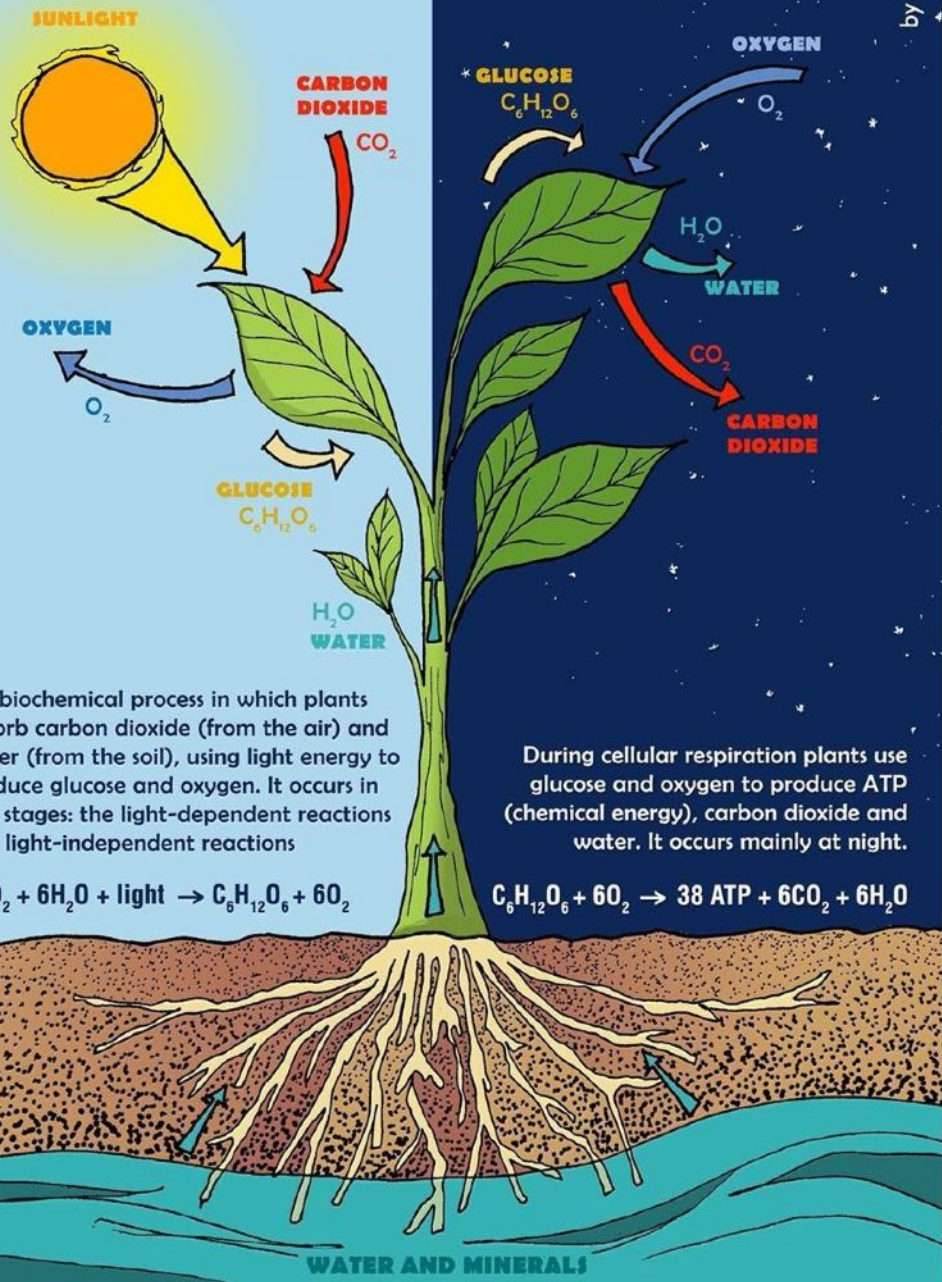


# PHOTOSYNTHESIS & RESPIRATION

by Grafokids



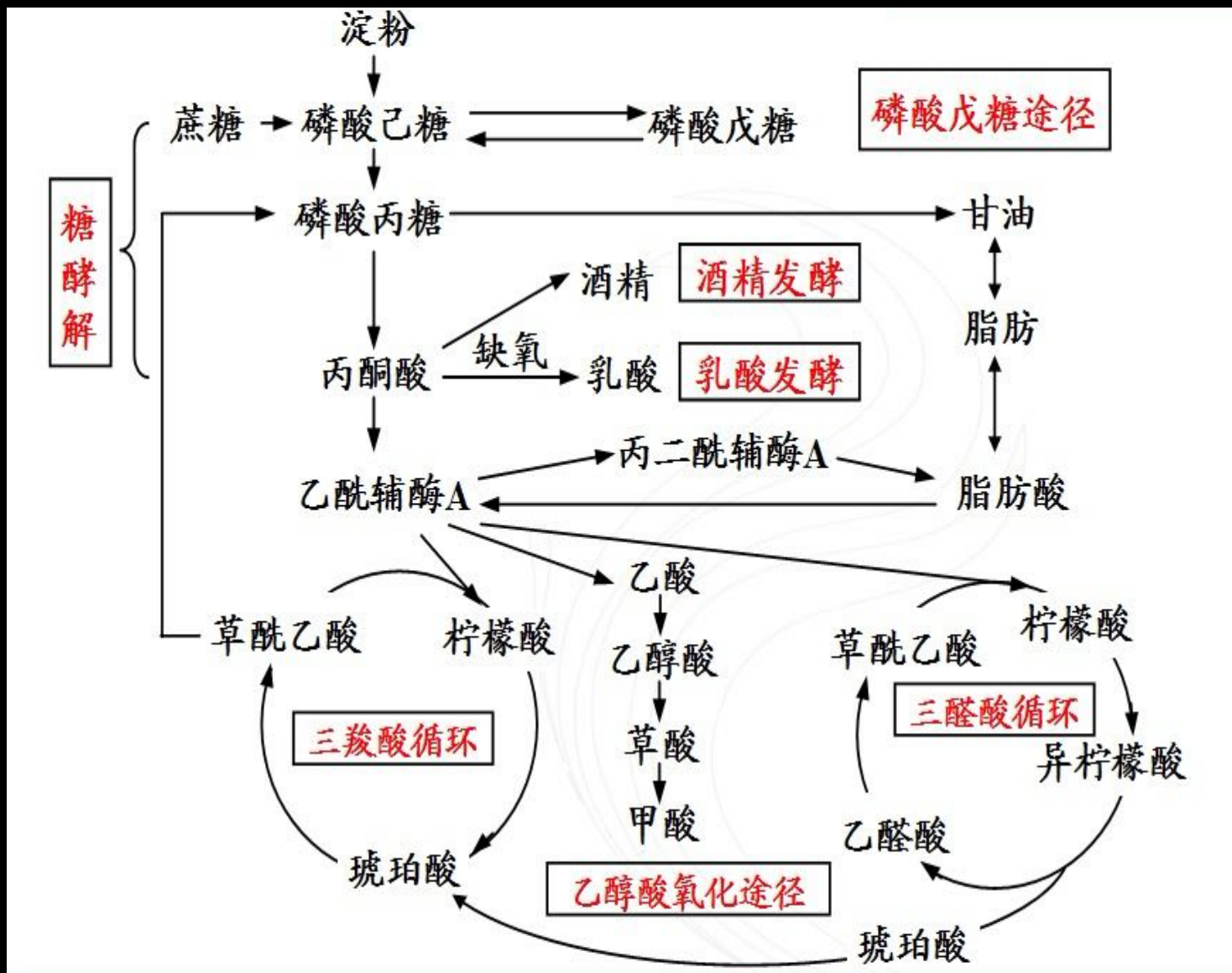
## 第四章 呼吸作用

有氧呼吸

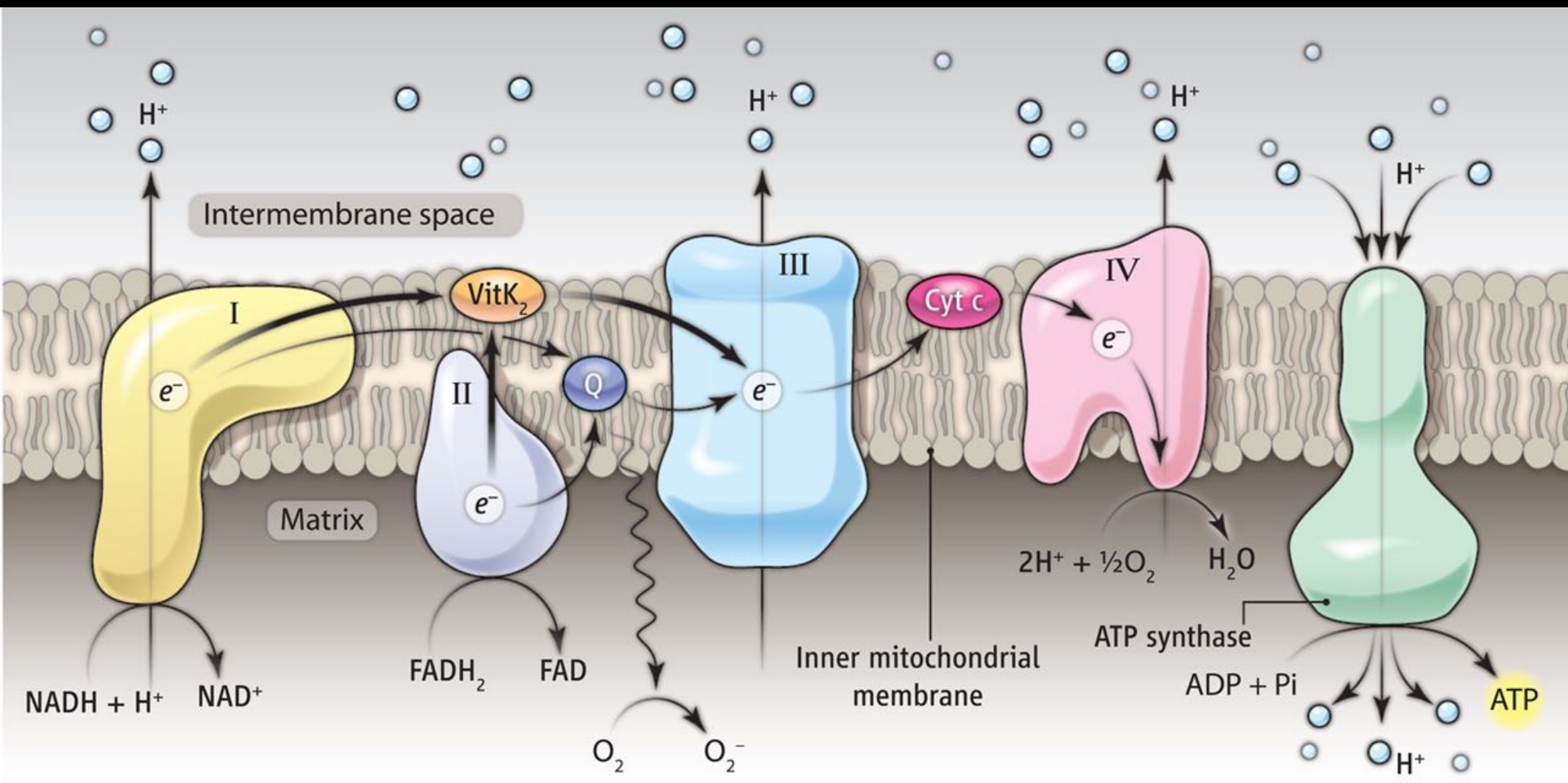
VS

无氧呼吸

# 复习—糖酵解



# 复习--呼吸电子传递链



# 植物呼吸代谢多样性表现在：

- 一 呼吸代谢途径的多样性
- 二 电子传递途径的多样性
- 三 末端氧化酶的多样性

# 一 植物呼吸代谢途径的多样性

汤佩松(1965)：呼吸代谢多条路线

- ✓ 糖酵解
- ✓ 无氧呼吸(酒精发酵和乳酸发酵)
- ✓ TCA途径
- ✓ PPP途径
- ✓ 乙醛酸途径
- ✓ 乙醇酸途径(产生 $H_2O_2$ , 经过过氧化氢酶分解产生氧)



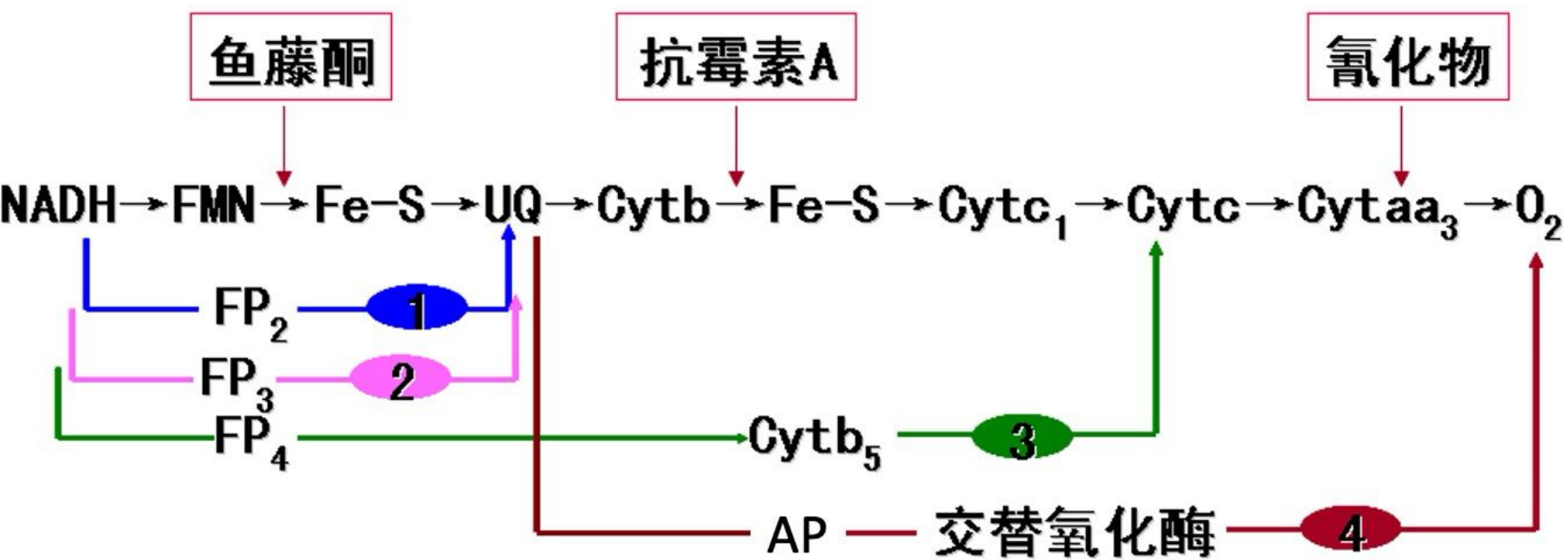
## 植物呼吸代谢途径的多样性

- ◆ 植物在长期进化过程中适应外界环境的表现。
- ◆ 多条途径随着植物种类的不同、不同的发育时期、不同的生理状态、不同的环境条件而有很大的差异。

## 二 呼吸链电子传递途径的多样性

- 1、主路
- 2、支路1
- 3、支路2
- 4、支路3
- 5、抗氰呼吸
- 6、其它电子传递途径

**磷氧比 (P/O ratio)**：指在以某一物质作为呼吸底物的生物氧化中，伴随ADP的磷酸化所消耗的无机磷酸摩尔数与消耗分子氧的氧原子摩尔数的比值，也是消耗氧原子摩尔数所产生的ATP摩尔数之比。



电子传递主路: P/O=3

支路1: P/O=2

支路2: P/O=2

支路3: P/O=1

支路4: P/O=1 (交替途径 (AP), 又称抗氰支路)



## 1 电子传递主路

$\text{NADH} \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{UQ} \rightarrow \text{cytb} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{cytc}_1 \rightarrow$   
 $\text{cyt c} \rightarrow \text{cyt aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$   
为动物、植物、微生物所共有。P/O=3.

