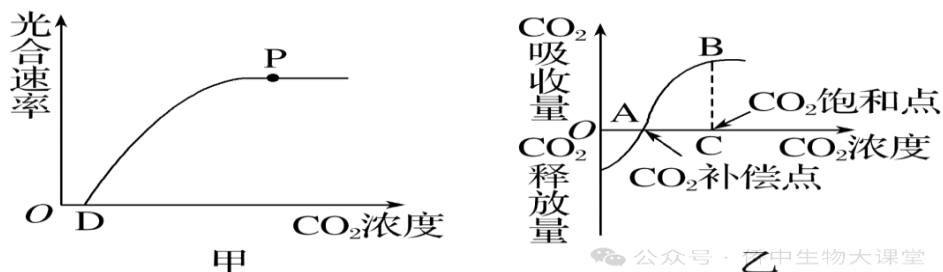
- **光饱和点 (B 点对应的光强)**：是指在一定的光照强度范围内，植物的光合作用速率随光照强度的增加而增加，但当光照强度达到某一特定值后，光合作用速率便不再继续提高，此时的光照强度即为光饱和点。

光饱和点反映了植物在特定条件下达到最大光合速率的能力，超过这个点，增加光照强度对光合速率提升不再有显著作用。这时，**影响光合作用强度的主要因素不再是光照强度，而是温度或 CO₂ 浓度。**

● 阴性作物和阳性作物光补偿点和光饱和点的比较

	阴性作物（阴生植物）	阳性作物（阳生植物）
光补偿点	较低	较高
原因	阴生植物适应于弱光环境，较低的光照强度就能满足其光合作用的需求，同时其呼吸作用相对较弱，因此光补偿点较低。	阳生植物适应于强光环境，需要较高的光照强度才能达到光合作用和呼吸作用的平衡，同时其 呼吸作用相对较强，因此光补偿点较高。
光饱和点	较低	较高
原因	阴生植物的叶片疏导组织相对稀疏，当光照强度增加到一定程度时，其光合速率不再继续提高。此外， 阴生植物叶绿素 b 的含量相对较多，能够更有效地利用漫射光中的蓝紫光进行光合作用，因此其光饱和点相对较低。	阳生植物则能在更高的光照强度下维持较高的光合速率，且其叶片疏导组织相对发达，能够更有效地利用强光进行光合作用，因此其光饱和点相对较高。

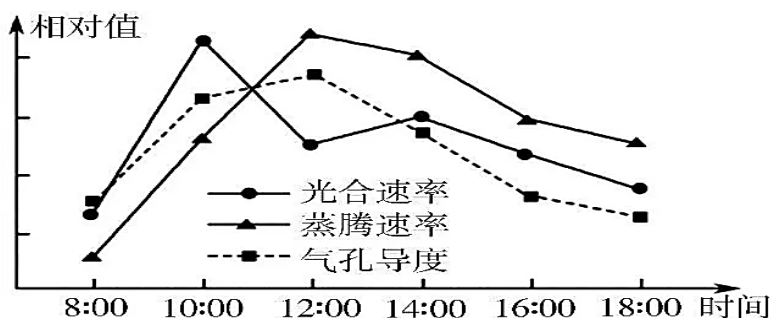
7、CO₂浓度对光合作用的影响



CO₂饱和点：是指当空气中的 CO₂浓度增加到一定程度后，植物的光合速率不会再随着 CO₂浓度的增加而提高。此时，空气中的 CO₂浓度就被称为 CO₂饱和点。**CO₂补偿点：**是指在光照条件下，叶片进行光合作用所吸收的 CO₂量与叶片所释放的 CO₂量（主要来源于呼吸作用）达到动态平衡时，外界环境中 CO₂的浓度。

- **甲图**曲线分析：是 CO₂浓度对光合速率影响的曲线图，CO₂浓度通过影响暗反应来影响光合作用。D 点前，外界 CO₂浓度过低，植物叶绿体内的羧化酶无法获得足够的 CO₂进行羧化反应，从而限制了光合作用的进行。DP 段，随着 CO₂浓度升高，光合速率逐渐增强。P 点为 CO₂饱和点，P 点后，影响光合速率的因素不再是 CO₂浓度，而是其他因素如温度或光照强度。
- **乙图**曲线分析：
 - A 点前，CO₂浓度低于补偿点，呼吸作用大于光合作用，植物向外释放 CO₂；
 - A 点时，CO₂浓度等于补偿点，呼吸作用等于光合作用；
 - AB 段，CO₂浓度处于补偿点和饱和点之间时，光合作用大于呼吸作用；
 - B 点后，CO₂浓度达到饱和，CO₂浓度增加，不会影响光合速率。

