

第十二章 植物抗性的生理和分子基础

- 第一节 植物逆境生理概述
- 第二节 渗透调节与植物的抗逆性
- 第三节 活性氧与环境胁迫
- 第四节 逆境响应基因和逆境蛋白
- 第五节 脱落酸与植物的抗逆性



在自然界中，在植物的一生中，并不是总生长在适宜的条件下，经常会遇到不利于植物生存和生长的环境条件，所以植物若要生存，必须具有一定适应和抵抗能力。

动物可以躲避，而植物不能



苏干湖边的盐碱地



青藏高原

小丛红景天







矮金莲

贴梗海棠 蔷薇科木瓜属



樱花 蔷薇科樱属



第一节 植物逆境生理概述

一、逆境的概念和种类

二、植物抵抗逆境的生理和发育机制

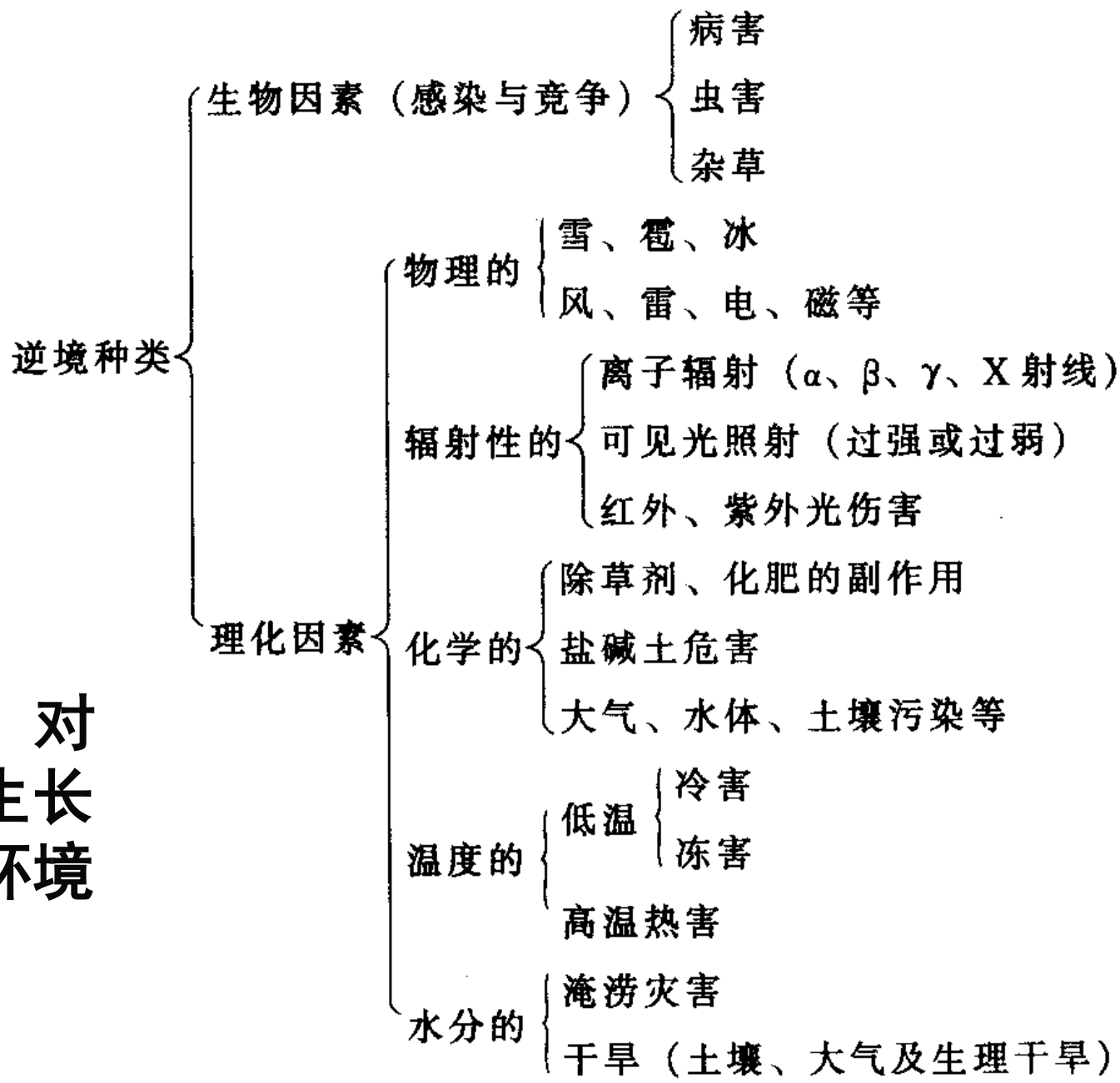
三、植物的适应性与抗性锻炼

四、植物对环境胁迫的反应

五、环境胁迫对植物的一般生理效应

一、逆境的概念和种类

逆境或胁迫
(stress)：对植物生存或生长不利的各种环境因子的总称。



二、植物抵抗逆境的生理和发育机制

植物的抗逆性：生活在自然环境中的植物对于环境胁迫有一定的**适应和抵抗的能力**。分为**御逆性**和**耐逆性**。

御逆性（避逆性）：植物通过各种途径**摒拒逆境对植物产生的直接效应**，维持植物在逆境条件下正常生理活动的能力。

本质：植物**不与环境达到热力学平衡**(不同流合污)