## 2 电子传递支路1

$\text{NADH} \rightarrow \text{FP}_2 \rightarrow \text{UQ} \rightarrow \text{cytb} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{cytc}_1 \rightarrow \text{cyt}$   
 $\text{c} \rightarrow \text{cyt aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$

P/O=2或略低于2。不被鱼藤酮、安密妥、杀粉蝶菌素A等抑制。

### 3 电子传递支路2

$\text{NADH} \rightarrow \text{FP}_3 \rightarrow \text{UQ} \rightarrow \text{cytb} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{cytc}_1 \rightarrow \text{cyt c} \rightarrow \text{cyt aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$   $\text{P/O}=2。$

### 4 电子传递支路3

$\text{NADH} \rightarrow \text{FP}_4 \rightarrow \text{cytb}_5 \rightarrow \text{cyt c} \rightarrow \text{cyt aa}_3 \rightarrow \text{O}_2$   
 $\text{P/O}=1。$

### 5 交替途径(抗氰呼吸)

$\text{NADH} \rightarrow \text{FMN} \rightarrow \text{FeS} \rightarrow \text{UQ} \rightarrow \text{FP} \rightarrow \text{O}_2。$   
不被抗霉素A、氰化物抑制。  $\text{P/O}=1。$

途径	定位	NADH 来源	DNAH 脱氢 酶辅基	鱼藤酮 抑制	抗霉素 抑制	CN <sup>-</sup> 抑 制	P/O
主路	内膜	内源	FMN	敏感	敏感	敏感	3 或 >2
支路 1	内膜 内侧	内源	FP2	不敏感	敏感	敏感	2 或 <2
支路 2	内膜 外侧	外源	FP3	不敏感	敏感	敏感	2 或 <2
支路 3	外膜	外源	FP4(FAD)	不敏感	不敏感	敏感	1
抗氰呼吸	内膜	内源	非血红素蛋	敏感	不敏感	不敏	1

