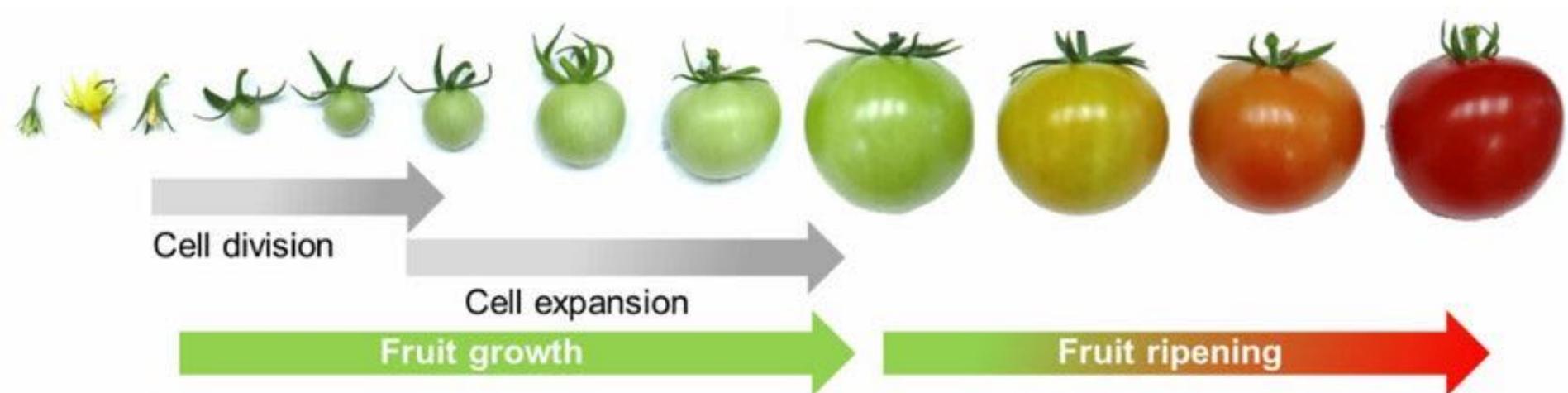


成熟与衰老生理

Mature and senescence physiology

- 种子和果实发育的生理生化变化；
- 种子休眠的原因和调控技术；
- 植物衰老、脱落的机理及影响因素；
- 植物衰老和器官脱落的机理。



第一节 种子与果实的成熟生理

一、种子成熟时的生理变化

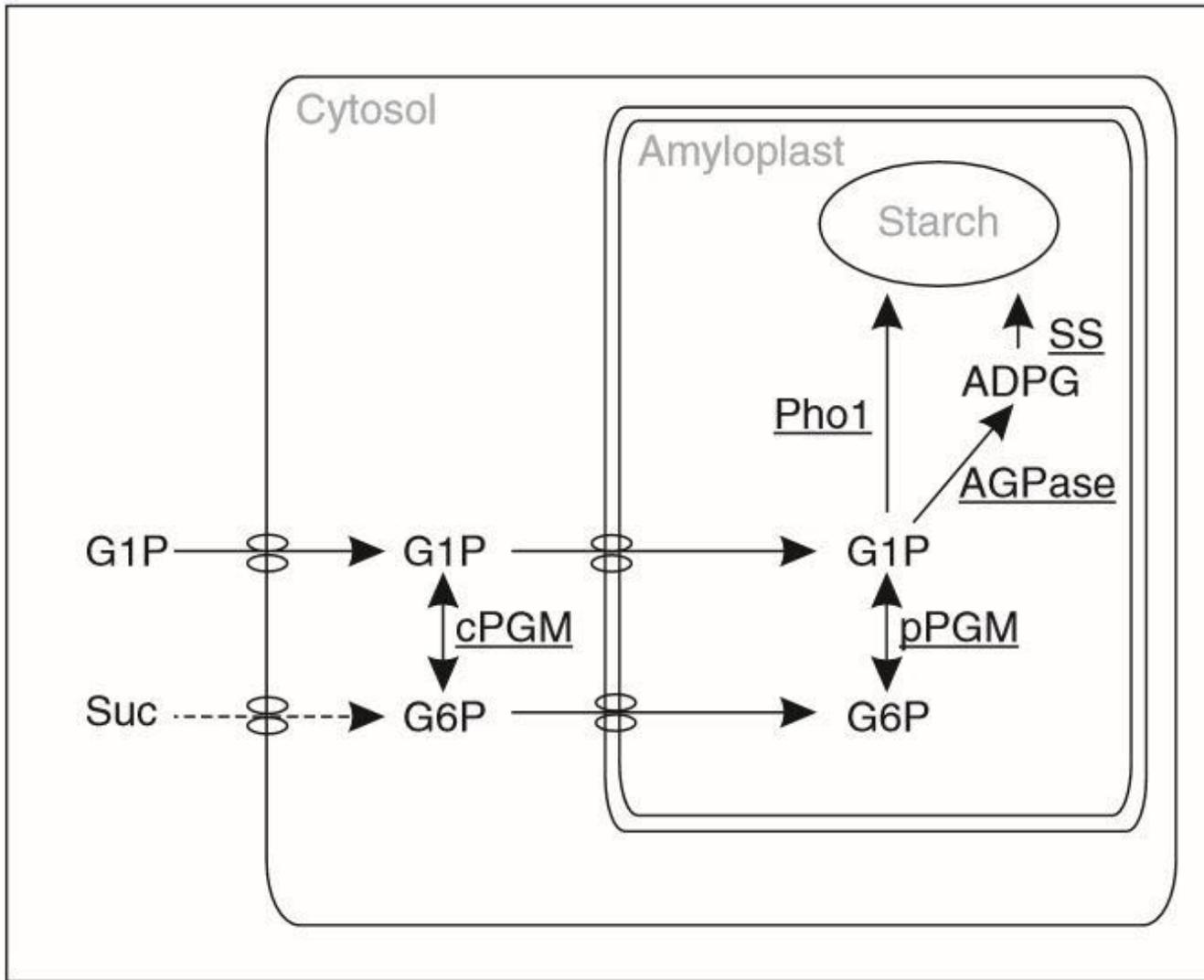
1、有机物转化

①糖类变化

- 淀粉合成酶类活性升高

如：蔗糖合成酶、UDPG焦磷酸化酶、淀粉合成酶

- 可溶性糖  大分子（淀粉、纤维素等）



细胞中由蔗糖/葡萄糖到淀粉的生化途径

②蛋白质变化

氨基酸、酰胺 \longrightarrow 荚果皮, 合成蛋白质暂存