8、气孔导度对光合作用的影响曲线

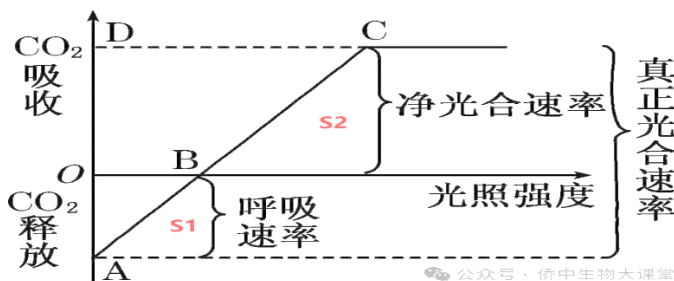


- **气孔导度：**即气孔开放程度，是衡量植物叶片气孔张开程度的一个指标。它直接影响到植物叶片与外界环境的气体交换，特别是二氧化碳（CO₂）的吸收和氧气的释放。
- **蒸腾速率：**是植物叶片水分散失的速率，它反映了植物体内水分通过叶片气孔向外界环境散失的速度。**气孔导度的增加使得植物能够更快地散失水分，即蒸腾速率增加。**

一般来说，气孔导度越大，叶片从外界吸收的 CO₂的量越多，从而增加了胞间 CO₂的浓度，为光合作用提供了更多的原料，进而增强了光合速率。而气孔导度越大，蒸腾速率也会随之升高，过高时，会导致植物体内水分过度散失，进而引发气孔关闭以减少水分散失。这会降低光合速率，因为气孔关闭会减少 CO₂的吸收量。

在干旱和高温等不利环境条件下，植物可能会通过关闭气孔来减少蒸腾速率，以降低体内水分的散失和防止叶片过热。而在水分充足和光照强度适中的条件下，植物则会保持较高的气孔导度和蒸腾速率，以促进体内水分和营养物质的运输以及光合作用的进行。

8、经典光合作用曲线



曲线分析：

A 点无光合，只有呼吸作用， CO_2 释放量为呼吸作用强度，**默认保持稳定**。

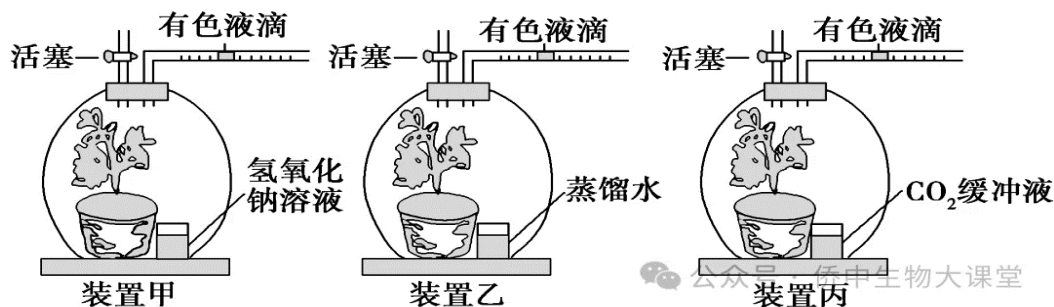
AB 段，随着光照强度增加，光合作用开始进行，但呼吸作用大于光合作用；

B 点，**光照补偿点**，**呼吸作用等于光合作用**。植物不吸收也不释放 CO_2 ；

BC 段，光照强度继续增强，**光合作用大于呼吸作用**，植物吸收外界 CO_2 ；

C 点，**光照饱和点**，光照强度达到饱和，光合作用不再受光照强度增加影响，此时影响光合速率的是其他因素，如温度或 CO_2 浓度。

9、液滴移动法测定呼吸速率和光合速率



基础知识：

- NaOH 是一种强碱，**具有吸收 CO_2 的能力**。当 NaOH 溶液与二氧化碳接触时，它们会发生化学反应，生成碳酸钠 (Na_2CO_3) 和水 (H_2O)
- CO_2 缓冲液，是一种能够**维持体系中二氧化碳浓度和 pH 值稳定的溶液**。当反应系统内 CO_2 增多时， CO_2 缓冲液会吸收多余的 CO_2 ；反之，当系统内 CO_2 减少时， CO_2 缓冲液会释放 CO_2 以补充。