FP为黄素蛋白，FMN（FP1）、FP2、FP3、FP4为同一家族蛋白。

## ◆ 抗氰呼吸的生理意义：

### ◇ 放热效应。

产生的热量对产热植物早春开花有保护作用，也有利于低温下种子的萌了。

### ◇ 促进果实成熟。

乙烯的形成与抗氰呼吸呈平行关系。

### ◇ 增强抗病能力。

◇ 代谢协同调控。

▽ 当底物和还原力过剩时，细胞色素途径电子传递呈饱和状态，此时能量“溢流”。抗氰呼吸活跃可分流电子，消耗多余的底物和还原力。

▽ 当细胞色素氧化酶途径受阻时，抗氰呼吸产生或加强，可以保证EMP-TCA循环和PPP能正常进行，保证底物继续氧化，维持生命活动各方面的需要。

## 6 其它电子传递途径 (线粒体外)

◆ **乙醇酸氧化酶:**

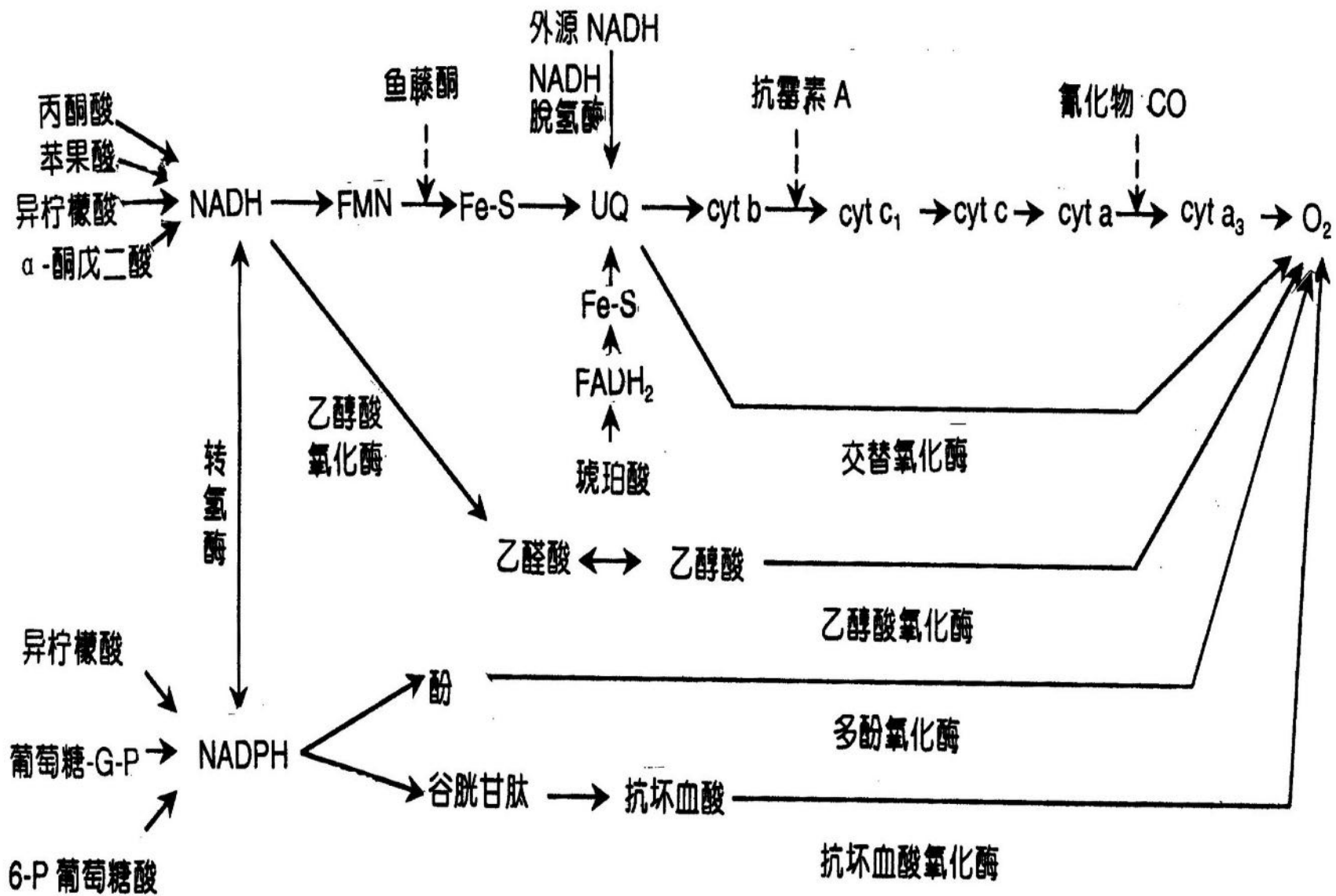


◆ **多酚氧化酶:**  $\text{NADPH} \rightarrow \text{酚} \rightarrow \text{O}_2$

◆ **抗坏血酸氧化酶:**



电子传递途径的多样性



# 三 末端氧化系统的多样性

## 1 末端氧化酶

## 2 种类

### 1 细胞色素氧化酶

### 2 交替氧化酶

### 3 线粒体外的氧化酶



## 末端氧化酶

- ◆ 能将底物上脱下的电子最终传给 $O_2$ ，使其活化并形成 $H_2O$ 或 $H_2O_2$ 的酶类。
- ◆ 分布
  - ◇ 存在于线粒体内，本身就是电子传递体。
  - ◇ 存在于细胞质基质和其它细胞器中。

## 2 种类

### 细胞色素氧化酶

- ◆ 主要末端氧化酶。呼吸所耗 $O_2$ 的80%由它完成。
- ◆ 包括cyta 和cyta<sub>3</sub>, 含有2个铁卟啉和2Cu, 将电子从cyta<sub>3</sub>传给 $O_2$ 。
- ◆ 与氧的亲合力高。受氰化物、CO的抑制。

### 交替氧化酶 (AO)

- ◆ 含Fe, 将电子从UQ经FP传给 $O_2$ 。
- ◆ 对氧的亲合力较高。易受水杨基氧肟(wò)酸(SHAM)所抑制。对氰化物不敏感。

# 线粒体外的氧化酶

参与的电子传递途径没有能量截留和利用。

## 1. 酚氧化酶

◇ 含Cu.

◇ 分布于微粒体和质体中.

◇ 分为

单酚氧化酶 (酪氨酸氧化酶)

多酚氧化酶 (儿茶酚氧化酶).

它与酚类底物分别被间隔在细胞的不同部位. 与植物的木质化、木栓化、抗病性有关.