分解

酰胺

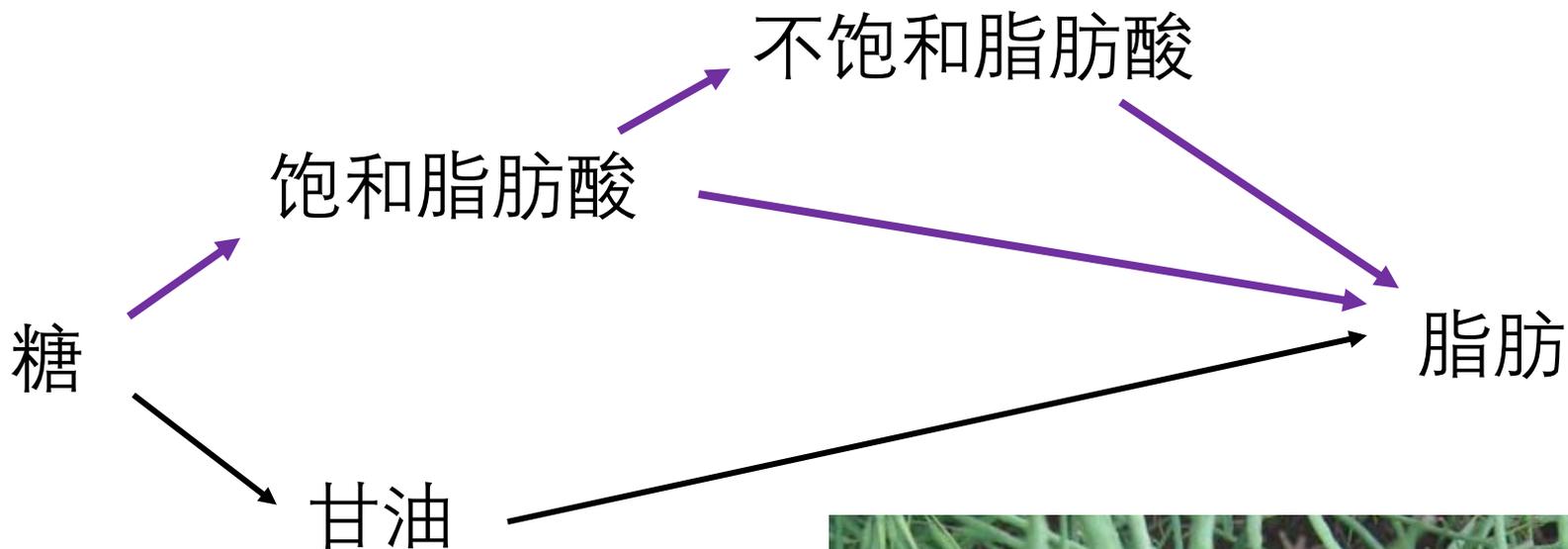
运往种子

氨基酸



蛋白质

③脂肪变化

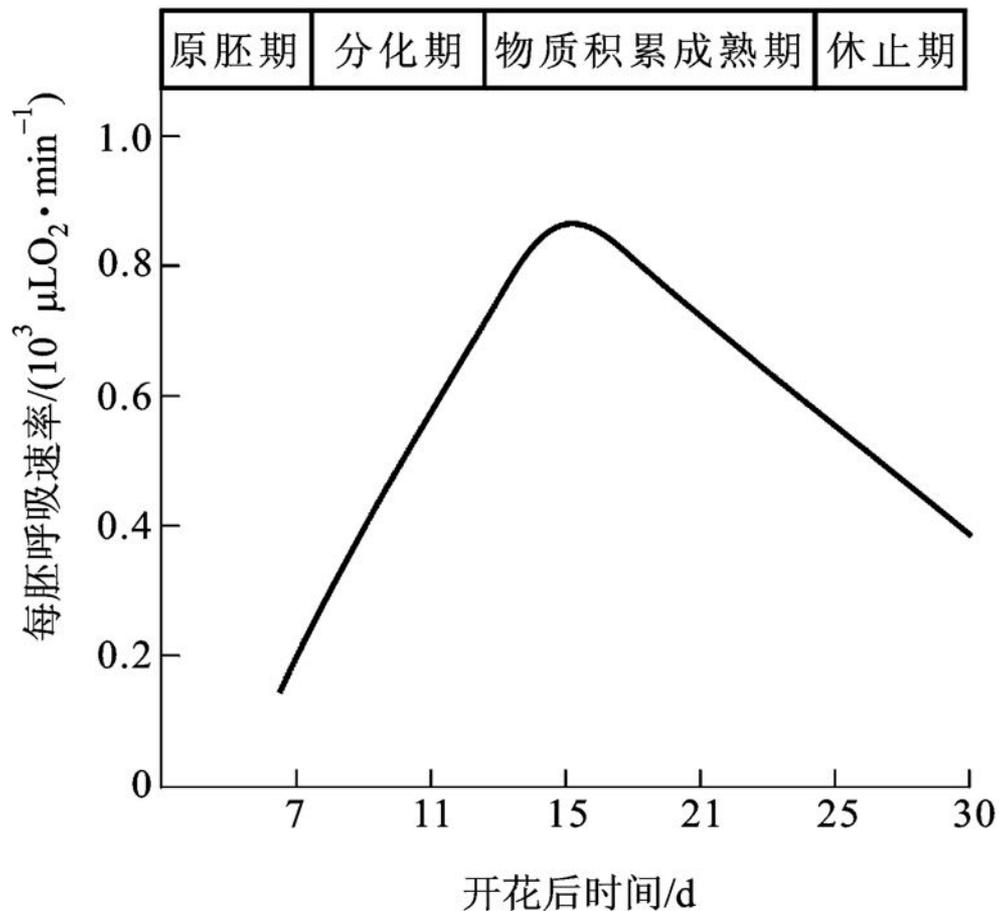


2、生理变化

(1) 呼吸速率

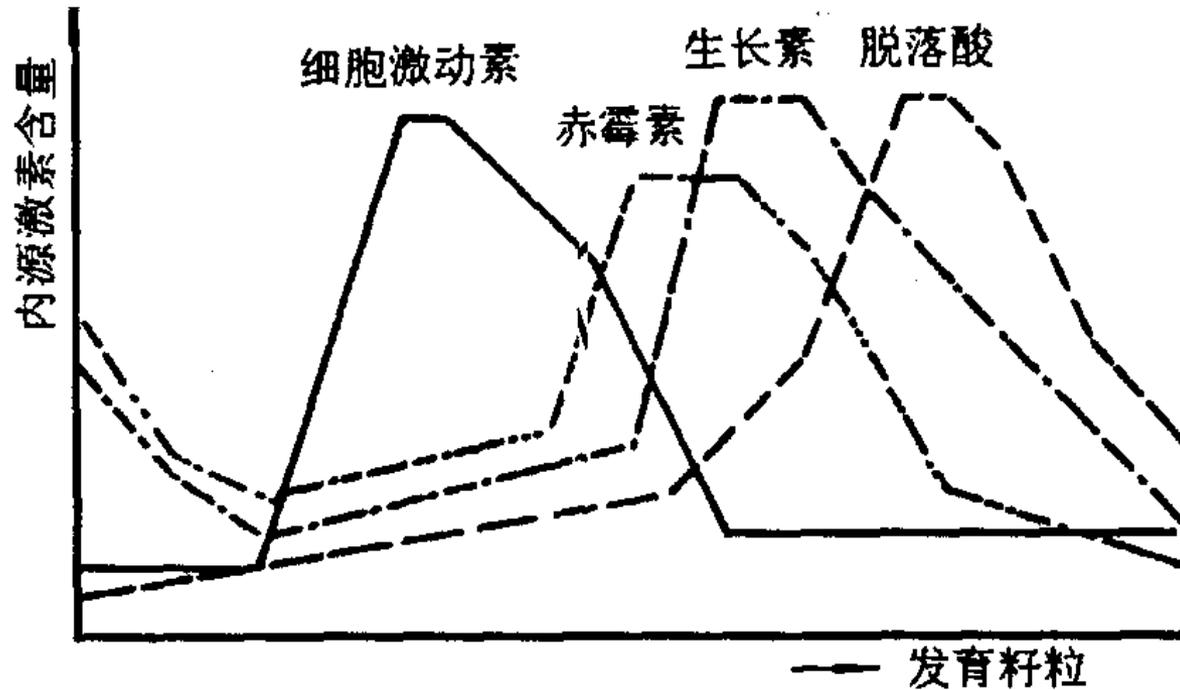
先升后降

- 种子的物质合成与积累需要呼吸作用提供能量。
- 种子在发育和成熟过程中，呼吸速率与物质积累呈平行关系。



水稻胚发育过程中的呼吸速率变化

(2) 内源激素的变化



- ❖ 种子的发育和成熟受到多种激素调控，种子中内源激素随种子的发育进程而发生有规律的变化。
- ❖ 激素的量以及不同激素种类演替

