



# 分子与细胞

## 第五章

### 第4节 能量之源——光与光合作用



# 一、捕获光能的色素和结构

## (一) 绿叶中色素的提取与分离

### 1. 实验原理

有机溶剂

(1) 叶绿体中的色素容易溶解在无水乙醇中。

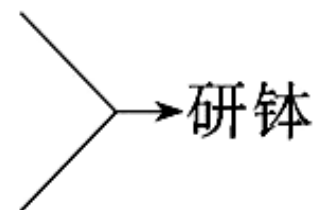
(2) 各种色素在层析液中的溶解度不同；溶解度高的色素在滤纸上扩散的速度快，反之则慢，从而使各种色素相互分离。

### 2. 实验流程图示



提取色素：称量 5 g 绿色叶片并剪碎

加入少量 二氧化硅、碳酸钙 和 10 mL 无水乙醇



→ 研磨 → 过滤 → 收集到试管内并塞紧管口

制滤纸条

将干燥的滤纸剪成长与宽略小于试管长与直径的滤纸条，剪去一端两个角  
在距离剪角一端 1 cm 处用铅笔画线

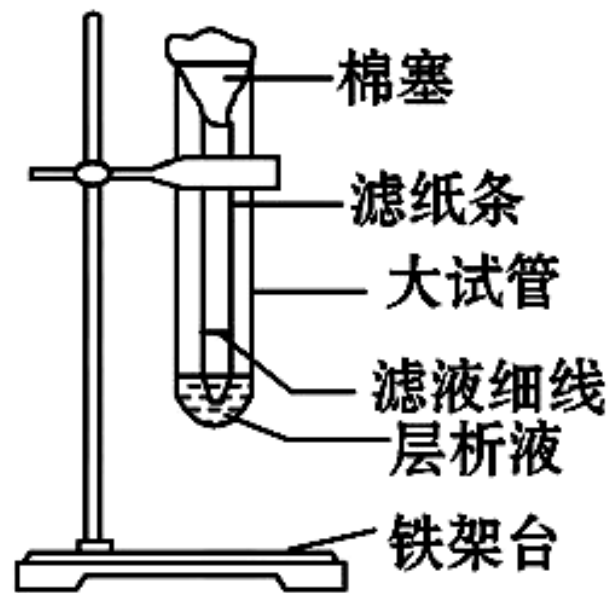
画滤液细线

用毛细吸管吸少量的滤液沿铅笔线处小心均匀地画一条滤液细线（要求细、直、齐）

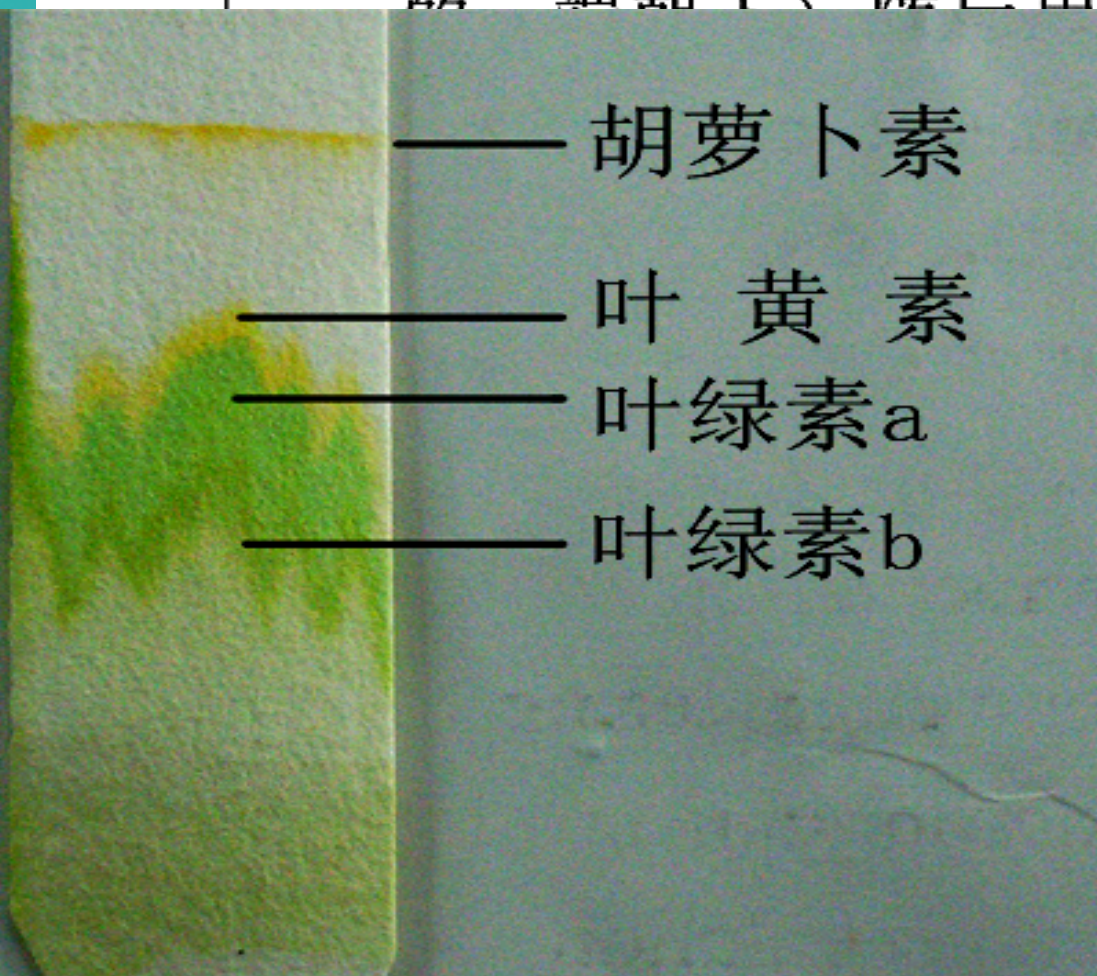
待滤液干后，再画一两次



分离色素：将适量的层析液倒入试管中，装置如图所示，插入滤纸条（有滤液细线的一端朝下），随后用棉



意：  
细

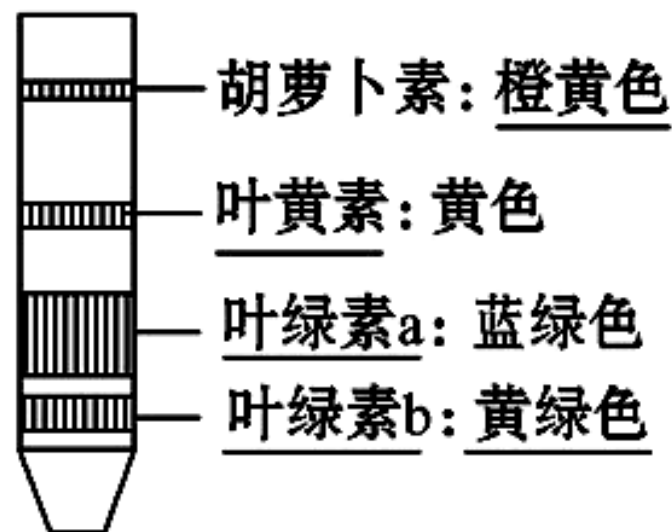


胡萝卜素

叶黄素

叶绿素a

叶绿素b



# 说明:

(1) 从色素带的宽度可推知色素含量的多少，从色素带的位置可推知色素在层析液中溶解度大小。

(2) 在滤纸条上，扩散速度最快的是胡萝卜素，扩散速度最慢的是叶绿素b。

(3) 液泡中的色素是水溶性色素，而叶绿体中的色素则是脂溶性色素。



### 3、实验中的注意事项

#### (1) 对实验材料的选择

选择鲜嫩、颜色浓绿的新鲜叶片，以保证含有较多的色素。

可用其它绿色叶片代替菠菜，但不能用大白菜等含叶绿素较少的材料。

#### (2) 研磨时的要求 **迅速、充分**

a. 为了使叶绿体完全破裂，从而能提取较多的色素； b. 避免无水乙醇挥发； c. 叶绿素极不稳定，能被活细胞中的叶绿素酶水解而破坏。

若无无水乙醇，可用丙酮或其它**有机溶剂**代替，但丙酮有毒，研磨时需采取措施防止蒸发。

加入各物质的量要成比例，以保证提取较多的色素和色素浓度适宜。

- (3) 滤液收集后，要及时用棉塞将试管口塞紧，以免滤液挥发。
- (4) 制备定性滤条时，注意双手尽量不要接触纸面，以免手上的油脂或其他脏物污染滤纸。
- (5) 制备滤条时，要将滤纸条的一端剪去两角，这样可以使色素在滤纸条上扩散均匀，便于观察实验结果。
- (6) 画滤液细线时用力要均匀，快慢要适中。滤液细线要细、直、齐，且干燥后重复画一两次，使滤液细线既有较多的色素，又使各色素扩散的起点相同。
- (7) 滤纸上的滤液细线不能浸入层析液中。

避免将滤液细线中的色素分子溶解到层析液中，滤纸条上得不到色素带。

(8) 试分析分离色素时色素带颜色过浅的原因。

①叶片颜色太浅；

②叶片放置时间太久；

③研磨不充分，色素未能充分提取出来；

④未加 $\text{CaCO}_3$ 粉末或加入过少，色素分子部分被破坏；

⑤称取绿叶过少或加入无水乙醇过多，色素溶液浓度小。

(9)本实验中圆形滤纸中央滴一滴层析液，对叶绿体中的色素进行层析，会得到近似同心的四个色素环，由内到外依次是黄绿色、蓝绿色、黄色、橙黄色。

(10)影响叶绿素合成的因素





### ①光照：

光是影响叶绿素合成的主要条件，一般植物在黑暗中不能合成叶绿素，因而叶片发黄。

### ②温度：

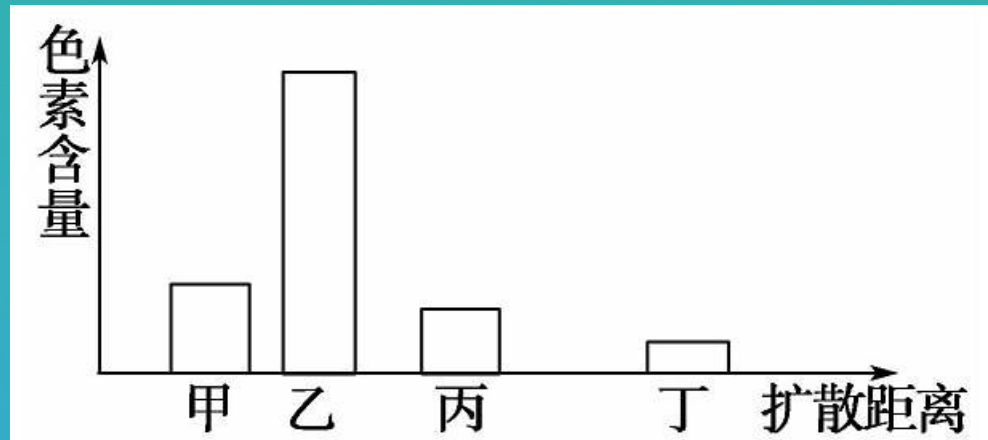
温度可影响与叶绿素合成有关的酶的活性，进而影响叶绿素的合成。低温时，叶绿素分子易被破坏，因而叶子变黄。

### ③矿质元素：

叶绿素中含N、Mg等矿质元素，若缺乏将导致叶绿素无法合成，老叶先变黄。另外，Fe是叶绿素合成过程中某些酶的辅助成分，缺Fe也将导致叶绿素合成受阻，幼叶先变黄。



下列是新鲜绿叶的四种光合色素在滤纸上分离的情况，以下说法正确的是( B )



- A. 提取色素时加入碳酸钙是为了防止滤液挥发
- B. 水稻在收获时节，叶片中色素量变为(甲+乙)<(丙+丁)
- C. 四种色素都能溶解在层析液中，乙色素的溶解度最大
- D. 四种色素中，丙和丁主要吸收红光

## (二)色素的种类和吸收光谱

色素种类		颜色	吸收光谱	滤纸条上位置
叶绿素 (约占 <u>3/4</u> )	叶绿素a	蓝绿色	主要吸收 红光和 <u>蓝紫光</u>	中下层
	叶绿素b	黄绿色		最下层
类胡萝卜素 (约占 <u>1/4</u> )	胡萝卜素	橙黄色	主要吸收 <u>蓝紫光</u>	最上层
	叶黄素	黄色		中上层