◇ 受氰化物、CO的抑制。

◇ 当马铃薯块茎、苹果果实受到伤害后出现**褐色**就是此酶将酚氧化为醌的结果。

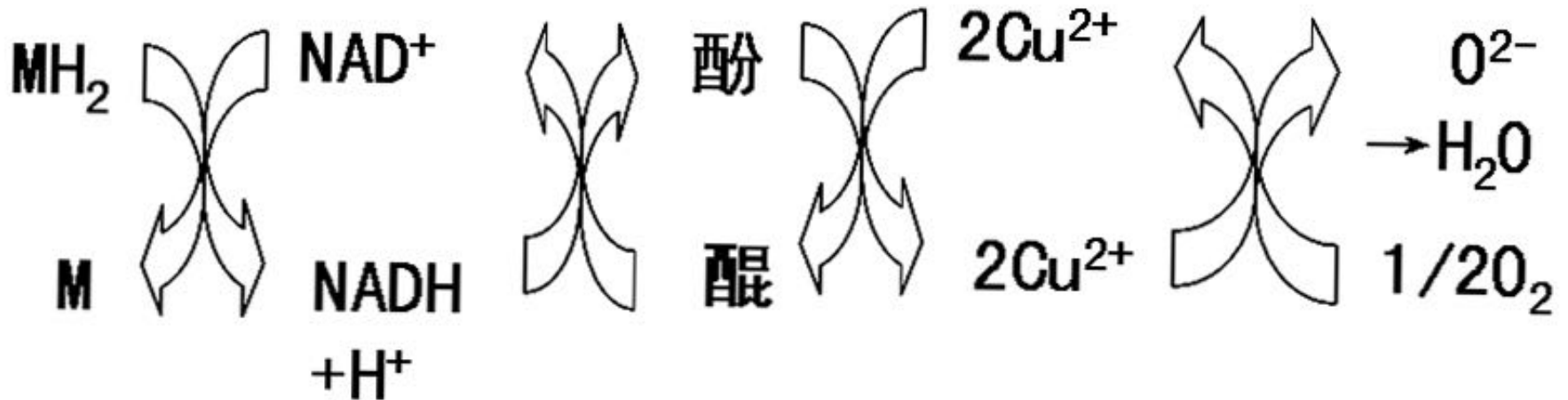
◇ **伤呼吸：**

植物组织受伤后呼吸增强的部分。它与酚氧化酶活性增加有关。

◇ **制红茶：**

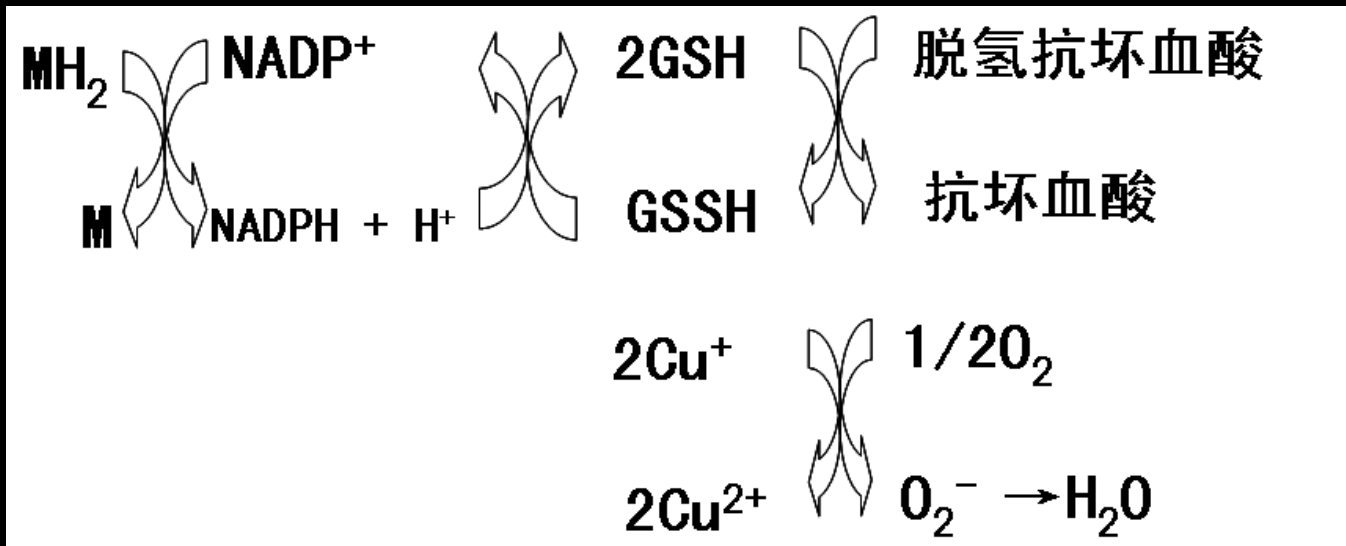
要揉破细胞，通过**酚氧化酶**的作用将茶叶中的酚类（儿茶酚，即邻苯二酚）氧化并聚合红褐色的色素从而制红茶。

◇ **制绿茶：** 先需马上**杀青**以破坏酚氧化酶。



## 2. 抗坏血酸氧化酶

- ◇ 分布在细胞质中，含Cu。
- ◇ 将维生素C(抗坏血酸)氧化为脱氢抗坏血酸。
- ◇ 与植物的受精作用、能量代谢、物质合成有密切关系。
- ◇ 对氧亲和力低，受氰化物抑制，对CO不敏感。



### 3. 乙醇酸氧化酶:

- ◇ 为一种黄素蛋白，含FMN，不含金属
- ◇ 催化乙醇酸氧化为乙醛酸并产生 $H_2O_2$ ，与甘氨酸和草酸的合成有关。
- ◇ 与氧的亲合力极低，不受氰化物、CO的抑制

### 4. 黄素氧化酶(黄酶)

- ◇ 不含金属
- ◇ 存在于乙醛酸循环体，把脂肪氧化分解最后形成 $H_2O_2$

## 5. 过氧化物酶、过氧化氢酶、超氧化物歧化酶

◇ 生物体内在逆境、衰老、物质氧化等时体内会产生过氧化物、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和自由基(活性氧)。



▽ SOD:

Cu-Zn-SOD (高等植物的叶绿体和细胞质),  
Mn-SOD (线粒体, 细菌), Fe-SOD (细菌)

◇  $\text{H}_2\text{O}_2$ 的清除:

▽  $\text{H}_2\text{O}_2$ 在过氧化氢酶(CAT)作用下生成水和 $\text{O}_2$

▽ 酚类、胺类等物质在过氧化物酶(POD)作用下被氧化, 脱下的氢用于生成水





酶	金属辅基	需要辅酶	定位	与 O <sub>2</sub> 的亲和力	与 ATP 的偶联	CN 的抑制	CO 的抑制
酚氧化酶	Cu	NADP	细胞质	中	—	敏感	敏感
抗坏血酸氧化酶	Cu	NADP	细胞质	低	—	敏感	不敏感
乙醇酸氧化酶	黄素蛋白	NAD	过氧化物	极低	—	不敏感	不敏感
细胞色素氧化酶	Fe	NAD	线粒体	极高	+++	敏感	敏感
交替氧化酶	Fe(非血红素)	NAD	线粒体	高	+	不敏感	不敏感

## 小结：

### 呼吸代谢多样性表现在：

- ◆ 呼吸途径的多样性 (EMP、TCA、PPP等)，
- ◆ 电子传递途径的多样性，
- ◆ 末端氧化酶的多样性。

## 第二节 影响呼吸作用的因素

### 一 呼吸作用的表示方式

1 呼吸速率 2 呼吸商

### 二 影响呼吸作用的内部因素

### 三 影响呼吸作用的外部因素

1 温度 2 氧气 3  $\text{CO}_2$

4  $\text{H}_2\text{O}$  5 机械损伤 6 病原菌的侵染

# 一 呼吸作用的指标

## 1 呼吸速率(呼吸强度):

单位时间内单位鲜重或干重或原生质释放的 $\text{CO}_2$ 的量或吸收 $\text{O}_2$ 的量。

$\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $\mu\text{l}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 等。

## 2 呼吸商 (Respiratory quotient, RQ), 呼吸系数:

同一植物组织在一定时间内所释放的 $\text{CO}_2$ 与所吸收的 $\text{O}_2$ 的量(体积或摩尔数)的比值。

表示呼吸底物性质及氧气供应状态的一种指标。

◆  $\text{RQ} = \text{释放的}\text{CO}_2 / \text{吸收}\text{O}_2\text{的量}$

## ◆ 呼吸底物不同，RQ不同：

### ◇ 糖

彻底氧化时 $RQ=1$ 。

### ◇ 富含氢的脂肪、蛋白质

$RQ < 1$ 。

棕榈酸( $C_{16}H_{32}O_2$ )转变为蔗糖时时 $RQ=0.36$

### ◇ 富含氧的有机酸(氧含量高于糖)

$RQ > 1$ 。

苹果酸( $C_4H_6O_5$ )氧化时 $RQ=1.33$ 。

◆ 环境中氧供应对RQ影响很大。

如糖，在无氧时发生酒精发酵，只有 $\text{CO}_2$ 产生，无 $\text{O}_2$ 的吸收，则RQ远大于1。

如不完全氧化吸收的氧保留在中间产物中放出的 $\text{CO}_2$ 量相对减少，RQ会小于1。

## 二 影响呼吸速率的内部因素

### 1 植物种类

生长快的植物呼吸速率高于生长慢的植物。  
如小麦与仙人掌

植物组织	$O_2$ [ $\mu\text{mol}/(\text{g 干重}\cdot\text{h})$ ]	植物组织	$O_2$ [ $\text{mm}^3/(\text{g 鲜重}\cdot\text{h})$ ]	植物组织	$\text{CO}_2$ [ $\mu\text{l}/(100\text{mg 鲜重}\cdot\text{h})$ ]
豌豆种子	0.005	仙人鞭	3.00	马铃薯块茎	0.3~0.6
大麦幼苗	70	仙人掌	6.80	玉米叶	54~68
番茄根尖	300	景天	16.60	南瓜雌蕊	29~48
甜菜切片	50	云杉	44.10	丝兰花瓣	44~67
海芋佛焰花序	2000	蚕豆	96.60	苹果果实	2~5
细菌	10000	小麦	251.00		