3、环境因子对种子成熟的影响

- (1) 光照
- (2) 温度
- (3) 水分
- (4) 矿质营养

含水量变化

种子的含水量随种子的成熟而逐渐减少。

种子在成熟时，幼胚细胞中具有浓厚的细胞质而无液泡，自由水含量很少。

二、果实生长与成熟是生理变化

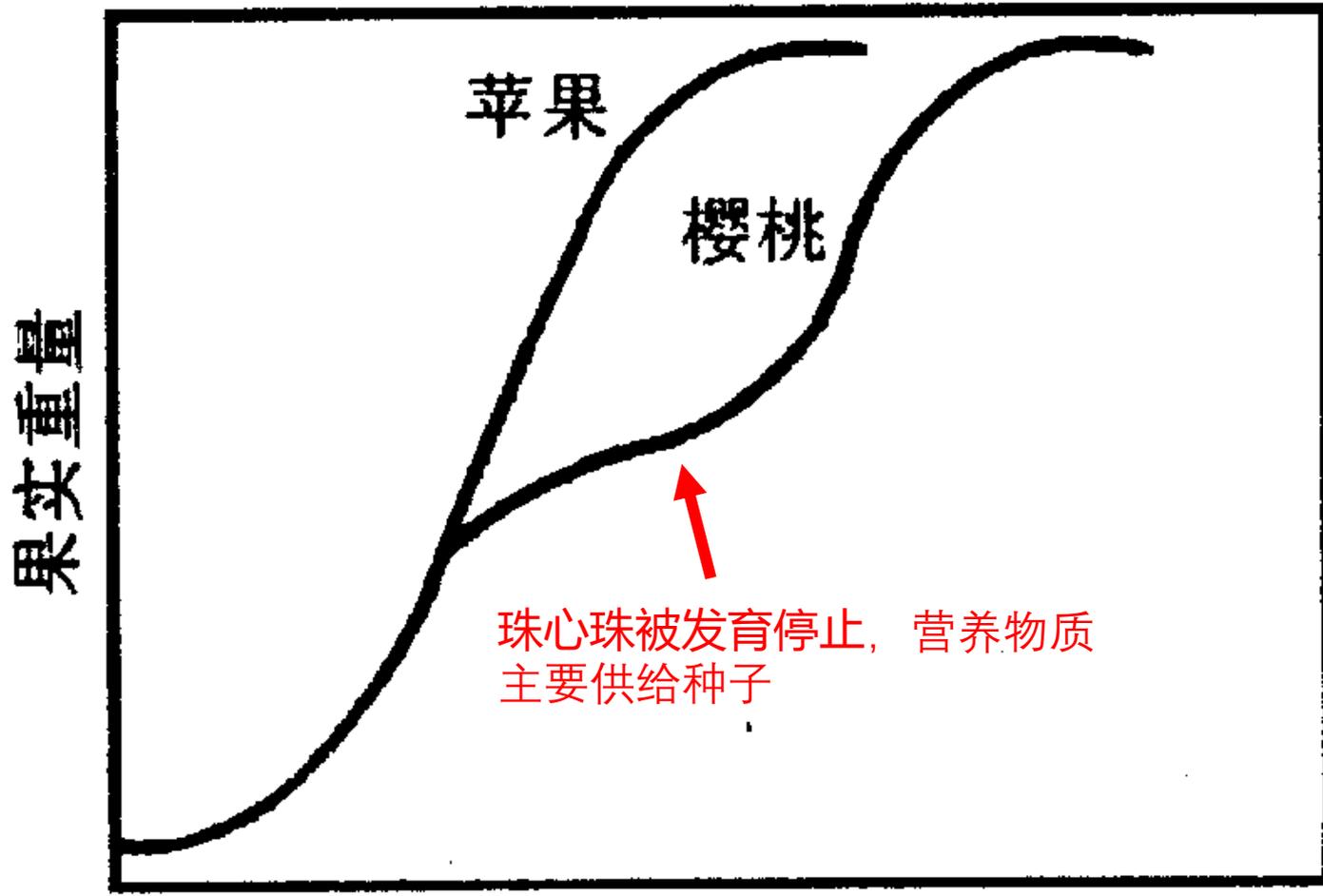
1、果实的生长（大周期）

◎ S型生长曲线

苹果、梨、香蕉等

◎ 双S型生长曲线

桃、李、杏、柿子等

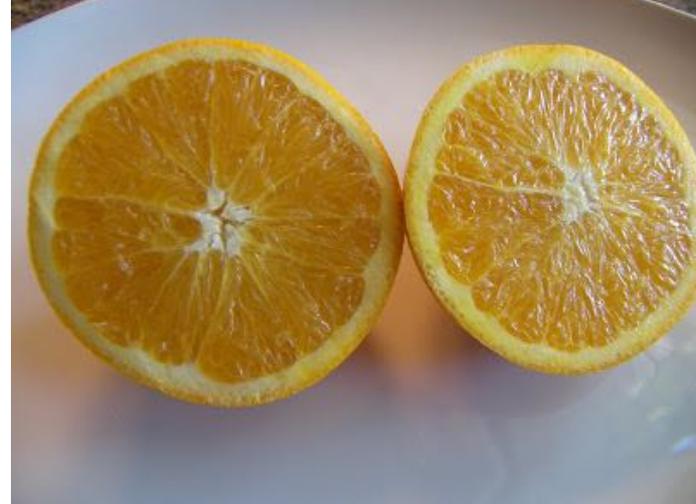
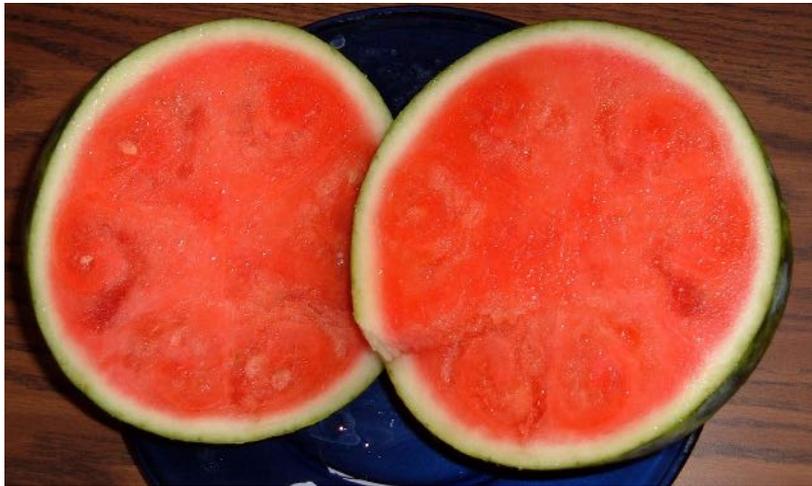
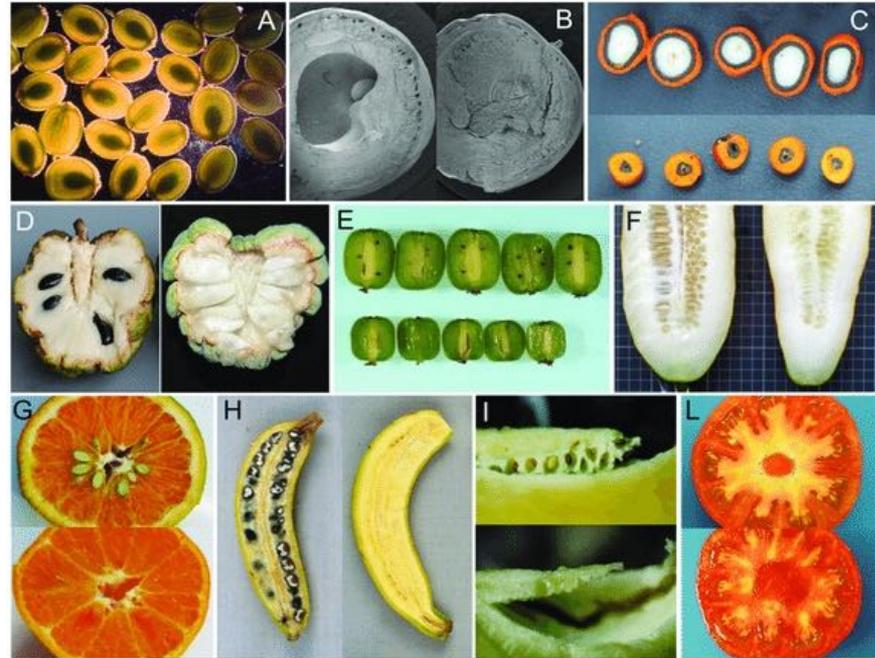


