

第九章 植物的生长生理

第一节 植物细胞的生长与分化

第二节 植物的组织培养

第三节 种子的萌发

第四节 植物的生长

第五节 植物的光形态建成

第六节 植物的运动

第七节 生物种



种子植物的个体发育始于**受精卵**
(**合子**)的第一次分裂。

两个阶段：

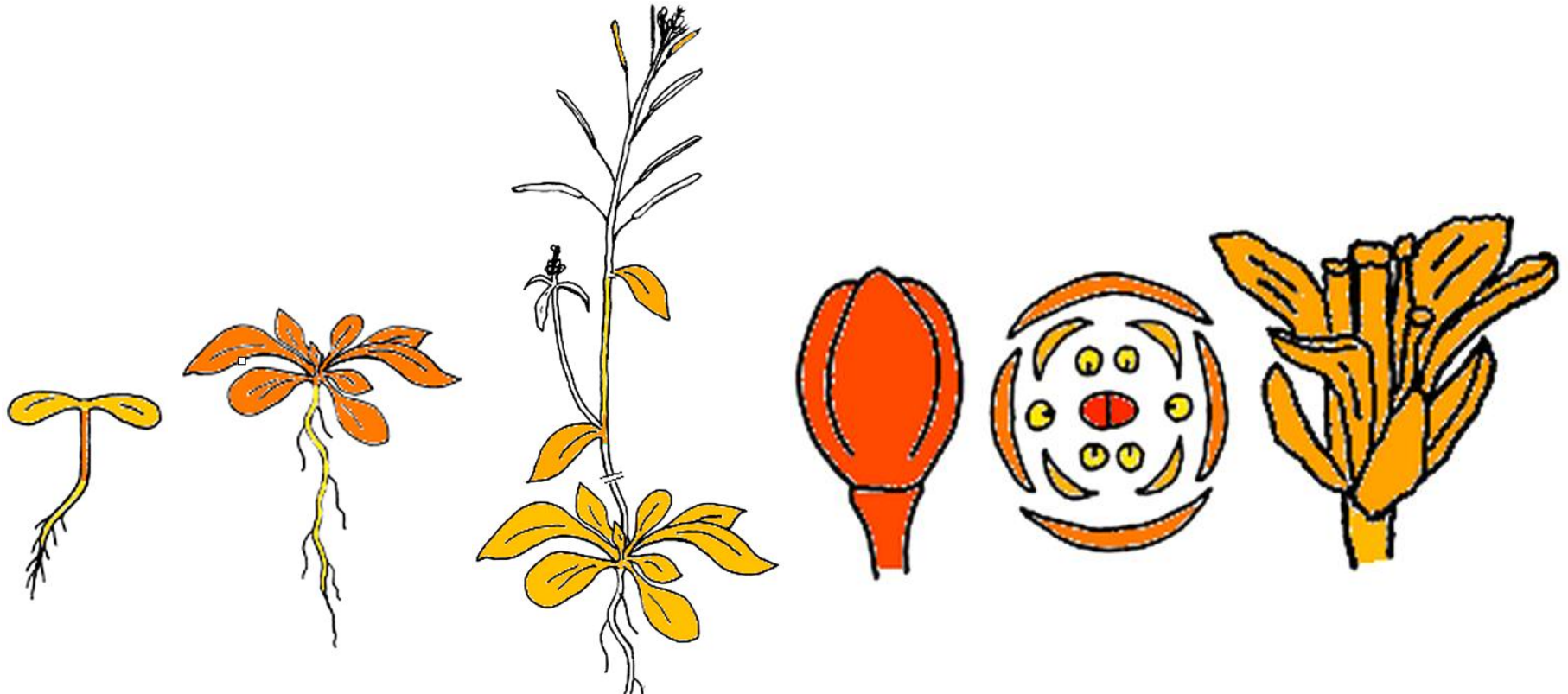
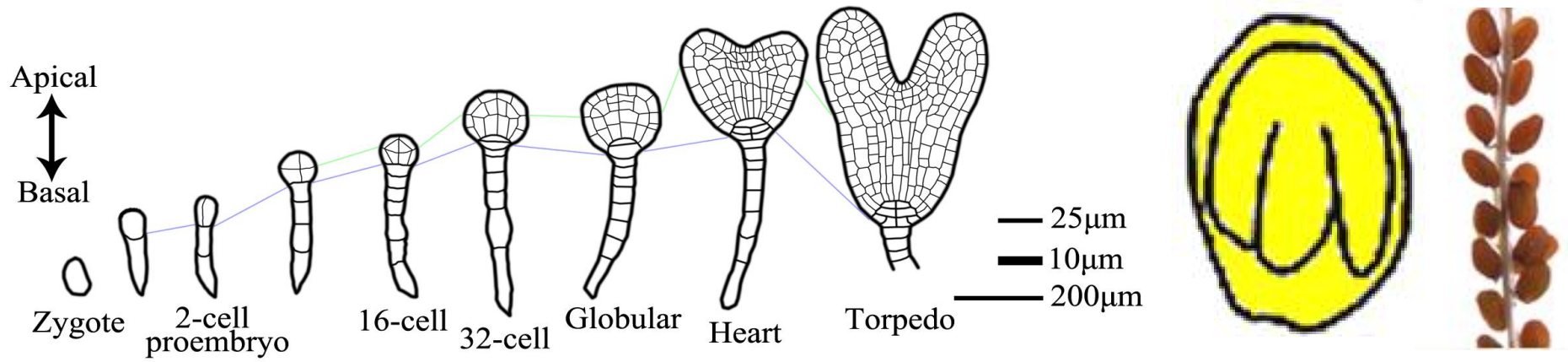
种子植物
的个体发育



胚胎发育：到种子的形成结束

胚后发育：从种子萌发开始

种子植物的个体发育



第三节 种子的萌发

种子萌发(seed germination): 指种子从吸水到**胚根突破种皮**期间所发生的一系列生理生化变化的过程。

一般以种子的**胚根突破种皮**作为种子萌发的标志。



而在农林业生产中认为到幼苗出土为止

一、种子的寿命

种子的寿命(longevity): 指种子从完全成熟到丧失生活力（或死亡）所经历的时间。

根据种子寿命的长短分为以下几类：

短命种子： 几小时～几周：杨（几周）、柳（12h）

中命种子： 几年～几十年：多数栽培作物。

长命种子： 百年～千年：莲花。



二、影响种子萌发的环境条件

①足够的**水分**、②充足的**氧气**、③适宜的**温度**，④有些种子还需要**光照**条件



(一) 水分

吸水是种子萌发的**第一步**,是**必要条件**。

作用:

- ①水分能软化种皮,有利于氧气供应和胚根突破种皮;
- ②可使原生质由凝胶态转变为溶胶态,促进各种代谢进行;
- ③水分促进可溶性糖、氨基酸等物质运输到胚,供胚呼吸、生长所需;
- ④水分促进束缚型激素转变为自由型,调节胚的生长。

不同植物种子萌发过程中吸水量不同。

较低: 禾谷类淀粉种子和脂肪种子

较高: 豆科蛋白质种子

各种主要作物种子萌发时的最低需水量

作物种类	需水量 (%)	作物种类	需水量 (%)
水稻	35-40	棉花	58-80
小麦	60	豌豆	186
玉米	39.8	大豆	120
油菜	48.3	蚕豆	157