红树 红树科红树属



在世界的**热带亚热带地区**，一些生长在陆地的**有花植物**，进入海洋边缘后，经过极其漫长的演化过程，形成了在**潮间带**生长的红树林

树叶里面含有各种各样的**排盐腺**、**泌盐结构**等，能够将植物体内过多的盐份排出体外。



拍摄于：
海南省东寨港红树林自然保护区



“呼吸根” 以助空气的渗入。
湿地的特色植物,**抵御海浪冲击**

耐逆性：指植物虽然经受逆境的直接效应，但可通过**代谢反应阻止、降低或修复**逆境造成的伤害的能力。

不可避免与环境达到热力学平衡，但可避免或**减轻伤害**。



青藏高原

小丛红景天





矮金莲

逆境对植物产生的直接效应及御逆性与耐逆性比较

逆境种类	逆境的直接效应	植物的反应	
		御逆性	耐逆性
低温	植物体降温	植物体不降温	植物体降温
高温	植物体升温	植物体不升温	植物体升温
干旱	植物体含水量降低	植物体含水量不降低	植物体含水量降低
盐碱	植物体含盐量升高	植物体含盐量不升高	植物体含盐量升高
水涝	植物体缺 O ₂	植物体不缺 O ₂	植物体缺 O ₂
辐射	植物体吸收	植物体不吸收	植物体吸收

三、植物的适应性与抗性锻炼

植物的抗逆性是一种在长期进化过程中形成的**适应性反应**，是由**基因型**决定的，但这种特征只有在特定的因子诱导下才能逐步地表现出来。

植物对不利于生存和生长发育的环境的逐步适应过程，称为**锻炼或驯化**。

植物在经历了某种逆境后，对另一些逆境的抵抗能力也会增强，这种现象称为植物的**交叉适应**。

四、植物对环境胁迫的反应

1. 与环境因子的性质和胁迫特性有关

胁迫的持续时间、胁迫的强度、环境因子的组合、胁迫的次数

2. 与植物自身特性有关

植物的器官或组织、植物的发育阶段、植物的受胁迫经历和植物的种类或基因型

4个水平：整体水平；细胞和代谢水平；分子水平；信号转导水平

五、环境胁迫对植物的一般生理效应

(1) **生长速率的变化**——变慢，地上部分较敏感；
干旱开始阶段或较轻胁迫下，促进根系发育。

(2) **水分亏缺与渗透调节**（干旱、冷害、冰害）

植物通过积累可溶性的渗透调节物质，降低细胞水势，增强吸水和保水能力来适应。



(3) 光合作用的气孔与非气孔限制

水分亏缺，气孔开度减小或部分关闭；环境胁迫严重，叶绿体膜系统受到破坏，光反应和暗反应受到阻碍。

(4) 呼吸作用变化

①呼吸速率变化——有时会出现升高，但很快下降。

②呼吸代谢途径变化——糖酵解-三羧酸循环减弱，
磷酸戊糖途径加强。

③呼吸效率降低——氧化磷酸化解偶联。

(5) 合成代谢减弱，分解代谢加强

植物受到胁迫时，由于脱水效应、疏水键减弱、离子胁迫等使**酶变性失活**，从而导致合成作用减弱。逆境时，植物的膜结构发生破坏，水解酶释放出来与底物接触，水解作用加强。

(6) 活性氧的积累和清除

(7) 激素平衡改变（ABA、ETH）



(8) 基因表达变化与逆境蛋白的合成

环境胁迫抑制植物的一些基因表达，但是也诱导植物一些与抗逆性有关的基因表达。

(9) 细胞膜结构改变与选择透过性丧失

质膜透性增大，电解质和非电解质外渗，膜脂组分改变，膜系统破坏，丧失对逆境的适应能力。



第二节 渗透调节与植物的抗逆性

一、渗透调节的作用及特点

二、渗透调节物质



渗透胁迫：指环境的低水势对植物产生的水分胁迫，包括土壤干旱、盐渍、低温和冰冻。渗透胁迫下，植物细胞失水，膨压减小，生理活性降低，严重时细胞完全丧失膨压，最后导致死亡。

