

第八章 植物的生长物质

第一节 植物生长物质概述

第二节 生长素类

第三节 赤霉素类

第四节 细胞分裂素类

第五节 脱落酸

第六节 乙烯

第七节 其他植物内源生长物质

第八节 植物生长物质的应用



第四节 细胞分裂素类

一、细胞分裂素的发现

早在20世纪初，人们就已发现在马铃薯**韧皮组织**中有一种可扩散物质，能够促进细胞分裂。



1941年,van Overbeek发现未成熟的椰子的**液体胚乳**有促进细胞分裂的作用。



1955年,米勒等偶然发现:

**存放了4年的
鲑鱼精细胞DNA**

**将DNA进行高压
灭菌处理使其降解**

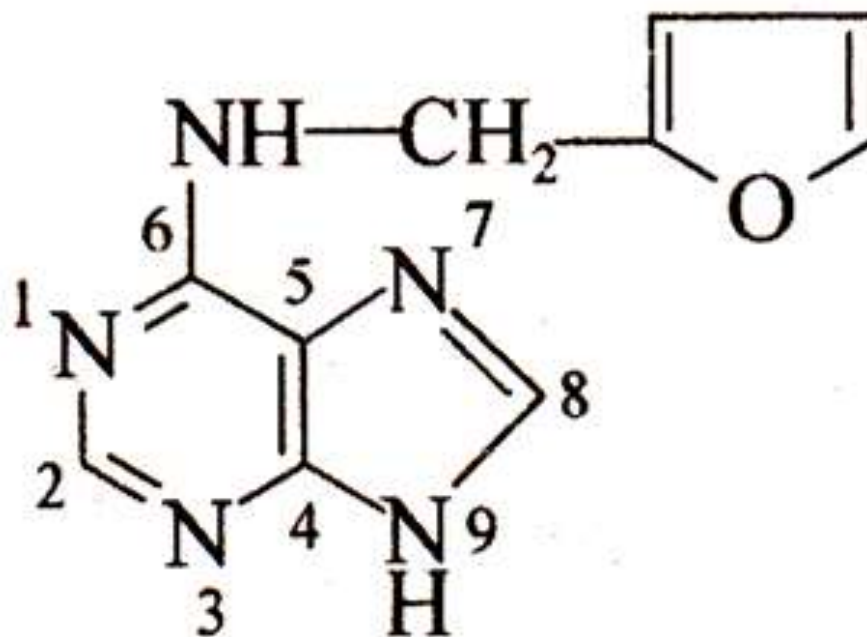
能诱导细胞的分裂

新鲜的DNA, 则不能



将活性成分经分离提纯后, 被命名为
激动素(KT),并证明这种物质是

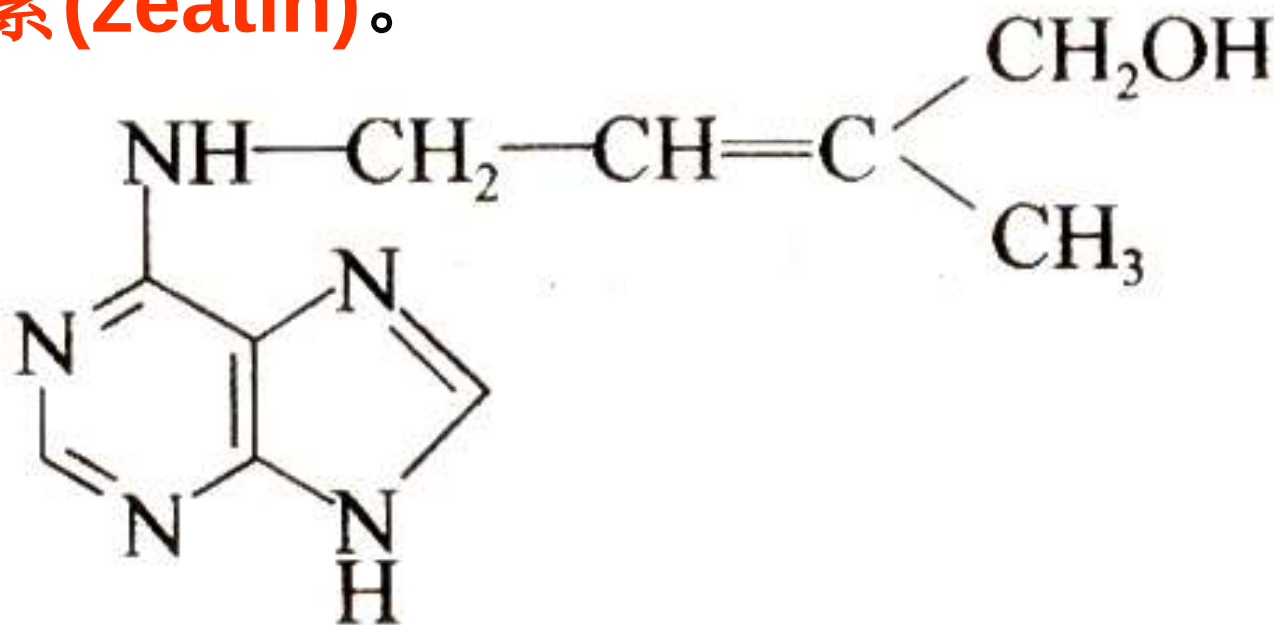
***N*-6-呋喃甲基腺嘌呤**



激动素 (KT)

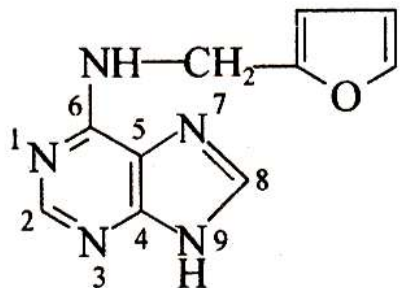
天然存在的细胞分裂素的发现：

1963年, 莱萨姆(Letham)首次从甜玉米灌浆期籽粒中提取并分离出天然的细胞分裂素,命名为**玉米素(zeatin)**。

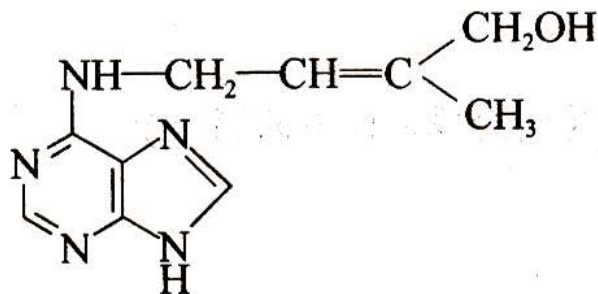


玉米素是目前已知的细胞分裂素中活性最高的一种

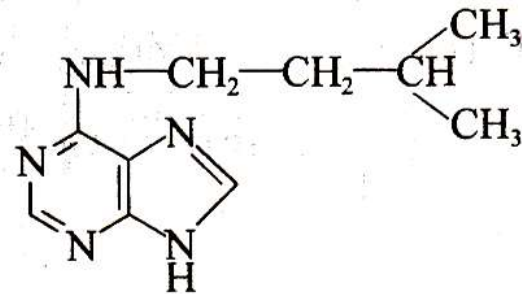
常见的天然细胞分裂素和人工合成的细胞分裂素



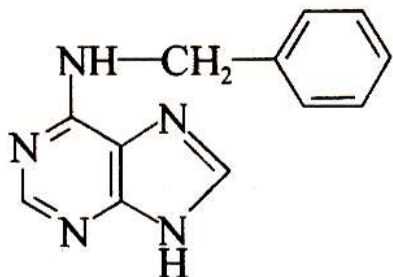
激动素 (KT)



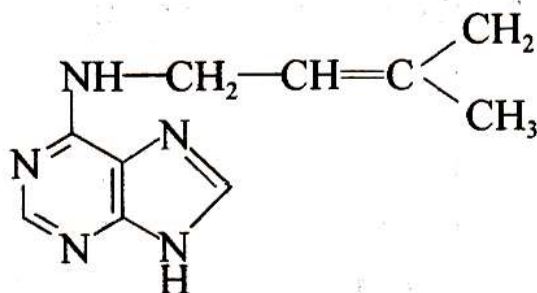
玉米素



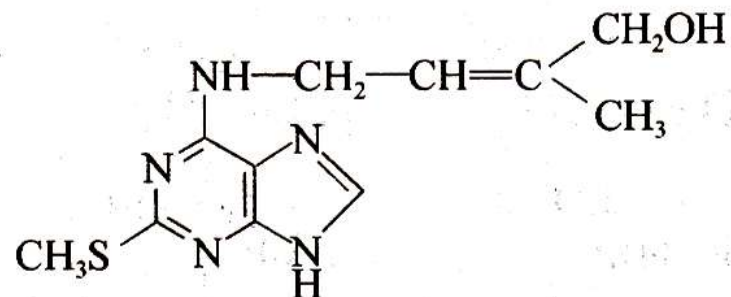
异戊基腺嘌呤



6-苄基腺嘌呤 (BA)