时间
果实的生长曲线

果实的生长与受精后子房中生长素含量增高有关。

单性结实（Parthenocarpy）：不经受精作用而形成无籽果实的现象。

- 天然单性结实
- 刺激性单性结实
- 人工诱导单性结实
- 假性单性结实



果实成熟： 果实发育到充分大小后达到可以采摘的程度

果实完熟： 果实经一系列质变达到可食用状态



2、果实完熟生理

(1) 呼吸跃变(Respiratory climacteric)

◆ 概念：果实完熟前，首先呼吸速率略降，成熟是呼吸速率急剧升高，然后又下降，此现象叫呼吸跃变。

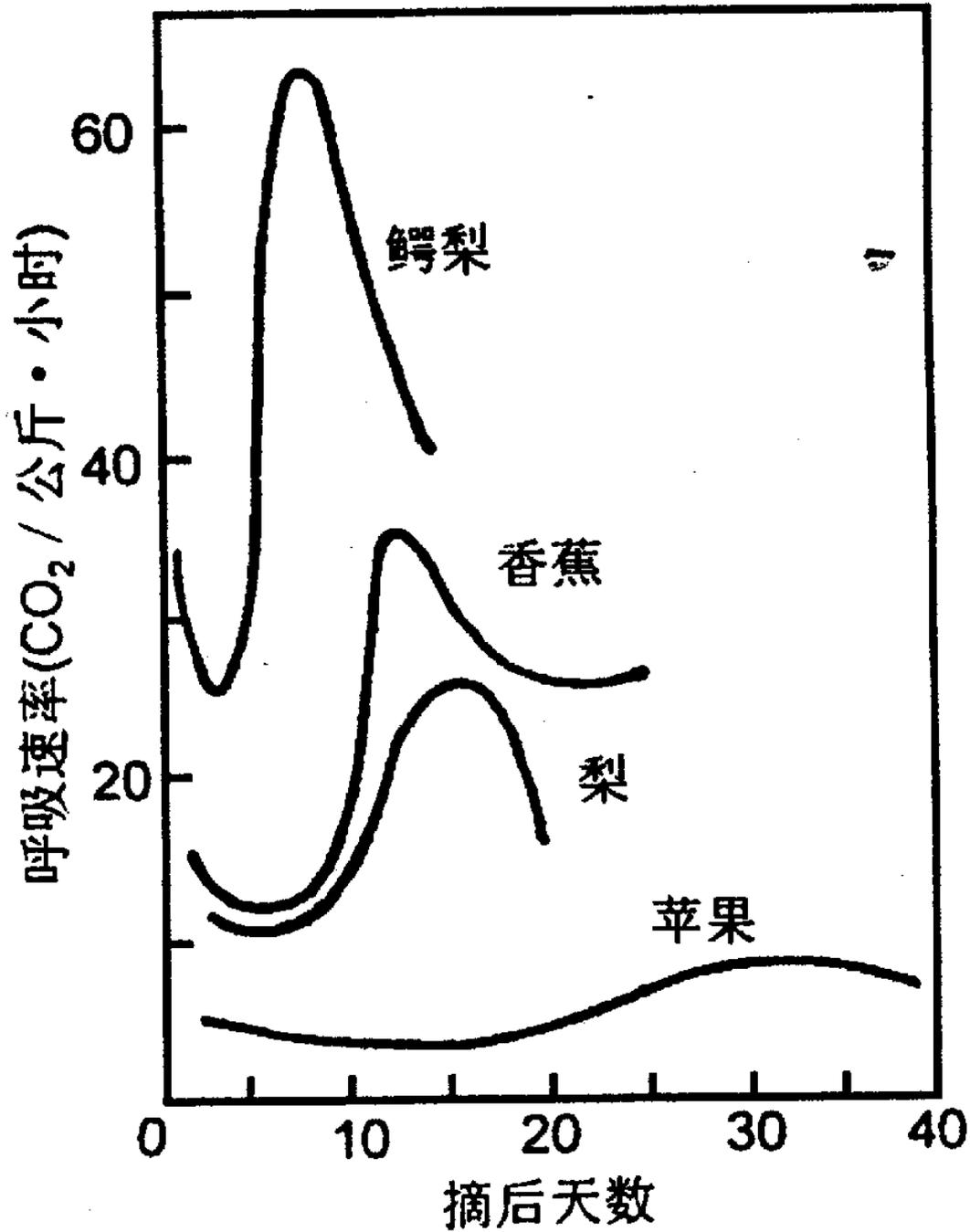
◆ 类型：

跃变型果实：桃、梨、苹果、番茄、西瓜等