## 2 同一植株**不同器官**，呼吸速率有所不同。

主要因代谢不同、非代谢组成成分的相对比重不同等影响。

◆ **生长旺盛、细嫩部位呼吸速率高。**

◆ **生殖器官比营养器官呼吸速率高。雌蕊较高，雄蕊中以花粉为最强。**

苹果不同器官呼吸强度的比较

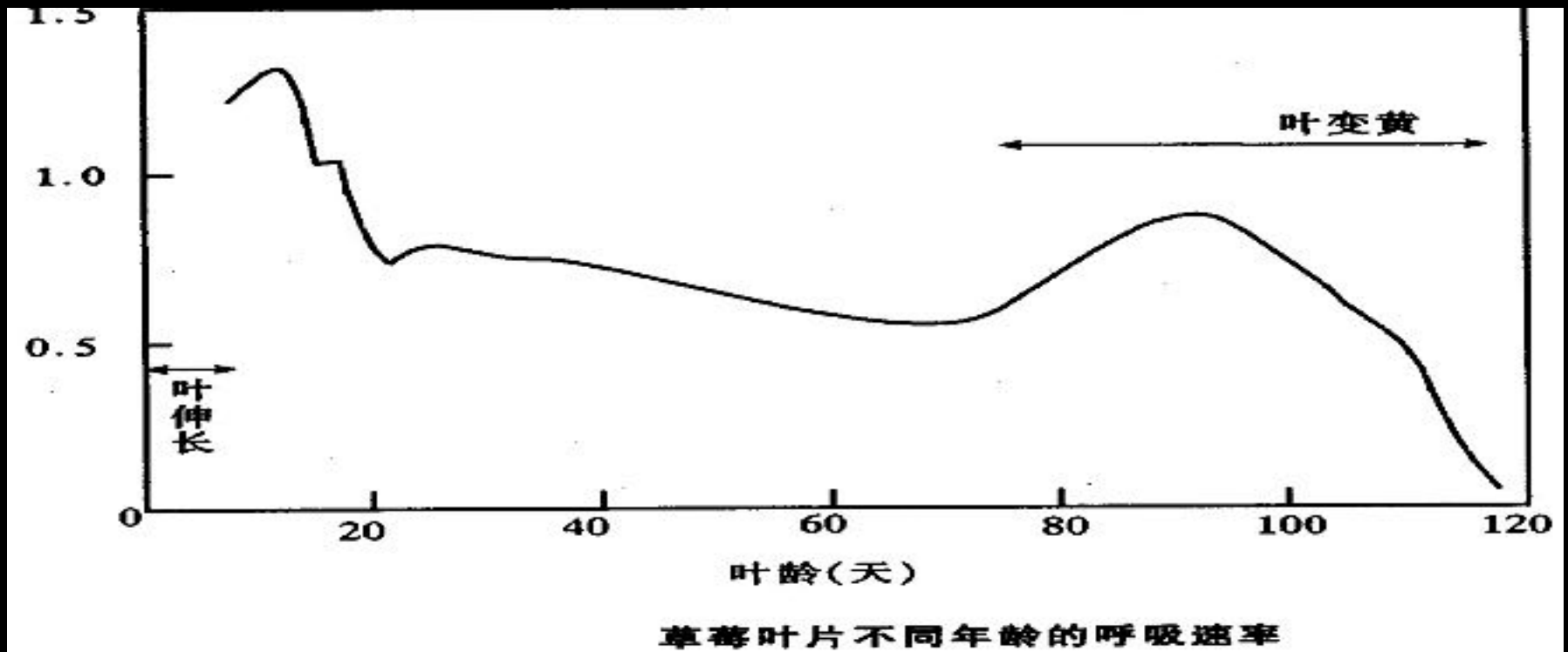
不同器官	$O_2$ ( $\mu\text{mol}/\text{g}\cdot\text{干重}\cdot\text{h}$ )	$O_2$ ( $\mu\text{mol}/\text{g}\cdot\text{鲜重}\cdot\text{h}$ )
带叶新梢	930	366
茎	910	355
根	394	352



3 同一器官**不同组织**的呼吸速率不同。

4 同一器官在**不同生长发育时期**中呼吸速率也表现不同。

5 呼吸速率与**植物年龄**有关。



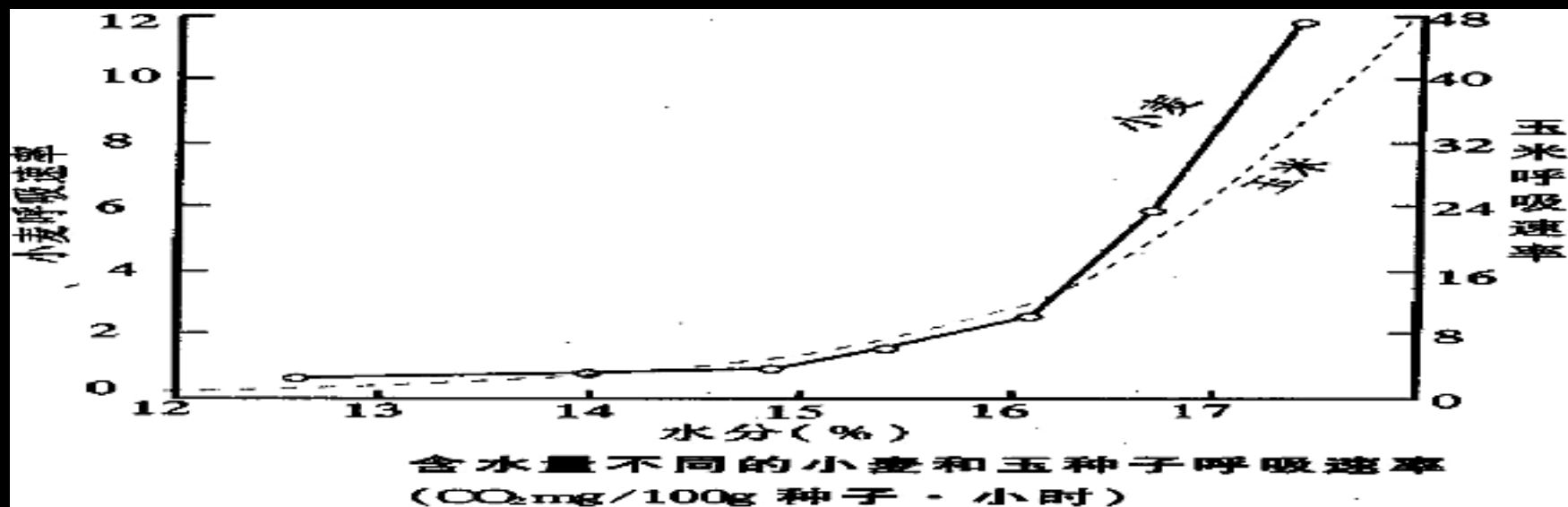
## 6 呼吸速率表现出周期性变化

与外界环境、体内的代谢强度、酶活性、呼吸底物的供应情况等有关。

## 7 呼吸底物充足时呼吸强度高。

## 8 水分含量高时呼吸增强。

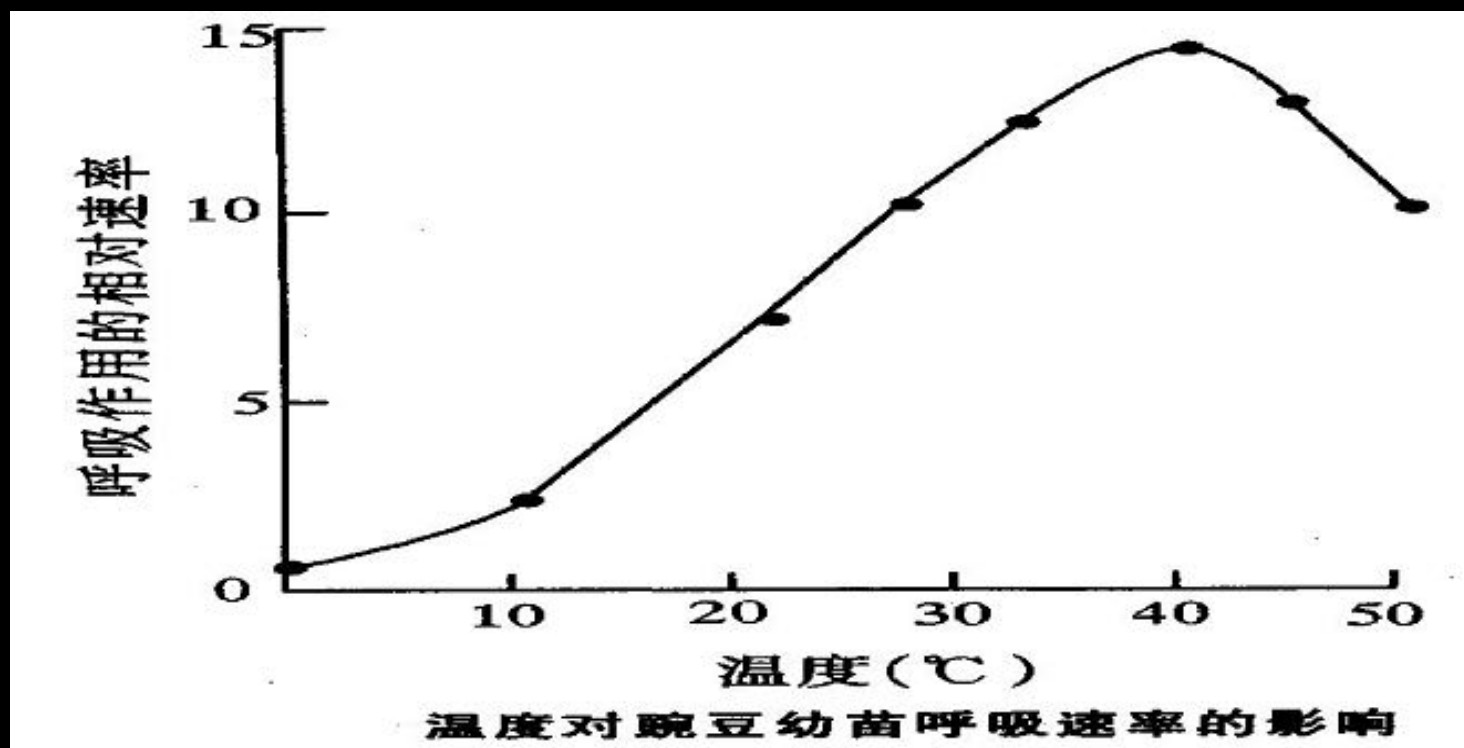
粮食贮藏时要晒干。



## 三 影响呼吸速率的外界因素

### 1 温度

◆ 在一定温度范围内随温度的升高而呼吸增高，达到最大值后，继续升高时呼吸则下降。



◆ 最适温度：

指呼吸保持稳态的最高呼吸强度时的温度，一般为 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$ （温带植物）。比同种植物光合作用的最适温度高。