## 考点1 叶绿体中的色素

1. 对叶绿体色素吸收光谱的理解（课本99页图5—10）

(1) 不同颜色的光线会对植物的生长发育产生不同的影响。

(2) 叶绿体中的色素只吸收可见光，而对红外光和紫外光等不吸收。

(3) 叶绿素对红光和蓝紫光的吸收量大，类胡萝卜素对蓝紫光的吸收量大，但对其他波段的光并非不吸收，只是吸收量较少。



## 2. 色素吸收光谱的应用——不同颜色温室大棚的光合效率

温室或大棚种植蔬菜时，应选择什么颜色的玻璃、塑料薄膜？为什么？

无色透明玻璃、塑料薄膜

无色透明玻璃、塑料薄膜可使日光中各色光均能透过，有色大棚主要透过同色光，其他光被其吸收，所以用无色透明的大棚光合效率最高。

温室或大棚种植蔬菜时，应选择什么颜色的补充光源？为什么？

红光或蓝紫光

植物光合作用主要吸收红光或蓝紫光，对植物的光合效率高



### (三) . 色素的分布、功能

(1) 功能: 吸收可见光, 用于光合作用

(2) 分布: 叶绿体类囊体的薄膜上

### (四) 捕获光能的结构—叶绿体

(1) 分布 主要分布在绿色植物的叶肉细胞

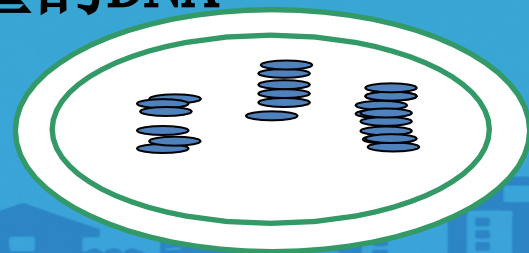
(2) 形态 一般呈扁平的椭球形或球形

(3) 结构

外膜	} 透明, 有利于光线的透过
内膜	
基粒	类囊体组成, 薄膜上含色素和酶
基质	多种光合作用酶、少量的DNA

(4) 功能 光合作用的场所

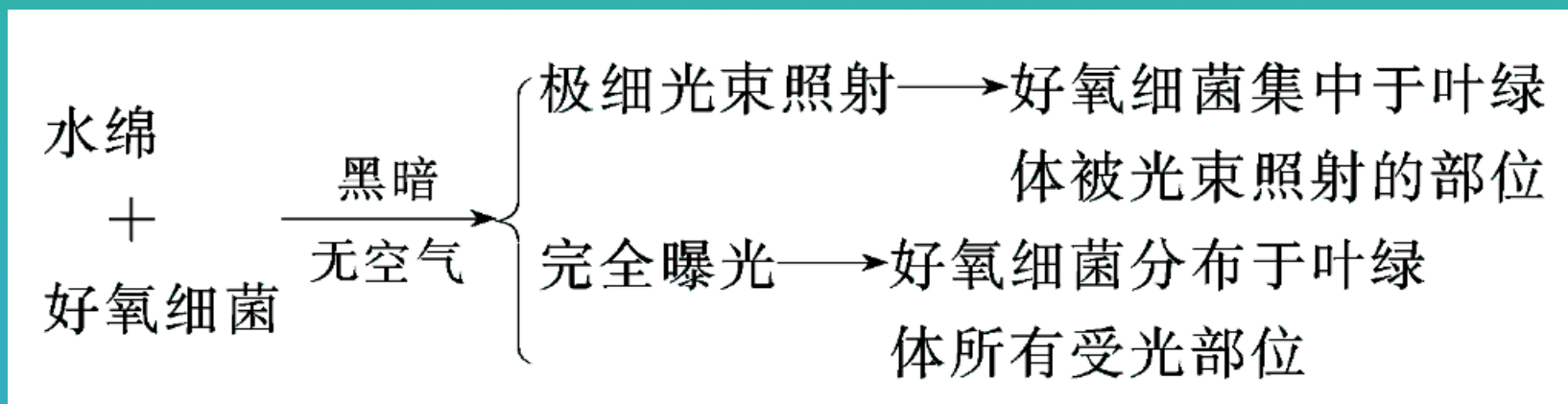
“养料制造车间”、“能量转换站”