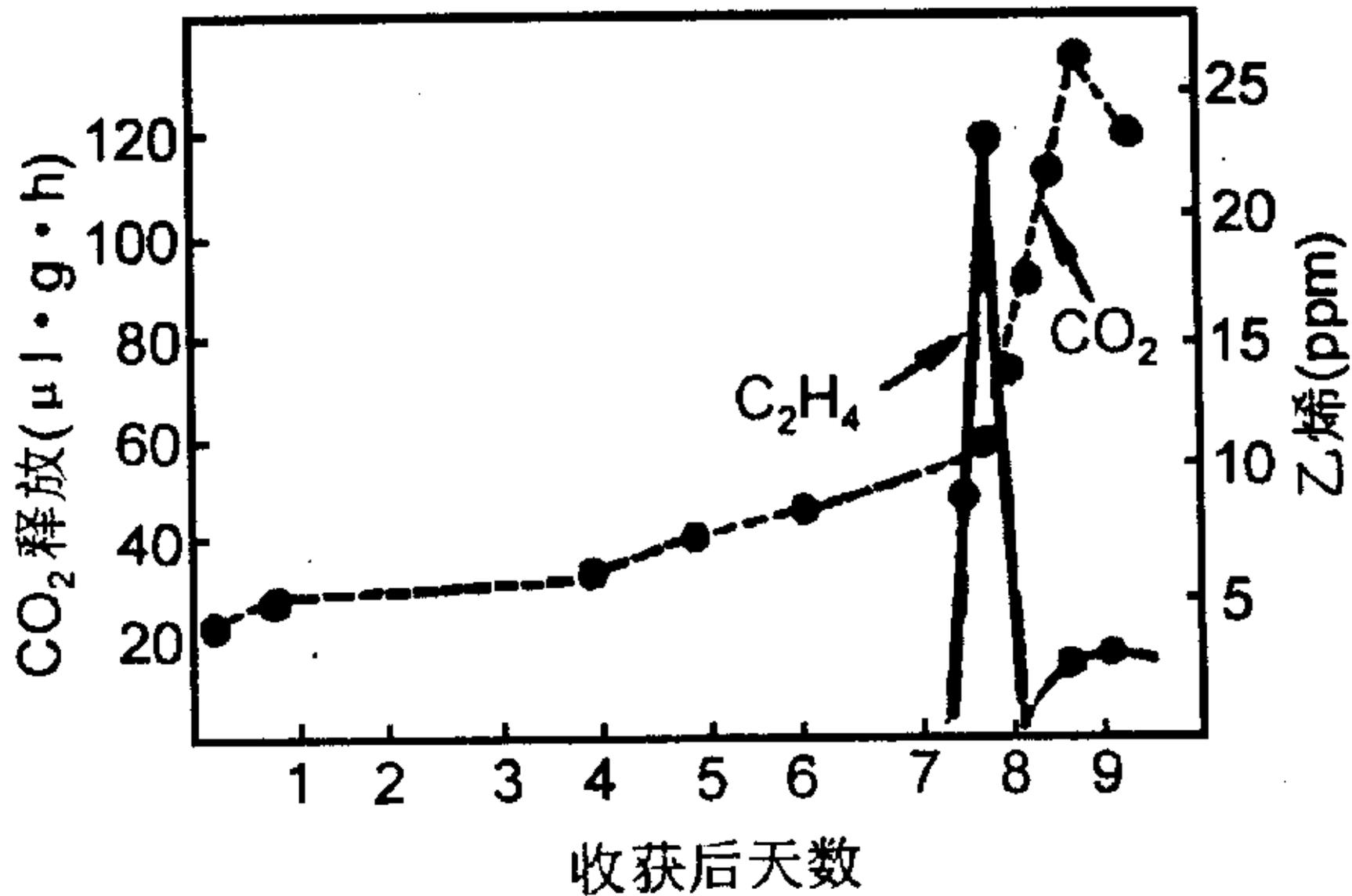
非跃变型果实：草莓、柑桔、葡萄等

◆ 原因：

- ① 乙烯
- ② 酶活性



果实的呼吸跃变



乙烯产生与呼吸跃变

2、各种物质转化

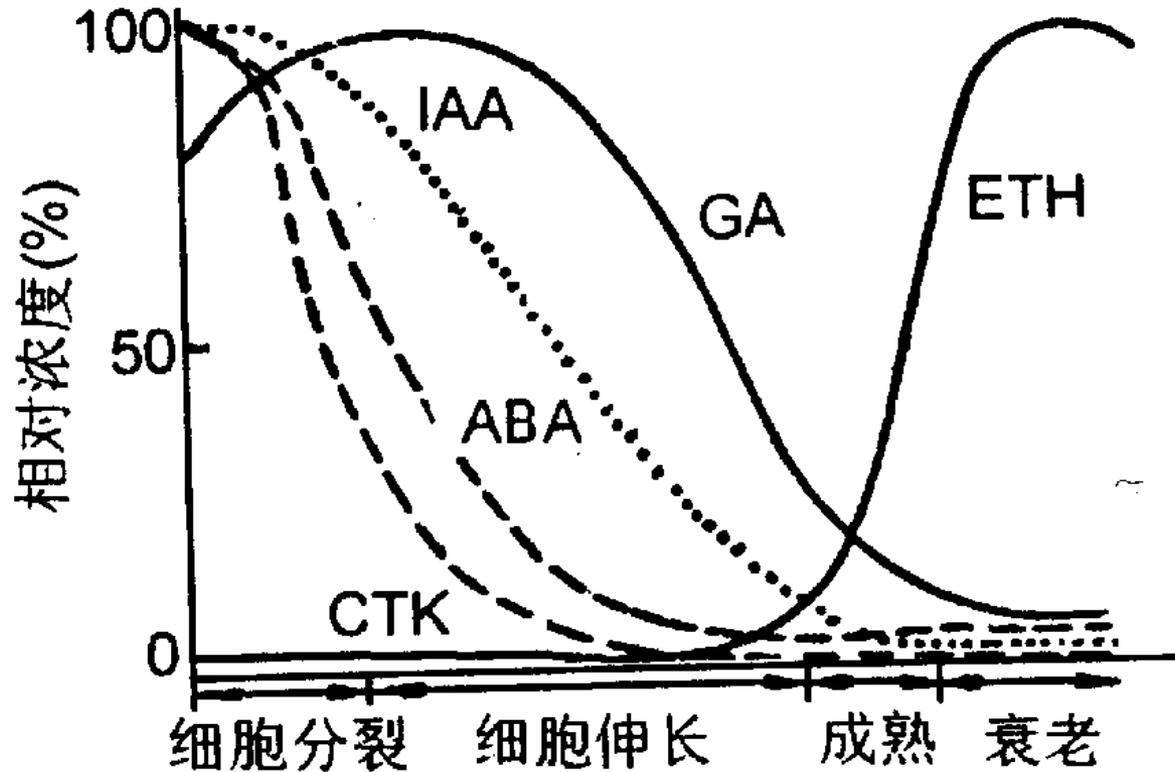
- ①甜味增加: starch \longrightarrow glucose, fructose, sucrose
- ②酸味减少: 有机酸降解 \longrightarrow CO_2 + H_2O
- ③涩味消失: 单宁降解
- ④由硬变软: 原果胶 \longrightarrow 果胶酸、半乳糖醛酸
- ⑤色泽变艳: 叶绿素分解, 花色苷、类胡萝卜素显现