实验一：测定呼吸强度实验设计。在黑暗条件下，装置甲乙中的植物无光合作用，只有呼吸作用。

装置甲中，呼吸作用吸收 O_2 ，并释放 CO_2 ，根据有氧呼吸反应式， O_2 吸收量 = CO_2 释放量，空间内气体总体积理应不会发生改变。但由于 NaOH 吸收 CO_2 ，导致空间内气体体积变小，有色液滴向左移动。移动的数值代表 O_2 吸收量或呼吸强度。

装置乙做为对照组，有色液滴**理论上不移动**，若发生移动，便是存在其他因素导致的实验误差。装置甲在计算液滴移动距离时，**要考虑到装置乙提供的误差值**。如装置甲液滴向左移动 X，装置乙液滴向右移动 Y，则植物的呼吸强度表示为： $X+Y$

实验二：测定光合强度实验设计，在光照条件下，装置乙丙中的植物既有光合作用，也有呼吸作用。

装置乙中，根据有氧呼吸反应式， O_2 吸收量= CO_2 释放量，根据光合反应式， CO_2 吸收量= O_2 释放量，因此，理论上**装置乙液滴不动**，若发生移动，也是属于误差值。

而装置丙的变化，**需要将呼吸作用和光合作用分开分析**：

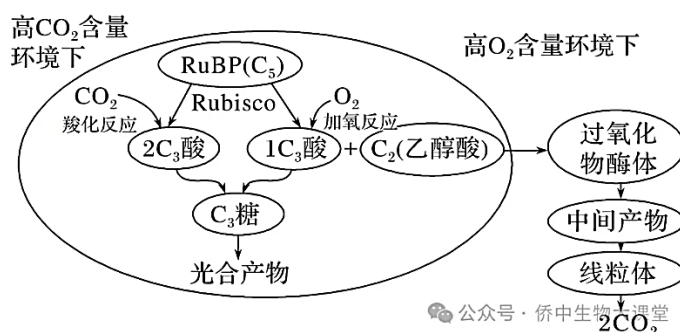
- ①**呼吸作用中**，呼吸会消耗 O_2 ，并释放 CO_2 ，但 CO_2 缓冲液吸收全部（默认全部）释放的呼吸作用产生的 CO_2 ，导致气体体积变小，**有色液滴会向左移动**。移动数值理论上便是**实验一测定的呼吸强度**。
- ②**光合作用中**，光照条件下，绿色植物进行光合作用，消耗 CO_2 ，释放 O_2 ， CO_2 缓冲液会补充被光合消耗的 CO_2 ，这样一来，光合作用释放的 O_2 就是额外的，因此玻璃空间内的气体总体积增加。**有色液滴会向右移动**。
- ③数据处理**计算呼吸速率**：根据液滴在黑暗条件下的移动距离和时间，可以计算出单位时间内氧气的消耗速率（即呼吸速率）。**计算净光合速率**：在光照条件下，液滴的移动距离反映了光合作用产生的氧气与呼吸作用消耗的氧气之间的差值。因此，净光合速率可以通过计算光照条件下液滴的移动距离和时间来得出。**计算总光合速率**：总光合速率是植物在光照条件下实际产生的氧气速率，它等于净光合速率加上呼吸速率。

专题三、光合作用的拓展概念

在光合作用这一复杂的生物学过程中，除了教材中详细阐述的基本概念外，高考中有时也会出现一些较为生僻的概念。包括光呼吸、光系统、光抑制、碳同化、光合磷酸化、Rubisco 酶、胞间二氧化碳浓度、气孔导度、光合作用的日变化及季节变化、 C_3 植物和 C_4 植物等。以下是对光合作用相关生僻概念的进一步详细解析：