（二）温度

适宜的温度是种子萌发的**重要因素**。

作用：

①温度影响种子吸水；

②温度影响气体交换；

③温度影响酶的活性；

从而影响呼吸代谢和胚的生长。

萌发温度三基点：最低、最适和最高温度

最适温度：种子发芽率最高、发芽时间最短的温度



最适温度一般与原产地生态条件有关系

北方的植物低，南方的植物高

几种植物种子萌发的温度范围			
种类	最低温度	最适温度	最高温度
小麦	3~5	15~31	30~40
水稻	10~12	30~37	40~42
玉米	8~10	32~35	40~44
花生	12~15	25~36	40~45
大豆	6~8	25~30	39~40



在最适温度下,虽然种子萌发最快,但由于呼吸速率高,消耗物质较多,幼苗往往生长得不健壮,抗逆性差。因此**在生产上应控制种子萌发的温度比萌发最适温度稍低一些**,才能使萌发出的幼苗更健壮。

变温比恒温更有利于种子萌发。



(三) 氧气

氧气是种子萌发必不可少的条件。

如果种子萌发期间 O_2 供应不足,则会导致**无氧呼吸**,一方面贮藏物质消耗过多过快,另一方面产生乙醇引起中毒。



(三) 氧气

一般作物种子需要空气含氧量在**10%**以上才能正常萌发,若空气含氧量下降至**5%**以下时,多数作物种子不能萌发。

需氧量比较:

含脂肪较多的种子
(如大豆、花生、向日葵)



淀粉种子
(如麦类、玉米)



(四) 光 照

光对大多数植物种子的萌发没有明显影响。

需光种子: 萌发需要光, 在暗中不能萌发或萌发率很低的种子。

(如烟草、莴苣、胡萝卜等)

嫌光种子 (需暗种子): 萌发受光的抑制, 在黑暗下易萌发的种子。

(如瓜类、茄子、番茄、洋葱、苋菜等)

莠苳种子



图 9-3 莠苳种子在黑暗、红光和远红光下的萌发 (Kendrick and Frankland, 1976)

光敏素

表 9-3 红光 (r) 和远红光 (fr) 的反复照射对莠苳种子萌发的影响
(在 26℃下连续以 1min 的红光和 4min 的远红光曝光)

照光处理	种子萌发率/%	照光处理	种子萌发率/%
黑暗	14	R+FR+R+FR	6
R	70	R+FR+R+FR+R	76
R+FR	6	R+FR+R+FR+R+FR	7
R+FR+R	74	R+FR+R+FR+R+FR+R	81

三、种子萌发过程

分为5个阶段：

1. 吸胀吸水期 (衬质势吸水)
2. 细胞恢复活跃的生理活动
3. 胚细胞恢复分裂和延长
4. 胚根和胚芽伸出种皮
5. 幼苗形成
(子叶出土型和子叶留土型幼苗)

子叶出土型的幼苗：种子萌发，下胚轴迅速伸长，将上胚轴和胚芽一起推出土面的幼苗类型。

（如棉花、菜豆、蓖麻等，不宜深播）

子叶留土型的幼苗：种子萌发，上胚轴伸长，而下胚轴不伸长，子叶留在土壤里的幼苗类型。

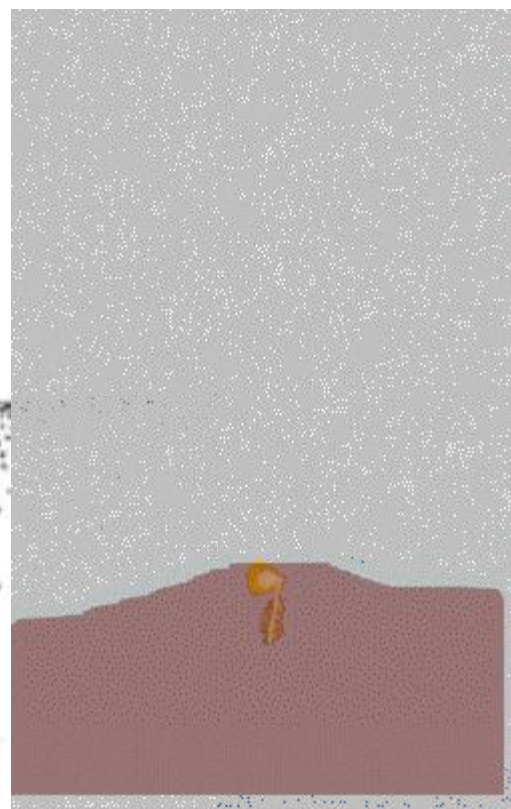
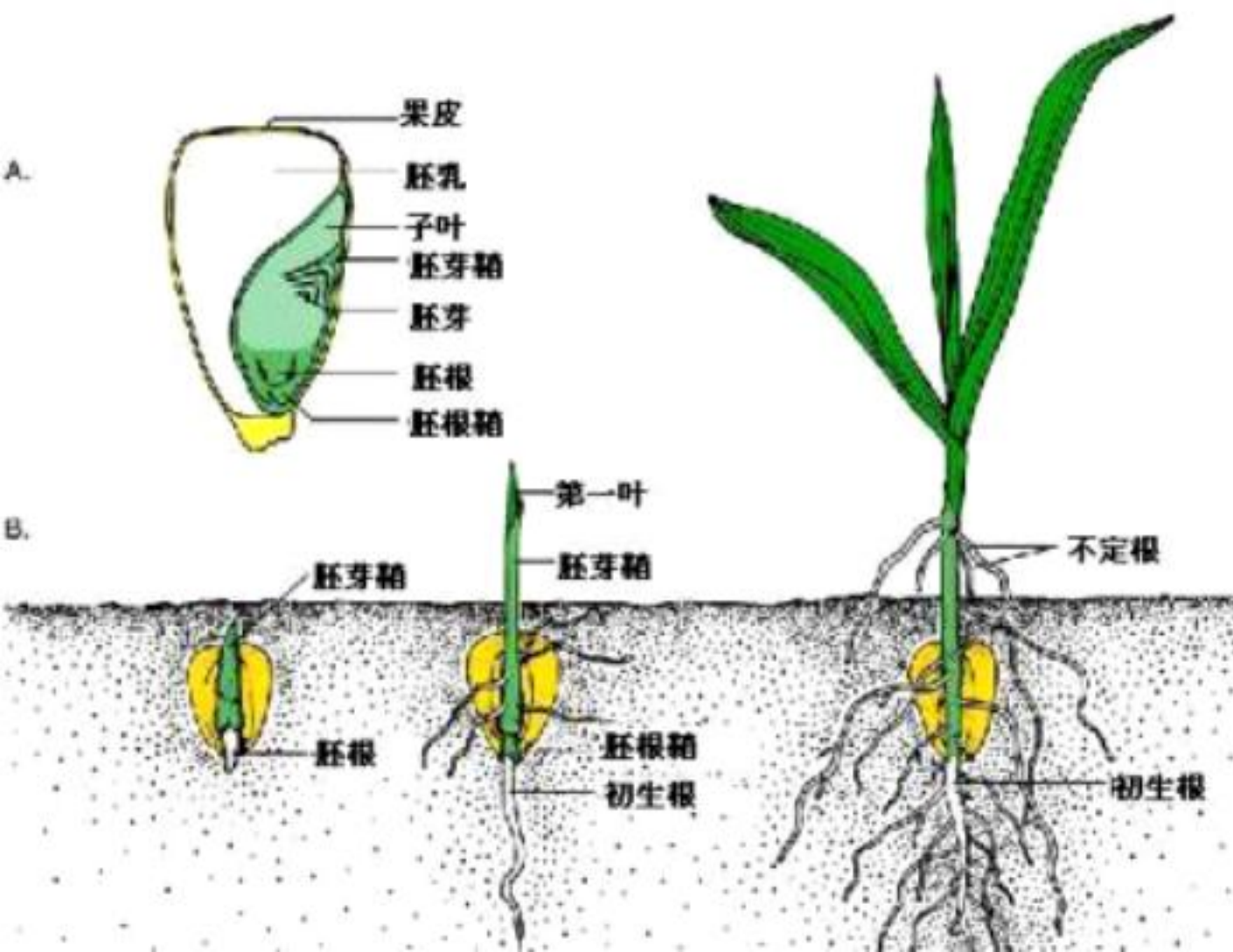
（如玉米、小麦、豌豆、蚕豆等，可以深播）