# 资料分析

## 叶绿体功能的实验验证

### (1) 实验过程及现象



### (2) 实验结论

- ① 叶绿体是进行光合作用的场所。
- ②  $O_2$  是由叶绿体释放的。

恩吉尔曼的实验在设计上的巧妙之处是：

一是选用水绵和好氧细菌为实验材料，水绵的叶绿体呈螺旋式带状，便于观察，用好氧细菌可确定释放氧气多的部位；

二是将临时装片放在黑暗并且没有空气的环境中，排除环境中光线和氧的影响；

三是选用极细的光束照射，叶绿体上可分为光照多和光照少的部位，相当于一组对比实验；

四是进行黑暗和曝光的对比实验，从而明确实验结果完全是由光照引起的。



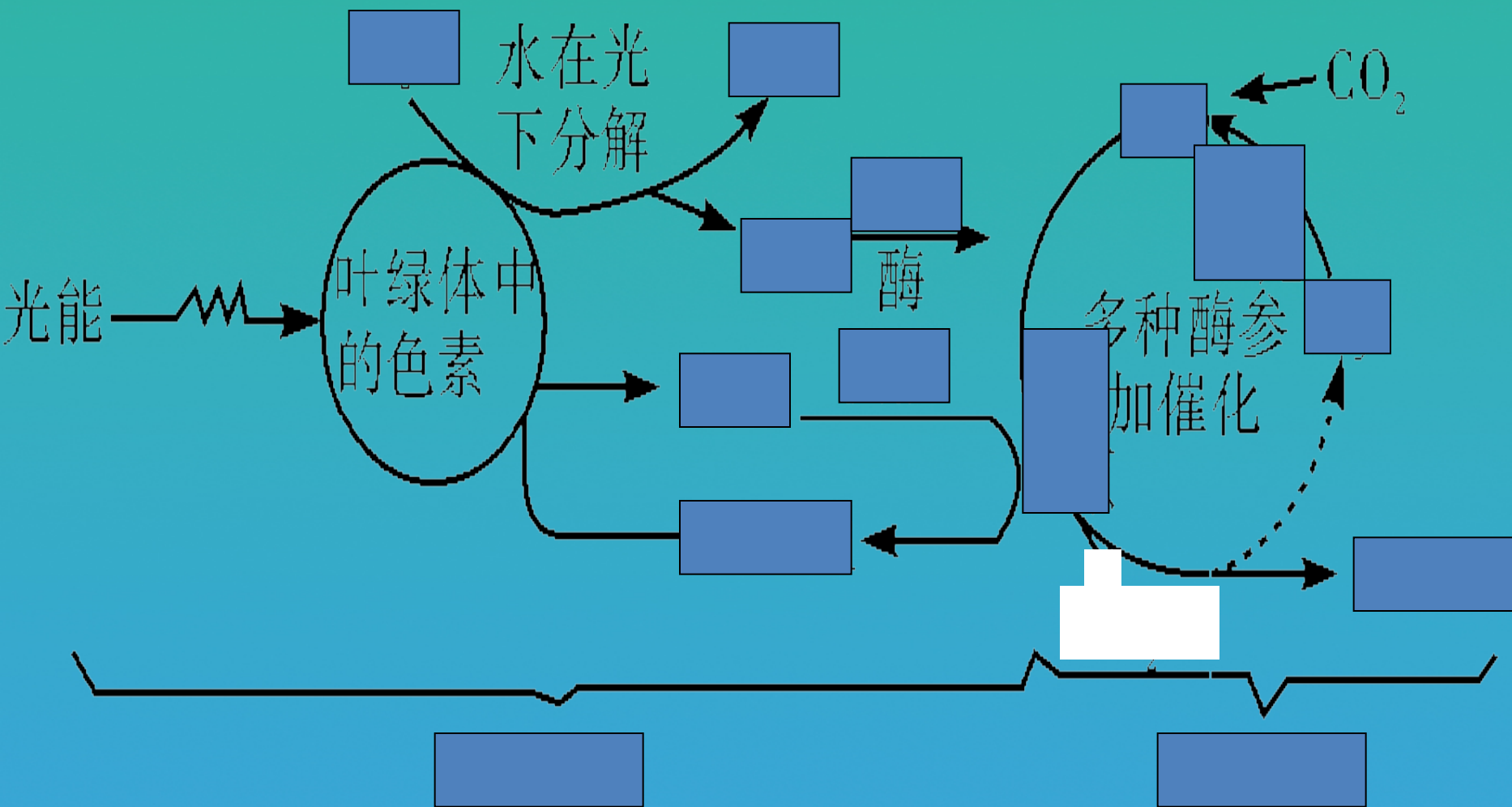


## 二、光合作用的原理和应用

### 1. 光合作用的探索历程

年代	科学家	观点(结论)
1771	英国，普利斯特利	植物可以 <u>更新空气</u>
1779	荷兰，英格豪斯	只有在 <u>阳光照射下</u> ，植物才能更新空气
1785		明确植物吸收 <u>CO<sub>2</sub></u> ，放出 <u>O<sub>2</sub></u>
1845	德国，梅耶	光合作用把光能转换为 <u>化学能</u>
1864	德国，萨克斯	光合作用的产物除O <sub>2</sub> 外，还有 <u>淀粉</u>
1880	美国，恩格尔曼	证明 <u>氧气是叶绿体释放出来的，叶绿体是植物进行光合作用的场所</u>
1939	美国，鲁宾和卡门	证明光合作用释放的O <sub>2</sub> 来自于 <u>水</u>
20世纪40年代	美国，卡尔文	探明了 <u>二氧化碳中的碳转化成有机物中碳的途径</u>

## 2.光合作用的过程



## 2.光合作用的过程

### (1)光反应

①场所：叶绿体的**类囊体薄膜**\_\_\_\_\_上。

②条件：**光能、色素、酶、水**\_\_\_\_\_等。