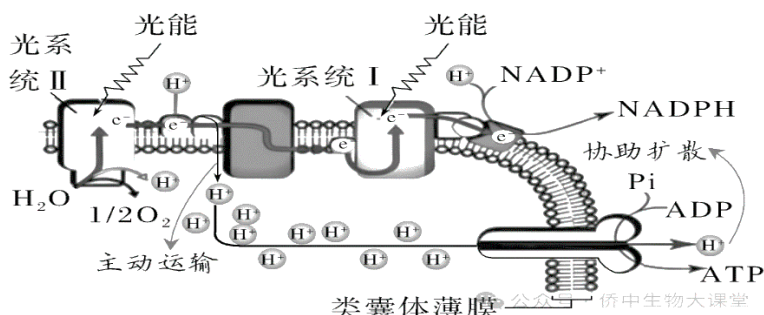
一、光呼吸（2024 年辽宁卷）

光呼吸是指绿色植物在光照条件下吸收 O_2 ，导致叶绿体中的 C_5 被分解并产生 CO_2 的过程。这一现象产生的分子机制在于 O_2 和 CO_2 会竞争性地与 Rubisco 酶结合：在暗反应阶段，Rubisco 酶能有效地以 CO_2 为底物进行固定；然而，在光照条件下，若 O_2 浓度较高而 CO_2 浓度较低， O_2 便会与 CO_2 竞争 Rubisco 酶的结合位点，并在光的驱动下促使碳水化合物氧化，最终生成 CO_2 和水。



二、光系统（2023 年湖北卷）

光系统是植物进行光吸收的功能单位，由叶绿素、类胡萝卜素、脂和蛋白质等组成的复合物。光系统分为光系统 I（PS I）和光系统 II（PS II），它们分别具有不同的结构和功能。光系统 I 主要参与光合作用的电子传递链，将光能转化为化学能；而光系统 II 则负责水的光解，产生氧气和质子。光系统中的捕光复合物负责捕获光能，并将其传递给光反应中心复合物，从而驱动电子传递和 ATP 的合成。

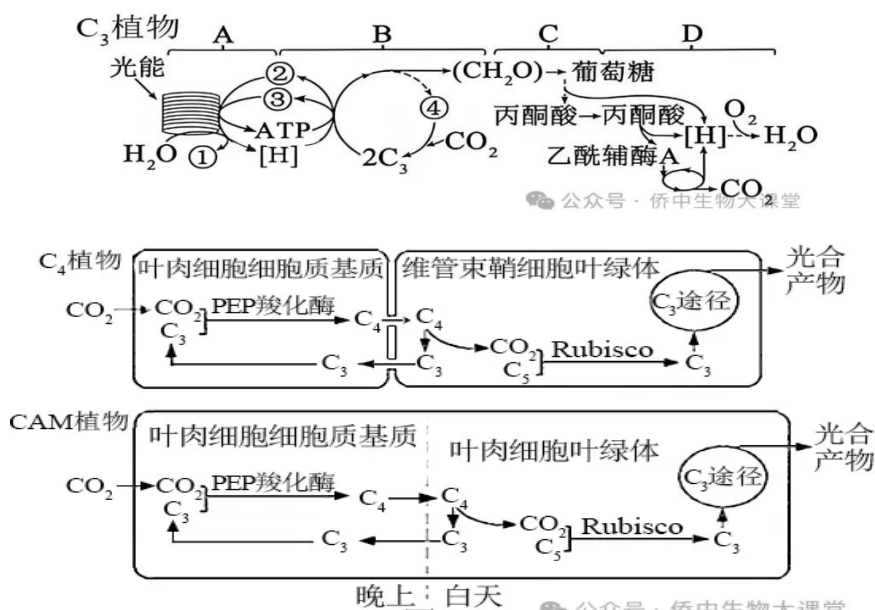


三、光抑制（多个省份的高考卷）

光抑制是指当植物的光合系统所接受的光能超过光合作用所能利用的量时，光合功能下降的现象。光抑制会导致 PSII 反应中心的破坏，使光合效率降低。光抑制是植物本身的保护性反应，但并非一种光保护机制。在强光下，植物会通过一系列的光保护机制来减轻光抑制的影响，如增加热耗散、调整叶绿素含量等。

