

第三单元 细胞的能量供应和利用

第9讲

光合作用与能量转化

必修一



绿叶中色素的提取与分离

一、实验原理

1.提取原理

用无水乙醇提取色素（色素能溶解在有机溶剂中）。

2.分离原理

用层析液分离色素。

绿叶中的色素在层析液中的溶解度不同，溶解度高的随层析液在滤纸上扩散得快；反之则慢。这样，绿叶中色素就会随着层析液在滤纸上的扩散而分开。

分离的方法：纸层析法



绿叶中色素的提取与分离

二、材料用具

新鲜的绿叶（如菠菜的绿叶：**色素含量高**）、干燥的定性滤纸、研钵、无水乙醇、层析液、二氧化硅、碳酸钙等。

三、方法步骤

1.提取绿叶中的色素

2.分离色素

- （1）制备滤纸条
- （2）画滤液细线
- （3）分离绿叶中的色素

3.观察与记录

1.提取绿叶中的色素 ①称取5g的绿叶，剪碎，放入研钵中。

②放入少许**二氧化硅**和**碳酸钙**，再放入10mL**无水乙醇**，**迅速、充分**地研磨。

SiO₂ $\xrightarrow{\text{作用}}$ **有助于研磨充分**

CaCO₃ $\xrightarrow{\text{作用}}$ **防止色素被破坏**

无水乙醇 $\xrightarrow{\text{作用}}$ **溶解、提取色素**

迅速 $\xrightarrow{\text{作用}}$ **防止乙醇挥发**

充分 $\xrightarrow{\text{作用}}$ **叶绿体能够被充分破坏，使得色素能充分被释放出来**

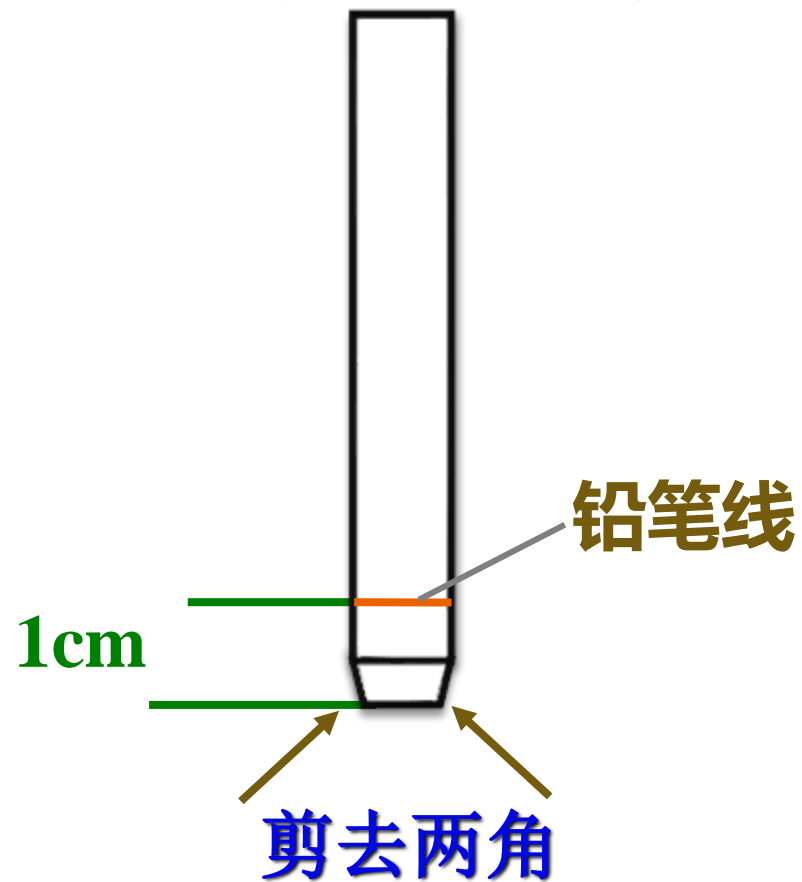


③将研磨液迅速倒入玻璃漏斗中进行过滤。

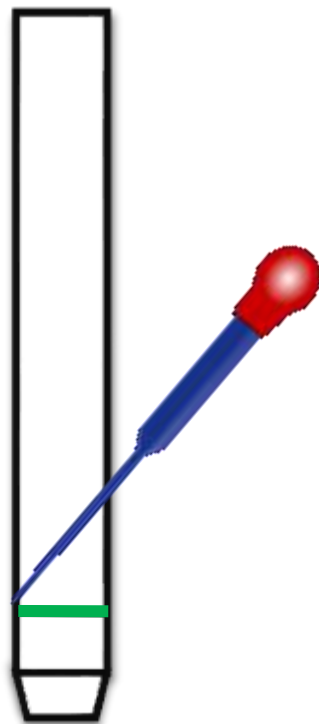
④将滤液收集到试管中，及时用棉塞将试管口**塞严**。

2.分离色素——纸层析法

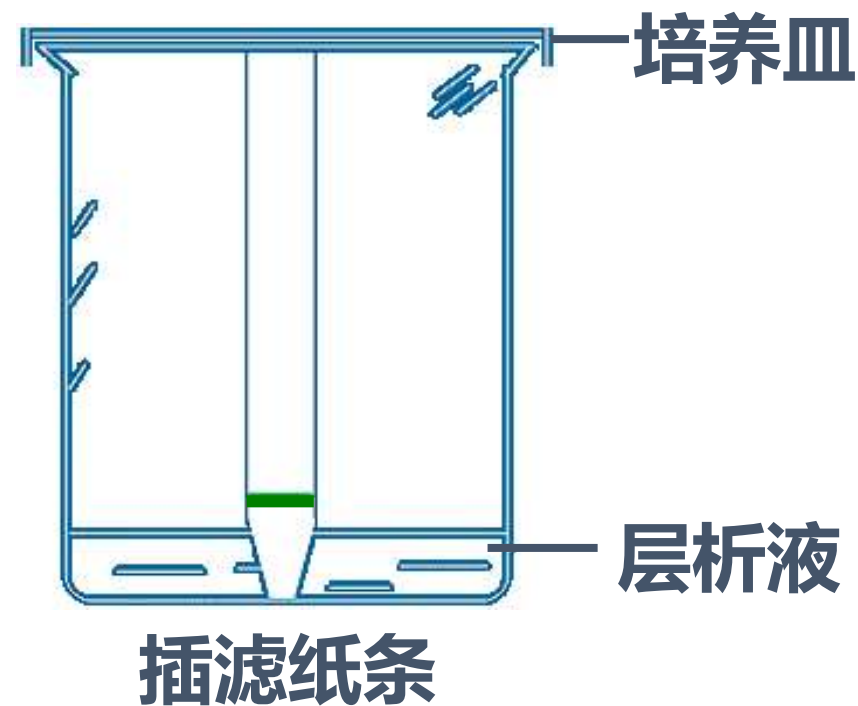
(1) 制备滤纸条



(2) 画滤液细线



(3) 分离色素



3.观察与记录

色素的功能：吸收、传递、转化光能

类胡萝卜素
(含量约1/4) { 叶黄素 (黄色)

叶绿素
(含量约3/4) { 叶绿素a (蓝绿色)
叶绿素b (黄绿色)

距离最远: 胡萝卜素

距离最近: 叶绿素b

色素含量(色素带宽度的): 叶绿素a > 叶绿素b > 叶黄素 > 胡萝卜素

溶解度(扩散速度): 胡萝卜素 > 叶黄素 > 叶绿素a > 叶绿素b





绿叶中色素的提取与分离

四、实验分析

1.绿叶中色素提取和分离实验异常现象分析（3.2P₈₄）

（1）收集到的滤液绿色过浅的原因分析

- a.未加石英砂(二氧化硅)，研磨不充分。
- b.使用放置数天的菠菜叶，滤液色素(叶绿素)太少。
- c.一次加入大量的无水乙醇提取浓度太低
(正确做法：分次加入少量无水乙醇提取色素)。
- d.未加碳酸钙或加入过少，色素分子被破坏。

四、实验分析

(2)滤纸条色素带重叠：

没经干燥处理，滤液线不能达到细、齐的要求，使色素扩散不一致造成的。

(3)滤纸条看不到色素带

a.忘记画滤液细线。

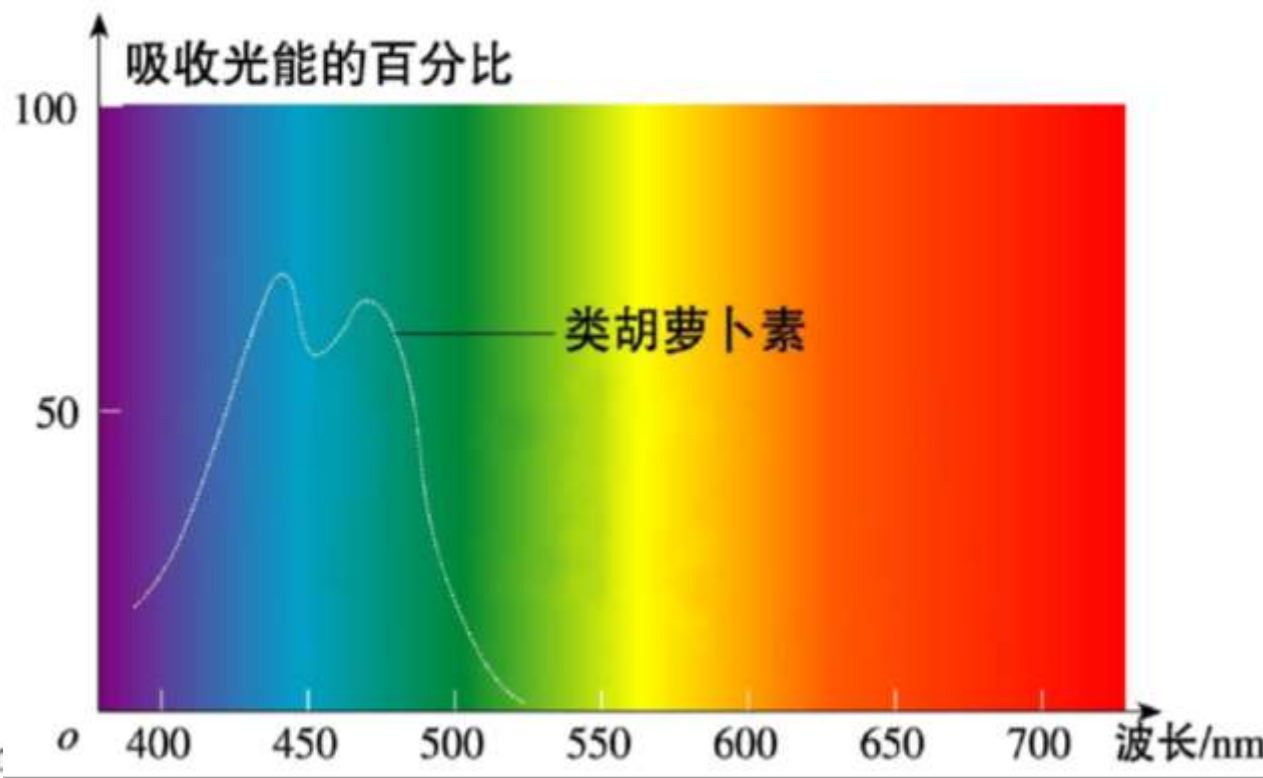
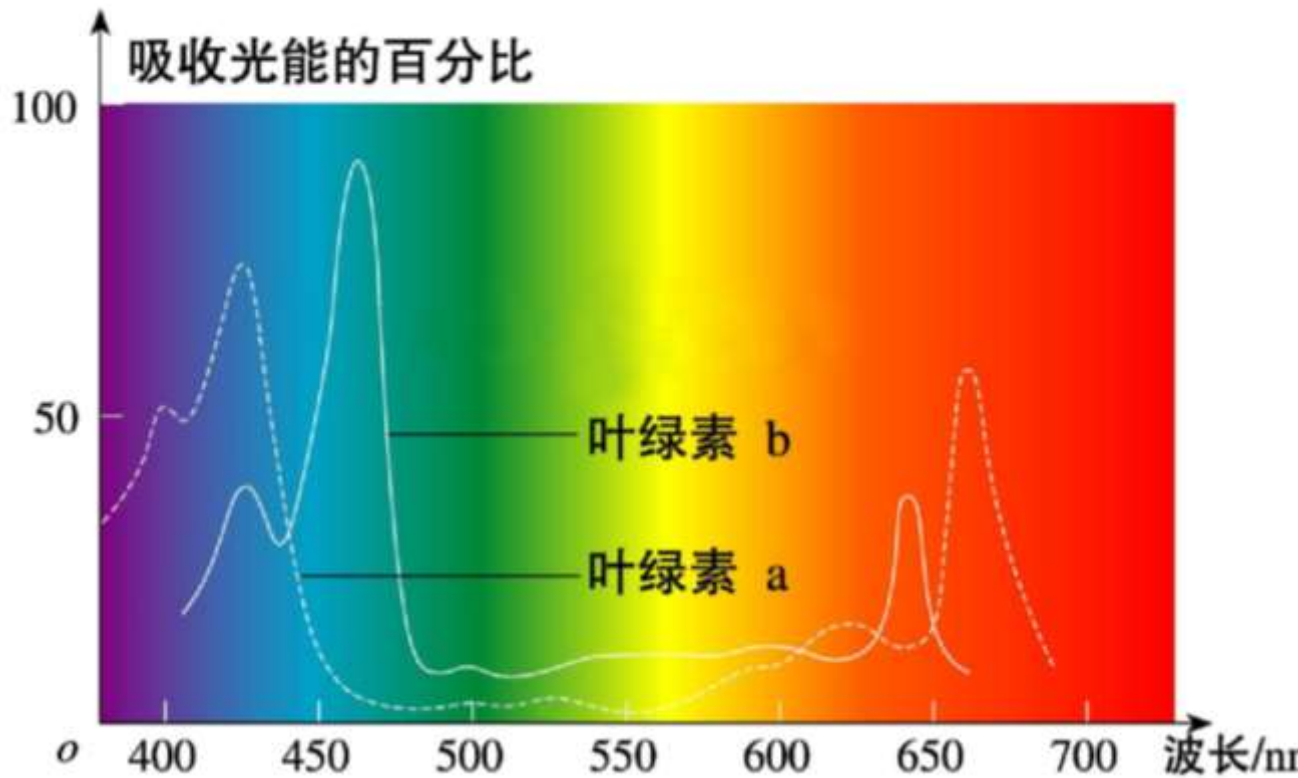
b.滤液细线接触到层析液，且时间较长，色素全部溶解到层析液中。

(4)滤纸条只呈现胡萝卜素、叶黄素色素带：

忘记加碳酸钙导致叶绿素被破坏或所用叶片为“黄叶”。

五、光合色素的吸收光谱

色素的吸收光谱实验结果



A. 叶绿素主要吸收红光和蓝紫光

C. 类胡萝卜素主要吸收蓝紫光，

B. 叶绿素a和叶绿素b的吸收峰值不同 不吸收红光

P_{—99} , 学科交叉：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。

小结1:光合色素 影响叶绿素合成的三大因素(3.2P₈₂)

(1)光照

光照是影响叶绿素合成的主要因素，植物在黑暗中一般不能合成叶绿素，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；另外，低温时叶绿素分子易被破坏，因而秋天叶片变黄。

(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；Fe是叶绿素合成过程中某些酶的辅助成分，缺Fe也会导致叶绿素合成受阻，幼叶先变黄。

1 绿叶中色素的提取与分离

六、叶绿体的结构适于进行光合作用

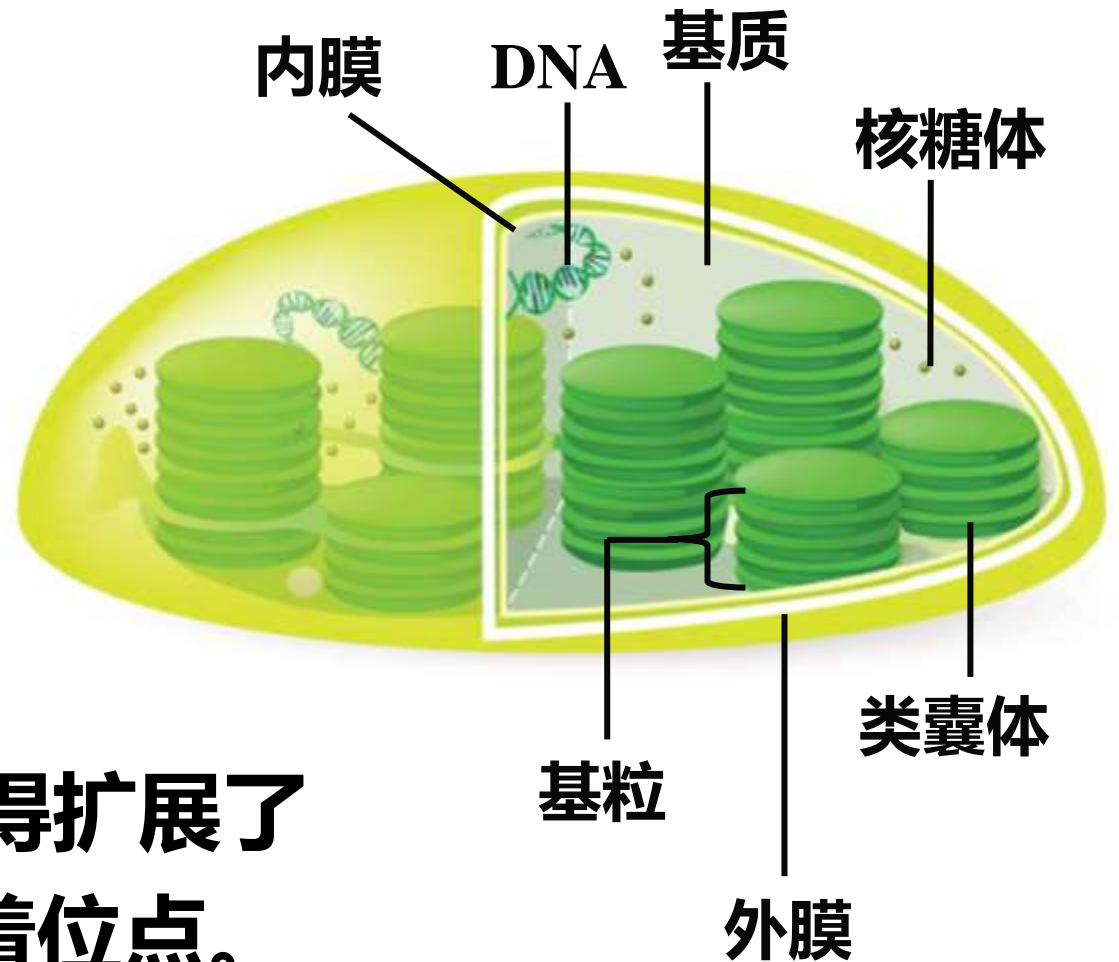
1. 叶绿体的形态(光镜下)