菜豆

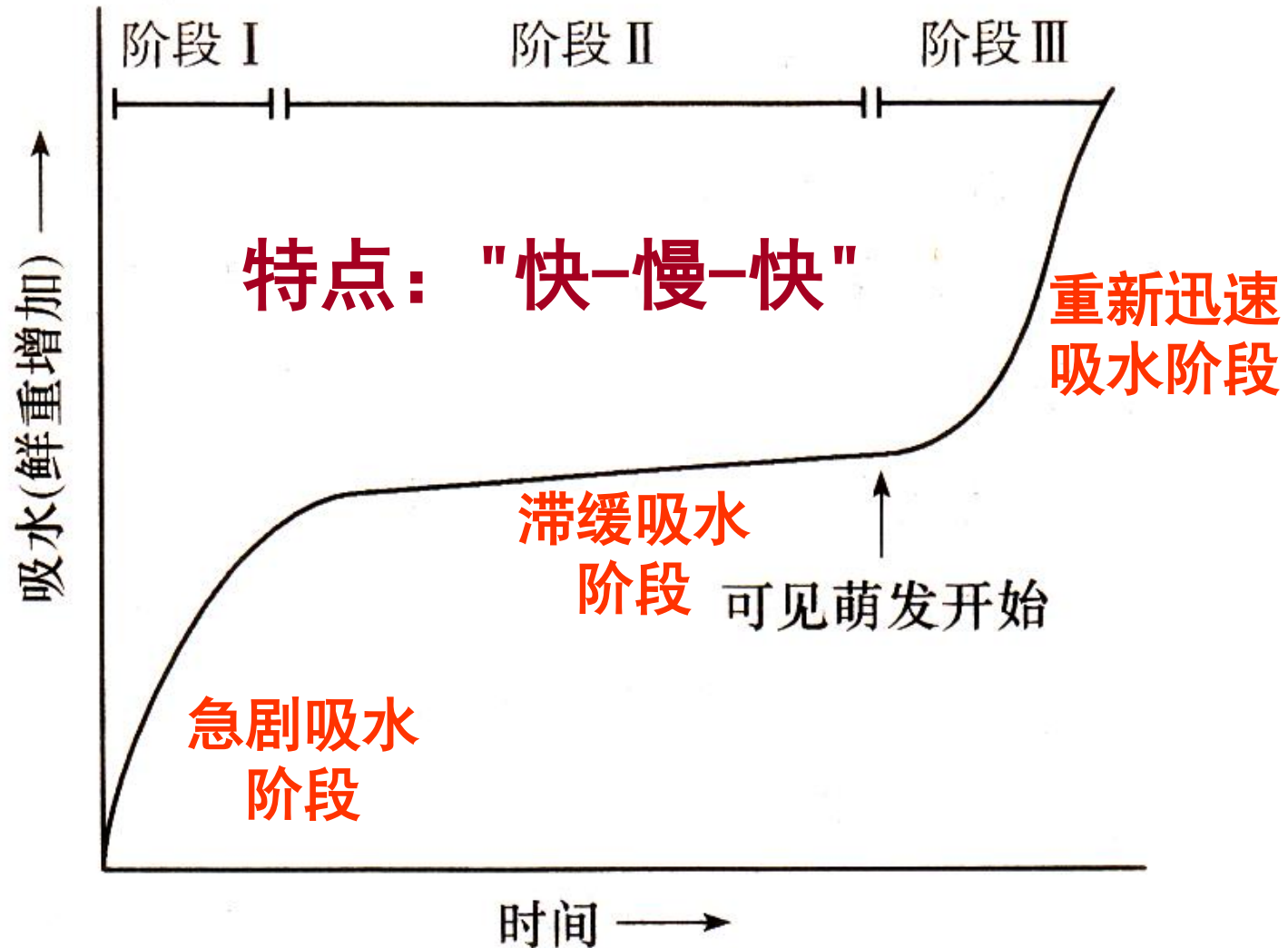


玉米



四、种子萌发时的生理生化变化

(一) 吸水过程的变化



1) 阶段 I ——急剧吸水阶段:

特点:

A. 由衬质势引起的物理性吸水

B. 种子死的、活的、休眠与否均能进行

C. 吸水量取决于种子的成分

豆类种子>淀粉种子>油料种子

D. 吸水速率与种皮的结构和组成成分有关



2) 阶段Ⅱ——滞缓吸水阶段:

特点:

- A. 种子鲜重增加趋于稳定
- B. 种子内部一些酶开始形成或活化
- C. 时间的长短取决于种子的种类与温度
(如菜豆只需要4h,豌豆需要1d)
- D. 休眠或死种子停留在第二阶段



3) 阶段Ⅲ——重新迅速吸水阶段:

特点:

- A.** 胚的生长引起的渗透性吸水
- B.** 鲜重又明显升高,但干重不断下降



(二) 呼吸作用和酶活性的变化

呼吸作用的变化:

- ①干种子——呼吸速率很低
- ②滞缓吸水阶段——无氧呼吸为主
- ③胚根突破种皮——有氧呼吸为主



种子萌发时, 酶的来源:

①由种子形成时产生, 吸水后由非活性转变为活性状态。

(β -淀粉酶、磷酸酯酶和支链淀粉葡萄糖苷酶)

②由贮藏mRNA(也叫长命RNA)在萌发过程中翻译形成。

③基因转录合成新mRNA,再以mRNA为模板翻译成新的酶。

(活性出现较晚)

(三) 贮存物质的变化

有机物质的转变:

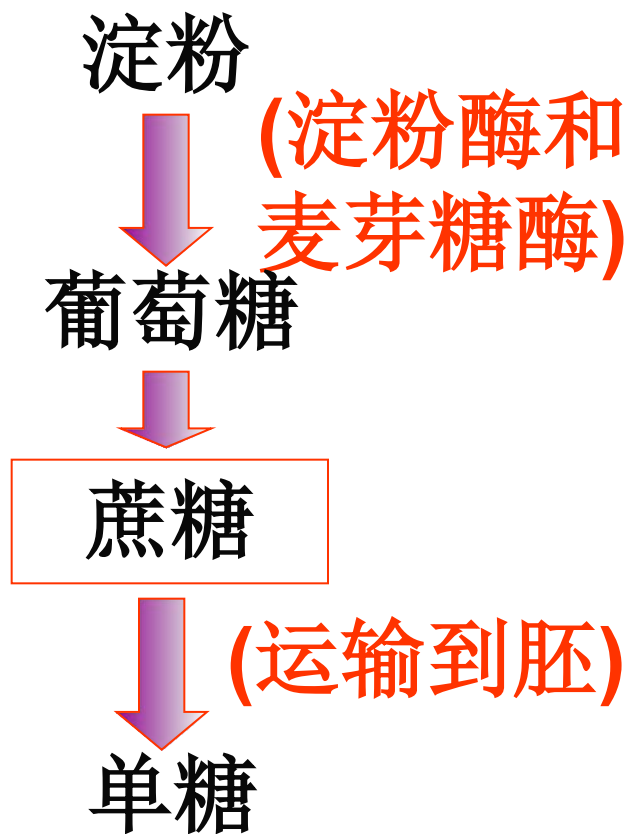
水解→转移→重新合成

大分子化合物必须**先经水解**变成小分子的可溶性状态才能**转移**至胚中,用于胚的呼吸和合成胚的结构物质



1. 淀粉的转变

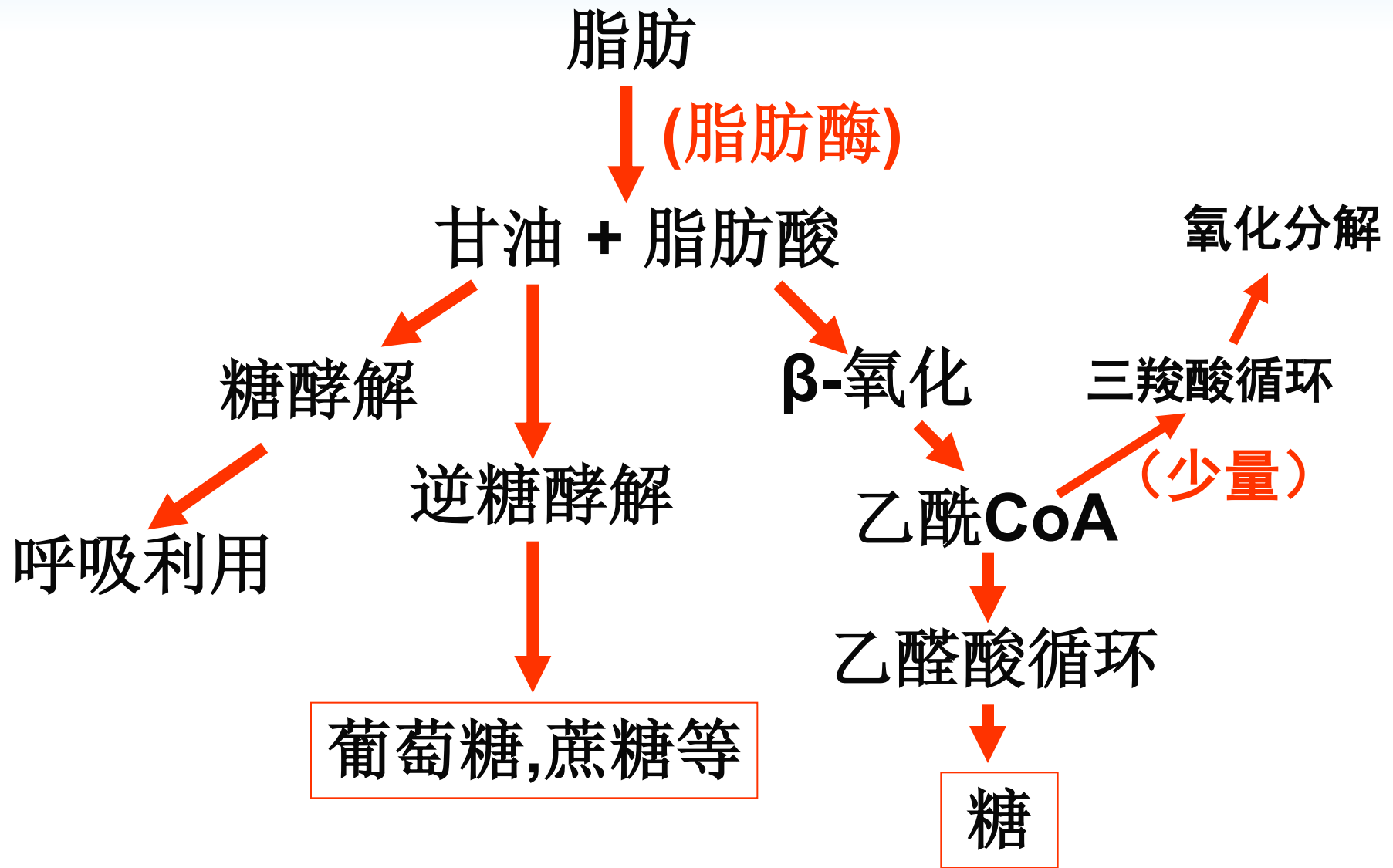
种子萌发过程中：



在淀粉酶的作用下,淀粉逐渐被水解为**蓝糊精**、**红糊精**、**无色糊精**,最后形成**麦芽糖**。麦芽糖又在麦芽糖酶的作用下,再转变为**葡萄糖**。

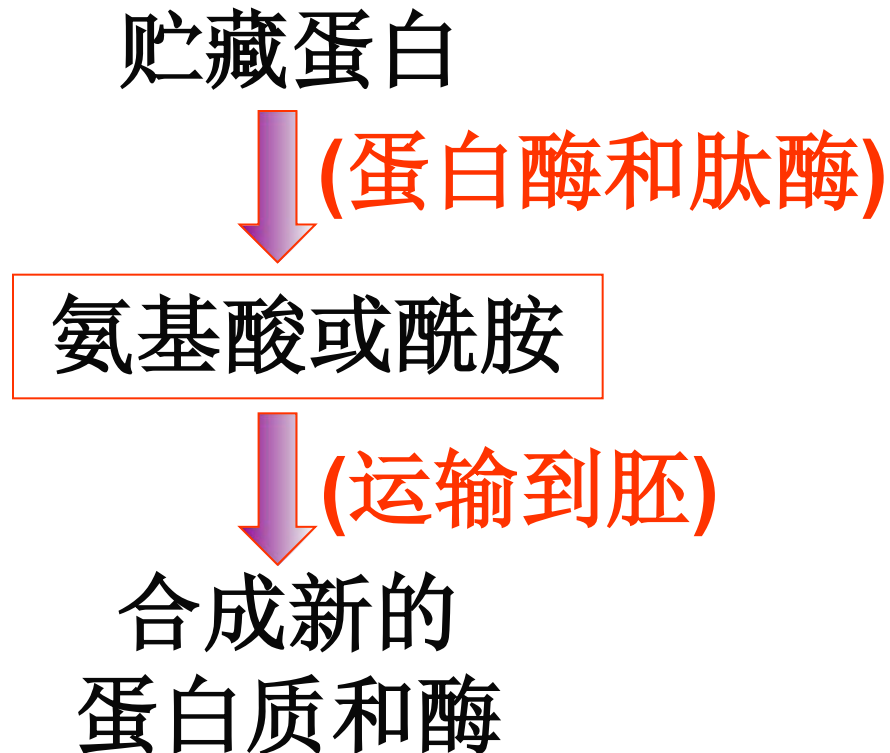


2. 脂肪的转变



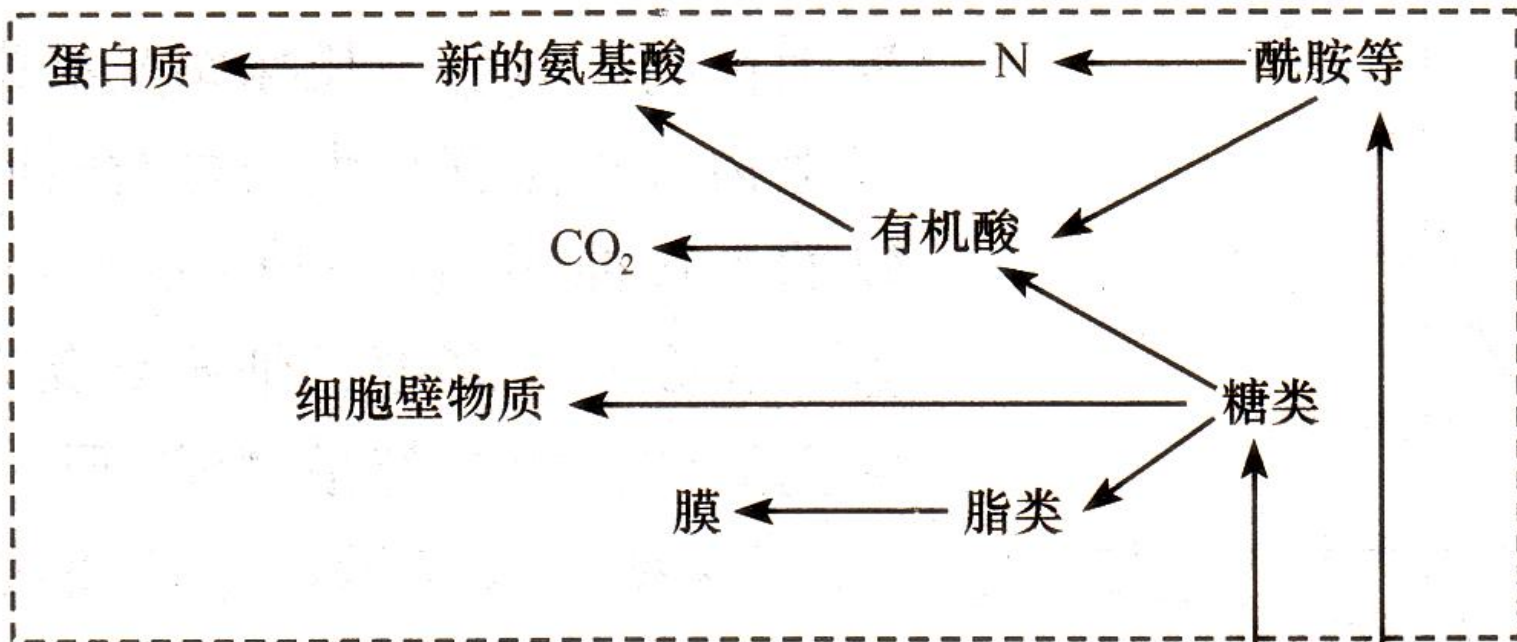
3. 蛋白质的转变

贮藏蛋白在蛋白酶和肽酶的作用下被水解为氨基酸或酰胺,并运输到胚中,合成新细胞的结构蛋白质和酶。



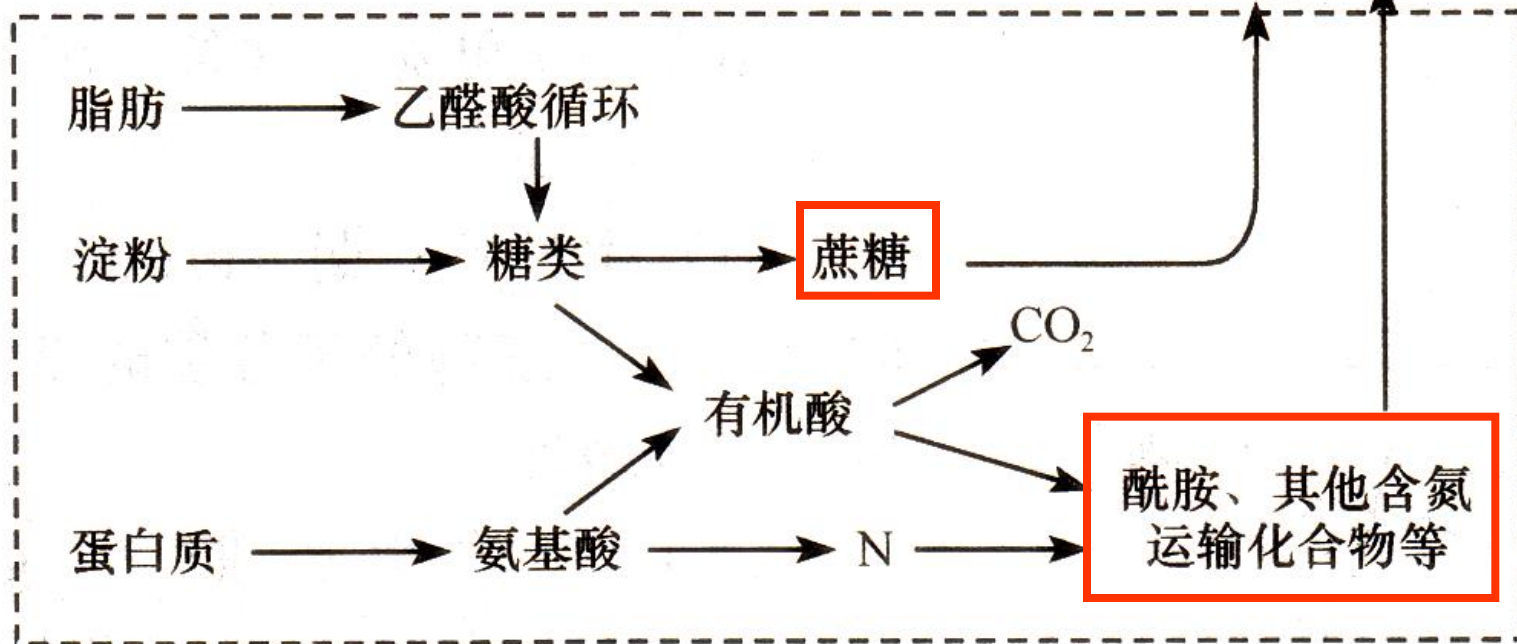
种子萌发时的物质转化情况

幼苗



重建

种子的贮藏物质



分解

（四）激素的变化

① 干种子→IAA、GA以结合态的形式贮藏起来；

② 吸水种子萌发过程：

结合态IAA、GA→游离态IAA、GA；

CTK和乙烯也不断增加；