③物质变化：将水分解为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_**O<sub>2</sub>**，将ADP和Pi合成\_\_\_\_\_。**[H]**

④能量变化：**ATP**光能转变为活跃的**化学能**\_\_\_\_\_。

### (2)暗反应

①场所：叶绿体的**基质**\_\_\_\_\_中。

②条件：**酶**\_\_\_\_\_、[H]、ATP、CO<sub>2</sub>等。



### ③物质变化

CO<sub>2</sub> 的固定:  $C_5 + CO_2 \xrightarrow{\text{酶}} \underline{2C_3}$ 。

C<sub>3</sub> 的还原:  $2C_3 + [H] \xrightarrow[\text{ATP}]{\text{酶}} \underline{(CH_2O) + C_5}$ 。

④ 能量变化: ATP 中活跃的化学能转变为 有机物中稳定化学能。

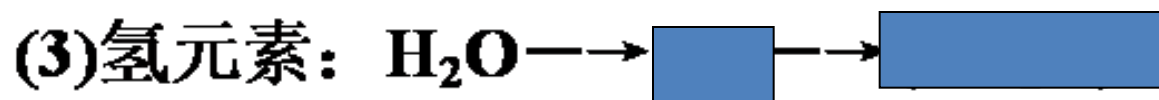
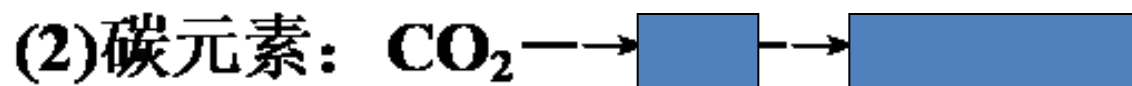
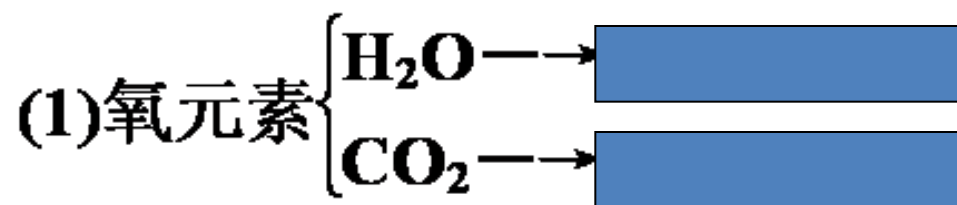
### 3. 光合作用原理的应用

(1) 光合作用强度是指植物在单位时间内通过光合作用制造 糖类 的数量。

(2) 影响光合作用强度的因素包括空气中 CO<sub>2</sub> 的浓度、土壤中 水分 和矿质元素的多少、光的 强弱 以及温度的高低等。

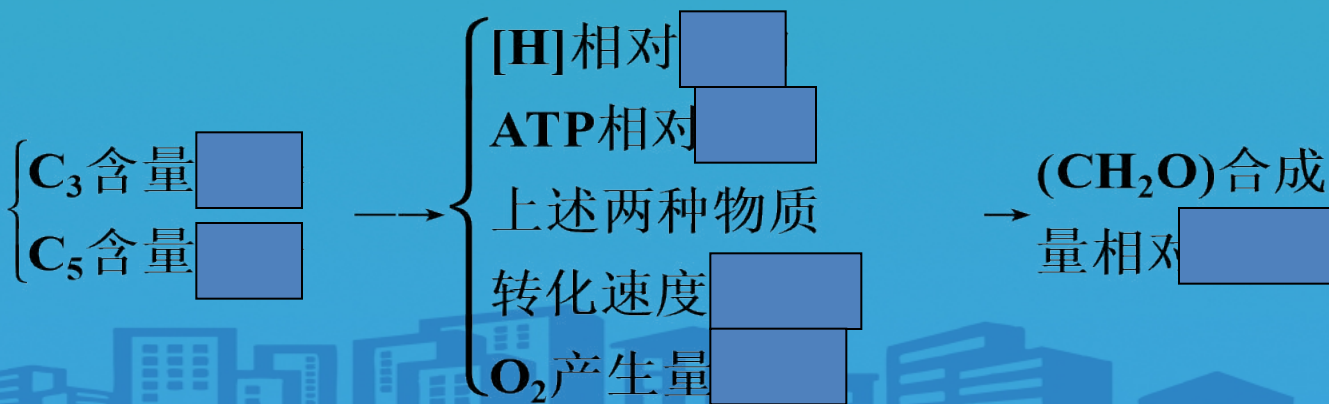
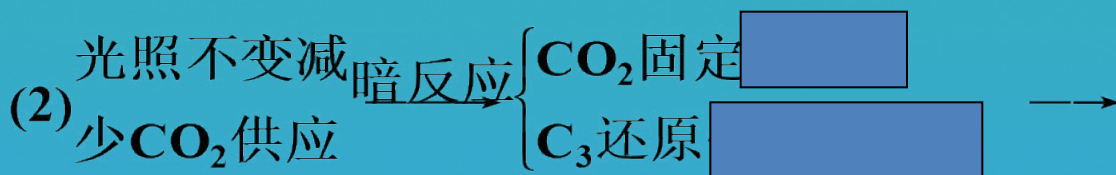
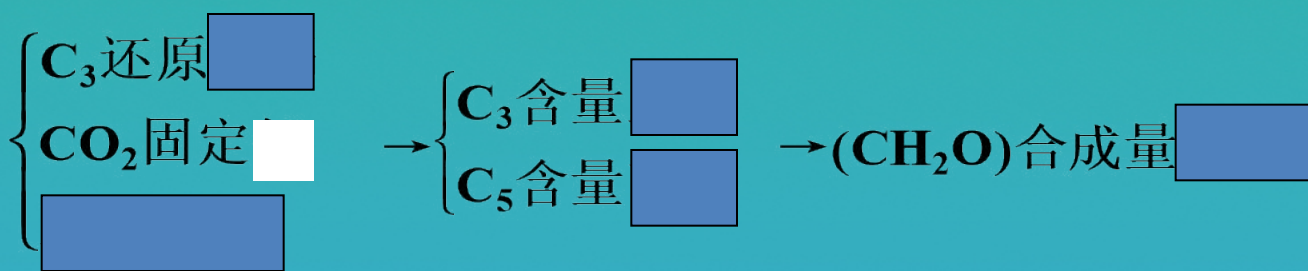
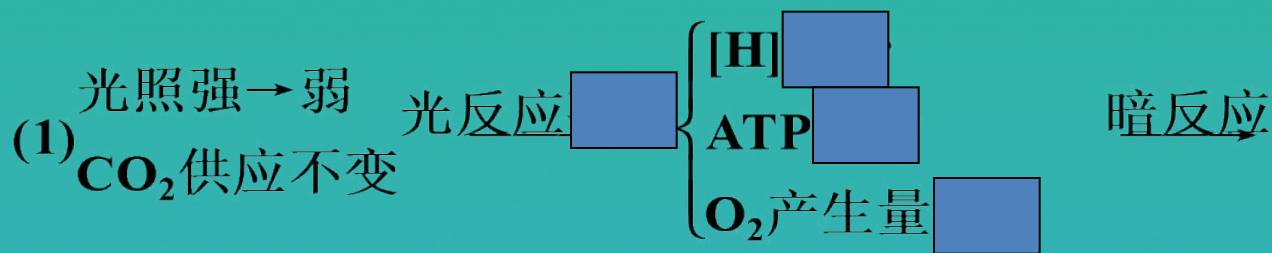
## 考点2 光合作用的过程

