

Chapter 8 Plant Growth Substances

关于植物生长物质

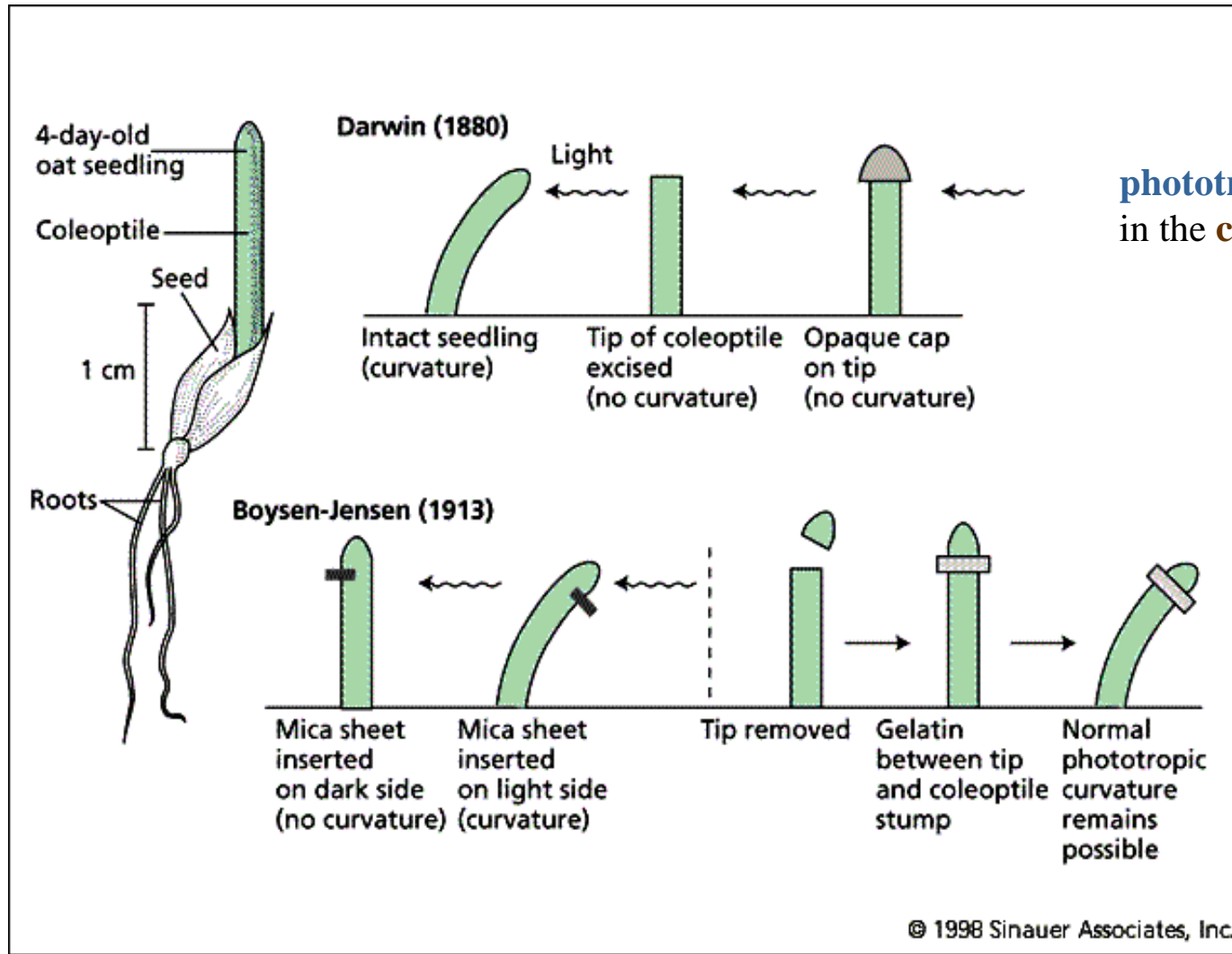
- 植物生长物质是一些调节植物生长发育的物质，分为两类：
 1. **植物激素Plant Hormone**：指一些在植物体内合成的，并从产生处运往别处，对生长发育起显著调节作用的微量有机物。特点：①内生，②可移动，③量微。
 2. **植物生长调节剂Plant Growth Regulators**：具有植物激素活性的人工合成的物质。

植物激素的作用方式与作用特点：

1. 通过影响细胞的分裂、伸长、分化而调节植物生长发育。
 2. 其作用效果与作用部位、植物发育时期及激素浓度有关。
 3. 激素的作用可能通过影响基因表达、酶活性与膜的特性而得到放大。
 4. 激素的作用还取决于激素间的平衡，即激素间的相对浓度，不同激素间可相互影响。
- 现已发现五大类植物激素，另有一些新发现的激素未归入其中。

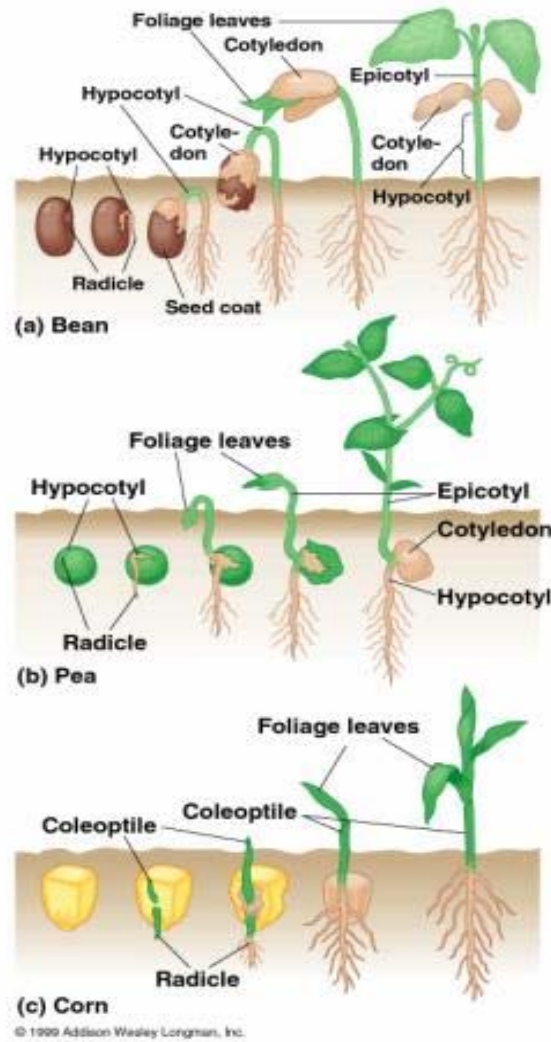
§ 1 § 生长素类 Auxins

一 生长素的发现:



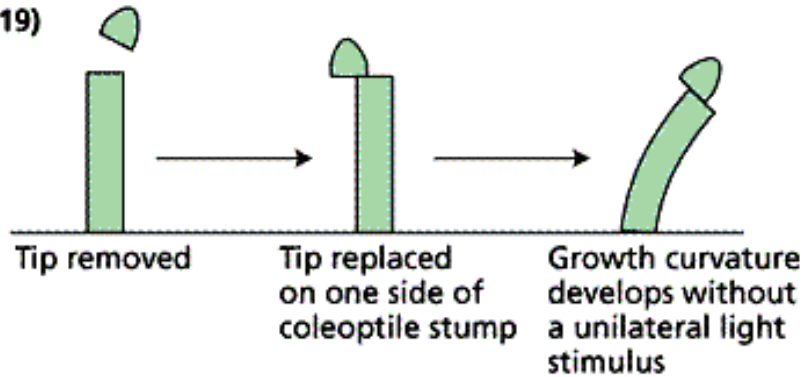
phototropism is centered in the coleoptile tip

a mobile messenger produces the response



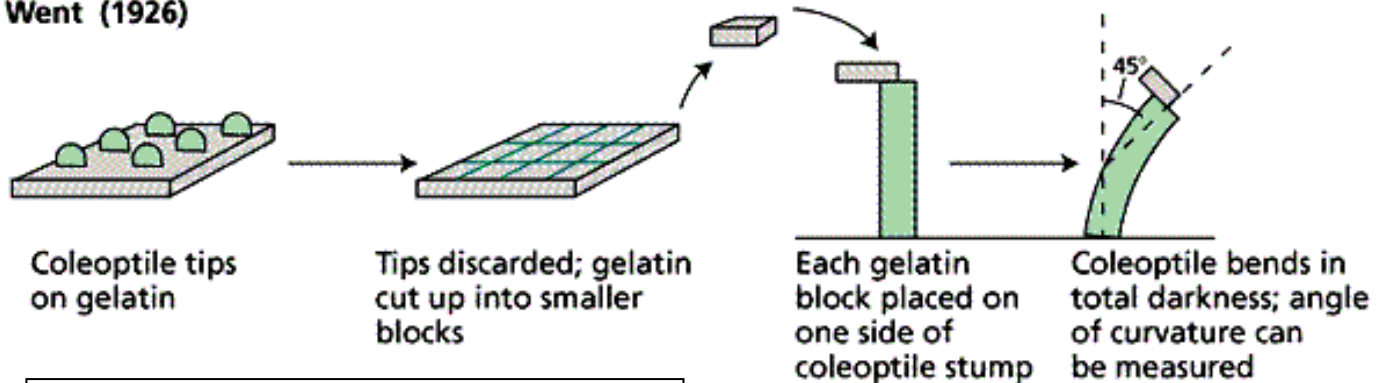
双子叶植物与单子叶禾本科植物萌发时的比较

Paál (1919)



This substance **promotes growth,**
does not inhibit it

Went (1926)

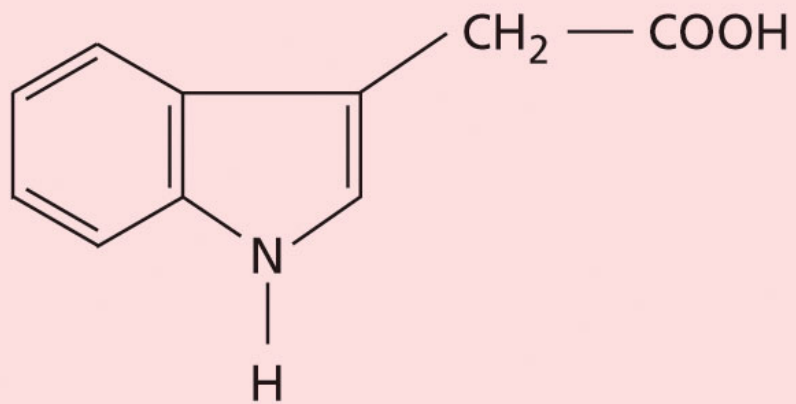


It can permeate through gelatin

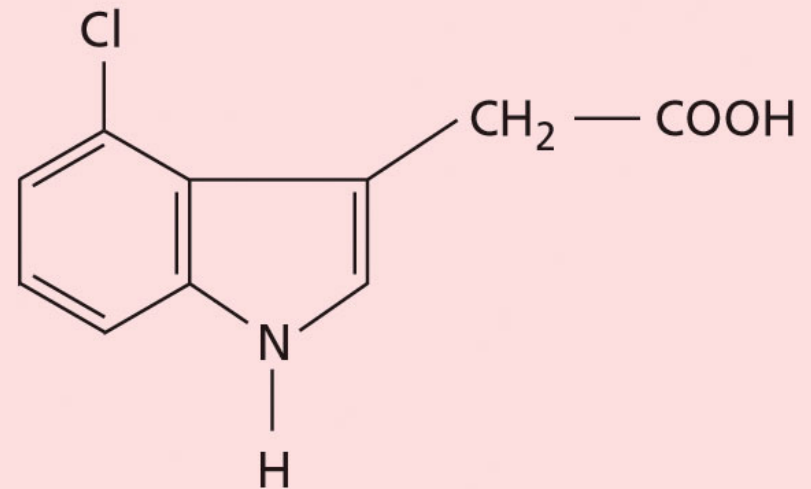
© 1998 Sinauer Associates, Inc.

