

**Crescimento
e
Desenvolvimento
Vegetal**

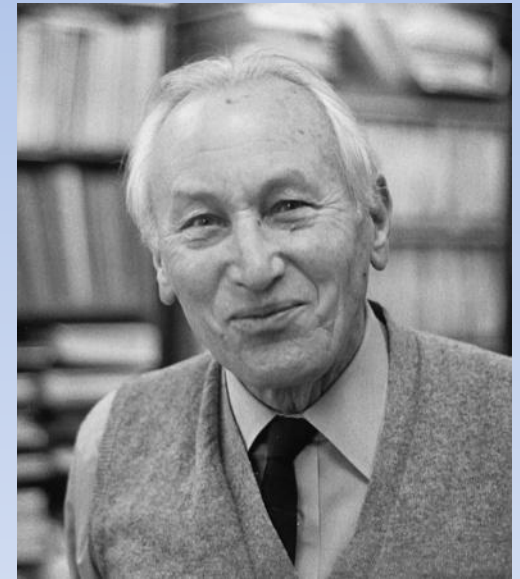
O que são os fitormônios?



Frits Went, 1903-1990

“... São moléculas caracterizadas pela propriedade de servirem como mensageiros químicos, através das quais a atividade de certos órgãos é coordenada com a dos outros”.

-Frits Went and Kenneth Thimann, 1937



Kenneth Thimann, 1904-1997

O que são Fitormônios?

Substâncias **naturais**, produzidas em **baixas concentrações** e que atuam no local onde foram sintetizadas e à distância (**mobilidade**), apresentando um amplo espectro de atividades biológicas.

Reguladores de Crescimento:

Substâncias **sintéticas** com **atividade biológica análoga às dos fitormônios**, com atuação nos locais onde foram aplicadas e à distância (**mobilidade**), apresentando um amplo espectro de atividades biológicas.

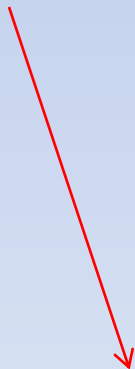
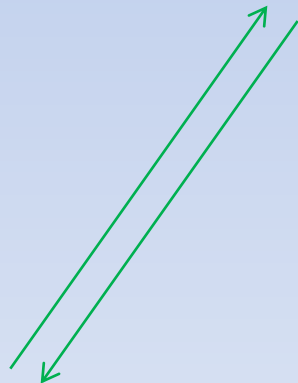
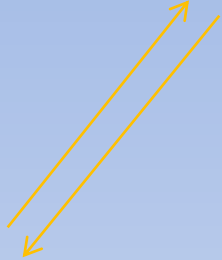
Síntese
(anabolismo)

Ligação
(conjugação)

**Equilíbrio Dinâmico da
Concentração
Hormonal**

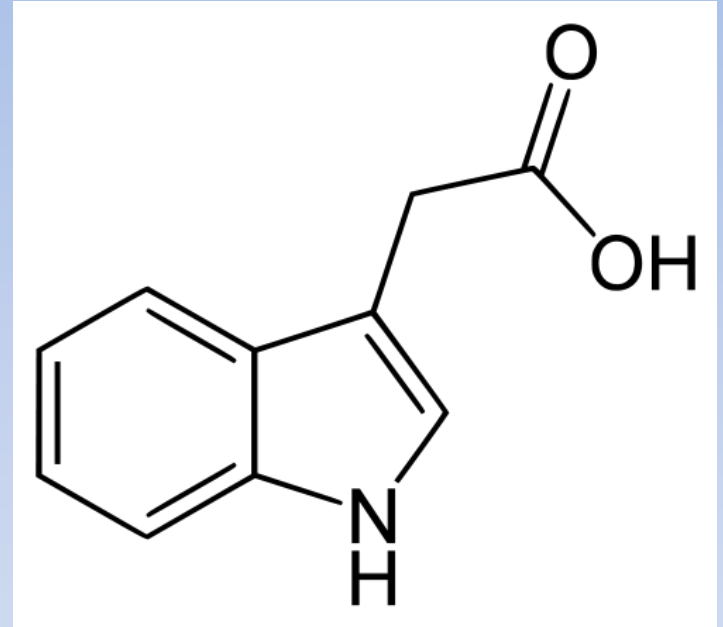
Compartimentação
(armazenamento)

Degradação
(catabolismo)



Auxin

- Crescimento
- Fototropismo e gravitropismo
- Ramificação
- Padrão embriogênico
- Manutenção de células do caule
- Iniciação de órgãos



Indole-3-acetic acid (IAA), the most abundant natural auxin

Darwin concluded that a signal moves through the plant controlling growth

"Devemos, portanto, concluir que, quando as plântulas são expostas livremente a uma luz lateral, alguma influência é transmitida a partir da parte superior à parte inferior, fazendo com que esta última sofra curvaturas."

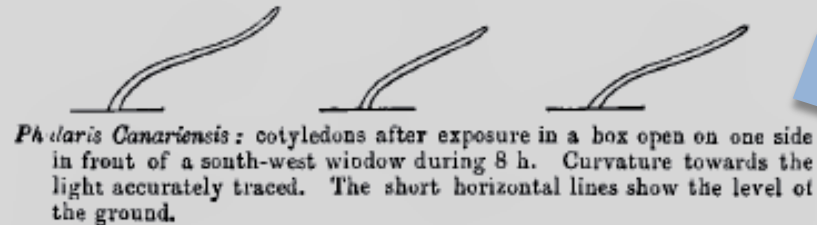
THE POWER OF MOVEMENT IN PLANTS

BY
CHARLES DARWIN, LL. D., F. R. S.
ASSISTED BY
FRANCIS DARWIN

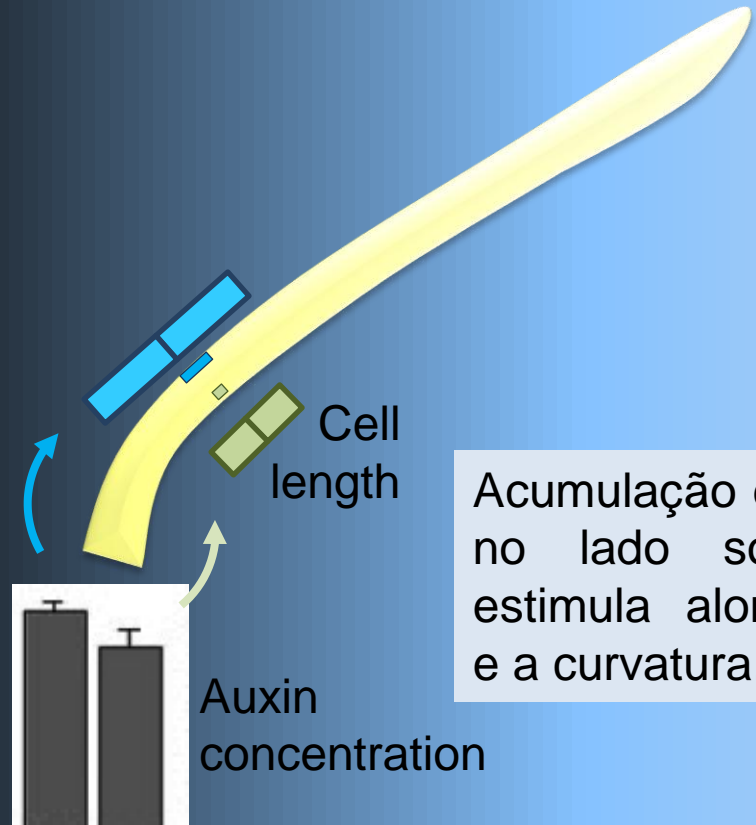
WITH ILLUSTRATIONS

NEW YORK
APPLETON AND COMPANY
1898

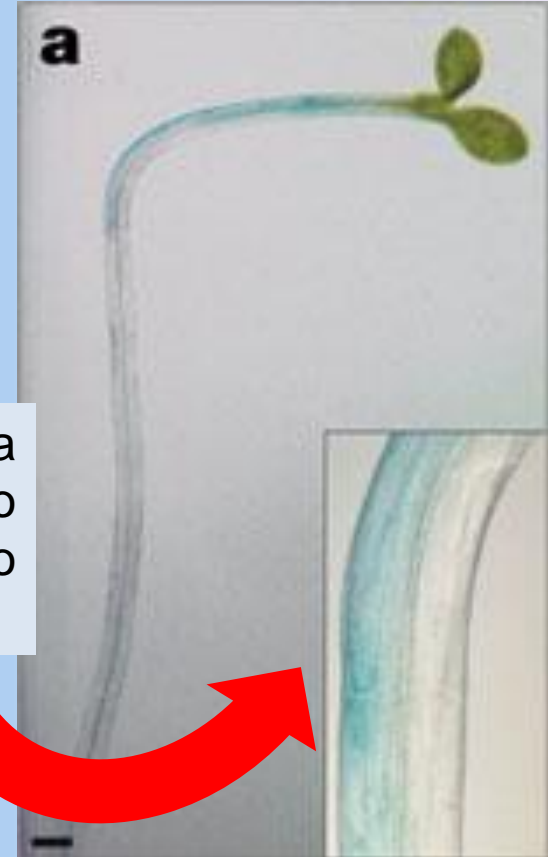
Fig. 181.



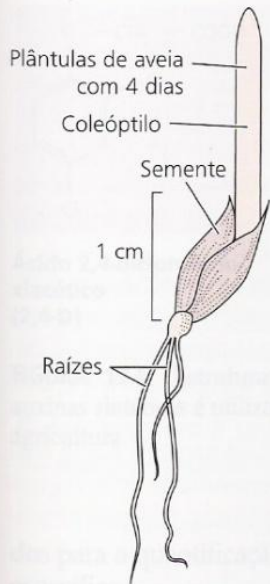
Differential cell growth is a result of auxin movement to the shaded side



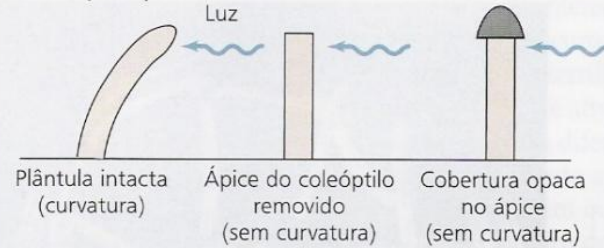
Acumulação de auxina no lado sombreado estimula alongamento e a curvatura.



Auxinas:

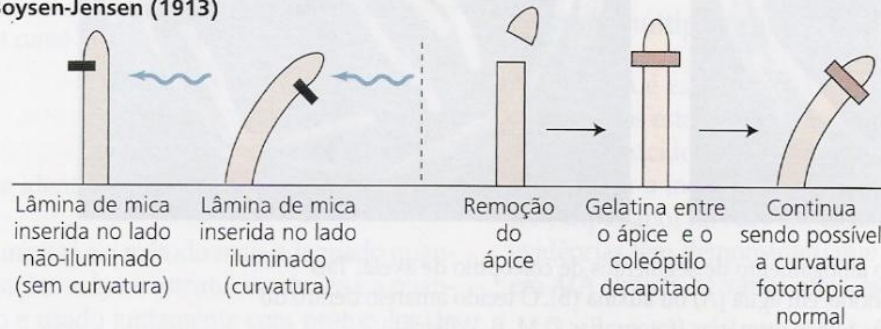


Darwin (1880)



A partir dos experimentos de fototropismo em coleóptilos, Darwin concluiu, em 1880, que um estímulo de crescimento é produzido no ápice do coleóptilo e transmitido para a zona de crescimento.

Boysen-Jensen (1913)



Em 1913, P. Boysen-Jensen descobriu que o estímulo do crescimento passava pela gelatina, mas não através de barreiras impermeáveis à água, como a mica.

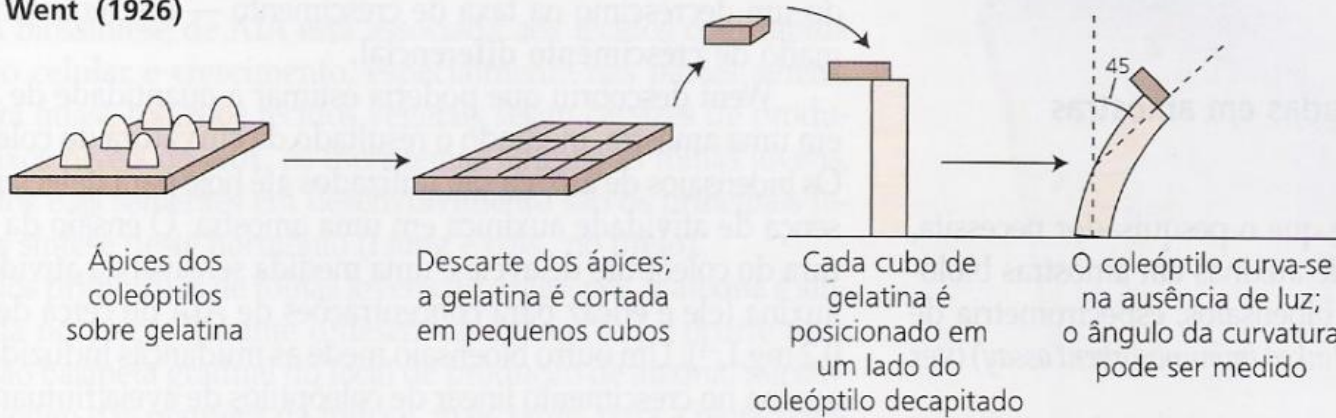
Paál (1919)



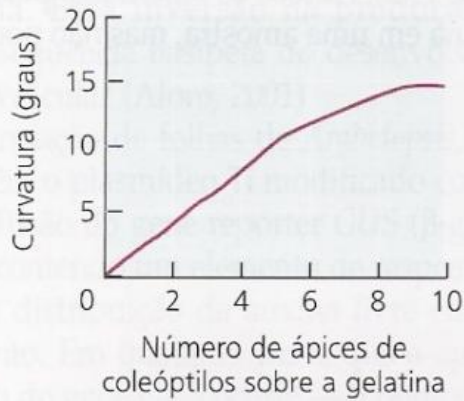
Em 1919, A. Paál forneceu evidências de que o estímulo promotor de crescimento produzido no ápice do coleóptilo era de natureza química.

Auxinas:

Went (1926)



Em 1926, F.W. Went demonstrou que a substância ativa em promover o crescimento pode se difundir em cubos de gelatina. Ele descobriu, ainda, um ensaio de curvatura de coleótilo para análise quantitativa de auxina.



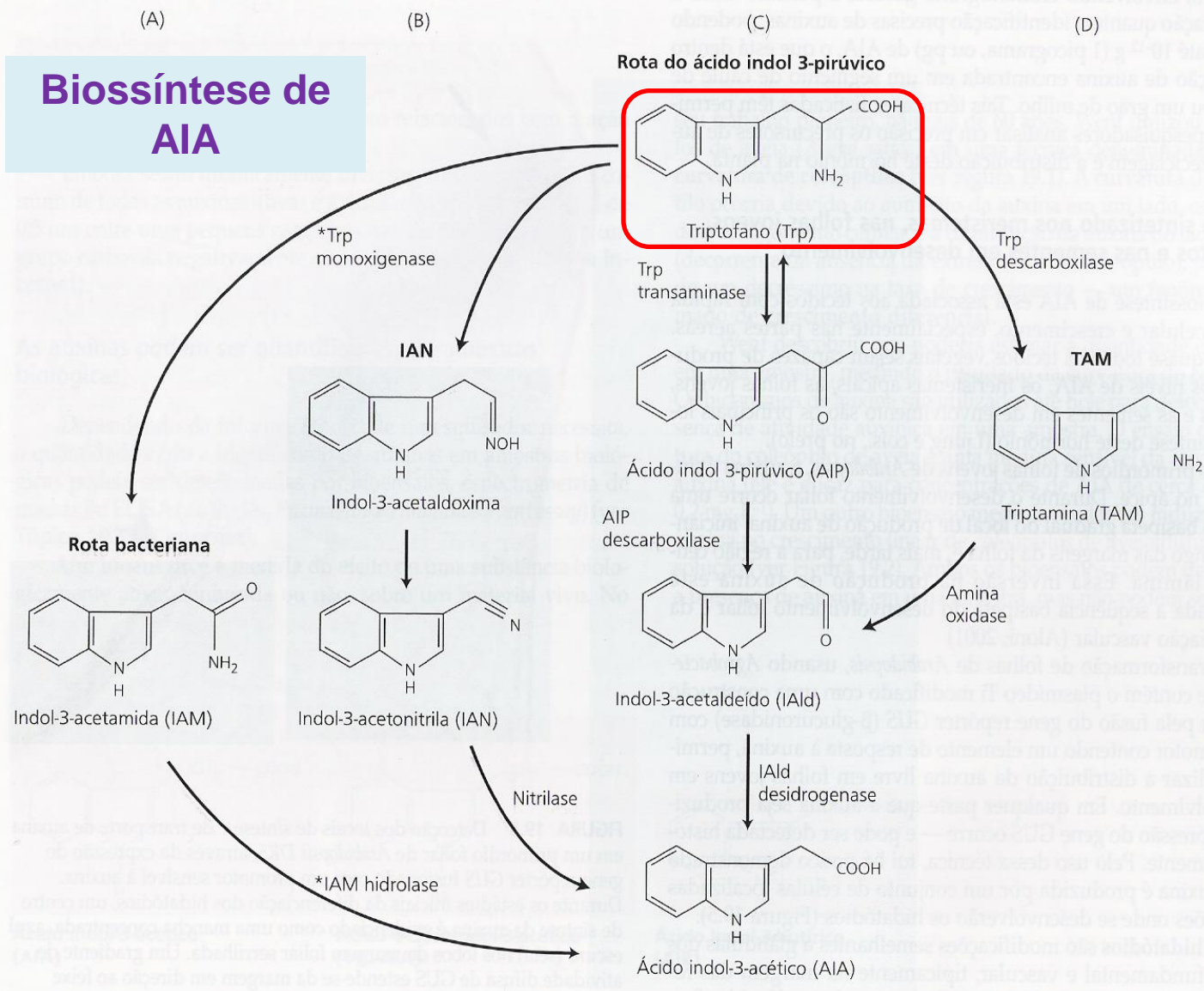


FIGURA 19.6 Rotas de biossíntese de AIA dependentes do triptofano em vegetais e bactérias. As enzimas que estão presentes somente em bactérias estão marcadas com um asterisco (Bartel, 1997).

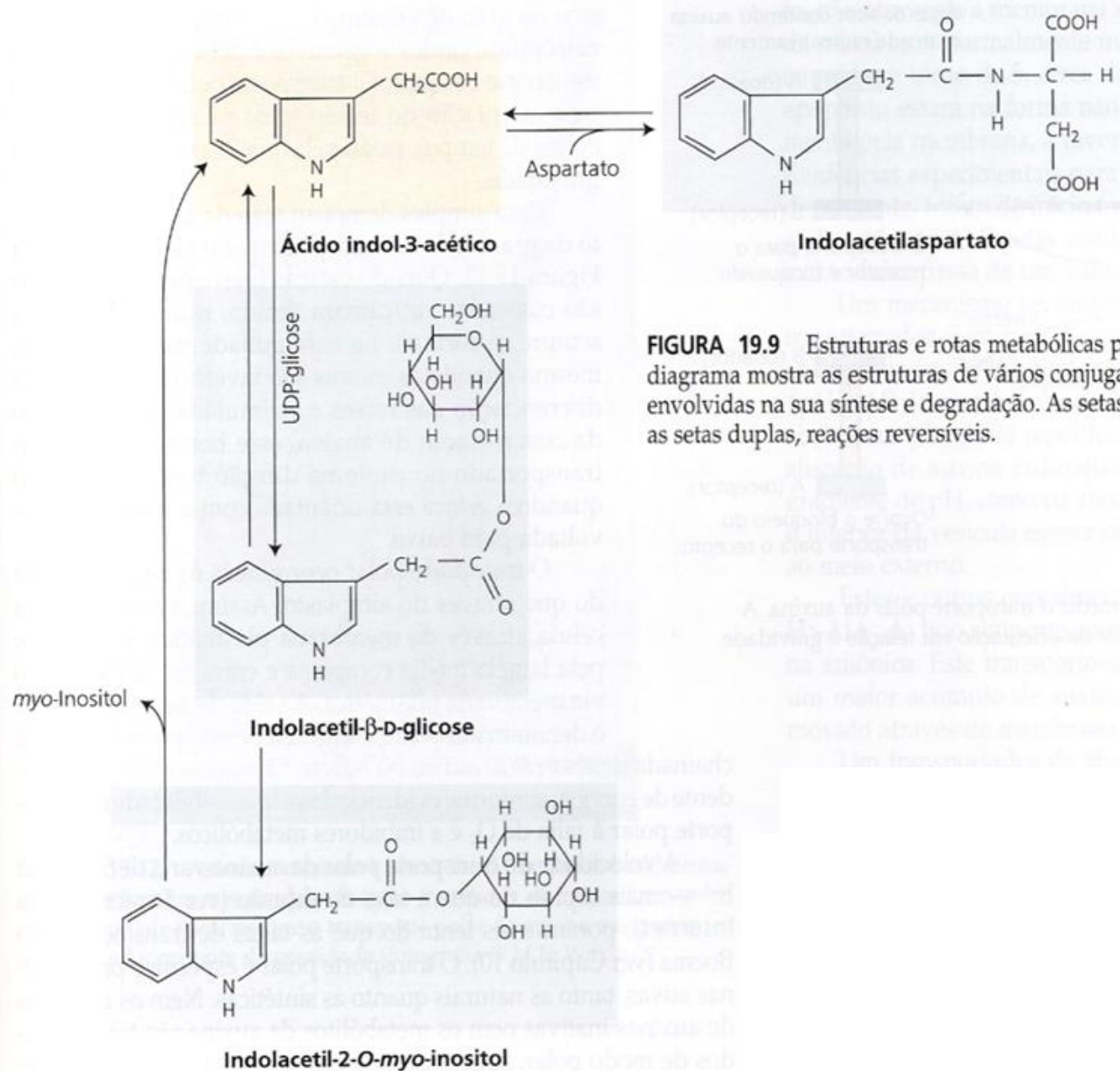
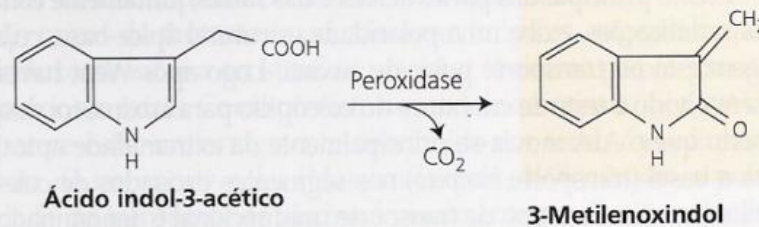


FIGURA 19.9 Estruturas e rotas metabólicas propostas para auxinas conjugadas. O diagrama mostra as estruturas de vários conjugados de AIA e as rotas metabólicas envolvidas na sua síntese e degradação. As setas simples indicam rotas irreversíveis; as setas duplas, reações reversíveis.

(A) Descoboxilação: uma rota secundária



(B) Rotas não-descoboxilativas

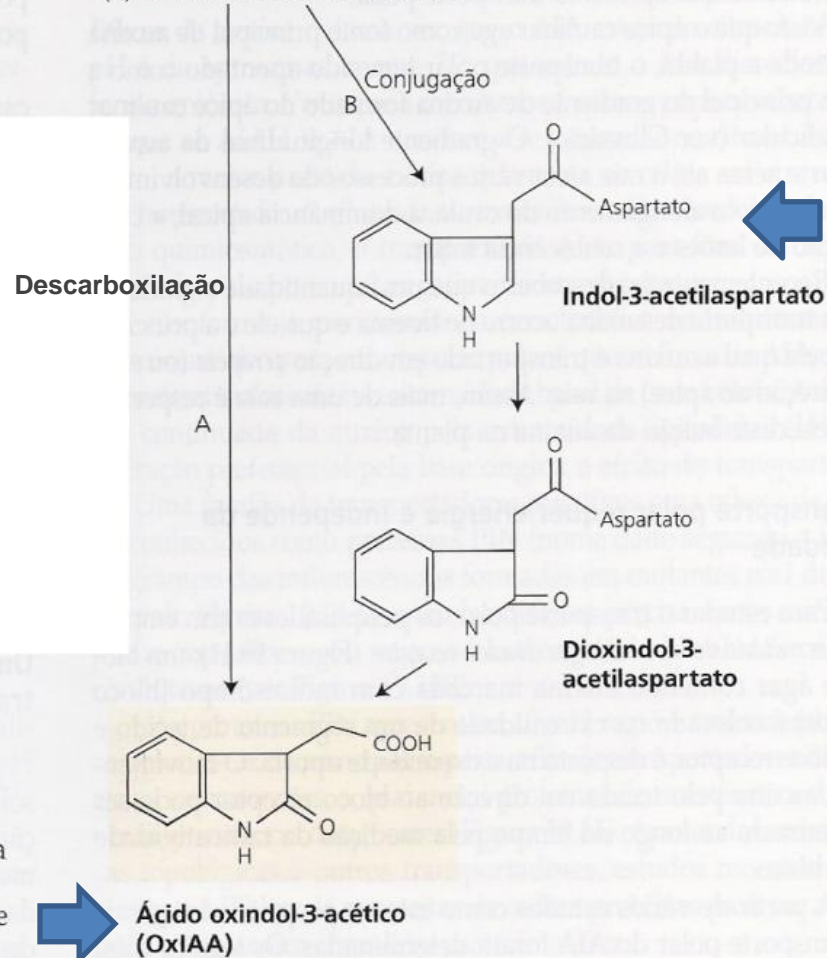


FIGURA 19.10 Biodegradação de AIA. (A) A rota de peroxidase (via de descoboxilação) exerce um papel relativamente secundário. (B) As duas rotas de oxidação que não envolvem descoboxilação do AIA, A e B, são as vias metabólicas mais comuns.

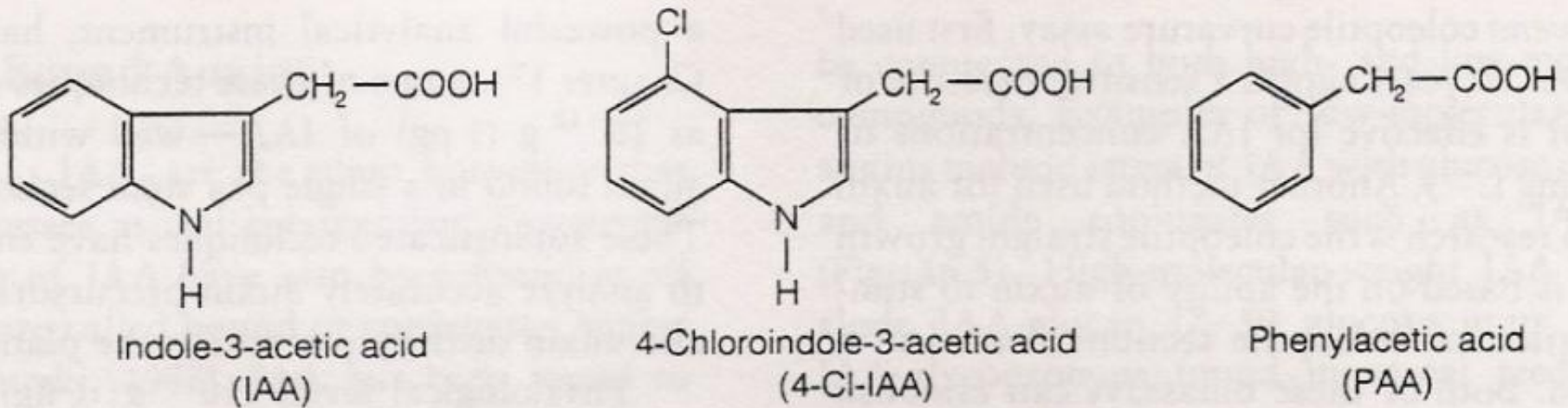
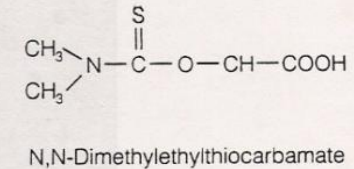
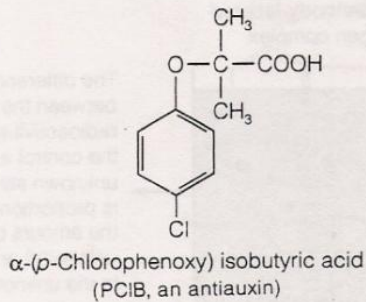
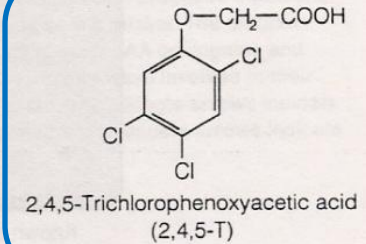
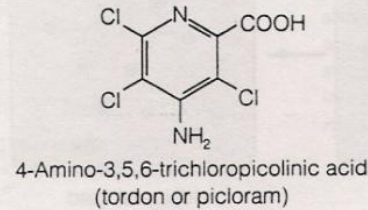
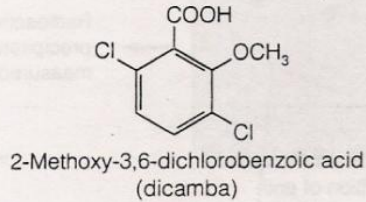
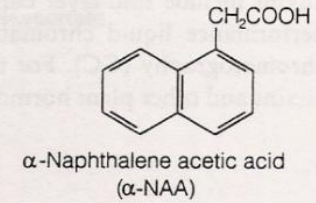
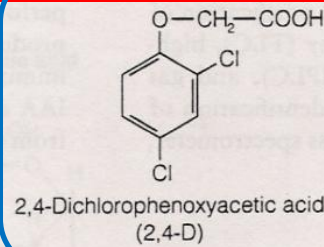
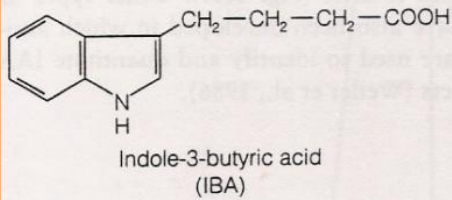
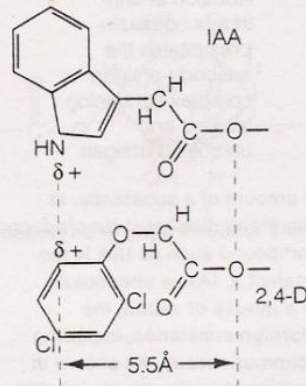


FIGURE 16.2. Structure of some natural auxins. Although indole-3-acetic acid (IAA) occurs in all plants, there are other substances in plants that have auxin activity. Pea plants, for example, contain 4-chloroindole-3-acetic acid. Other compounds that are not indoles, such as phenylacetic acid, also possess auxin activity. It is not clear what roles, if any, these other natural auxins play in plant development.