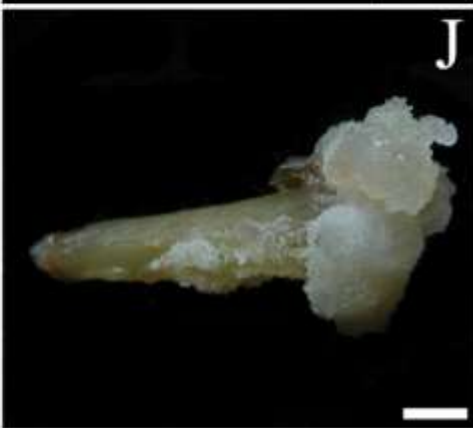
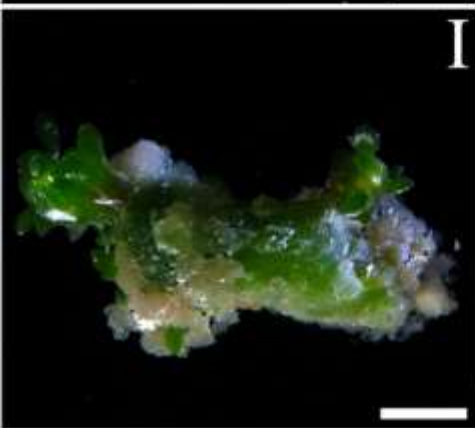
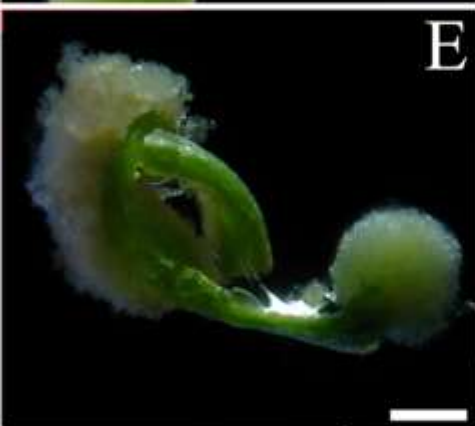
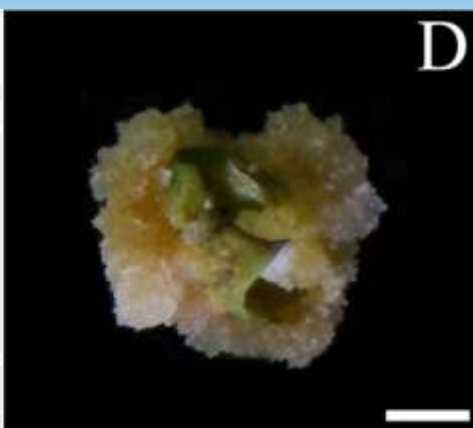
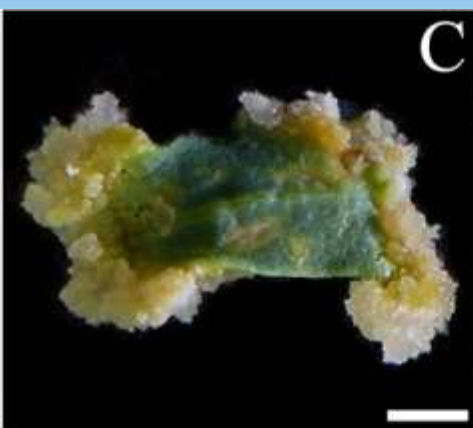
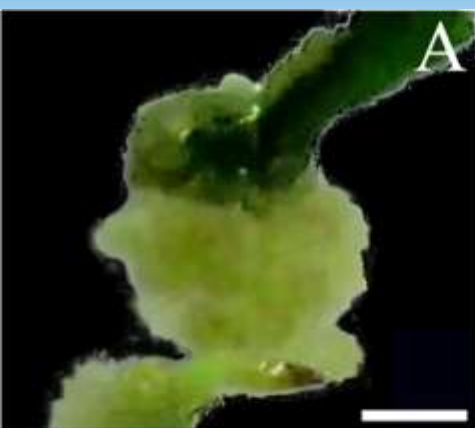


异戊烯基腺嘌呤



甲硫基玉米素

在农业和园艺上应用得最广的细胞分裂素是
激动素(KT)和6-苄基腺嘌呤(6-BA)



胡杨 杨柳科杨属





海南大学应用科技学院



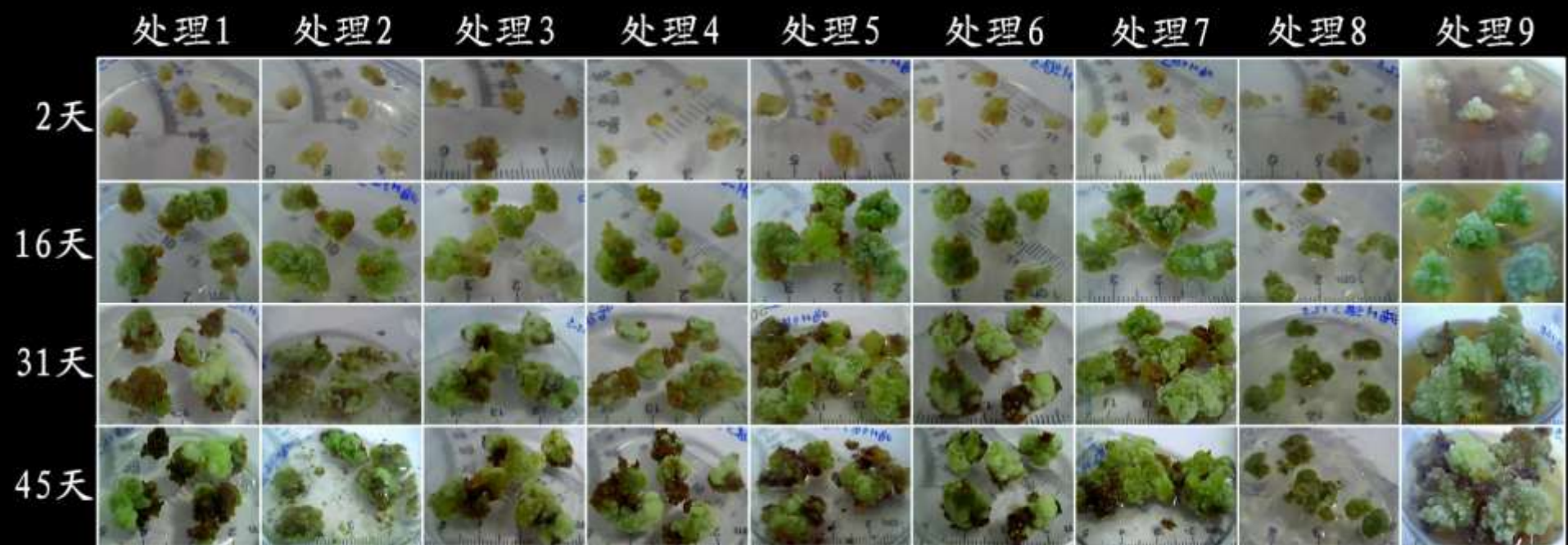
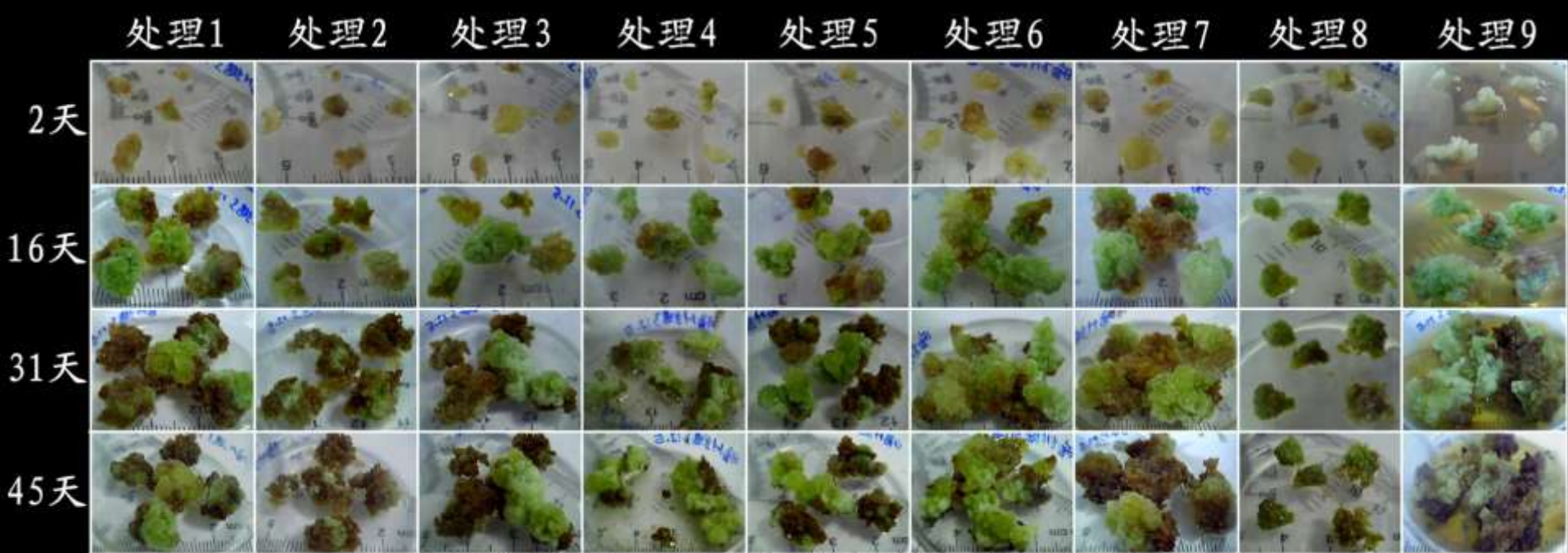