一般呈扁平的椭球形或球形。

2. 叶绿体的结构(电镜下)

光合作用的酶分布在叶绿体的类囊体薄膜上和基质中;色素分布在叶绿体类囊体薄膜上。

众多的基粒和类囊体，极大得扩展了受光面积，扩大色素和酶的附着位点。



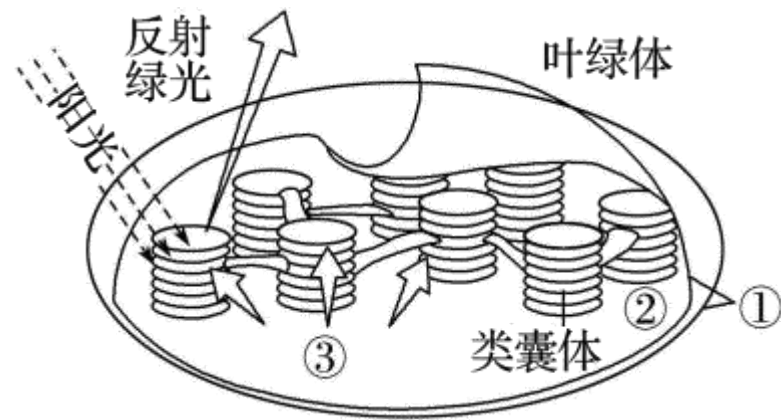
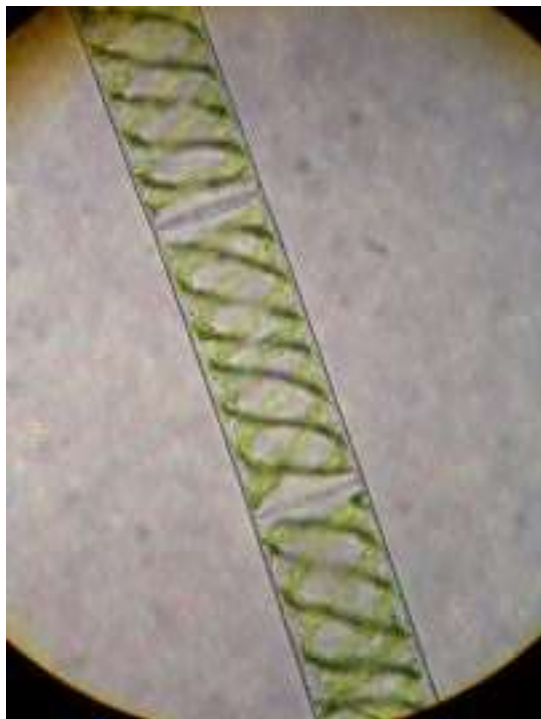
1 绿叶中色素的提取与分离

叶绿体除了吸收光能以外，还有什么功能吗？

七、叶绿体功能的实验验证

1.实验者：德国科学家恩格尔曼

2.实验材料：水绵

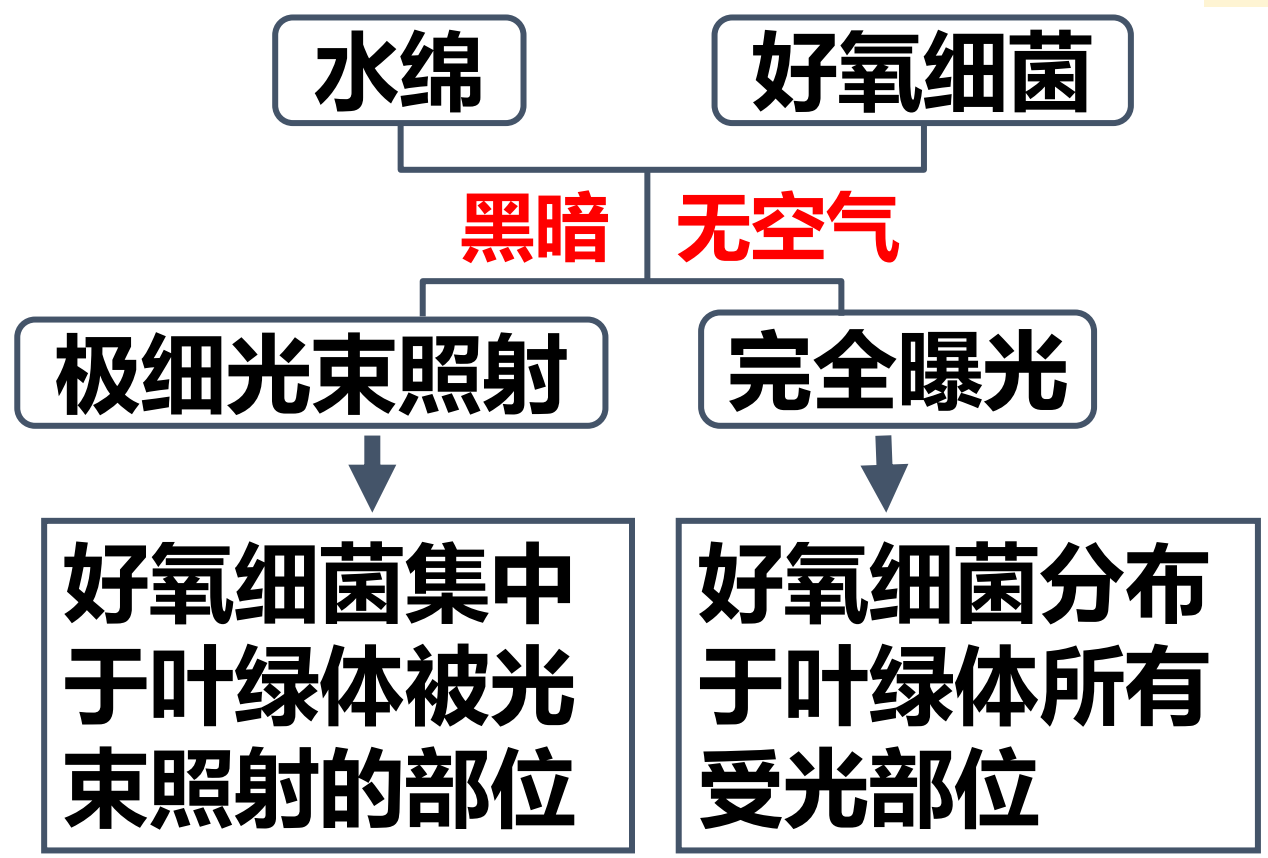


注：水绵的叶绿体呈螺旋带状分布，细菌为需氧菌，可以运动。

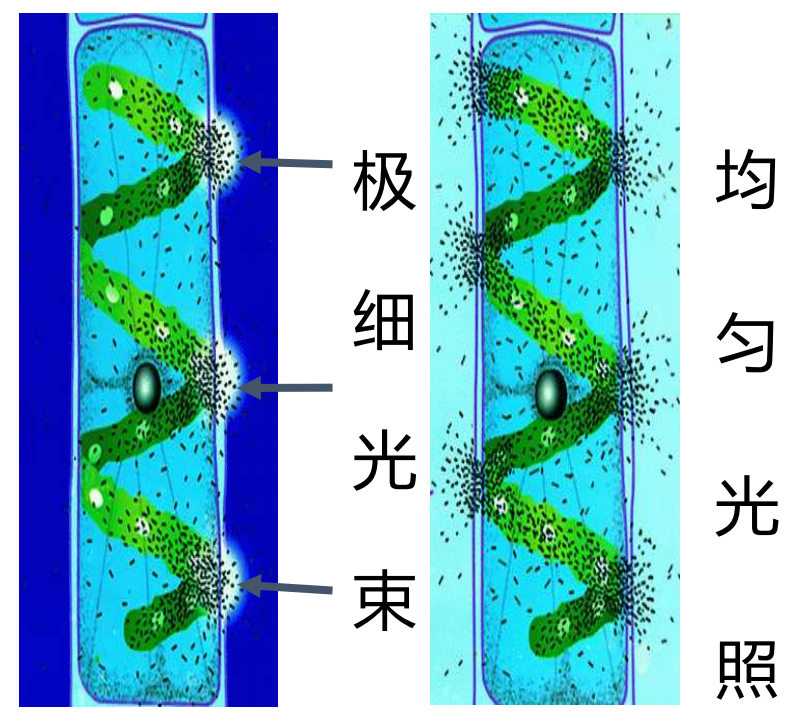
易于观察，作为释放氧气的观察指标。

八、叶绿体功能的实验验证

3.实验过程及现象



➤选用黑暗并且没有空气的环境，可排除光线和氧的干扰。



结论：叶绿体光合作用释放氧气，叶绿体是进行光合作用的场所。

八、叶绿体功能的实验验证

恩格尔曼实验二

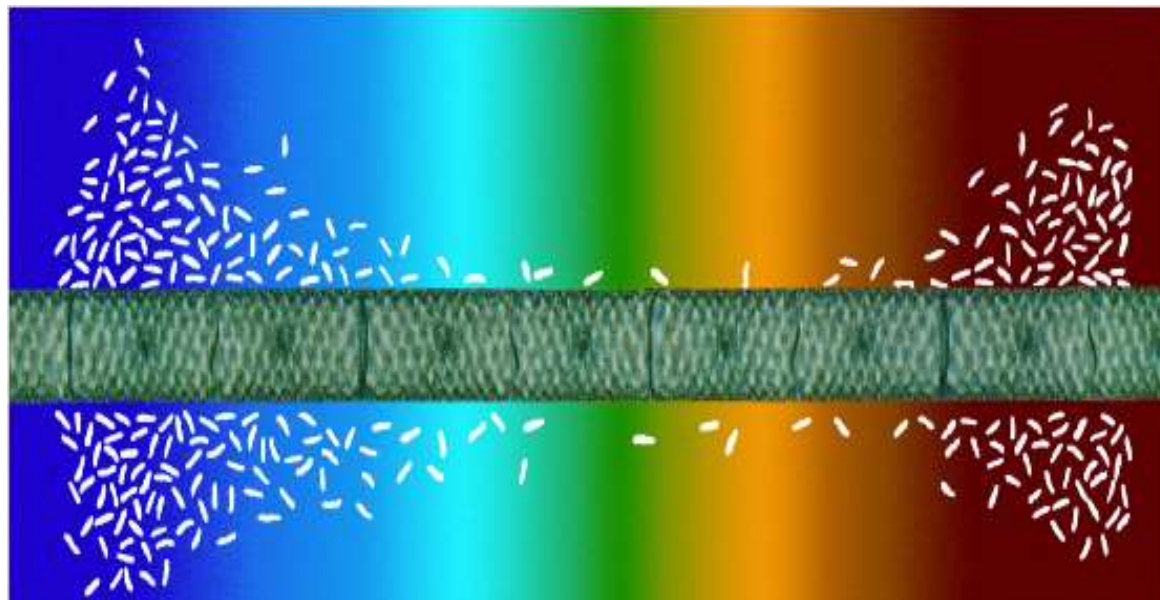
三棱镜



照射水绵



好氧细菌聚集在红光
和蓝紫光区域



结论：叶绿体主要吸收红光和蓝紫光

综合上述两个实验可以得出：

叶绿体主要吸收**红光**与**蓝紫光**用于光合作用放出 O_2 。

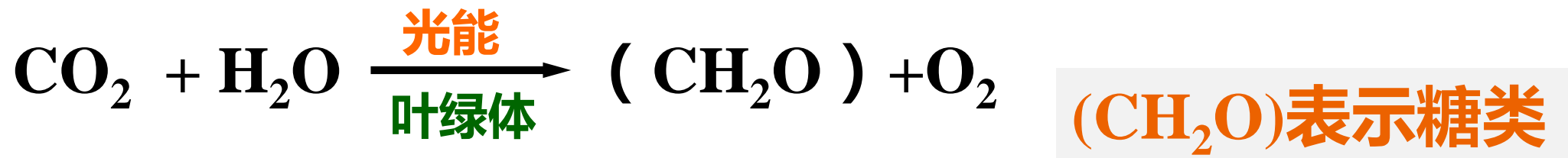
2 光合作用的过程

一、光合作用

1.概念

指绿色植物通过叶绿体，利用光能，将二氧化碳和水转化成储存着能量的有机物，并且释放出氧气的过程。

2.过程



3.实质 合成有机物，储存能量。

将无机物合成有机物，光能转换为有机物中稳定的化学能。

2 光合作用的过程

二、探索光合作用原理的部分实验——19世纪末

19世纪60年代，科学界普遍认为，在光合作用中， CO_2 分子的C和O被分开， O_2 被释放，C和 H_2O 结合成甲醛，然后甲醛分子缩合成糖。

1928年，科学家发现甲醛对植物有毒害作用，而且甲醛不能通过光合作用转化成糖类。

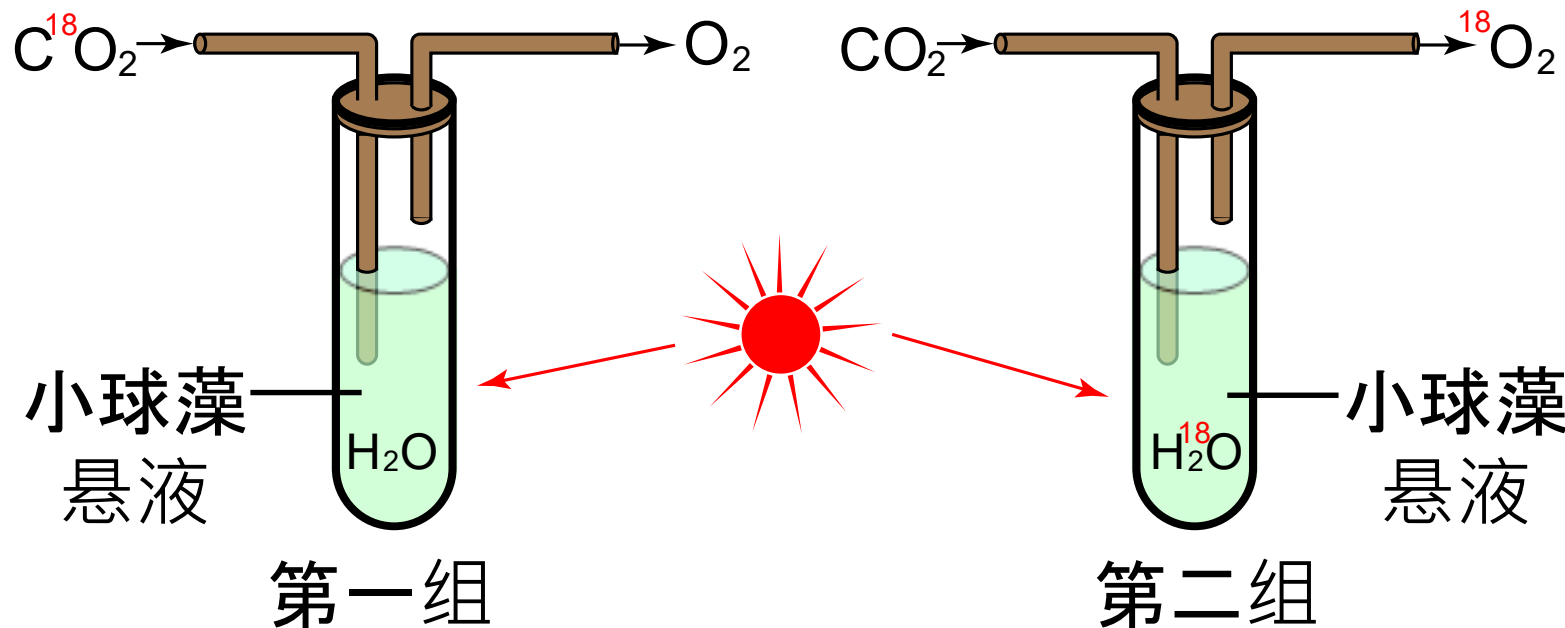
1937年，英国植物学家希尔(R.Hill)发现，在离体叶绿体的悬浮液中加入铁盐或其他氧化剂(悬浮液中有 H_2O ，没有 CO_2)，在光照下可以释放出氧气。

二、探索光合作用原理的部分实验——1941年，鲁宾和卡门



有一个问题

O_2 全部来自于 H_2O 吗？



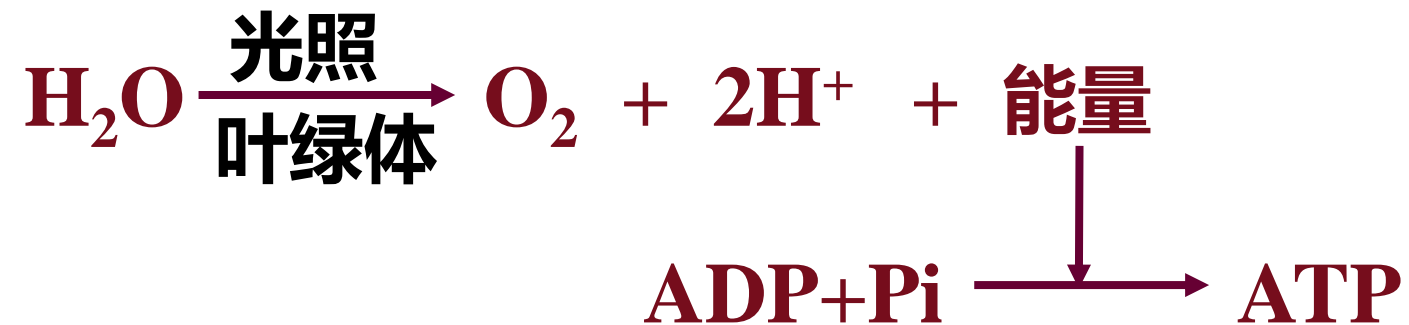
鲁宾和卡门的实验说明：光合作用释放的氧来自于水。

相互对照，自变量为标记物质($H_2^{18}O$ 与 $C^{18}O_2$)，因变量为 O_2 的相对分子质量不同。（同位素标记法）（对比实验的方法）

二、探索光合作用原理的部分实验——1954年，阿尔农

1954年，美国**阿尔农**等用离体的叶绿体做实验：在给叶绿体光照时发现，当向反应体系中供给**ADP**、**Pi**等物质时，体系中就会有**ATP**出现。1957年，他发现这一过程总是与**水的光解**相伴随。