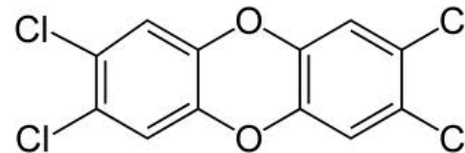
Natural
Recentemente
identificada em
muitas espécies



(a)



(b)

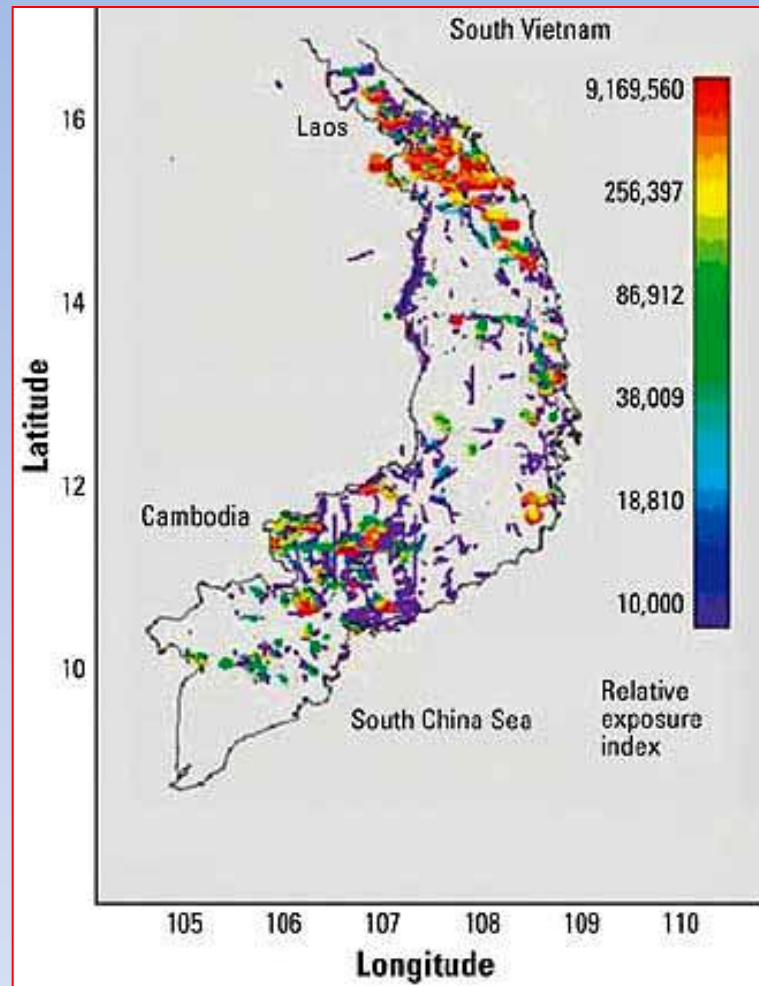
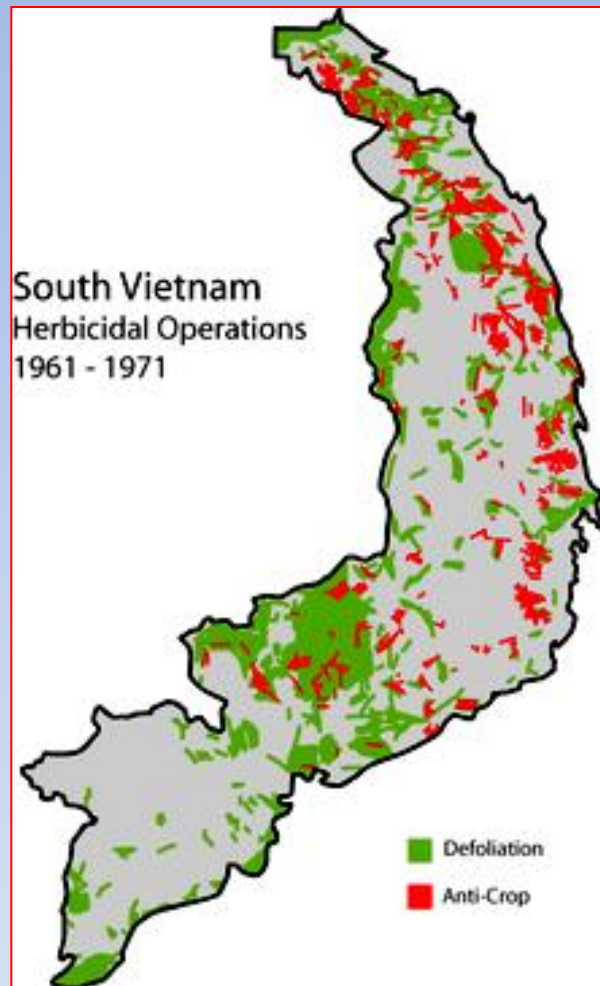


TCDD
2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxina

FIGURE 16.3. (a) Structure of some synthetic auxins. Most of these synthetic auxins are used as herbicides in horticulture and agriculture. The most widely used are probably 2,4,5-T and 2,4-D, which are not subject to breakdown by the plant and are very stable. They are very effective at low concentrations on broad-leaved plants. (b) The dissociated forms of IAA and 2,4-D showing the negative charge on the carboxyl and the fractional positive charge on the ring, separated by a distance of 5.5 Å.

Aplicação do Agente Laranja no Vietnã





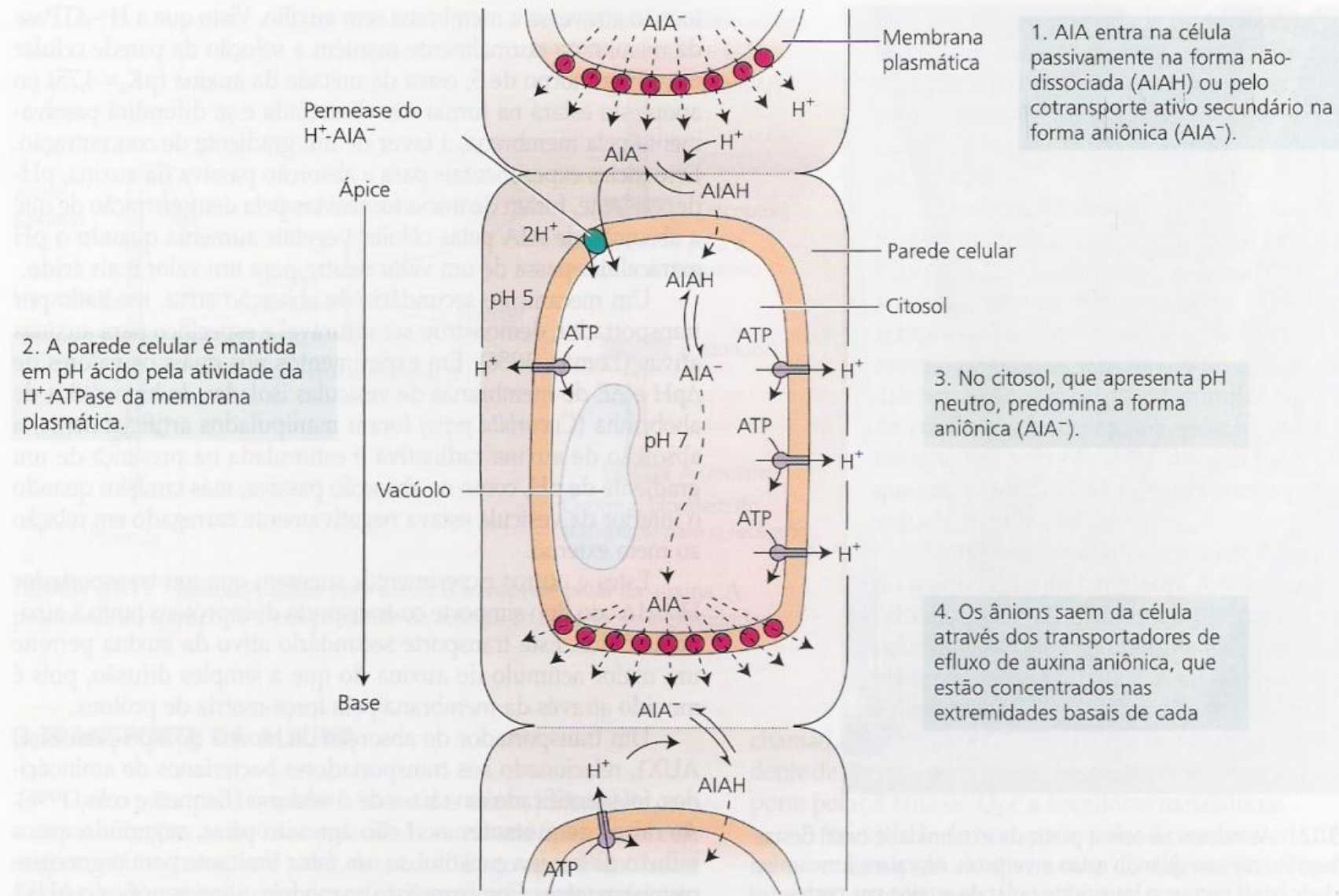
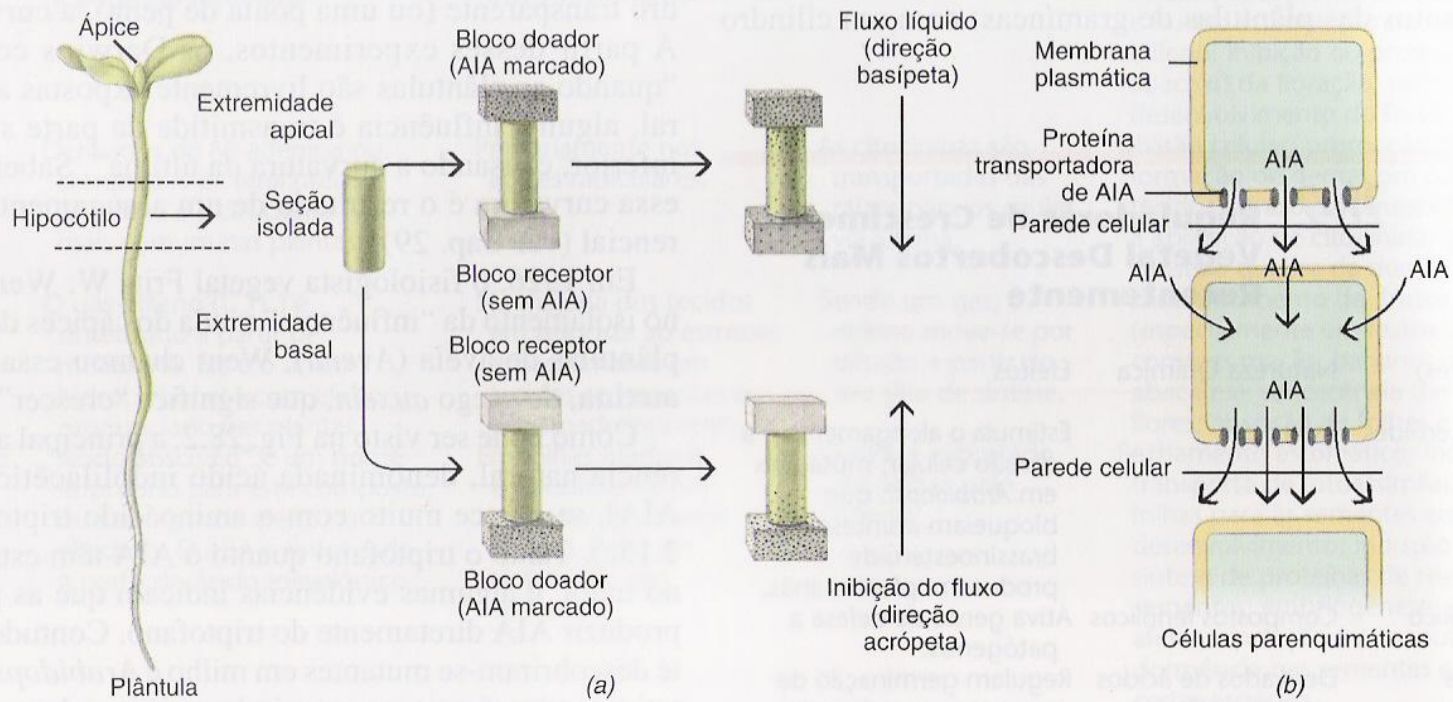


FIGURA 19.13 Modelo quimiosmótico para o transporte polar da auxina. Aqui é ilustrada uma célula de uma coluna de células transportadoras de auxina (Jacobs e Gilbert, 1983).



28.3

*Transporte de auxina. (a) Demonstração experimental do transporte polar de auxina nos caules, aqui representado pelo segmento do hipocótilo de uma plântula. Os segmentos de hipocótilo são colocados entre blocos de ágar. O bloco doador contém auxina marcada radioativamente. A taxa de transporte de auxina é medida pelo acúmulo de radioatividade no bloco receptor após um certo período. A taxa é muito mais rápida na direção basípeta do que na acrópeta. (b) Mecanismo do transporte polar de auxina. A auxina move-se dentro das células através da membrana plasmática por toda a superfície da célula, mas é transportada para fora da célula por proteínas transportadoras, as quais estão localizadas apenas na parte basal de cada célula parenquimática.**

*N.T.: Como o pH da parede celular é ácido, a auxina estará em sua forma protonada (sem carga elétrica), o que facilita sua passagem pela membrana plasmática e entrada na célula. Dentro da célula, a auxina torna-se ionizada devido ao pH neutro do citoplasma, precisando portanto de proteínas transportadoras para sua saída.

Efeitos Fisiológicos:

Hipótese de ativação:

A auxina liga-se a uma proteína de ligação de auxina (ABP1), localizada na superfície celular ou no citosol. O complexo ABP1-AIA interage diretamente com a H^+ -ATPase da membrana plasmática para estimular o bombeamento de prótons (etapa 1). Mensageiros secundários, como o cálcio ou o pH intracelular, podem também estar envolvidos.

Hipótese de síntese:

Mensageiros secundários induzidos por auxina ativam a expressão de genes (etapa 2) que codificam a síntese da H^+ -ATPase da membrana plasmática (etapa 3). A proteína é sintetizada no retículo endoplasmático rugoso (etapa 4) e enviada para a membrana pela via secretora (etapas 5 e 6). O aumento da extrusão de prótons é o resultado do aumento no número de bombas de prótons na membrana.

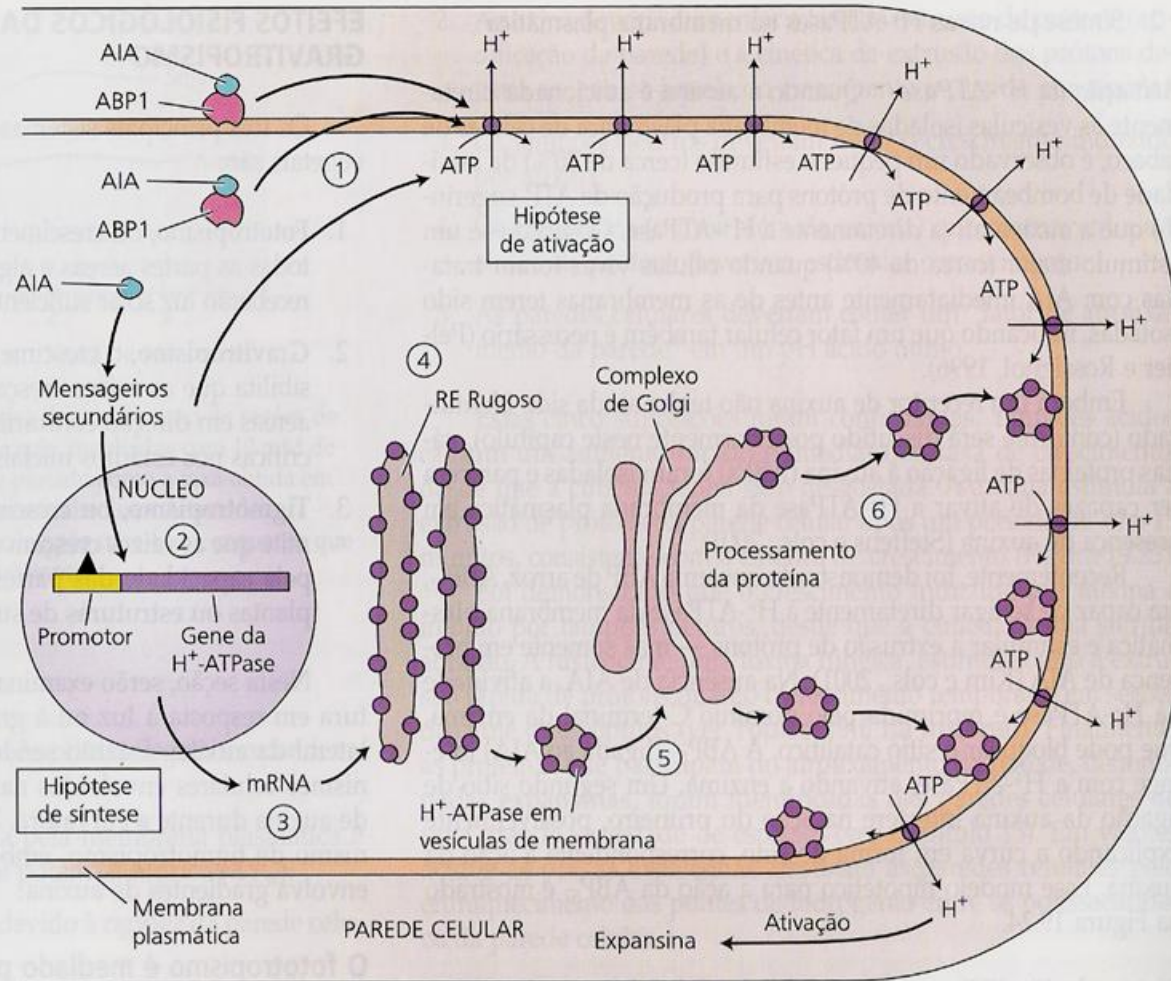
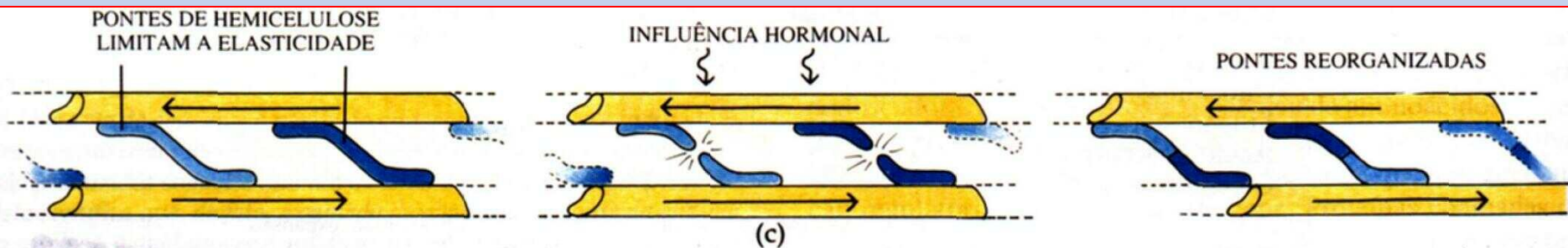
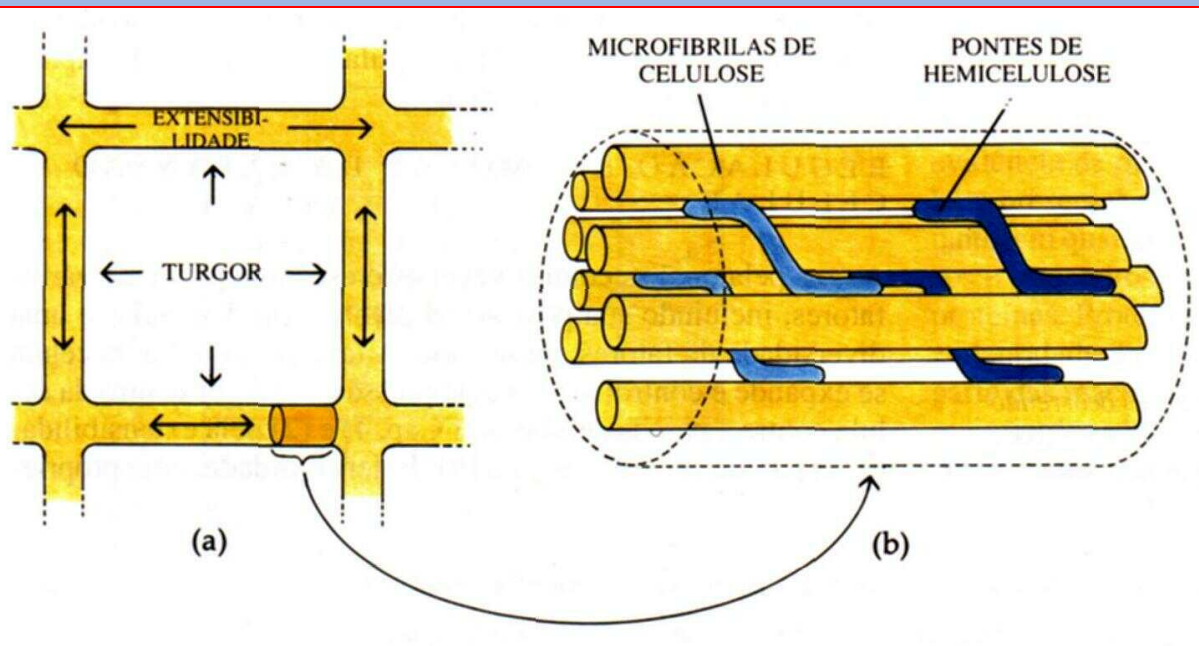


FIGURA 19.25 Modelos atuais de extrusão de H^+ induzido por AIA. Em muitas plantas, os dois mecanismos podem ocorrer. Independente de como o bombeamento de H^+ seja aumentado, o afrouxamento da parede induzido pela acidez é mediado pelas expansinas.

25.19

Regulação hormonal da taxa de expansão celular. (a) Pressão de turgor dentro da célula dirigida sobre a parede celular. (b) A distensão da parede celular é necessária para a expansão celular mas é limitada por pontes de hemicelulose entre as microfibrilas de celulose. (c) Hormônios podem causar um aumento na extensibilidade por estimularem uma clivagem reversível das pontes de hemicelulose. Um hormônio, tal como a auxina, pode induzir a clivagem das pontes de hemicelulose, permitindo que as microfibrilas de celulose deslizem umas sobre as outras. Considera-se que as pontes de hemicelulose sejam então reorganizadas. Microfibrilas de celulose podem também distanciar-se umas das outras (ver Fig. 25.20).



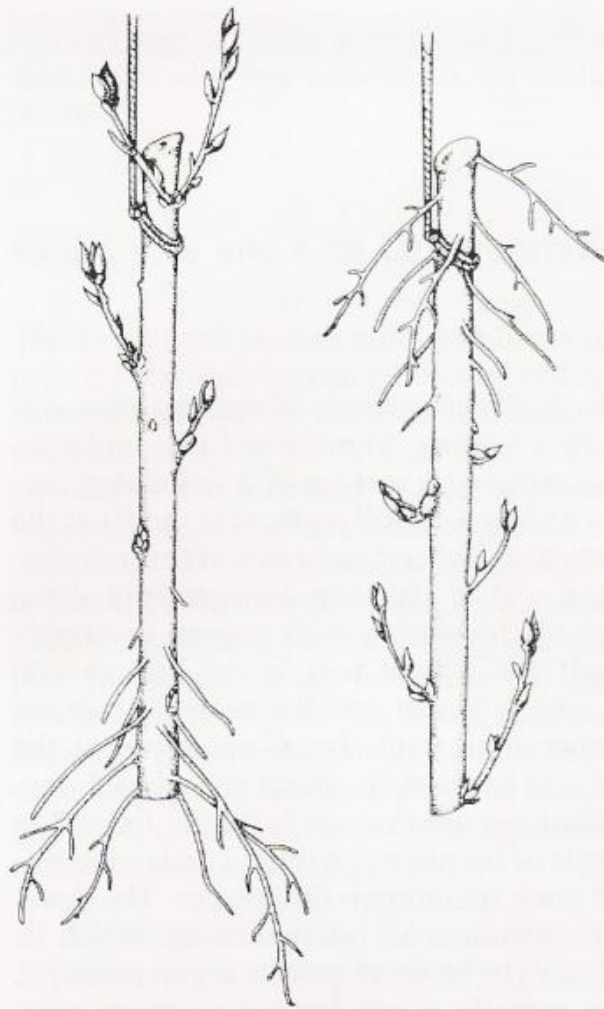
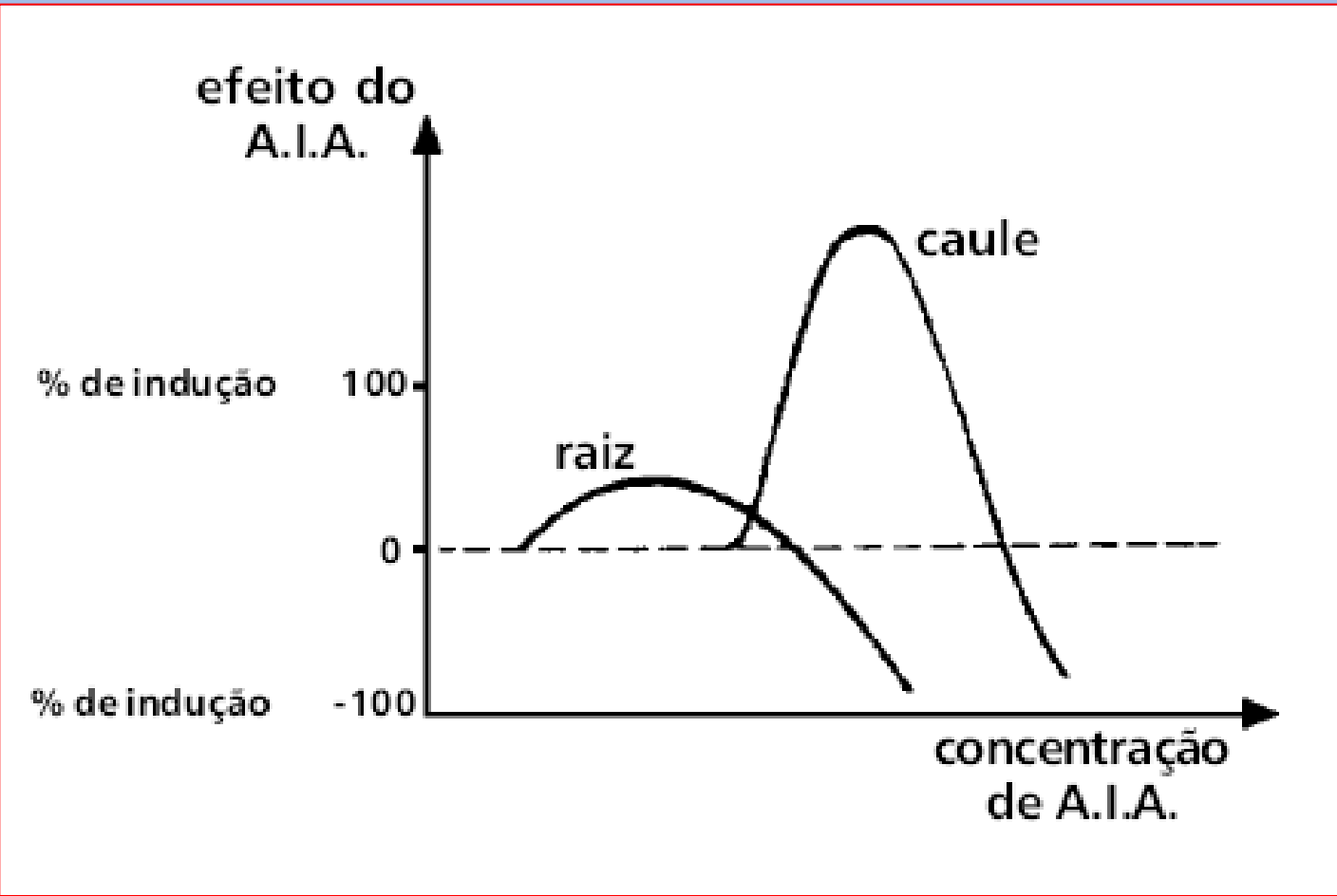


Fig. 7.2 Organ polarity during regeneration of a willow twig (*Salix* sp.) in darkness. *Left* A segment of willow twig in its normal orientation, suspended in moist air. *Right* A similar segment in the reverse position with respect to gravity. The morphological basal end (root pole) regenerates roots, whilst the morphological apical end (shoot pole) regenerates shoots. The *gravitropic orientation* of the regenerated organs is, however, always normal relative to gravity. (After Pfeffer 1904)



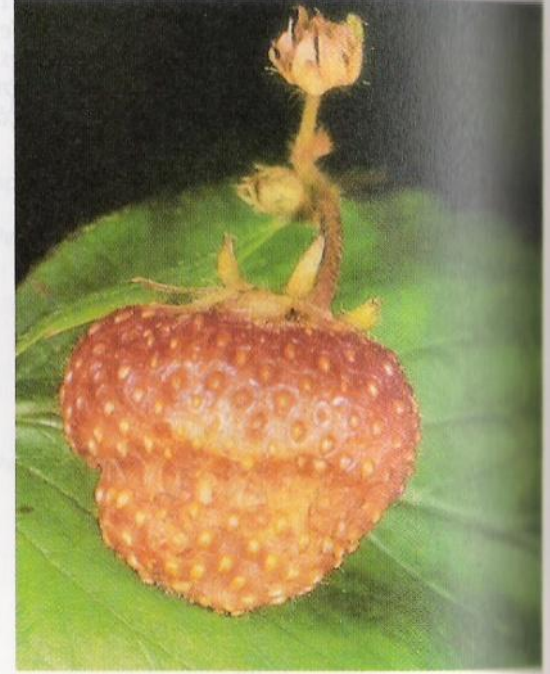




(a)



(b)



(c)

28.7

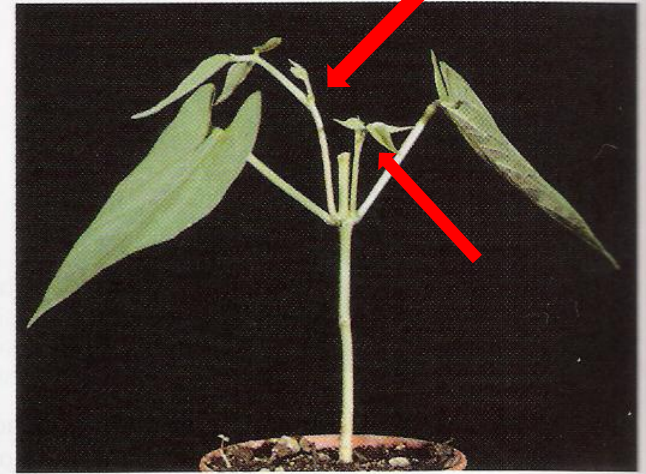
A auxina, produzida por embriões em desenvolvimento, promove a maturação da parede do ovário e o desenvolvimento de frutos carnosos. (a) Morango normal (*Fragaria ananassa*), (b) morango no qual todas as sementes foram removidas, e (c) morango no qual uma linha horizontal de sementes foi removida. Se uma pasta contendo auxina for aplicada ao (b), o morango poderá crescer normalmente.*

FIGURA 19.36 A auxina inibe o crescimento das gemas axilares em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*). (A) As gemas axilares são inibidas em plantas intactas devido à dominância apical. (B) A remoção da gema terminal anula a dominância apical sobre as gemas laterais (setas). (C) Aplicando AIA em pasta de lanolina (contida em uma cápsula de gelatina) a uma superfície cortada previne o crescimento das gemas axilares (fotografias © M. B. Wilkins).

(A)

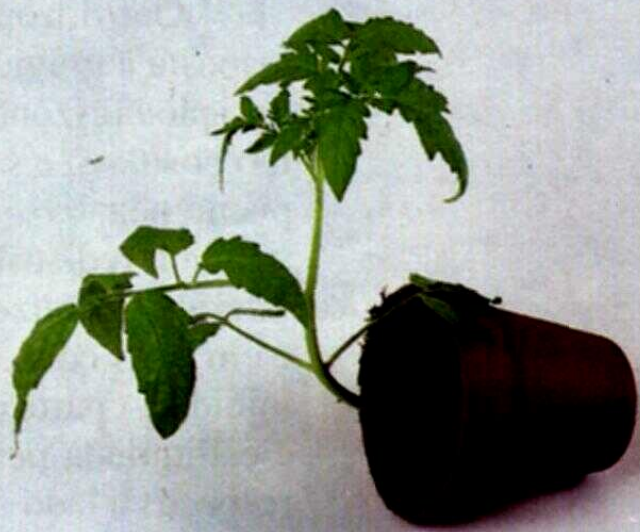


(B)



(C)





(a)

26.3

*Respostas geotrópicas no sistema caulinar de uma planta jovem de tomate (*Lycopersicon esculentum*). A planta em (a) foi colocada horizontalmente e mantida em posição estacionária; a planta em (b) foi colocada com o lado superior voltado para baixo e mantida nessa posição apoiada por um anel. Ainda que originalmente reto, o ramo curvou-se e cresceu na direção ascendente em ambos os casos. Se uma planta é mantida horizontalmente e lentamente gira em torno de seu eixo horizontal, nenhuma curvatura geotrópica ocorrerá, isto é, a planta continuará a crescer horizontalmente. Você saberia explicar as diferenças de crescimento entre uma planta mantida girando em torno do seu eixo horizontal e das plantas mostradas aqui?*



(b)

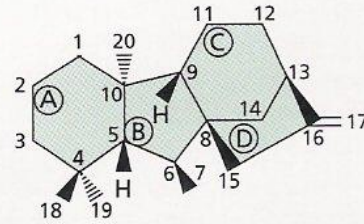
26.6

Gavinhas de Cucumis anguria. O encurvamento é causado por diferentes taxas de crescimento sobre o lado interno e externo da gavinha.