ABA降低，促进生长激素的增加。

抑制生长的激素含量下降，促进了胚的生长，
有利萌发。



（五）植酸的变化

植酸钙镁就是六磷酸肌醇的钙镁盐，**是种子贮存磷酸、钙和镁的形式**

在种子萌发时，植酸钙镁在**植酸酶**的作用下，释放出钙、镁和磷酸

如长角豆萌发时，子叶中植酸酶活性急剧升高



第四节 植物的生长

一、植物的生长曲线

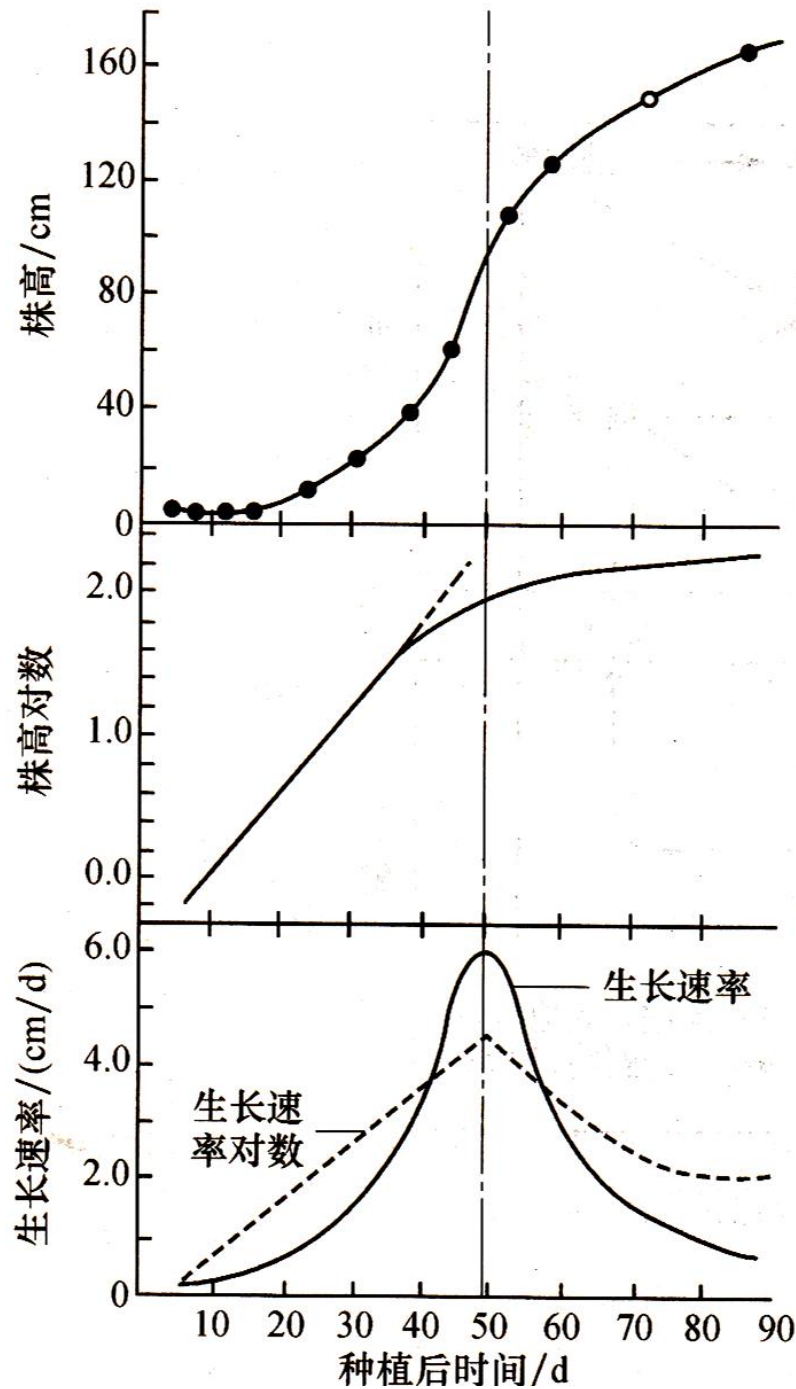
植物器官或整株植物的生长表现出“慢—快—慢”的基本规律。以植物的**生长量**对**时间**作图，可得到植物的**生长曲线**。

生长曲线表示植物在生长周期中的生长变化趋势。



生长曲线呈“S”形：

- ①**生长停滞期**：原生质积累，生长缓慢
- ②**对数生长期**：cell体积成对增大，数量增多
- ③**直线生长期**：以最高生长速率进行
- ④**衰老期**：细胞成熟和衰老，生长速率下降



玉米株高及生长速率曲线

二、植物生长的相关性

生长的相关性：植物体各部分在生长上相互依赖、相互促进，又相互制约的现象。

- 地下(根)与地上器官(茎叶)的相关性
- 主茎和侧枝的相关性
- 营养生长与生殖生长的相关性



(一) 地下与地上器官的相关性

植物地下部分和地上部分主要表现为**相互依赖、相互促进**的关系。