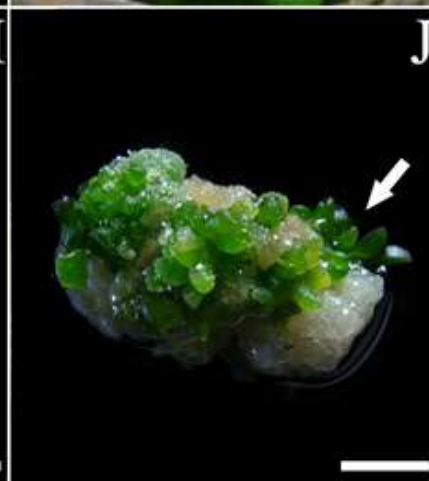
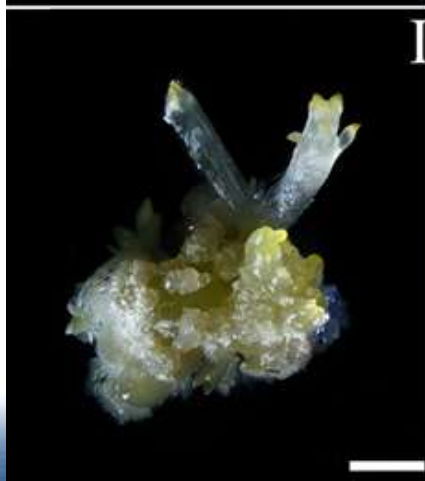
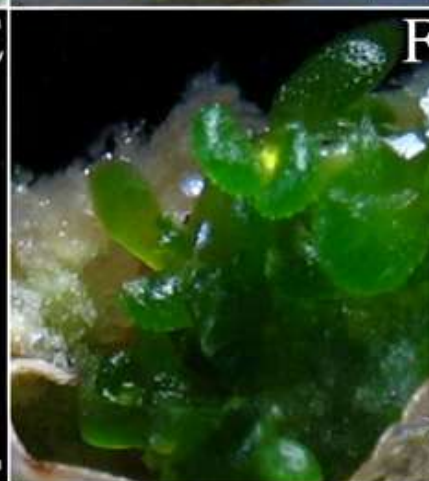
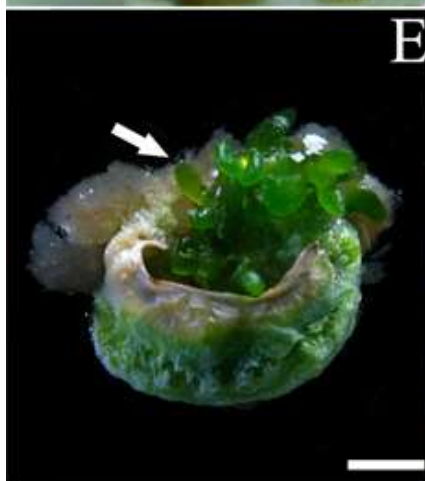
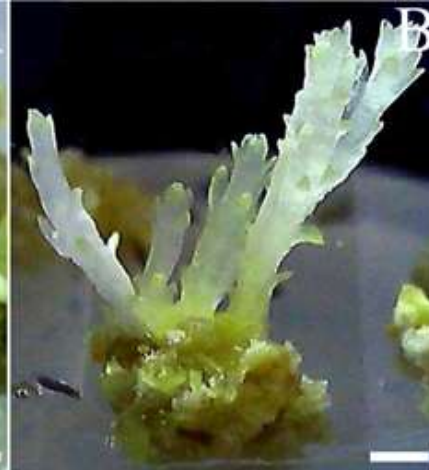


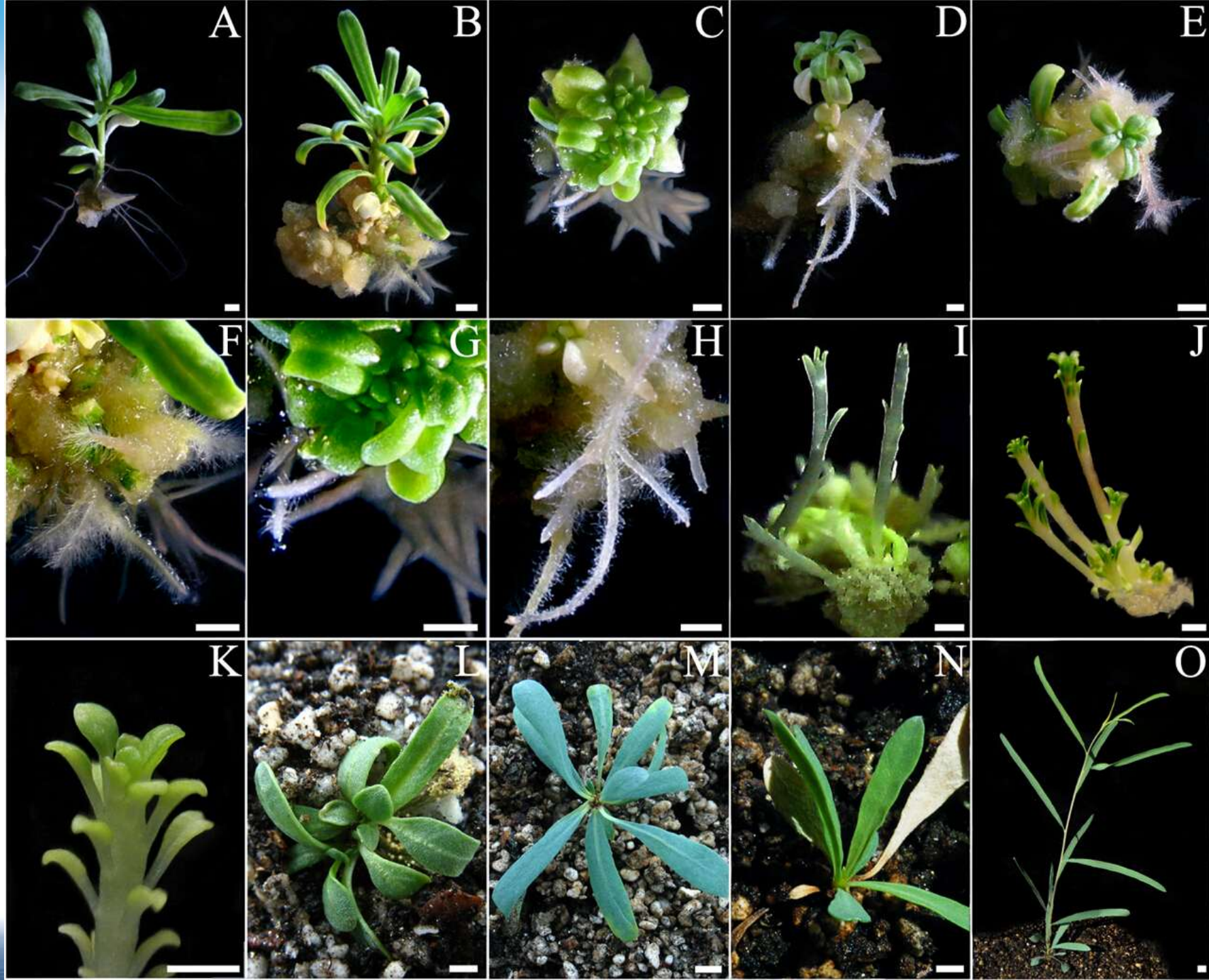


幼年胡杨枝水培萌芽过程



几组处理对胡杨愈伤生长的影响(3)







Contents lists available at ScienceDirect

South African Journal of Botany

journal homepage: www.elsevier.com/locate/sajb



Direct and indirect *in vitro* plant regeneration and the effect of brassinolide on *callus* differentiation of *Populus euphratica* Oliv.

Zeping Cai, Xiao Jing, Xianghong Tian, Jinglong Jiang, Fang Liu, Xinyu Wang *

Ministry of Education Key Laboratory of Cell Activities and Stress Adaptations, School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 July 2014

Received in revised form 22 December 2014

Accepted 14 January 2015

Available online xxxx

Edited by K Doležal

Keywords:

Populus euphratica Oliver

Brassinosteroids

Plant regeneration

Organogenesis

ABSTRACT

Populus euphratica Oliver is a poplar species with very strong tolerance to drought, high temperature, alkalinity and salinity, but it is difficult to propagate due to its intrinsic physiological defects. In this study, an efficient *in vitro* plant regeneration protocol for *P. euphratica* has been established by using the young leaves and stems as explants. With this protocol, among the six types of explants tested, five ones simultaneously produced shoots and *calli* on the MS medium supplemented with 0.5 mg/L α -naphthalene acetic acid (NAA) and 0.5 mg/L N^6 -benzyl aminopurine (BA). Besides, the *calli* produced further differentiated into adventitious buds or shoots on the MS medium supplemented with 0.1 mg/L NAA, 0.5 mg/L BA and 10^{-4} – 10^{-1} mg/L brassinolide (BL). The regeneration rates of buds/shoots that differentiated from the explants and *calli* were up to 52.7% and 73.3% respectively. Up to 75% of the shoots rooted on the 1/2 MS medium with indole-3-butyric acid (IBA) and grew well in outdoor soil. Moreover, it was found that in the presence of BL, the shoot regeneration rate of *callus* was increased by 4–57%, and the time for shoot regeneration was shortened by 20–30 days. This is the first report that describes direct and indirect organogenesis simultaneously occurring in *P. euphratica*, and that BL can significantly promote the differentiation of *P. euphratica* *calli* into shoots.