Went 创建了**燕麦试法**，规定在暗中、22~23℃、RH92%下，使燕麦胚芽弯曲10° 的2立方毫米的琼胶块中的生长素含量为1个**燕麦单位**

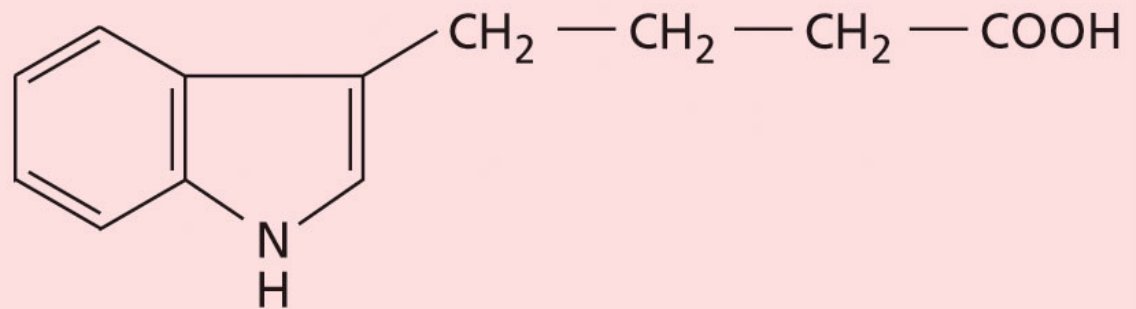
- 1934年，Kögl等从人尿、酵母、根霉培养基中分离出纯的激素，经鉴定为3-吲哚乙酸（indole acetic acid, IAA）
 - 1946年，从玉米乳熟期籽粒中分离出IAA。
- 另外，又发现一些其它生长素类物质。



**Indole-3-acetic acid
(IAA)**

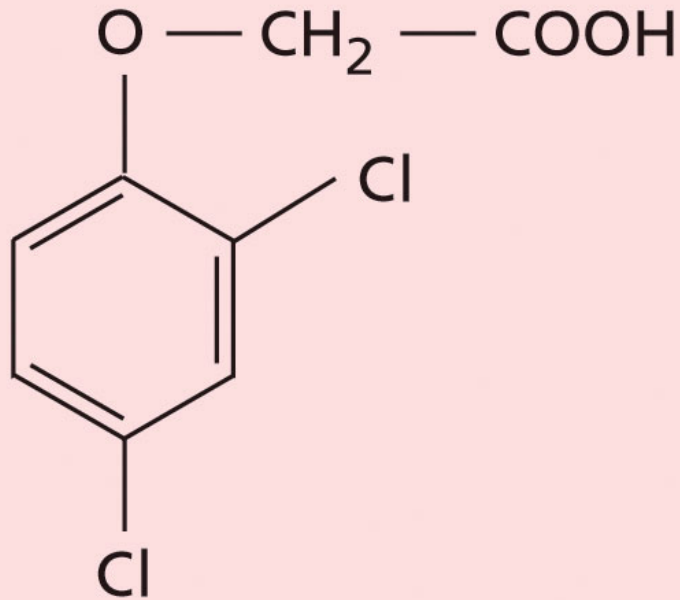


**4-Chloroindole-3-acetic acid
(4-Cl-IAA)**

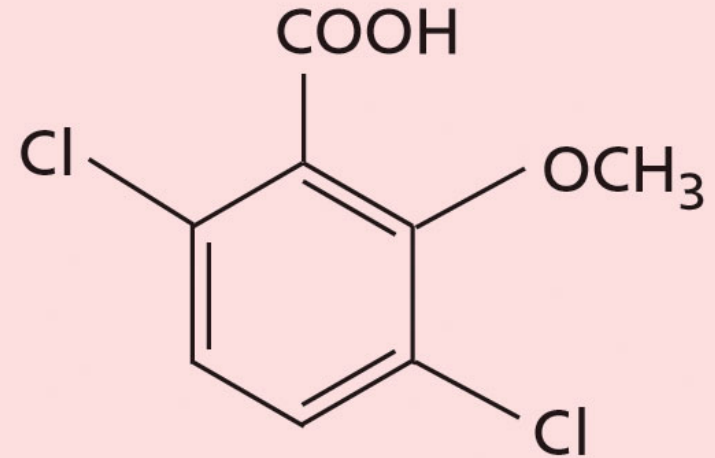


**Indole-3-butyric acid
(IBA)**

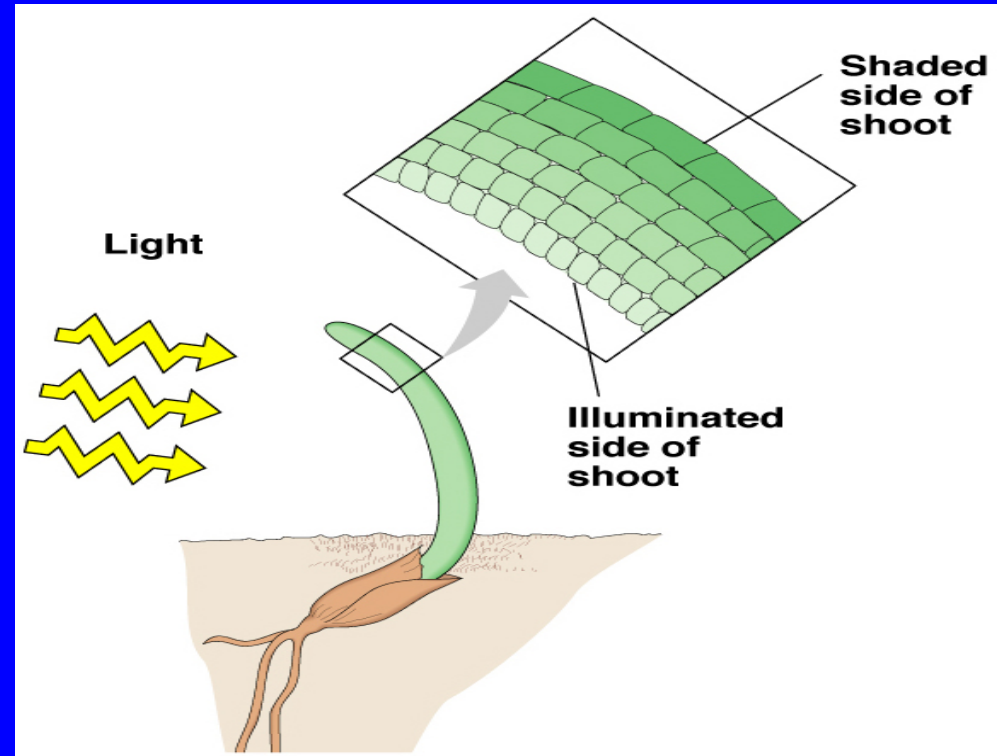
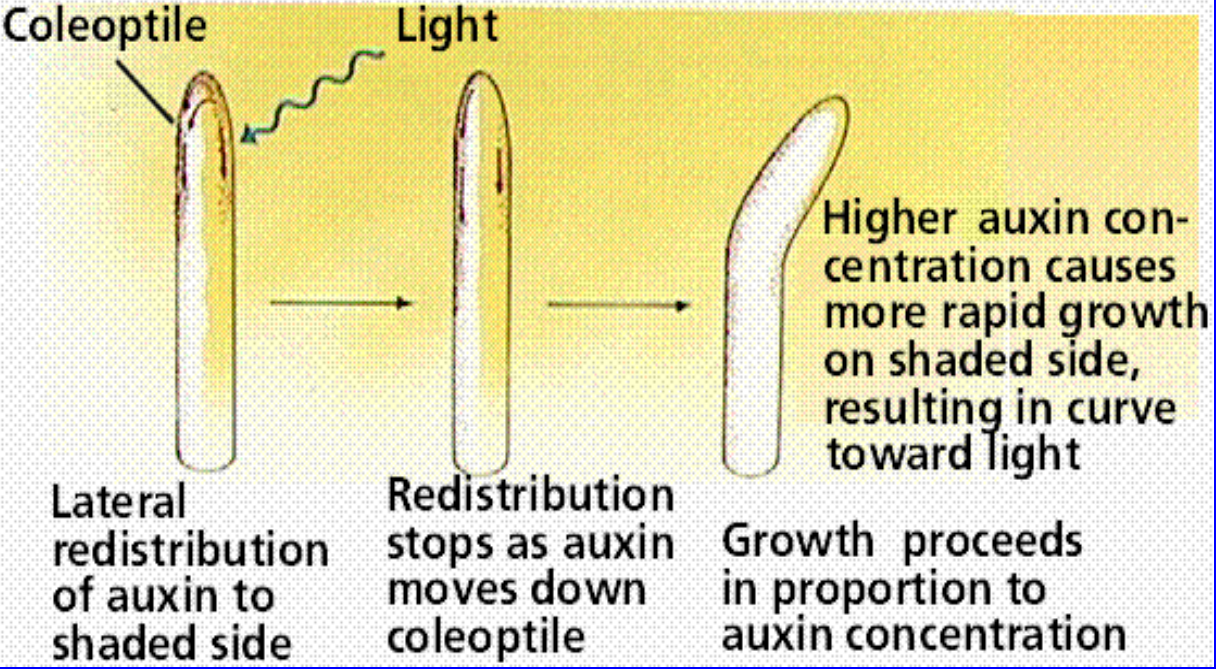
人工合成的一些生长调节剂



2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)



2-Methoxy-3,6-dichlorobenzoic acid (dicamba)



二 生长素在植物体内的分布、存在形式和运输

1. 分布

- 1) 广泛存在于植物界
- 2) 存在于植物的各个器官，但主要分布在生长旺盛的部位：如胚芽鞘、芽、根尖、受精后的子房、幼嫩的种子等。

2. 存在形式

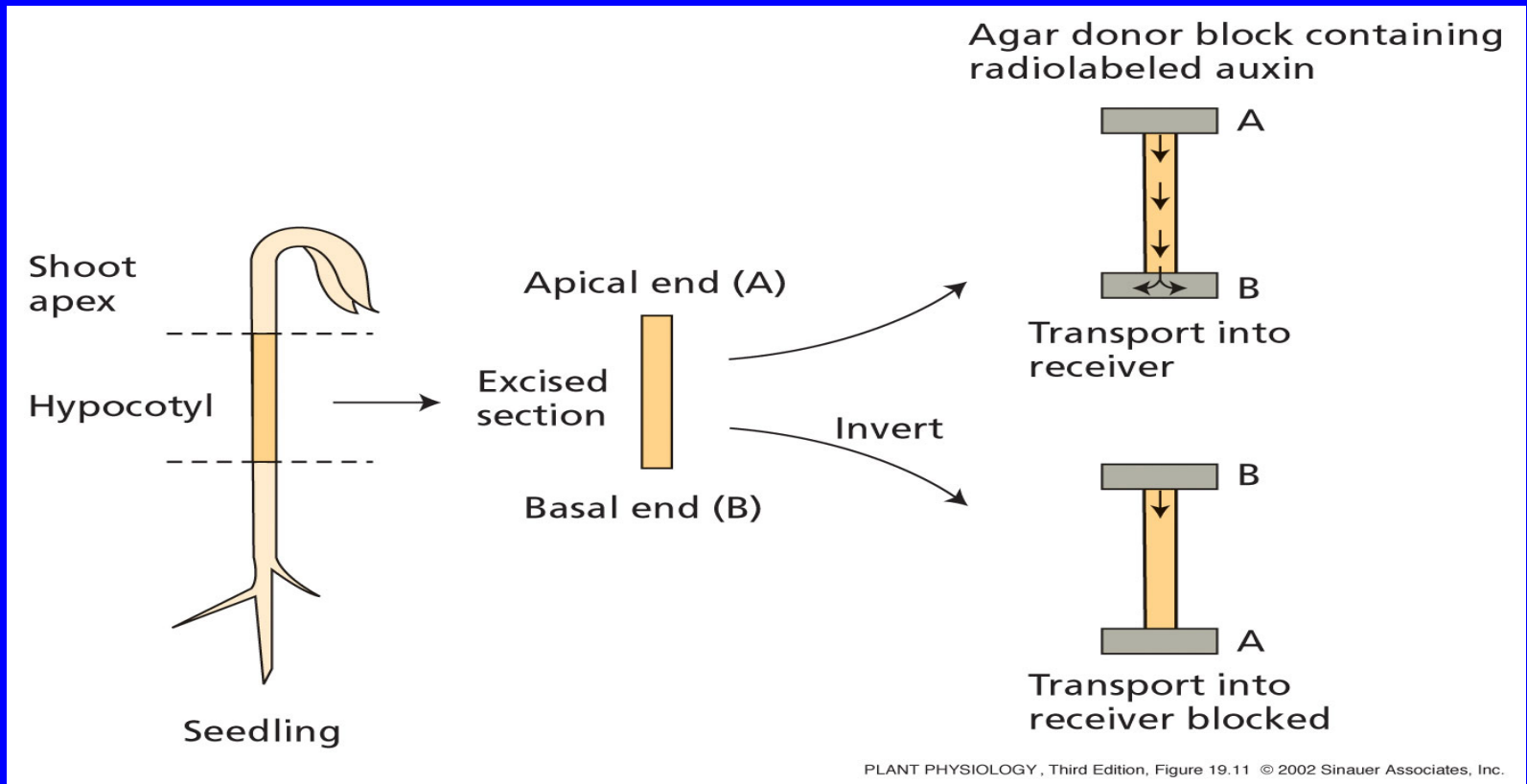
- 1) 游离态：具有活性
- 2) 束缚态：无活性
 - A. 常与G结合为吲哚乙酰葡萄糖苷；与Asp结合为吲哚乙酰天冬氨酸；与肌醇结合为吲哚乙酰肌醇；与蛋白质结合为吲哚乙酸蛋白质复合物。
 - B. 束缚态的生长素可作为
 - a) 贮藏形式
 - b) 运输形式
 - c) 具解毒作用（IAA浓度过高抑制生长）

