

§ 4 植物呼吸代谢的多样性

- 表现为呼吸代谢途径的多样性、末端氧化酶的多样性和电子传递链的多样性。

一 代谢途径的多样性

二 氧化酶的多样性

– 细胞色素氧化酶 cytochrome oxidase

- 含Cu 与Fe,作用是将cyta3的电子交给O₂ ,使之活化并与质子结合形成水。
- 部位：线粒体，在植物中普遍存在，占氧消耗的4/5。

– 交替氧化酶(alternate oxidase)

- 部位：线粒体，含有Fe_o 交替氧化酶



由于越过了复合体III和IV，因此该酶和电子传递途径不受氰化物抑制，又称为抗氰氧化酶，其P/O比为1，受SHAM(水杨基杨肱酸抑制)。

- 作用：与植物授精、种子萌发时温度升高有关(又称放热呼吸)。受水杨酸、乙烯的诱导。

— 酚氧化酶

- 分为单酚氧化酶和多酚氧化酶。多酚氧化酶含Cu。
- 该酶存在于质体和微体中，而底物存在于液泡中，只有当组织受伤或衰老时，细胞结构解体，二者发生反应，将酚氧化为棕褐色的醌。(醌对微生物有毒，防感染)
- 利用该性质可用于制茶。

– 乙醇酸氧化酶

存在于过氧化物体中，将乙醇酸氧化为乙醛酸，参与C2循环。

5. 黄素氧化酶

存在于乙醛酸体中，参与脂肪酸的氧化分解。

6. 抗坏血酸酶

存在于细胞液和细胞壁中，催化抗坏血酸氧化为脱氢抗坏血酸，在氧化还原系统中起重要作用：



几种末端氧化酶特性的比较

酶	辅基	定位	与O ₂ 的亲合力	与ATP的偶联	CN的抑制	CO的抑制
细胞色素氧化酶	Heme Fe	线粒体	极高	3	+	+
交替氧化酶	Cu heme Fe	线粒体	高	1	-	-
酚氧化酶	Cu	质体 微体	中	0	+	+
抗坏血酸氧化酶	Cu	细胞液	低	0	+	-
乙醇酸氧化酶	FMN	过氧化体	低	0	-	-

- 植物体之所以需多种末端氧化酶，是与它适应不同的环境所分不开的。
 - 温度：黄素氧化酶对温度不敏感，故低温对它无影响，而细胞色素氧化酶对低温敏感。如：柑橘：果实未成熟时气温高，以细胞色素氧化酶为主；果实成熟时气温低，以黄酶为主。
 - 氧气：细胞色素氧化酶对氧亲合力强，故分布在水果内层；酚氧化酶和黄酶对氧亲合力弱，故分布在水果外层。