二、细胞分裂素的存在形式与代谢

（一）细胞分裂素的存在形式

两种



二、细胞分裂素的存在形式与代谢

(一) 细胞分裂素的存在形式

游离型

玉米素、二氢玉米素和异戊烯基腺嘌呤以及它们的核苷酸衍生物；
发挥活性

结合型

“CTK-O-葡萄糖苷”，贮藏形式；
也可能是特殊的运输形式



结合态是储藏形式

就好像粮仓



（二）细胞分裂素的代谢

1. 细胞分裂素的生物合成

合成部位： ①根尖(主要场所)
②茎端
③萌发的种子和发育中的果实、种子

合成的亚细胞部位： 细胞的微粒体中

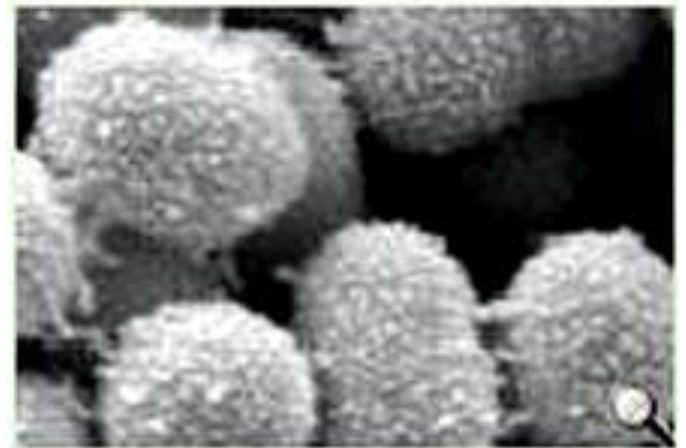
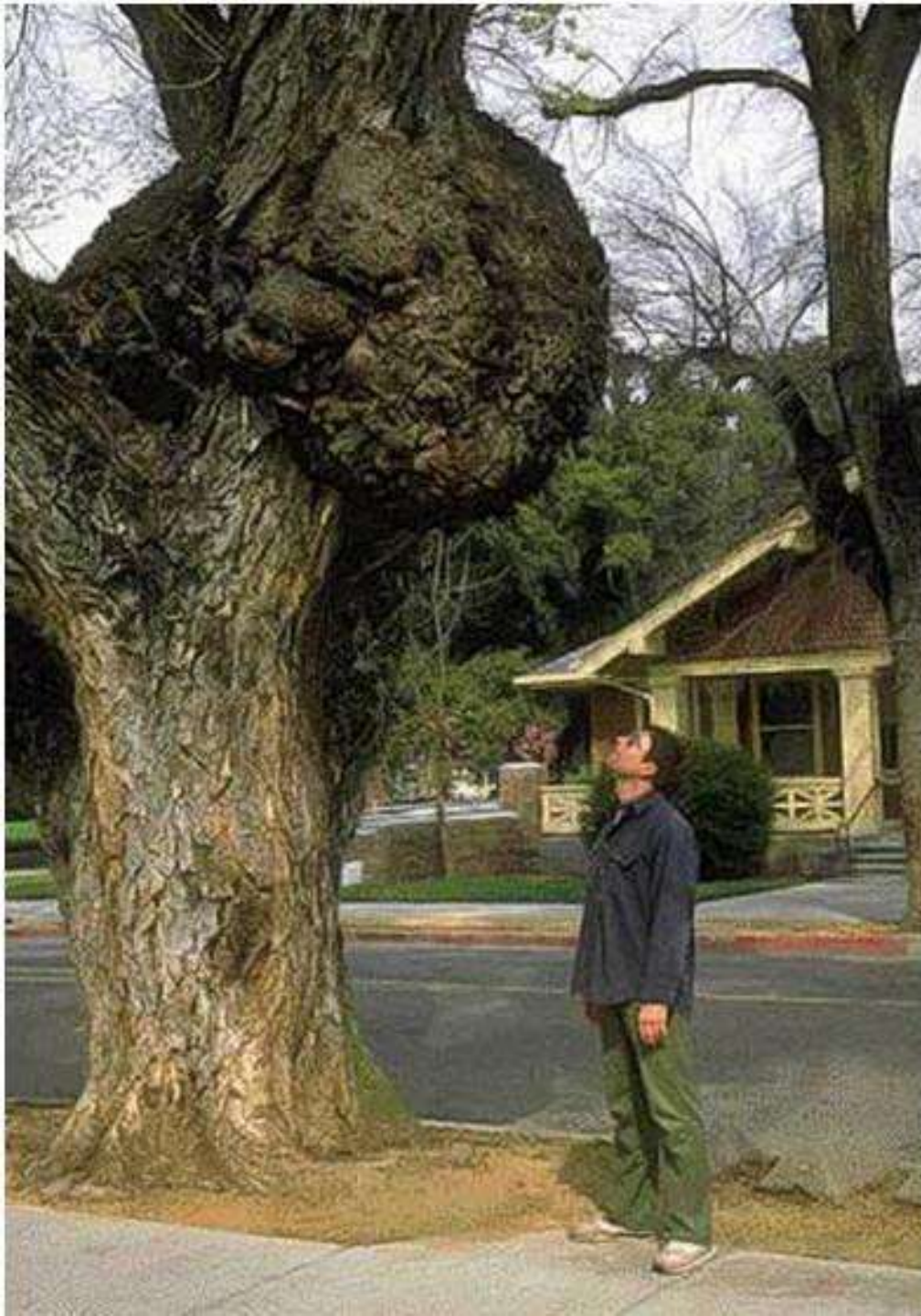


植物的冠瘿细胞也可以合成细胞分裂素



植物肿瘤

病原菌侵染导致



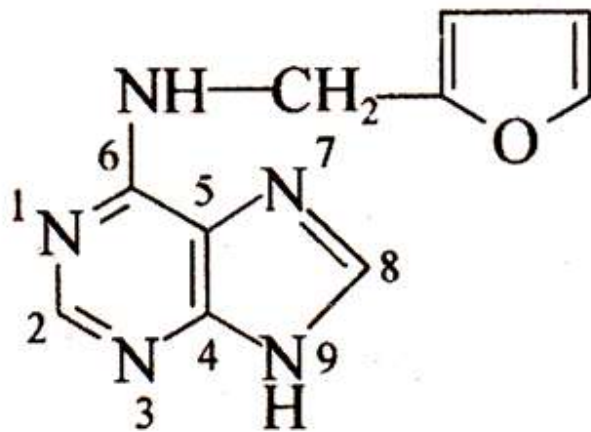
根癌土壤杆菌



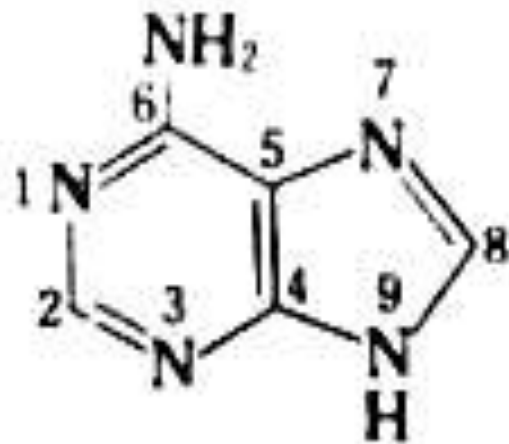
图册

合成途径:

细胞分裂素的生物合成有两条途径：由 **tRNA水解产生** 和 **从头合成**。第一条途径是次要的，第二条途径是主要的。



激动素 (KT)



腺嘌呤

生物合成途径中的 第一个酶：

甲戊烯转移酶(IPT酶)

二甲烯丙基
二磷酸(DMAPP)