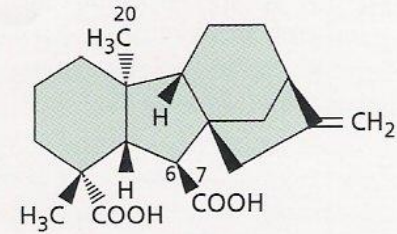


Giberelinas

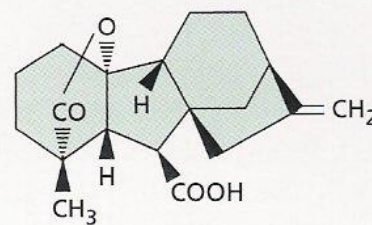
REPRESENTATIVE GIBBERELLIN STRUCTURES



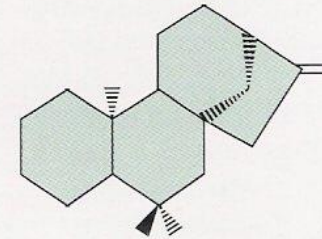
(A) *ent*-Gibberellane structure



(B) GA₁₂ (a C₂₀-gibberellin)

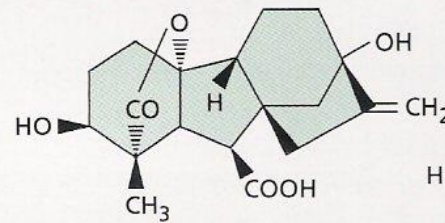


(C) GA₉ (a C₁₉-gibberellin)

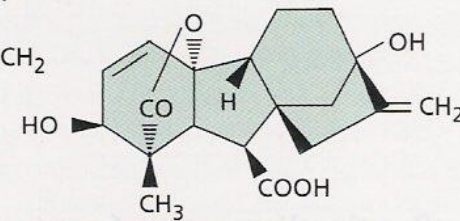


(D) *ent*-Kaurene

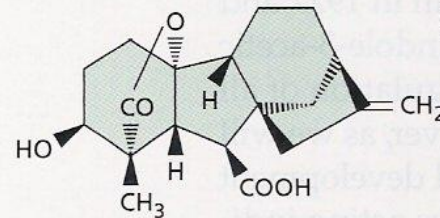
ACTIVE GIBBERELLINS



(E) Gibberellin A₁ (GA₁)

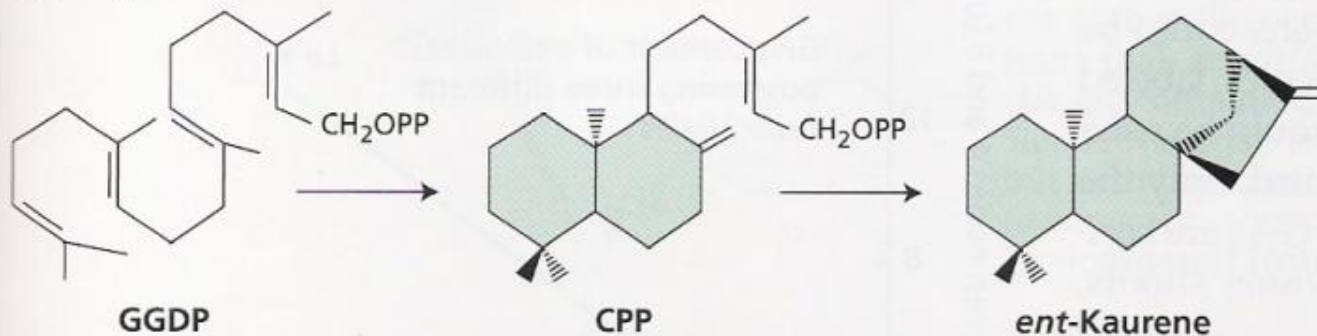


(F) Gibberellic acid (GA₃)



(G) Gibberellin A₄ (GA₄)

(A) Stage 1: Cyclization reactions

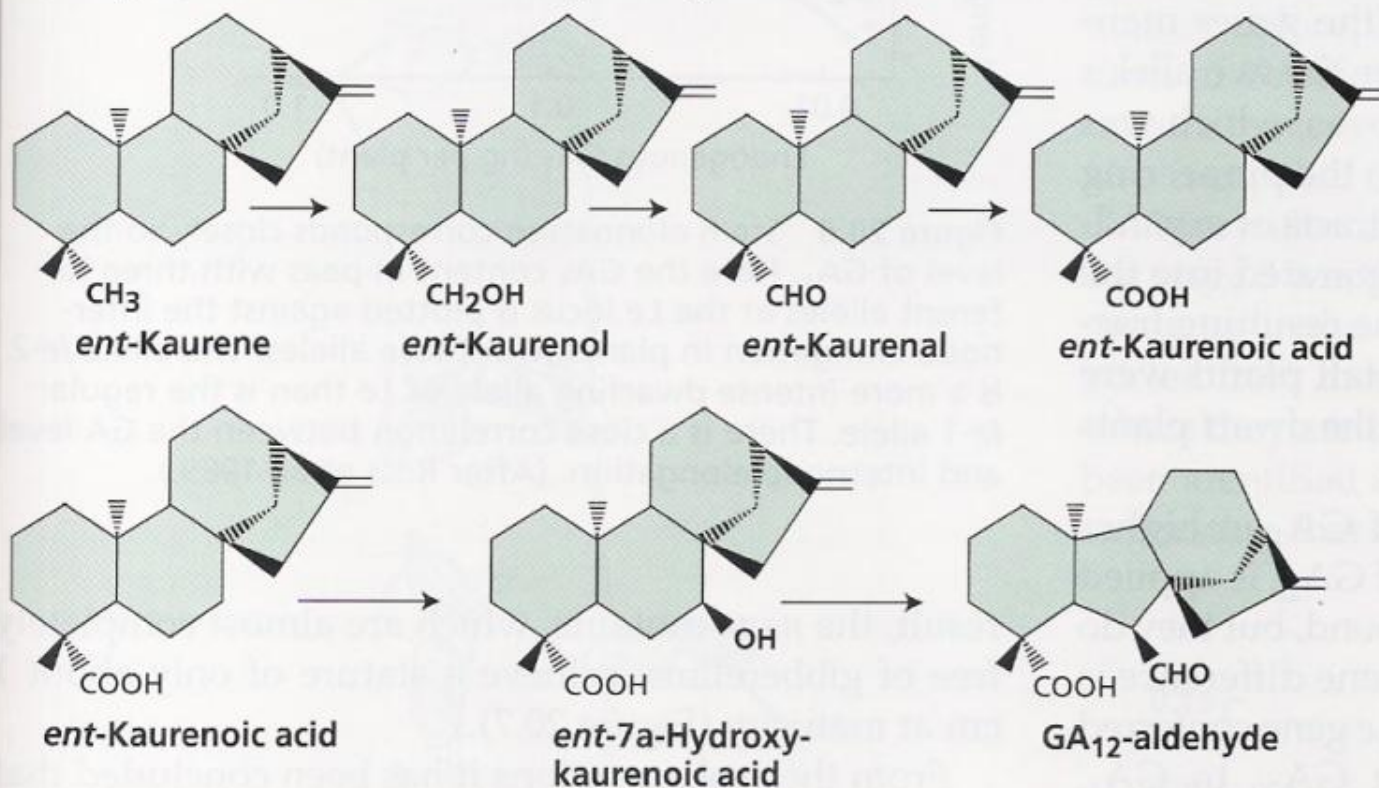


Location: Proplastids

Enzymes: Cyclases

Inhibitors:
Quaternary ammonium and phosphonium compounds; AMO-1618, Cycocel, Phosphon D

(B) Stage 2: Oxidations to form GA₁₂-aldehyde

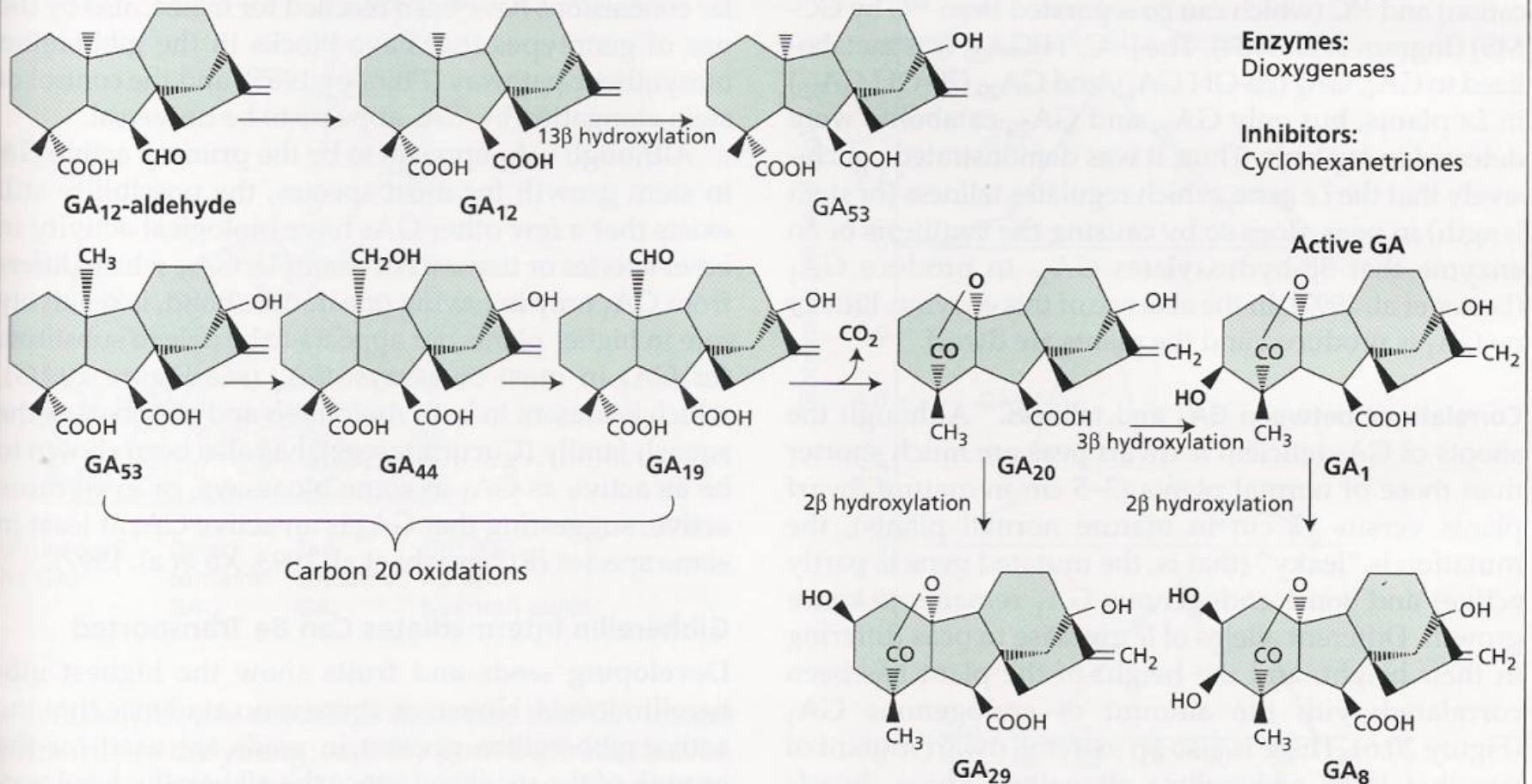


Location:
Endoplasmic reticulum

Enzymes: P 450 monooxygenases

Inhibitors:
N-heterocyclics:
Paclobutrazol
Tetcyclacis
Uniconazole

(C) Stage 3: Formation of all other GAs from GA₁₂-aldehyde



Location: Cytosol

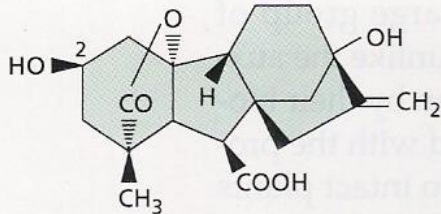
Enzymes:
Dioxygenases

Inhibitors:
Cyclohexanetriones

Figure 20.5 The three stages of the gibberellin biosynthetic pathway. (A) In stage 1, geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP) is converted to *ent*-kaurene via *ent*-copalyl pyrophosphate (CPP). (B) In stage 2, *ent*-kaurene is converted to GA₁₂-aldehyde. (C) In stage 3, GA₁₂-aldehyde is converted to the first gibberellin, GA₁₂, and other GAs. Shown here is the early-13 hydroxylation pathway from GA₁₂ to GA₅₃. This

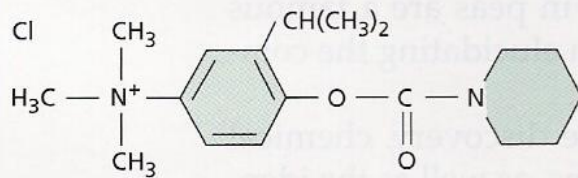
process is followed by a series of oxidations at carbon 20 leading to the production of GA₂₀. Finally, GA₂₀ is oxidized to the active gibberellin, GA₁, by a 3β-hydroxylation reaction. Hydroxylation of carbon 2 converts GA₂₀ and GA₁ to the inactive forms GA₂₉ and GA₈, respectively. (After Kende and Zeevaart 1997.)

INACTIVE GIBBERELLIN

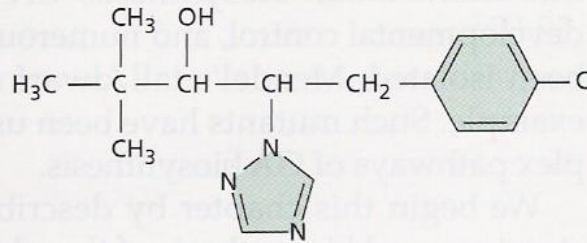


(H) GA₂₉ (inactive by hydroxylation at C2)

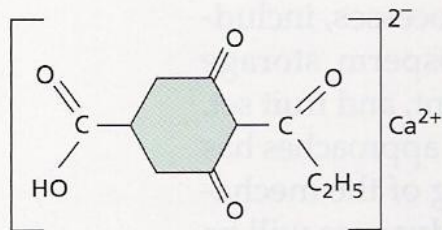
INHIBITORS OF GIBBERELLIN SYNTHESIS



(I) AMO-1618

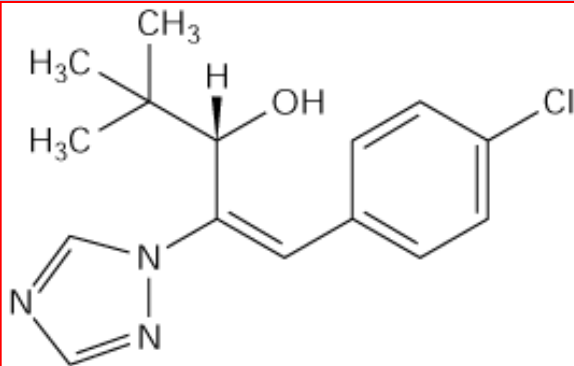


(J) Paclobutrazol (Bonzi)

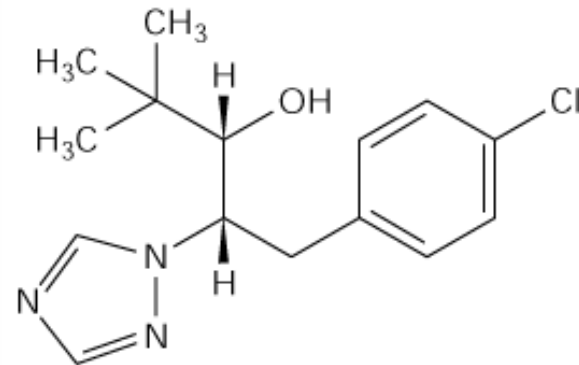


(K) BX-112 (prohexadione-calcium)

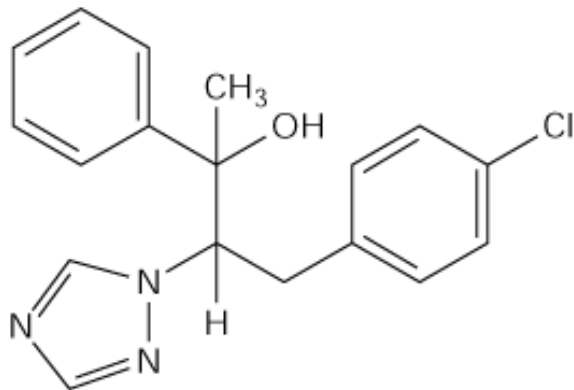
Figure 20.1 Structures of some important gibberellins, their precursors and derivatives, and inhibitors of gibberellin biosynthesis.



Uniconazole



Paclobutrazol



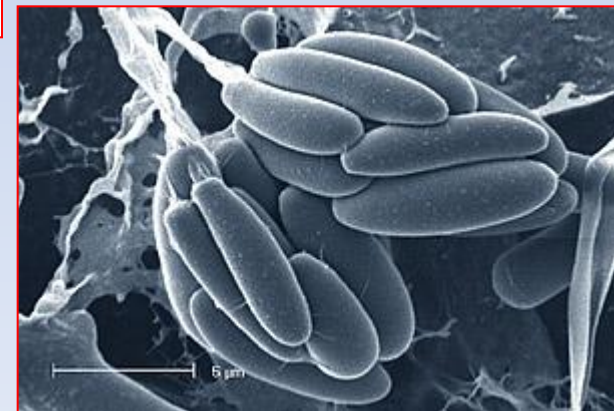
Brassinazole

Retardantes de Crescimento

Bakanae disease or rice (*Gibberella fujikuroi* var. *fujikuroi*)



As fumonisinas são produzidas por espécies de *Fusarium* do complexo *Gibberella fujikuroi* (secção *Liseola*).



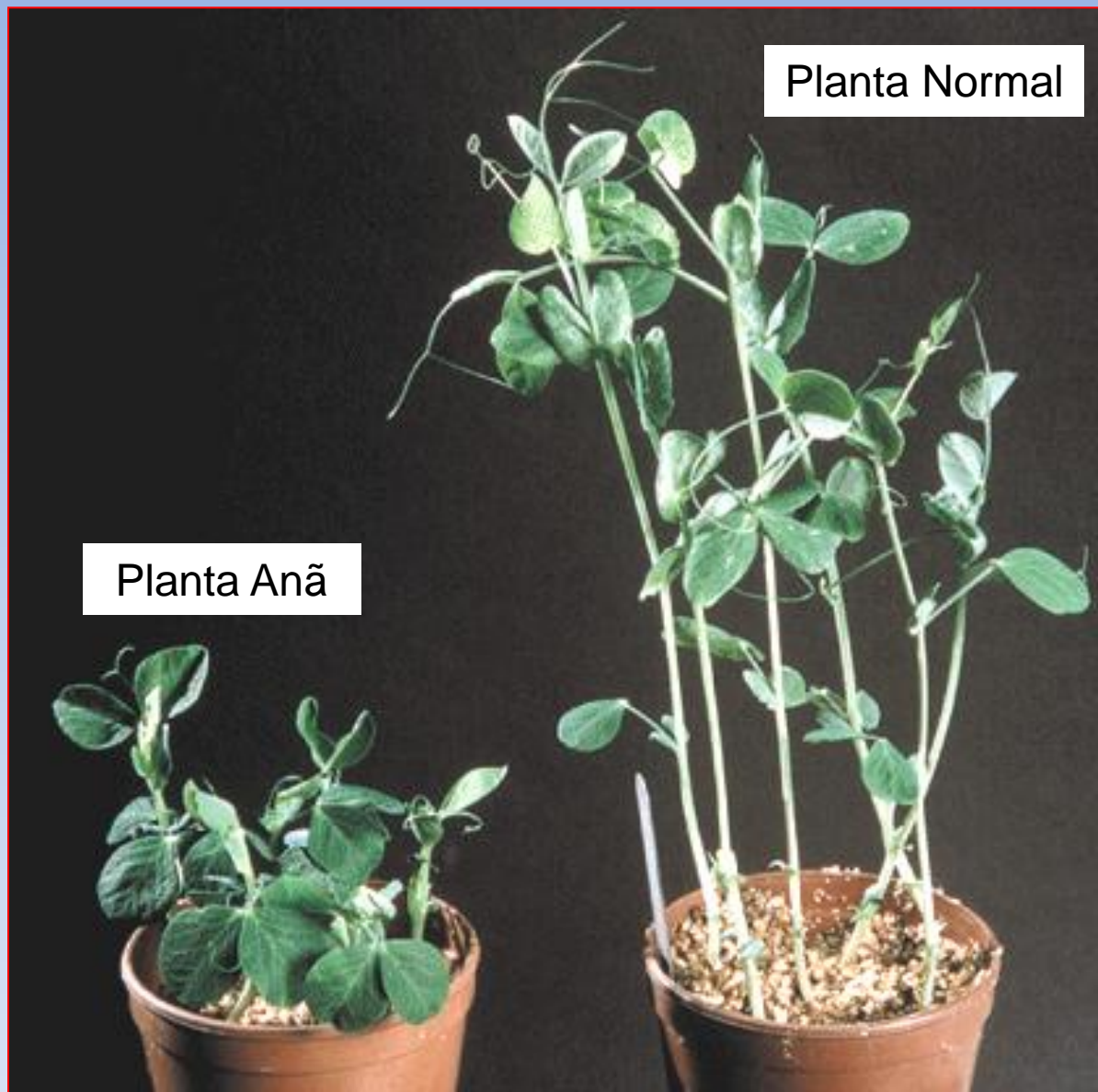


Figure 17.5

Effect of GA_3 on stem elongation of Progress No. 9 dwarf pea seedlings: (left) control plants, (right) plants seven days after treatment with $5 \mu g$ of GA_3 .

Genes controlling GA synthesis are important “green revolution” genes

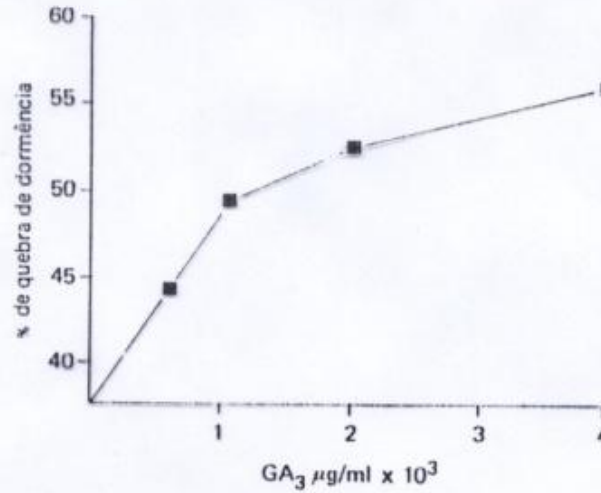


Distinguished plant breeder and Nobel Laureate
[Norman Borlaug](#) 1914-2009

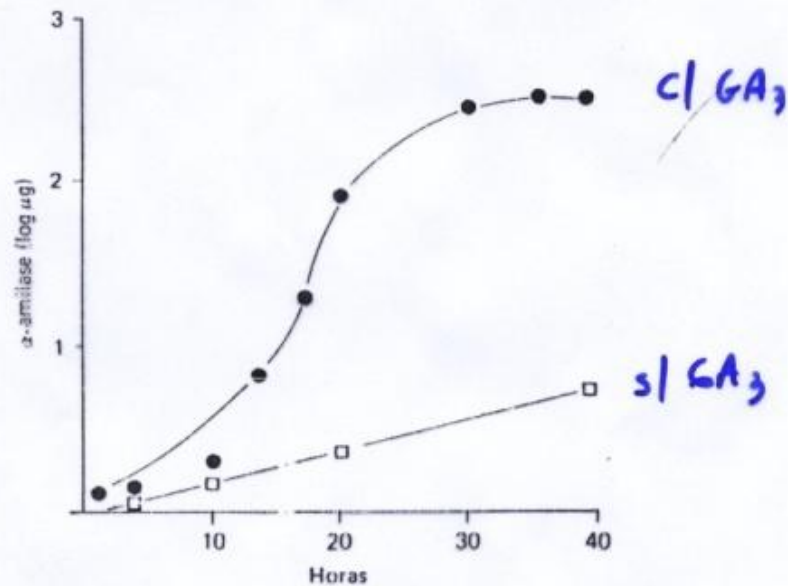
Um grande aumento na produtividade das culturas (a Revolução Verde), durante o século 20, ocorreu por causa do aumento do uso de fertilizantes e da introdução de variedades semi-anãs produtoras de grãos.

As variedades semi-anãs direcionam mais energia para a produção de sementes do que para o crescimento do caule. Elas são mais resistentes e menos propensas ao tombamento.

A - QUEBRA DE DORMÊNCIA



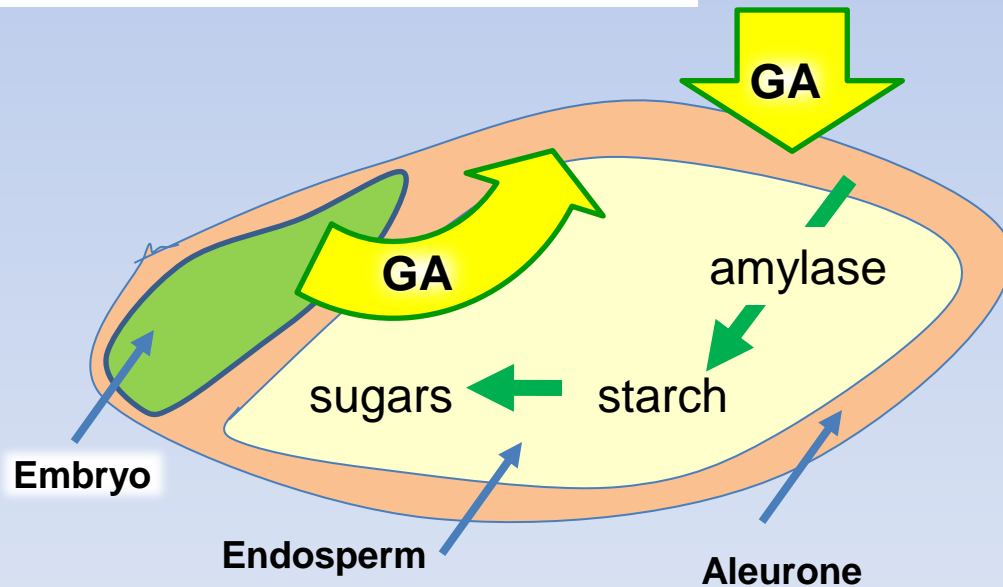
B - MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS



GA is used by brewers to promote barley germination



Quebra do amido no endosperma é iniciada por GA produzida pelo endosperma ou adicionada durante o processo de maltagem



Cytocininas

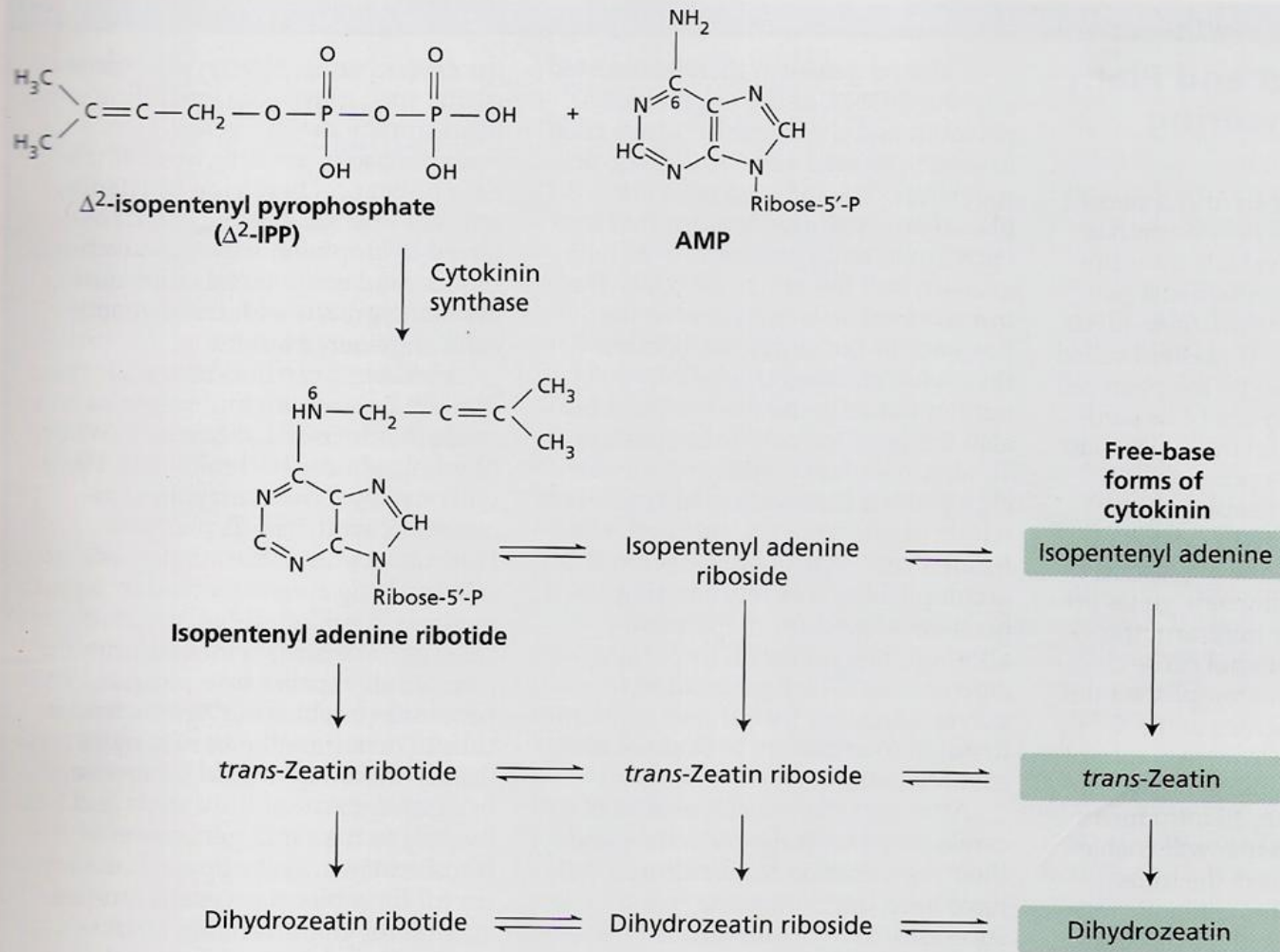


Figure 21.8 Scheme for the biosynthesis of some cytokinins. The first unique enzyme in cytokinin biosynthesis, cytokinin synthase, catalyzes the transfer of an isopentenyl group from isopentenyl pyrophosphate to the 6 nitrogen of adenosine monophosphate (AMP). The product, isopentenyl adenine ribotide, can be readily converted to the cytokinins *trans*-zeatin ribotide and dihydrozeatin ribotide. These, in turn, can be converted to the free-base forms, which are the naturally occurring cytokinins. (After Kaminek 1992.)

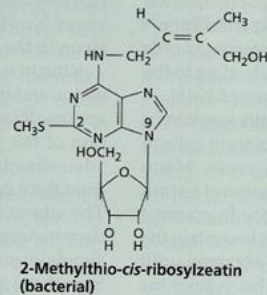
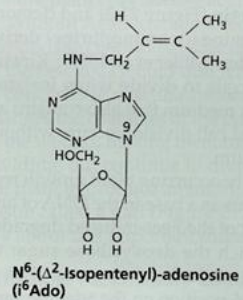
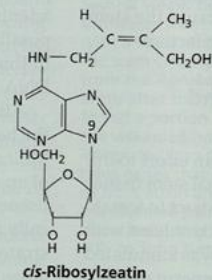
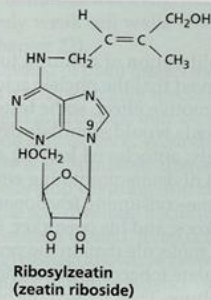
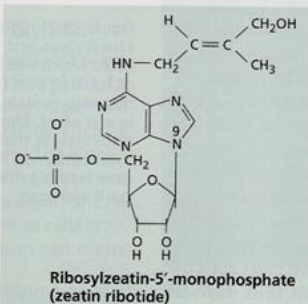
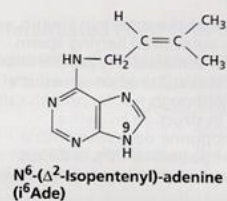
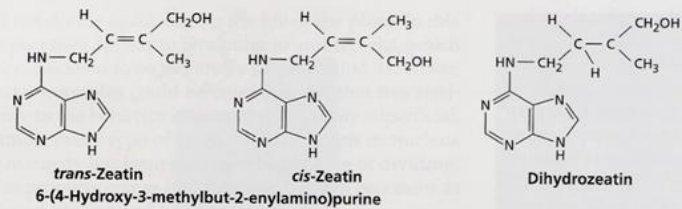


Figure 21.3 Structures of some naturally occurring cytokinins. Most plants have *trans*-zeatin as the principal free cytokinin, but dihydrozeatin and isopentenyl adenine (i⁶Ade) are also native plant cytokinins. Free cytokinins also include the ribosides and ribotides of zeatin, dihydrozeatin, and isopentenyladenosine, although these may be active as cytokinins by conversion to the respective bases. Free cytokinins from bacteria include 2-methylthio-*cis*-ribosylzeatin, as well as *cis*- or *trans*-zeatin, and their ribosides and ribotides.