◆ 最低温度因植物种类、同一植物不同生理状态有很大差异。

有些多年生越冬植物在 $-25^{\circ}\text{C}$ 仍呼吸，但在夏天温度低于 $-4\sim -5^{\circ}\text{C}$ 时就不能忍受低温而停止呼吸。

◆ **呼吸作用最高温度**：  
一般为35~45°C间。

最高温度在短时间内可使呼吸速率较最适温度时要高，但温度越高时间越长，呼吸迅速下降。

◆ 温度过高或过低都会影响酶活性，进而影响呼吸速率。

◆ **温度系数** (Temperature coefficient, Q10)：  
温度升高10°C所引起的呼吸速率增加的倍数。

$Q_{10} = (t+10)^{\circ}\text{C}$ 时的呼吸速率/ $t^{\circ}\text{C}$ 时的呼吸速率。

大部分植物器官，0–25 °C温度范围内Q10为2–2.5，但温度进一步增加至30–35°C，呼吸速率虽仍增加，但Q10开始下降。

◆ **种子的低温贮藏**：利用低温下呼吸减弱以减少呼吸消耗，但不能太低到破坏植物组织的程度。

◆ **早稻浸种时用温水淋冲翻堆**：控制温度、通风以利于种子萌发。

## 2 氧气

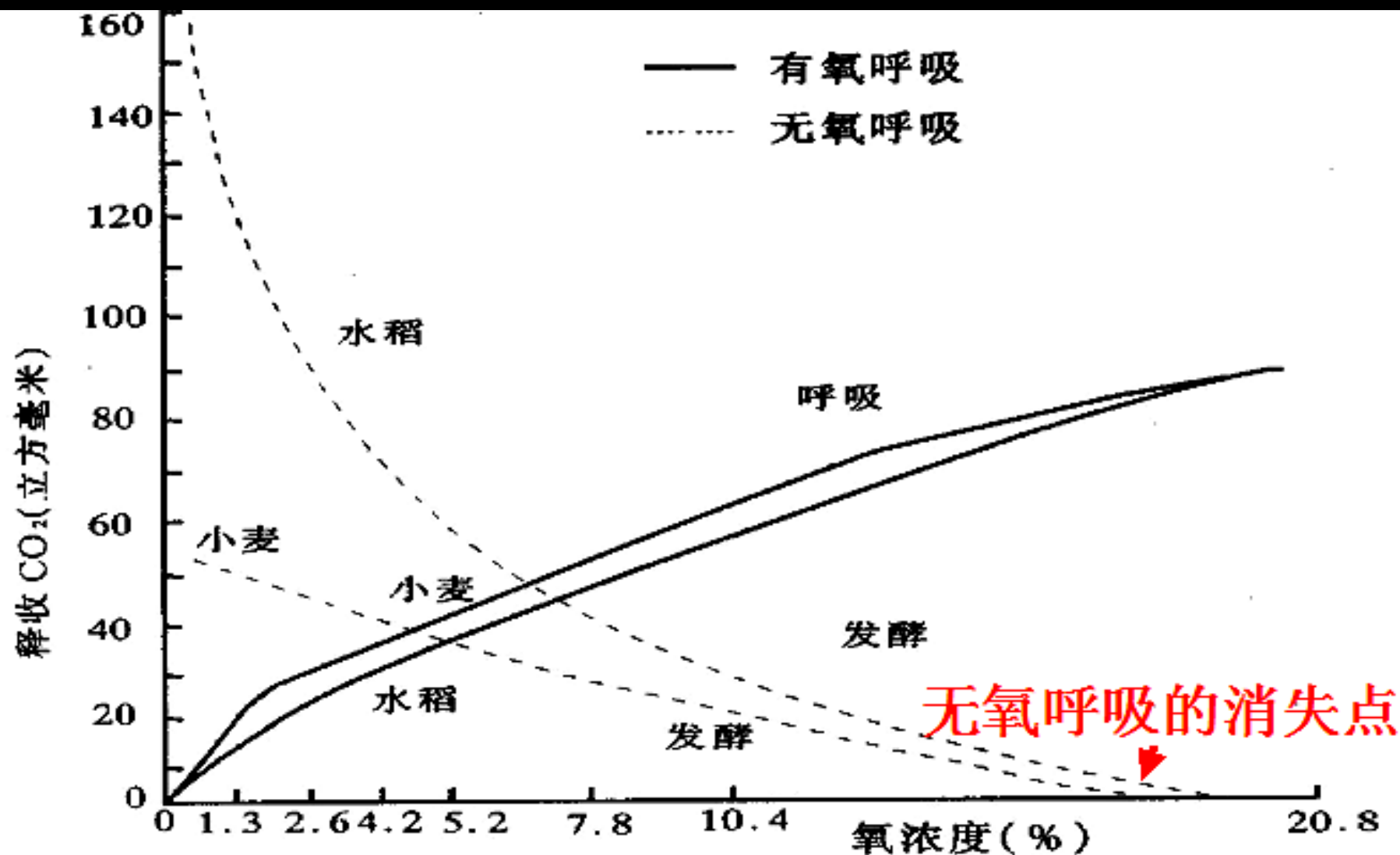
### ◆ 氧浓度影响着呼吸速率

当浓度低于20%时呼吸速率开始下降。

### ◆ 氧浓度影响着呼吸类型

#### ◇ 无氧呼吸的消失点

在低氧浓度时, 逐渐增加氧, 无氧呼吸会随之减弱, 直至消失。无氧呼吸停止进行时的组织周围空气中最低氧含量: **无氧呼吸的消失点。**



水稻和小麦幼苗在不同 O<sub>2</sub> 浓度下有氧呼吸和无氧呼吸的变化



水稻和小麦的消失点约为18%，苹果果实的消失点约为10%。

在组织内部，由于细胞色素氧化酶对 $O_2$ 的亲合力极高，当内部氧浓度为大气氧浓度时的0.05%时有氧呼吸仍可进行。

### ◇ 氧饱和点：

随着氧浓度的增高，有氧呼吸也增加，呼吸速率也增加，但氧浓度增加到一定程度时呼吸作用就不再增加。此氧浓度称为呼吸作用的氧饱和点。

在常温下许多植物在大气氧浓度(21%)下即表现饱和。一般温度升高，氧饱和点也提高。

◆ **氧浓度过高：**  
对植物有害，这可能与活性氧代谢形成自由基有关。

- ◆ **氧浓度低时，**
- ◇ 无氧呼吸增强，产生酒精中毒；
  - ◇ 过多在消耗体内营养，正常合成代谢缺乏原料和能量；
  - ◇ 根系缺氧会抑制根系生长，影响对矿物质营养和水分的吸收。

### 3 CO<sub>2</sub>

环境中CO<sub>2</sub>浓度增高时脱羧反应减慢，呼吸作用受抑制。CO<sub>2</sub>浓度高于5%时呼吸作用受明显抑制，达10%时可使植物死亡。

可用高浓度CO<sub>2</sub>来贮藏果蔬。

### 4 水分

◆ 整体植物的呼吸速率一般是随着植物组织含水量的增加而升高。

◆ 干种子呼吸很微弱，当其吸水后呼吸迅速增加。当受干旱接近萎蔫时呼吸速率有所增加，而在萎蔫时间较长时呼吸速率则会下降。

## 5 机械损伤

机械损伤明显促进组织的呼吸作用。

可能的原因是：

- ◆ 破坏氧化酶与呼吸底物间的分隔使，如酚在受伤与酶接触而迅速被氧化；
- ◆ 损伤使一些细胞脱分化为分生组织或愈伤组织；
- ◆ 需更多的中间产物以形成新的细胞。

## 6 病原菌的侵染

植物组织感病后呼吸增加.

原因可能有：

- ◆ 宿主受体细胞的线粒体增多；
- ◆ 线粒体被激活，电子传递系统的某些酶活性增强；
- ◆ 氧化酶活性增强，如多酚氧化酶、抗坏血酸氧化酶的活性增强；
- ◆ 抗氰呼吸增强，PPP加强。

## 环境对呼吸作用的影响表现在：

- ◆ 影响酶的活性进而影响呼吸速率；
- ◆ 影响呼吸途径：EMP-TCA、PPP、有氧呼吸与无氧呼吸、抗氰呼吸；
- ◆ 影响呼吸底物，RQ可表现出变化。

## 第三节 呼吸作用与农业生产

- 一 呼吸效率
- 二 呼吸作用与种子萌发
- 三 呼吸作用与种子成熟
- 四 呼吸作用与种子安全贮藏
- 五 呼吸作用与作物栽培
- 六 呼吸作用与果实形成和保藏
- 七 呼吸作用与作物产量