ATP/ADP

玉米素

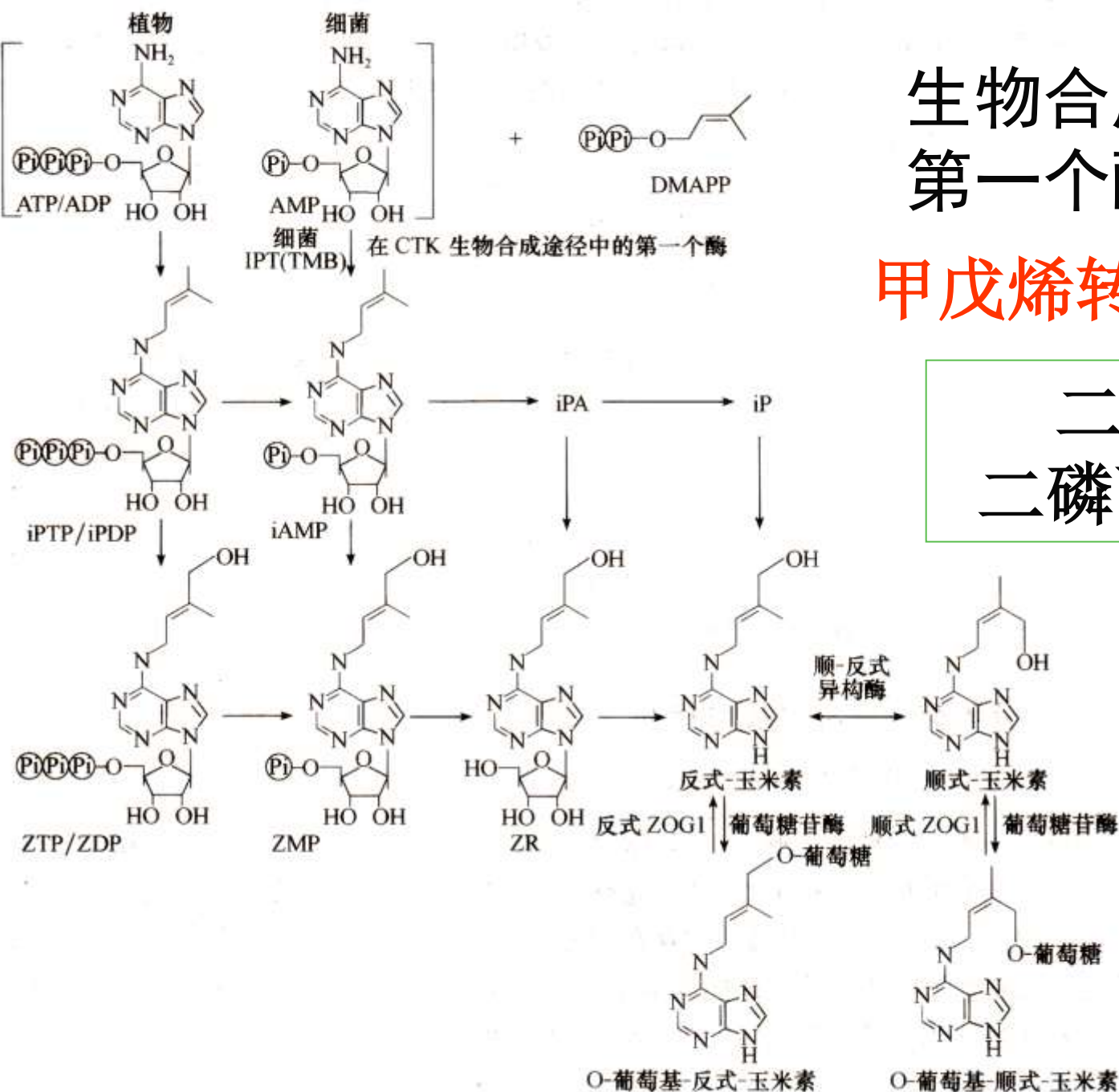


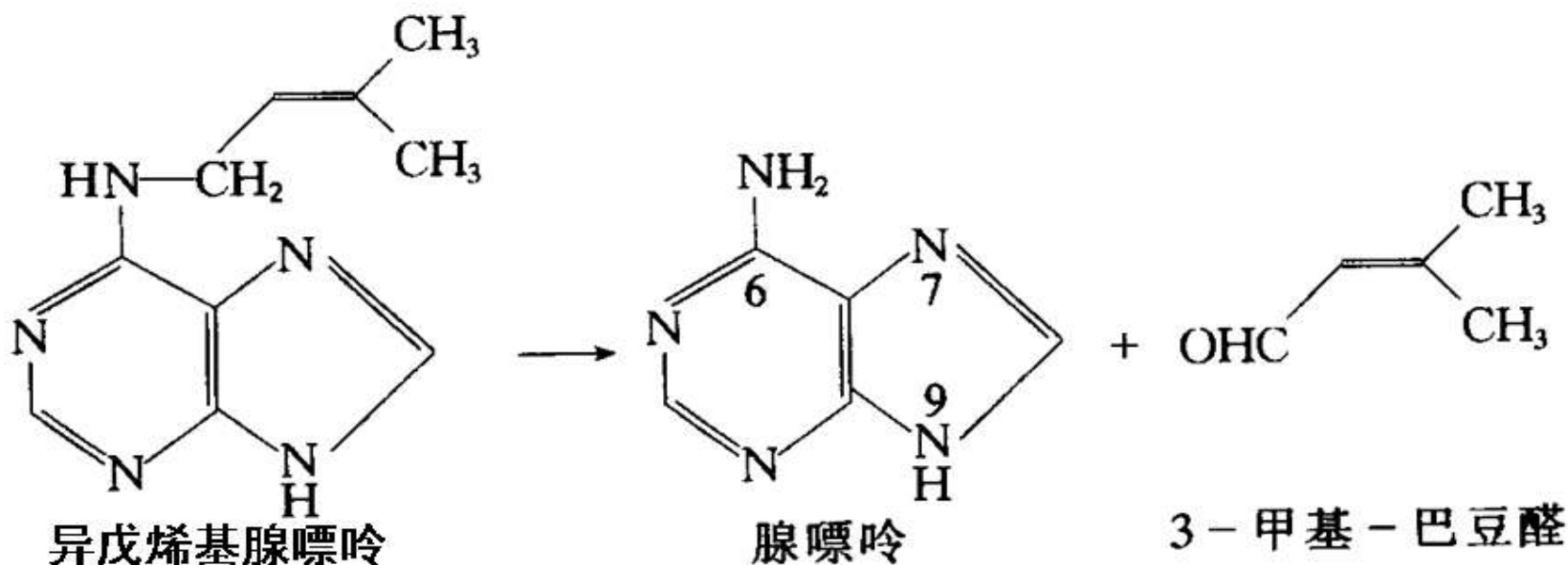
图 8-18 细胞分裂素生物合成途径

2. 细胞分裂素的降解

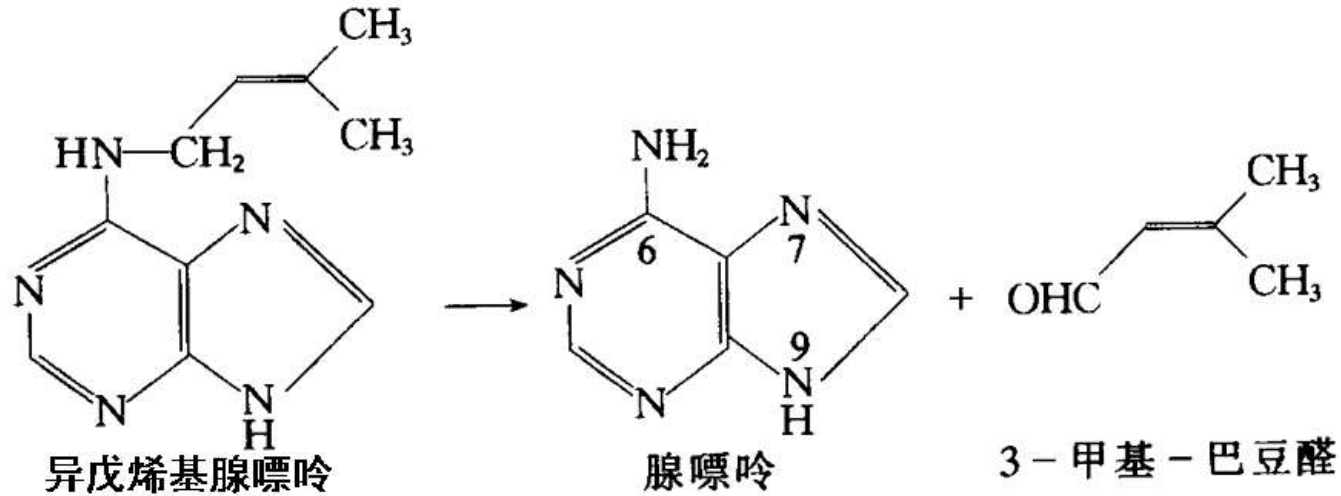
细胞分裂素的氧化分解主要通过**细胞分裂素氧化酶**催化

以分子氧为氧化剂

释放出腺嘌呤等,彻底失去生物活性



细胞分裂素氧化酶**不可逆**地钝化细胞分裂素，
因此它调节或限制该激素的生理作用



植物体维持体内细胞分裂素水平：

- ①生物合成、
- ②**降解**、
- ③结合态、游离态的转变

三、细胞分裂素的分布与运输

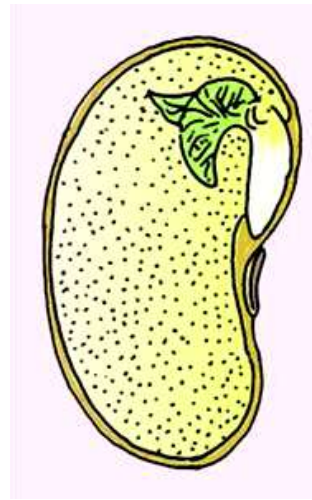
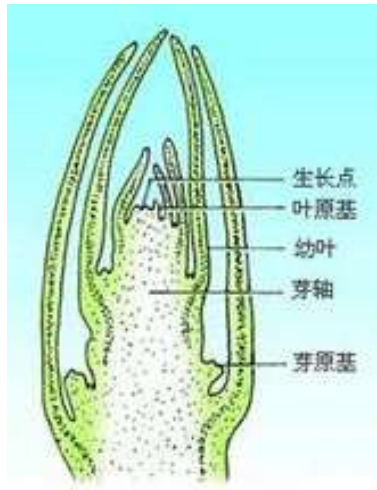
分布部位：正在进行细胞分裂的部位