3、内源激素变化

幼果生长期：生长促进型激素含量增高；

果实成熟期：乙烯、脱落酸含量升高



苹果生活周期各阶段激素变化

第二节 植物的休眠生理

植物休眠：植物生长极为缓慢或暂时停顿的现象，是植物抵抗和适应不良环境的一种保护性生物学特性。

休眠器官的类型：

- 种子休眠：一、二年生植物；
- 芽休眠：多年生落叶树木；
- 根系及地下储藏器官休眠：多年生草本植物。



休眠的类型：

强迫休眠： 由于环境条件不适宜而引起的休眠。

生理休眠： 由于植物本身的原因而引起的休眠，又称为真正休眠。

种子休眠 *

种子休眠的成因

(1) **种皮限制**：一些豆科、茄科、百合科等硬实种子。

人工破除休眠方法：物理、化学方法去除种皮的限制。

(2) **种子未完成成熟**

后熟 (after ripening)：种子在采收后需经过一系列生理生化变化达到真正的成熟，才能萌发的过程。

(3) **胚未完全发育**：可通过层积法破除休眠。

(4) **萌发抑制物质的存在**：包括小分子有机物、酚类、ABA、有机酸、醛类、生物碱、挥发油等。

人工破除休眠方法：流水冲洗。

种子休眠的生物学意义

有利于适应环境，衍繁后代。

种子休眠的调节

在生产上为防止某些小麦、水稻品种的穗发芽，喷施PP₃₃₃可延缓萌发。



植物的休眠生理

2. 营养器官休眠的成因与调节

2.1 芽休眠的成因与调节

(1) 休眠成因

- 短日照条件；
- 低温积累；
- 来自叶片的抑制物质的作用。



植物的休眠生理

(2) 休眠芽的萌发：芽经历了休眠过程后在合适温度下萌动的现象。

(3) 芽休眠的调节

需冷量：落叶果树打破自然休眠所需的有效低温时数。

- 变温处理；
- 化学物质处理：石灰氮(CaCN_2)、硫脲、CTK等。



植物的休眠生理

2.2 地下贮藏器官休眠的成因与调节

(1) 休眠成因

- 在外因上，受温度、光周期的诱导，并与水分状况有关。
- 在内因上，主要受激素类物质（如赤霉素、细胞分裂素、生长素、脱落酸、乙烯、茉莉酸等）的调控。

“抑制因子/促进因子平衡调节休眠”说：即当某种因子占优势时，块茎将表现该因子所控制的性状。

植物的休眠生理

2.2 地下储藏器官休眠成因与调节

(2) 休眠调节

- 马铃薯块茎休眠破除：赤霉素处理、晒种法等。
- 延长休眠、安全贮藏：0.4%萘乙酸甲酯处理、通风储藏。



龙葵素

2、类型

- (1) 整株衰老：一年生植物或二年生植物；
- (2) 地上部衰老：多年生草本植物；
- (3) 渐近衰老：多年生常绿木本植物；
- (4) 落叶衰老：多年生落叶木本植物。

3、衰老的生物学意义

积极意义：

- i. 营养物质贮存在种子、块根、块茎等器官中，有利于物种的繁衍和作物增产；
- ii. 适应不良环境条件，有利于生存。

不利方面：

过早衰老造成作物减产。

二、植物衰老的细胞学基础

1、细胞衰老

(1) 细胞膜变化

①成分变化

磷脂酶

脂氧合酶 (LOX)

磷脂 \longrightarrow 游离脂肪酸 \longrightarrow 过氧化物

②结构破坏, 功能丧失

2、器官衰老（叶片为例）

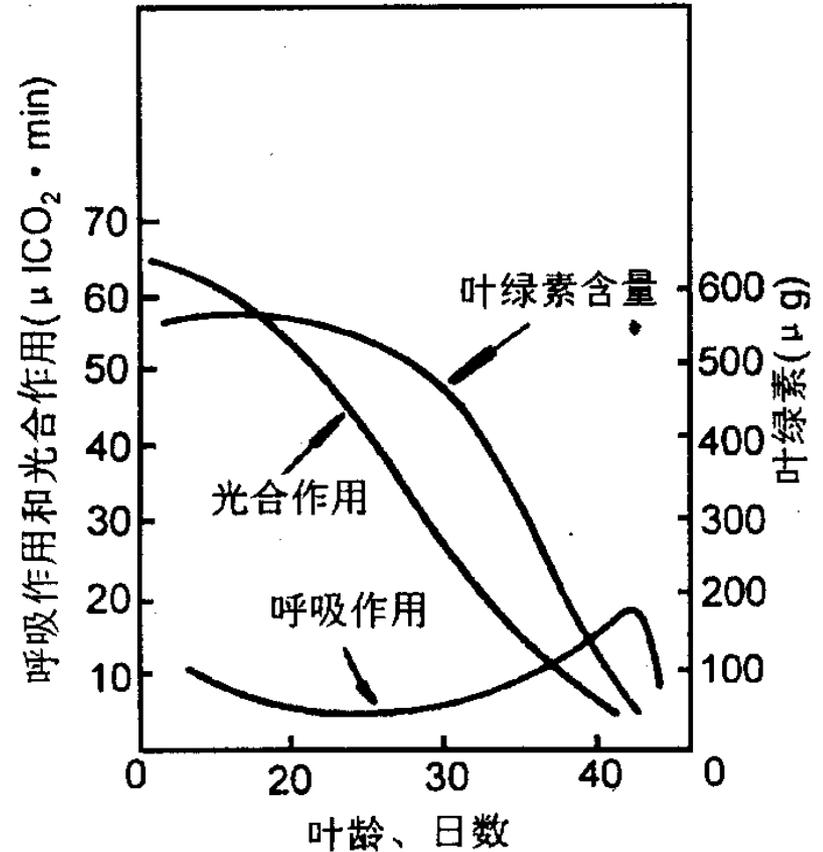
叶片衰老过程中的生理生化变化

光合速率下降

- 光合机构受损
- Chl和Rubisco发生降解

呼吸速率变化

- 有些植物叶片发生呼吸跃变；
- 氧化磷酸化逐渐解偶联。



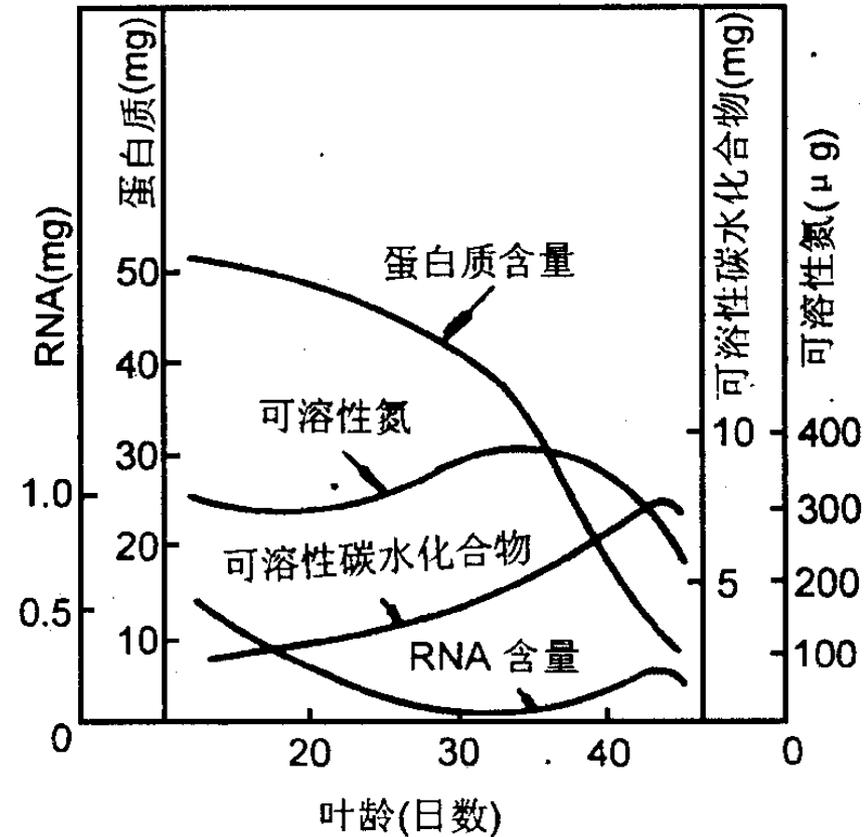
2、器官衰老（叶片为例）

水解酶活性增强

- i. 叶片内物质分解大于合成：蛋白质、核酸、淀粉等分解成氨基酸、核苷、可溶性糖；
- ii. 叶片内发生物质撤离，转运至其他部位。

生物膜结构变化

- ✓ 膜脂饱和度增高、脂肪酸链加长，膜转变为凝固态；
- ✓ 膜选择性透性功能丧失；
- ✓ 膜脂过氧化加剧，结构解体；
- ✓ 细胞器膜结构破坏，丧失生理功能，并释放出水解酶类及有机酸，细胞发生自溶。