ATP的合成与希尔反应的关系



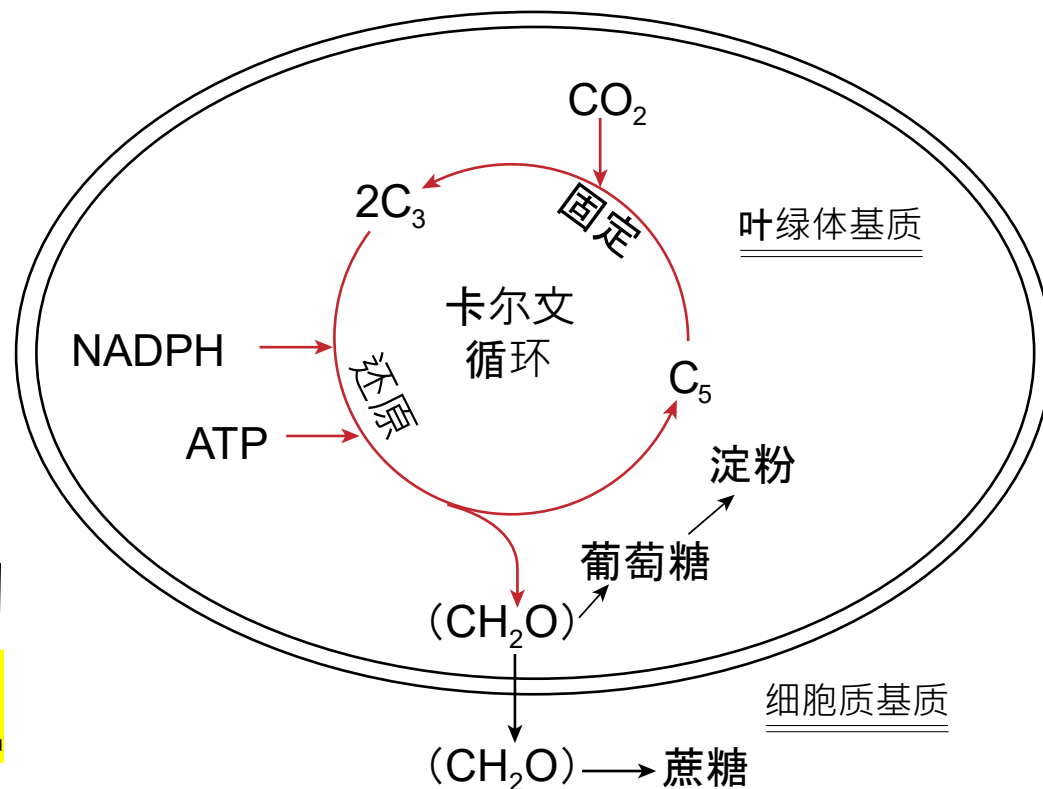
二、探索光合作用原理的部分实验——1964年，卡尔文

1964年以后，美国科学家卡尔文用 ^{14}C 标记 $^{14}\text{CO}_2$ ，供小球藻进行光合作用，探明了 CO_2 中的C的去向，称为卡尔文循环。

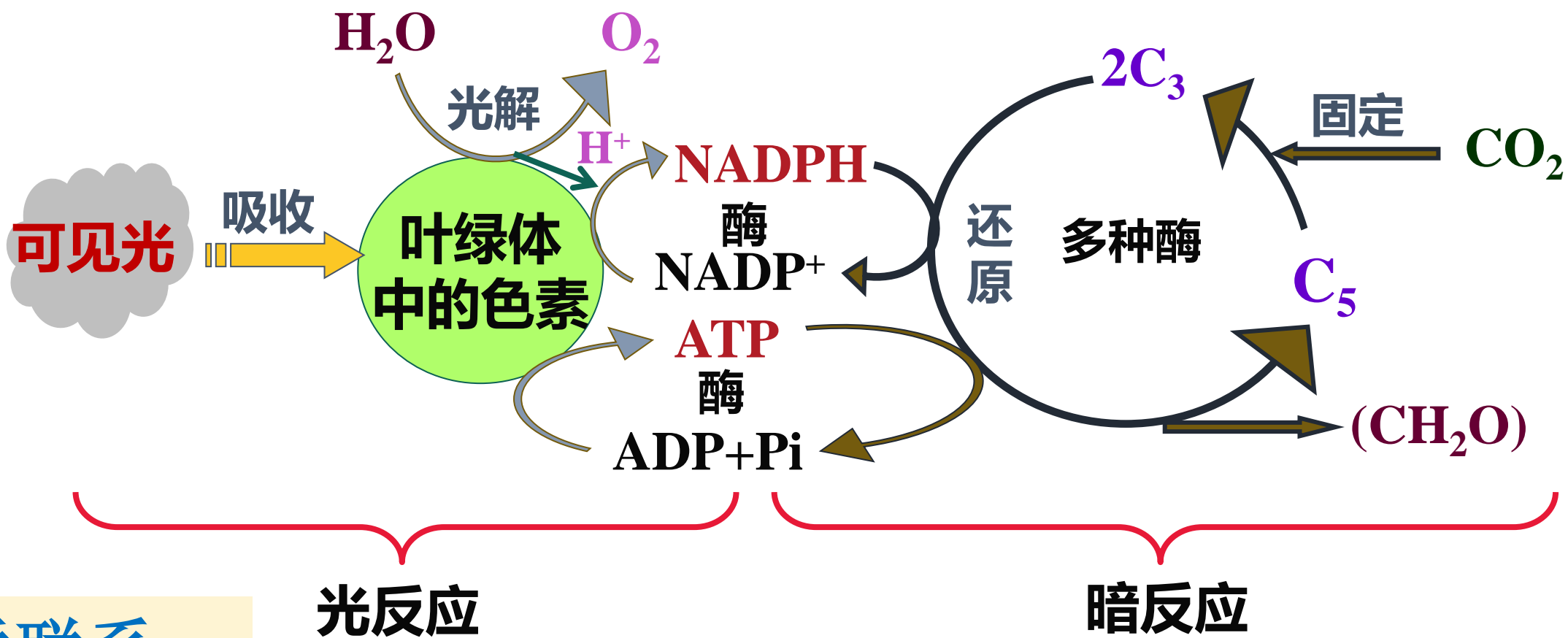
同位素标记法

结论：光合产物中有机物的碳来自 CO_2

上述实验表明，光合作用释放的氧气中的氧元素来自水，氧气的产生和糖类的合成不是同一个化学反应，而是分阶段进行的。P₁₀₃



三、光合作用的过程



物质联系:

光反应为暗反应提供NADPH和ATP，
暗反应为光反应提供ADP、Pi和NADP⁺。

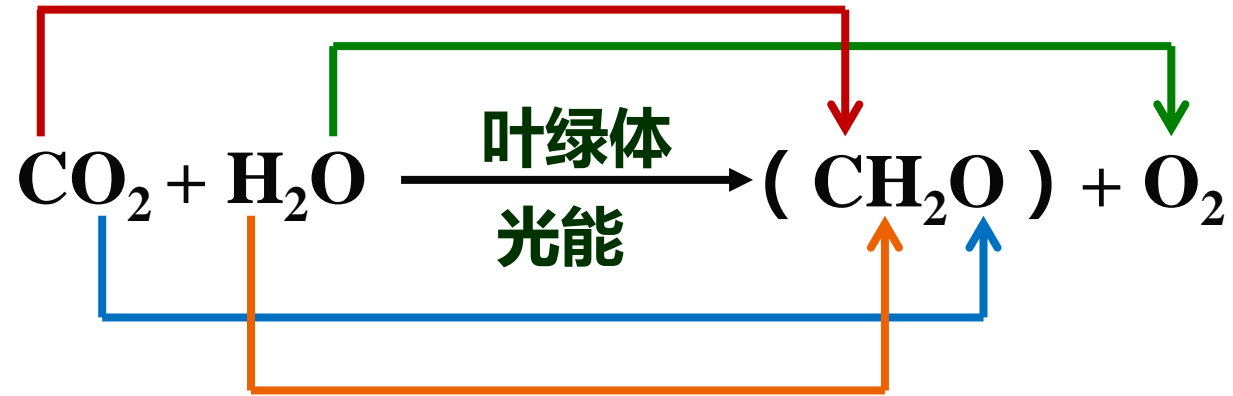
并不是所有过程都需要酶催化，色素吸收光能不需要酶催化。

反应阶段	光反应	暗反应
反应部位	叶绿体类囊体的薄膜上	叶绿体基质
反应条件	叶绿体色素、酶、光能	多种酶、ATP、NADPH、CO ₂
物质变化	$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{酶}} 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$ $\text{ADP} + \text{P}_i + \text{能量} \xrightarrow{\text{酶}} \text{ATP}$ $\text{NADP}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \xrightarrow{\text{酶}} \text{NADPH}$	$\text{CO}_2 + \text{C}_5 \xrightarrow{\text{酶}} 2\text{C}_3$ $2\text{C}_3 \xrightarrow[\text{ATP、NADPH}]{\text{酶}} (\text{CH}_2\text{O}) + \text{C}_5$
能量变化	光能→活跃的化学能	活跃的化学能→稳定的化学能
产 物	NADPH、ATP、O ₂	ADP、Pi、(CH ₂ O)、C ₅
相同点	都包括物质变化和能量变化	
实质	把无机物转变成有机物，把光能转变成化学能储存起来	

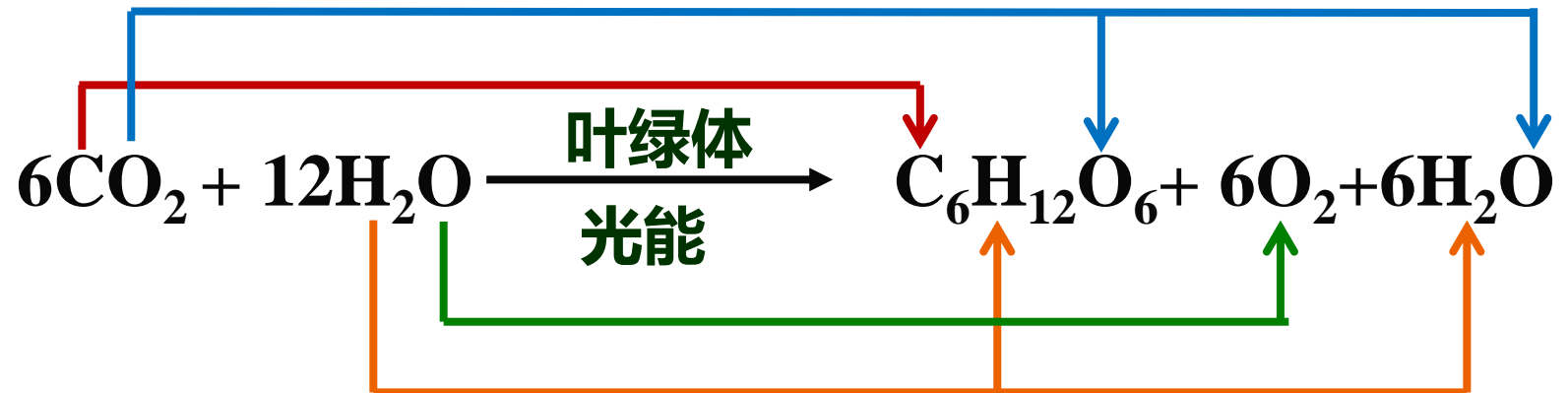
2 光合作用的过程

四、光合作用中元素的转移

1.若有机物为(CH₂O)：



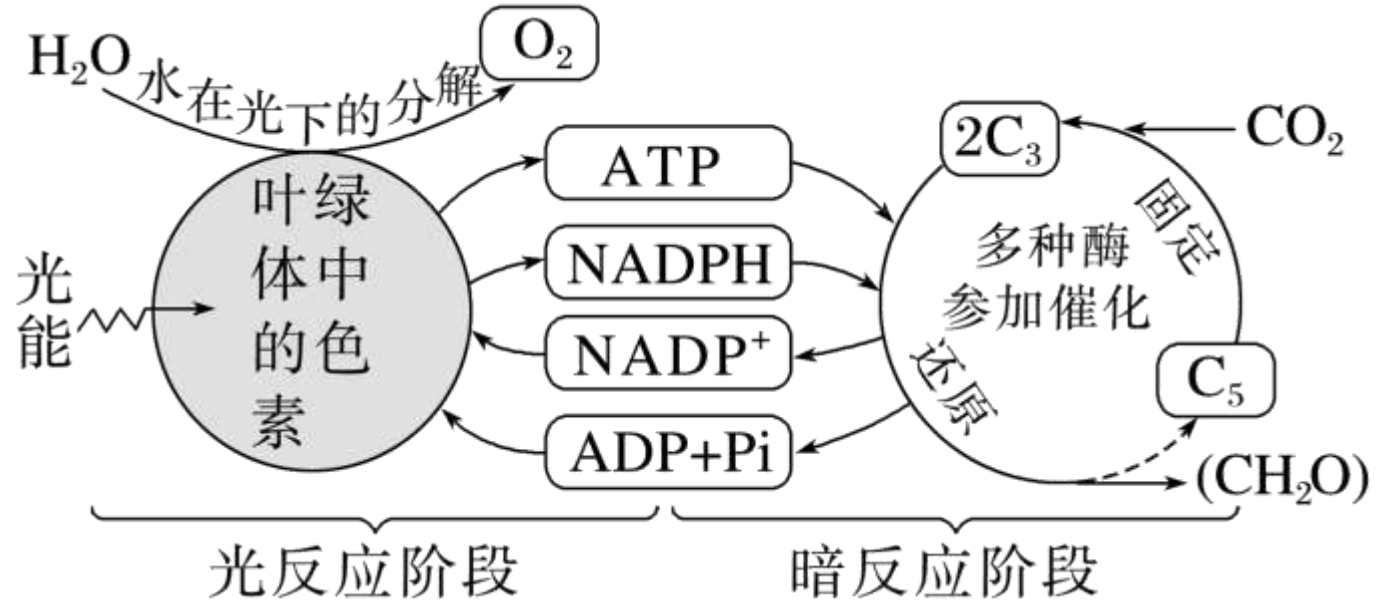
2.若有机物为C₆H₁₂O₆：



四、光合作用中元素的转移

必修1 P₁₀₄“相关信息”：

C₃是指三碳化合物——**3 - 磷酸甘油酸**，**C₅**是指五碳化合物——核酮糖 - 1,5 - 二磷酸(**RuBP**)。



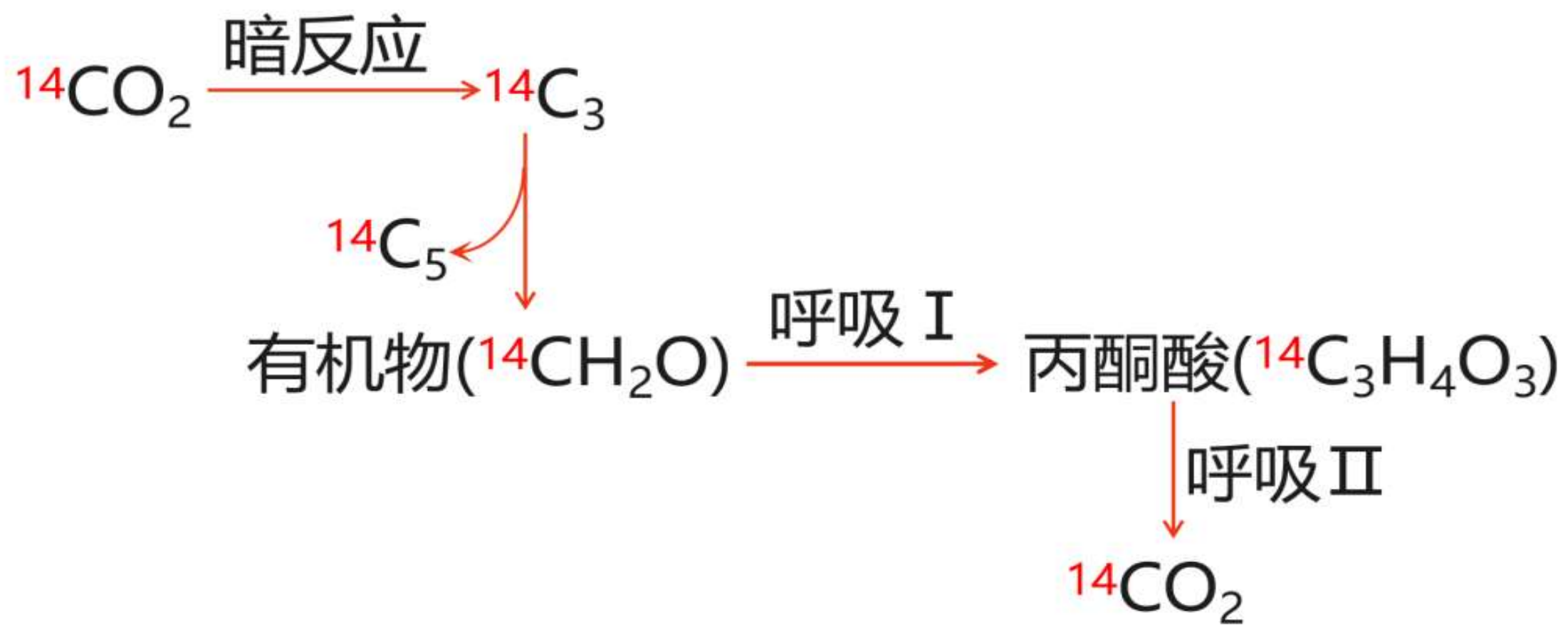
1. ³H的转移：³H₂O $\xrightarrow{\text{光反应}}$ NADPH $\xrightarrow{\text{暗反应}}$ (C³H₂O)

2. ¹⁴C的转移：¹⁴CO₂ $\xrightarrow{\text{CO}_2\text{的固定}}$ ¹⁴C₃ $\xrightarrow{\text{C}_3\text{的还原}}$ (¹⁴CH₂O)