①根尖

②茎尖

③正在发育与萌发的种子

④发育中的果实



运输

细胞分裂素合成的主要场所：**根系**

分布：根尖、茎尖、萌发种子和发育中的果实

所合成的细胞分裂素通过**木质部**向上运输

运输形式：主要是**玉米素**和**玉米素核苷**



四、细胞分裂素的生理效应

1. 促进细胞分裂与扩大

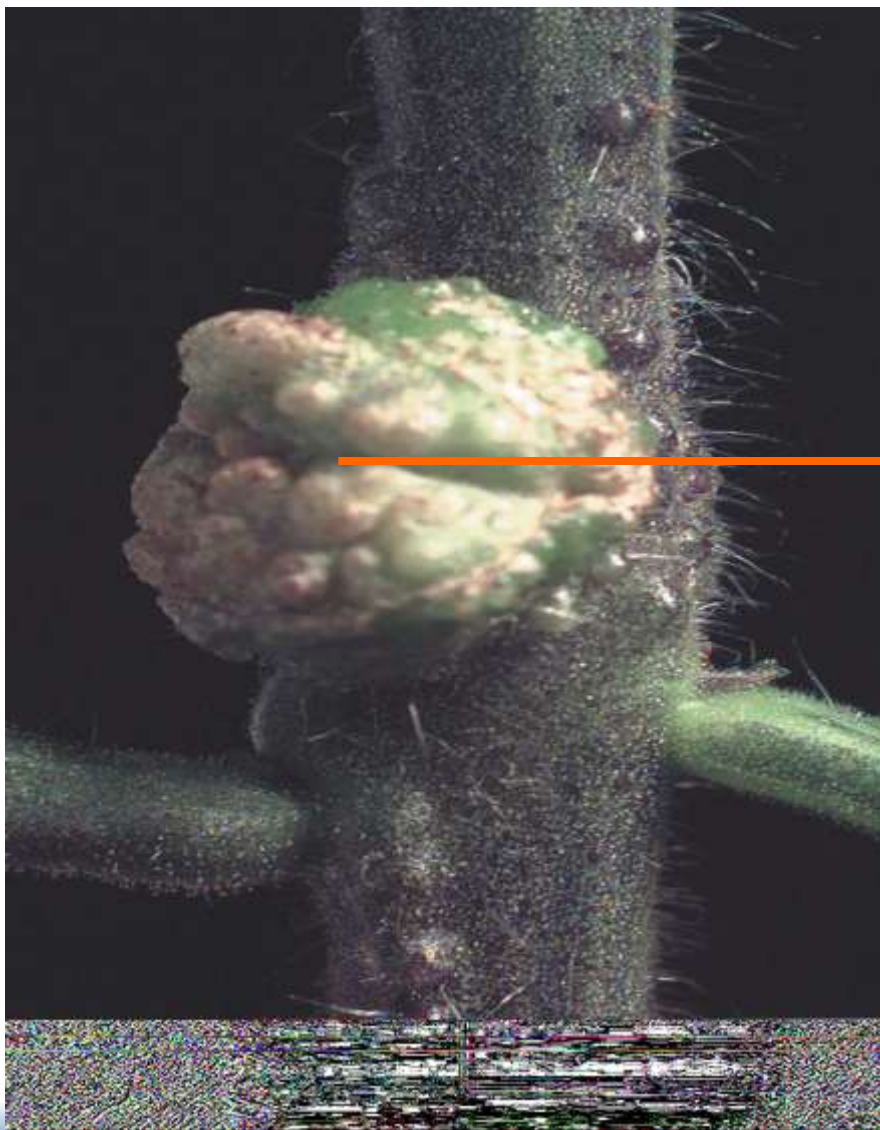
这是细胞分裂素**最主要**的生理效应

细胞分裂包括①细胞核分裂②细胞质分裂

生长素能促进**细胞核的有丝分裂**

细胞分裂素调节**细胞质的分裂**





用带有产生**CTK**
类物质的菌的针，
对番茄茎刺伤后，
产生恶性肿瘤。



2. 促进色素的生物合成

细胞分裂素能够促进叶绿素的
生物合成

细胞分裂素还能促进尾穗苋种苗
在黑暗中合成苋红素



尾穗苋 苋科苋属



3. 促进芽的分化

是细胞分裂素**最重要**的生理效应

应用：组织培养中细胞分裂素(激动素)和生长素的相互作用控制有愈伤组织根和芽的形成。

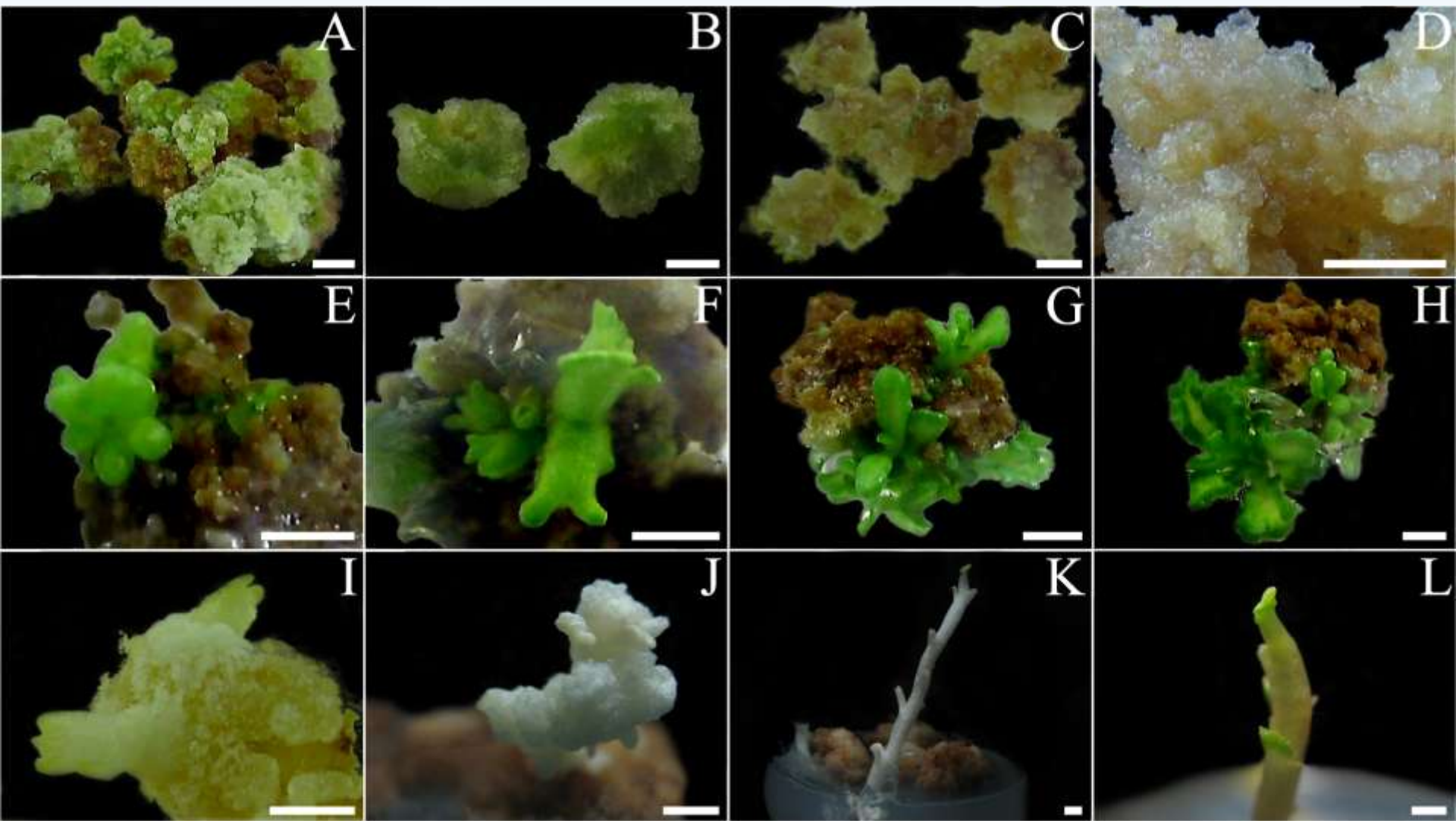
一般而言：

CTK/IAA高时，愈伤组织分化芽；

CTK/IAA低时，分化根；

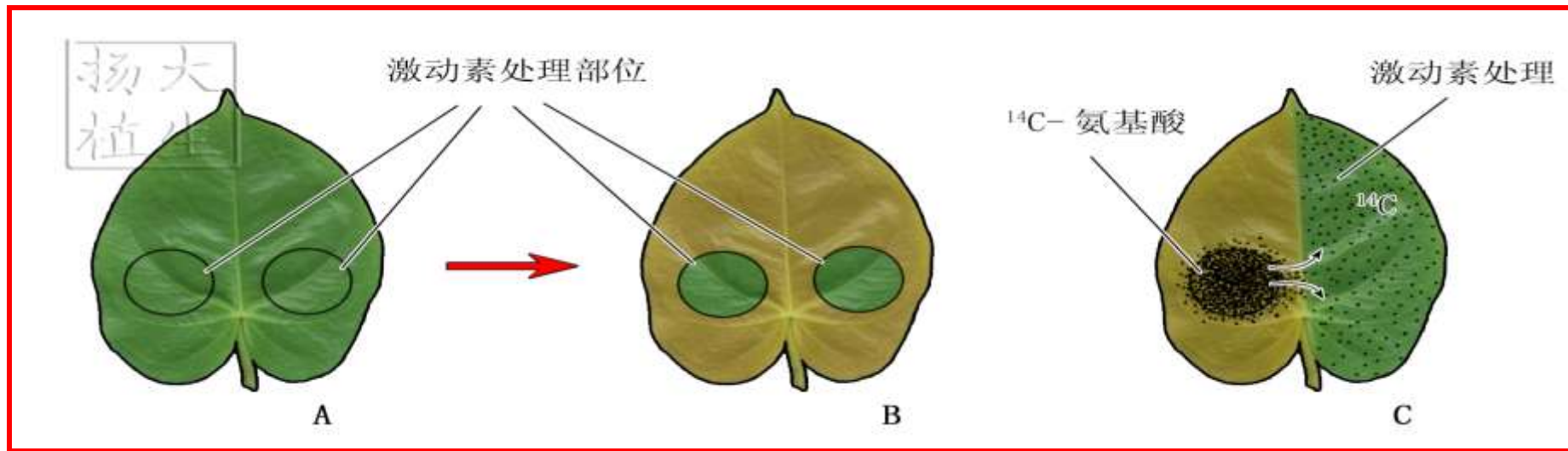
CTK/IAA比例适中时愈伤组织只生长不分化。





4. 延迟叶片衰老

CTK能阻止核酸酶、蛋白酶等水解酶类的合成；吸引营养物质向CTK所在的部位运输。



激动素的保绿作用及对物质运输的影响

A. 离体绿色叶片。圆圈部位为激动素处理区； B. 几天后叶片衰老变黄，但激动素处理区仍保持绿色； C. 放射性氨基酸被移动到激动素处理的一半叶片，黑点表示有 ^{14}C -氨基酸的部位

**CTK有保绿及
延缓衰老等作用，
故可用来处理水果
和鲜花等以保鲜、
保绿，防止落果。**



表达ipt基因的植物
仍然为绿色，光合
作用

相似年龄对照：提
前衰老，没有光合
作用



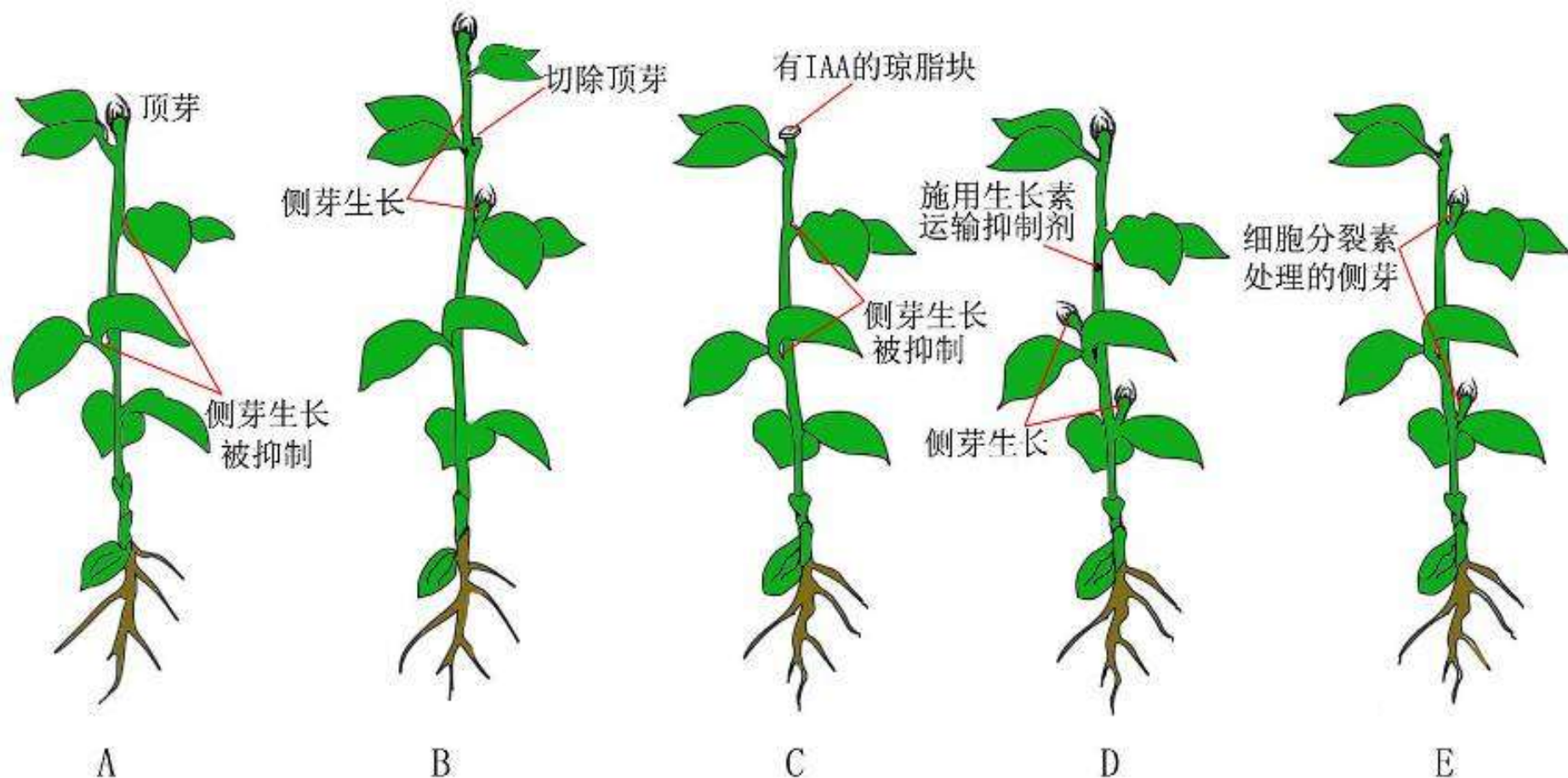
5. 促进侧芽发育

细胞分裂素能促进侧芽发育,消除植物的顶端优势