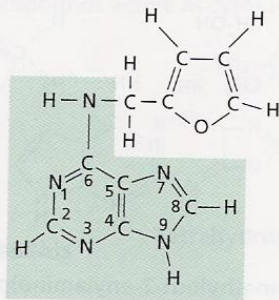
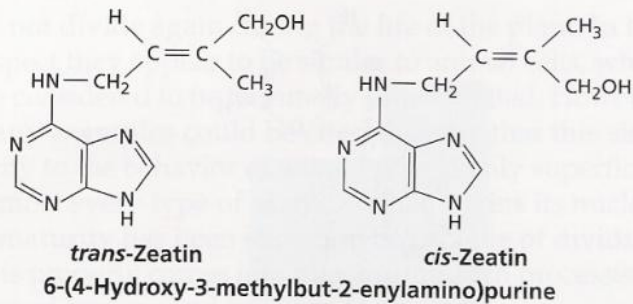
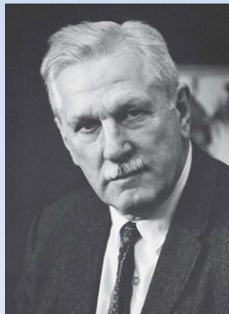


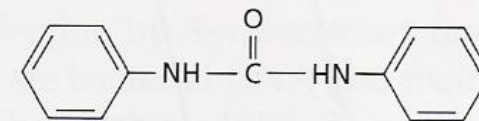
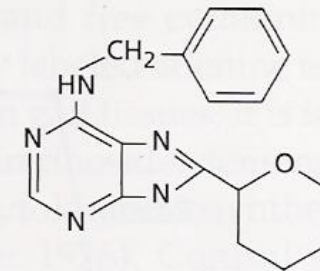
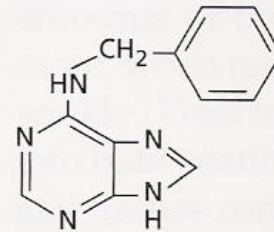
Figure 21.2 Chemical structure of the cytokinin kinetin. Kinetin was first isolated from autoclaved herring sperm DNA, which had been shown to stimulate the proliferation of tobacco pith tissue when it was cultured on a medium that also contained an auxin. Although not found naturally in any plant, kinetin is similar in structure to native cytokinins in that it is an aminopurine derivative with a substitution on the nitrogen at position 6 (N⁶). It differs from native cytokinins in the nature of the group found on the 6 nitrogen.



July, 1908 - February, 2001

Folke Skoog

(A) Synthetic compounds active as cytokinins



(B) Cytokinin antagonist (note modified purine ring)

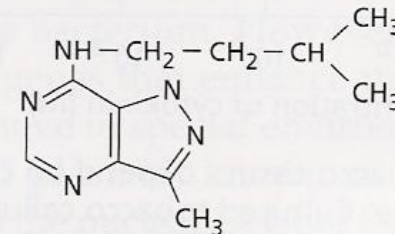
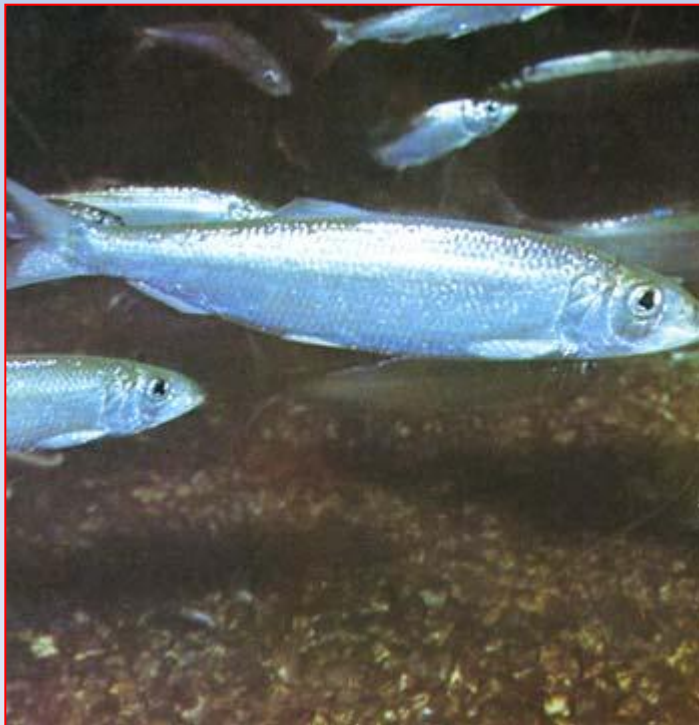


Figure 21.4 Structures of some synthetic cytokinins and a cytokinin antagonist. (A) In addition to kinetin, several synthetic compounds are active as cytokinins, such as benzylaminopurine. However, some diphenylurea compounds, which are not aminopurine derivatives, are weak synthetic cytokinins. (B) Modification of the purine ring results in compounds that are cytokinin antagonists. They block the action of cytokinin, possibly by competing with cytokinin for binding to its receptor.

Arenque



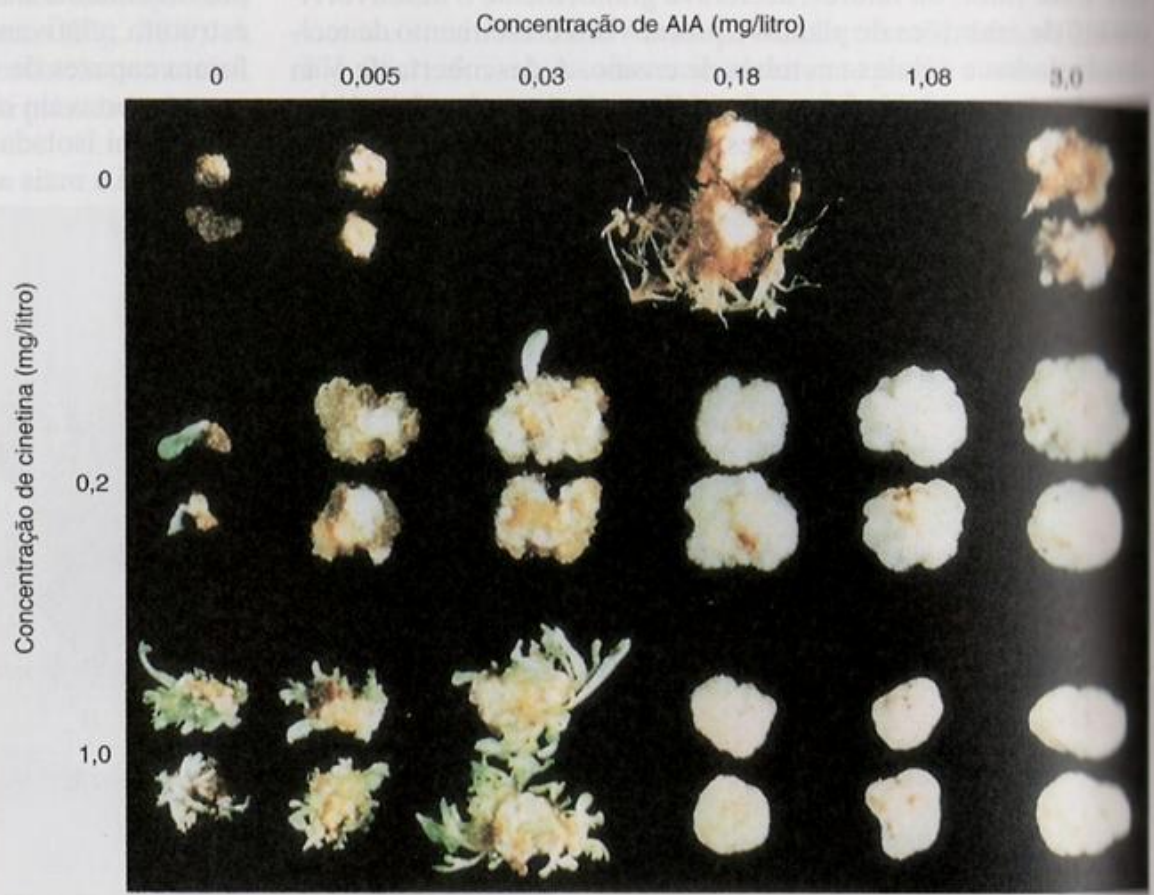
© Ingram Publishing | No 148412 | www.photaki.com



TOSHIO MURASHIGE
(BORN 1930)



(a)



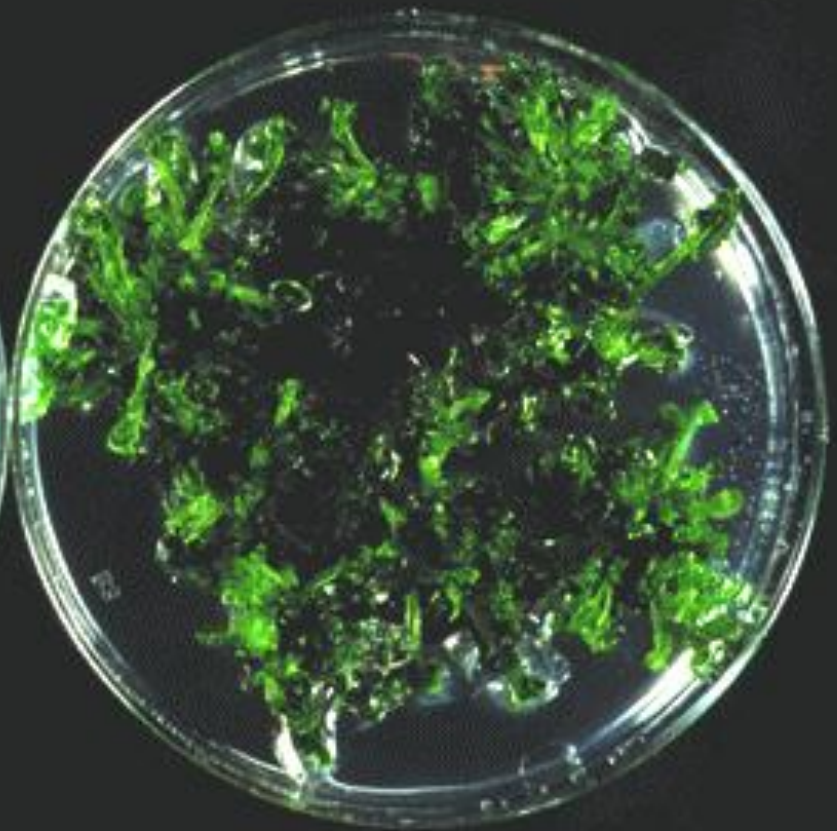
(b)

28.9

Desenvolvimento do calo. (a) Gemas caulinares e raízes crescendo a partir de tecido indiferenciado — um calo — de cenoura (*Daucus carota*) após o tratamento com uma auxina e uma citocinina. Dependendo da proporção relativa de auxina e citocinina, calos de vários tipos de plantas irão continuar crescendo como um tecido indiferenciado, irão produzir raízes ou irão produzir gemas e caules. (b) Efeito do aumento da concentração de AIA e diferentes níveis de cinetina no crescimento e na formação de órgãos em calos de fumo (*Nicotiana tabacum*) incubados em meio contendo nutrientes e ágar. Note que tanto sem a adição de AIA quanto de cinetina pouco crescimento ocorre (topo, à esquerda). Altos níveis de AIA sozinhos (linha do topo) promovem formação de raízes, enquanto eles reprimem a formação de gemas caulinares quando utilizados sozinhos ou em combinação com cinetina. Os níveis altos de cinetina (linha de baixo) foram mais efetivos que os níveis baixos (linha do meio) na promoção do desenvolvimento das gemas, mas ambos os níveis de cinetina foram altos demais para a produção de raízes.



IBA, 0.5 $\mu\text{g ml}^{-1}$



**IBA, 0.5 $\mu\text{g ml}^{-1}$
Zeatin, 2.0 $\mu\text{g ml}^{-1}$**

Figure 17.31

Arabidopsis callus production is induced by placing tissue on medium containing auxin (IBA) and cytokinin.

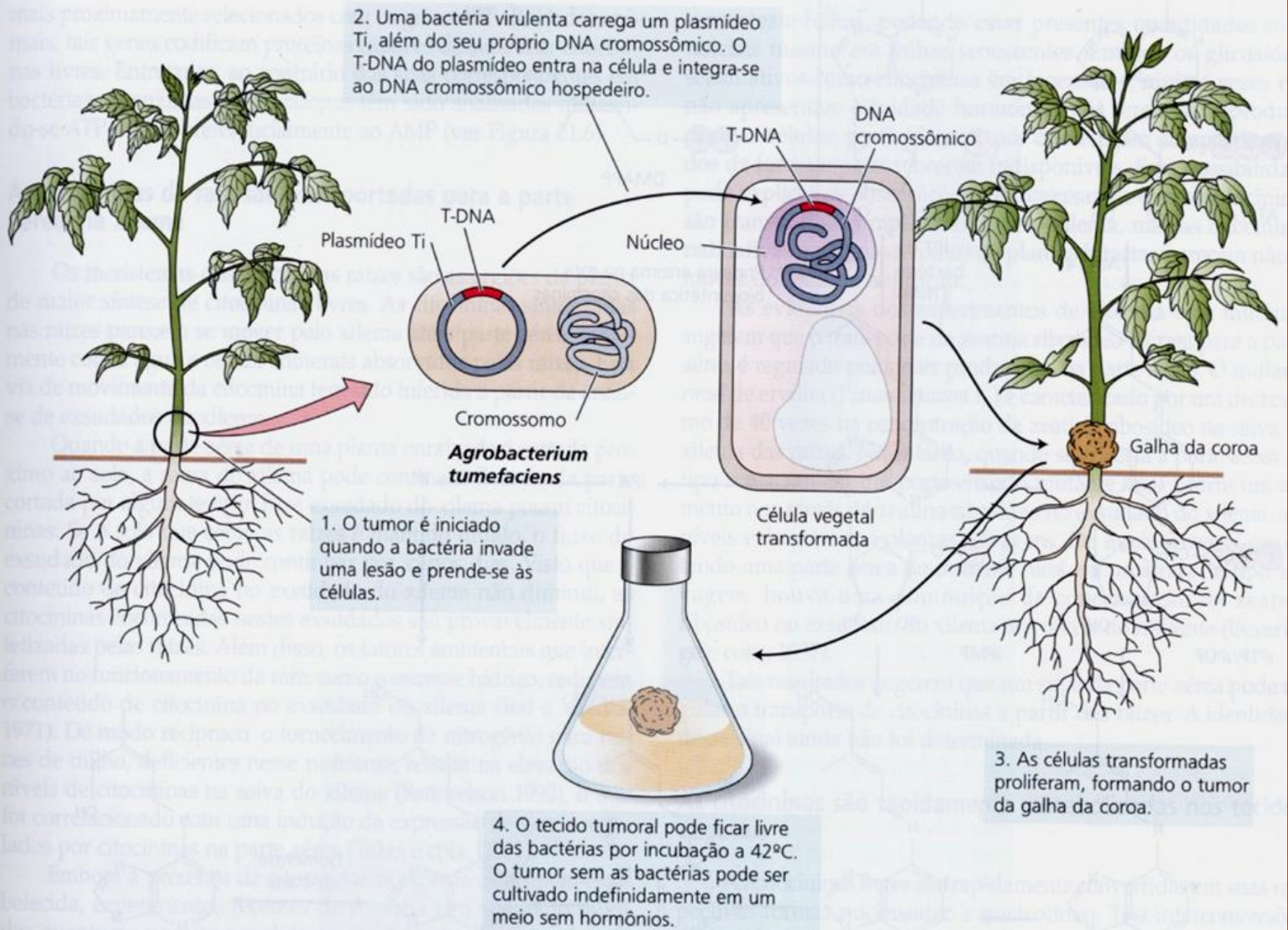


FIGURA 21.4 Indução de tumor pela *Agrobacterium tumefaciens* (Chilton, 1983).



FIGURA 21.1 Formação de tumor no caule de um tomateiro infectado com a bactéria da galha da coroa, *Agrobacterium tumefaciens*. Dois meses antes da fotografia ser obtida, o caule foi lesionado e inoculado com uma cepa virulenta da bactéria da galha da coroa (Aloni e cols., 1998, cedida por R. Aloni).



28.27
Galhas da coroa crescendo em um caule de *Nicotiana glauca*.



Plantas que expressam o gene *ipt* permanecem verdes e fotossintetizantes

Planta-controle de idade semelhante: senescência avançada, sem fotossíntese

FIGURA 21.18 A senescência foliar é retardada em uma planta transgênica de tabaco contendo o gene *ipt*, para a biossíntese da citocinina. O gene *ipt* é expresso em resposta aos sinais que induzem a senescência (Gan e Amasino, 1995, cedida por R. Amasino).

Efeito Richmond & Lang

Kin 0 mg/L

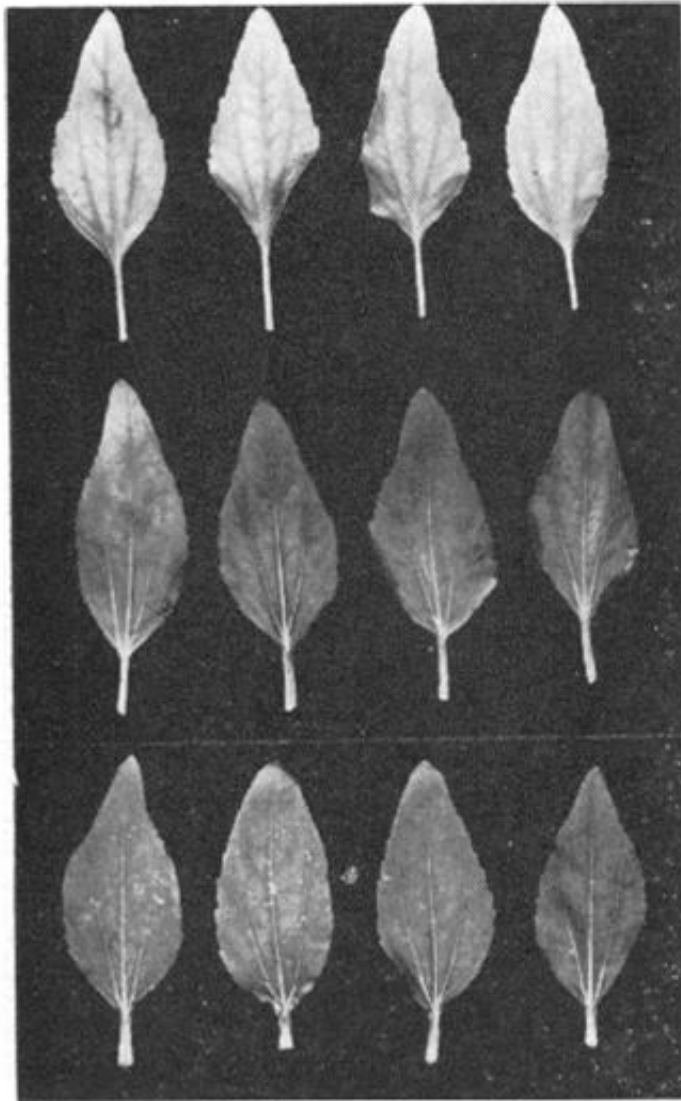


Fig. 1. Condition of detached *Xanthium* leaves after 10 days' culture on (from top to bottom) water, 1 mg of kinetin per liter, and 5 mg of kinetin per liter.

Kin 1 mg/L

Kin 5 mg/L

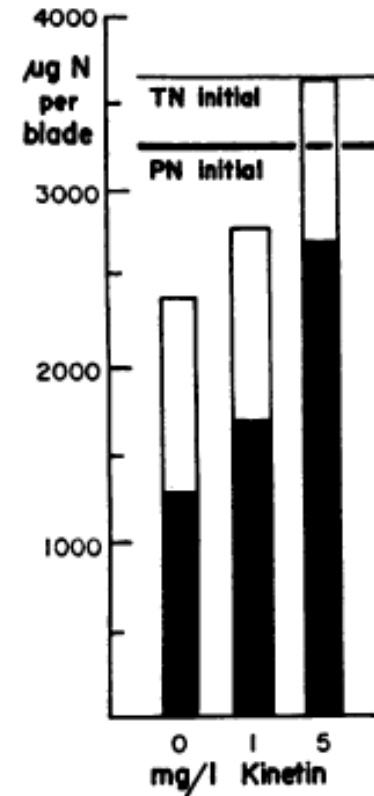
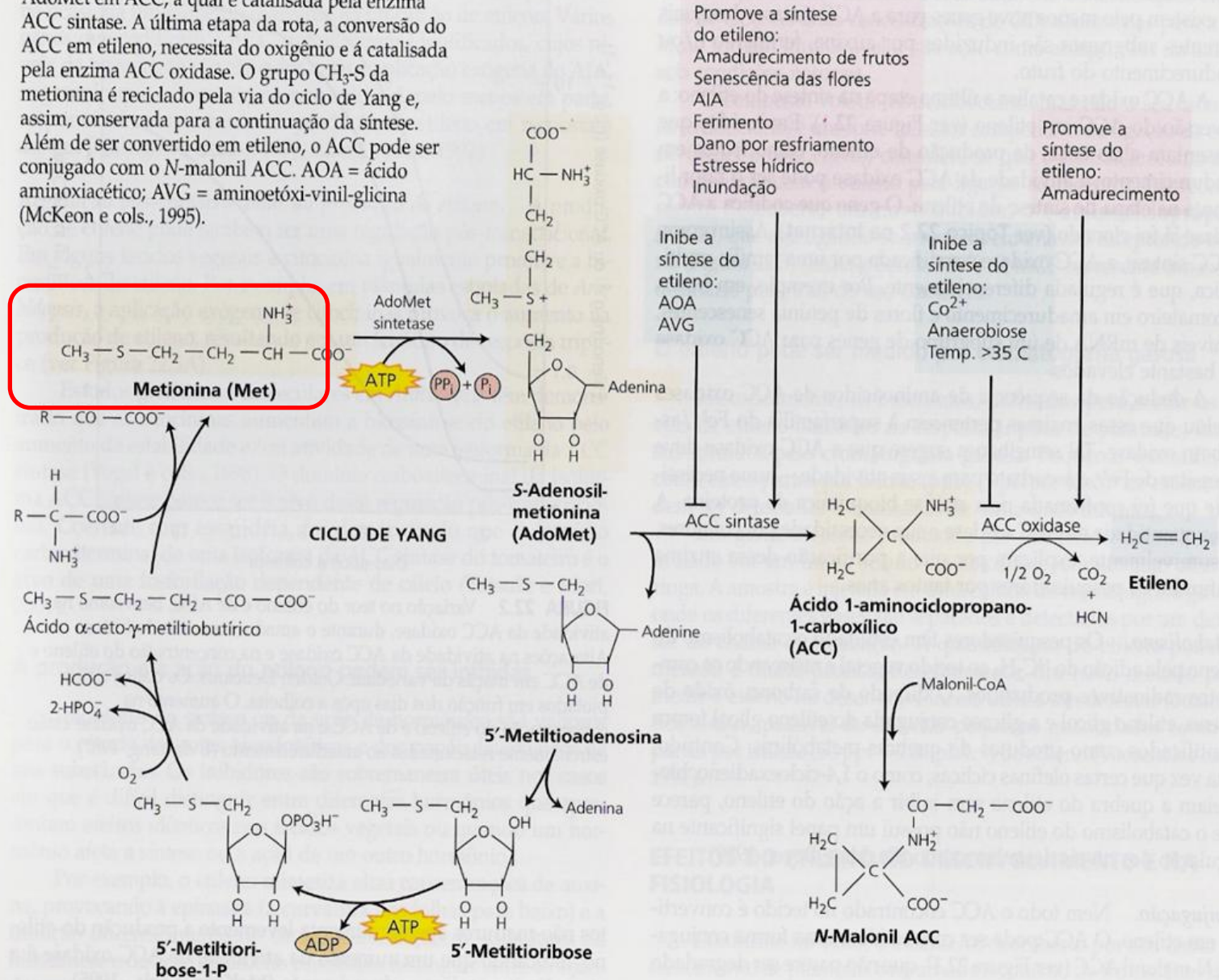


Fig. 2. Protein nitrogen (PN) and total nitrogen (TN) in detached *Xanthium* leaves (blades) after 12 days' culture on water and kinetin solutions. The total columns represent total nitrogen; the solid parts of columns represent protein nitrogen; and the horizontal lines show levels at the start of the experiment.

Etileno

FIGURA 22.1 A rota biossintética do etileno e o ciclo de Yang. O aminoácido metionina é o precursor do etileno. A etapa limitante da rota é a conversão do AdoMet em ACC, a qual é catalisada pela enzima ACC sintase. A última etapa da rota, a conversão do ACC em etileno, necessita do oxigênio e é catalisada pela enzima ACC oxidase. O grupo $\text{CH}_3\text{-S}$ da metionina é reciclado pela via do ciclo de Yang e, assim, conservada para a continuação da síntese. Além de ser convertido em etileno, o ACC pode ser conjugado com o *N*-malonil ACC. AOA = ácido aminoxiacético; AVG = aminoetóxi-vinil-glicina (McKeon e cols., 1995).



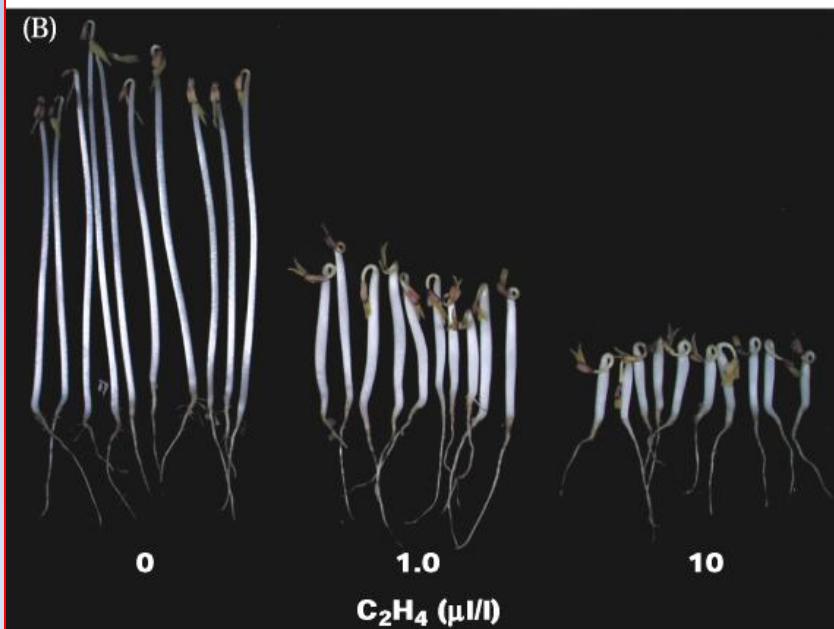
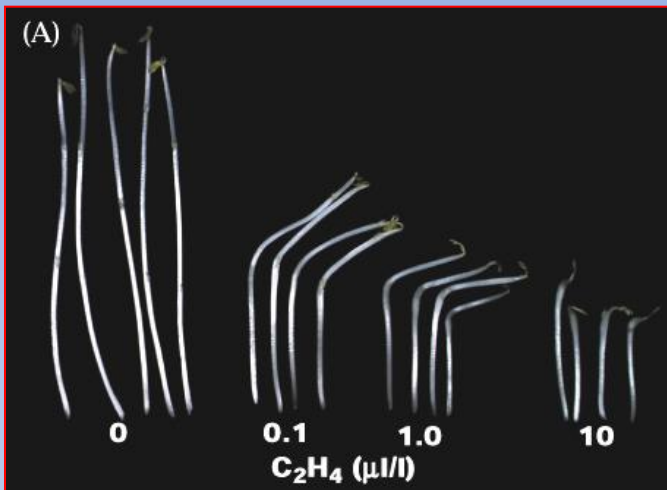


Figure 17.53

The triple response to ethylene of six-day-old etiolated pea seedlings and four-day-old etiolated mung bean seedlings.

Ethylene promotes flowering in pineapples and other bromeliads



Um abacaxi é um fruto produzido a partir de flores de uma bromélia. Os cultivadores comerciais tratam as plantas com liberadores de etileno para sincronizar floração.



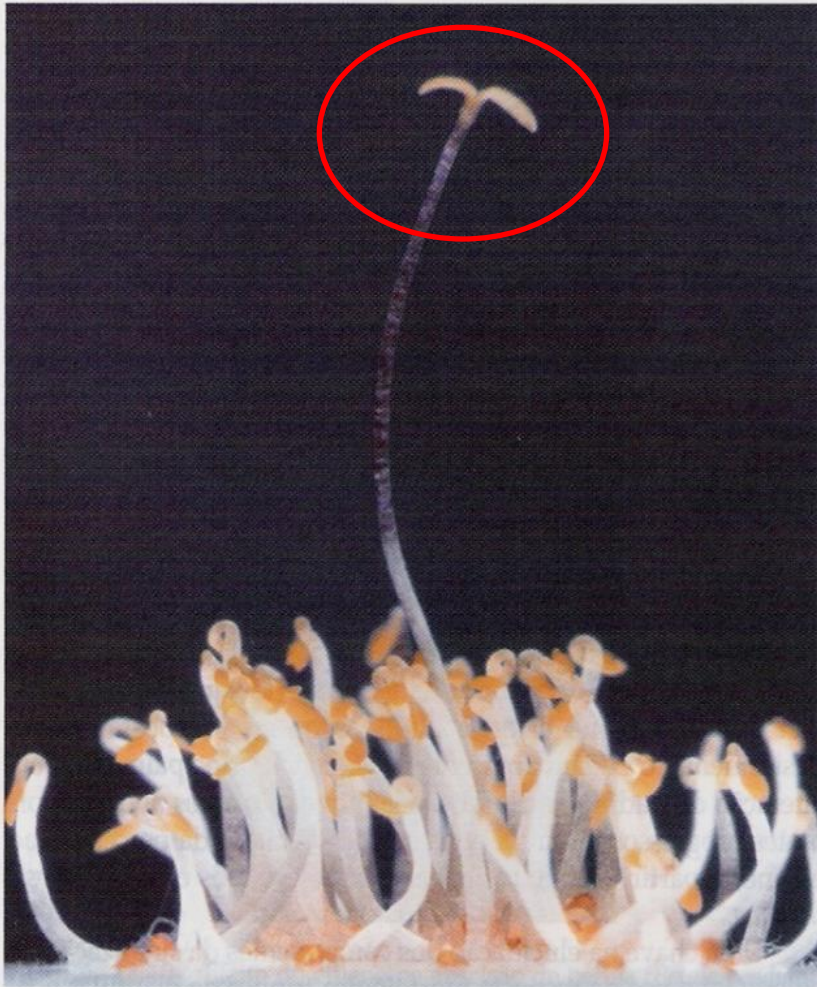
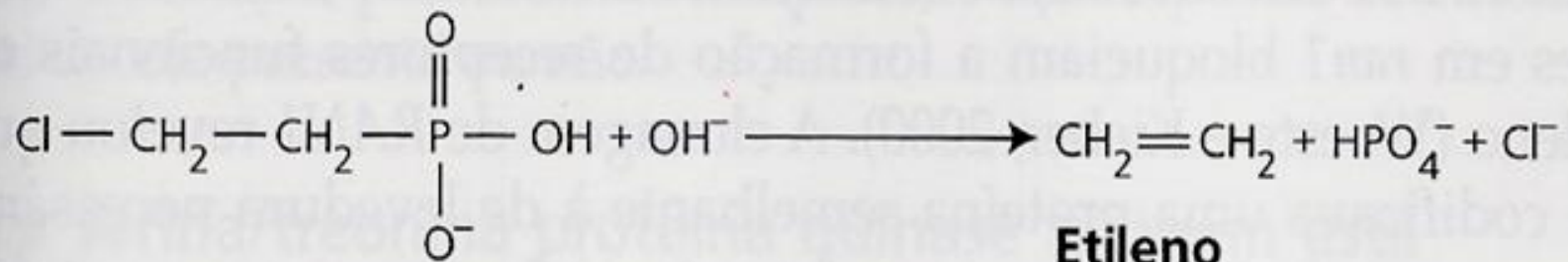


FIGURA 22.12 Triagem para o mutante *etr1* de *Arabidopsis*. As plântulas foram crescidas por três dias no escuro com etileno. Observe que exceto uma plântula, todas estão exibindo a resposta triíplice: aumento na curvatura do gancho plumular, inibição e expansão radial do hipocótilo, além de crescimento horizontal. O mutante *etr1* é completamente insensível ao hormônio e cresce como uma plântula não-tratada (fotografia de K. Stepnitz do MSU/DOE Plant Research Laboratory).