1. 运输方式

1) 韧皮部运输：速度1~2.4cm/h

2) 极性运输：

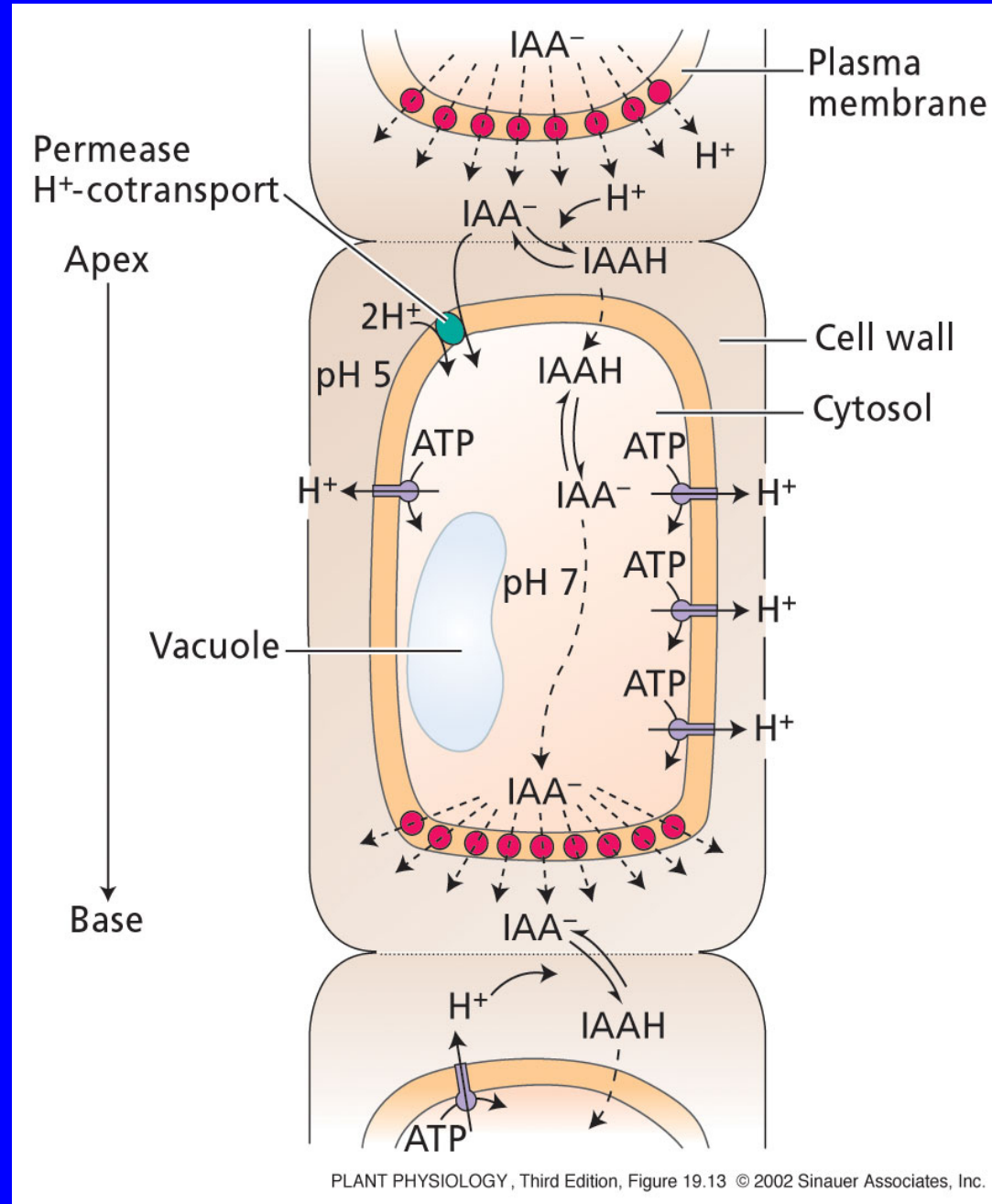
- 存在于胚芽鞘、幼茎、幼根的薄壁细胞间做短距离运输。
- 极性运输只能从形态学上端运往形态学下端。



- 运输速度：1cm/h，高于简单扩散

运输机理：化学渗透学说 chemiosmosis theory

- a) H^+ -ATPase保持CW酸性环境，pH5
- b) IAA的 $pK_a=4.75$ ，在酸性条件下不解离，以IAAH存在，较亲脂，可以被被动扩散透过质膜进入胞质；而 IAA^- 通过与2个 H^+ 共转运的方式也可进入胞质。
- c) IAAH在胞质中解离为 IAA^- 和 H^+ 。
- d) IAA^- 不亲脂，被位于细胞基部的生长素输出载体（auxin efflux carrier）运到细胞外。