三 影响衰老的外界条件

1 光：光照下能延缓衰老。

◆ 光：延缓衰老是通过环式光合磷酸化供给ATP，或降低蛋白质、叶绿素和RNA的分解。

◆ 红光：阻止蛋白质和叶绿素含量的减少，

远红光：可消除红光的阻止作用，光敏色素在衰老中起作用。

◆ 蓝光：延缓菜豆幼苗叶绿素和蛋白质的减少，延缓叶片衰老。

◆ 长日照利于GA的合成，从而利于生长；短日照促进ABA的合成，利于脱落加速衰老。

2 温度

低温或高温都会加速叶片衰老。

- ◆ **低温使细胞完整性丧失，质膜和线粒体破坏，ATP含量减少。**
- ◆ **高温加速衰老可能是由于蛋白质降解，叶绿体功能的衰退，叶片黄化。**
- ◆ **高温和低温都能诱发自由基的产生，引起生物膜相变和膜脂过氧化，加速衰老。**

3 矿质营养

- ◆ 氮肥不足，叶片易衰老；增施氮肥，能延缓叶片衰老。
- ◆ Ca^{2+} 处理果实有稳定膜的作用，减少乙烯的释放，能延迟果实成熟。
- ◆ 营养物质从老组织向新生器官或生殖器官的分配，会引起营养的缺乏，导致叶片衰老。

4 水分

水分胁迫促进ETH和ABA生成，加速蛋白质和叶绿素的降解，提高呼吸速率。光合作用受抑制。自由基产生增多。

5 气体

O_2 浓度过高加速自由基的形成，超过自身的防御能力时引起衰老。

高浓度 CO_2 可抑制ETH生成和呼吸速率，对衰老有一定的抑制。

四、 植物衰老的机理（自学）

- 1 DNA损伤学说
- 2 自由基损伤学说
- 3 植物激素调节学说
- 4 程序性细胞死亡理论
- 5 营养亏缺理论

1 DNA损伤学说

植物衰老是由于基因表达、蛋白质合成过程中引起差错积累所造成的。当错误的产生超过某一阈值时机能失常，导致衰老。

某些物理化学因子如紫外线、电离辐射等作用下DNA受损伤，同时DNA结构功能遭到破坏，DNA不能修复，使细胞核合成蛋白质的能力下降，造成细胞衰老。

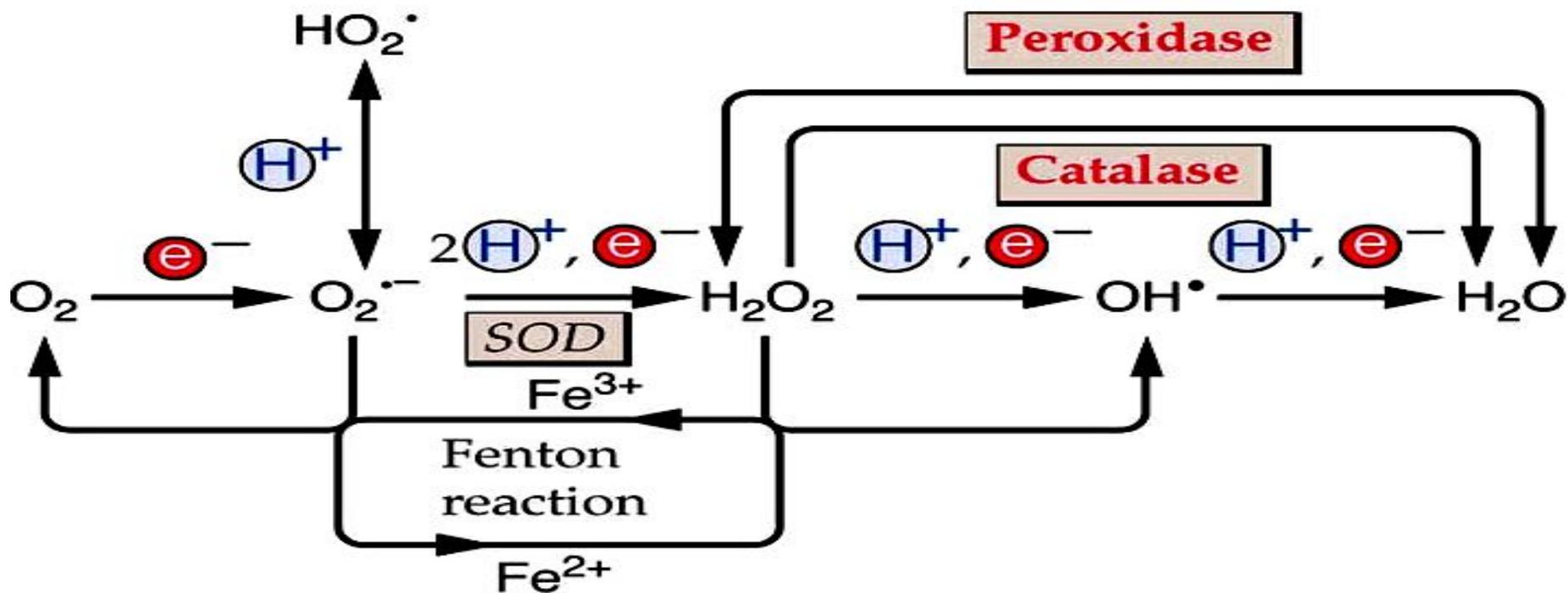
2 自由基损伤学说

植物衰老是由于植物体内产生过多的自由基，对生物大分子如蛋白质、核酸、生物膜、叶绿素有破坏作用，使植物器官及植物体衰老、死亡。

正常情况下植物体内自由基的产生和清除是平衡的，自由基浓度很低，不会引起伤害。当植物遇到不良环境时自由基产生增加，清除能力下降，从而加速植物衰老。

SOD和 LOX (脂氧合酶) 与衰老:

SOD参与自由基的清除和膜的保护，而LOX则催化膜脂中不饱和脂肪酸加氧而使膜损伤。衰老时SOD活性的降低和LOX活性的升高。



3 植物激素调节学说

- ◆ CTK、GA、IAA具有延缓衰老的作用。
- ◆ ABA、乙烯、茉莉酸甲酯有促进衰老的效应。
- ◆ 各种激素间的平衡在植物衰老中起重要作用。

- ◆ GA和IAA
 - ◇ 对衰老的延缓作用有一定局限性。低浓度的IAA可延缓大豆叶片衰老，但对大多数木本植物无效。

4 程序性细胞死亡理论和基因时空调控假说

◆ Programmed cell death, PCD:

胚胎发育、细胞分化及许多病理过程中细胞遵循已存在的、由基因编码的“程序”，主动结束其生命的生理性死亡过程。即细胞凋亡(apoptosis)。

◆ 研究表明:

衰老上调(特定基因)、衰老相关基因：只在衰老时表达。

叶片衰老是在核基因控制下细胞结构(包括叶绿体、细胞核)发生高度有序的解体及其内含物的降解；

大量矿质元素和有机营养物质能在衰老细胞解体后有序地向非衰老细胞转移和循环利用。

5 营养亏缺理论

- ◆ 生殖器官是一个很大的“库”，垄断了植株营养的分配，聚集了营养器官的养料，引起植物营养体的衰老。
- ◆ 但此理论不能说明下列问题：
 - ◇ 即使供给已开花结实植株充分养料，也无法使植株免于衰老。
 - ◇ 雌雄异株的大麻在雄株开花后不能结实，但雄株仍然死亡。

第四节 器官脱落生理

器官脱落的概念和类型

脱落 (abscission)：植物器官自然离开母体的现象。

脱落的类型

- **正常脱落**：由衰老或成熟所引起的脱落；
- **胁迫脱落**：由逆境条件所引起的脱落；
- **生理脱落**：由于植物自身的生理活动不协调而引起的脱落。