FIGURA 22.10 Efeito do etileno na abscisão de bétula (*Betula pendula*). A planta à esquerda é o tipo selvagem. A planta à direita foi transformada com a versão mutante do receptor de etileno de *Arabidopsis*, *ETR1-1*. A expressão deste gene estava sob controle transcricional de seu próprio promotor. Uma das características dessa árvore mutante é que elas não perdem as folhas quando fumegadas por três dias com 50 ppm de etileno.



**Ácido 2-cloroetilfosfônico
(etefon)**

Etileno

Atualmente, o 1-metilciclopropano (MCP) está sendo desenvolvido para uso em várias aplicações de pós-colheita.

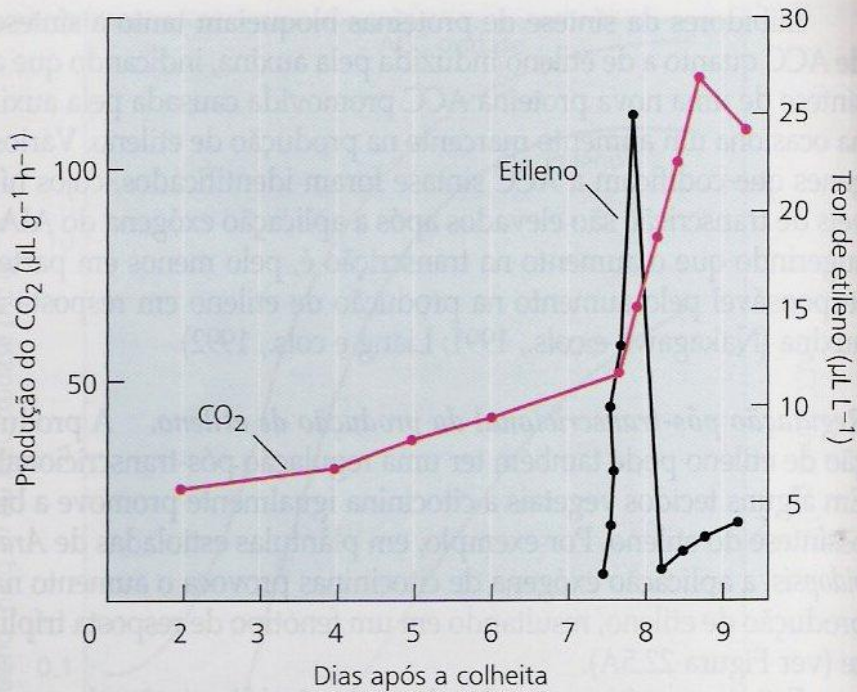


FIGURA 22.4 Produção de etileno e respiração. O amadurecimento em banana é caracterizado por um aumento climatérico na taxa de respiração, conforme evidenciado pelo aumento na produção de CO₂. O aumento climatérico na produção de etileno precede o aumento na produção de CO₂, sugerindo que o etileno é o hormônio que desencadeia o processo de amadurecimento (Burg e Burg, 1965).

TABELA 22.1

Frutos climatéricos e não-climatéricos

Climatéricos	Não-climatéricos
Maçã	Pimenta doce
Abacate	Cereja
Banana	Citros
Melão	Abacaxi
Querimólia	Feijão de corda
Figo	Morango
Manga	Melancia
Azeitona	Uva
Pêssego	
Pêra	
Caqui	
Ameixa	
Tomate	



Alta Tecnologia em geradores de gás,
para climatizadores de frutas


Rua Padre Gonçalves do Vale, 117 - SP - SP
Fone: (11)2753-7336 - Fax: (11)2754-0949
E-mail: banasil@sti.com.br

GERADOR DE GÁS ETILENO PARA CLIMATIZAÇÃO DE FRUTAS (C₂H₄)

 DOSADOR

 AQUECEDOR

 FORÇA

LIG / DES 

Tensão de alimentação 220Vef
Patenteado e cadastrado no IBAMA
(Secretaria do Meio Ambiente)
Conf. Lei Federal 6.938 de 31.01.80
Lei 7.803 de 18.07.89
Portaria Normativas do IBAMA
n.302/88 e 96/96

FIGURE 19.7. Hypothetical model for the ethylene-induced synthesis of cellulase during avocado fruit ripening. Hydrolysis of the cell wall, a basic step in fruit ripening, depends on increased activity of cellulase. The higher cellulase activity is due to ethylene-dependent accumulation of the mRNA coding for the cellulase. This model describes the sequence of events that includes binding of ethylene, signal transduction, transcription of the cellulase gene and production of mRNA, and synthesis of the cellulase protein, which is then secreted into the cell wall. (From Christoffersen, 1987.)

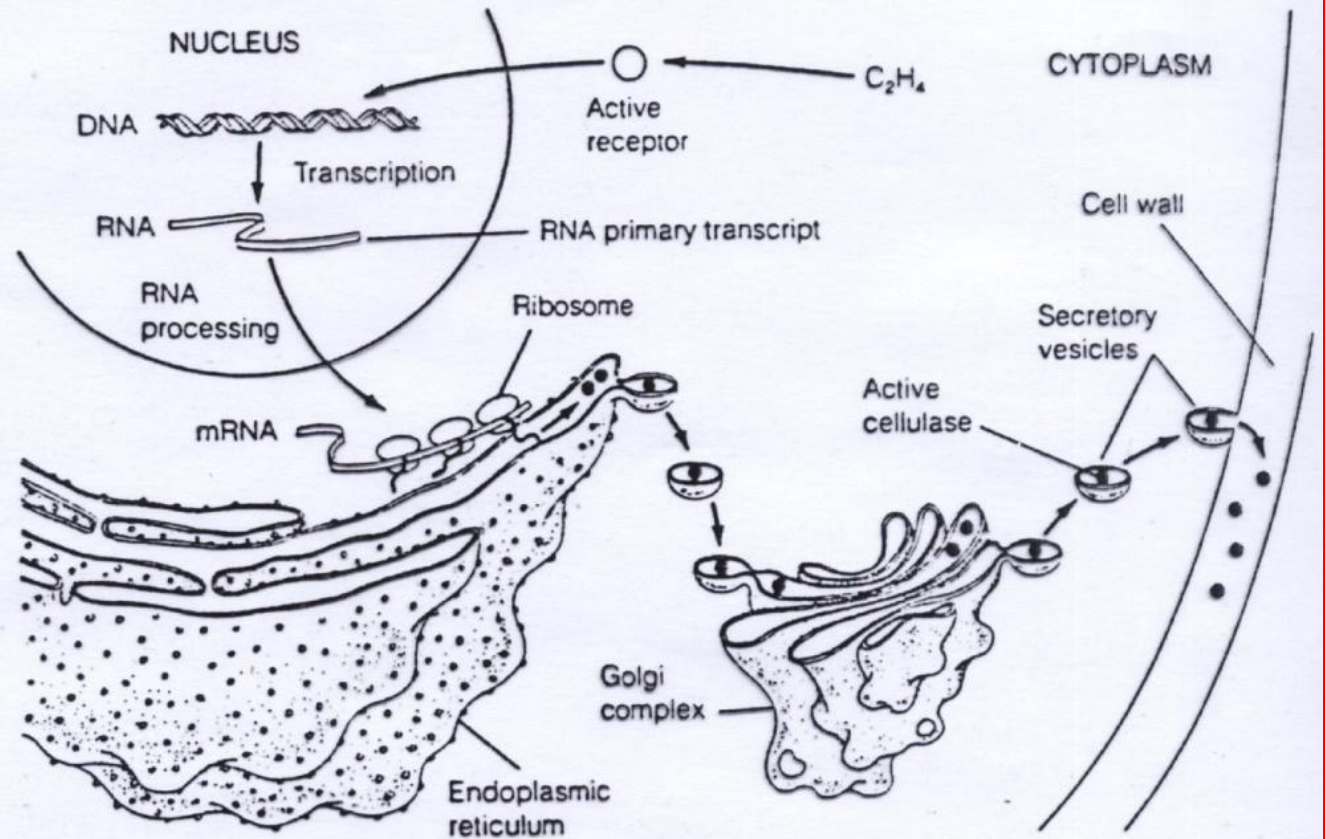


FIGURE 19.8. The ethylene-releasing compound ethephon. When taken up by plant tissue, ethephon is converted to ethylene. Under the trade name of Ethrel, ethephon has many commercial applications, mainly in synchronizing fruit ripening or flowering.

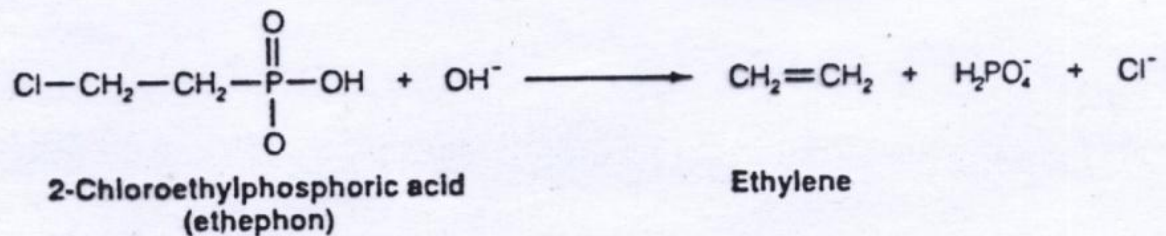
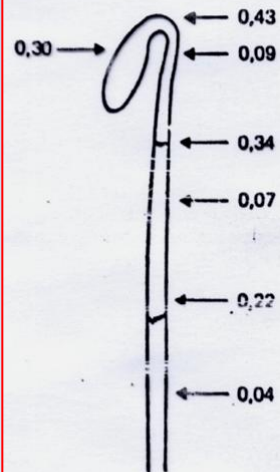
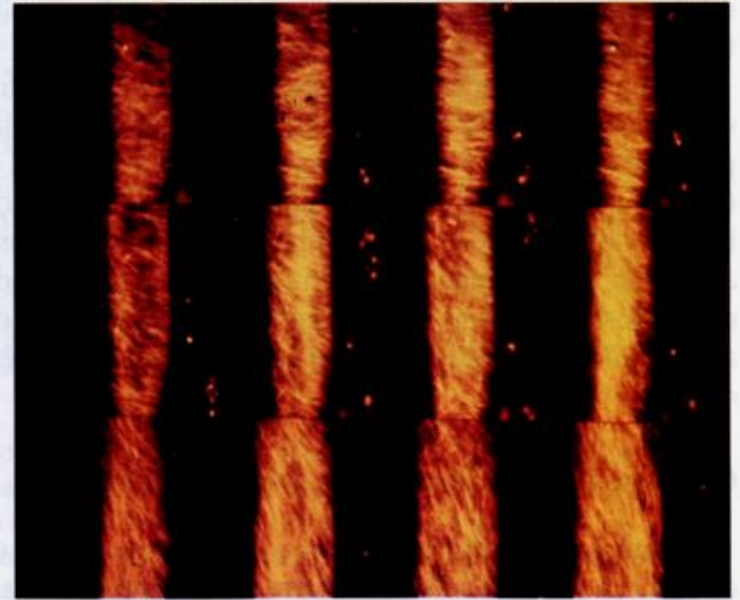


FIGURA 22.8 Reorientação dos microtúbulos, de transversal para vertical, em células epidérmicas do caule de ervilha, em resposta ao ferimento. Uma célula viva da epiderme foi microinjetada com rodamina conjugada a tubulina, que foi incorporada aos microtúbulos da planta. Uma série de tempos de aproximadamente seis minutos de intervalo mostra os microtúbulos corticais sendo reorientados de uma rede transversal para oblíqua/longitudinal. A reorientação parece envolver o surgimento de um novo conjunto “discordante” de microtúbulos em uma nova direção, concomitantemente com o desaparecimento de microtúbulos do alinhamento anterior (Yuan e cols., 1994, fotografia cedida por C. Lloyd).



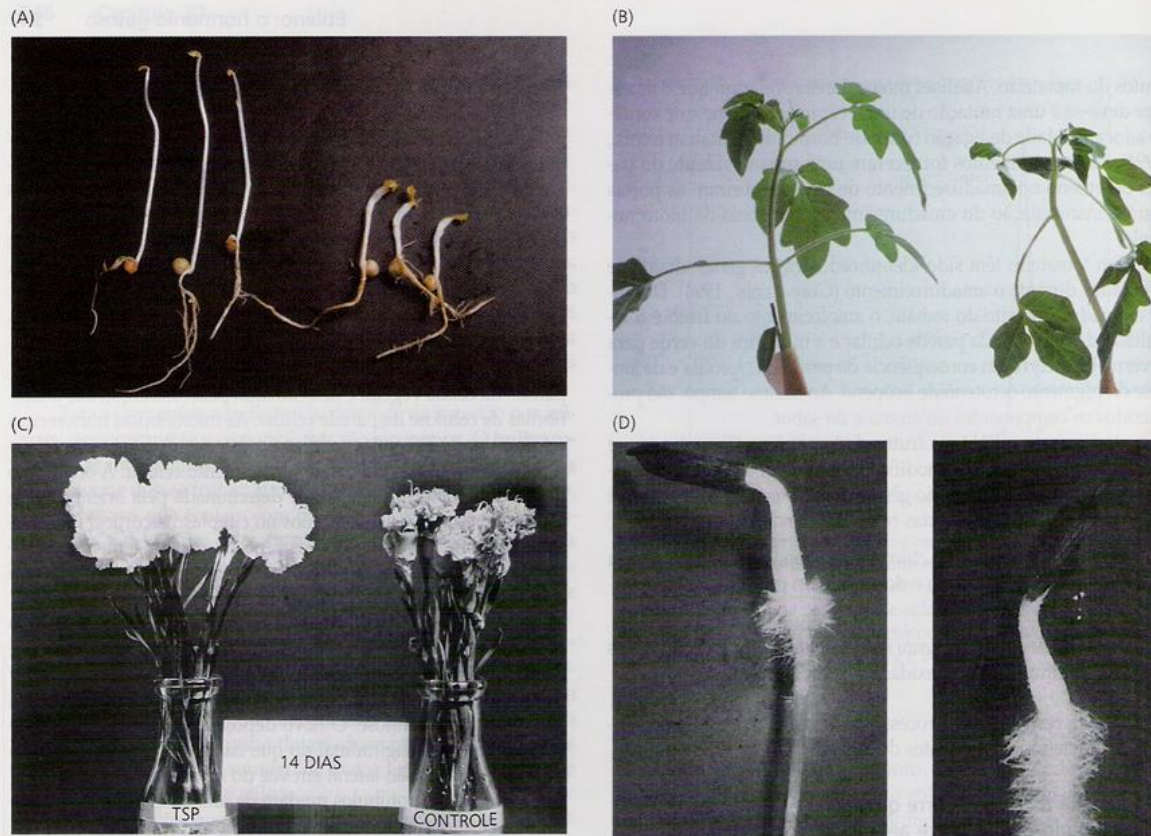
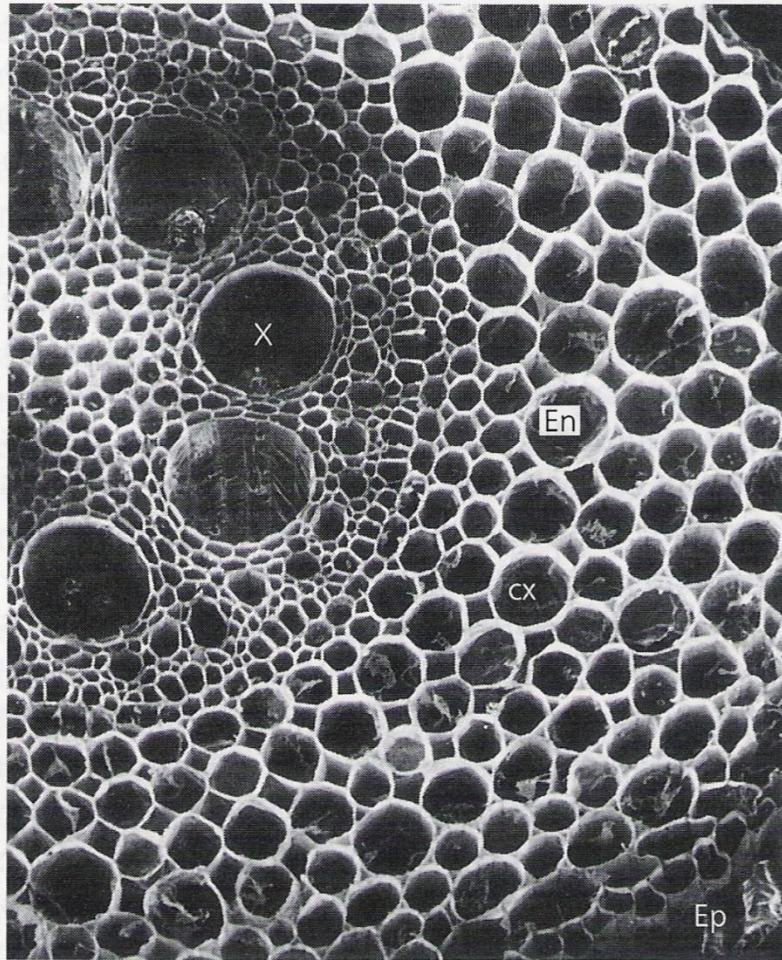


FIGURA 22.5 Alguns efeitos fisiológicos do etileno sobre tecidos vegetais em diferentes estádios de desenvolvimento. (A) Resposta tripla de plântulas estioladas de ervilha. Plântulas de ervilha, com seis dias, foram tratadas com 10 ppm (partes por milhão) de etileno (direita) ou mantidas sem tratamento (esquerda). As plântulas tratadas apresentaram uma expansão radial, inibição do alongamento do epicótilo e um crescimento horizontal do epicótilo (diagravitropismo). (B) A epinastia, ou curvatura para baixo, de folhas de tomateiro (direita) é provocada pelo tratamento com etileno. A epinastia ocorre quando as células do lado superior do pecíolo crescem mais rápido que as células do lado inferior. (C) Inibição da senescência de flores pela inibição da ação do etileno. As flores de cravo foram mantidas em água deionizada por 14 dias com (esquerda) ou sem (direita) tiosulfato de prata (TSP), um potente inibidor da ação do etileno. O bloqueio do etileno resulta em uma marcante inibição da senescência floral. (D) O etileno promove a formação de pêlos radiculares (ver Glossário) em plântulas de alfafa. Plântulas de dois dias foram tratadas com ar (esquerda) ou 10 ppm de etileno (direita), por 24 horas, antes da foto ter sido obtida. Observe a profusão dos pêlos radiculares nas plântulas tratadas com etileno (A e B cedidas por S. Gepstein; C de Reid, 1995, cedida por M. Reid; D de Abeles e cols., 1992, cedida por F. Abeles).

(A)



(A)

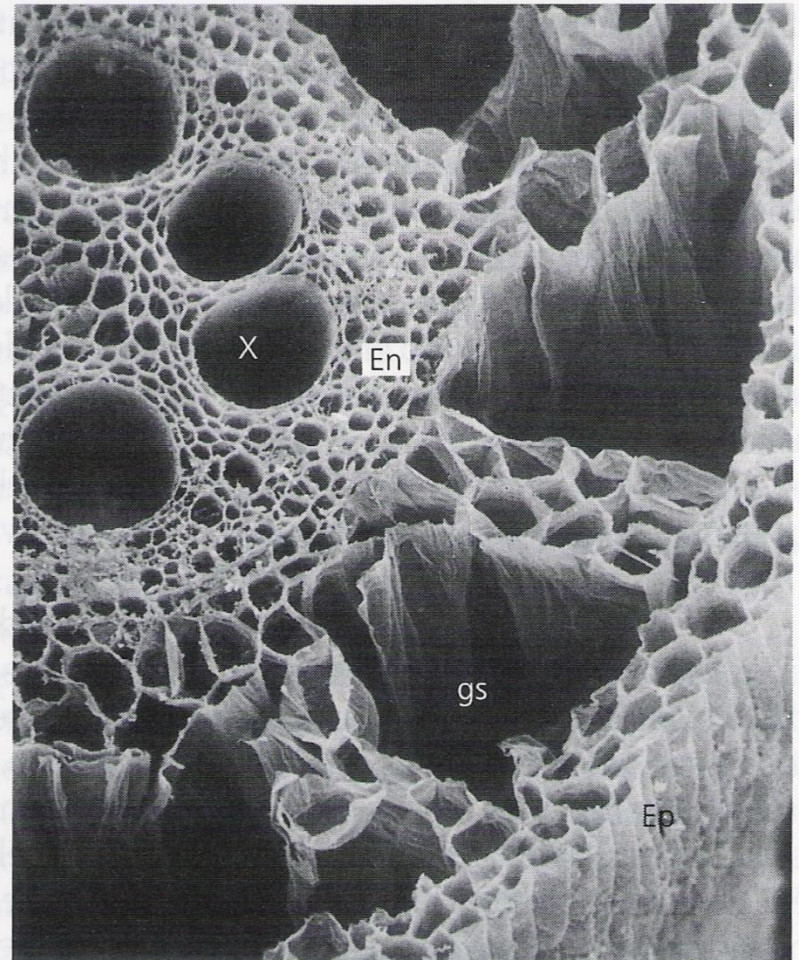


FIGURA 25.18 Electromicrografias (150x), de varredura, de seções transversais de raízes de milho, mostrando alterações estruturais com o suprimento de oxigênio. (A) Raiz-controle, suprida de ar, com células corticais intactas. (B) Raiz deficiente de oxigênio, crescendo em uma solução nutritiva sem aeração. Observe os espaços proeminentes (gs; do inglês, *gas-filled spaces*) no córtex (cx), formados pela degeneração de células. O estelo (todas as células internas à endoderme, En) e a epiderme (Ep) permanecem intactos. X, xilema (cedidas por J. L. Basq e M. C. Drew).

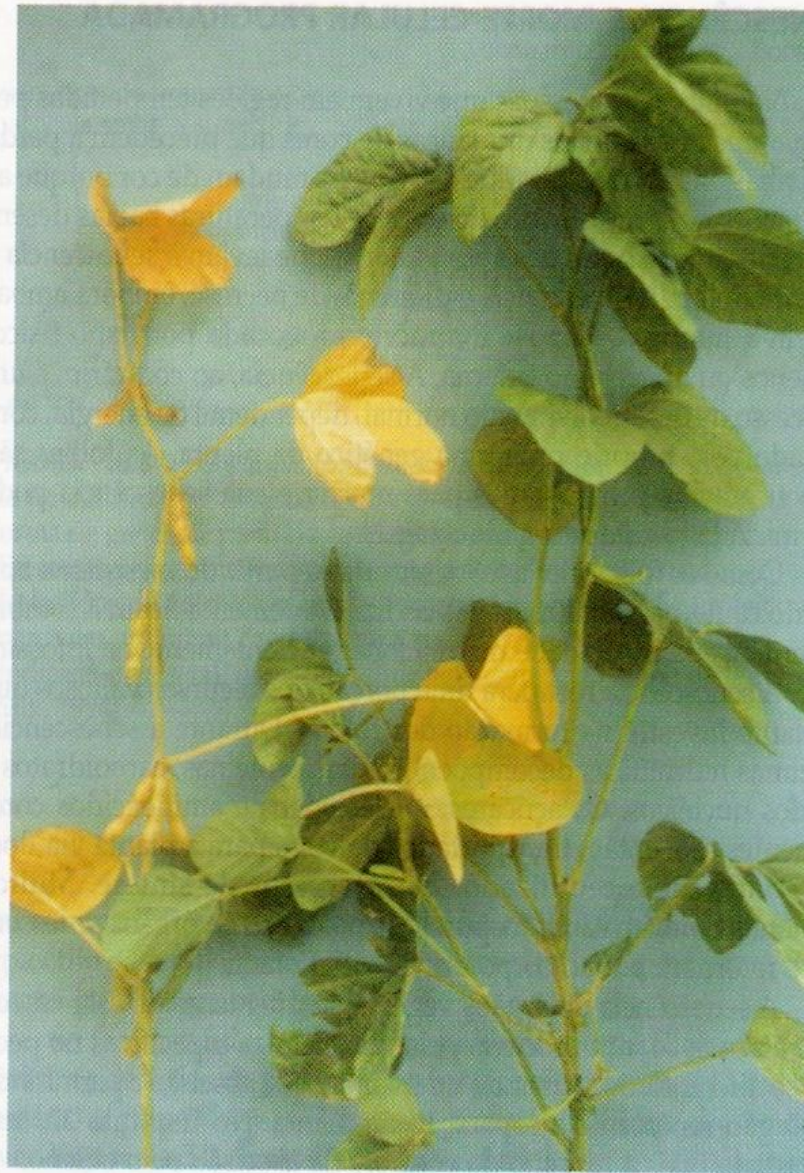


FIGURA 16.36 Senescência monocárpica na soja (*Glycine max*). A planta à esquerda sofreu senescência, após florescer e produzir frutos (legumes). A planta à direita permaneceu verde e vegetativa porque suas flores foram removidas continuamente (cedida por L. Noodén).

UNA REVOLUCION EN CONSERVACION DE FRESCURA

PARA FRUTAS Y VERDURAS

“AISAICA” 愛菜果
SACO SIEMPRE FRESCO
(PATENTE SOLICITADA)



NISSHO CORPORATION

3-9-3, Honjo-Nishi, Oyodo-ku, Osaka, Japón
Tel.: 06-372-2331 Fax: 06-371-7238

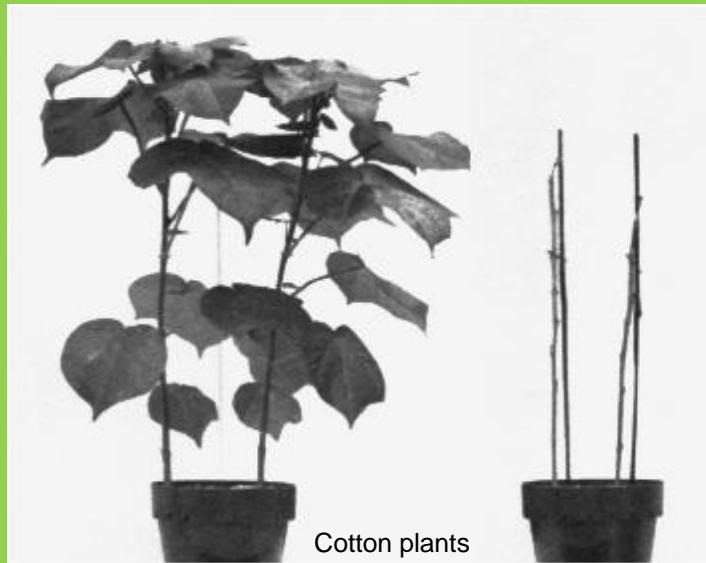
Fabricado en Japón

Uso

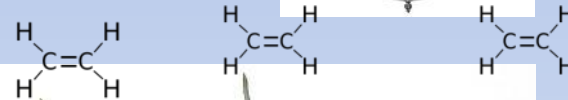
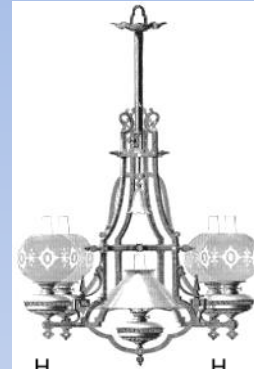


Ethylene promotes senescence of leaves and petals

Air (control) 7 days ethylene



Ethylene promotes leaf and petal senescence.



Em casas iluminadas a gás, as plantas eram prejudicados pelo etileno produzido a partir do gás das chamas. *Aspidistra* é uma planta etileno-resistente e, por isso, foi uma planta de interior muito popular antes do Século XX.

Ethylene shortens the longevity of cut flowers and fruits



Níveis de etileno podem ser controlados para manter o frescor de frutas (comercialmente e em casa).

Strategies to limit ethylene effects

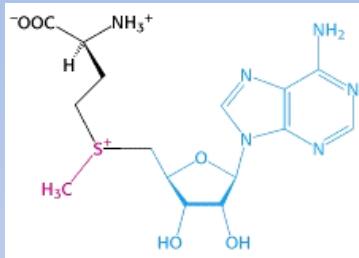
Limit production - high CO_2 or low O_2

Removal from the air - KMnO_4 reaction, zeolit absorption

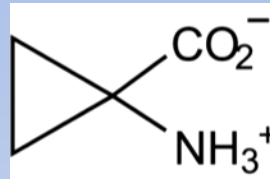
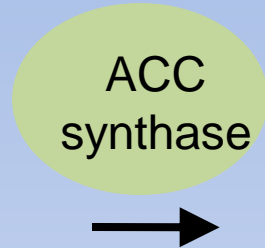
Interfere with ethylene binding to receptor - sodium thiosulfate (STS), diazocyclopentadiene (DACP), others



Molecular genetic approaches can limit ethylene synthesis

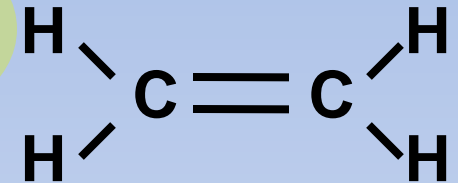
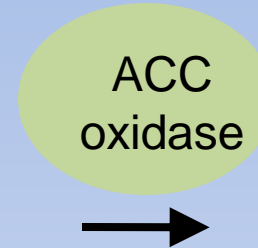


S-adenosyl methionine

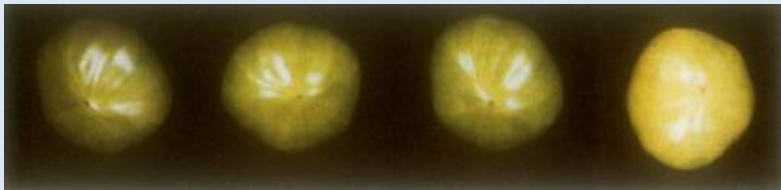


ACC

(1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid)



Ethylene



**Antisense
ACC synthase**



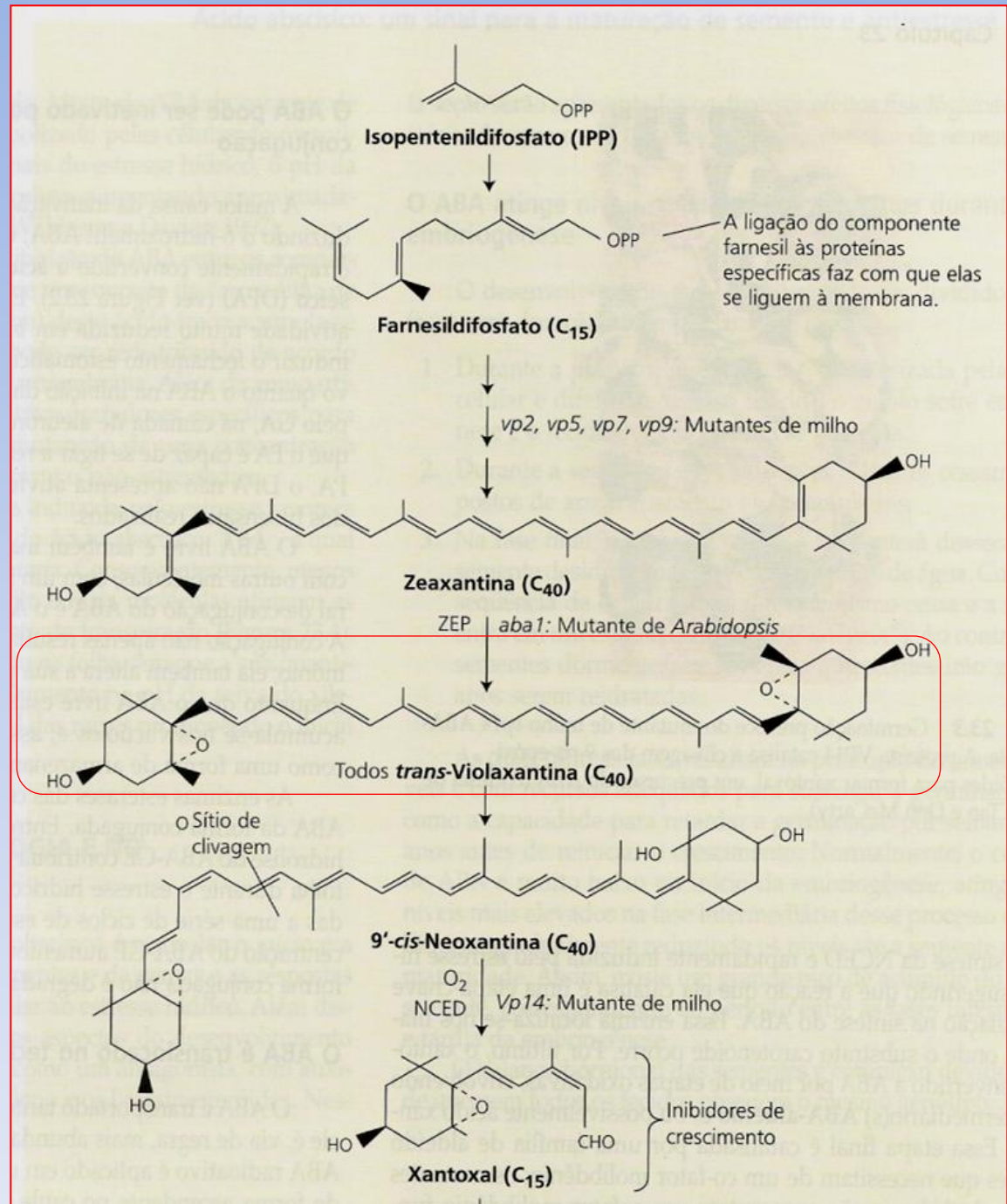
Control

A introdução de construções de antessentido (*antisense*) interfere na expressão de enzimas de biossíntese, sendo uma maneira eficaz de controlar a produção de etileno.