三 IAA的生物合成与降解

(一) 生物合成

1. 前体：主要是色氨酸



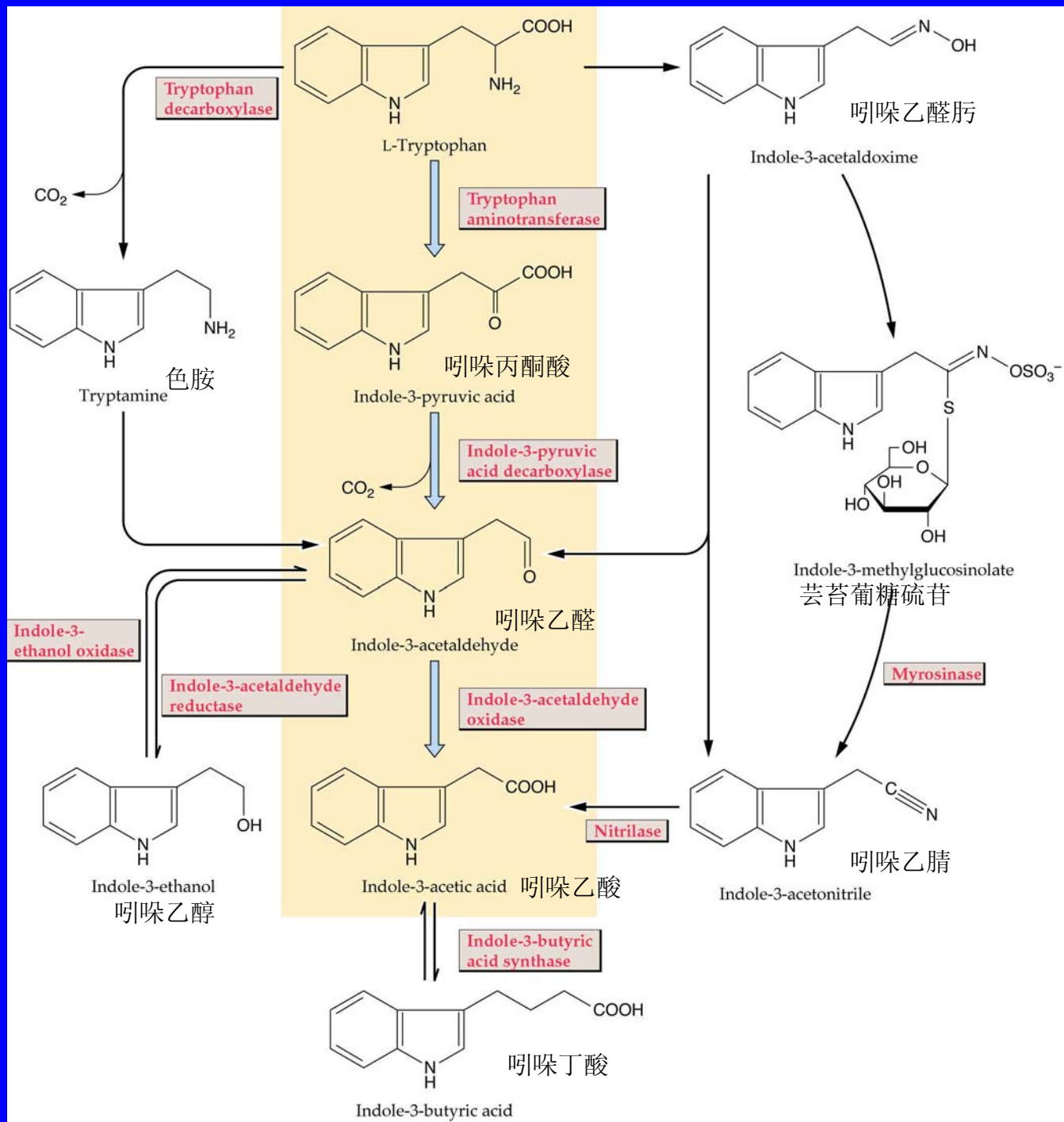
2. 合成部位：叶原基、嫩叶和发育的种子、子房。

3. 合成途径：

1) 吲哚丙酮酸途径

2) 色胺途径

3) 另外吲哚乙醇和吲哚乙腈也可生成IAA



(二) 生长素的降解

1. 酶促降解

1) 脱羧降解：被IAA氧化酶氧化为3-亚甲基氧吲哚，放出二氧化碳。

IAA氧化酶是一种含Fe的血红蛋白，以 Mn^{2+} 和酚（一元酚）为辅助因子。

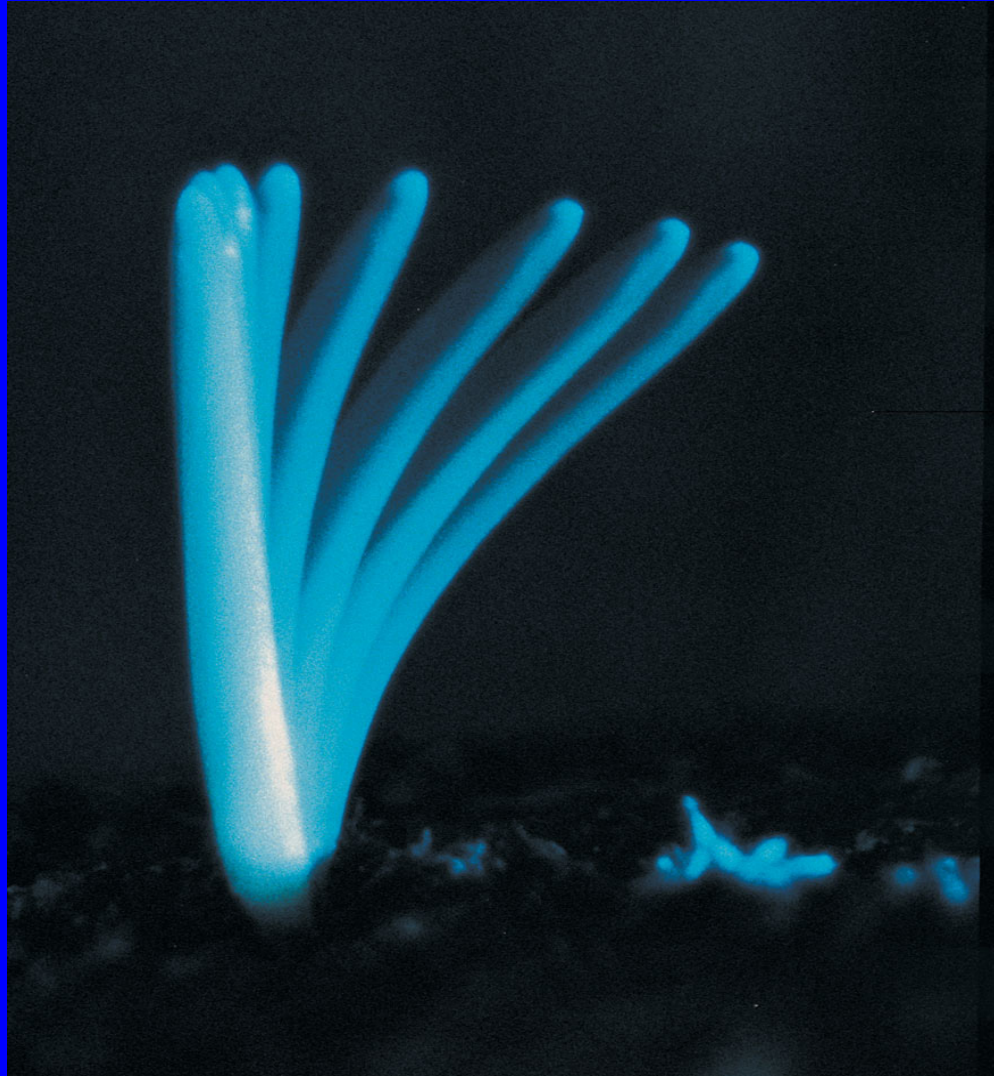
1) 不脱羧降解：IAA被氧化为羟-3-吲哚乙酸、二羟-3-吲哚乙酸，仍保留吲哚环侧链上的两个C。

2. 光氧化

植物体外的IAA在核黄素的催化下，被光氧化为吲哚醛和亚甲基羟吲哚。

四 生长素的生理作用

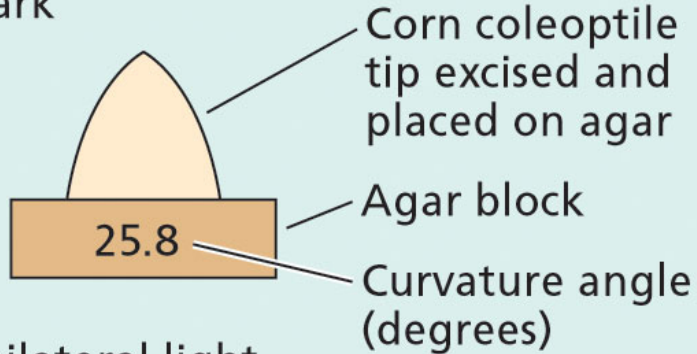
1. 向光性



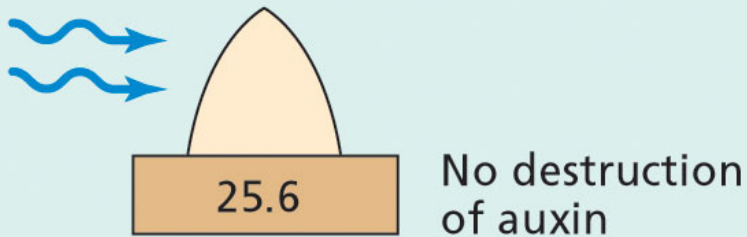
引起向光性的作用光谱主要是兰光

Undivided agar block

(A) Dark



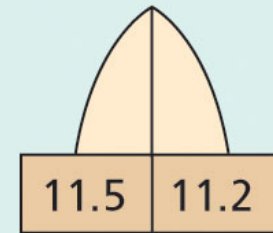
(B) Unilateral light



Unilateral light does not cause photodestruction of auxin on illuminated side.

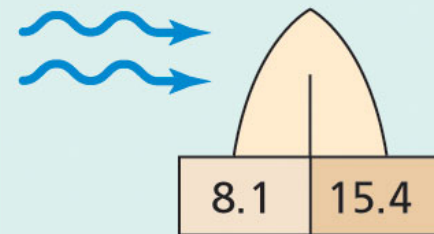
Divided agar block

(C)



Coleoptile tip completely divided; no redistribution of auxin observed.

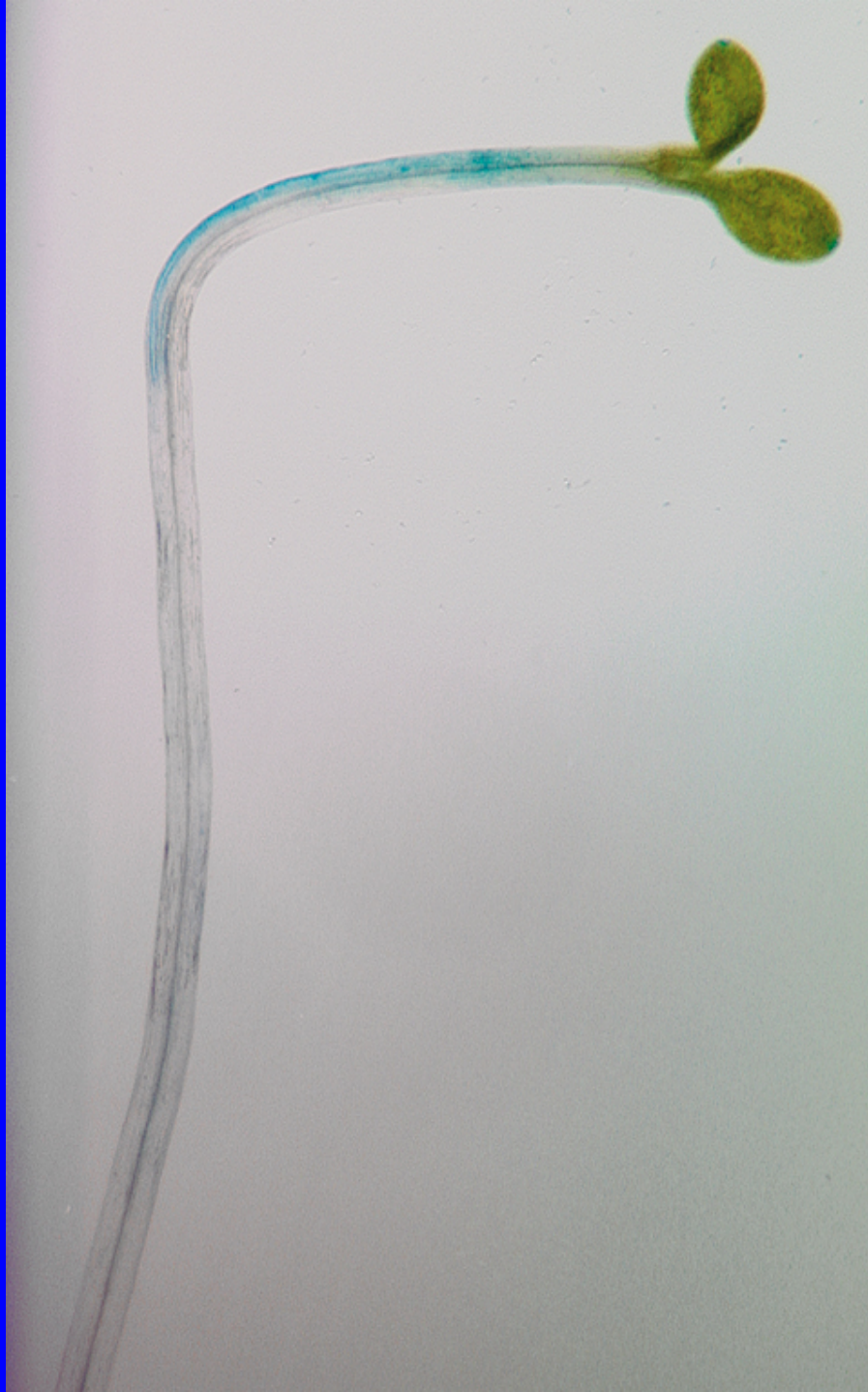
(D)



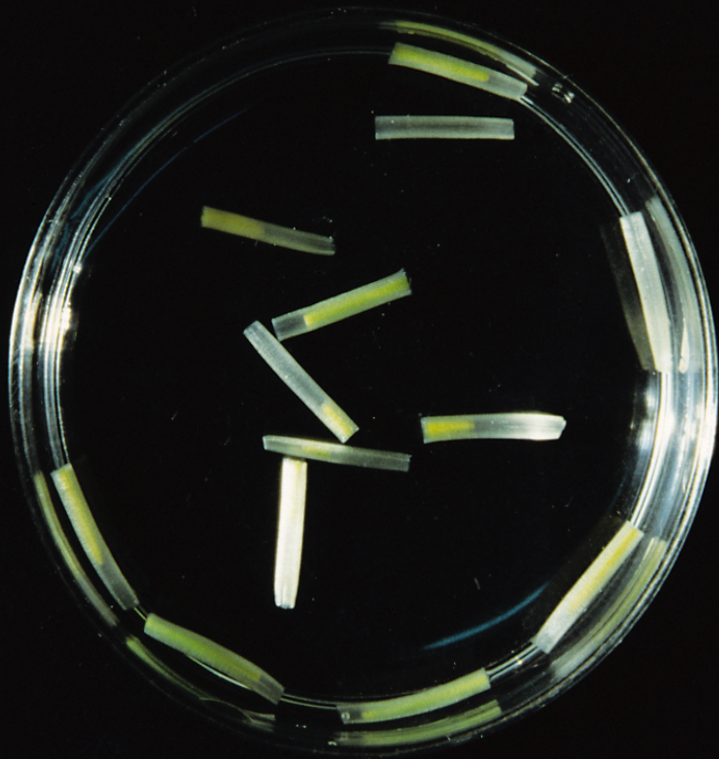
Coleoptile tip partly divided; lateral redistribution of auxin occurs.

Auxin is transported laterally to the shaded side in the tip.