“根深叶茂”、“树大根深”

一方面：地上部分的生长和生理活动需要根系供给水分、矿质营养,以及根中合成的**氨基酸、磷脂、核苷酸、CTK、GA、ABA**等。

另一方面：地下部分的代谢活动和生长则依赖于地上部分供给**光合产物、维生素、生长素和化学信号物质**。

在某些情况下,地上部分和地下部分也会出现**相互竞争**的现象

如在**水分、养料供应不足**的情况下,地上部分与地下部分由于供求关系上出现的矛盾,导致它们对水分和营养物质的竞争



根冠比：指某时期内植物地下部分与地上部分的干重或鲜重的比值。

生产上常用根冠比来表示地上部分和地下部分的相关性。

影响根冠比的环境条件主要有：

- 1.土壤水分
- 2.氮肥
- 3.磷肥
- 4.光照
- 5.修剪



1. 土壤水分

“旱长根, 水长苗”

增加水分供应,促进地上部分生长,使根冠比变小;减少水分供应,抑制地上生长,促进地下生长,使根/冠比变大。



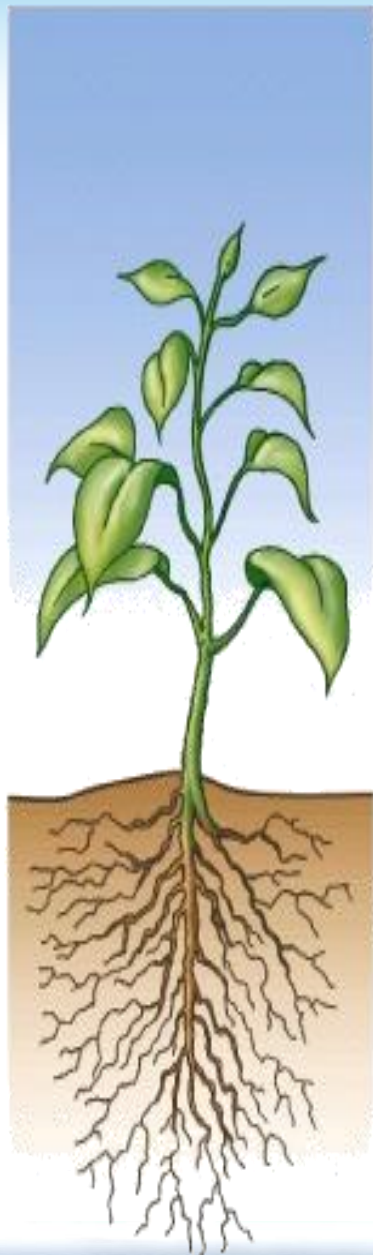
原因：

①根系是吸水的主要器官，本身不易发生水分亏缺。

②枝叶是水分蒸腾的主要部位，往往因蒸腾失水大于根系吸水而造成水分亏缺。

水分不足时对地上部分的影响更大，根冠比增大；相反，水分充足促进地上部分的生长，使根冠比降低。

(a)