Jeffrey S. Amthor

# Respiration and Crop Productivity



Springer-Verlag

## [Introduction](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 1-8

## [A Functional Model of Respiration](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 9-18

## [Biochemistry of Respiration](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 19-43

## [Physiology of Respiration](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 44-68

## [Crop Growth and Maintenance Respiration](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 69-104

## [Crop Respiration and Growth Efficiency](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 105-138

## [Stress and Respiration](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 139-152

## [Respiration and Yield](#)

Jeffrey S. Amthor

Pages 153-162

## [Summary](#)



Jeffrey S. Amthor

Pages 163-172

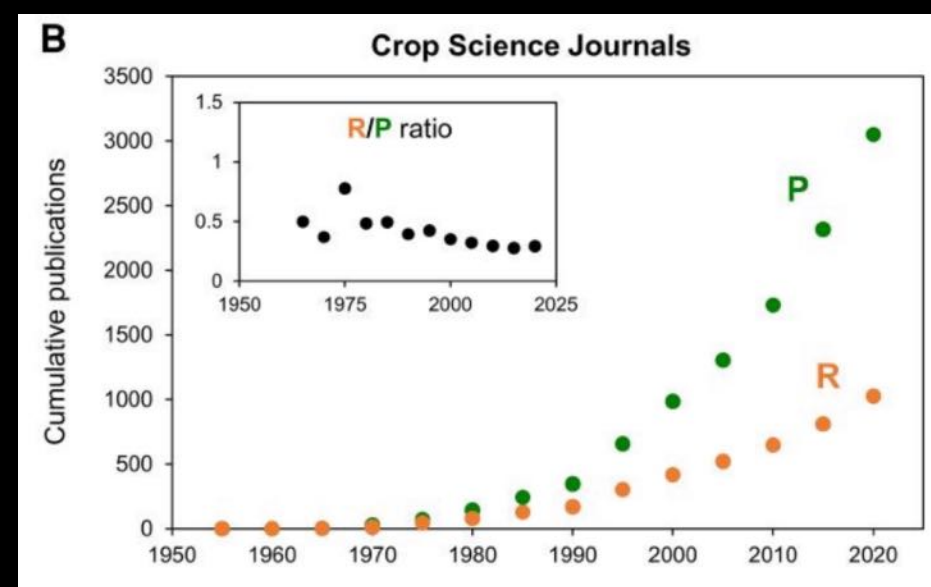
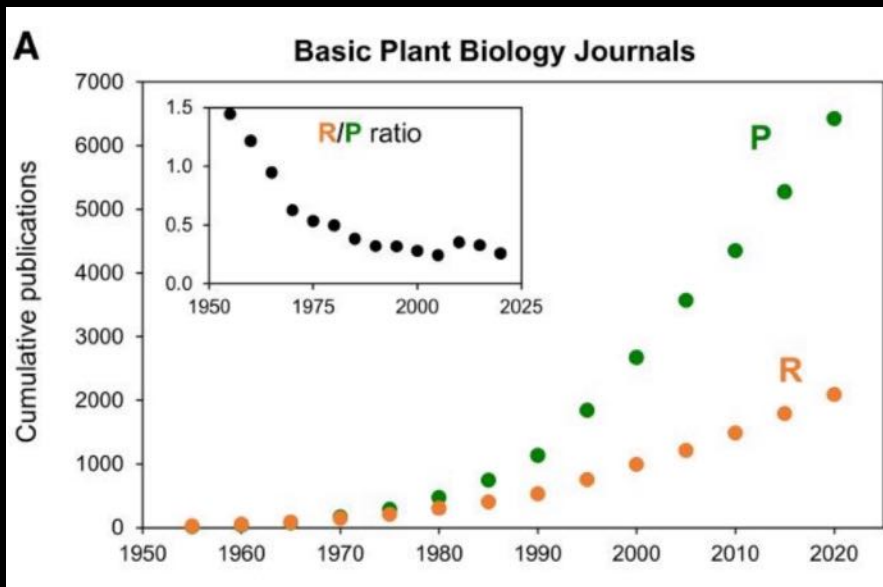




## Focus on respiration

Andrew D. Hanson <sup>1,\*</sup> A. Harvey Millar <sup>2,\*</sup> Zoran Nikoloski <sup>3,4,\*</sup> and Danielle A. Way <sup>5,6,7,\*</sup>

- 1 Horticultural Sciences Department, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA
- 2 ARC Centre of Excellence in Plant Energy Biology, School of Molecular Sciences, University of Western Australia, Crawley, WA 6009, Australia
- 3 Department of Bioinformatics, Institute of Biochemistry and Biology, University of Potsdam, Potsdam 14476, Germany
- 4 Systems Biology and Mathematical Modeling, Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology, Potsdam 14476, Germany



# 呼吸效率

## 1 概念：

1克葡萄糖氧化时所能生成的生物大分子或合成新组织的克数（=合成生物大分子的克数/1g葡萄糖氧化 × 100）。

幼嫩、生长旺盛和生理活性高部位呼吸效率高。水稻营养生长时生长效率为60-65%。

◆ **维持呼吸** (maintenance respiration)：提供保持细胞活性所需能量的呼吸部分。

◇ 效率低。随植物种类、温度不同而表现出显著差异，水稻的 $Q_{10}=2.2$ 。

◆ **生长呼吸** (growth respiration)：提供植物生长发育所需能量和物质，包括结构大分子合成、离子吸收等。不同的植物种类、不同(水稻)品种的生长呼吸似乎变化不大，受温度影响不大。

◆ 模拟表明：马铃薯的**维持呼吸**消耗占光合作用的21%，而**生长呼吸**占20%。

植物放于暗中48小时后几乎消耗完了体内的底物，停止生长。此时的呼吸主要是维持呼吸。

**植株成熟**时维持呼吸是呼吸的主要部分。**植株幼嫩生长活跃**时生长呼吸是呼吸的主要部分。

## 二 呼吸作用与种子萌发

◆ 水稻的浸种、催芽、育苗：调控呼吸作用可使幼苗的生长健壮。

◇ 经常换水和翻动：补充 $O_2$ ，使有氧呼吸正常进行。否则无氧呼吸增加，酒精积累，温度升高，造成酒精中毒，或“烧苗”现象。

◇ 早稻浸种时用温水淋冲：增加温度，保证呼吸作用所需温度条件。

◆ 水稻、大麦种子发芽时，EMP-TCA减弱，HMP增加。大豆种子发芽时由对氰敏感呼吸减弱，而抗氰呼吸增强。

### 三 呼吸作用与种子成熟

◆ 种子形成过程中呼吸速率逐步升高，灌浆期速率达到最大。此后灌浆速率降低，呼吸速率也相应减弱。

原因：由于种子内干物质积累增加，含水量下降，线粒体结构受破坏所致。

◆ 种子成熟过程中，在初期以EMP-TCA为主，随着成熟，PPP加强。

## 四 呼吸作用与种子安全贮藏

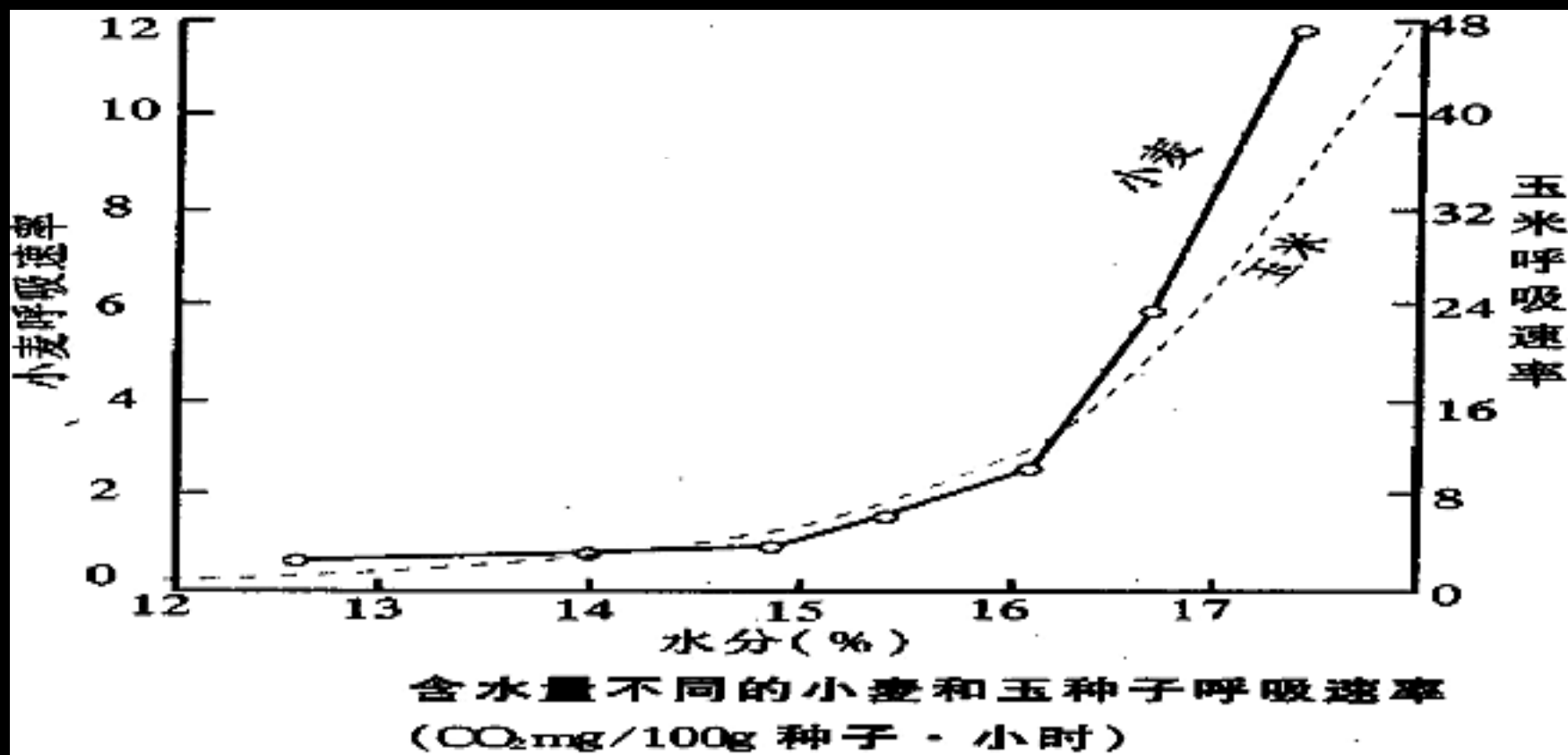
种子内部发生的呼吸作用强弱和所发生的物质变化，将直接影响**种子的生活力和贮藏寿命**。