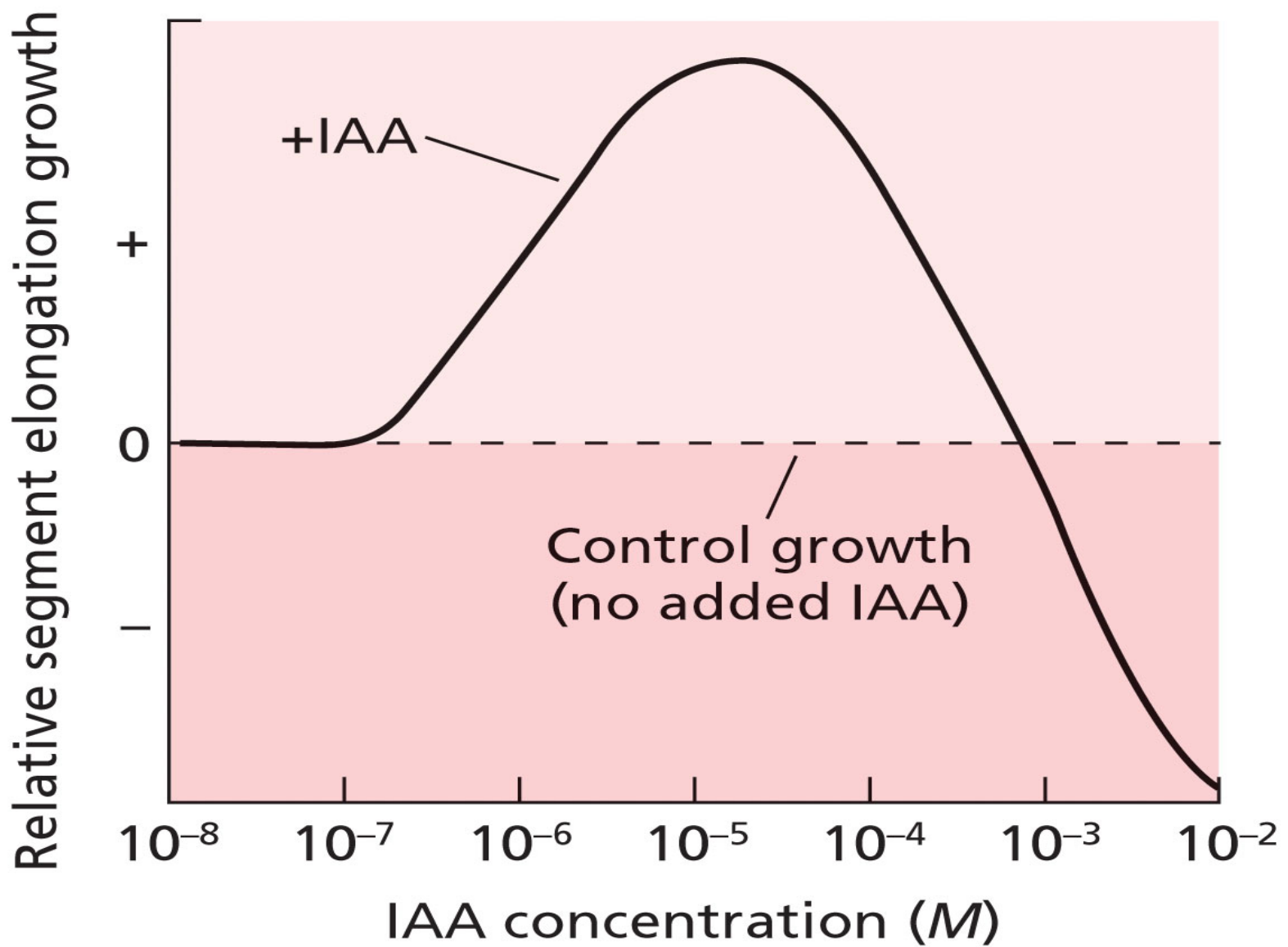
单侧光引起IAA的不对称分布



2. 促进细胞的伸长生长



燕麦胚芽鞘切段伸长(左：对照；右：+IAA)

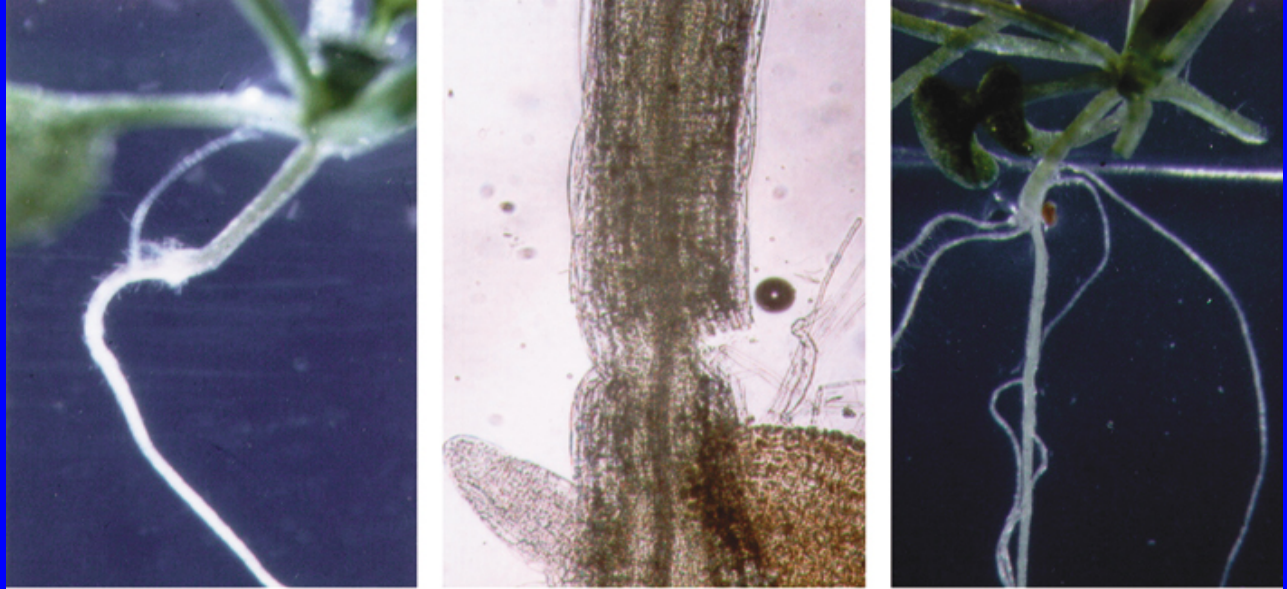


PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 19.21 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

不同IAA浓度对茎切段伸长的效应

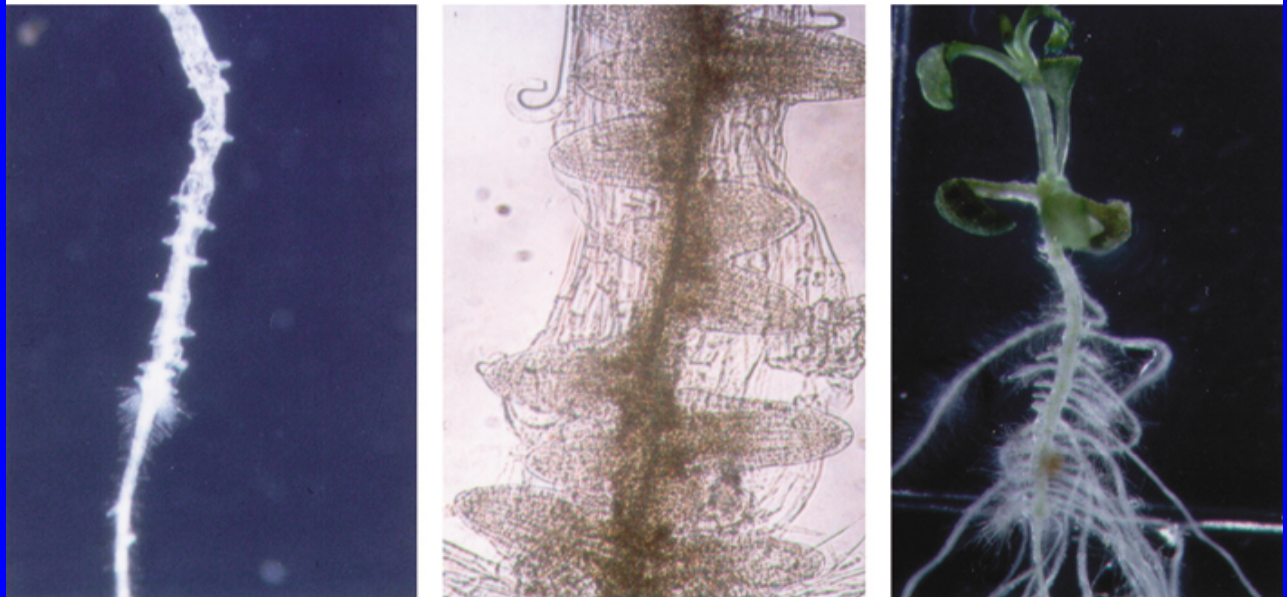
3. 促进侧根 (lateral root) 和不定根(adventitious)的生长