渗透调节：植物适应渗透胁迫的生理生化机制，通过主动增加细胞内溶质、降低渗透势来促进细胞吸水从而维持细胞的膨压。



一、渗透调节的作用及特点

植物通过渗透调节，可以维持细胞的膨压和一定的含水量，对**蒸腾作用、光合作用、细胞生长、细胞膜运输、酶活性**都是十分重要的。

渗透调节作用具有**暂时性、调节幅度的有限性、需要逐步诱导**。

（渗透休克）



二、渗透调节物质

不相容溶质： K^+ 、 Cl^- 、 Na^+ 等，高浓度的离子积累，将会对细胞产生伤害。 **（从外界吸收）**

相容溶质： 细胞内合成的有机物质，可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸、甜菜碱、甘油、山梨糖醇、甘露糖醇等，对细胞没有毒害作用。 **（细胞合成）**



渗透调节物质共同特点：

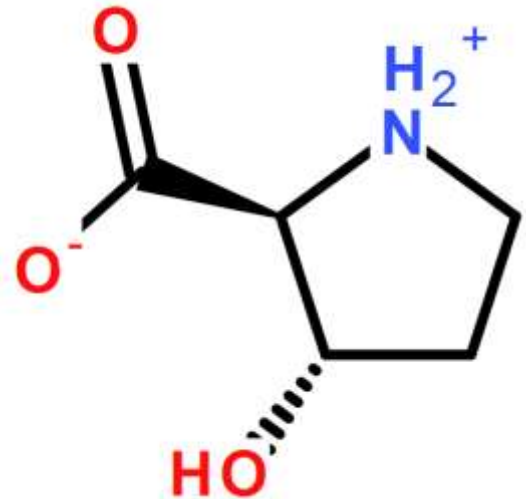
- (1) 分子量小、可溶性强；
- (2) 能被细胞膜保持而不易渗漏；
- (3) 在生理pH范围内不带正电荷，不影响细胞的pH，对细胞无毒害作用；
- (4) 生物合成迅速，不易分解，能在细胞内迅速积累；



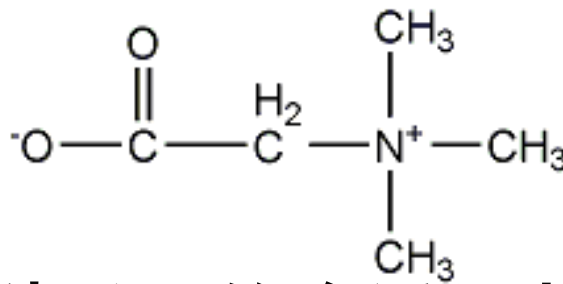
(1) 脯氨酸

脯氨酸是**水溶性最大的氨基酸**，具有较强的与水结合的能力，是最重要和有效的有机渗透调节物质。

几乎所有的逆境，都会造成植物体内脯氨酸的累积，尤其干旱胁迫时脯氨酸累积最多。



(2) 甜菜碱

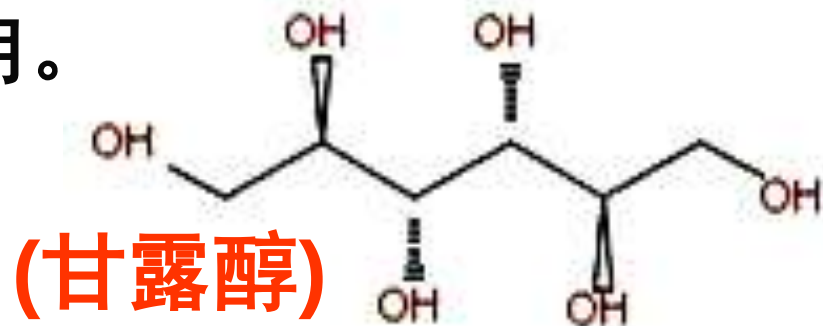


(三甲铵乙内酯)

甜菜碱是一种重要的渗透调节物质，植物在干旱、盐渍条件下会发生甜菜碱的累积，以维持细胞的正常膨压。

(3) 多元醇（甘露醇、山梨醇、肌醇等）

多元醇在植物中普遍存在，亲水力强，在细胞中积累能有效维持细胞膨压。高水平的多元醇在植物防御干旱、高盐中发挥作用。



第三节 活性氧与环境胁迫

一、活性氧的产生

二、活性氧的伤害

三、活性氧的清除



概念：

活性氧(ROS)：指化学性质活泼、氧化能力**极**强的含氧自由基及衍生的含氧物质的总称。

自由基：指含有不配对电子的原子、分子或离子。

含氧自由基：超氧阴离子自由基 ($\text{O}_2^{\cdot-}$)，羟基自由基 ($\text{HO}^{\cdot}$)，脂过氧自由基 ($\text{HOO}^{\cdot}$)。

氧代谢产物： $^1\text{O}_2$ （单线态氧）； H_2O_2



自由基的特点：

自由基由于含有未配对电子, 具有极强的夺取其他物质电子而配对的倾向。因此, 自由基的特点是**氧化能力极强, 极易与其他物质发生反应。**



引发的反应的特点：

引发的反应**具有链式循环反应的特点**，即反应开始后就持续不断地进行，直到新形成的自由基被清除或相互碰撞结合成稳定分子，反应才能停止。



.....