### 1. 光合作用产物与底物间各种元素之间的相互关系

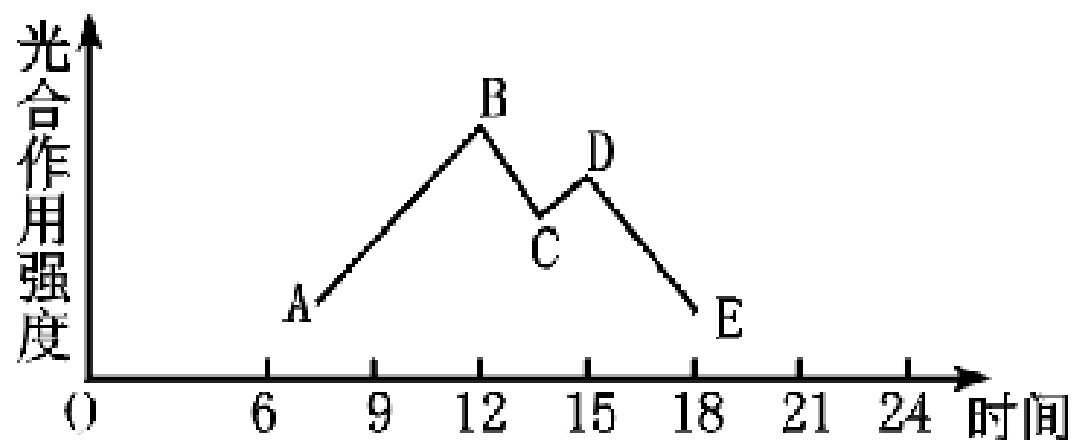


## 2. 光照和CO<sub>2</sub>浓度对光合作用过程及中间产物的影响

### 及动态变化规律



如下图是一晴朗夏日某植物光合作用强度随时间变化的曲线图，C点与B点相比较，叶肉细胞内的  $C_3$ 、 $C_5$ 、ATP 和  $[H]$  的含量发生的变化依次是（ ）

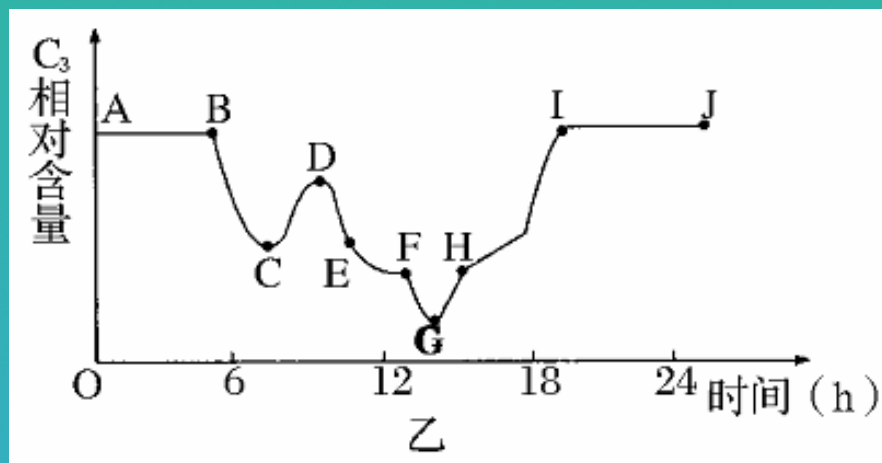
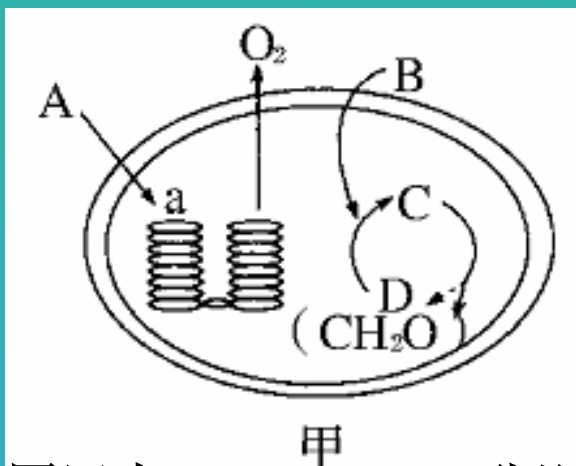


A. 升、升、升、升  
C. 降、升、升、升

B. 降、降、降、降  
D. 升、升、降、降

答案：C

**练习：**图甲为叶绿体结构与功能示意图，图乙表示一株小麦叶片细胞内 $C_3$ 相对含量在一天24小时内的变化，请据图分析：



- (1)图甲中A、B、C、D分别表示参与光合作用或光合作用生成的物质，则A、B、C、D依次是  $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $C_3$ 、 $C_5$
- (2)在a中发生的过程称为 光反应，在a中含有的参与此过程的物质是 色素和酶。
- (3)在a中发生的能量转变是 光能→活跃的的化学能。
- (4)图乙中，从 B 点开始合成有机物，至 I 点有机物合成终止。
- (5)AB段 $C_3$ 含量较高，其主要原因是 无光不进行光反应， $C_3$ 不能被还原。
- (6)G点 $C_3$ 含量极少，其原因是 气孔关闭，叶肉细胞内 $CO_2$ 含量低， $CO_2$ 的固定减弱
- (7)G点与F点相比，叶绿体中NADPH(还原氢)含量较 高 (填“高”或“低”)。