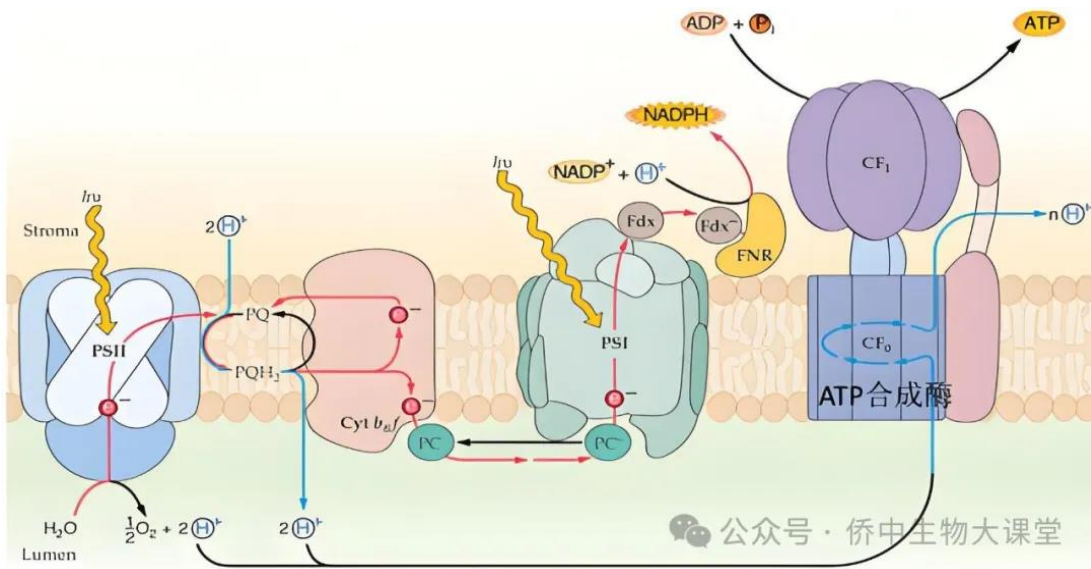
四、碳同化（近几年的高考生物卷）

碳同化是指植物利用光反应中形成的同化力（ATP 和 NADPH），将 CO_2 转化为碳水化合物的过程。碳同化是光合作用的暗反应阶段，包括 C_3 途径、 C_4 途径和 CAM 途径。 C_3 途径是植物中最常见的碳同化途径，它主要发生在叶绿体的基质中，通过一系列酶促反应将 CO_2 转化为有机物。 C_4 途径和 CAM 途径则主要发生在一些特殊的植物中，它们具有更高的光合效率和耐旱性。



五、光合磷酸化（2024 年高考生物试题（安徽卷））

光合磷酸化是指由光照引起的电子传递与磷酸化作用相偶联而生成 ATP 的过程。光合磷酸化发生在叶绿体的类囊体膜上，通过一系列电子传递链和质子泵的作用，将光能转化为化学能并合成 ATP。光合磷酸化可以分为循环式和非循环式两种类型，非循环式光合磷酸化在光合作用中占主要地位。循环式光合磷酸化则主要发生在一些特殊的生物中，如蓝藻和绿藻等。



六、Rubisco 酶（2021 年广东卷）

Rubisco 酶（核酮糖-1,5-二磷酸羧化加氧酶）是光合作用中最重要的酶之一，它催化了 CO_2 的固定和加氧反应。Rubisco 酶在卡尔文循环中起着关键作用，它能够将大气中的 CO_2 与核酮糖-1,5-二磷酸反应生成甘油酸-3-磷酸，这是光合作用中碳固定的第一步。Rubisco 酶的活性受到多种因素的调节，如温度、光照、pH 值等。通过遗传改良提高 Rubisco 酶的活性，可以显著提高植物的光合效率和产量。