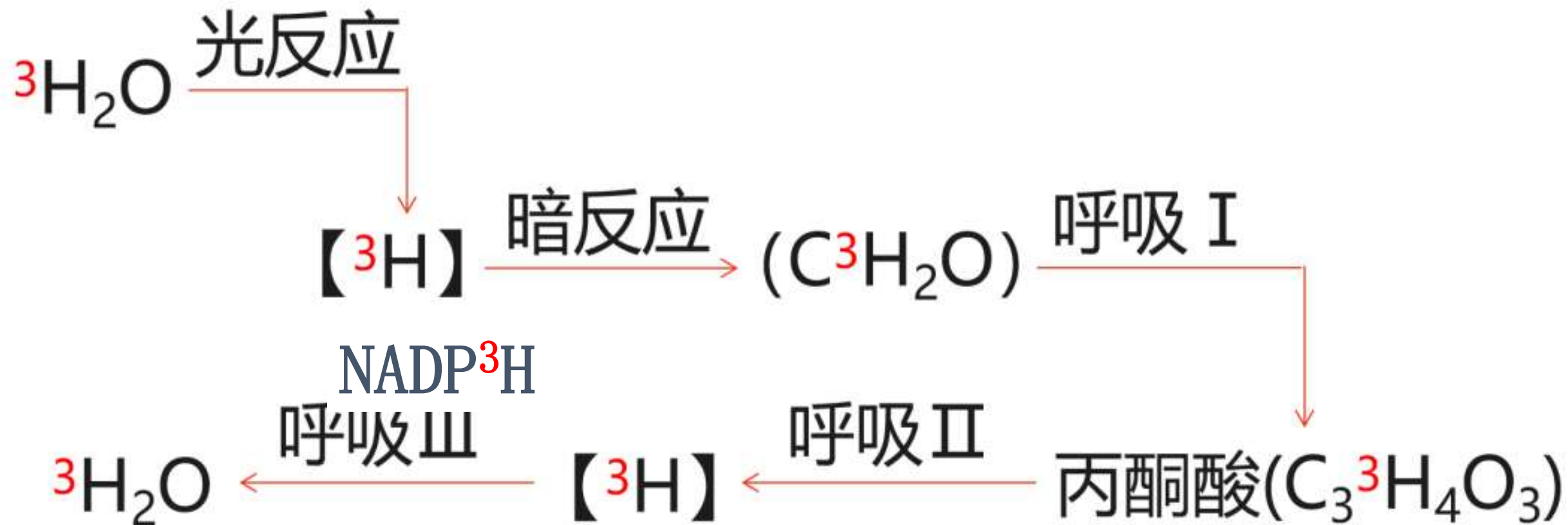
3. ¹⁸O的转移：
H₂¹⁸O $\xrightarrow{\text{光反应}}$ ¹⁸O₂
¹⁸CO₂ $\xrightarrow{\text{CO}_2\text{的固定}}$ C₃ $\xrightarrow{\text{C}_3\text{的还原}}$ (CH₂¹⁸O)

五、光合作用与细胞呼吸物质转化

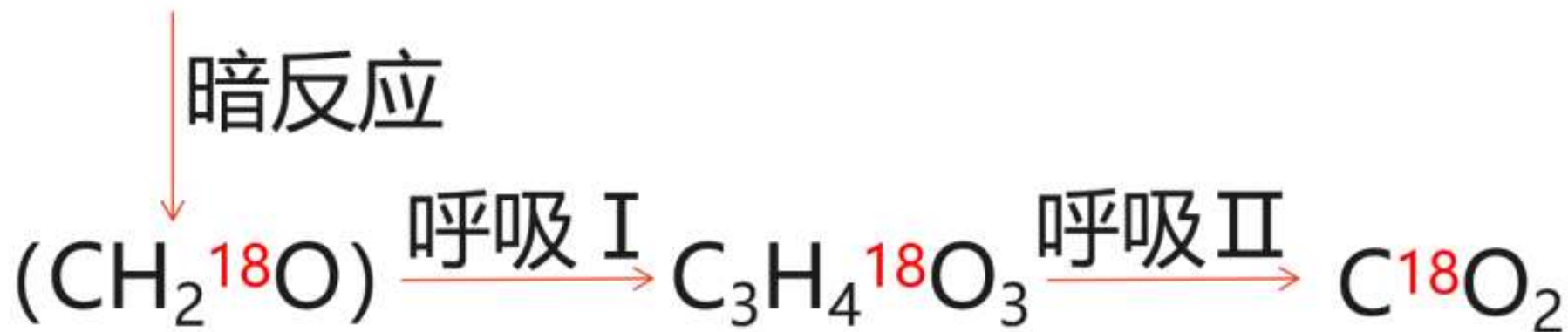
① C元素



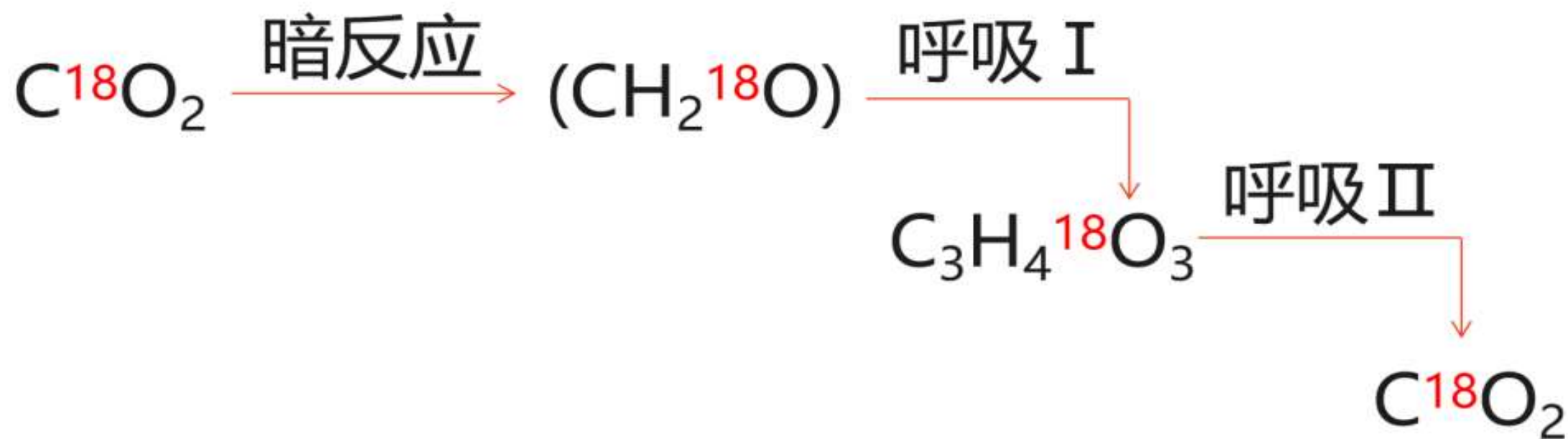
② H元素



③ O元素



③ O 元素

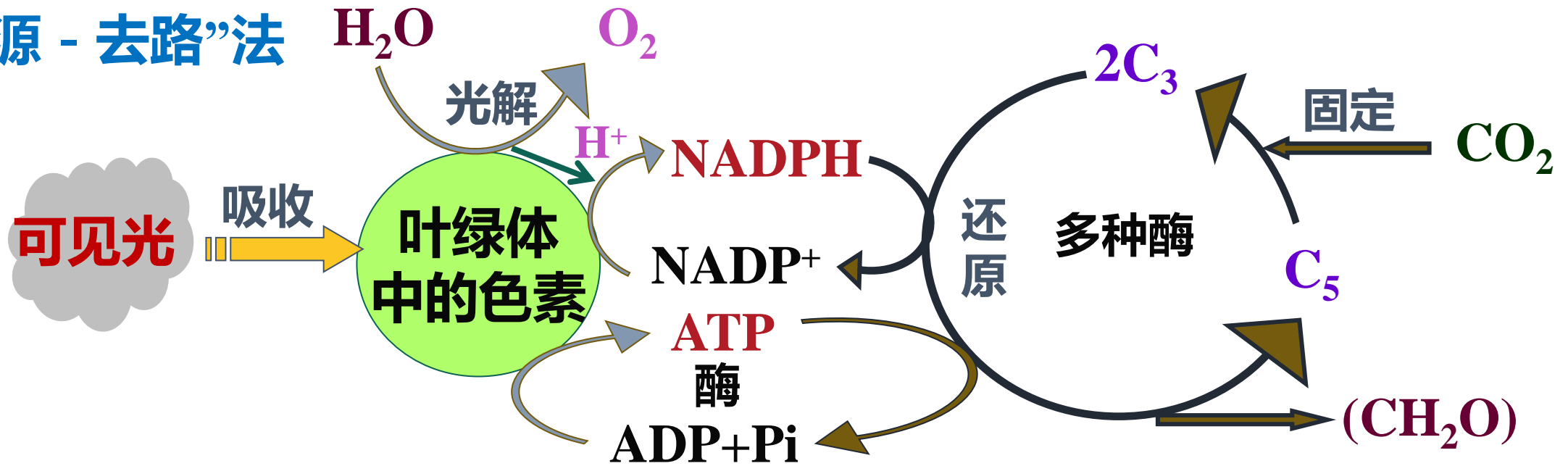


注意：根据高中所学的代谢过程， CO_2 中的氧元素无法进入 H_2O 和 O_2 。其实， CO_2 可以通过某些代谢过程将氧元素转移到 H_2O ，然后通过光反应转移到 O_2

2 光合作用的过程

六、环境改变时光合作用各物质含量的变化分析

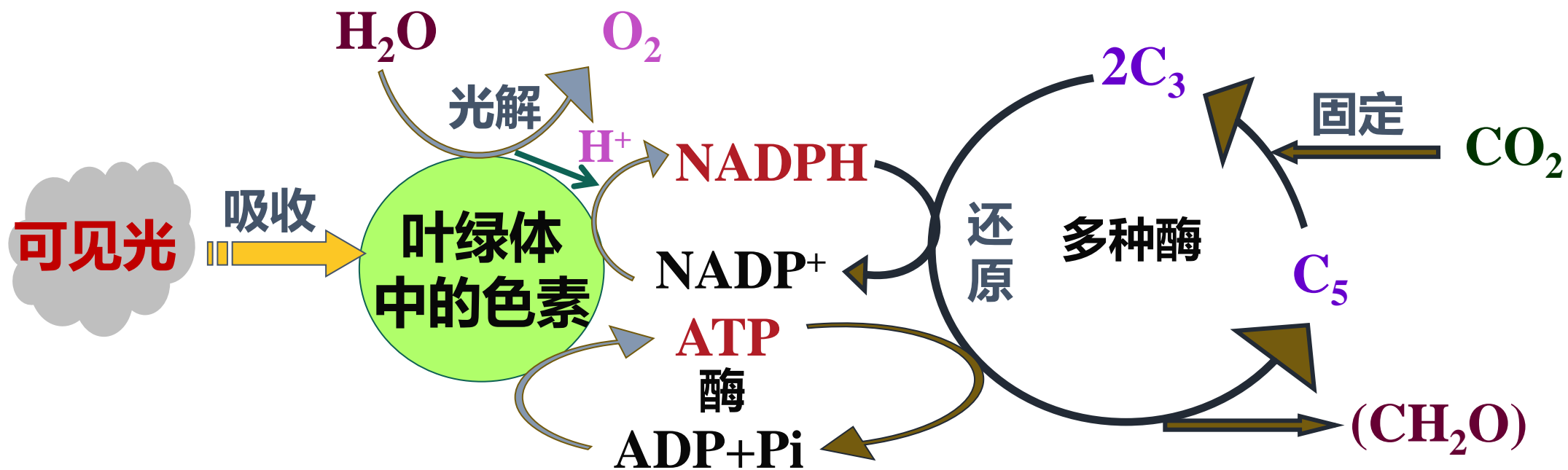
1.“来源 - 去路”法



CO ₂ 浓度不变	NADPH、ATP	C ₃	C ₅	(CH ₂ O)
光照减弱	减少	增加	减少	减少
光照增强	增加	减少	增加	增加

五、环境改变时光合作用各物质含量的变化分析

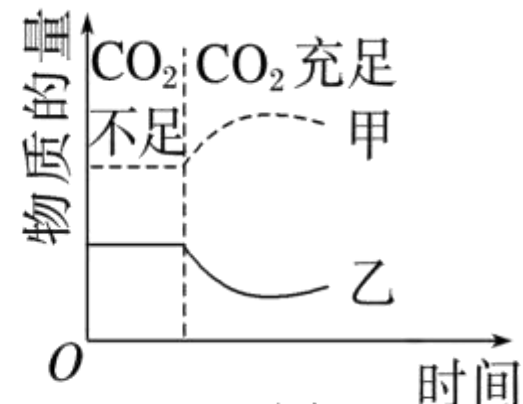
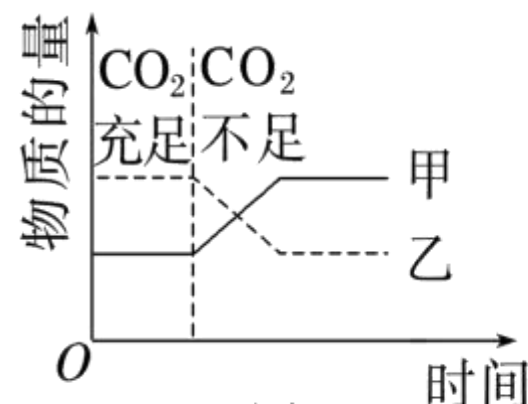
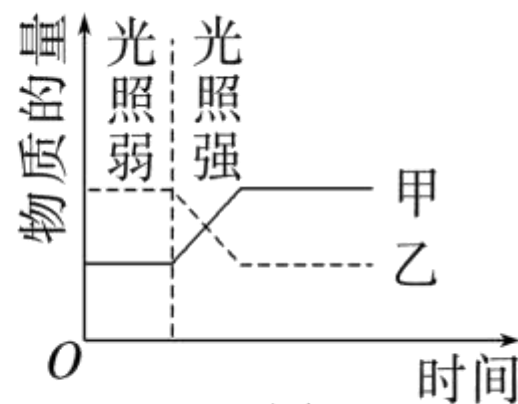
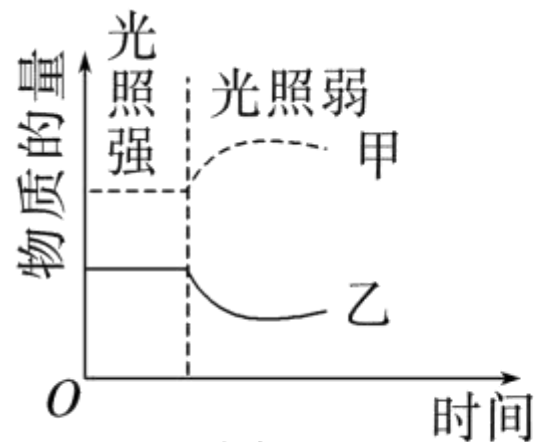
1.“来源 - 去路”法



光照不变	NADPH、ATP	C_3	C_5	(CH_2O)
CO_2 浓度减少	增加	减少	增加	减少
CO_2 浓度增加	减少	增加	减少	增加

五、环境改变时光合作用各物质含量的变化分析

2.模型法



①图1中曲线甲表示 C_3 , 曲线乙表示 C_5 、NADPH、ATP。

②图2中曲线甲表示 C_5 、NADPH、ATP , 曲线乙表示 C_3 。

③图3中曲线甲表示 C_5 、NADPH、ATP , 曲线乙表示 C_3 。

④图4中曲线甲表示 C_3 , 曲线乙表示 C_5 、NADPH、ATP。



化能合成作用

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的合成作用。

例如：硝化细菌、硫细菌、铁细菌等少数种类的细菌。



硝化细菌



我看好你哟



3 影响光合作用的因素及应用

一、探究环境因素对光合作用强度的影响(3.2P₉₀)

1.实验原理

(1) 叶片含有空气，上浮 $\xrightarrow{\text{抽气}}$ 叶片下沉

$\xrightarrow[\text{产生O}_2]{\text{光合作用}}$ O₂充满细胞间隙，叶片上浮

(2) 根据单位时间小圆形叶片浮起的数量的多少，
探究光照强度与光合作用强度的关系。

①自变量：光照强弱

②因变量：光合作用强度

一、探究环境因素对光合作用强度的影响

2.材料用具

打孔器、注射器、5W LED台灯、米尺、烧杯、绿叶。

3.方法步骤

(1) 制备圆形小叶片：用直径为0.6cm的打孔器打出圆形小叶片30片，打孔时避开大叶脉。



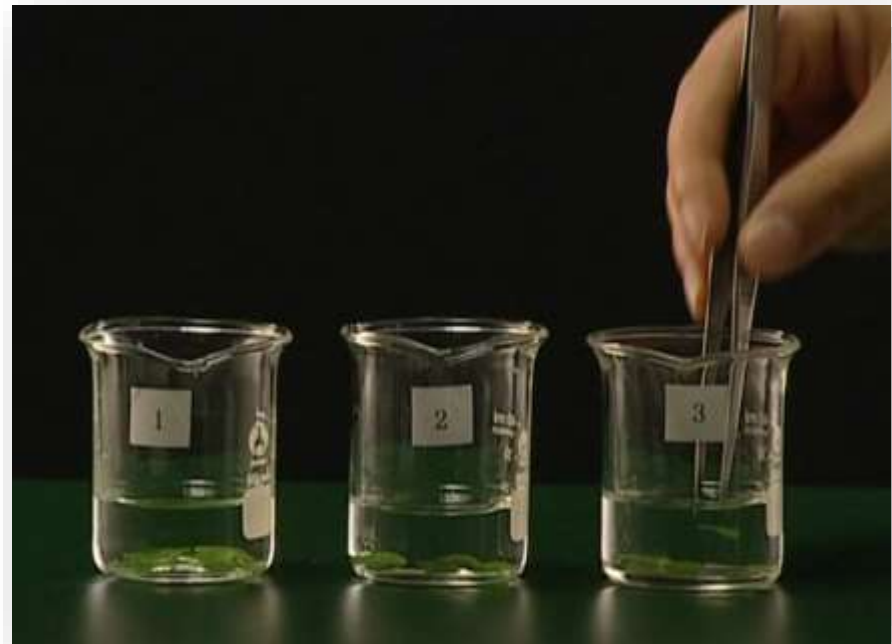
一、探究环境因素对光合作用强度的影响

(2) 将圆形小叶片置于注射器内，注射器内吸入清水，待排出注射器内残留的空气后，用手指堵住注射器前端的小孔并缓慢地拉动活塞，**使圆形小叶片内的空气逸出**。重复2~3次。**处理后的叶片因为细胞间隙充满了水，所以全部沉到水底。**