Ácido Abscísico (ABA)

Via indireta



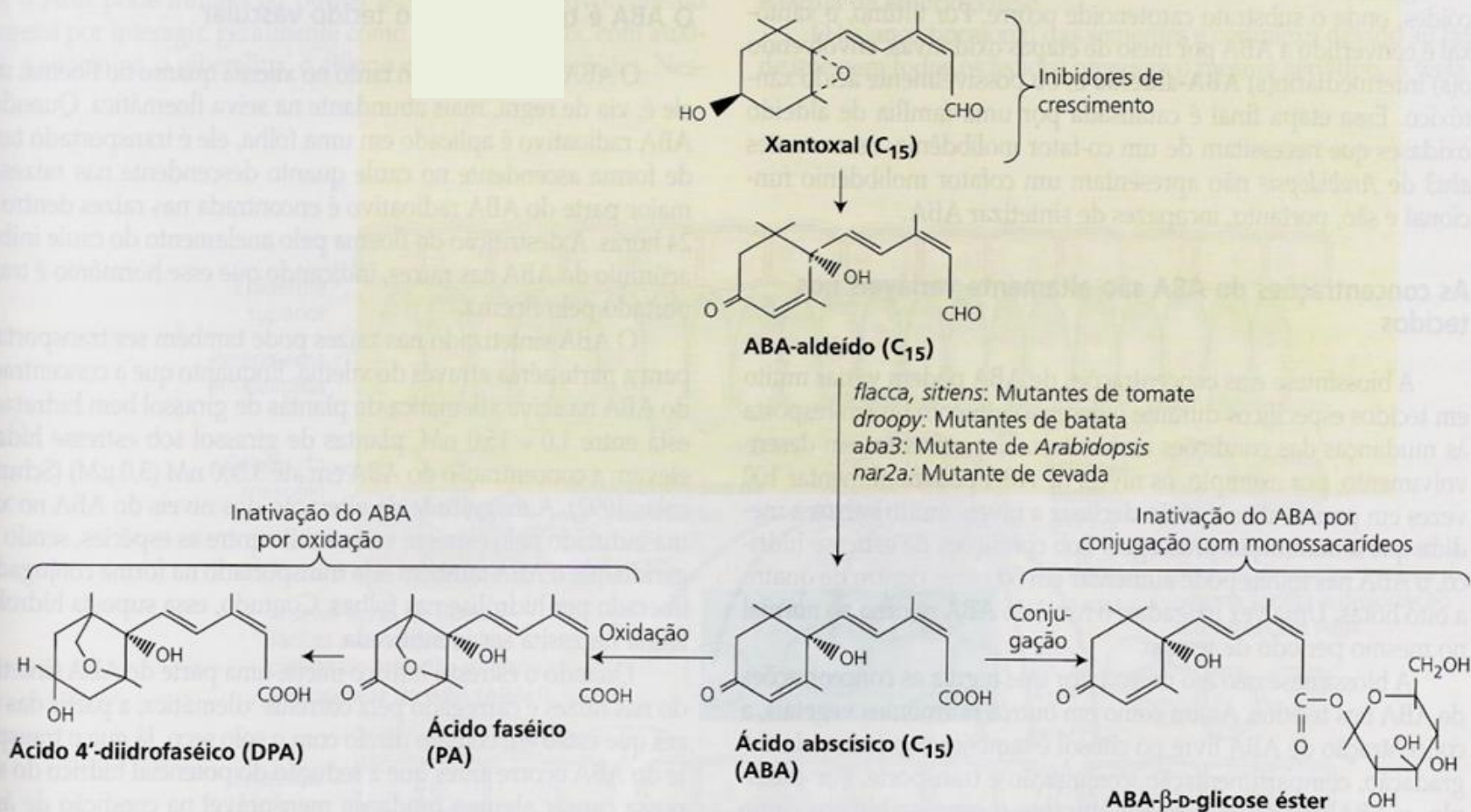


FIGURA 23.2 Biossíntese e metabolismo do ABA. Nas plantas superiores, o ABA é sintetizado pela via dos terpenóides (ver Capítulo 13). Alguns mutantes ABA-deficientes, que tem sido úteis na elucidação da rota, estão indicados nas etapas onde são bloqueados. As vias para o catabolismo do ABA incluem conjugação para formar ABA-β-D-glicosil éster ou oxidação para formar ácido faséico e então o ácido diidrofáséico. ZEP = Zeaxantina epoxidase; NCED= 9-*cis*-epóxi-carotenóides dioxigenase.

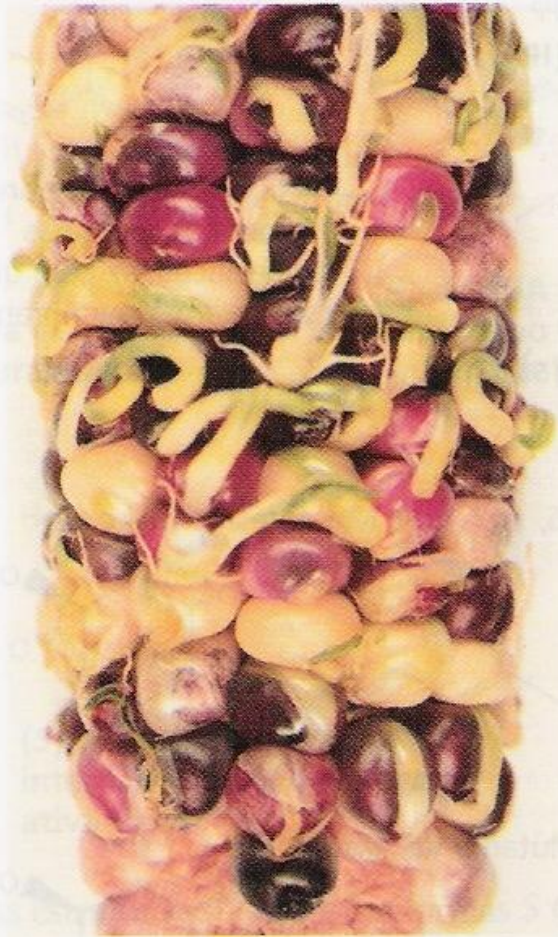


FIGURA 23.3 Germinação precoce do mutante de milho *vp14* ABA-deficiente. A proteína VP14 catalisa a clivagem dos 9-*cis*-epóxi-carotenóides para formar xantoxal, um precursor do ABA (cortesia de Bao Cai Tan e Don McCarty).

ABA accumulates in maturing seeds



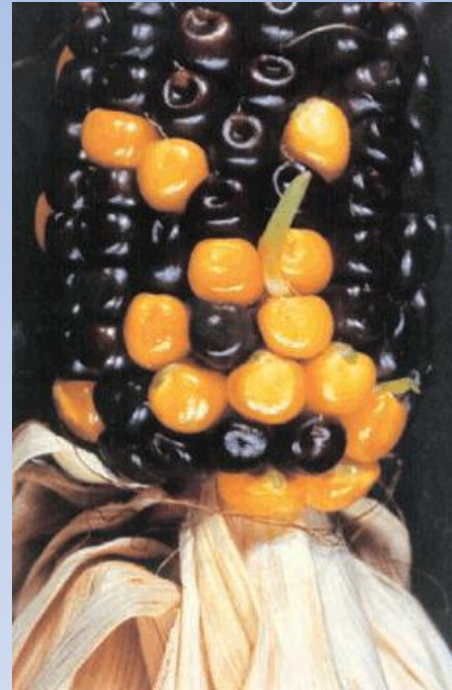
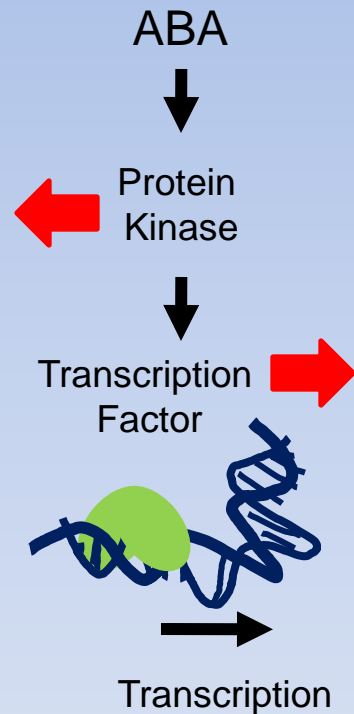
Embryonic
patterning

Reserve
accumulation

Desiccation
tolerance

A maturação da semente requer síntese ABA e acumulação de proteínas específicas para conferir tolerância à dessecação à semente.

ABA synthesis and signaling is required for seed dormancy



Loss of function of ABA signaling (protein kinase or transcription factor function) interferes with ABA-induced dormancy and causes precocious germination.

Nakashima, K., et al. (2009) Three Arabidopsis SnRK2 protein kinases, SRK2D/SnRK2.2, SRK2E/SnRK2.6/OST1 and SRK2I/SnRK2.3, involved in ABA signaling are essential for the control of seed development and Dormancy. *Plant Cell Physiol.* 50: [1345-1363](#). Copyright (c) 2009 by the the Japanese Society of Plant Physiologists with permission from Oxford University Press. McCarty, D.R., Carson, C.B., Stinard, P.S., and Robertson, D.S. (1989) Molecular analysis of viviparous-1: An abscisic acid-insensitive mutant of maize. *Plant Cell* 1: [523-532](#).

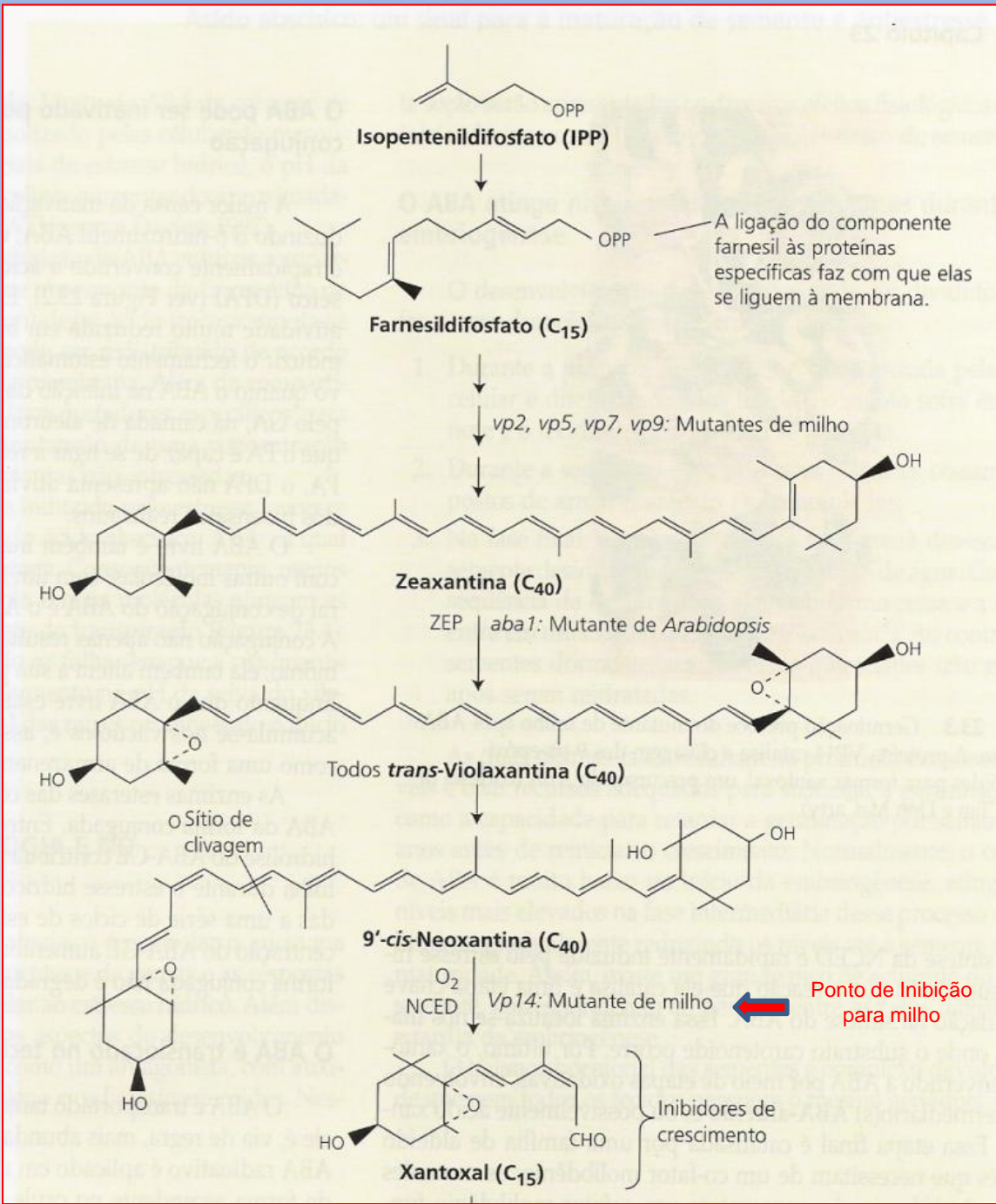
Once dormant and dry, seeds can remain viable for very long times

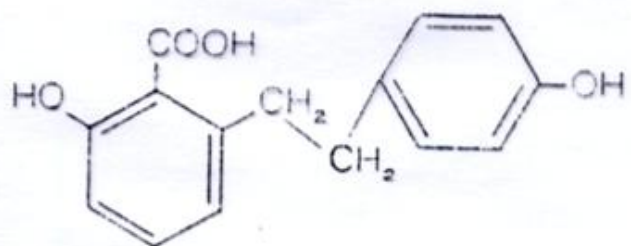
- Estas sementes de palma têm quase 2000 anos, mas ainda são viáveis e capazes de germinar.
- Sementes de lótus com 500 anos também foram germinadas com sucesso. Ter um revestimento de semente grosso pode ajudar estas super sementes à manter a viabilidade.



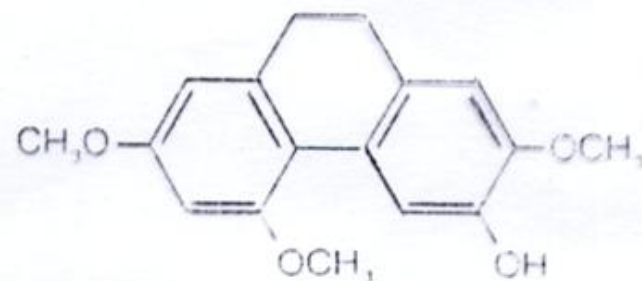
Date palm growing from 2000 year old seed.



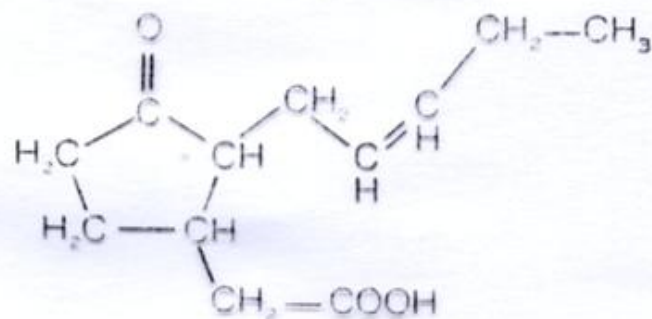




lunularic acid

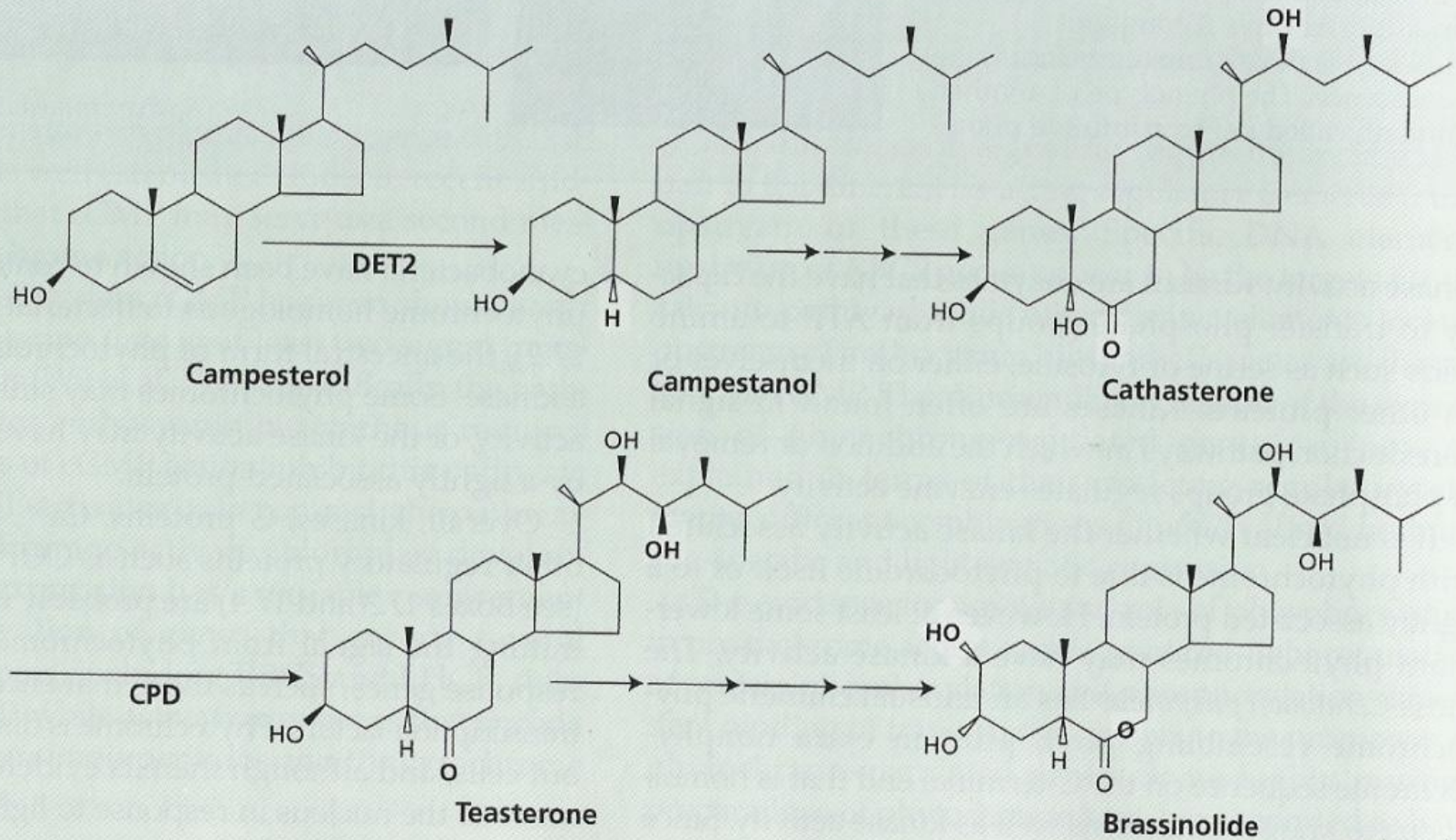


batasin I



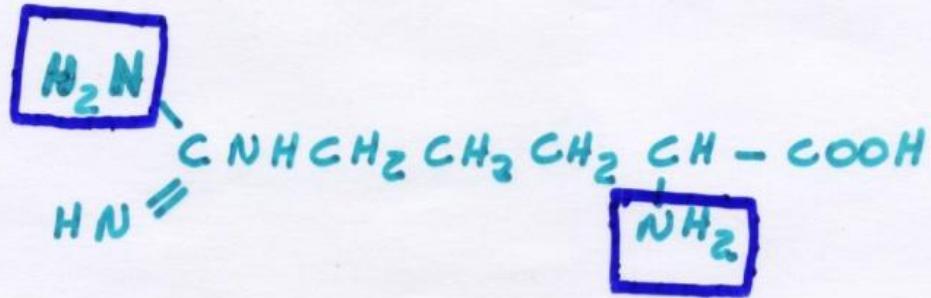
jasmonic acid

Figure 2 Brassinosteroid biosynthetic pathway. The reactions catalyzed by the DET2 and CPD enzymes are indicated.

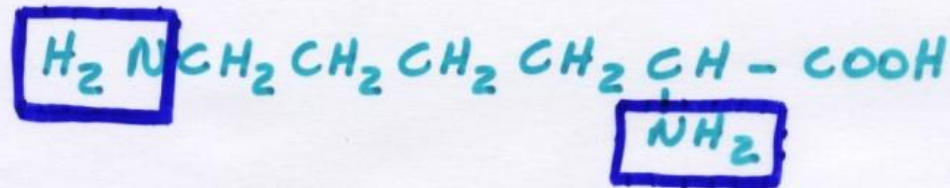


POLIAMINAS

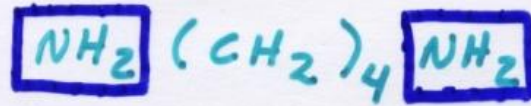
1. ARGININA =



2. LISINA =



3. PUTRESCINA =



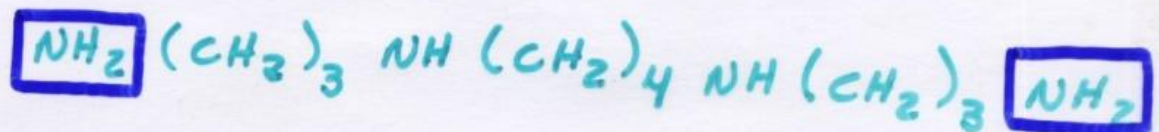
4. CADAVERINA =



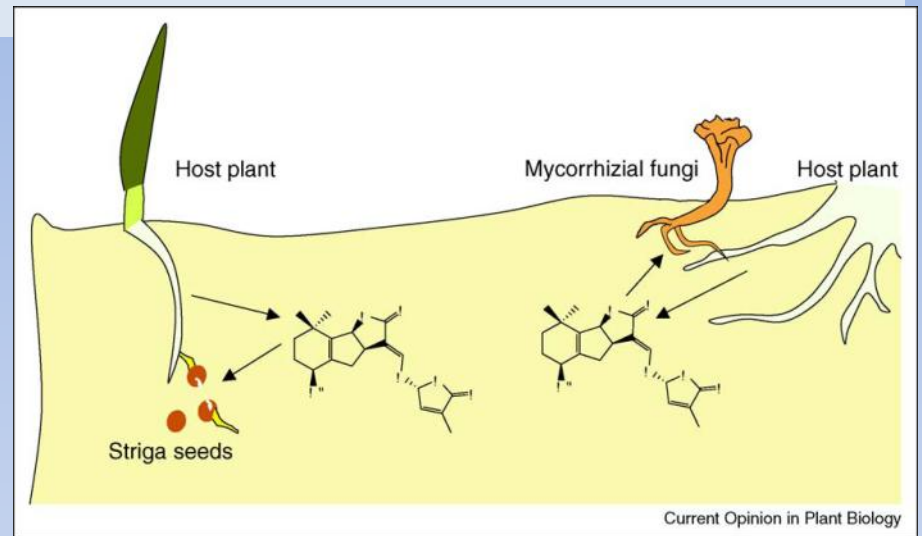
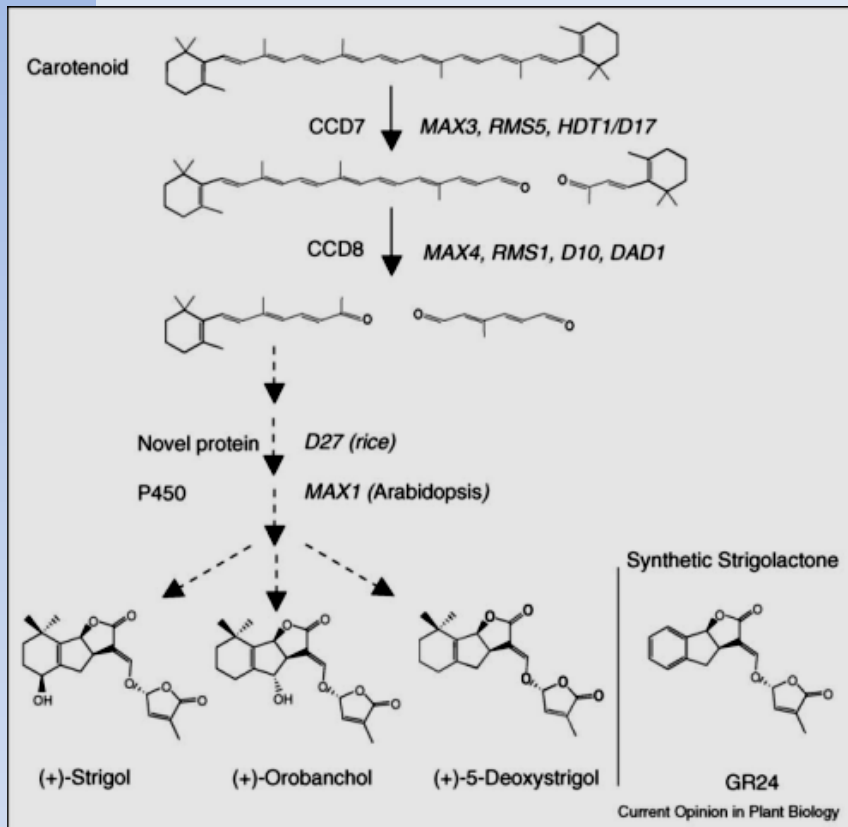
5. ESPERMIDINA =



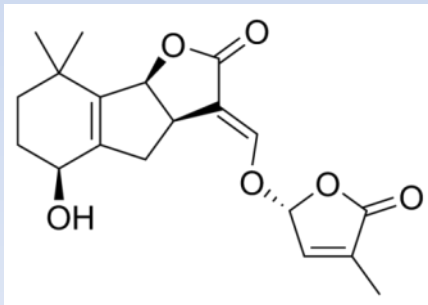
6. ESPERMINA =



Strigolactones



Estrigolactonas: sintetizados a partir de carotenóides, são produzidos nas raízes. Eles atraem fungos micorrízicos e promovem a germinação de plantas parasitas do gênero *Striga*.

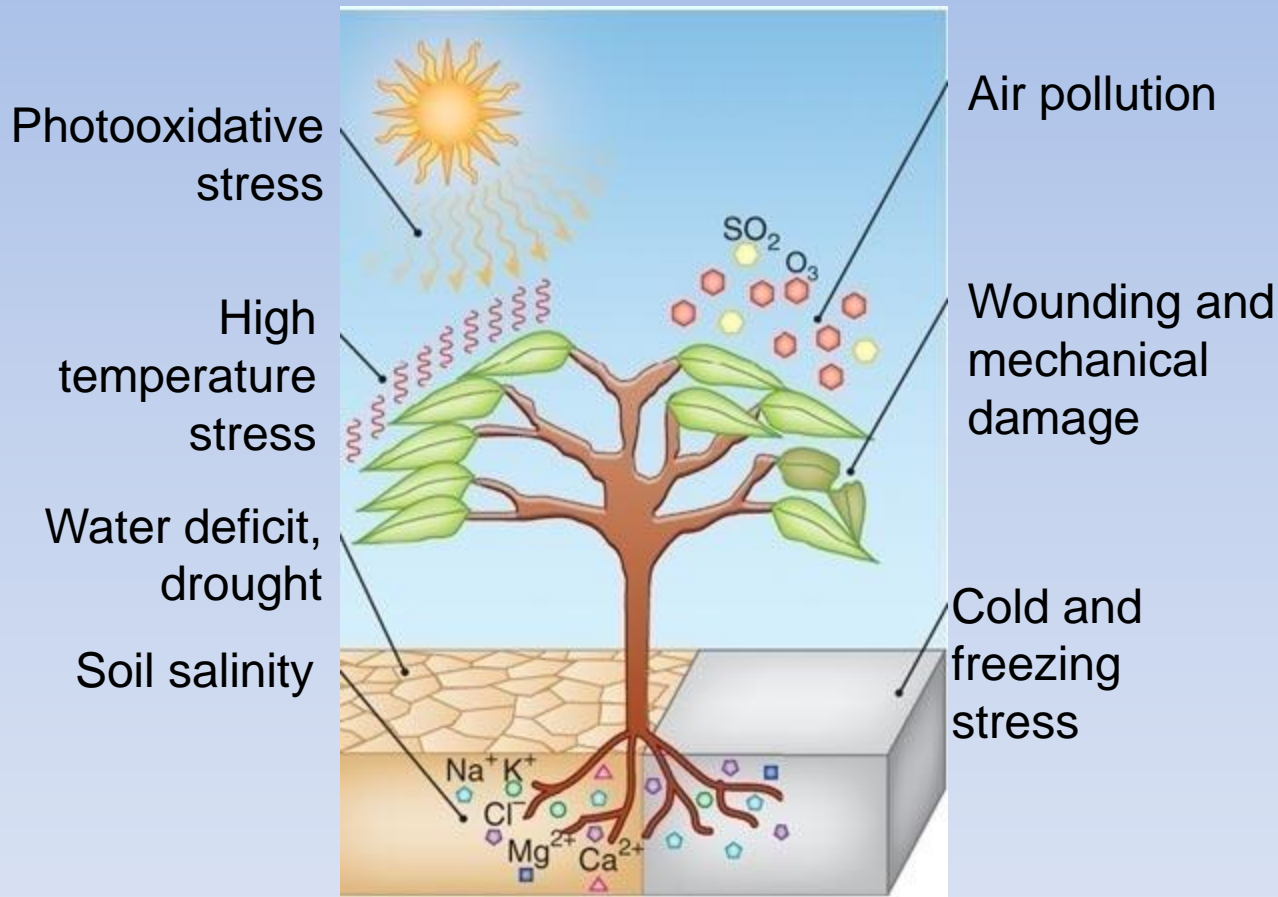


Striga, vulgarmente conhecido como *witchweed* (erva daninha das bruxas), é um gênero de plantas parasitas que ocorrem naturalmente em partes da África, Ásia e Austrália. Pertence à família Orobanchaceae. Algumas espécies são patógenos graves de cereais da colheita, com os maiores efeitos na agricultura da savana africana. Ela também provoca perdas de safra consideráveis em outras regiões, incluindo em culturas tropicais e subtropicais e nas Américas.