◆ 呼吸快时，消耗多的有机物，放出水分，使**湿度增加**。

**湿度增加**反过来促进呼吸作用。放出的热使**温度升高**，也促进呼吸和微生物活动，导致种子的霉变和变质。

◆ 种子呼吸作用与种子的含水量有关。含水量偏高时呼吸作用显著增加。

一般油料种子在安全含水量8-9%，淀粉种子12-14%时。风干种子内的水都是束缚水，呼吸酶的活性降低到最低，呼吸微弱，可以安全贮藏。





## ◆ 种子安全贮藏措施：

- ◇ 种子要晒干，
- ◇ 防治害虫，
- ◇ 仓库要通风以散热散湿，
- ◇ 低温，
- ◇ 密闭保藏，

可适当增加CO<sub>2</sub>量和降低O<sub>2</sub>的含量。如脱氧保管法，充氮保管法。

粳米在氮气和空气中呼吸强度比较

水分(%)	粮质情况	CO <sub>2</sub> (mg/kg.d)		室内温度(℃)
		空气中	氮气中	
4.1	正常	9.70	2.64	27-30
15.3	正常	14.50	3.00	27-29
16.1	严重霉变	159.32	43.30	26-27

## 五 呼吸作用与作物栽培

### ◆ 改善土壤通气条件

增加氧的供应，分解还原物质，使根系呼吸旺盛，生长良好，根系发达。

- ◇ 作物生长过程中常常需中耕松土。
- ◇ 需挖深沟(埋暗管)以降低地下水位。
- ◇ 水稻移栽后的露田和晒田。

### ◆ 调节温度

- ◇ 寒潮来临时及时灌水保温。
- ◇ 早稻灌浆成熟期正处高温季节，可以灌“跑马水”降温，以减少呼吸消耗，有利于种子成熟。

## 六 呼吸作用与果实成熟和保藏

### ◆ 呼吸跃变：

有些果实在成熟时呼吸速率会突然增高，最后又突然下降，此时果实成熟。

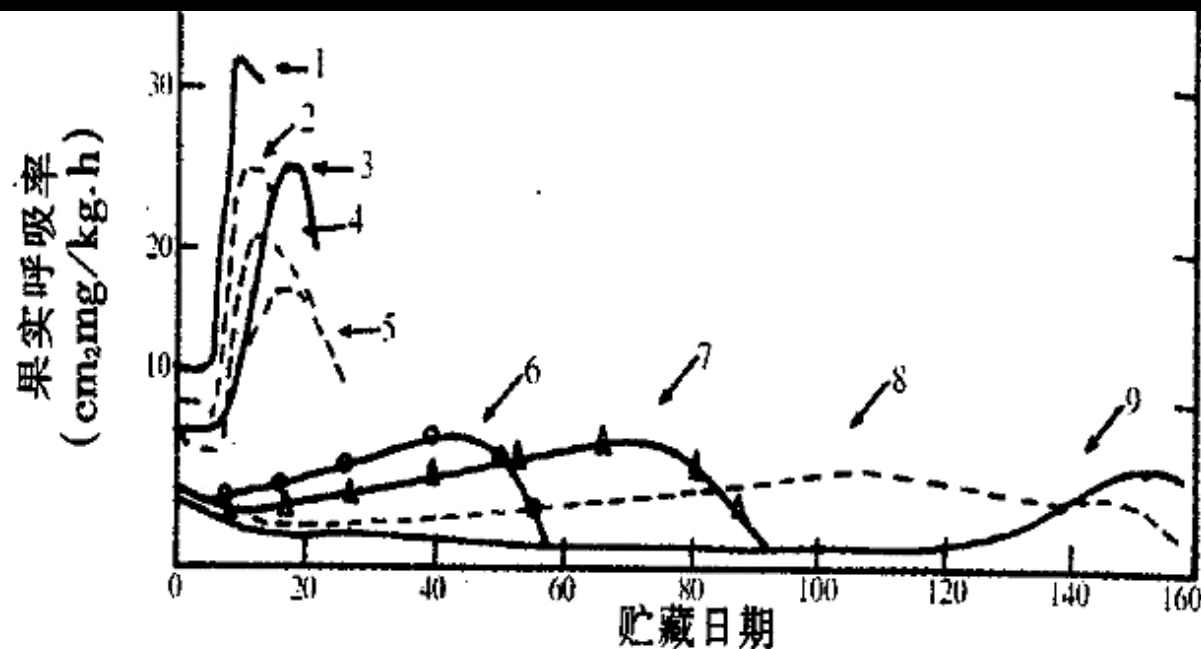
◇ 与果实内乙烯释放有关。

◇ 呼吸跃变可改善品质：酸度下降，变甜。

### ◆ 果实保鲜：

适当降低温度可以推迟呼吸跃变的出现，从而推迟成熟，以延长保鲜期。

# 温度—呼吸跃变



洋梨的呼吸强度与贮藏温度的关系(Kidd and West, 1937)  
1. 21°C, 2. 15.5°C, 3. 12°C (1926), 4. 12°C, 5. 10°C, 6. 4.5°C,  
7. 2.8°C, 8. 1.1°C, 9. - 0.25°C

◇ 不能干燥以促进保鲜。

◇ 降低 $O_2$ 和贮藏温度，增加 $CO_2$ 浓度（但不能超过10%否则果实中毒变质）以减少呼吸作用。

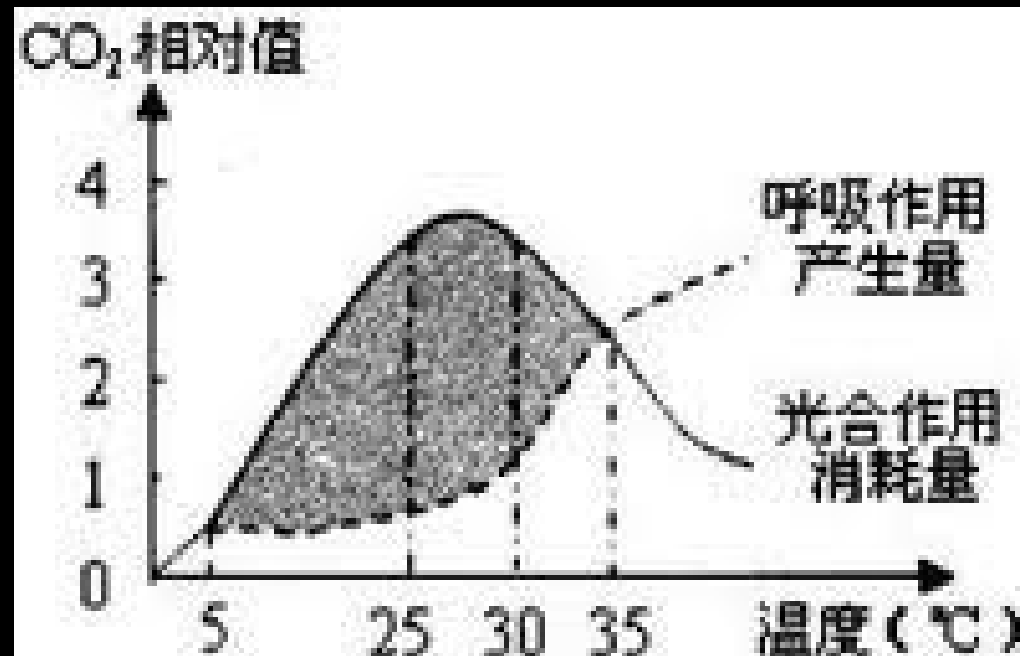
◇ “自体保藏法”：

果实、块根块茎自体呼吸作用时可降低室内 $O_2$ 浓度增加 $CO_2$ 浓度，从而抑制呼吸作用。

## 七 呼吸作用与作物产量

◆ 呼吸作用与产物的关系复杂，两者关系的报道都不尽相同。

◇ 适当降低呼吸作用，减少有机物消耗是提高产量的一条潜在途径。





## 本章重点：

- ◆ 理解呼吸作用的多样性
- ◆ 呼吸作用的影响因素
- ◆ 呼吸作用与农业生产

## 本章难点：

- ◆ 植物呼吸代谢的多样性
- ◆ 影响呼吸作用的因素