一、探究环境因素对光合作用强度的影响

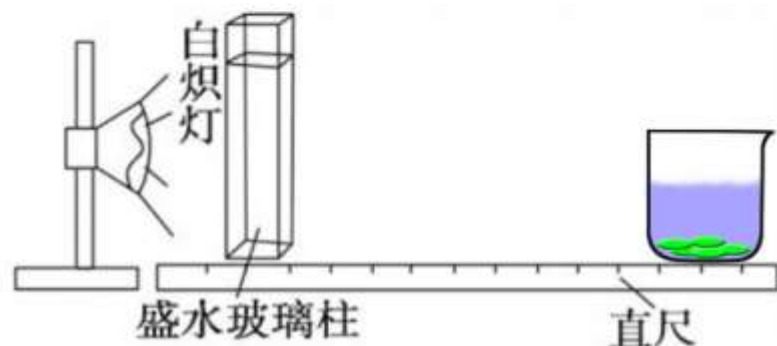
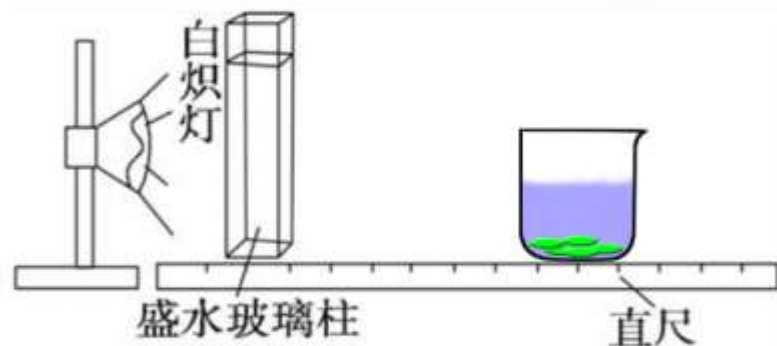
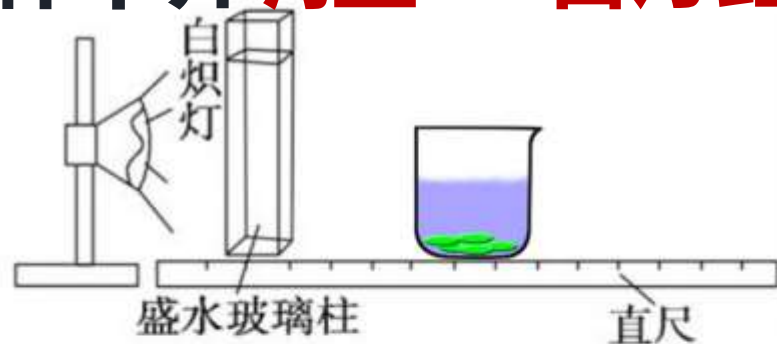
(3) 将处理过圆形小叶片放入清水中，**黑暗保存**，小圆形叶片全部沉到水底。 **防止光照干扰实验结果**



(4) 取3只小烧杯，分别倒入富含 CO_2 的清水。
(1%~2%的 NaHCO_3 溶液)

一、探究环境因素对光合作用强度的影响

(5) 分组实验：分别将10片叶圆片投入3只盛20mL NaHCO_3 的小杯中并**调整5W台灯距离**（10、20、30cm）。



盛水玻璃柱：

吸收光的热量，避免光照时实验装置中温度的变化对实验结果造成干扰。

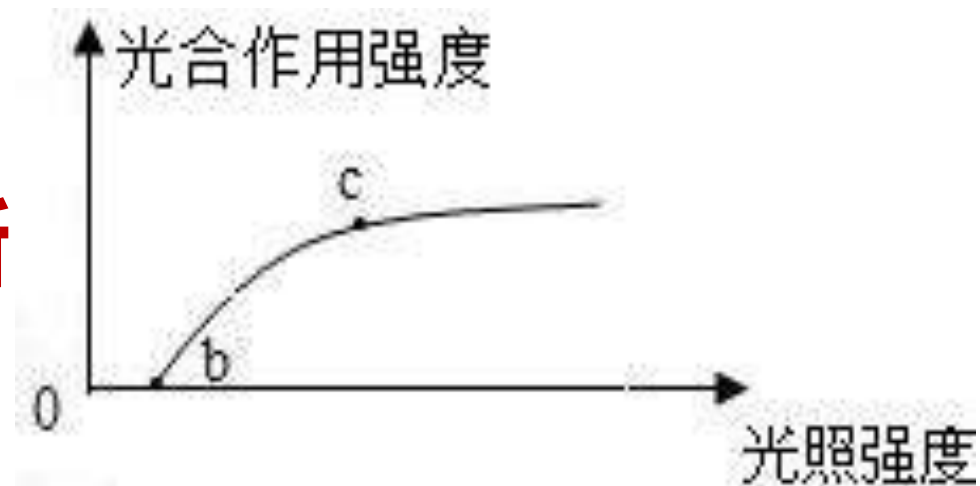
一、探究环境因素对光合作用强度的影响

(6) 观察并记录结果

项目 烧杯	小圆形叶片	加富含CO ₂ 的清水	光照强度	叶片浮起数量
1	10片	20 mL	强	多
2	10片	20 mL	中	中
3	10片	20 mL	弱	少

4.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。



3 影响光合作用的因素及应用

二、光合作用强度

光合作用反应强弱的指标。一般用植物在单位时间内单位面积通过光合作用制造糖类的量（即**光合速率**）来衡量。

可用单位时间内 CO_2 的消耗量，或单位时间内 O_2 的产生量来表示。

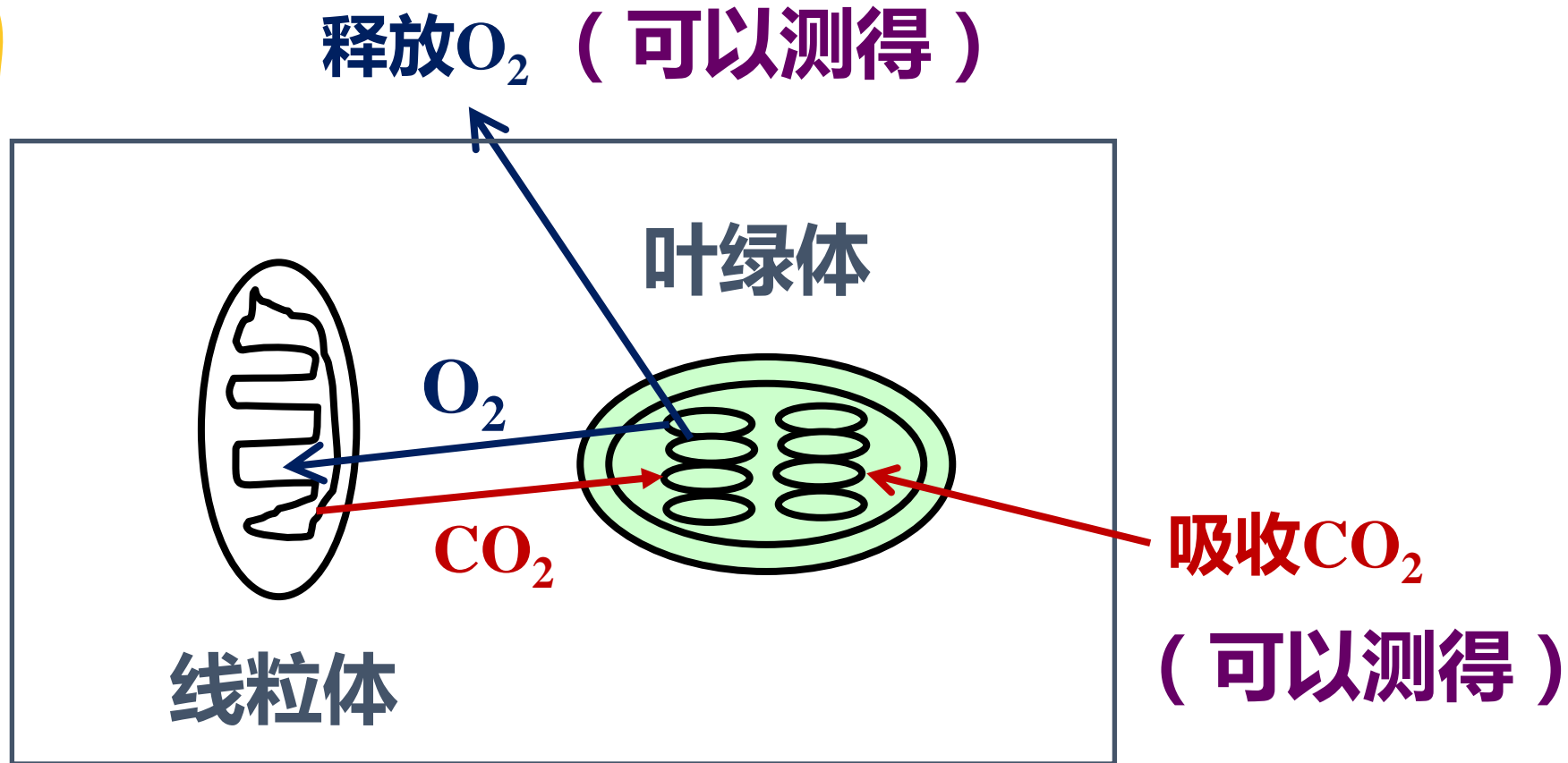
植物在进行光合作用的同时，还进行呼吸作用。

实际测量到的光合作用指标是**净光合速率**。

光合作用产生的 O_2 =释放到空气中的 O_2 +呼吸作用消耗的 O_2

二、光合作用强度

叶肉细胞



总光合作用

=

净光合作用

+

呼吸作用

有机物的生成量

有机物积累量

有机物的消耗量

CO_2 消耗量

CO_2 吸收量

CO_2 释放量

O_2 的产生量

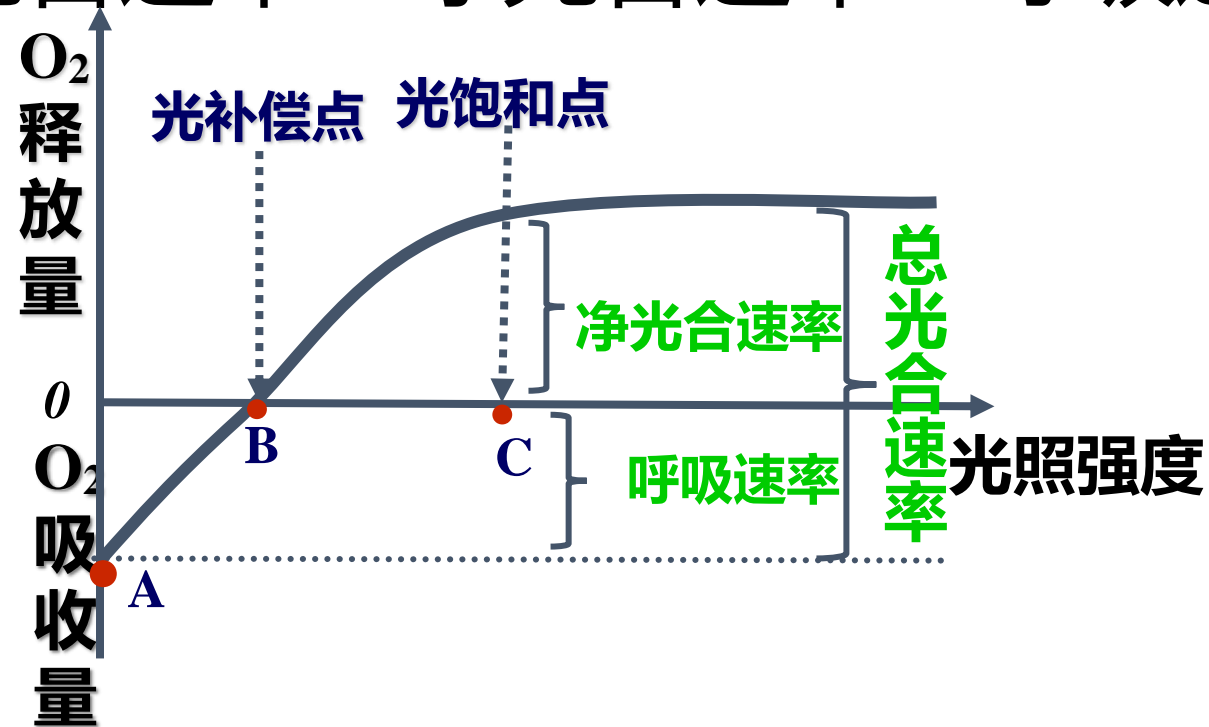
O_2 的释放量

O_2 的吸收量

二、光合作用强度

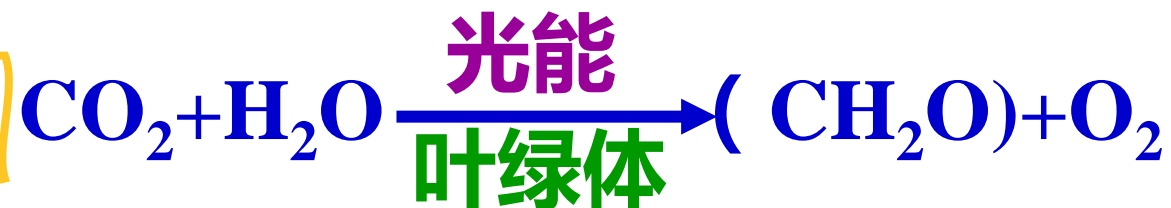
测定方法：

- ①先将植物置于**黑暗**中，测量呼吸速率。
- ②在**有光**条件下，测定净光合速率。
- ③计算：真正光合速率 = 净光合速率 + 呼吸速率。



3 影响光合作用的因素及应用

三、影响光合作用的因素及应用



外因 {

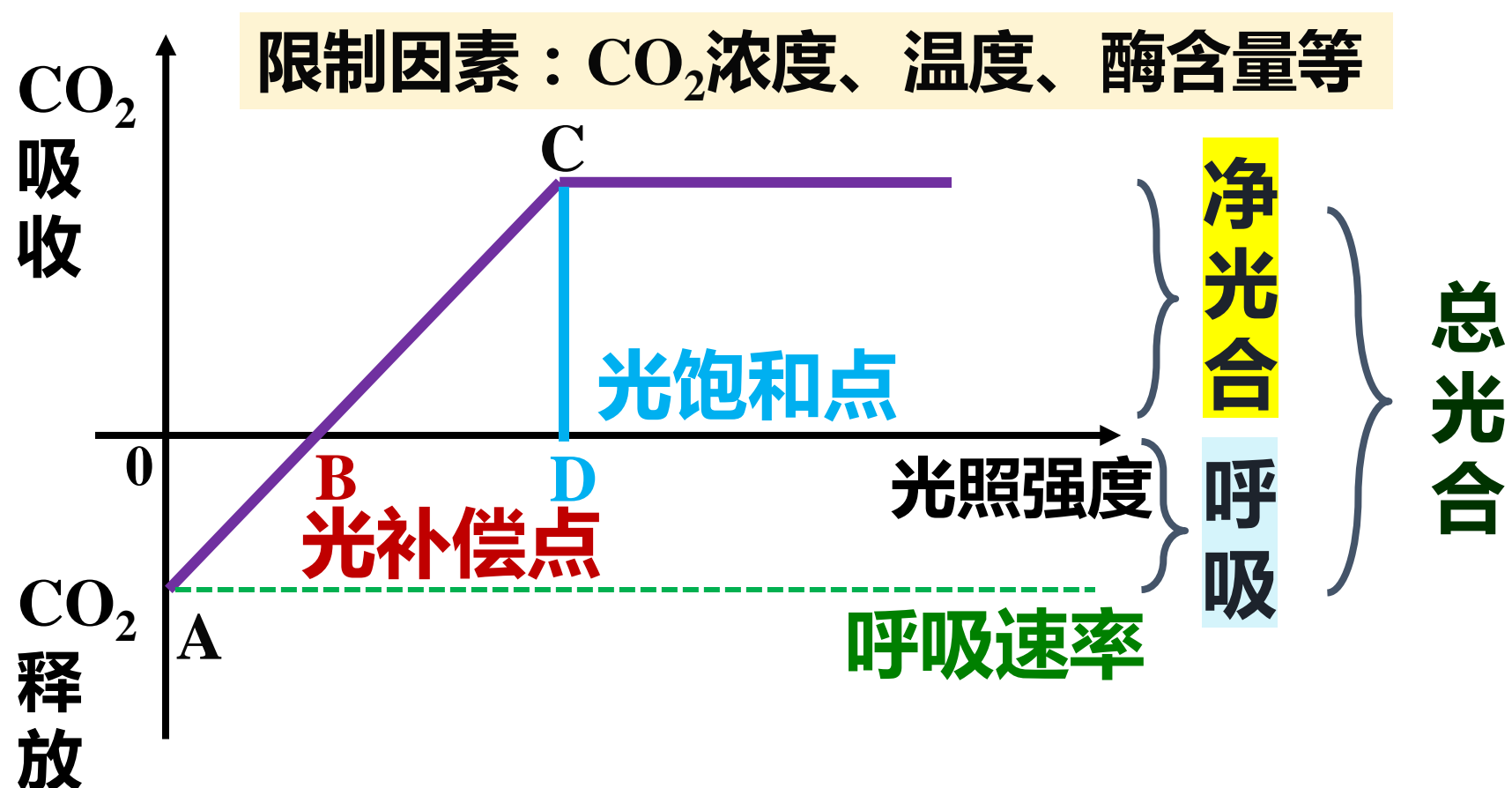
- 光：光照强度、光质、光照时间
- CO₂的浓度 环境中CO₂浓度、叶片气孔导度
- 温度
- H₂O
- 矿质元素（Mg合成叶绿素）