(b)



“水长苗，旱长根”

海南大学应用科技学院



2. 氮 肥

增加氮素供应使根冠比变小, 减少氮素供应使根冠比变大。

原因:

- ①根系吸收的氮素首先满足自身的需要, 多余部分才向上运输。
- ②土壤氮素含量充足时, 则地上部分较多的氮素促进其生长, 使根冠比降低。



3. 磷 肥

增施磷肥使根冠比变大, 减少磷肥供应使根冠比变小。

原因:

磷在**碳水化合物的运输**中起着重要作用, 促进叶内光合产物向根系运输,**有利于根系生长**,使根冠比增大。



在农业生产上,对于**甘薯**、**甜菜**等以根部为收获物的作物,调整根冠比对产量形成至关重要。

生长前期：保证水和氮肥供应

控制根冠比 ≈ 0.2

生长后期：减少氮肥供应,增施磷肥、钾肥

控制根冠比 ≈ 2



4. 光照

- ① **在一定范围之内**,光照强度提高使光合产物增多,对地上部分和地下部分的生长**都有利**。
- ② 在**强光下**地上部分的生长受到了不同程度的抑制,使**根冠比增大**。
- ③ **光照不足**时,光合产物减少,地上部分合成的光合产物先满足自己的需要,对根系生长的影响更大,使**根冠比降低**。



5. 修剪

合理的修剪或整枝有减缓根系生长而促进地上部分生长的作用,使根冠比降低。

原因:

- ①修剪,减少了光合面积,使地上部分供给根系光合产物减少,制约了根系的生长。
- ②修剪后,地上部分从根系得到的水分、矿质营养(特别是氮素)都相应地增加了。
- ③修剪刺激了侧枝和侧芽的生长。

(二) 主茎和侧枝的相关性

顶端优势：顶芽抑制侧芽而优先生长的现象。

木本植物针叶树,如桧柏、杉树等,主茎生长很快,侧枝从上到下的增长速度不同,距茎尖越近,被抑制越强,整个植株呈宝塔形。

草本植物如向日葵、玉米、高粱、烟草、黄麻等顶端优势很强。

顶端优势现象在根中也存在,主根根尖的存在能抑制侧根生长。



产生顶端优势的原因:

1. 激素抑制假说
2. 营养转移假说
3. 细胞分裂素在顶端优势中有重要作用



1. 激素抑制假说

植物顶端形成的**生长素**,通过极性运输,下运到侧芽,使侧芽的生长素浓度过高而使生长受到抑制。



如果在切口处涂上一定浓度的IAA羊毛脂膏，
可以代替顶芽对侧芽的抑制作用。

 <http://www.teachers.net.cn>



顶端优势示意图

1. 具有顶端的植株，下面侧芽的生长受到抑制。2. 将茎尖端切除后，下面的侧芽开始生长。3. 在切除茎尖端的断口处涂上含生长素的羊毛脂，侧芽的生长仍受到抑制。

2. 营养转移假说

该假说认为，认为生长素既能调节生长，又能控制代谢物的定向运转。**顶芽是一个很强的代谢库**，输导组织也较发达，能优先获得营养而生长，侧芽则由于养分缺乏而被抑制。



3.细胞分裂素在顶端优势中有重要作用

细胞分裂素能促进侧芽萌发,解除顶端优势。

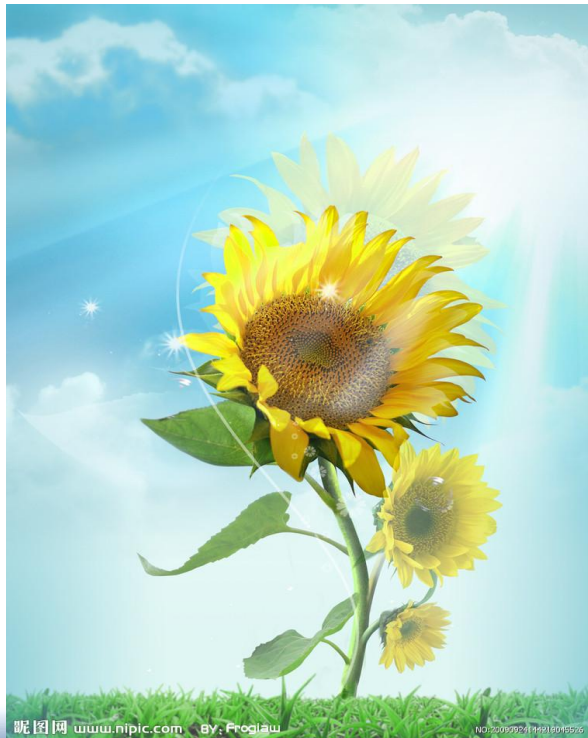
由根部合成而向上运输的细胞分裂素在侧芽部位与生长素对抗,细胞分裂素与生长素的比值高时促进侧芽生长,反之抑制侧芽生长。