将单细胞绿藻置于25℃、适宜光照和充足的CO<sub>2</sub>条件下培养，经过一段时间后，突然停止光照，发现绿藻体内三碳化合物的含量突然上升，这是由于( B )

①光反应仍在进行，形成[H]和ATP ②光反应停止，不能形成[H]和ATP ③暗反应仍进行，CO<sub>2</sub>和五碳化合物结合，继续形成三碳化合物 ④光反应停止，由于没有[H]和ATP供应，三碳化合物不能形成葡萄糖，积累了许多的三碳化合物

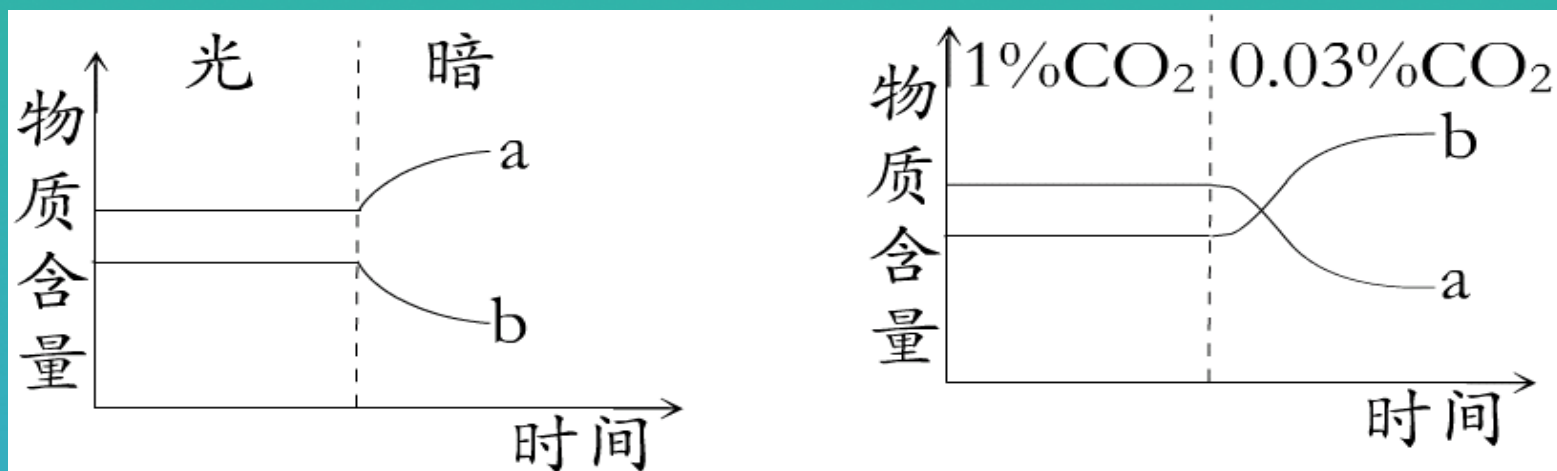
A. ①②③

B. ②③④

C. ①④

D. ②③

下图是改变光照和 $\text{CO}_2$ 浓度后与光合作用有关的五碳化合物和三碳化合物在细胞内的变化曲线，请回答：



(1) 曲线b表示的化合物是  $\text{C}_5$ ，在无光照时，其量迅速下降的原因是：无光，不能合成ATP和[H]， $\text{C}_3$ 不能被还原；而 $\text{C}_5$ 又继续被固定形成 $\text{C}_3$ 。

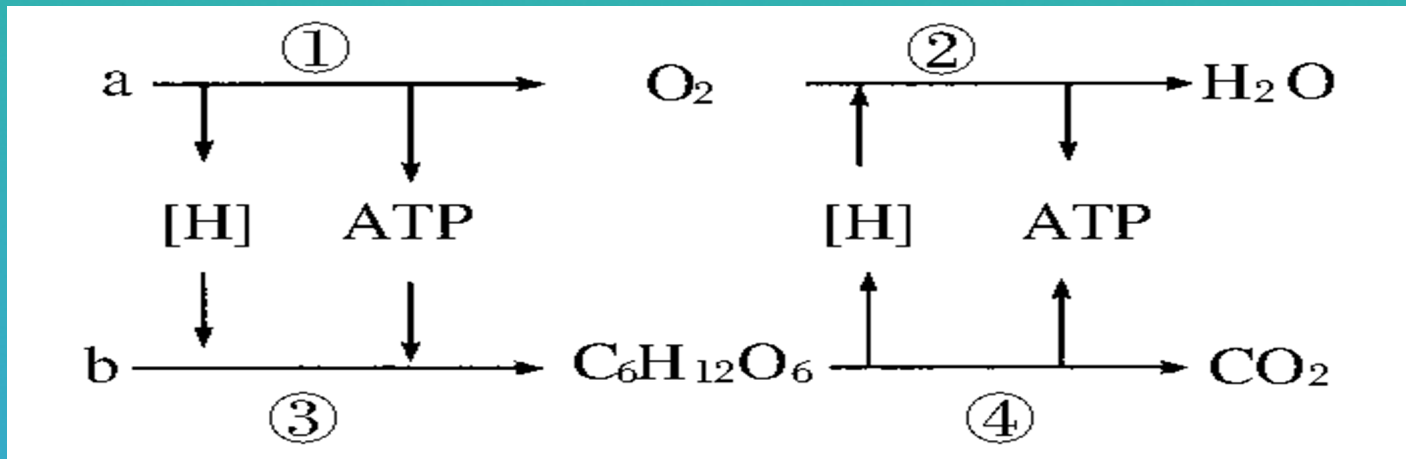
(2) 曲线a表示的化合物是  $\text{C}_3$ ，在 $\text{CO}_2$ 浓度降低时，其量迅速下降的原因是： $\text{CO}_2$ 固定过程减慢， $\text{C}_3$ 形成量减少，而 $\text{C}_3$ 还原过程仍在进行。

### 3、光合作用与有氧呼吸的区别：

	光合作用	有氧呼吸
原料	$\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2$ 、有机物、 $\text{H}_2\text{O}$
产物	$\text{O}_2$ 、有机物	$\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$
代谢类型	合成代谢	分解代谢
能量转换	光能→活跃的化学能 →稳定的化学能 贮藏能量的过程	稳定的化学能→活跃的 化学能和热能 释放能量的过程
发生部位	有叶绿素的细胞、 叶绿体	细胞质基质、线 粒体
发生条件	光照、色素、酶	酶、光下和暗处 都可发生

下图表示某绿色植物在生长阶段体内物质的转变情况，图中a、b为光合作用的原料，①~④表示相关过程，有关说法不正确的是( )