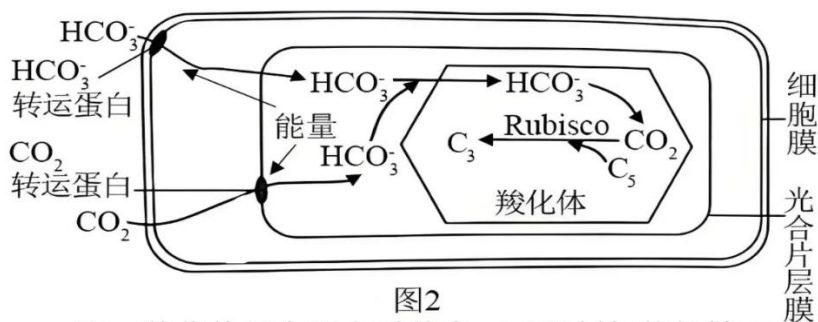


图2

注：羧化体具有蛋白质外壳，可限制气体扩散

七、胞间 CO_2 浓度（2013 年江苏高考卷）

胞间 CO_2 浓度 (C_i) 是指植物细胞间隙中 CO_2 的含量。胞间二氧化碳浓度的大小取决于叶片周围空气的 CO_2 浓度、气孔导度、叶肉细胞的光合活性等多个因素。胞间 CO_2 浓度与光合速率之间的关系呈正相关，即胞间 CO_2 浓度越高，光合速率越高。在农业生产中，通过优化通风条件、增加 CO_2 浓度等措施，可以提高作物的光合效率和产量。

八、气孔导度（2014 年安徽卷）

气孔导度是指植物叶片上气孔的开启程度，它决定了气体和水分的进出速度。气孔导度的高低直接影响植物的光合作用效率和水分的保持能力。气孔导度的调节是植物适应环境变化、维持生命活动的关键。**在干旱、高温等不利条件下，植物会通过关闭气孔来减少水分的蒸发和气体的交换，从而保护自身免受伤害。**然而，气孔关闭也会导致光合速率的降低和 CO_2 供应的不足。因此，在农业生产中需要合理调控气孔导度，以平衡光合作用和蒸腾作用之间的关系。

九、光合作用的日变化（2024 年河北卷）

光合作用的日变化是指光合作用强度在一天中的变化。早晨随着光照增强、气温上升，光合作用强度不断增强；**至正午前后，虽然光照、温度继续升高，但光合强度却出现下降趋势（称为“午睡现象”）**；午后，光合强度稍有回升，但随着光照减弱和气温下降，光合强度逐渐减弱。光合作用的日变化受到多种因素的调节，如光照强度、温度、水分等。了解光合作用的日变化有助于制定合理的灌溉、施肥等农业管理措施，以提高作物的产量和品质。

十、光合作用的季节变化（2022 年全国卷）

光合作用的季节变化与温度、光照、水分等环境因素密切相关。一般来说，在春季和夏季，随着温度和光照的增强，光合作用强度也会增加；而在秋季和冬季，随着温度和光照的减弱，光合作用强度则会降低。光合作用的季节变化对植物的生长发育和产量形成具有重要影响。在农业生产中，需要根据季节变化调整农业管理措施，如合理施肥、灌溉、修剪等，以优化光合作用效率并提高作物产量。

十一、C3 植物和 C4 植物（2024 年全国甲卷）

C3 植物和 C4 植物是根据其光合作用中碳同化的途径来区分的。C3 植物通过 C3 途径进行碳同化，主要发生在叶绿体的基质中；而 C4 植物则通过 C4 途径进行碳同化，主要发生在叶肉细胞的细胞质中。**C4 植物相比 C3 植物具有更高的光合效率和耐旱性。这是因为 C4 植物能够更有效地利用低浓度的二氧化碳和强光条件进行光合作用，从而提高了水分利用效率和产量。**在农业生产中，通过选育和推广 C4 作物品种，可以显著提高作物的产量和适应性。

十二、非光化学猝灭（2023 年山东卷）

当植物叶片吸收的光能超过光合作用所能利用的量时，为了避免光合机构受到光破坏，植物会启动非光化学猝灭机制。这一机制通过将过剩的激发能量以热能的形式耗散掉，从而降低光合机构中的激发态能量水平，保护光合机构免受光抑制的损害。非光化学猝灭主要发生在叶绿体的类囊体膜上，尤其是光系统 II（PSII）的捕光复合体（LHCII）中。当植物感知到过剩的光能时，会通过一系列复杂的调控机制，如 PsbS 蛋白的参与，增强非光化学猝灭过程，从而有效地耗散过剩的激发能量。