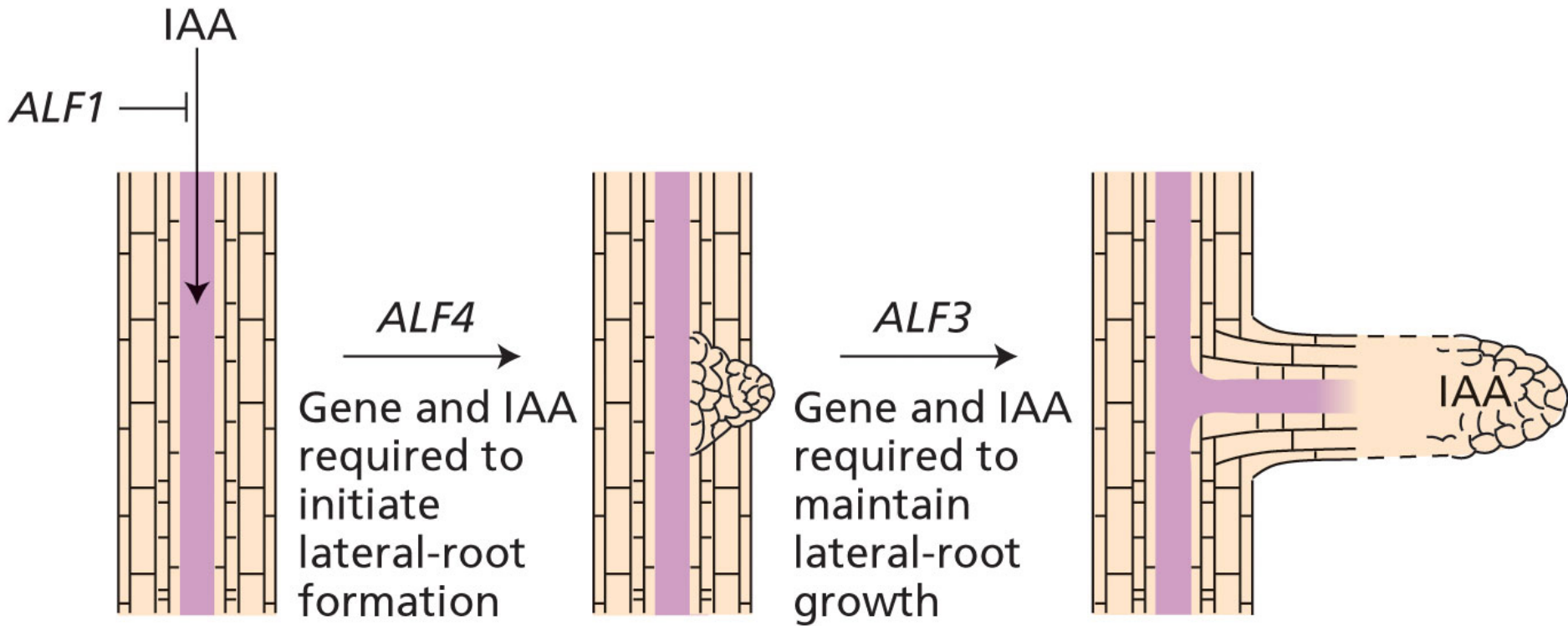
WILD TYPE



***alf* MUTANT**

**(aberrant
lateral root
formation)**



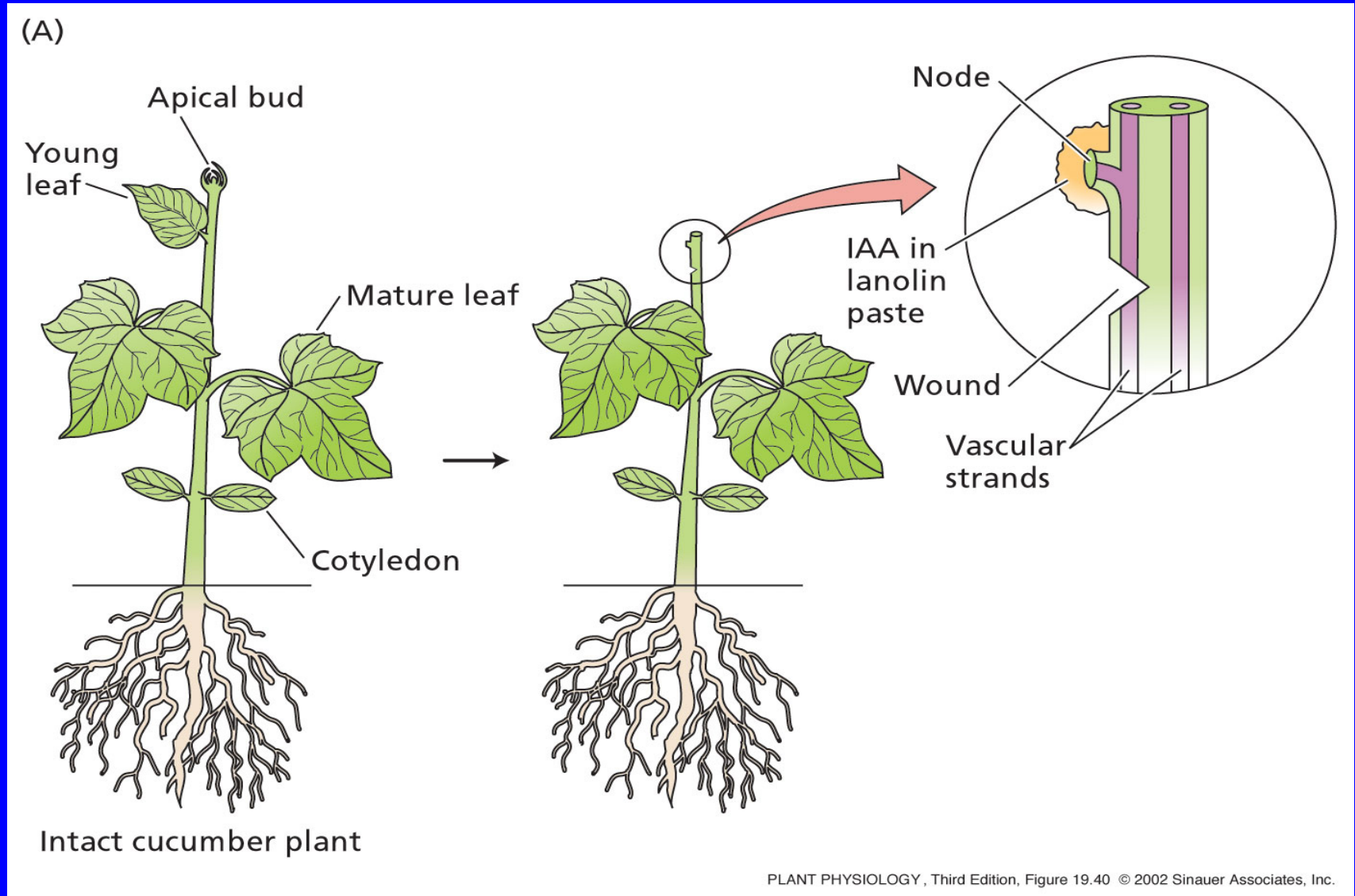


PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 19.38 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

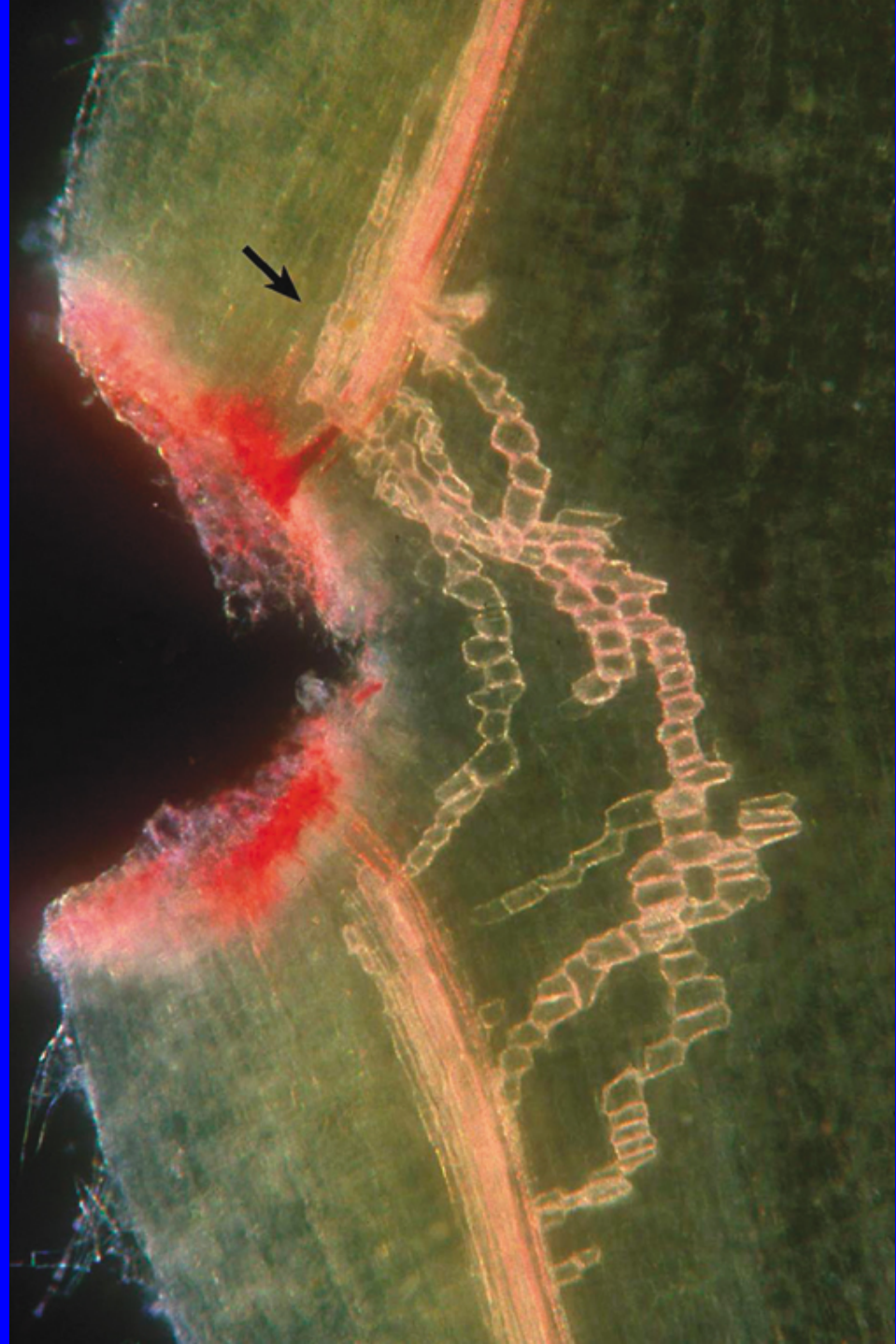
IAA诱导中柱鞘上的某些细胞发生分裂，并逐渐形成根原基，最后穿透皮层和表皮，形成侧根

10^{-13} ~ 10^{-8} M促进根的生长， 10^{-6} ~ 10^{-5} M抑制生长(根最适 10^{-10} M，芽最适 10^{-8} M，茎最适 10^{-4} M)。

4. IAA 诱导维管束的分化



将含有IAA的羊毛脂涂抹在切口上端的茎上，IAA沿维管束薄壁细胞运输到伤口附近，诱导新的维管组织从伤口上端开始形成，并向下延伸，最后和伤口下端的维管束重新恢复连接。



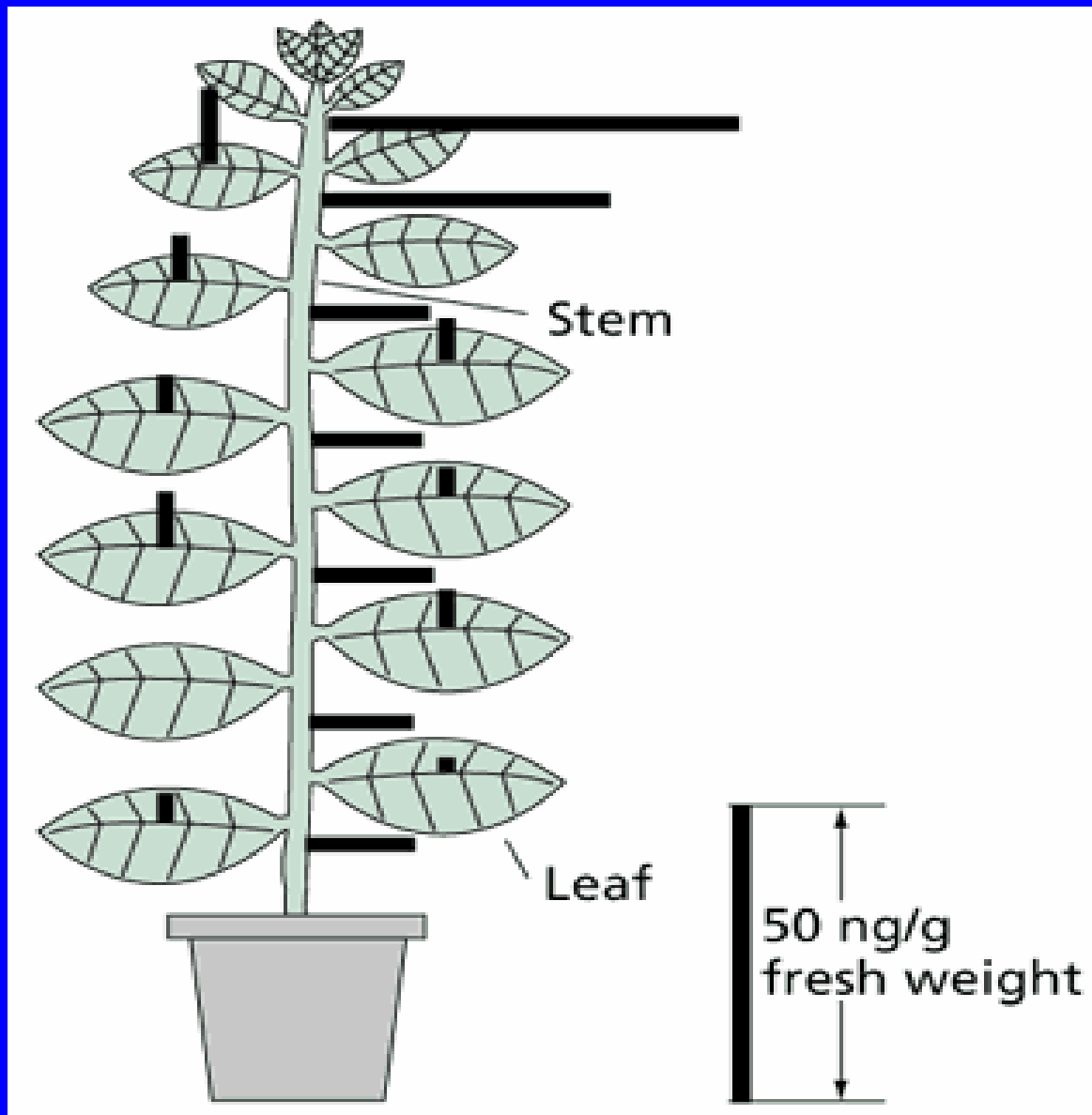


DOMINANCE (CONTROL)



**REMOVAL OF APICAL BUD
RELEASES AXILLARY BUDS**

5. 维持顶端优势(apical dominance)

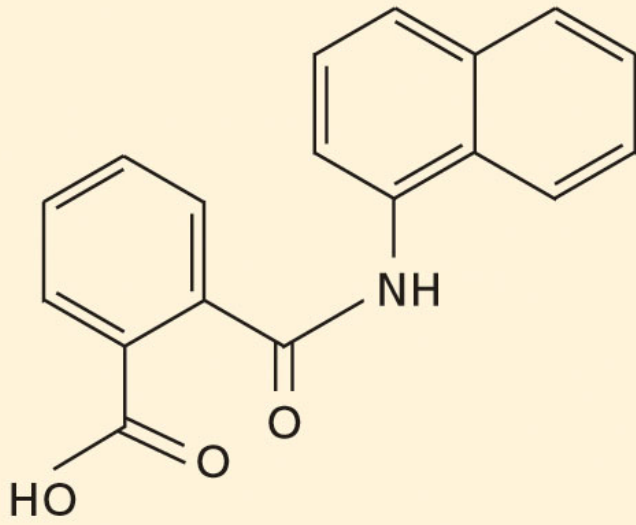


Concentrations of IAA in different regions of the shoot of a wild-type tobacco plant.