答案：D



- A. 图中①过程进行的场所是叶绿体的类囊体薄膜
- B. 光合作用过程中[H]来源于①过程中水的光解，用于③过程C<sub>3</sub>的还原
- C. 在有氧呼吸的第一阶段，除了产生了[H]、ATP外，产物中还有丙酮酸
- D. ②、④过程中产生ATP最多的是④过程

## 4.小结:

- (1) 光合作用只有植物的绿色细胞和光合细菌能进行，但细胞呼吸则是所有活细胞都能进行的。
- (2) 光反应产生的ATP只供暗反应利用，而细胞呼吸产生的ATP可供各项生命活动利用。
- (3) 光合作用的光反应中产生的[H]来自于水的光解，用于暗反应中 $C_3$ 的还原以生成 $(CH_2O)$ ；有氧呼吸中产生的[H]来自第一、二阶段有机物的氧化，用于第三阶段与 $O_2$ 结合生成 $H_2O$ ，并产生大量ATP。

(4) 原核生物虽无叶绿体或线粒体，但也可进行光合作用(如蓝藻)和有氧呼吸(如蓝藻、根瘤菌等)。

(5) 生命活动的能量供应过程：

光能→ATP中活跃的化学能→有机物中稳定的化学能→ATP中活跃的化学能→生命活动

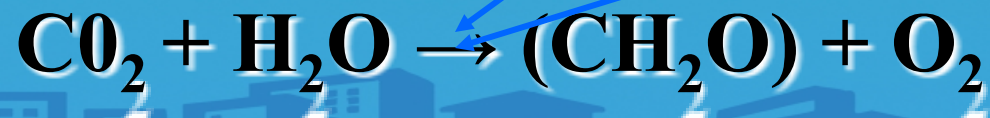
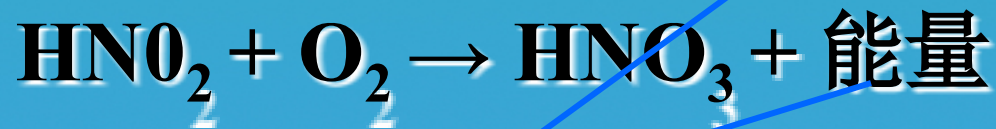
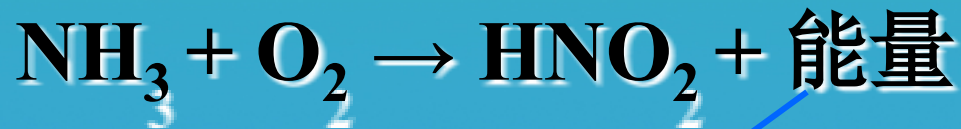


# 化能合成作用：

自然界中有少数种类的**细菌**，虽然细胞内没有叶绿素，不能进行光合作用，但是能够利用**体外环境中的某些无机物氧化时所释放的能量来制造有机物**，这种合成作用，叫做化能合成作用

化能自养类型：

硝化细菌、铁细菌、硫细菌、氢细菌等



# 生物的代谢类型：

## 自养生物：

能够直接把从外界环境摄取的无机物转变成自身的组成物质，并储存了能量的一类生物

如：绿色植物，蓝藻、硝化细菌、铁细菌、硫细菌等

## 异养生物：

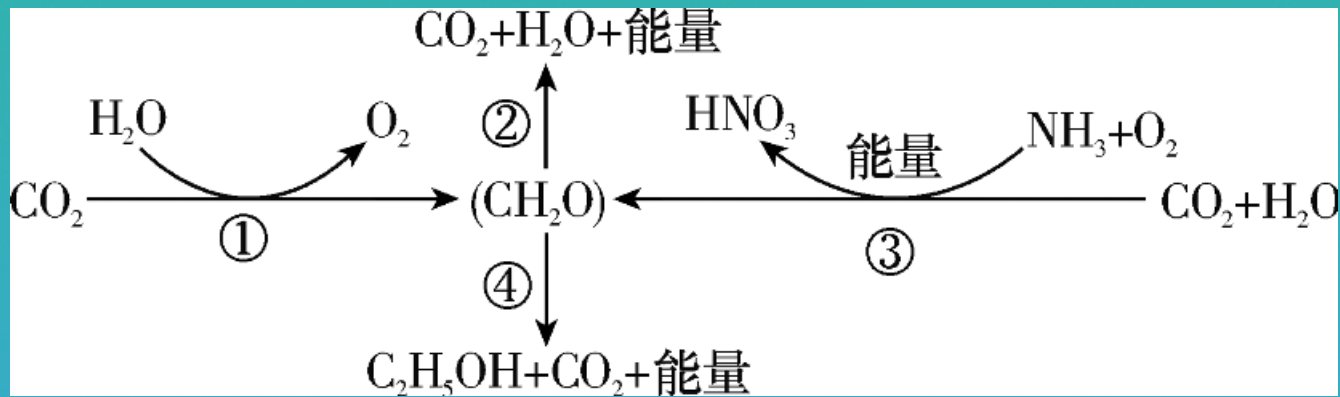
不能直接利用无机物制成有机物，只能把从外界摄取的现成的有机物转变成自身的组成物质，并储存了能量的一类生物