三 电子传递的多样性

1. 电子传递主路：

NADH FMN Fe-S UQ Cytb Cytc Cyta cyta3 O₂

2. 电子传递支路1

NADH FMN Fe-S UQ Cytb Cytc Cyta Cyta3 O₂



3. 电子传递支路2

NADH FMN Fe-S UQ Cytb Cytc Cyta Cyta3 O₂



4. 电子传递支路3

NADH FMN Fe-S UQ Cytb Cytc Cyta Cyta3 O₂



5. 交替途径

NADH FMN Fe-S UQ Cytb Cytc Cyta Cyta3 O₂



不同电子传递途径的比较

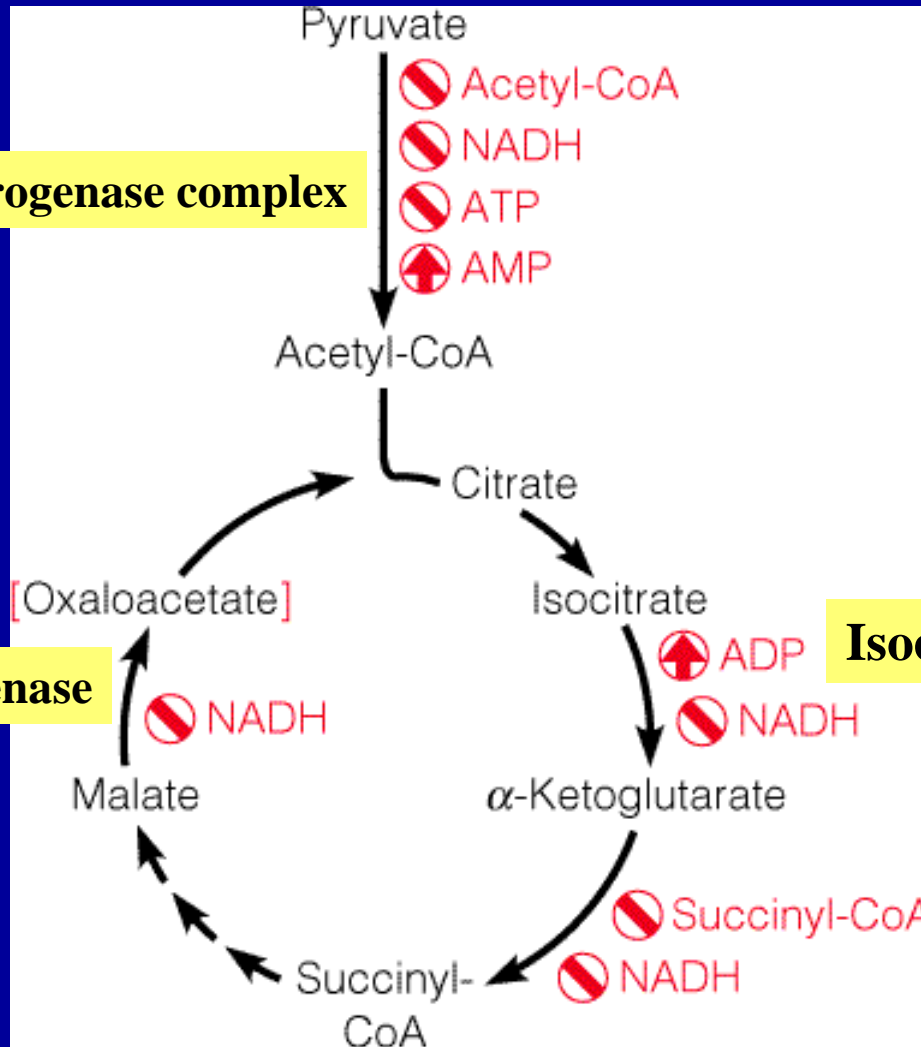
途径	定位	NADH来源	NADH脱氢酶	鱼藤酮抑制	抗霉素A抑制	CN抑制	P/O
主路	内膜	内源	FMN	+	+	+	3或>2
支路1	内膜内侧	内源	FP2	-	+	+	2或<2
支路2	内膜外侧	外源	FP3	-	+	+	2或<2
支路3	外膜	外源	FP4(FAD)	-	-	+	1
抗氢途径	内膜	内源	非血红素蛋白	+	-	-	1

§ 5 呼吸作用的调控

1. 巴斯德效应和糖酵解的调节

- ❖ 巴斯德效应 Pasteur effect : 氧抑制糖酵解产物积累的现象。
- ❖ 糖酵解的调节：
 - ❖ 调控酶：磷酸果糖激酶和丙酮酸激酶。
 - ❖ 调控因子：ATP和柠檬酸
- ❖ 在有氧时ATP和柠檬酸增多，所以糖酵解受抑制，发酵产物减少。

pyruvate dehydrogenase complex



Malate dehydrogenase

Isocitrate dehydrogenase

α -ketoglutarate dehydrogenase

2. TCA Cycle的调节

– HMP的调节：受NADPH水平的调节，关键酶是G-6-P脱氢酶。

– 能荷的调节：

概念：**Energy charge**: 指在所有的腺甘酸中有多少是相当于ATP的。

$$\text{能荷} = \frac{[\text{ATP}] + 1/2[\text{ADP}]}{[\text{ATP}] + [\text{ADP}] + [\text{AMP}]}$$

通过ATP的产生与利用，细胞的能荷维持在0.75~0.95之间

§ 6 影响呼吸作用的因素

一 呼吸作用的指标

- 呼吸速率 respiratory rate: 指植物材料单位鲜重、干重或原生质在单位时间内所释放 CO_2 的量 Q_{CO_2} 或吸收的 O_2 的量 Q_{O_2} 。