内因 {

- 酶的种类、数量
- 色素的含量
- 叶龄不同
- 叶面积指数（疏密）

主要因素（外因：“三度”）：
光照强度、温度、CO₂浓度

1.外部因素 (1) 光照强度【单位：勒克斯 (lx)】



限制因素：CO₂浓度、温度、酶含量等

C点：光合作用强度最大。C点之前限制光合作用因素是光照强度。

D点：光饱和点，增加光照强度光合作用强度不再增加。

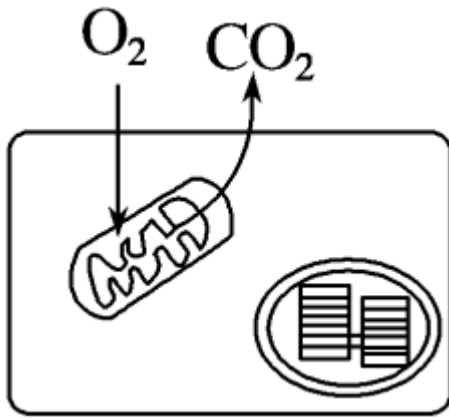
A点：只进行细胞呼吸，CO₂释放量表明此时的呼吸强度。

B点：光补偿点，即光合作用强度=细胞呼吸强度。

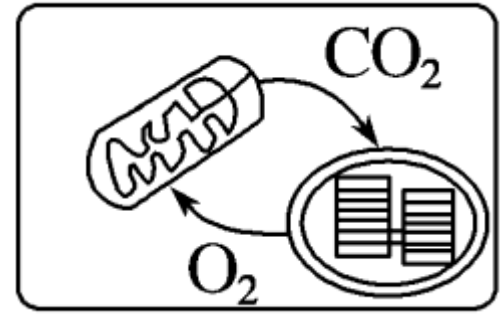
AB段：光合作用<呼吸作用

BC段：光合作用>呼吸作用

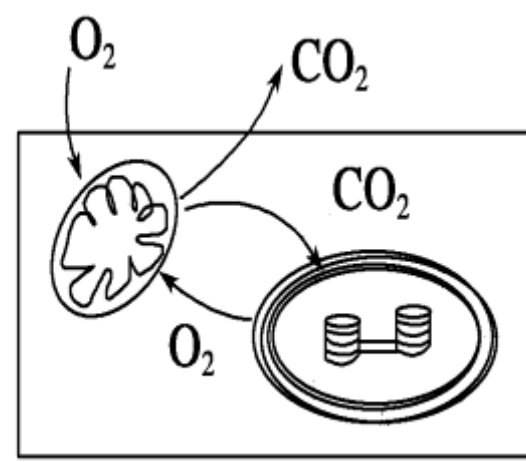
1.外部因素 (1) 光照强度【单位：勒克斯 (lx)】



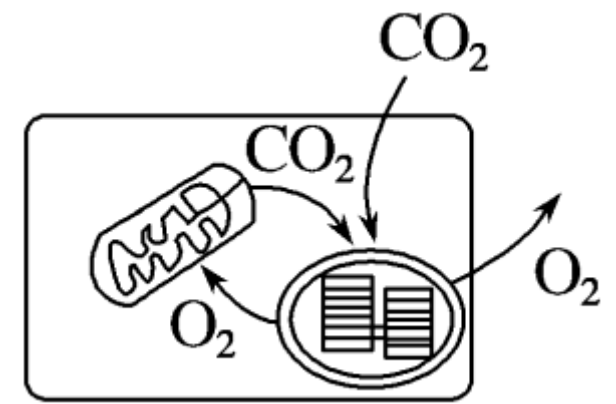
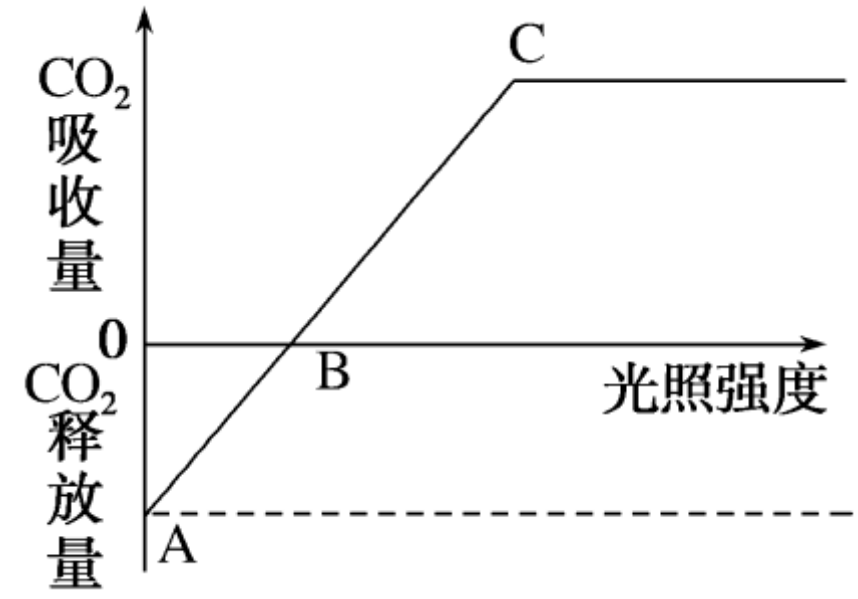
A: 只进行呼吸作用



**B : 光合作用=呼吸作用
细胞呼吸释放的CO₂
全部用于光合作用**

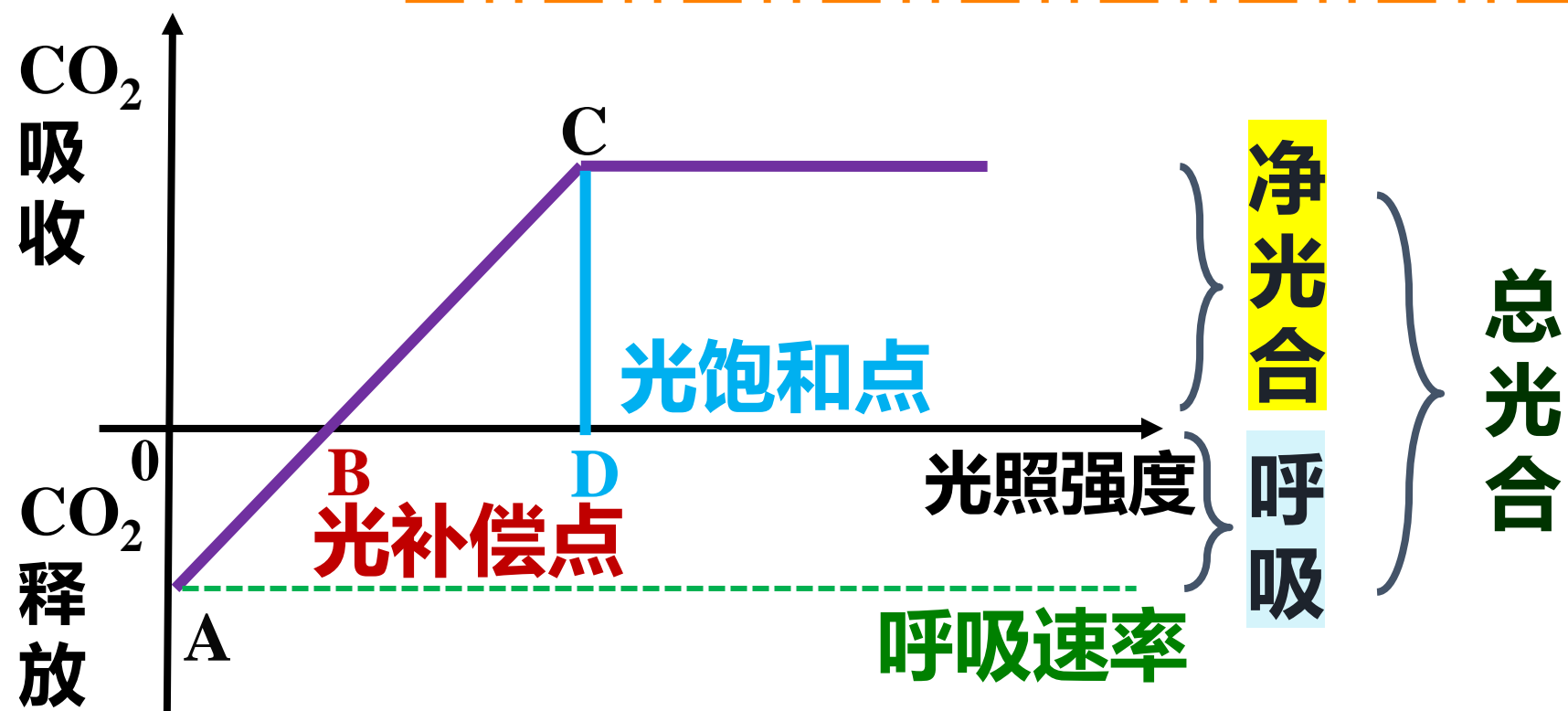


AB : 光合作用<呼吸作用



BC : 光合作用>呼吸作用

1.外部因素 (1) 光照强度【单位：勒克斯 (lx)】



思考1：（植物体）在B点时，那么它的叶肉细胞的光合作用强度 **大于** 呼吸作用强度。（大于、等于、小于）

总结：

叶绿体吸收CO₂的速率是总光合速率，叶肉细胞和植物体吸收CO₂的速率是净光合速率。

当**植物体**的 $V_{\text{光合}} = V_{\text{呼吸}}$ 时，则**叶肉细胞** $V_{\text{光合}} > V_{\text{呼吸}}$ 。

1.外部因素 (1) 光照强度【单位：勒克斯 (lx)】——应用

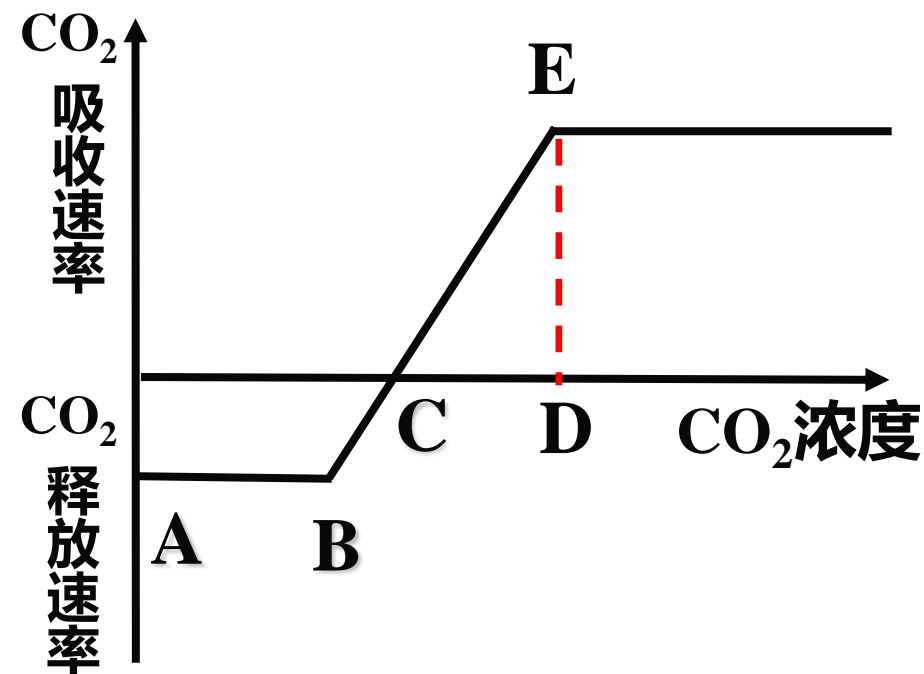
①温室生产中，适当增强**光照强度**，以提高光合速率，使作物增产；

②阴生植物的光补偿点和光饱和点都较低农业生产上一般**间作**。

③延长光合作用时间，通过**轮作**或**套作**。

1.外部因素

(2) CO_2 浓度



D点： CO_2 饱和点，
E点后限制因素为光
照强度和温度、酶的
数量和活性等

AB：只进行细胞呼吸。

B点：进行光合作用所需
 CO_2 的最低浓度。

C点： CO_2 补偿点
光合作用速率=细胞呼吸速率

应用：

- 1.多施农家肥；
- 2.温室栽培植物时还可使用 CO_2 发生器等；
- 3.大田中还要注意通风透气。

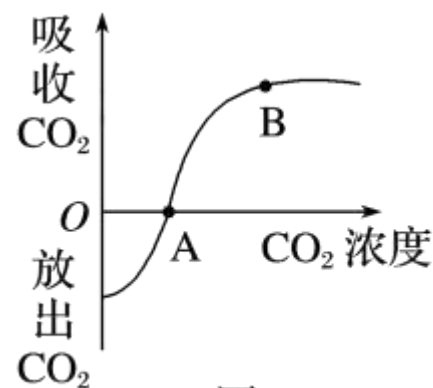


图 1

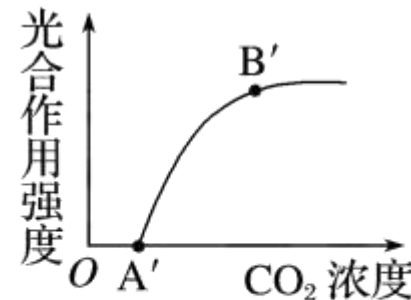
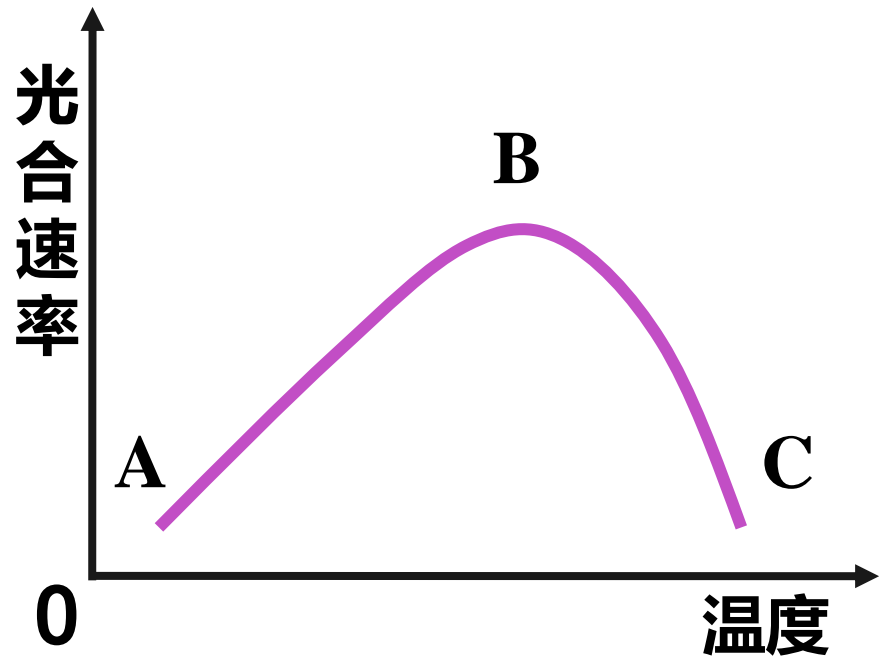


图 2

图2中A'点表示进行光合作用所需
 CO_2 的最低浓度。B点和B'点对应
的浓度都表示 CO_2 饱和点。

1.外部因素

(3) 温度



最适温度下植物光合作用最大。

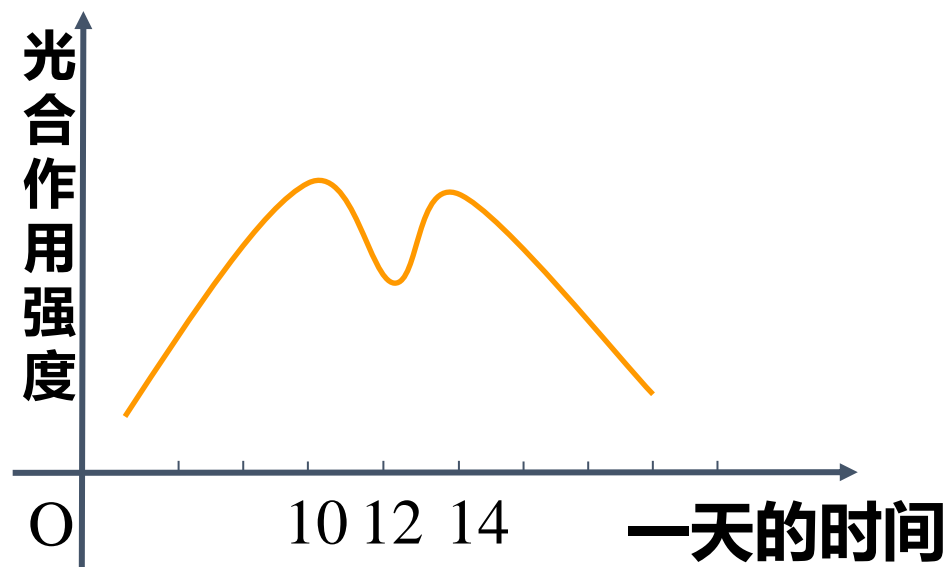
温度过高时植物气孔关闭或酶活性降低，
光合速率会减弱。

应用：

1. 适时播种

2. 温室中, 白天适当提高温度, 晚上适当降温

3. 植物“午休”现象（气孔关闭）



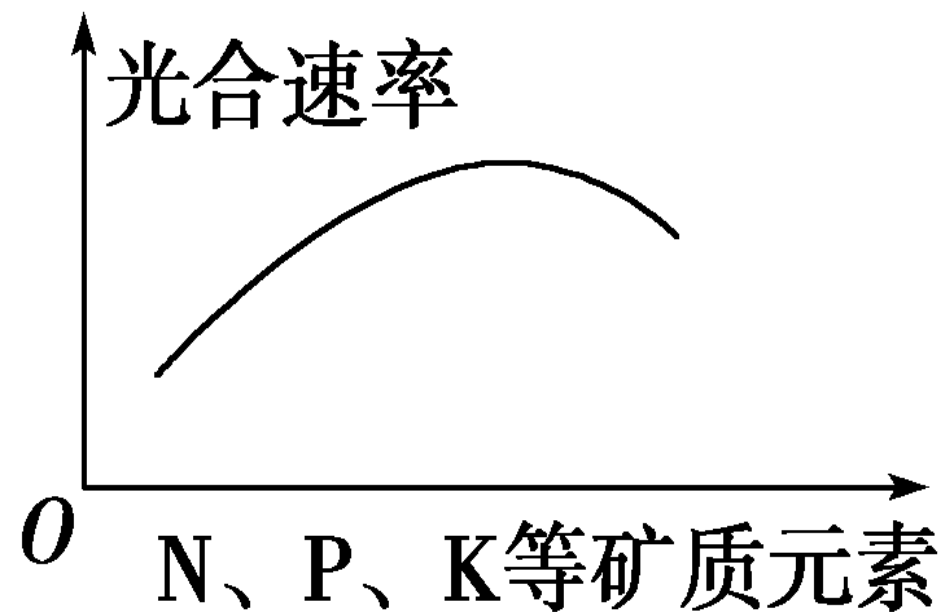
1.外部因素 (4) 矿质元素

N：光合酶及 NADP^+ 和ATP的重要组分

P： NADP^+ 和ATP的重要组分

K：促进光合产物向贮藏器官运输

Mg：叶绿素的重要组分



①在一定浓度范围内，增大必需矿质元素的供应，可**提高**光合作用速率，但当超过一定浓度后，植物光合作用速率**下降**。

②土壤中矿质元素溶液浓度过高，植物光合作用速率下降的原因可能是：

溶液浓度过高，导致植物吸水困难甚至失水。

应用：合理施肥

1.外部因素 (5) 水

a.水是光合作用的原料

应用：合理浇灌、预防干旱

b.水是体内各种化学反应的介质

c.缺水 → 气孔关闭 → 限制 CO_2 进入叶片 → 光合作用受影响

图1表明在农业生产中，可根据作物的需水规律，合理灌溉。

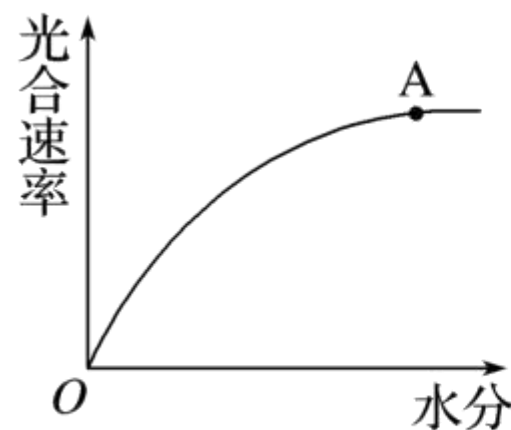
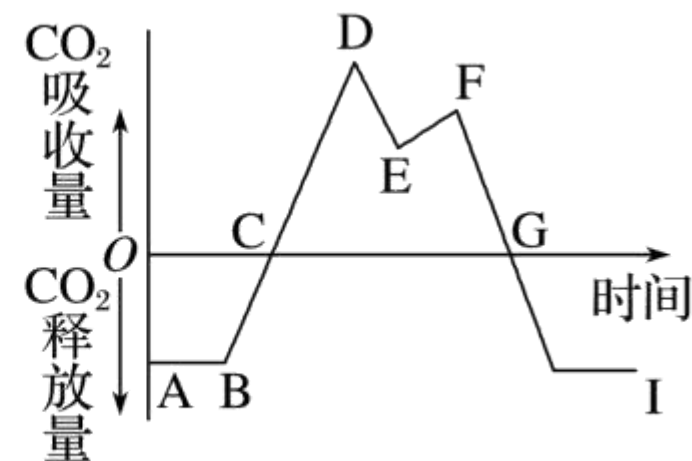