如：人、动物、真菌(如蘑菇)、多数的细菌（乳酸菌、大肠杆菌）等



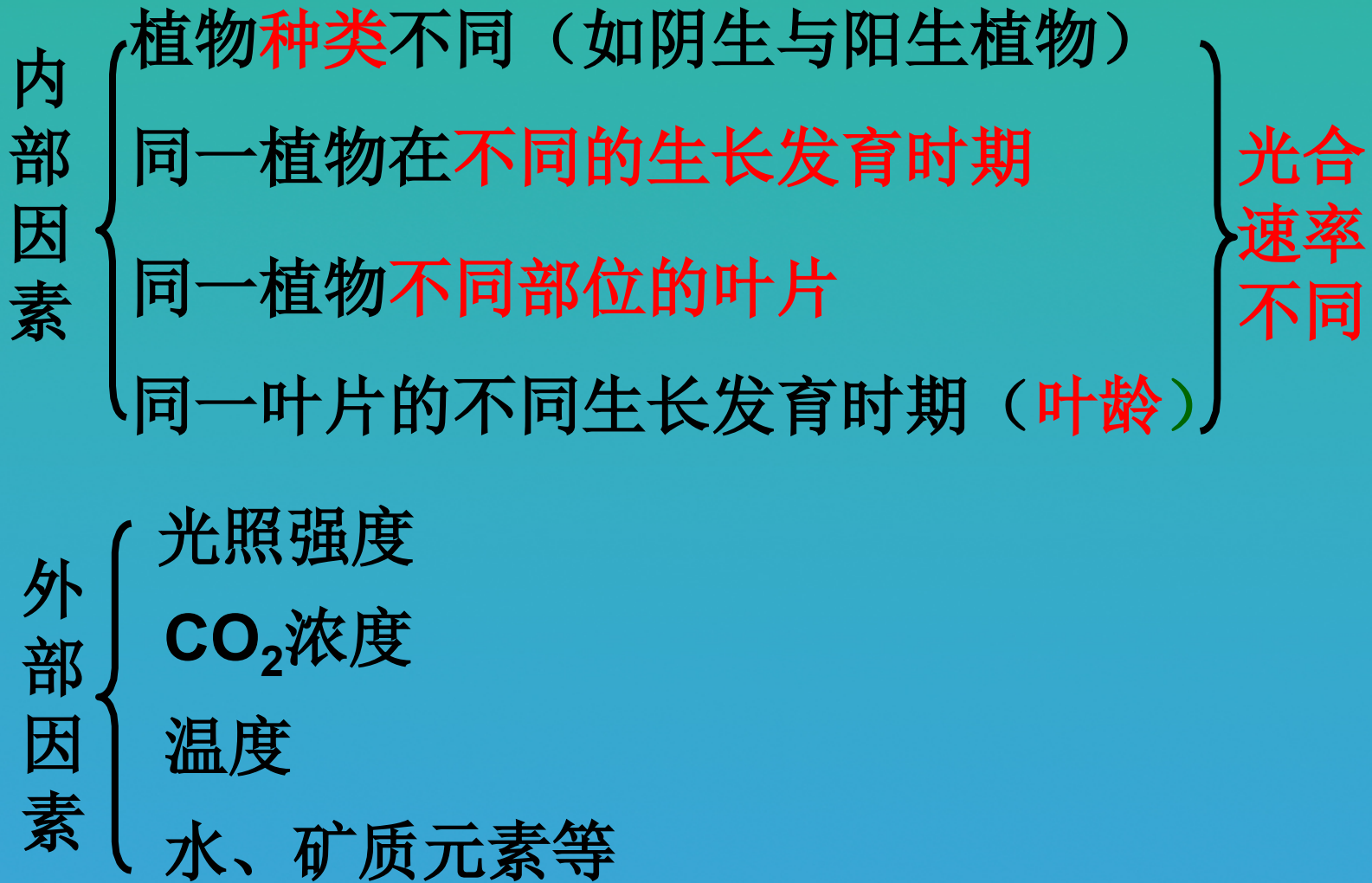


下图示生物体部分代谢过程，下列有关分析正确的是( **C** )



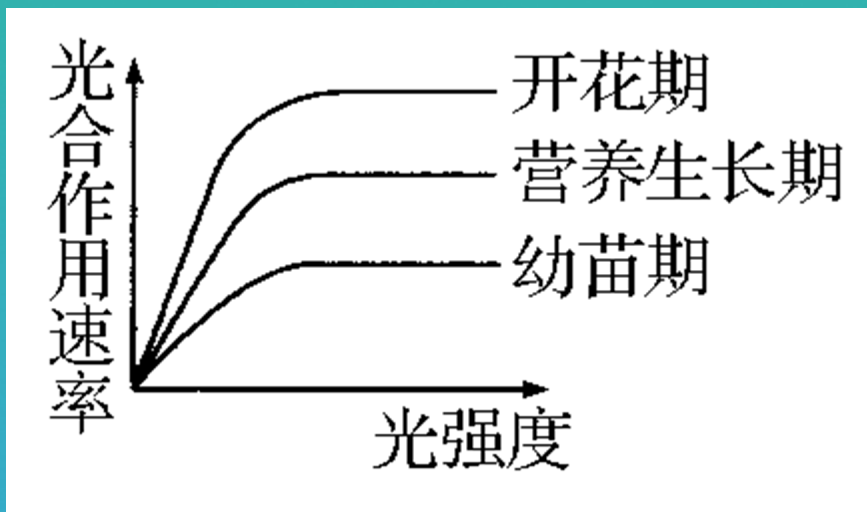
- A. 过程①只能在植物细胞的叶绿体中进行
- B. 过程②需要的酶只存在于线粒体的内膜和线粒体基质中
- C. 能进行过程③的生物无核膜但属于生产者
- D. ②和④过程只能发生于不同的细胞中

## 二、影响光合作用的因素与应用



# 内部因素

## 1、同一植物的不同生长发育阶段



## 应用

根据植物在不同生长发育阶段光合作用速率不同，适时适量地提供水肥及其他环境条件，以使植物茁壮成长。

## (2)同一叶片的不同生长发育时期

### ①曲线分析：

**OA段为幼叶，光合作用速率不断增加的原因是：**

随幼叶的生长，叶面积不断增大，叶内叶绿体、叶绿素含量不断增加。

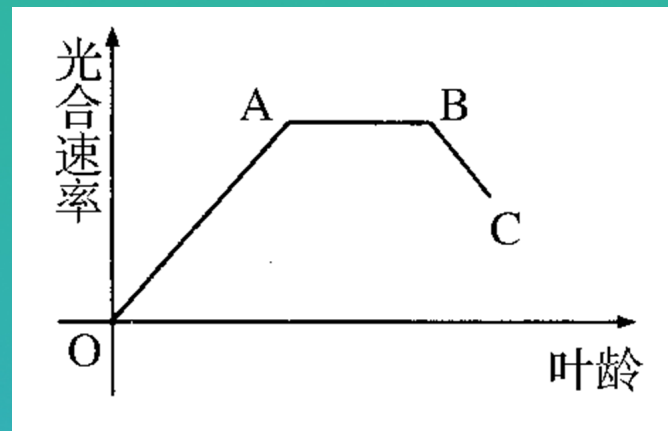
**AB段为壮叶，光合速率基本稳定的原因是：**

叶片的面积、叶绿体和叶绿素都处于稳定状态。

**BC段为老叶，光合速率下降的原因是：**

随着叶龄的增加，叶片内叶绿素被破坏。

②应用：农作物、果树管理后期适当摘除老叶、残叶、茎叶蔬菜及时换新叶，这样可减少其细胞呼吸对有机物的消耗。



# 单因子变量对光合作用的影响

## (一)、光照强度:

### 实验

探究光照强度对光合作用强度的影响及相关分析

### 实验流程

打出小圆形叶片(30片):用打孔器在生长旺盛的绿叶上打出(直径 = 1 cm)

↓

抽出叶片内气体:用注射器(内有清水、小圆形叶片)抽出叶片内气体( $O_2$  等)

↓

小圆形叶片沉水底:将内部气体逸出的小圆形叶片放入黑暗处盛有清水的烧杯中,小圆形叶片全部沉到水底

↓

对照实验及结果:

# 对照实验及结果

项目 烧杯	小圆形叶片	加富含CO <sub>2</sub> 的清水	光照强度	叶片浮起数量
甲	10片	20 mL	强	多
乙	10片	20 mL	中	中
丙	10片	20 mL	弱	少

**NaHCO<sub>3</sub>溶液保证了容器内CO<sub>2</sub>浓度的恒定**

## 实验结论：

在一定范围内，随着光照强度不断增强，光合作用强度也不断增强(小圆形叶片产生的O<sub>2</sub>多，浮起的多。)

# 光合作用强度的概念：

植物在单位时间内通过光合作用制造糖类的数量

光合作用强度的指标-----光合速率

1. 表示方法：单位时间单位面积叶片利用 $\text{CO}_2$   
(或产生 $\text{O}_2$ 、生产有机物)的数量

2. 单位： $\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$

3. 分类：



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/806144155002010130>