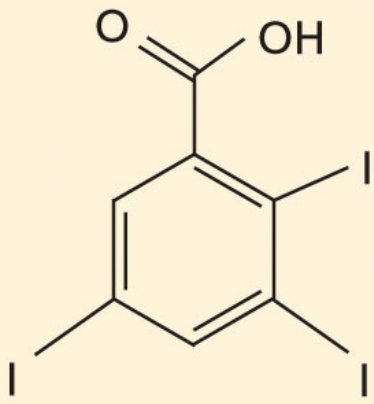
ARABIDOPSIS
***PIN* MUTANT**
(DEFECTIVE
IN POLAR
TRANSPORT)



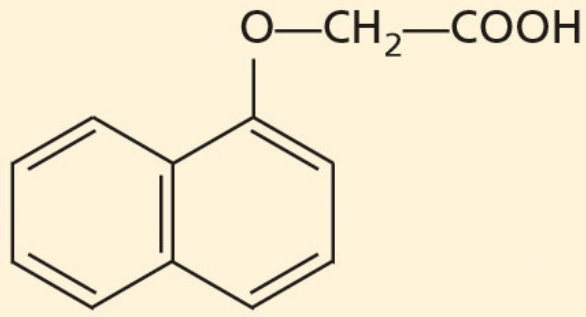
Auxin transport inhibitors not found in plants



NPA (1-N-naphthylphthalamic acid)



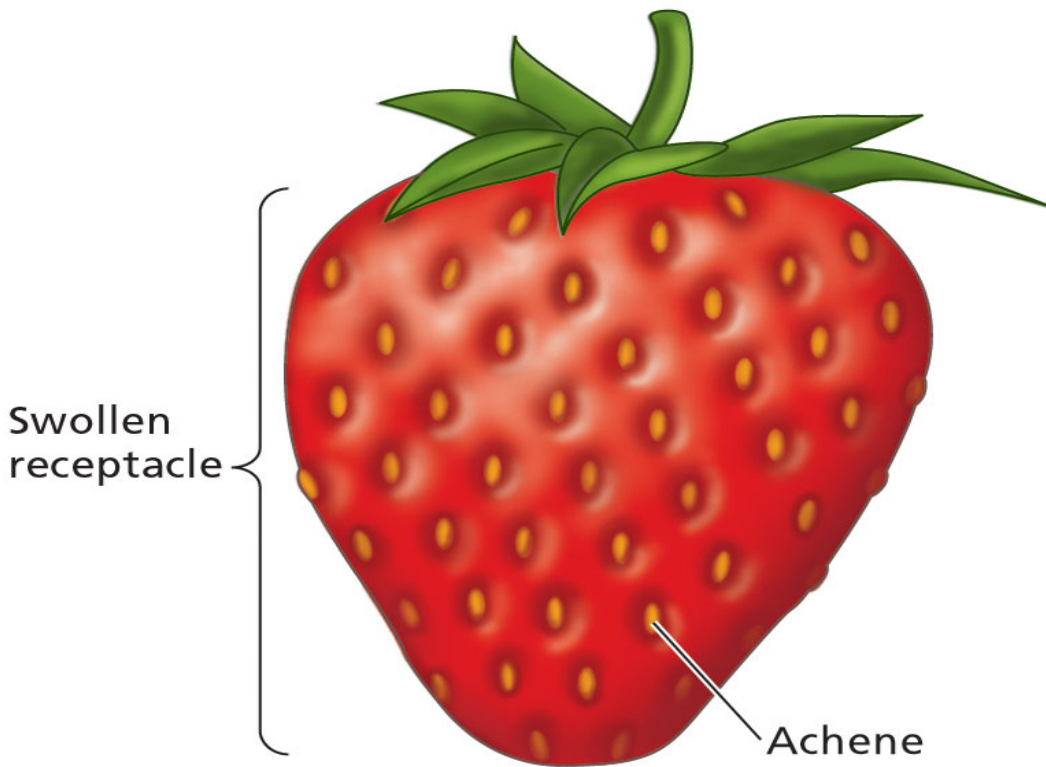
TIBA (2,3,5-triodobenzoic acid)



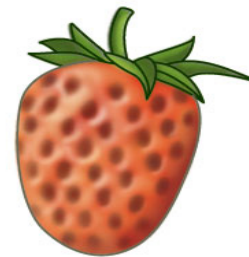
1-NOA (1-naphthoxyacetic acid)