一、活性氧的产生

活性氧可在正常代谢过程中产生，但数量较少。然而在逆境条件下，如在**高温**、**低温**、**干旱**、**大气污染**等条件下，植物体通过各种途径大量产生活性氧，**而且在逆境条件下活性氧清除能力下降，造成活性氧积累，引起严重的危害。**

(逆境，产生增加，增加量大于清除量)

二、活性氧的伤害

(1) 诱发膜脂过氧化作用（链式循环反应）

膜脂过氧化：指生物膜中**不饱和脂肪酸**在自由基诱发下发生的过氧化反应；

膜脂由**液晶态转变成凝胶态**，引起膜流动性下降，质膜透性大大增加；

(2) 损伤生物大分子

活性氧的氧化能力很强，能破坏植物体内**蛋白质（酶）、核酸**等生物大分子。

(3) 线粒体结构和功能受损

活性氧易引起线粒体结构和功能破坏，使氧化磷酸化效率（P/O）降低；

(4) 生长受抑

活性氧明显抑制植物生长，且根比芽对高氧逆境更敏感；

轻度的氧伤害在解除高氧逆境后可恢复生长，重则不可逆致死。



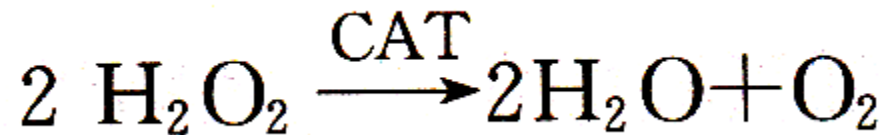
三、活性氧的清除

1. 酶系统

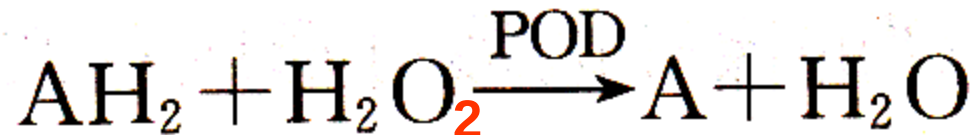
超氧化物歧化酶(SOD): 使 O_2^- 发生歧化反应, 生成 1O_2 和 H_2O_2 ;



过氧化氢酶(CAT): 催化 H_2O_2 直接分解;



过氧化物酶(POD): 对 H_2O_2 的亲合性高于CAT。



从植物中提取超氧化物歧化酶（英文简称SOD）



2. 非酶系统

如抗坏血酸（Asb）、类胡萝卜素、谷胱甘肽（GSH）、维生素E等。

类胡萝卜素是植物体内重的 $^1\text{O}_2$ 的猝灭剂。
抗坏血酸可与 O_2^- 、脂自由基、羟自由基反应，分别生成 H_2O_2 、水和脂肪酸。
谷胱甘肽不仅可以直接清除 H_2O_2 ，在叶绿体中还可与抗坏血酸协同作用清除 H_2O_2 。

胡颓子科(落叶灌木类)

- 沙棘属

- 沙棘 *Hippophae rhamnoides* Linn.



产于华北、西北和西南。

有刺。喜光，耐严寒酷热，耐风沙也耐盐碱。



拍摄日期: 2003-11-29 10:32:19

拍摄日期: 2006-04-24 10:00:21





拍摄日期: 2008-05-10 14:40:58



拍摄日期: 2007-08-04 13:50:01

拍摄日期: 2008-08-25 12:14:33





拍摄日期: 2004-09-18 12:53:33

叶被银白色鳞片



沙棘果实中**维生素C**
含量高，素有**维生素C**之
王的美称。



中华猕猴桃

Actinidia chinensis
Planch.

猕猴桃科

猕猴桃属



大型落叶藤本

原产中国

**至少有
1200年历史**

果期9-10月



花期4-6月



第四节 逆境响应基因和逆境蛋白

第五节 脱落酸与植物的抗逆性

自学

逆境环境下，ABA调节气孔的开度，促进初生根的生长及器官脱落，参与细胞的渗透调节，诱导基因表达。