–呼吸商 respiratory quotient(RQ): 植物组织在一定时间内放出的CO₂的量与吸收O₂的量的比值。

- $RQ = Q_{CO_2} / Q_{O_2}$

- RQ可以反应底物的性质：

- 1.碳水化合物彻底氧化分解，RQ = 1



- 脂肪、脂肪酸、蛋白质等氧化时，RQ < 1



- 富含氧的有机酸氧化时，RQ > 1



- RQ还可以反映氧的供应状态，缺氧进行酵解时

二 内部因素对呼吸速率的影响

生长快的植物、器官、组织呼吸速率快。

三 外界条件对呼吸速率的影响

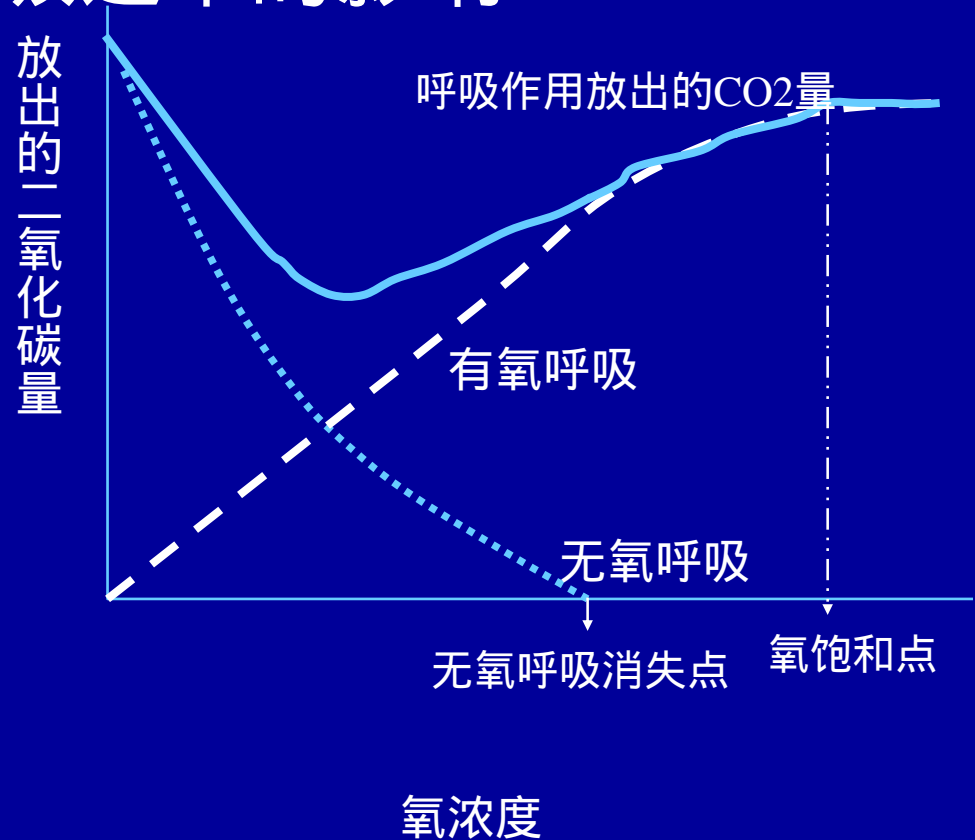
— 氧气：

消失点

饱和点

一般植物的氧饱和点为大气氧浓度21%。

小麦、水稻幼苗的消失点为18%，苹果果实为10%。



– CO₂

CO₂对呼吸作用具有抑制作用，但只有在CO₂浓度远远超过大气CO₂浓度时（1 - 10%），才起抑制作用。

因此作物须中耕松土，促进气体交换。

3. 温度

- 呼吸作用的最适温度为25~35℃，最低 - 10℃ 左右，最高35~45℃ 左右。
- 温度系数：温度每升高10℃，所引起的反应速度的变化。

$$Q_{10} = \frac{\text{(t+10) 时的反应速度}}{\text{t 时的反应速度}}$$

对呼吸作用来说：5~25

2.0~2.5

4.机械损伤

— 损伤明显促进组织的呼吸，因为：

- 1.原来的氧化酶与底物在结构上 隔离的，损伤使区域化作用破坏，引起底物的氧化。
- 2.损伤增加了底物与酶的接触，使更接近，加速氧化。
- 3.损伤使一些组织变为分生组织以修复损伤，使代谢加强。

— 病原菌入侵

— 感菌后植物HMP途径加强，同时抗氰呼吸加强。