脱落的生物学意义

- 在逆境条件下，通过脱落可减少植株水分散失，重新分配养料，维持生长点的生存。
- 在生产上，异常脱落则对农业生产造成严重损失。



二、器官脱落的机理及其影响因素

1、离层与脱落

2、激素与脱落

(1) IAA: 生长素梯度学说

(2) 乙烯

(3) ABA

离层与脱落

◆ **离层 (separation layer)**：叶柄、花柄、果柄以及某些枝条的基部经横向分裂而形成的几层细胞，其体积小，排列紧密，细胞壁薄，有浓稠的原生质和较多的淀粉粒，核大而突出。

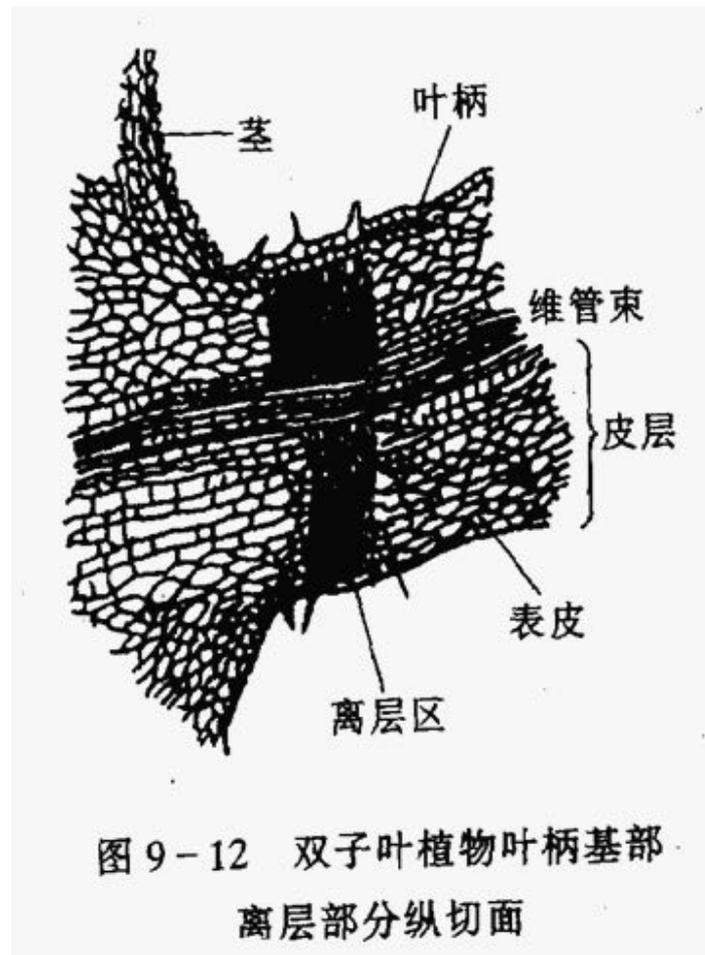
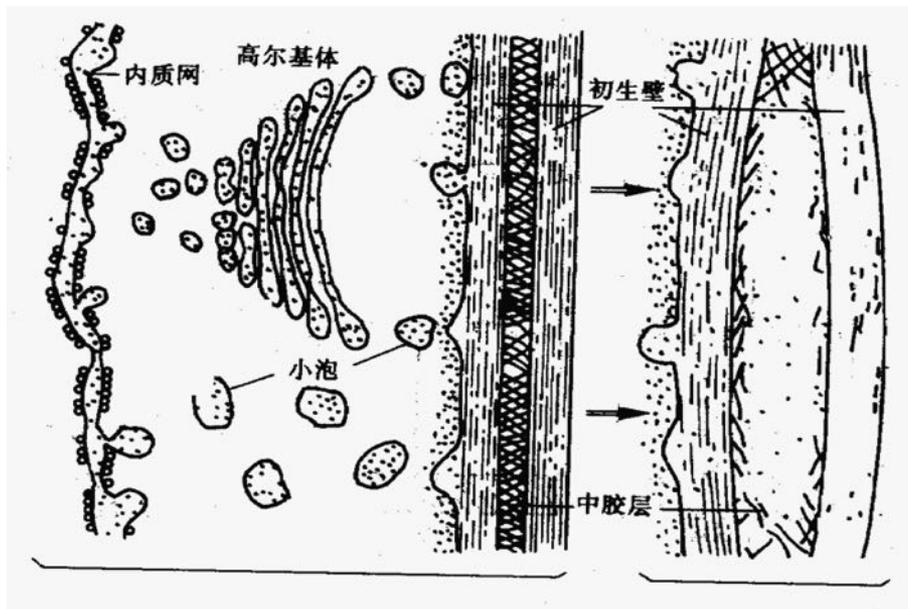


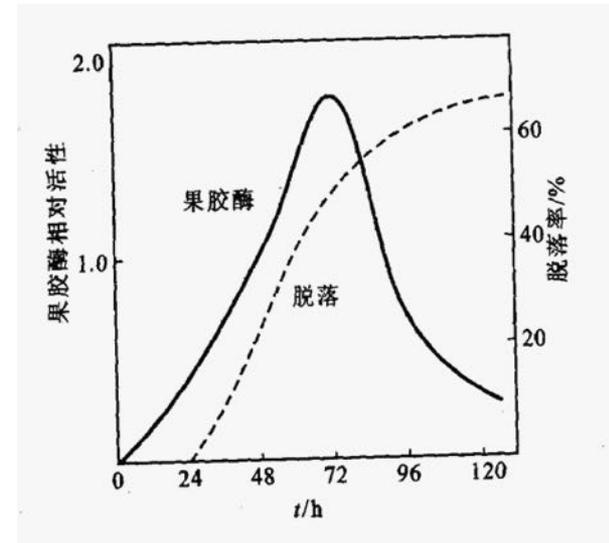
图 9-12 双子叶植物叶柄基部
离层部分纵切面

双子叶植物叶柄基部离层

脱落时离层细胞器的变化

◆ 脱落前离层细胞变化：

细胞衰退、变得中空而脆弱，纤维素酶(cellulase)与果胶酶(pectinase)活性增强，细胞壁中胶层分解，细胞彼此分离。



去掉叶片后，四季豆叶柄脱落率与果胶酶活性关系

外界条件对脱落的影响

温度： 过高或过低都引起脱落。

氧气： 过高或过低都引起脱落。

水分： 过多或过少都引起脱落。

- ◆ 干旱破坏植物体内激素平衡；
- ◆ 淹水诱导植物产生乙烯和进行无氧呼吸。

光照

- ◆ 光照充足或长日照，抑制脱落； 弱光或短日照，加速脱落。

矿质元素

- ◆ 缺N、Zn：影响IAA的合成； 缺B：花粉败育，引起花而不实，导致花和幼果脱落； 缺Ca：提高细胞壁纤维素酶活性。

脱落的调控

保花保果：

- ◆ 农艺措施：充足的水肥供应，适当修剪，改善营养条件；
- ◆ 化学调控：低浓度生长素、赤霉素、乙烯合成抑制剂处理。

疏花疏果：高浓度生长素类处理。

棉花脱叶：施用乙烯利，促进落叶和棉铃吐絮，便于机械采收。



小结:

- ◆ 种子发育和成熟：生理生化变化及影响因素
- ◆ 果实生长与成熟：生长大周期，生理生化变化，呼吸跃变
- ◆ 种子和营养器官休眠：原因、解除方法
- ◆ 植物衰老：生理生化变化及机制（DNA损伤、自由基损伤等假说）
- ◆ 器官脱落：离层，生长素梯度假说，乙烯、ABA及酶的作用，影响脱落的因素