Witchweed - *Striga asiatica* (L.) Kuntze

Hormonal responses to abiotic stress



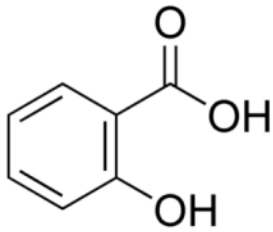
Plants' lives are very stressful.....

ABA and ethylene help plants respond to stress.

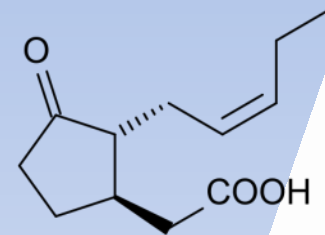
Hormonal responses to biotic stress



Bacteria,
fungi,
viruses –
Biotrophic
organisms



Salicylic Acid



Jasmonic Acid

Herbivores –
insects, other
animals, fungi –
Necrotrophic
organisms

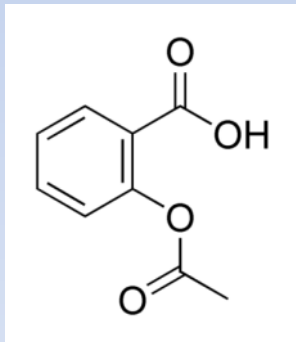


Salicylic Acid – plant hormone and painkiller

- Response to biotrophic pathogens
- Induced defense response
- Systemic acquired resistance



Salicylic acid is named for the willow *Salix* whose analgesic properties were known long before the chemical was isolated.

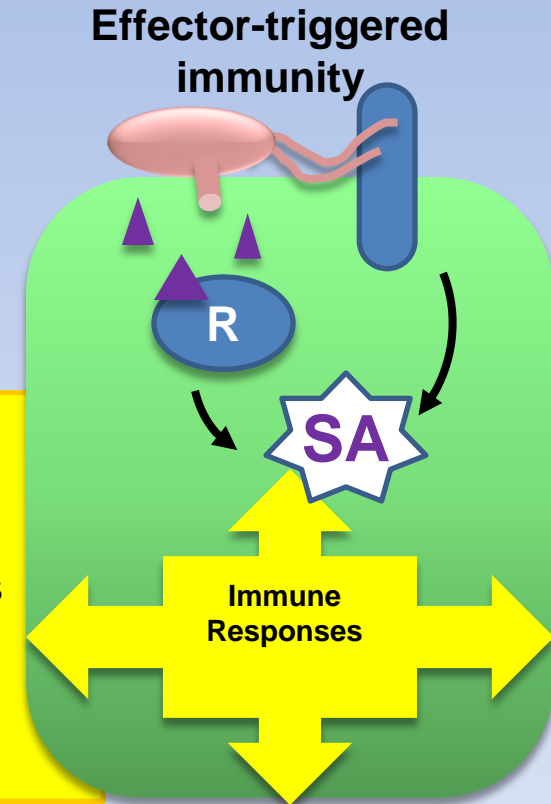


Acetylsalicylic Acid - aspirin

The hypersensitive response involves cell death

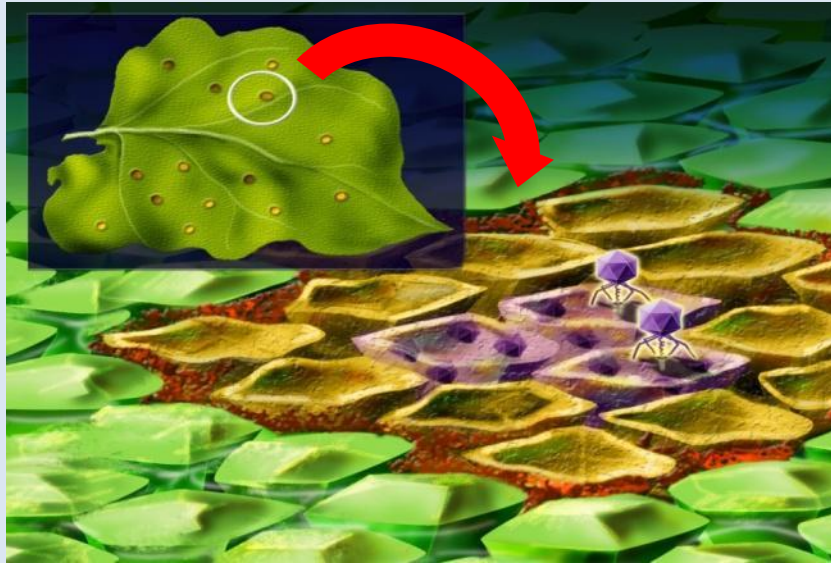


Genes de resposta aos patógenos
Compostos Antimicrobianos
Fortalecimento das paredes celulares
Morte celular programada
Resposta de hipersensibilidade (HR)

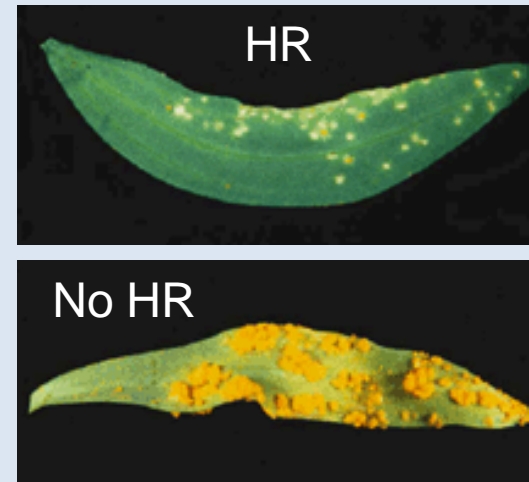


From Cawly, J., Cole, A.B., Király, L., Qiu, W., and Schoelz, J.E. (2005) The plant gene *CCD1* selectively blocks cell death during the hypersensitive response to cauliflower mosaic virus infection. *MPMI* 18: [212-219](#); Redrawn from Pieterse, C.M.J, Leon-Reyes, A., Van der Ent, S., and Saskia C M Van Wees, S.C.M. (2009) *Nat. Chem. Biol.* 5: [308–316](#).

The hypersensitive response seals the pathogen in a tomb of dead cells



The hypersensitive response (HR) kills the infected cells and cells surrounding them and prevents the pathogen from spreading.



Without a hypersensitive response, the pathogen can multiply.

Systemic Acquired Resistance (SAR)

As áreas infectadas enviam sinais, ácido metil salicílico (MeSA) e ácido azelaico (AzA) através dos tecidos de condução e através de compostos no ar para outros tecidos, tornando-os resistentes ao ataque de patógenos.

Este efeito é chamado Resistência Sistêmica Adquirida (SAR).

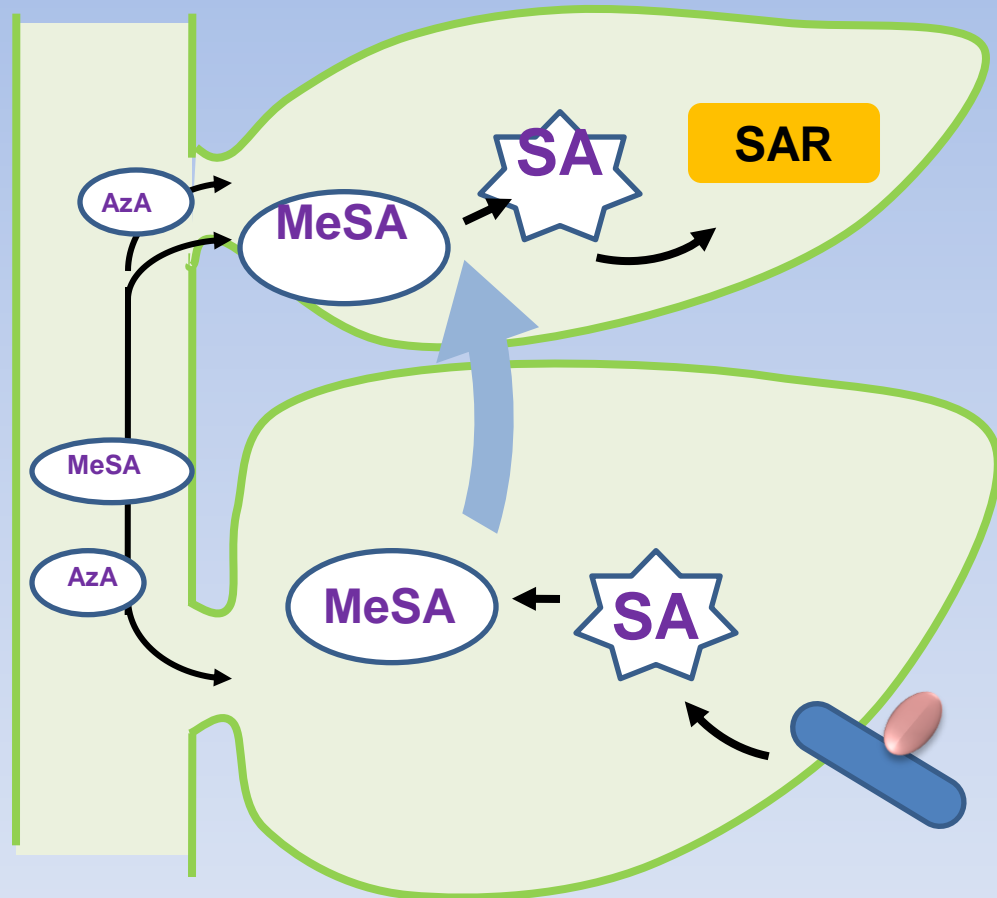




Figure 20.6

One visible example of PCD in plants is seen in the ornamental plant *Monstera deliciosa*.

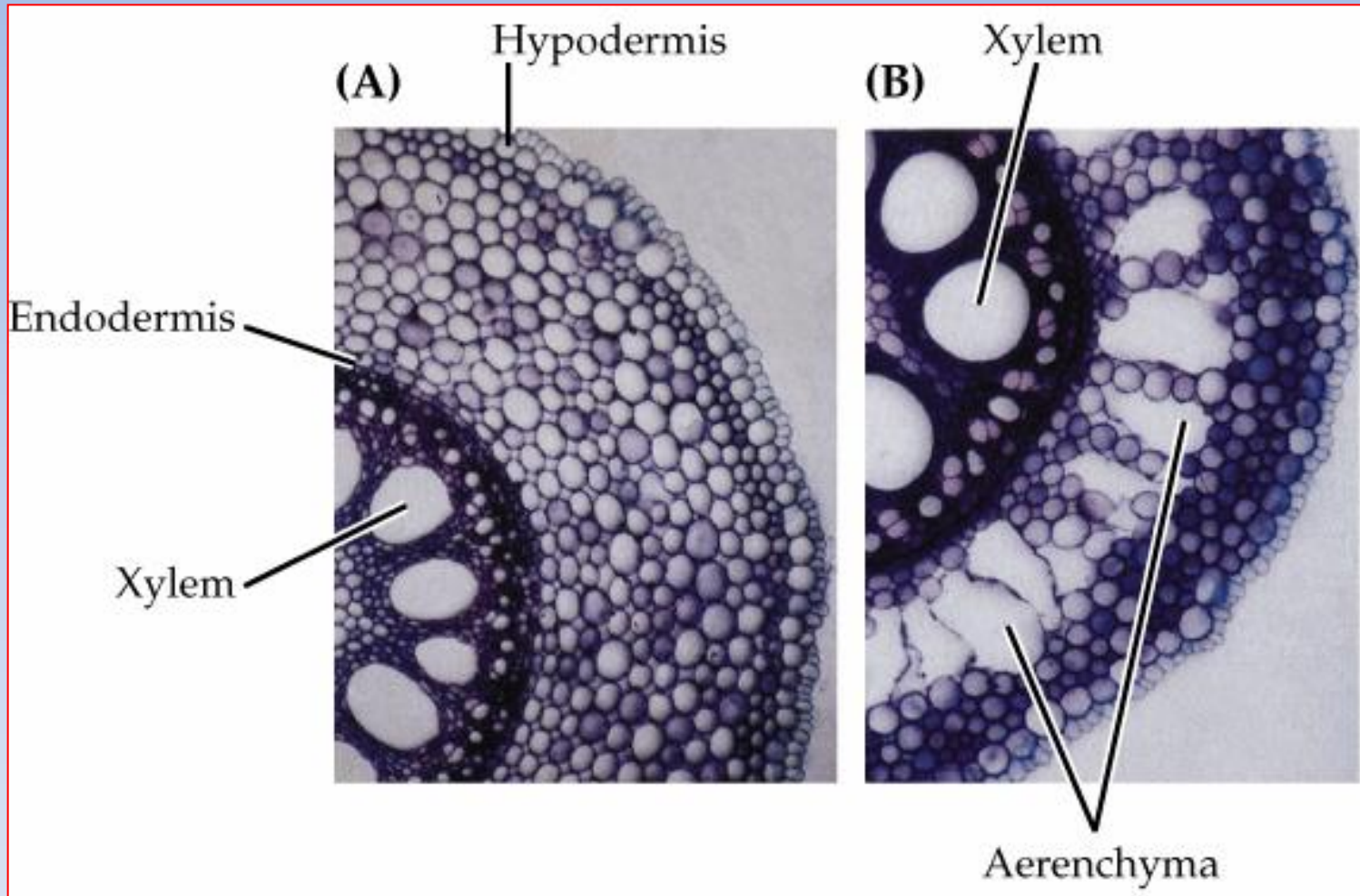
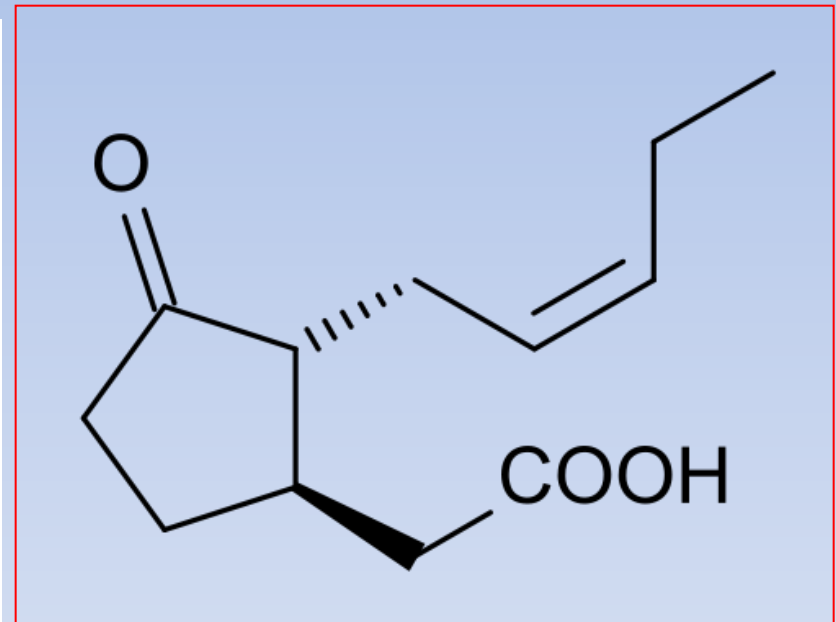


Figure 20.8

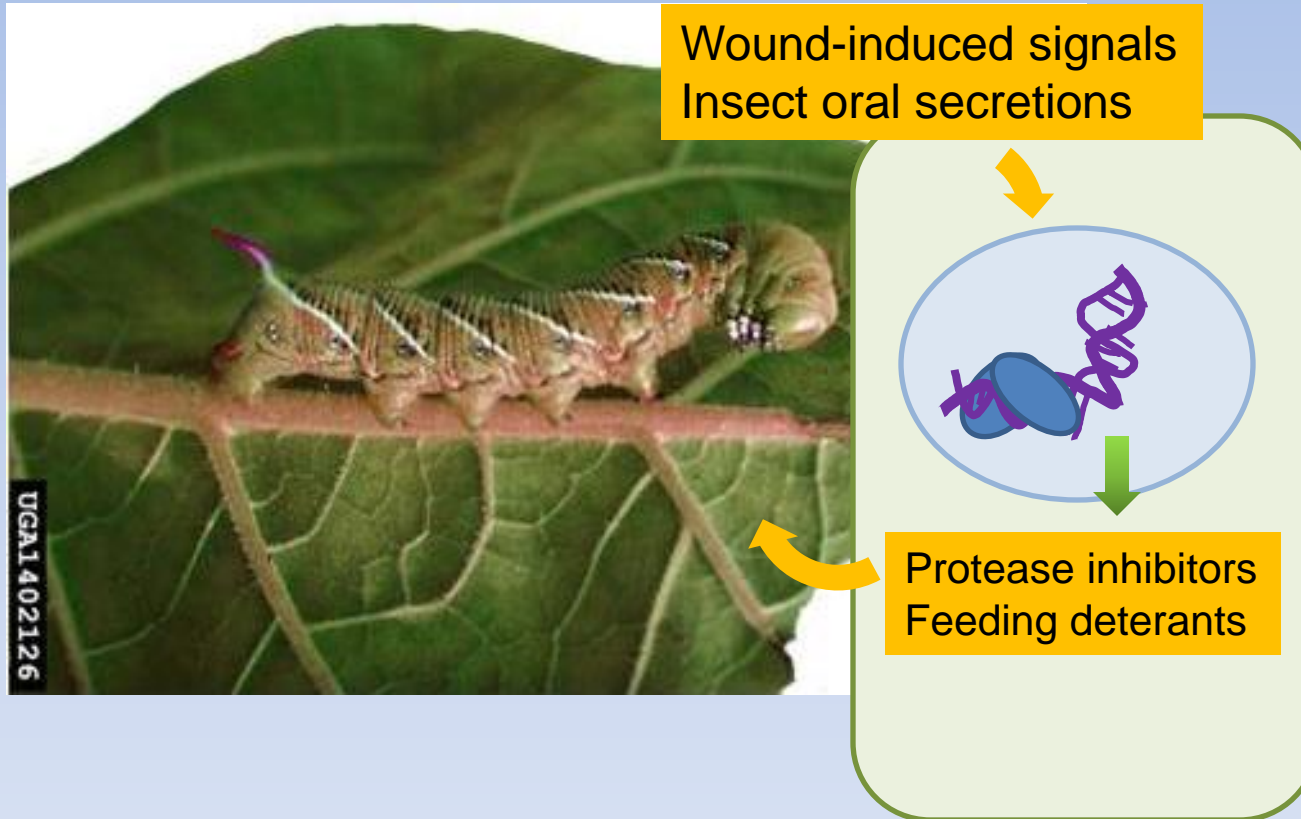
Aerenchyma formation in maize roots in response to hypoxia.

Jasmonic Acid

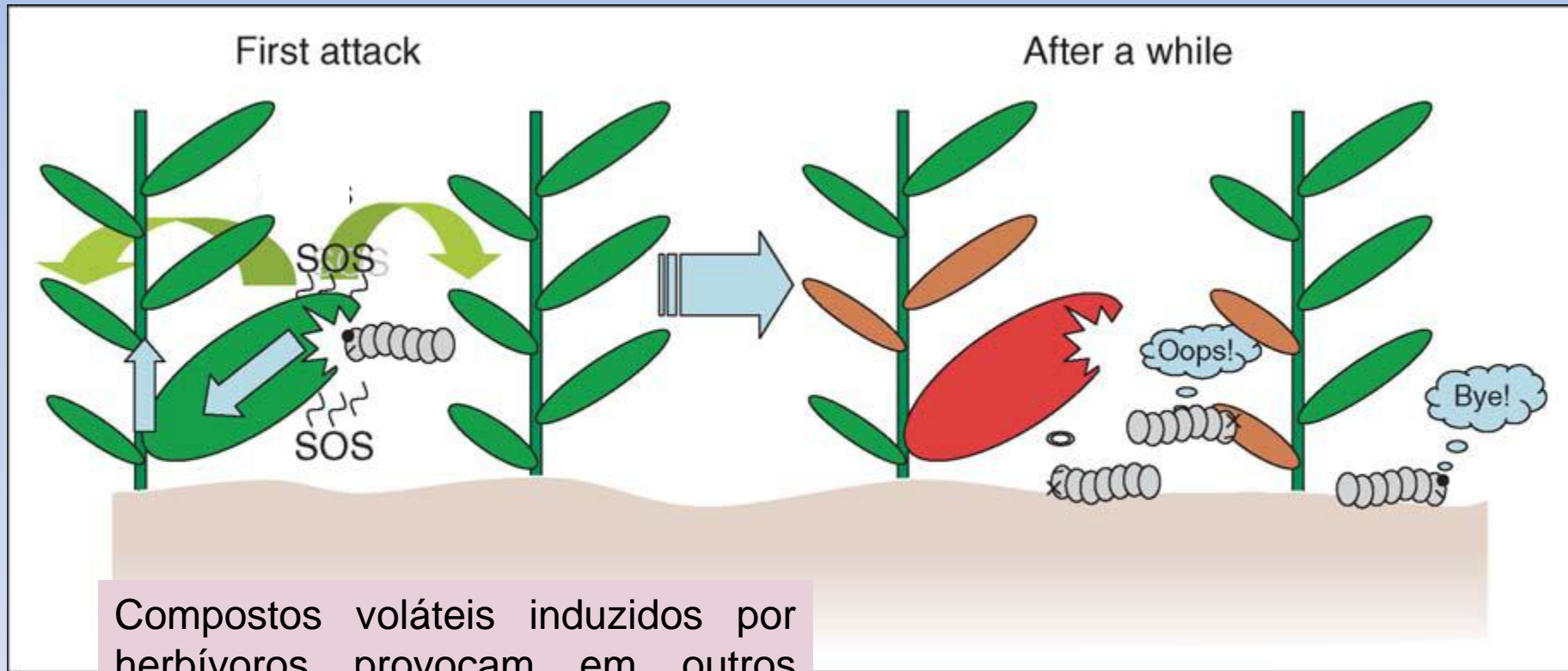
- Resposta a patógenos necrotróficos
- A indução de respostas anti-herbivoria
- Produção de compostos voláteis induzida por herbívoros a outros tecidos importantes e atrair insetos predadores



JA induces the expression of anti-herbivorous chemicals and volatiles



JA stimulates production of volatile signaling compounds



Compostos voláteis induzidos por herbívoros provocam em outros tecidos ou mesmo outras plantas tornando-as intragáveis (indicado em vermelho)

Voláteis induzidos por herbívoros são reconhecidos por insetos carnívoros e parasitóides



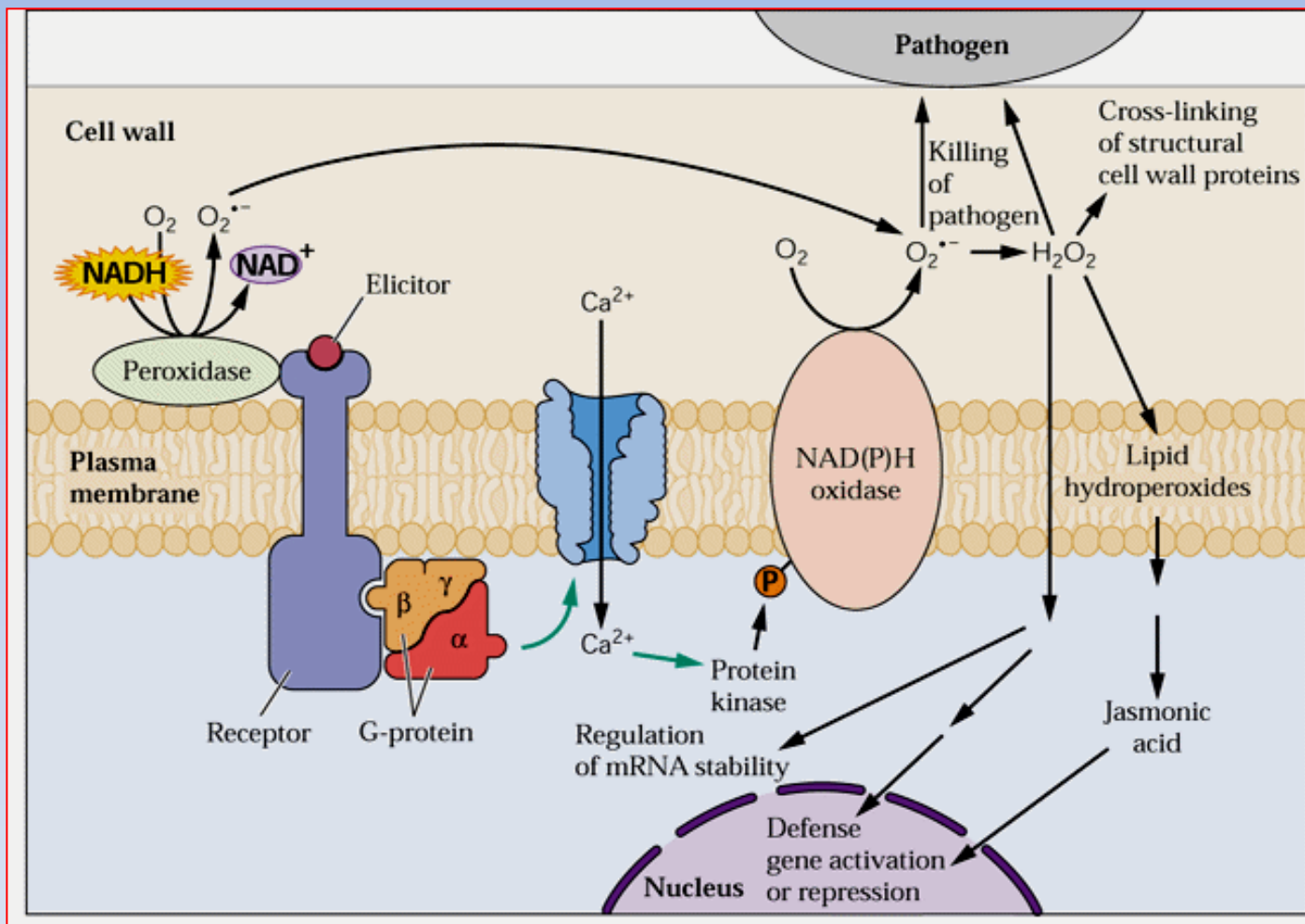


Figure 20.55

Model postulating the relationship between pathogen attack on a host cell and the signal transduction pathway that induces production of reactive oxygen species.

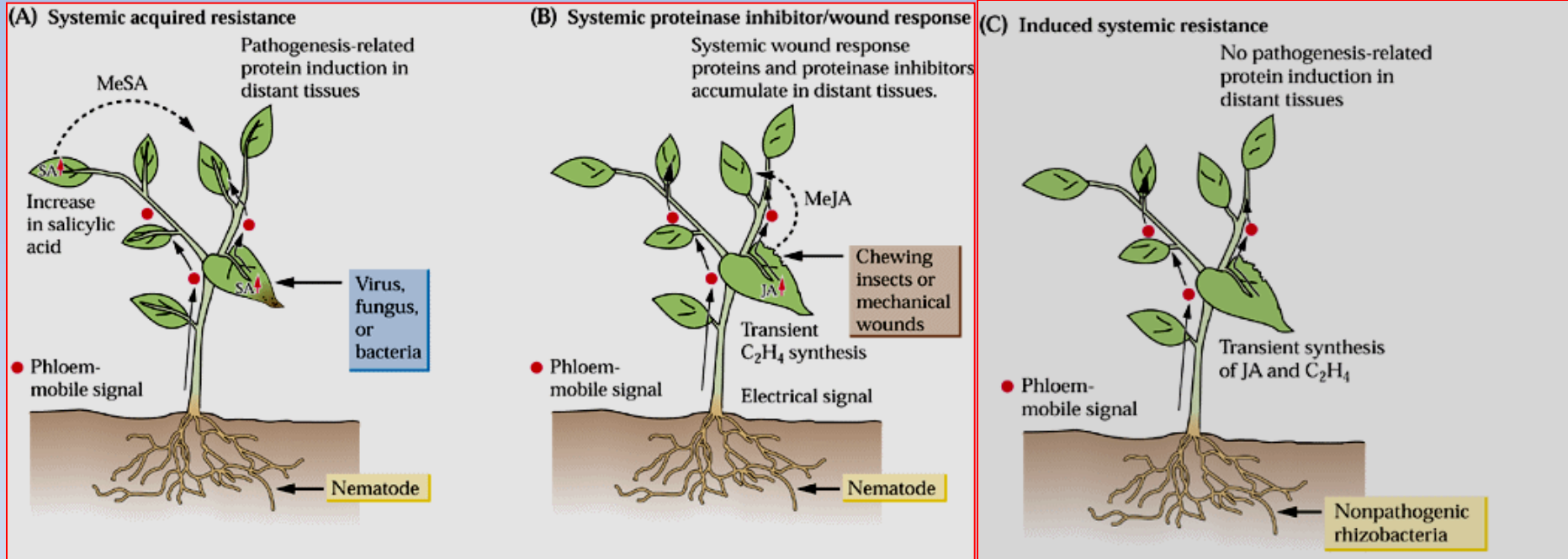


Figure 21.47

(A) Viruses, fungi, and bacteria activate systemically a specific subset of defense responses in a phenomenon known as systemic acquired resistance (SAR), in which local necrosis formation at the initial site of pathogen invasion triggers both a local increase in salicylic acid (SA) accumulation and the formation of a phloem-mobile signal. (B) In contrast, attack by chewing insects or mechanical wounds activates a different protective response, the systemic proteinase inhibitor (PI)/wound response. (C) Induced systemic resistance (ISR) caused by soil-inhabiting nonpathogenic rhizobacteria colonizing plant roots.

Percepção e Transdução de Sinais

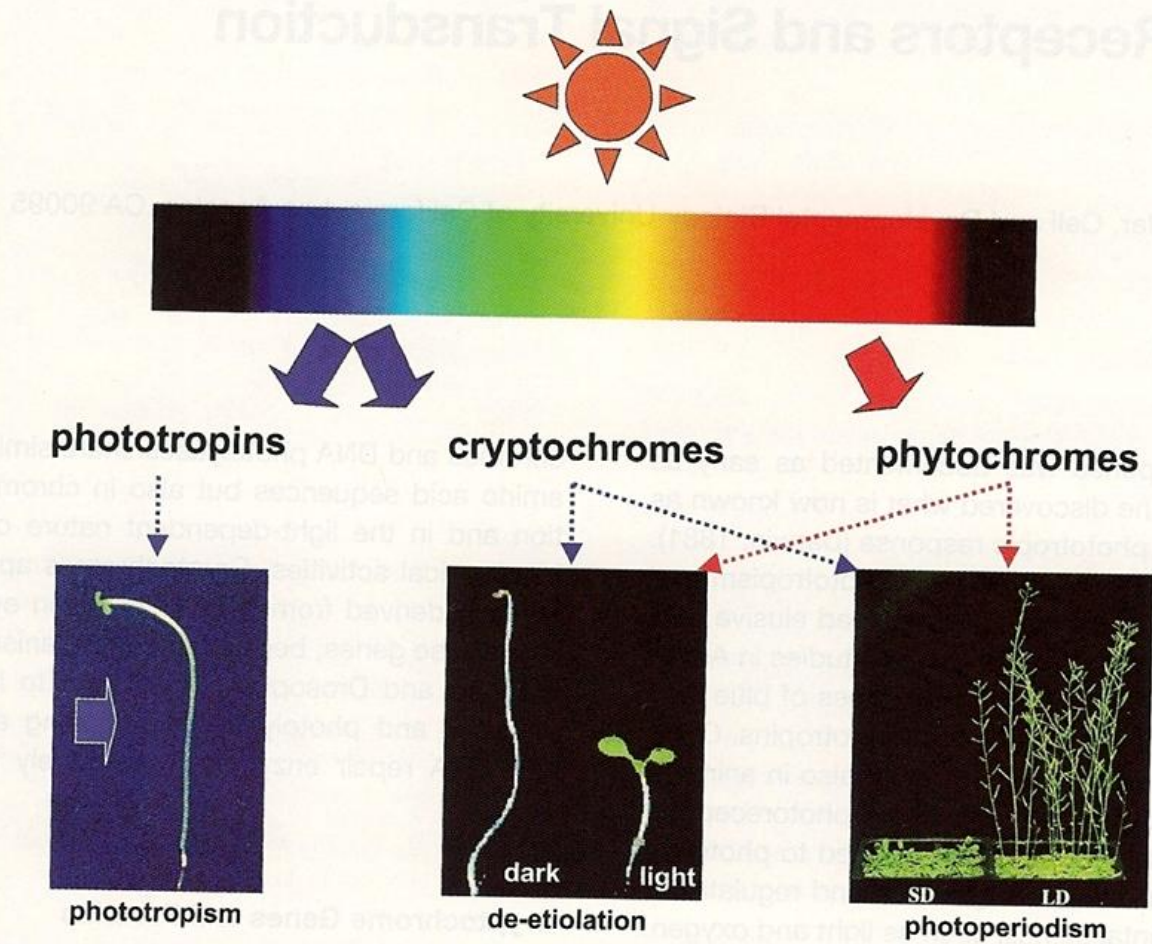


Figure 1. Functions of Blue Light Receptors in Phototropism, Photomorphogenesis, and Photoperiodic Flowering. Solid arrows depict light, and dashed arrows depict signal transduction of photoreceptors.