原因：①细胞分裂素除能解除生长素对侧芽的抑制作用；
②促进输导组织的分化使更多的营养物质运向侧芽,促进侧芽生长

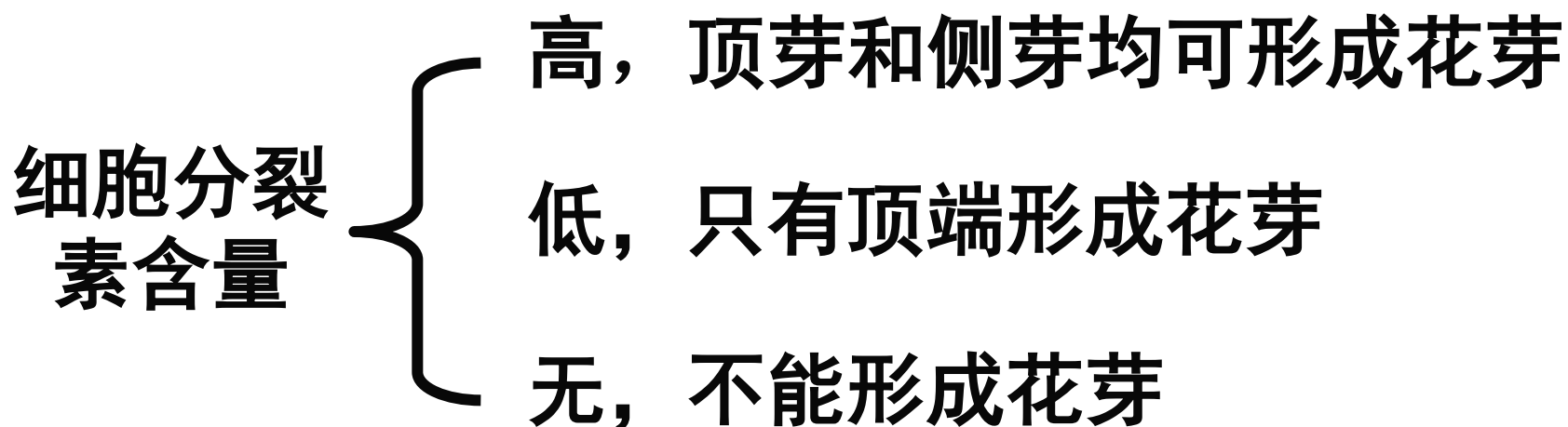
消除/打破顶端优势

用细胞分裂素处理的叶腋长出侧芽



6. 促进果树花芽分化

细胞分裂素能够促进果树的花芽分化。



五、细胞分裂素的信号转导

- 1.受体: CRE1、AHK2、AHK3
- 2.响应调节蛋白(ARR): A-ARR和B-ARR
- 3.细胞分裂素信号能影响生长素、乙烯和赤霉素信号



第五节 脱落酸

一、脱落酸的发现

1963年:

1. 美国的阿狄柯特 (Addicott) 等在研究棉花幼铃脱落时, 发现一种促进脱落的物质, 定名为脱落素 II。
2. 几乎同时, 英国的韦尔林 (Wareing) 从秋天即将进入休眠的槭树叶片中也分离出一种促进芽休眠的物质, 定名为休眠素。

经化学鉴定证明, 脱落素 II 与休眠素具有相同的分子结构, 为同一物质

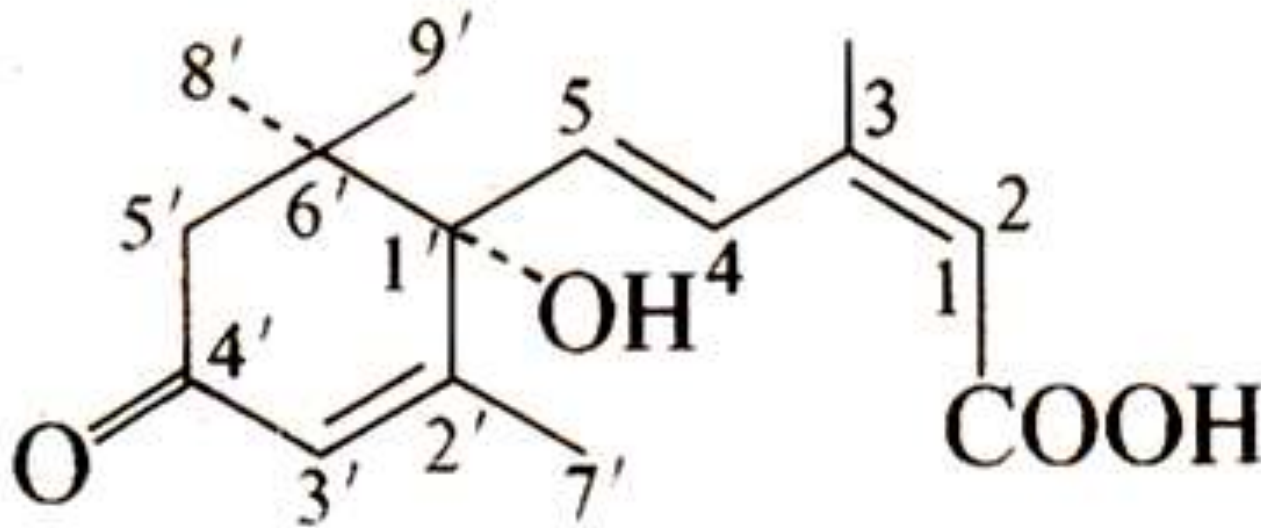
1967年:

在第六届国际生长物质会议上统一命名为**脱落酸(ABA)**。

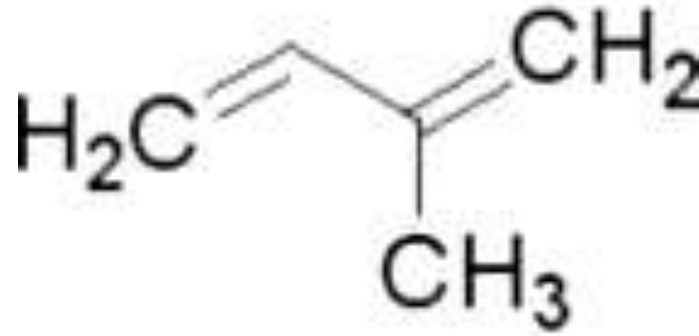


脱落酸的分子结构

脱落酸(abscisic acid ABA)是一种以**异戊二烯**为基本单位的含**15碳**的**倍半萜羧酸**，分子式是 $C_{15}H_{20}O_4$ 。



异戊二烯:



半萜: 由一个异戊二烯单元构成。异戊二烯本身被认为是半萜。

单萜: 由两个异戊二烯单元构成。

倍半萜: 由三个异戊二烯单元构成。

脱落酸: 含**15**碳的**倍半萜羧酸**

二、脱落酸在植物体内的存在形式与代谢

(一) 脱落酸在植物体内的存在形式

游离型

天然的脱落酸是右旋的**S-ABA**，
活性形式

结合型

与细胞内的单糖或氨基酸以共价键结合而失去活性，**贮藏形式、运输形式**



(二) 脱落酸的代谢

1. 脱落酸的生物合成

合成部位：根、茎、叶、果实和种子

亚细胞部位：①根细胞的前质体
②绿色细胞的叶绿体

合成前体：甲瓦龙酸(甲羟戊酸)