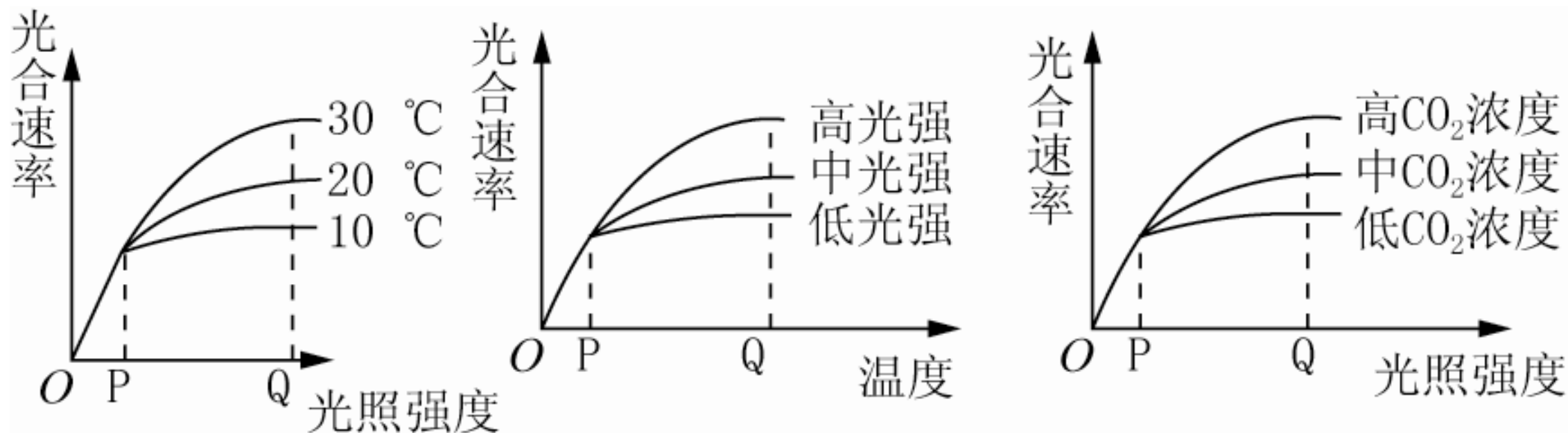
图2曲线中间E处光合作用强度



暂时降低，是因为温度高，蒸腾作用过强，气孔关闭，影响了 CO_2 的供应。

1.外部因素 多因子对光合速率的影响及应用

光照强度、 CO_2 浓度和温度对光合作用的综合作用

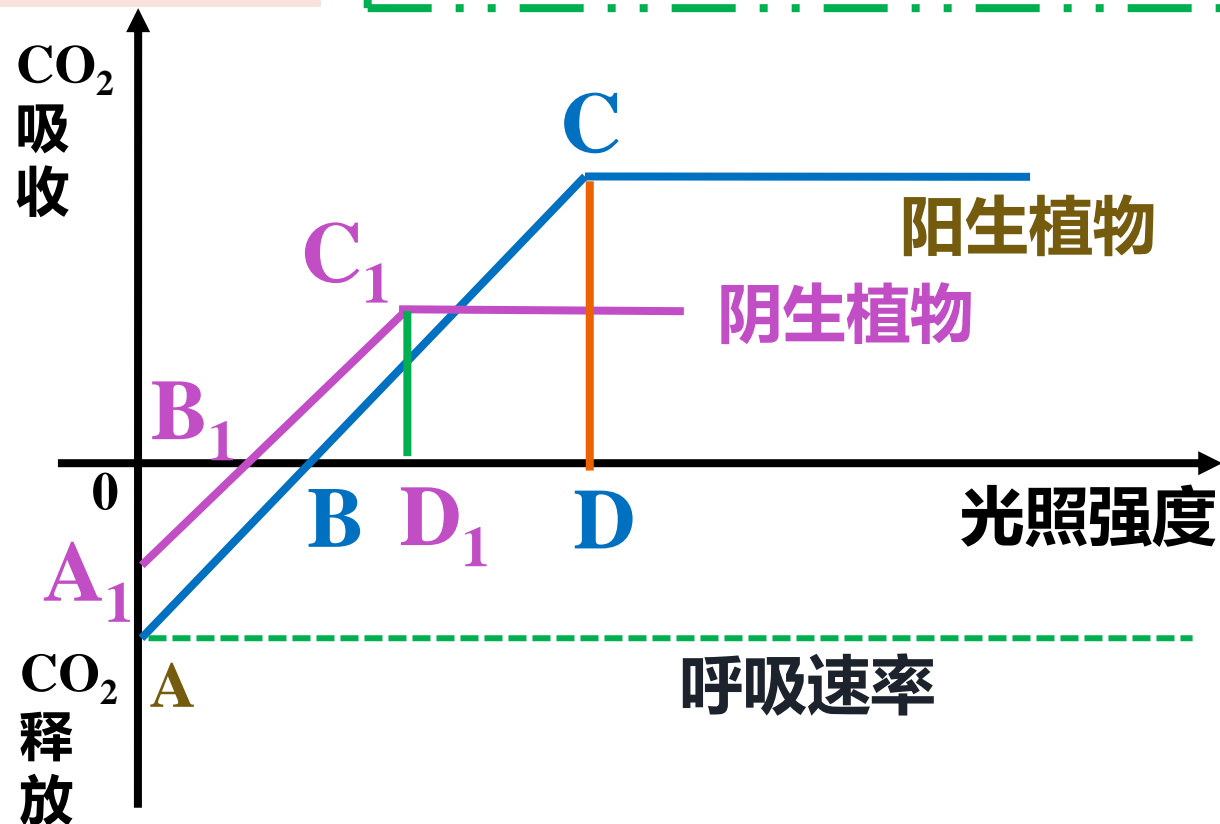


P点及P点之前：限制光合速率的因素应为横坐标所表示的因子，随着因子的不断加强，光合速率不断提高。

Q点：横坐标所表示的因子不再是影响光合速率的因素，影响因素主要为各曲线所表示的因子。

2.内部因素

(1) 植物自身的遗传特性



光补偿点： $B > B_1$

光饱和点： $D > D_1$

应用：间作套种

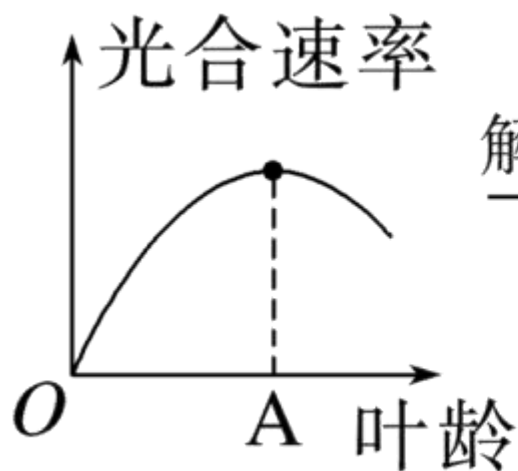
阳生植物是指在强光环境中生长发育健壮，在阴蔽和弱光条件下生长发育不良的植物称阳性植物。

阴生植物是指在弱光条件下比强光条件下生长良好的植物。

阴生植物呼吸作用较弱，对光的利用能力也不强

2.内部因素

(2) 植物叶片的叶龄、叶绿素含量、酶的活性和数量、有机物的输出情况、气孔导度等



解读

曲线分析

OA 段, 随叶龄增大, 叶面积增大, 色素含量增多, 酶的含量和**活性**增大, 光合速率加快

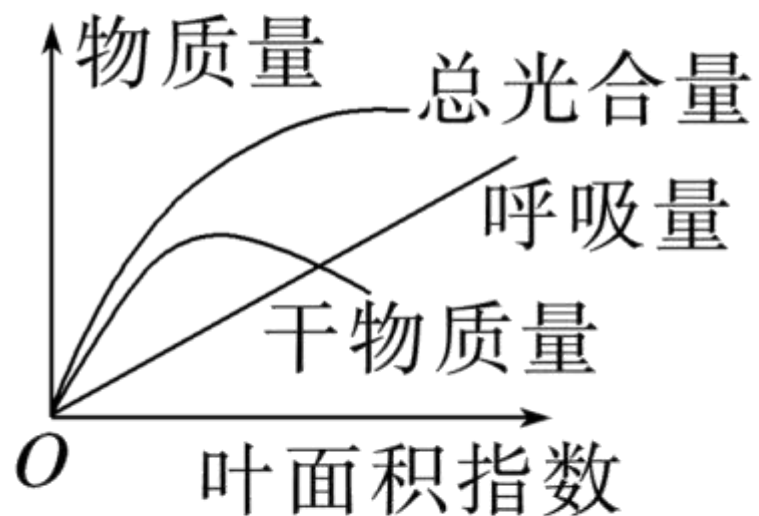
A 点之后, 随叶龄增大, 色素、酶含量减少, 酶**活性**减弱, 光合速率减慢

应用

适时摘除老叶

2.内部因素

(3) 植物叶面积指数



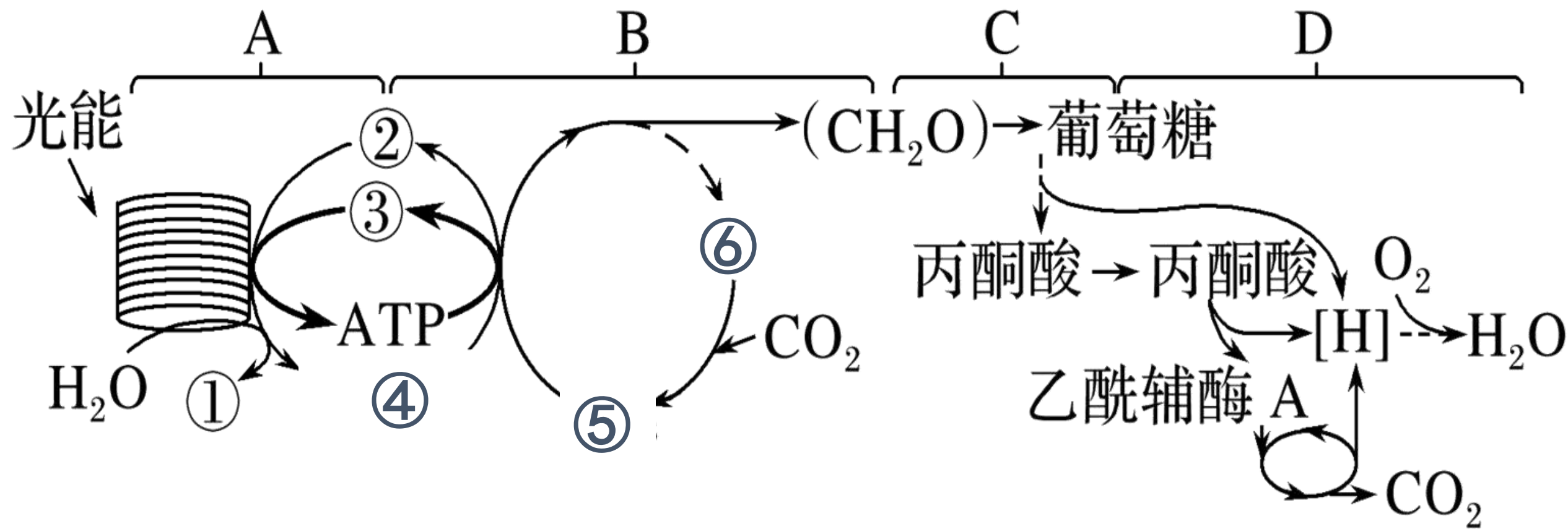
在一定范围内，随叶面积不断增大，光合作用实际量不断增加，超过一定范围后，光合作用强度 **不再增加**

应用

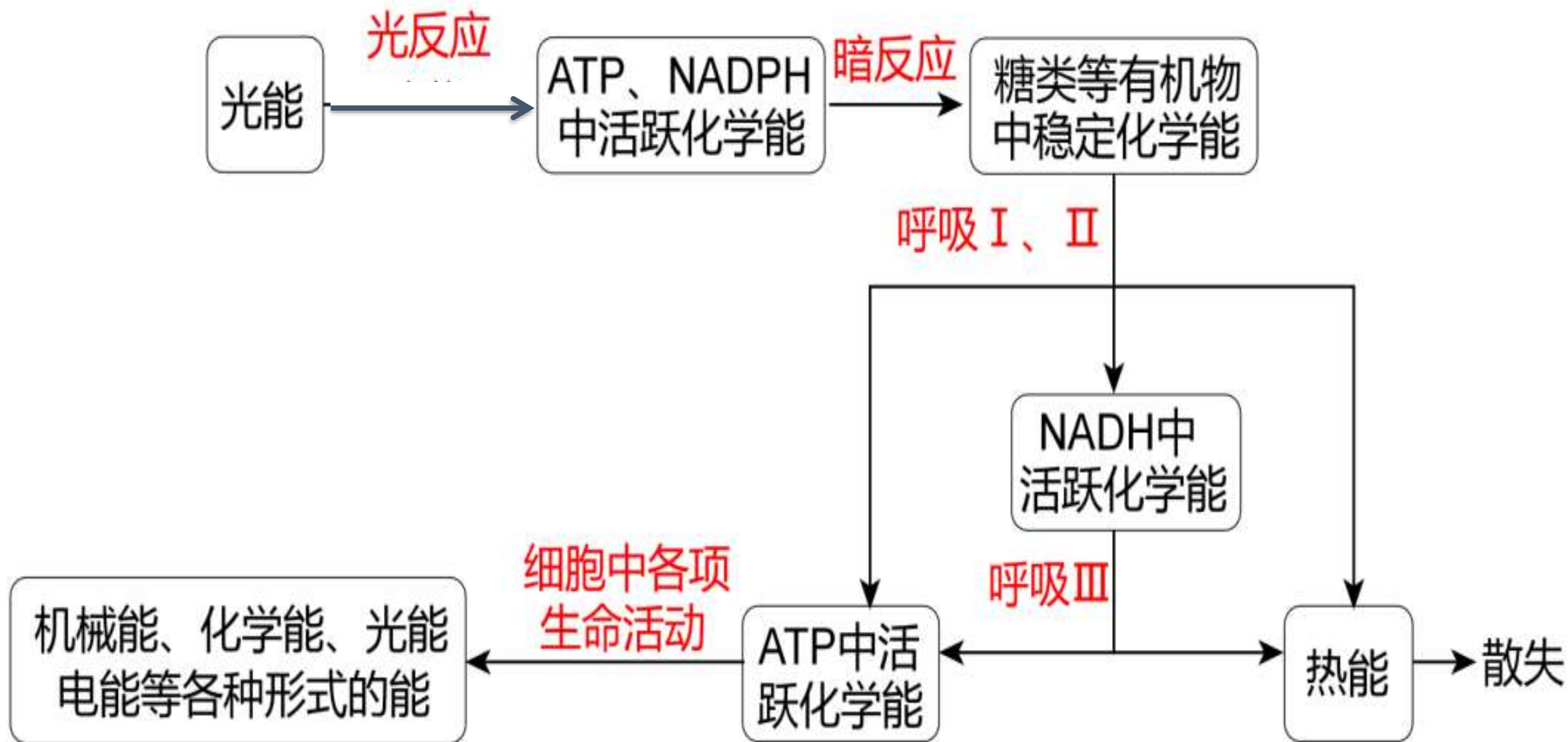
适当修苗，合理施肥、浇水，避免枝叶徒长，封行过早。温室栽培植物时，可通过 **合理密植** 来增加光合作用面积