- 6. 延迟叶片的脱落。
- 7. 促进果实的生长发育

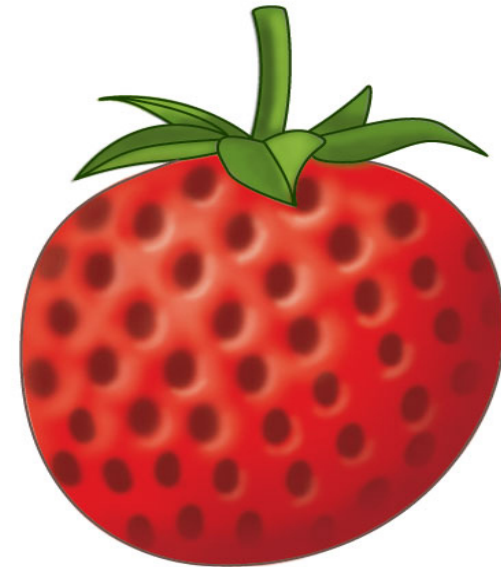
(A) Normal fruit



(B) Achenes removed



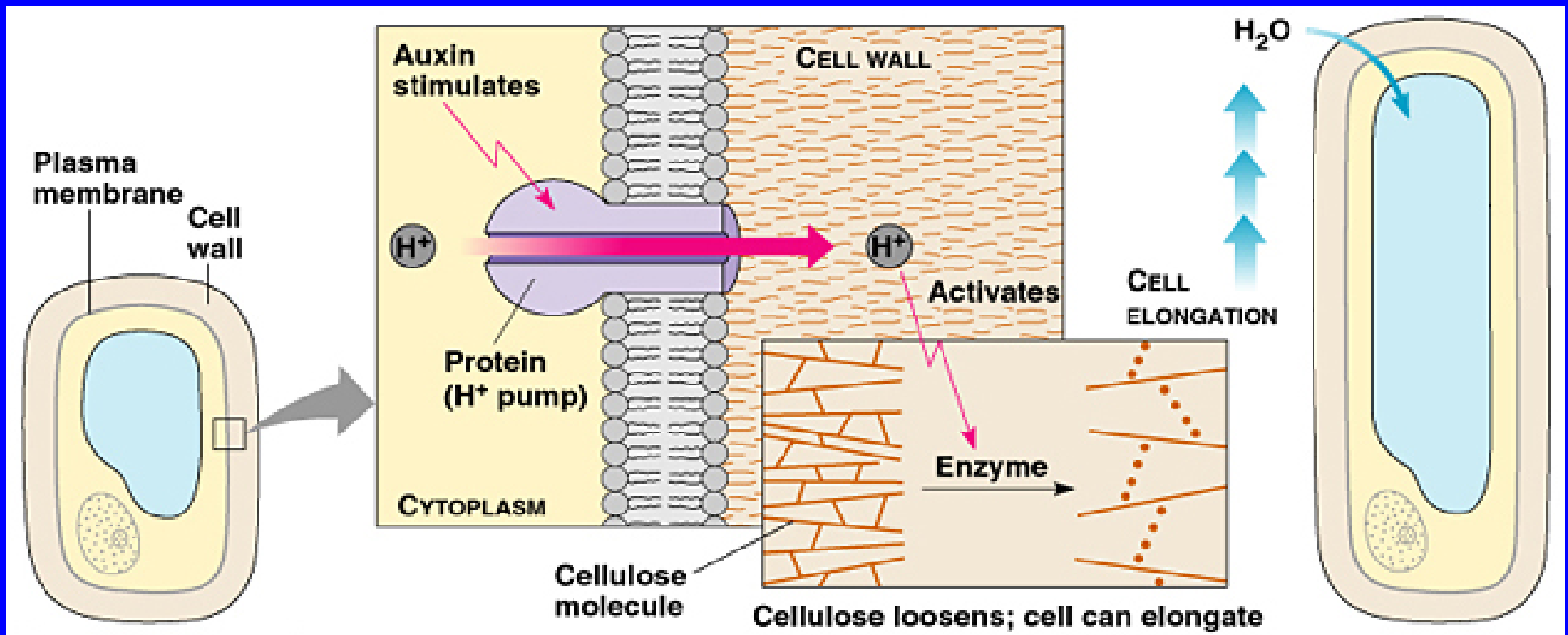
(C) Achenes removed; sprayed with auxin

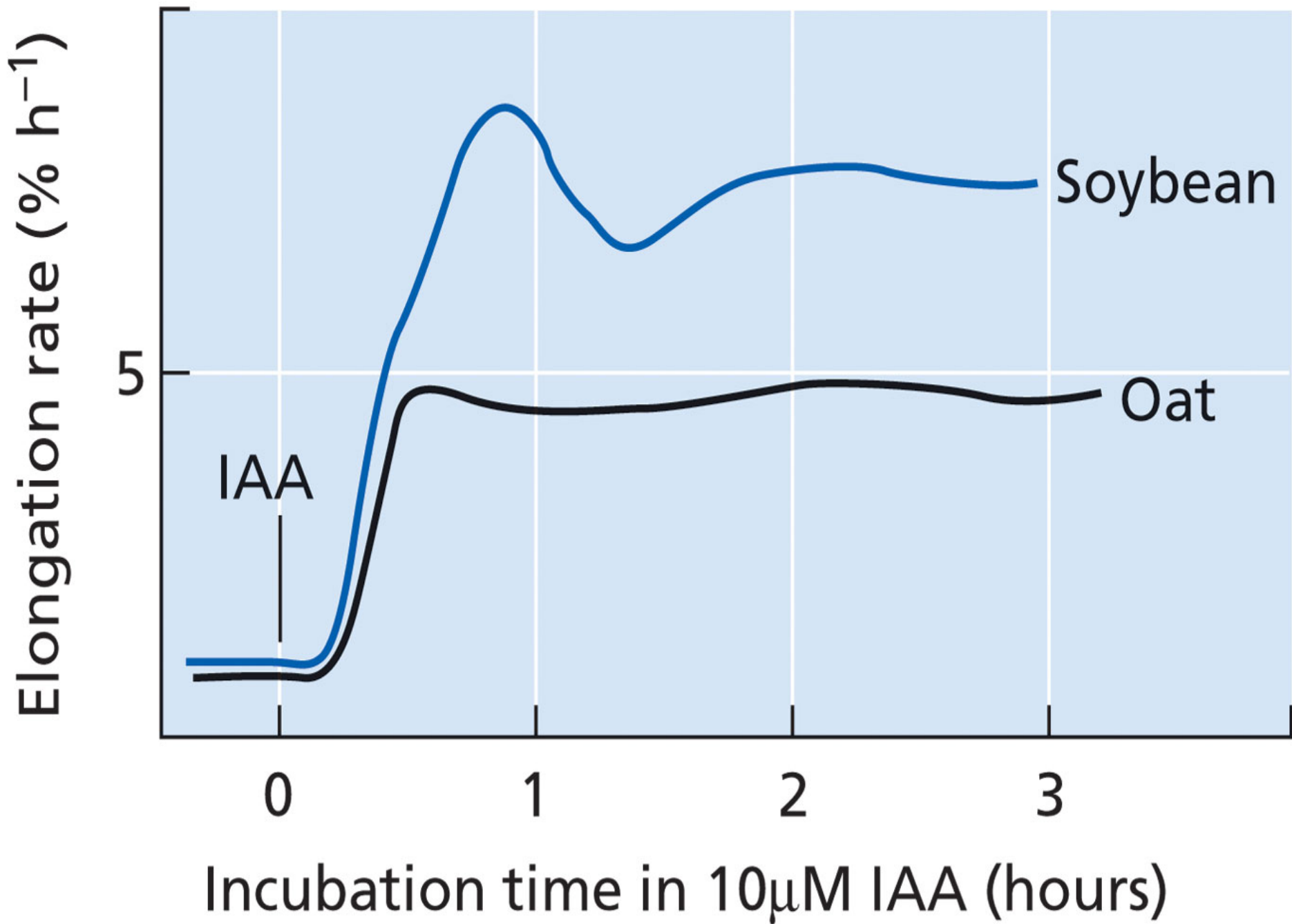


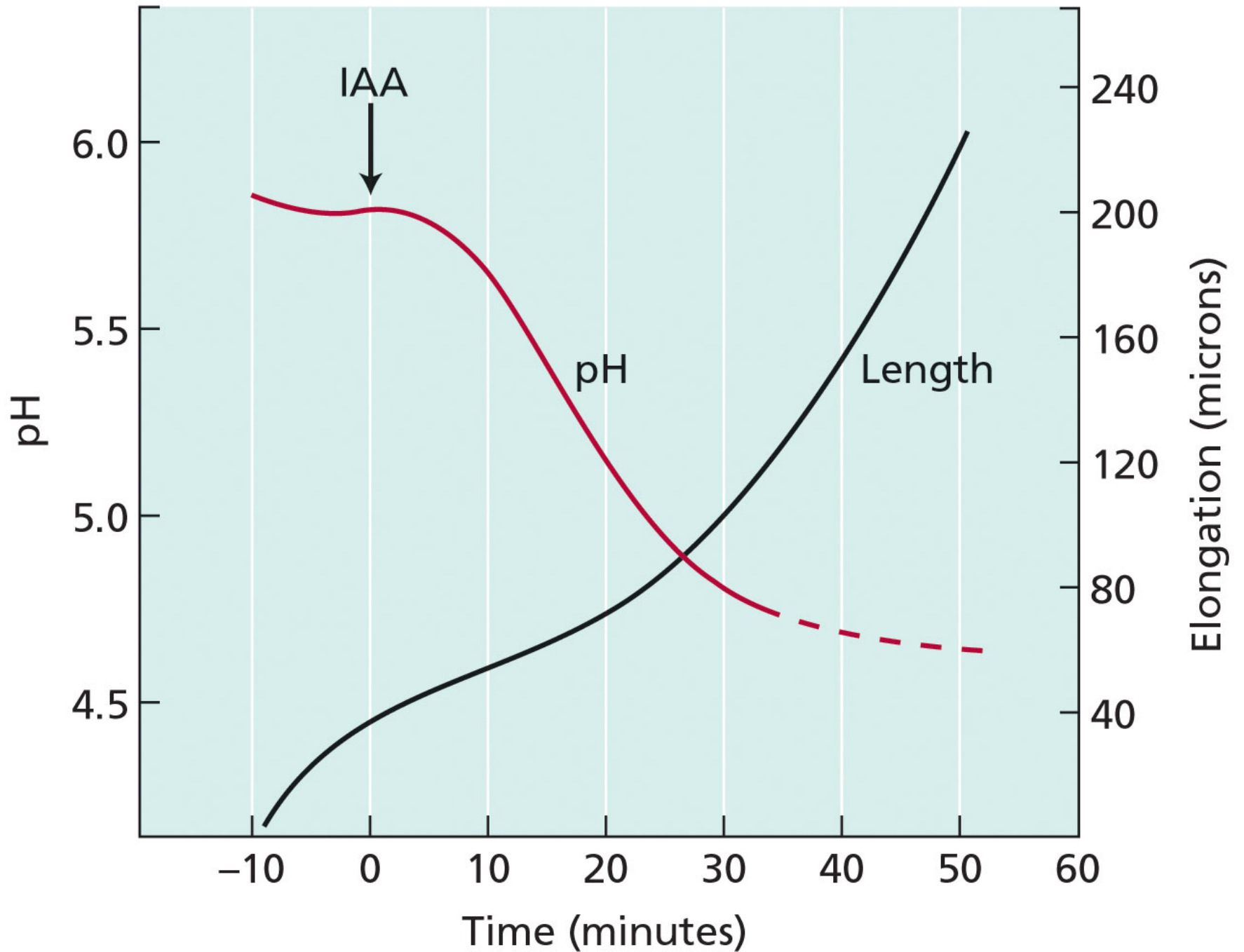
五 生长的作用机理

(一)直接作用：酸—生长学说(acid growth theory)

在植物质膜上存在着质子泵，IAA可以活化质子泵，把质子排到CW中去，使CW酸化，从而使CW中对酸不稳定的键断裂，酸性水解酶活性增强，使CW多糖分子间的结构交结点断开松弛，增加了CW的塑性(水势下降，吸水)。与此同时，IAA促进RNA和蛋白质的合成，加入到新CW和细胞物质的合成中。

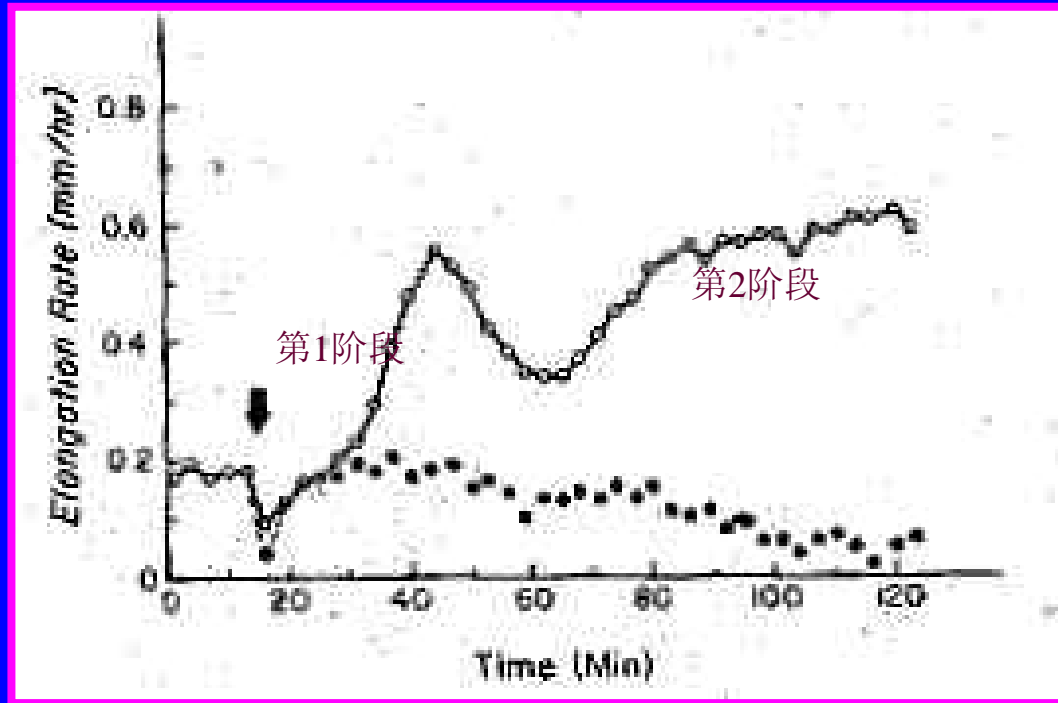




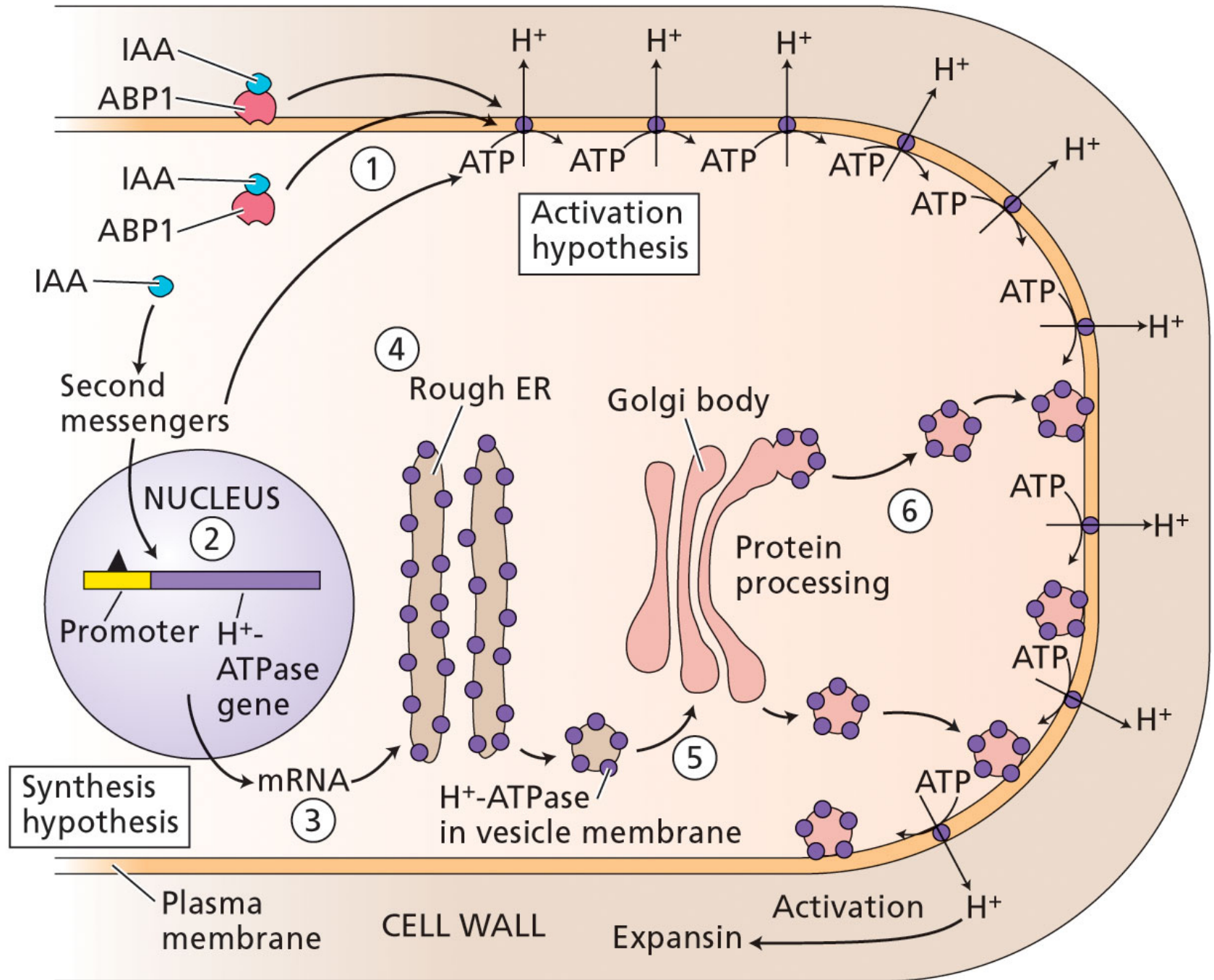


(二)间接作用：IAA作为第二信使，与激素受体结合，调节基因表达或引起一系列生化反应。

1) 生长素诱导的茎切段生长的动力学



2) 植物激素受体 hormone receptor: 能特异性地识别激素并与激素高度结合，进一步引起一系列生理、生化变化的物质。
现已分离出多类IAA受体，结合在膜上(内质网膜、细胞质膜、液泡膜)和细胞液中。



五 生长素及其人工合成生长调节剂的应用

天然的生长素很容易被氧化分解，因此应用上多用人工合成的一些类似物，如2,4-D、NAA等

1. 促进插条生根
2. 阻止器官脱落
3. 诱导单性结实(西红柿、黄瓜、茄子、菠萝)
4. 促进性别分化：黄瓜开雌花
5. 促进菠萝开花：14个月龄的菠萝，NAA、2,4-D处理后2月即可开花。
6. 疏花疏果
7. 除草剂(如2,4,-D可刺激形成层细胞的分裂，压迫输导组织，使植物死亡，可除去双子叶杂草(宽叶))