顶端优势的应用

利用和保持顶端优势：

如麻类、向日葵、烟草、玉米、高粱等作物以及**用材树木**，需控制其侧枝生长，而使主茎强壮，挺直。



消除顶端优势，以促进分枝生长：

▲如**水肥**充足，植株生长健壮，则有利于侧芽发枝、分蘖成穗；

▲棉花**打顶和整枝**、瓜类摘蔓、果树修剪等可调节营养生长，合理分配养分；

▲花卉**打顶**去蕾，可控制花的数量和大小

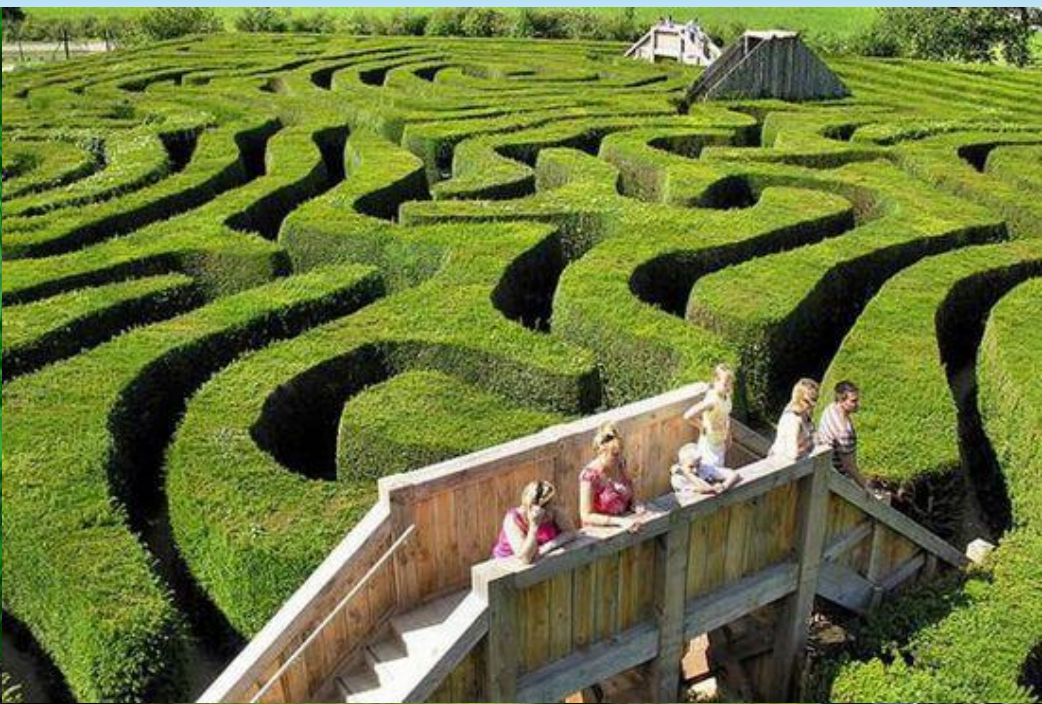


➤ **绿篱修剪**可促进侧芽生长，而形成密集灌丛状；









造型树



➤ 使用三碘苯甲酸可抑制大豆顶端优势，促进腋芽成花，提高结荚率



（三）营养生长和生殖生长的相关性

营养生长和**生殖生长**是植物生长周期中的两个不同阶段。

通常以**花芽分化**作为生殖生长开始的**标志**。

二者之间既相互依赖, 又相互制约



1. 营养生长对生殖生长的影响

营养生长与生殖生长表现为既促进又抑制的关系。

① 营养生长好,生殖生长才能正常;营养生长不好,生殖生长也受影响。

② 如果营养生长过于旺盛,如发生徒长,会使生殖生长因营养物质的缺乏受到抑制。



2. 生殖生长对营养生长的影响

表现为生殖生长对营养生长的抑制作用

- ①生殖器官就消耗营养体的营养物质。
- ②在生殖器官生长时,根部得到的糖分减少,以致影响根对矿质元素吸收使地上部分生长也受到影响。



果树生产上的大小年现象就是营养生长和生殖生长不平衡造成的。

应对措施：

①加强肥水管理,促进营养生长;

②采取摘除花序等措施,抑制生殖生长



三、植物生长的周期性

植物生长的周期性：指植物的生长速率随昼夜或季节发生规律性的变化的现象。

(一) 生长的**昼夜周期性**

(二) 生长的**季节周期性**



(一) 生长的昼夜周期性

植物生长的**昼夜周期性**：植物的生长随温度的昼夜周期性而发生有规律的变化现象。

地球自转引起昼夜交替,导致影响生长的主要外界因素——光照、温度、水分发生着昼夜的变化,因此使植物生长呈现出昼夜的周期性,一般是白天生长慢,夜间生长快。



（二）生长的季节周期性

植物生长的**季节周期性**：植物在一年中的生长速率，随季节变化而发生有规律性的变化。

春季繁花似锦，落英缤纷。

夏季绿树成荫，苍翠欲滴。

秋季硕果累累，红枫绚烂。

冬季枝干苍劲，银装素裹。



春季：繁花似锦





FUJIFILM FinePix S8100fd F/4.5 1/250s ISO-100 2009-3-24 13:42 兰州大学

海南大学应用科技学院



紫丁香 木犀科丁香属



飘雪四月三十一

紫叶小檗 小檗科小檗属



紫藤 豆科紫藤属



紫藤 豆科紫藤属



贴梗海棠 蔷薇科木瓜属



樱花 蔷薇科樱属



紫玉兰 木兰科木兰属





小清新





学之须精，不精则无名。
为之须恒，不恒则无成。

青海云杉 松科云杉属

青扞 松科云杉属

海南大学应用科技学院





FUJIFILM FinePix S8100fd F/8 1/50s ISO-64 2011-9-15 11:25 广西桂林



银杏 银杏科银杏属

冬季枝干苍劲,银装素裹



紫藤 豆科紫藤属



白蜡树 木犀科梣chén属





春季 日照长，气温升高，促进IAA、GA、CTK合成，生长素在量上占优，**代谢加强，生长加快。**

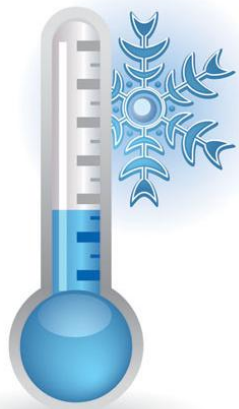
夏季 生长激素含量达到最高，生长条件最适，**植物处于快速生长期。**

秋季 日照变短，气温降低，IAA、GA合成减少，ABA合成增多，代谢减弱，生长变慢甚至停止，**进入休眠。**

冬季 **休眠加深**，抗寒性加强，为来年做准备。

四、环境因子对植物生长的影响

影响植物生长的环境因子有**光照**、**温度**、**水分**、**氧气**、**重力和机械刺激**等，其中**光照**、**温度**和**水分**是主要因素。



(一) 光 照

光是植物生长的必需条件之一。一方面，光通过光合产物和物质运输而**间接影响**植物的生长；另一方面，光通过光质与光强**直接影响**植物的生长发育。

间接影响+直接影响



间接影响：

①通过**促进光合生产**而促进生长。

②通过**促进蒸腾造成水分亏缺**，
而抑制生长。

直接影响：

对植物**形态建成**的作用。光可通过
光强和光质直接影响植物的生长。



(二) 温 度

- (1) 每种植物的生长都有**温度三基点**。
- (2) 生长温度的三基点因植物原产地不同而有很大差异。
 - 生长最适温度**：生长最快时的温度
 - 协调最适温度**：植株生长最健壮的温度
- (3) 同一植物的不同器官，不同的生育时期，生长温度的三基点也不一样。



(三) 水 分

细胞的伸长与分化，都需要足够的水分。

同时，水分还影响体内各种代谢活动而间接影响生长。

水分供应充足，植物生长快，茎叶嫩个，机械组织和保护组织不发达，植株的抗逆能力大大降低，易受低温、干旱和病虫害的伤害。



（四）其他因素

1. 矿质元素

植物生长需要多种矿质元素，每种矿质元素都有独特的生理功能，缺乏他们，植物体内物质代谢就会遭受破坏，生长受阻。

必需元素

有益元素

有害元素



2. 机械刺激

包括：风、动物及植物的摩擦、降雨、冰雹对茎叶的**冲击**、土壤颗粒对根的**阻力**以及**摇晃**、**震动**等。

机械刺激影响植物生长发育的现象叫**接触形态建成作用**。