4 光合作用与细胞呼吸的综合

一、过程图解



二、光合作用与细胞呼吸能量转化

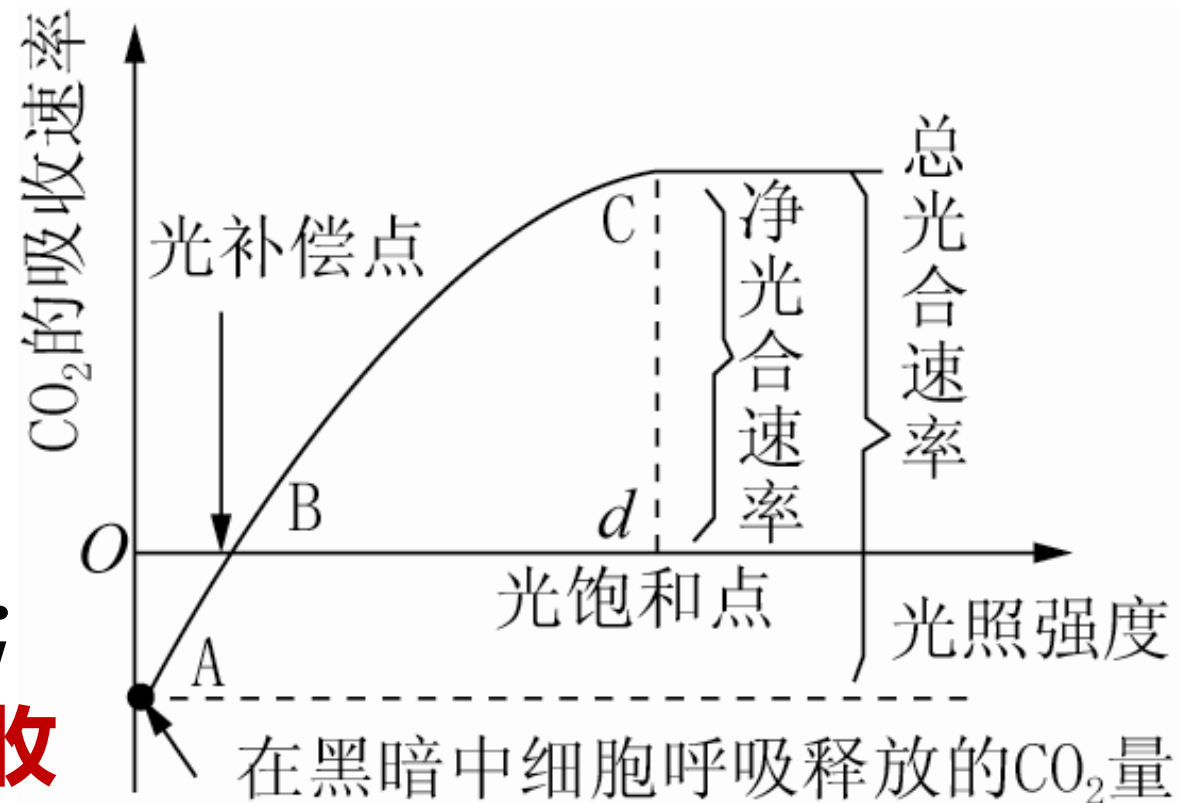


4 光合作用与细胞呼吸的综合

三、光合速率与植物生长

(1) 当光照强度为0时，若 CO_2 吸收值为负值，该值绝对值代表呼吸速率，该曲线代表净光合速率；

(2) 当光照强度为0时，若 CO_2 吸收值为0，该曲线代表真正光合速率。



①当净光合速率 > 0 时，植物因积累有机物而生长。

②当净光合速率 $= 0$ 时，植物不能生长。

③当净光合速率 < 0 时，植物不能生长，长时间处于此种状态，植物将死亡。

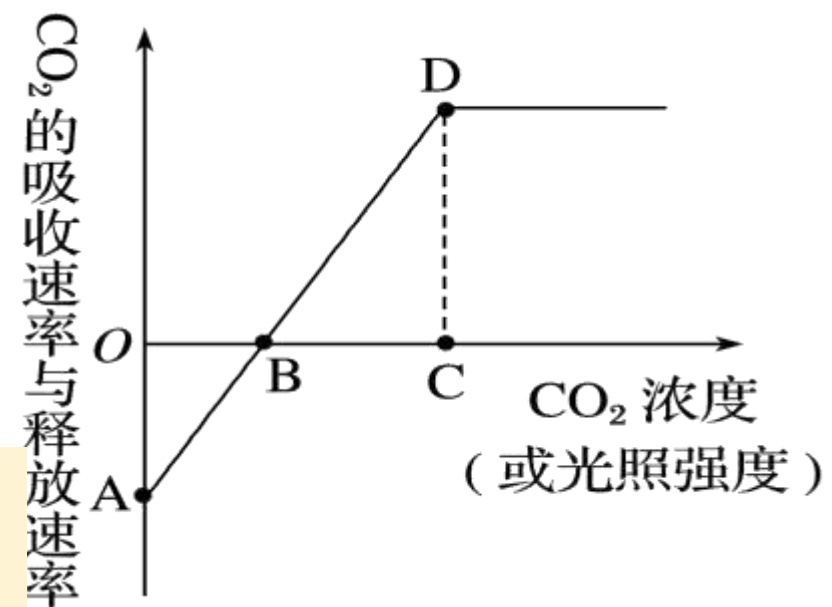
4 光合作用与细胞呼吸的综合

四、光合作用与细胞呼吸的“关键点”移动

曲线中补偿点和饱和点的移动规律

CO_2 (或光)补偿点 (B) 和饱和点 (C) 的移动

方向：一般有左移、右移之分



- (1) 呼吸速率增加，其他条件不变时， CO_2 (或光)补偿点B应右移，反之左移。
- (2) 呼吸速率基本不变，相关条件的改变使光合速率下降时， CO_2 (或光)补偿点B应右移，反之左移。
- (3) 阴生植物与阳生植物相比， CO_2 (或光)补偿点 (B) 和饱和点 (C) 都应左移。

五、自然环境及密闭容器中植物光合作用曲线及分析

开放环境中光合作用昼夜变化曲线分析

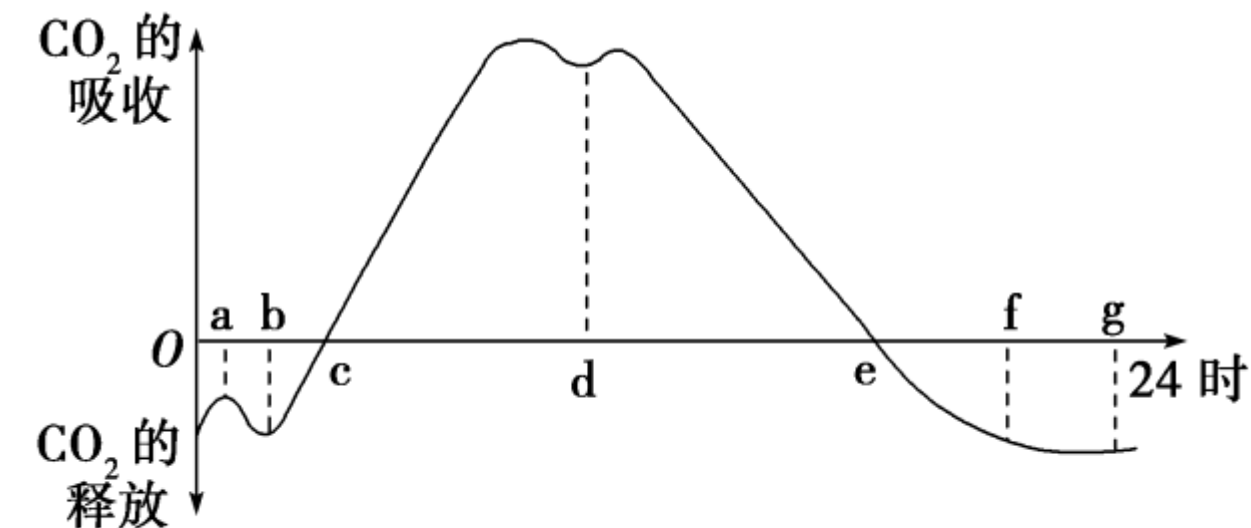


图1 夏季一昼夜CO₂吸收和释放变化曲线

ce段：光合作用大于呼吸作用。

d点：温度过高，部分气孔关闭，出现“午休”现象。

e点：下午6时左右，光合作用等于呼吸作用。

ef段：光合作用小于呼吸作用。

fg段：没有光照，停止光合作用，只进行呼吸作用。

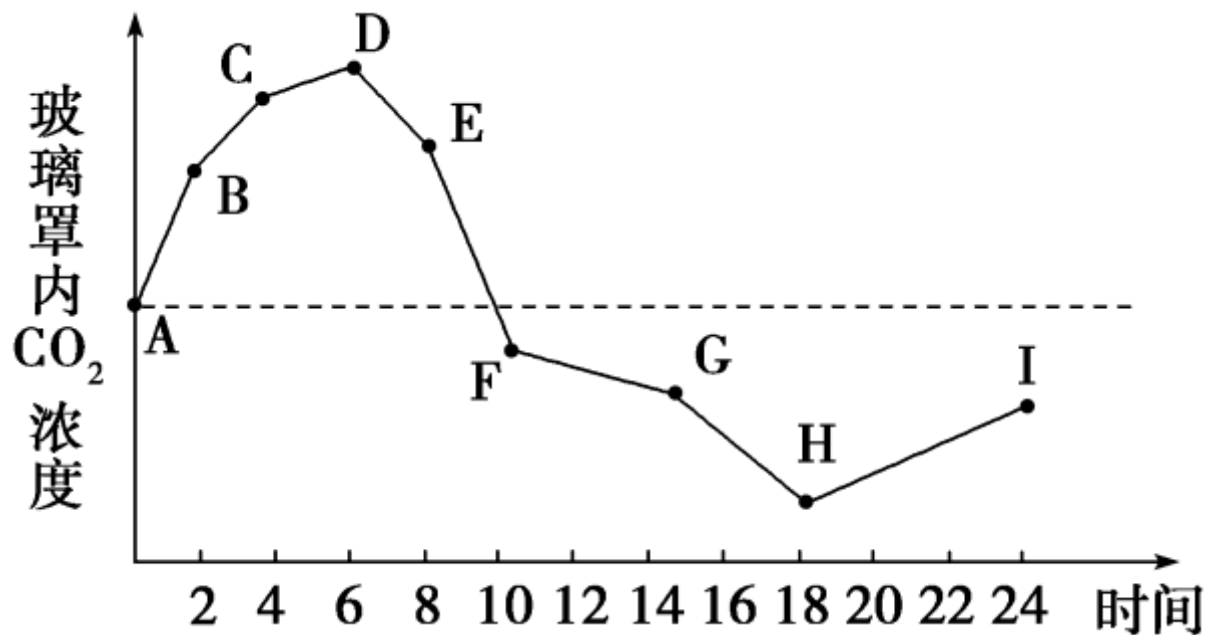
a点：凌晨2时~4时，温度降低，呼吸作用减弱，CO₂释放减少。

b点：有微弱光照，植物开始进行光合作用。

bc段：光合作用小于呼吸作用。

c点：上午7时左右，光合作用等于呼吸作用。

密闭环境中光合作用变化曲线分析



D点：光合作用强度=呼吸作用强度。

DH段：光合作用强度>呼吸作用强度。其中**FG**段表示“光合午休”现象。

H点：光合作用强度=呼吸作用强度。

HI段：光照减弱，光合作用强度<呼吸作用强度，直至光合作用完全停止。

4 光合作用与细胞呼吸的综合

六、三率测定的6种实验模型(3.2P₁₀₁)

1. 气体体积变化法（液滴移动法）——
测定光合作用O₂增加的体积或CO₂消耗的体积



（1）测定呼吸速率

- ① 装置烧杯中放入适宜浓度的NaOH溶液用于吸收CO₂。
- ② 玻璃钟罩遮光处理，以排除光合作用干扰。
- ③ 置于适宜温度环境中。
- ④ 红色液滴向左移动(单位时间内左移距离代表呼吸速率)。

六、三率测定的6种实验模型

1. 气体体积变化法（液滴移动法）—— 测定光合作用 O_2 增加的体积或 CO_2 消耗的体积

(2) 测定净光合速率

- ① 装置烧杯中放入适宜浓度的 NaHCO_3 溶液，用于保证容器内 CO_2 浓度恒定，满足光合作用需求。
- ② 必须给予足够光照处理，且温度适宜。
- ③ 红色液滴向右移动（单位时间内右移距离代表净光合速率）。

(3) 物理误差的校正：为防止气压、温度等物理因素所引起的误差，应设置对照实验，即用死亡的绿色植物、烧杯中放入蒸馏水分别进行上述实验，根据红色液滴的移动距离对原实验结果进行校正。

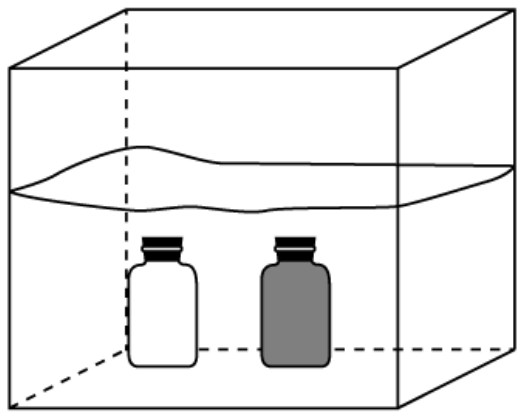


六、三率测定的6种实验模型

2.黑白瓶法——测溶氧量的变化

① 从某一深度水层取样,装入若干个等体积黑瓶和白瓶当中,并分别测得初始溶氧量

② 把黑、白瓶悬挂于原水深处



③ 一段时间后,分别测出黑、白瓶的溶氧量并算出平均值

④ 计算

黑瓶为黑布罩住的玻璃瓶,瓶中生物只进行细胞呼吸,而白瓶中的生物既能进行光合作用又能进行细胞呼吸,所以黑瓶(无光照的一组)测得的为细胞呼吸强度值,白瓶(有光照的一组)测得的为净光合作用强度值,综合两者即可得到真正光合作用强度值。

	瓶身	是否放入长势良好的植物	放入适宜水深	测定时间 测定项目	取值表示量
A	黑瓶	不放	相同	放入时测定水中溶氧量	水中溶氧量为： 初始量
B	黑瓶	放入	相同	一段时间后测定水中溶氧量	与初始值的差值为： 有氧呼吸量
C	白瓶	放入	相同	与B瓶相同时间后测定水中溶氧量	与初始值的差值为： 净光合量

设初始值为 x ，白瓶现有量为 $M_{\text{白}}$ ，黑瓶现有量为 $M_{\text{黑}}$ ，则：总光合量=？

【解析】 净光合量 = $M_{\text{白}} - x$ ，呼吸量 = $x - M_{\text{黑}}$
 总光合量 = 净光合量 + 呼吸量
 = $(M_{\text{白}} - x) + (x - M_{\text{黑}}) = M_{\text{白}} - M_{\text{黑}}$

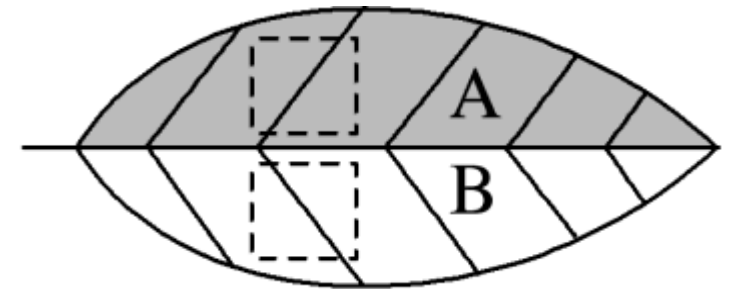
- ①若有初始值，可推出呼吸量和净光合量；
- ②无论是否有初始值，均可用白瓶现有量-黑瓶现有量算出总光合量。

六、三率测定的6种实验模型

3.半叶法

将叶片一半遮光，一半曝光，遮光的一半测得的数据变化值代表**细胞呼吸强度值**，曝光的一半测得的数据变化值代表**表观(净)光合作用强度值**，综合两者可计算出真正光合作用强度值。需要注意的是该方法在实验之前需切断左右叶片间的联系，以防止**有机物**的运输。计算可参考黑白瓶法：

$$\text{总光合量} = M_B - M_A$$

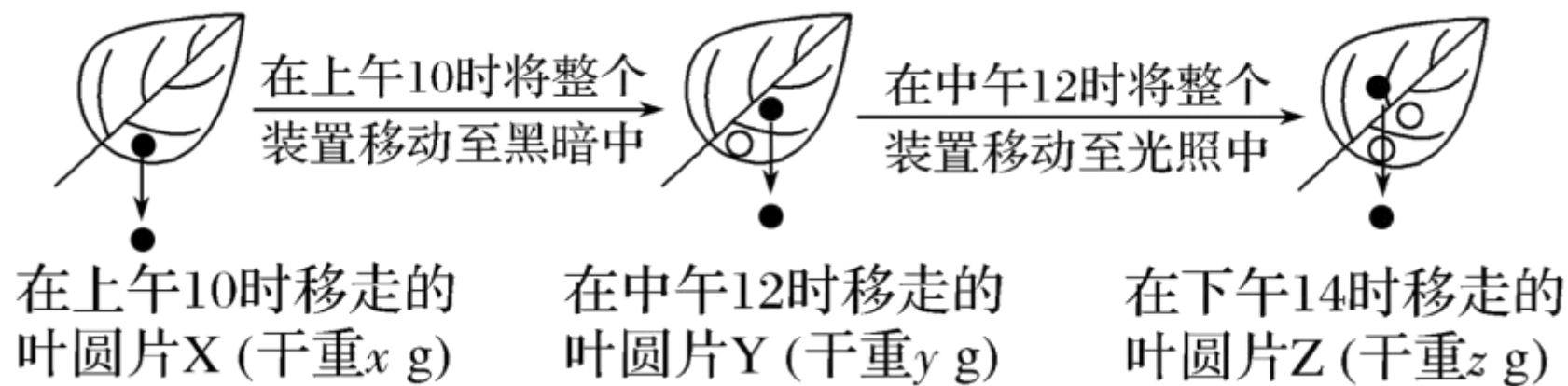


六、三率测定的6种实验模型

4.叶圆片称重法——测定有机物的变化量

(1)操作图示

通过测定单位时间、单位面积叶片中淀粉的生成量，如图所示以有机物的变化量测定光合速率(S 为叶圆片面积)。



(2)结果分析

净光合速率 = $(z - y)/2S$; 呼吸速率 = $(x - y)/2S$;

总光合速率 = 净光合速率 + 呼吸速率 = $(x + z - 2y)/2S$ 。

六、三率测定的6种实验模型

5.叶圆片上浮法——定性检测 O_2 释放速率

利用针筒排出叶肉细胞间隙中的空气，使叶片沉于水中；在光合作用过程中，植物吸收 CO_2 放出 O_2 ， O_2 在细胞间积累，使下沉的叶片上浮。根据在相同时间内上浮叶片数目的多少(或者叶片全部上浮所需时间的长短)，即能比较光合作用强度的大小。