2. 脱落酸的代谢

(1) 氧化降解途径

ABA首先在**单加氧酶**的作用下被氧化，随后经过一系列过程后最终失去活性。

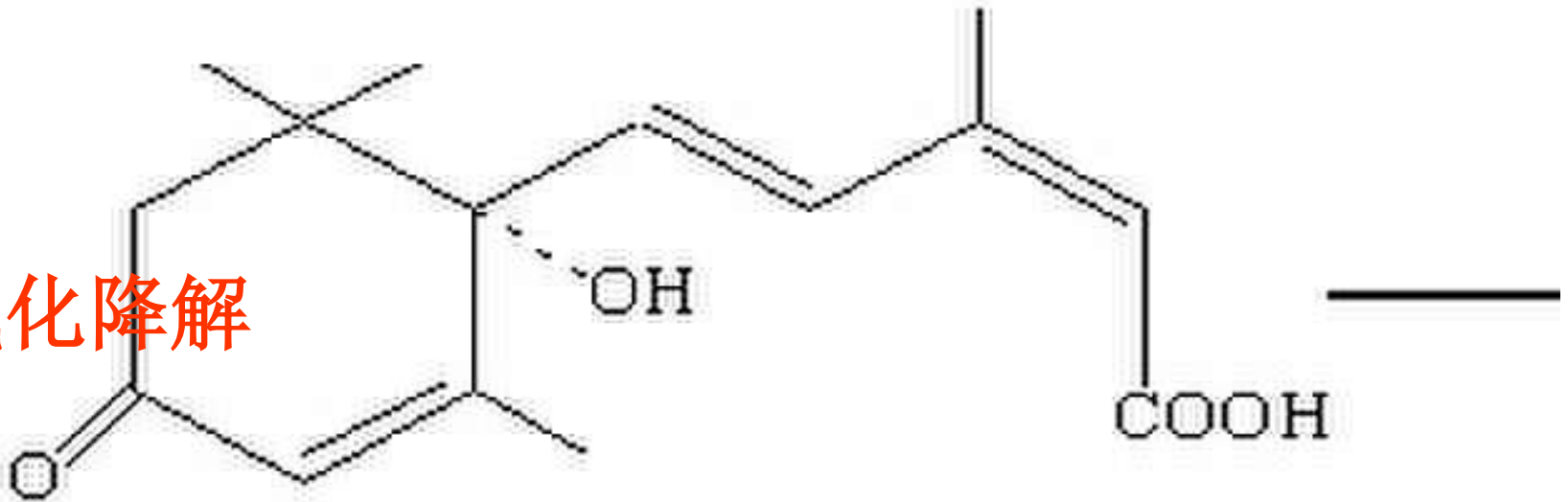
(2) 结合失活途径

ABA和糖或氨基酸结合形成没有活性的**结合态ABA**



结合失活

氧化降解



ABA 氧化降解

ABA氧化降解和结合失活途径

三、脱落酸在体内的分布与运输

含量与分布：

- ①脱落酸存在于所有的微管植物中，包括被子植物、裸子植物和蕨类植物。
- ②高等植物各器官和组织中都含有脱落酸
- ③将要脱落或将要进入休眠状态的器官和组织中脱落酸含量较高
- ④在逆境条件下,其含量会迅速增加。



运输:

- ①脱落酸的运输不存在极性。
- ②既可在木质部运输,也可在韧皮部运输。
- ③在根部合成的ABA则通过木质部运到地上部分。
- ④主要以游离态的形式运输,小部分以脱落酸糖苷形式运输。
- ⑤脱落酸在植物体的运输速度很快。

四、脱落酸的生理效应

1. 抑制生长

脱落酸可抑制整株植物或离体器官的生长

主要原因是脱落酸能阻止细胞的 H^+ 分泌，从而阻止了细胞壁的酸化和细胞伸长。

生长素——酸生长学说



2. 促进休眠，抑制种子萌发

施用外源**ABA**时,可使旺盛生长的枝条停止生长而进入休眠。

种子的休眠也与种子中脱落酸的含量有关。



在冬季来临前，用**20ppm** 的**ABA**喷施苹果，使果树提前进入休眠状态，提高其抗寒能力。

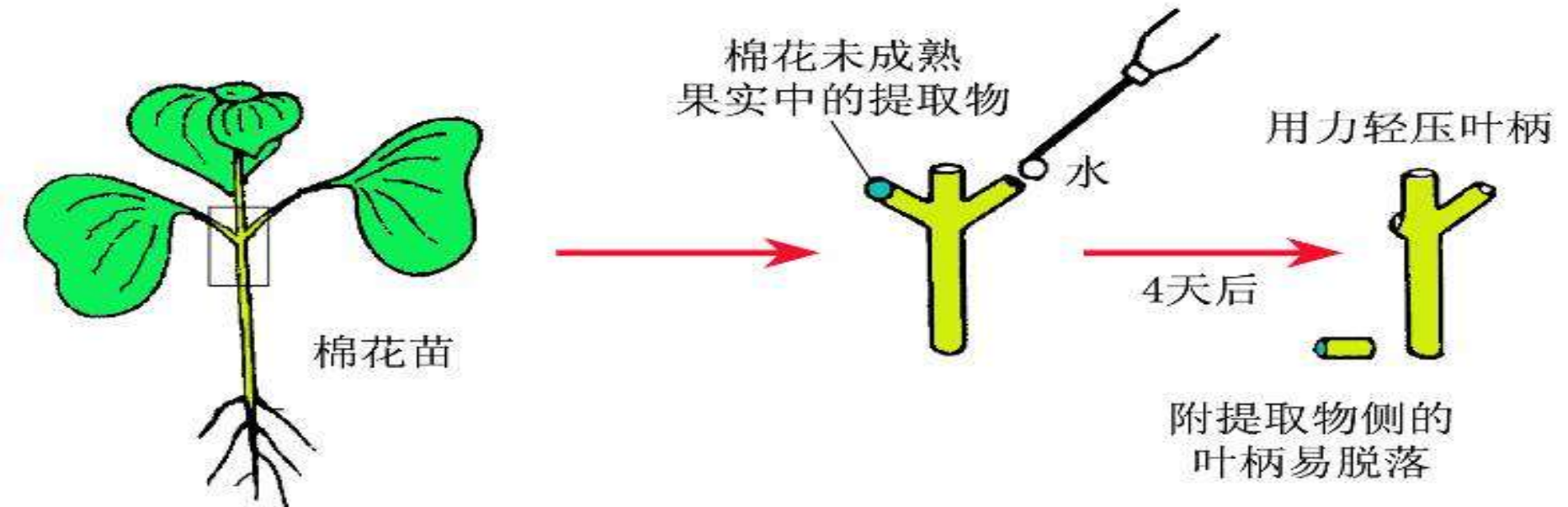
桃、蔷薇的休眠种子的外种皮中存在大量的脱落酸，这样的种子需要进过**春化**，脱落酸水平降低后，种子才能正常发芽。



3. 促进脱落

脱落酸具有明显促进器官脱落的作用

如将带第一对叶的棉花幼苗茎切下来,用注射器把含有脱落酸的琼脂注入茎的切面或叶柄的切面,经过一段时间后,在叶柄上施加一定的外力,叶柄就会脱落。



但近年来的实验证明决定植物器官脱落的内源激素主要是**乙烯**,脱落酸通过**增加乙烯的生成**,从而间接地促进叶片等器官的脱落。

脱落酸 **促进** → 乙烯合成 **促进** → 器官脱落



4. 增加抗逆性

干旱、寒冷、高温、盐渍和水涝等逆境都能使植物体内**ABA**迅速增加，同时抗逆性增强。

ABA又称为应激激素或胁迫激素



5. 促进气孔关闭

在水分胁迫下,叶片保卫细胞中的**ABA**含量显著增加。

施用外源**ABA**也可引起气孔关闭,降低蒸腾作用。



ABA是根系感受干旱的信号

当土壤水分胁迫开始



根部感受到水分胁迫



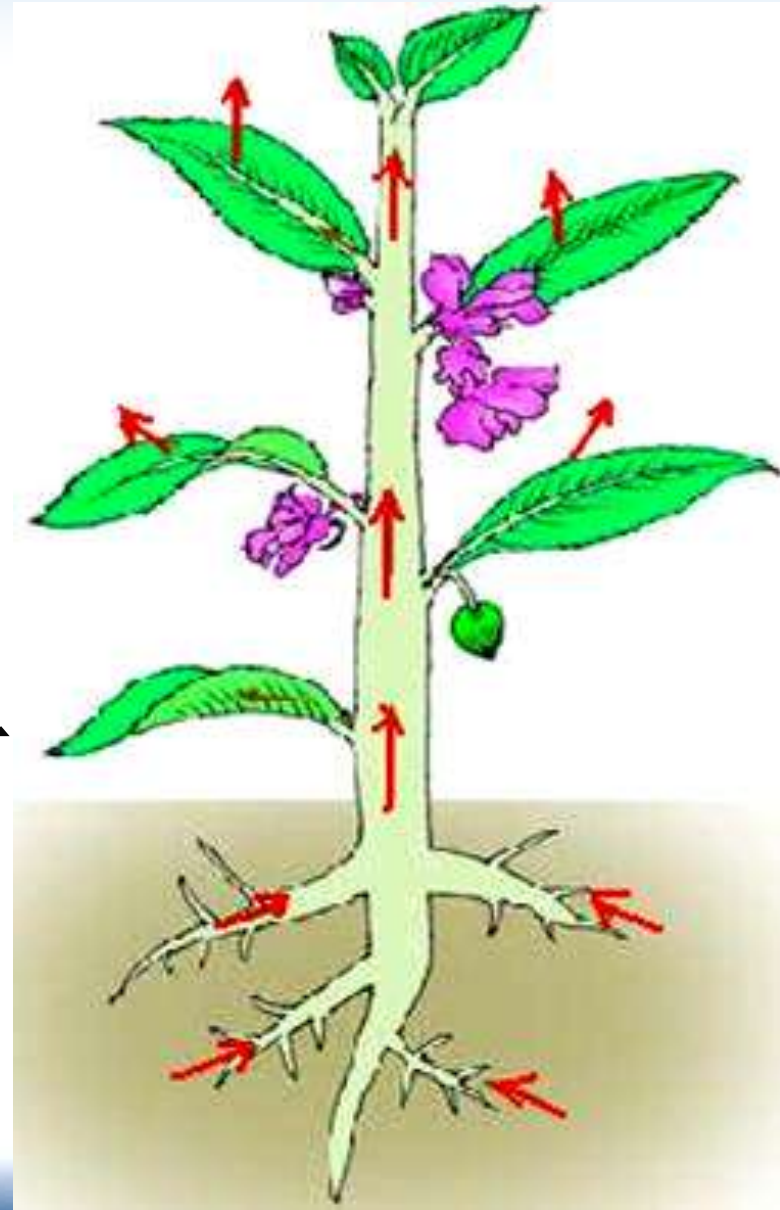
刺激ABA的合成



ABA通过木质部运输到叶片



导致气孔的关闭



鸭趾草



ABA诱导气孔关闭

A: pH6.8, 50mmol/L KCl

B: 转移至添加 $10\mu\text{mol/L}$ ABA的溶液中, 10~30min内气孔关闭



6. 影响开花

当用脱落酸溶液喷施**短日植物**黑醋栗、牵牛、草莓及藜属等植物的叶片时,可使植株在长日照条件下开花。

但用脱落酸处理毒麦、菠菜等长日植物,则明显地抑制开花。





五、脱落酸的作用机理

受体：未知，可能是**FCA**。

调节的基因表达：

种子**休眠有关**的基因、热激蛋白基因和胚胎发育后期丰富蛋白(**LEA**)基因。