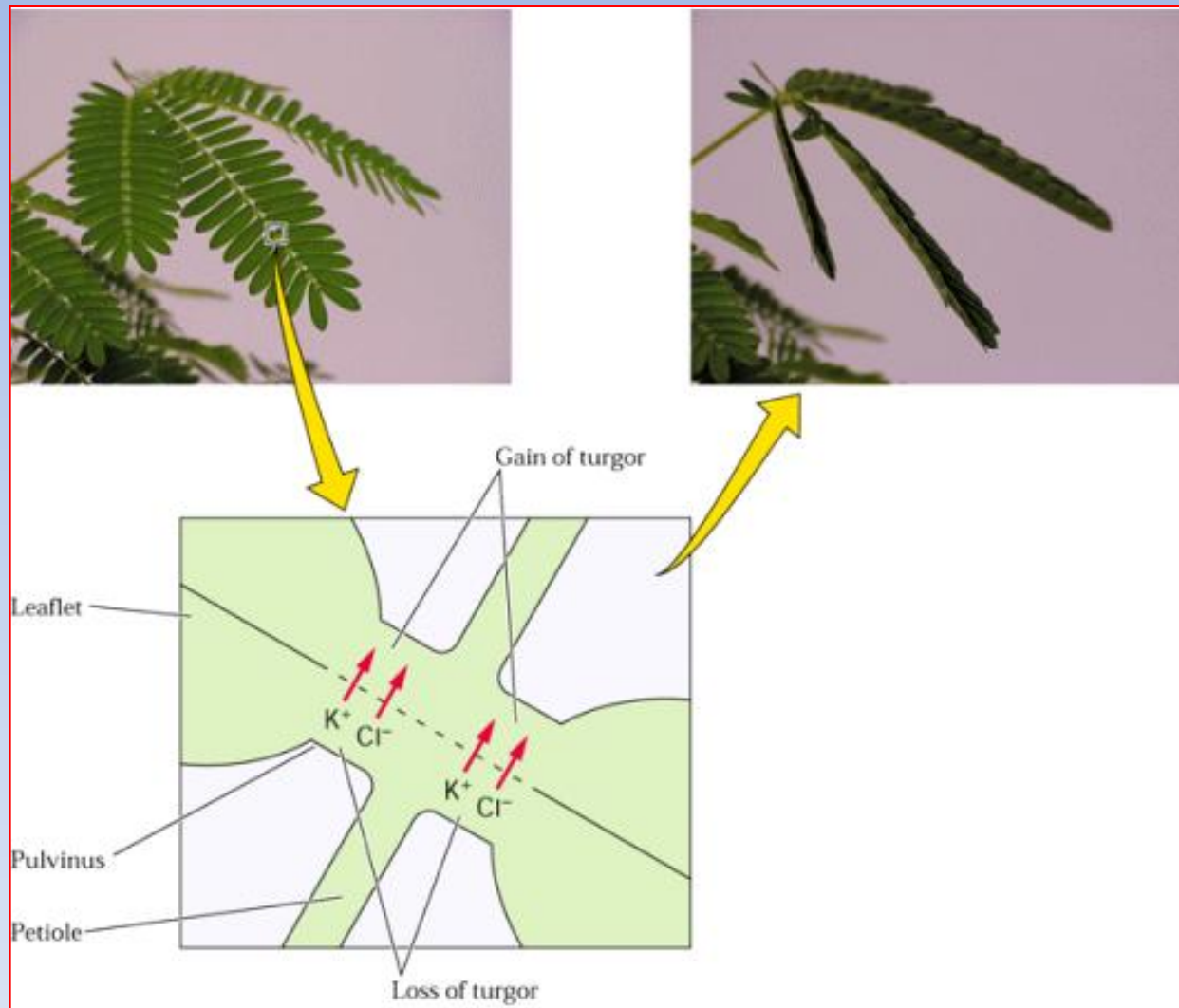
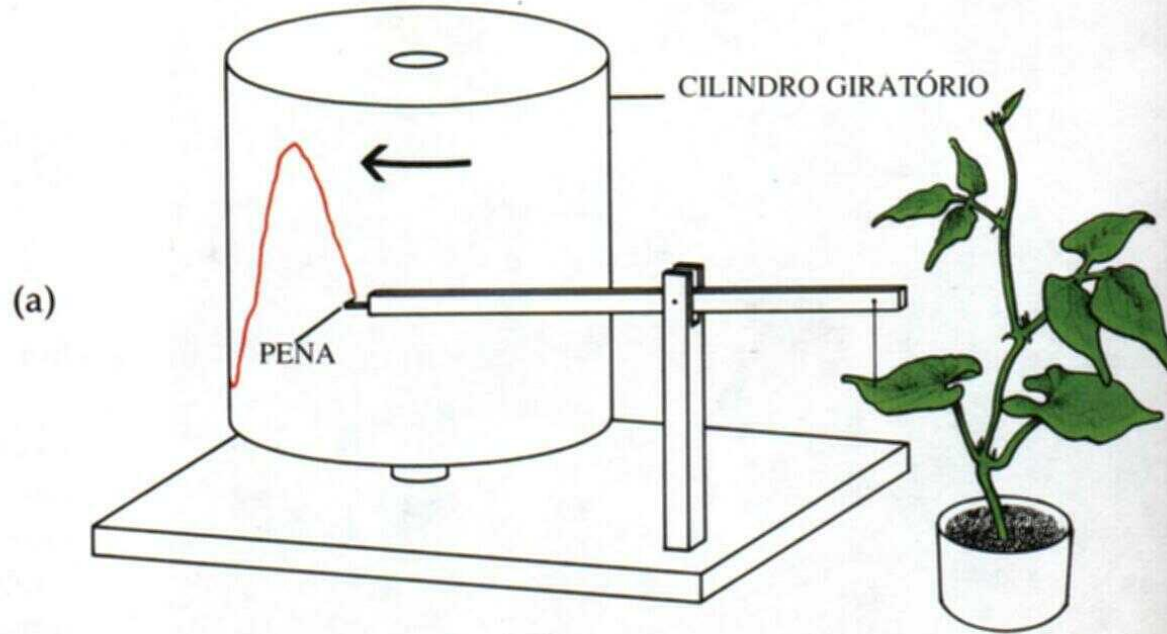


Figure 18.9
Effect of touch on the unstimulated leaves of *Mimosa pudica*.



26.8

Em muitas plantas, as folhas movem-se para o alto durante o dia, adquirindo uma posição perpendicular ao caule e aos raios solares, e à noite movem-se para baixo em direção ao caule. Estes movimentos de repouso podem ser registrados sobre um cilindro giratório, usando um sistema de pena e alavanca bastante sensível, ligado a uma folha através de um fio bastante fino (a). Muitas plantas, tais como o feijão (*Phaseolus vulgaris*) mostrado aqui, continuam a exibir estes movimentos por vários dias mesmo se mantidas sob luz difusa contínua. (b) Um registro gráfico deste ritmo circadiano mostrando sua persistência sob condições de luz contínua difusa.



(a)



(b)

26.26

(a) Folhas de lupino (*Lupinus arizonicus*) orientadas na direção do curso solar. Este fenômeno é comumente conhecido como o acompanhamento solar (b). Acompanhamento solar em um campo de girassóis (*Helianthus annuus*).

Reprodução Sexuada em Plantas

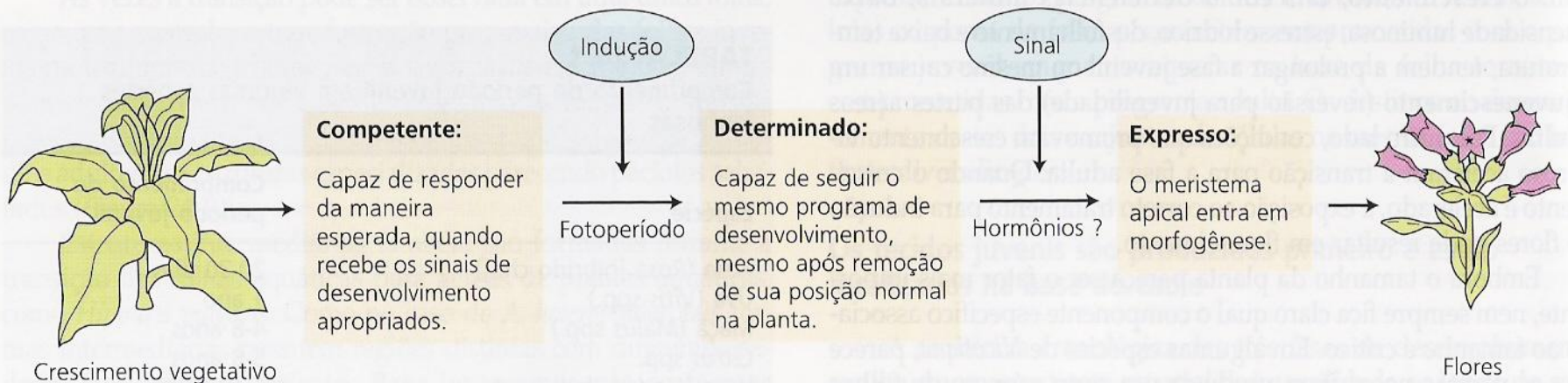


FIGURA 24.12 Um modelo simplificado para evocação floral no ápice do caule, no qual as células do meristema vegetativo adquirem novos destinos do desenvolvimento. Para iniciar o desenvolvimento floral, as células do meristema necessitam primeiro tornar-se competentes. Um meristema vegetativo competente é aquele que pode responder a um estímulo floral (indução), tornando-se determinado do ponto de vista floral (comprometido a produzir flores). O estado determinado é geralmente expresso, mas pode necessitar um sinal adicional (McDaniel e cols., 1992).

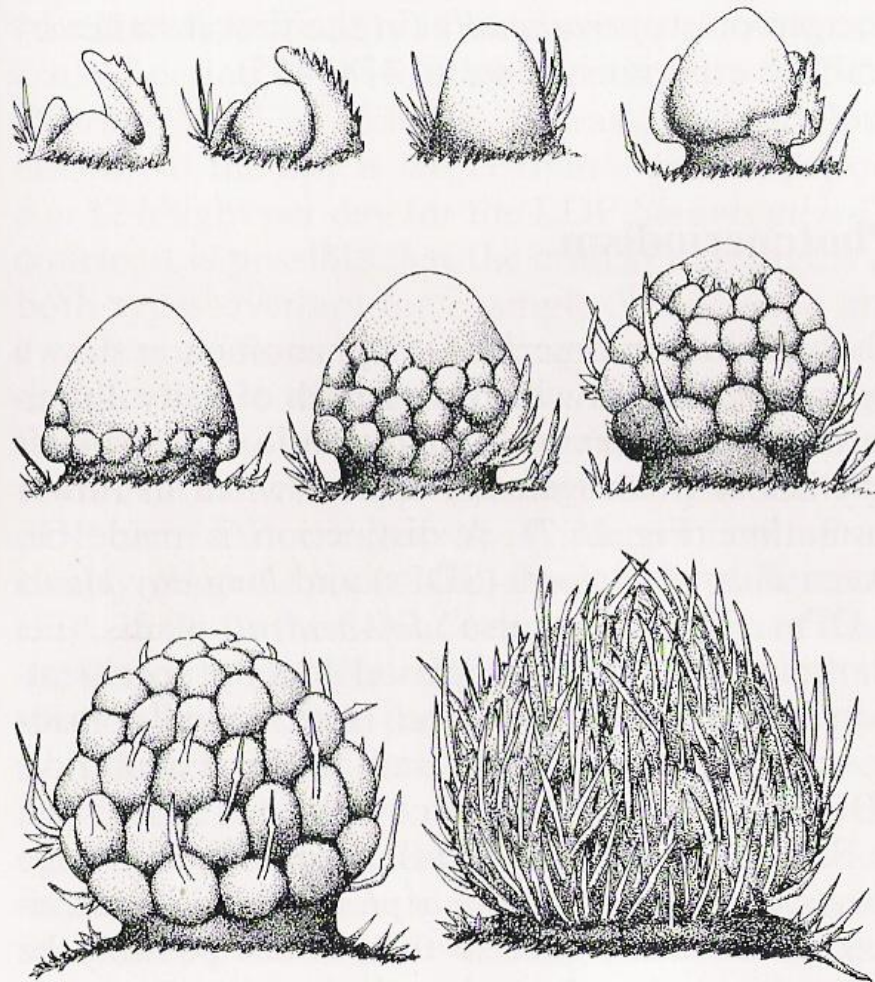


Fig. 25.4. Developmental stages of staminate inflorescence structures of cocklebur (*Xanthium strumarium*). *Left top* Vegetative apex. (After Salisbury 1955)

Flower Induction and Morphogenesis

The induction (triggering) of flower formation is, in many plants, dependent on the environment; however, the shape of flowers and their morphogenesis is regulated endogenously (developmental homeostasis; see p. 286). The precise regulation of flower formation is expressed not only in the strict hierarchical appearance of primordia for different floral organs, e.g. anthers, but also in the sequence of the primordia within the hierarchy (see Fig. 25.1).

In the morphogenesis of flowers *homeotic transformations* (see p. 316) are observed, e.g. *petals* → *sepals*, *petals* → *stamens*, *stamens* → *carpels*; these can be traced to mutated homeotic genes. Recently, a mutation (*agamous*) leading to agamous flowers in *Arabidopsis thaliana*, in which the stamens and carpels are fused to form petaloids (Fig. 25.2), has been characterised: In the wild type the gene affected in the *agamous* mutant codes for a general transcription factor that binds to regulatory DNA sequences and controls the relevant gene expression for the formation of stamens and carpels. Molecular analysis of the *deficiens* homeotic gene of *Antirrhinum majus* shows that this gene also codes for a general transcription factor (DNA-binding protein) with large homology to transcription factors from animal and yeast cells.

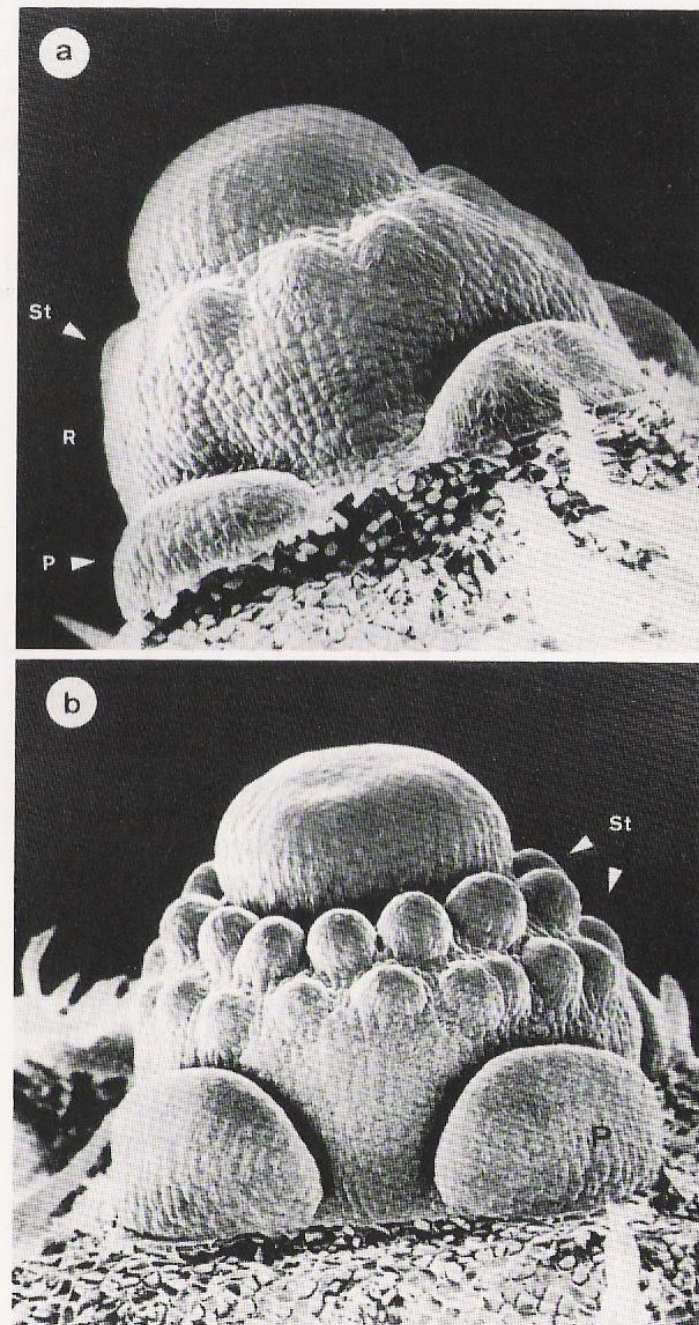
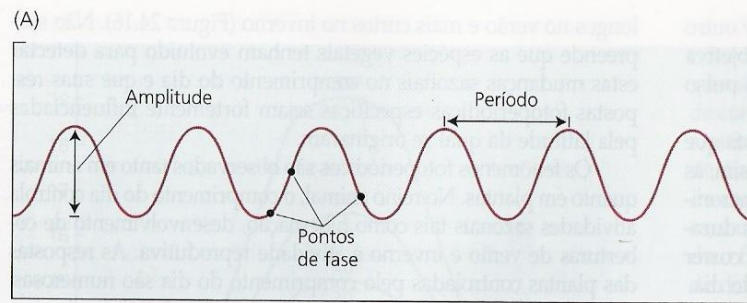
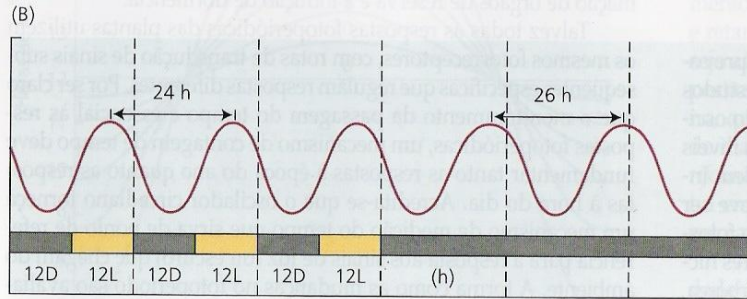


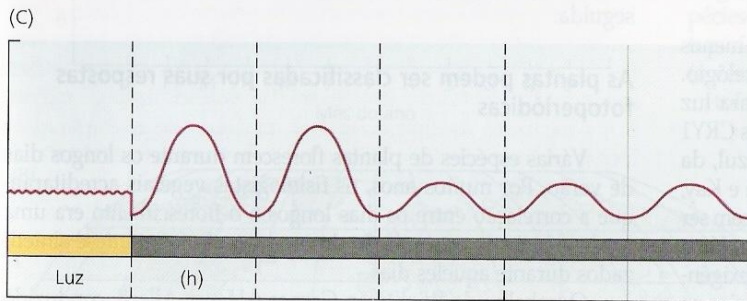
Fig. 25.1 a, b. Developmental stages in the formation of the flower bud of *Capparis spinosa*, var. *inermis*. **a** Formation of the androecial ring wall in the first whorl of the staminal initials. **b** Formation of the second whorl of the staminal initials. The carpel primordia are already apparent on the apical dome. *P* Petals; *R* androecial ring wall; *St* stamens. (After Leins and Metzner 1979)



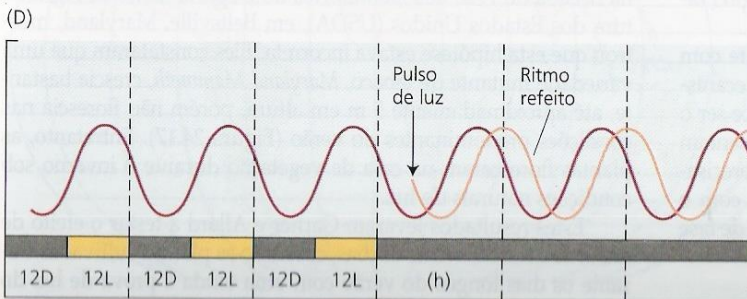
Um ritmo circadiano típico. O **período** é o tempo entre pontos comparáveis no ciclo repetitivo; a **fase** é qualquer ponto no ciclo reconhecível por seu relacionamento com o restante do ciclo; a **amplitude** é a distância entre um pico e um vale.



Um ritmo circadiano sincronizado a um ciclo de 24 horas de luz – escuro (L – D) e sua reversão para o período de curso livre (26 horas neste exemplo) após a transferência para o escuro contínuo.



Suspensão de um ritmo circadiano em luz intensa contínua e a liberação ou reinício do ritmo após a transferência para a escuridão.



Típica mudança de fase em resposta a um pulso de luz aplicado logo após a transferência para o escuro. O ritmo tem sua fase alterada (atrasado) sem alteração no período.

FIGURA 24.15 Algumas características dos ritmos circadianos.

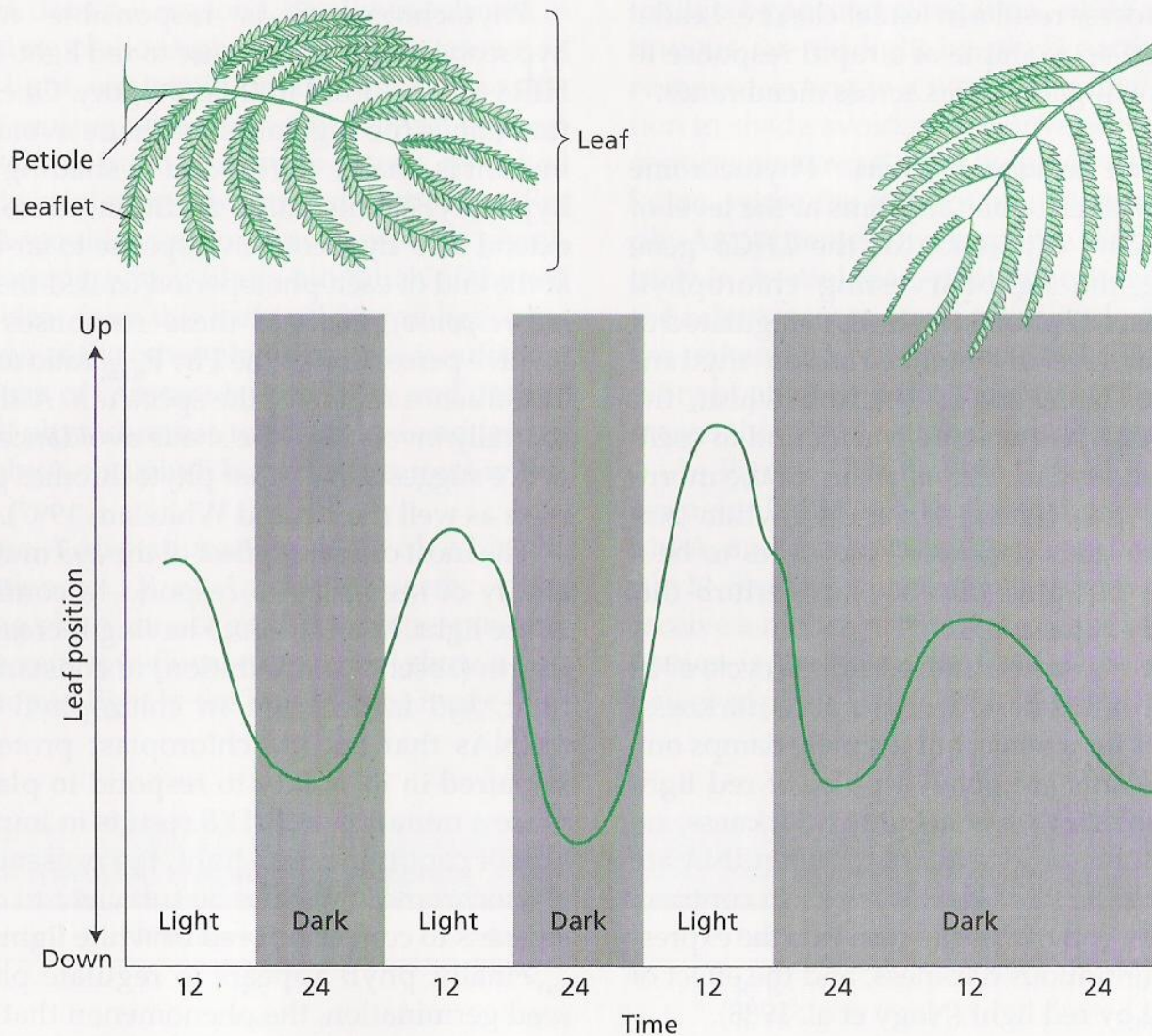
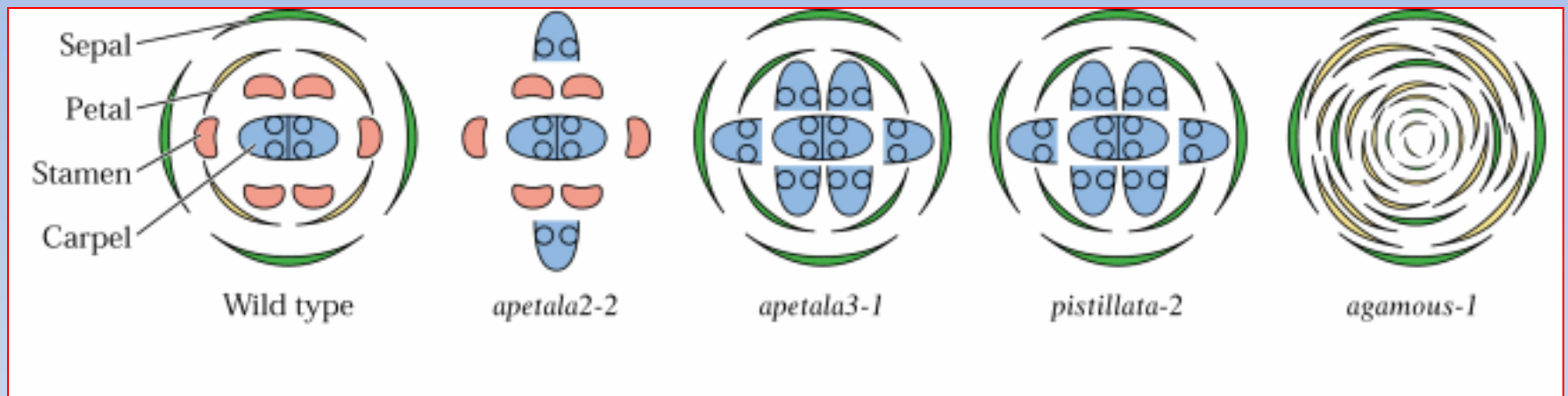


Figure 17.14 Circadian rhythm in the diurnal movements of *Albizzia* leaves. The leaves are elevated in the morning and lowered in the evening. In parallel with the raising and lowering of the leaves, the leaflets open and close. The rhythm persists at a lower amplitude for a limited time in total darkness.

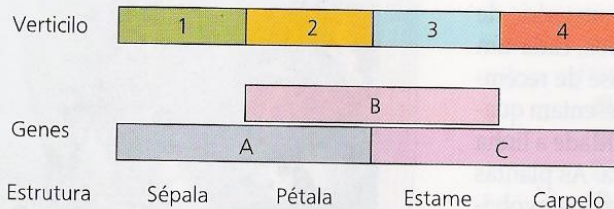
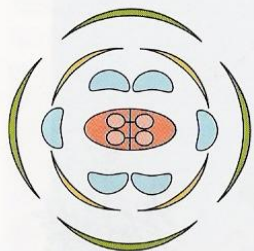
Nictinastismo e o Relógio Biológico



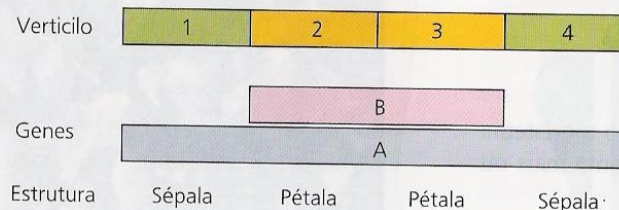
Tipo selvagem e os quatro mutantes
ABC originais em *Arabidopsis*

Modelo ABC:

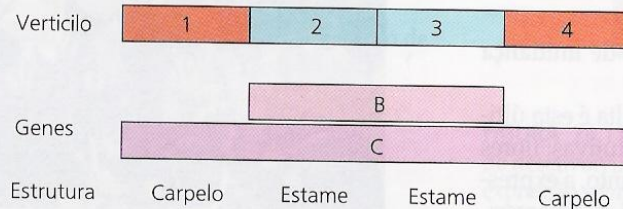
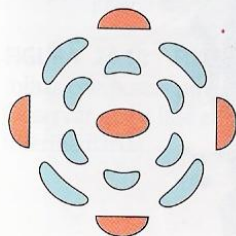
(A) Tipo selvagem



(B) Perda da função C



(C) Perda da função A



(D) Perda da função B

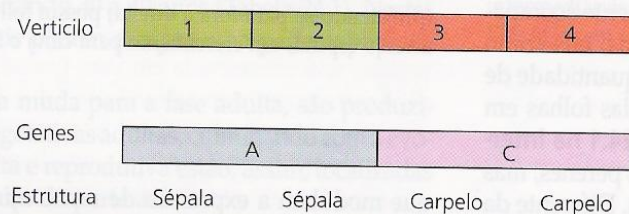
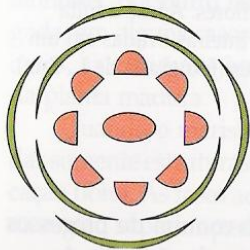


FIGURA 24.8 Interpretação dos fenótipos de mutantes florais homeóticos baseados no modelo ABC. (A) Tipo selvagem. (B) A perda da função C resulta na expansão da função A ao longo do meristema floral. (C) A perda da função A resulta na distribuição da função C ao longo do meristema. (D) A perda da função B resulta na expressão somente das funções A e C.

Modelo ABC:

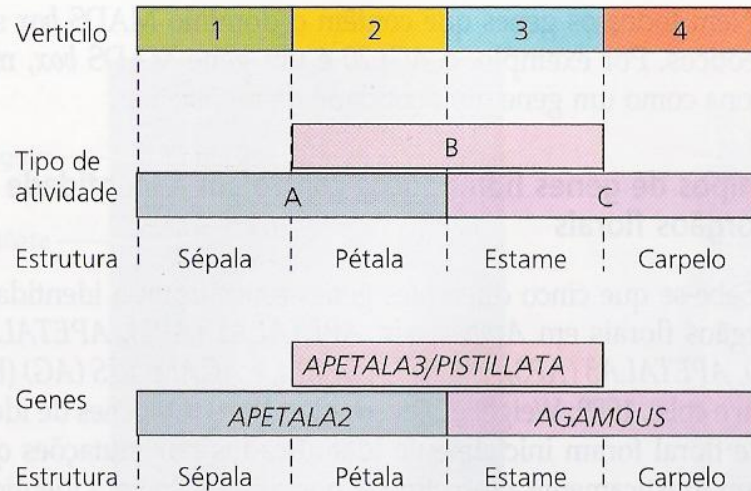


FIGURA 24.6 O modelo ABC para a aquisição da identidade de órgão floral está baseado nas interações de três tipos diferentes de atividades de genes homeóticos florais: A, B, e C. No primeiro verticilo, a expressão do tipo A (*AP2*) sozinho resulta na formação de sépalas. No segundo, a expressão dos tipos A (*AP2*) e B (*AP3/PI*) resulta na formação de pétalas. No terceiro verticilo, a expressão do B (*AP3/PI*) e C (*AG*) causa a formação de estames. No quarto verticilo, a atividade C (*AG*) sozinha especifica carpelos. Além disso, a atividade A (*AP2*) reprime a atividade C (*AG*) nos verticilos 1 e 2, enquanto a atividade C reprime a atividade A nos verticilos 3 e 4.



FIGURA 24.7 Um mutante quádruplo (*api1, ap2, ap3/pi, ag*) resulta na produção de estruturas tipo folha, em lugar de órgãos florais (cedida por John Bowman).

Modelo ABC:

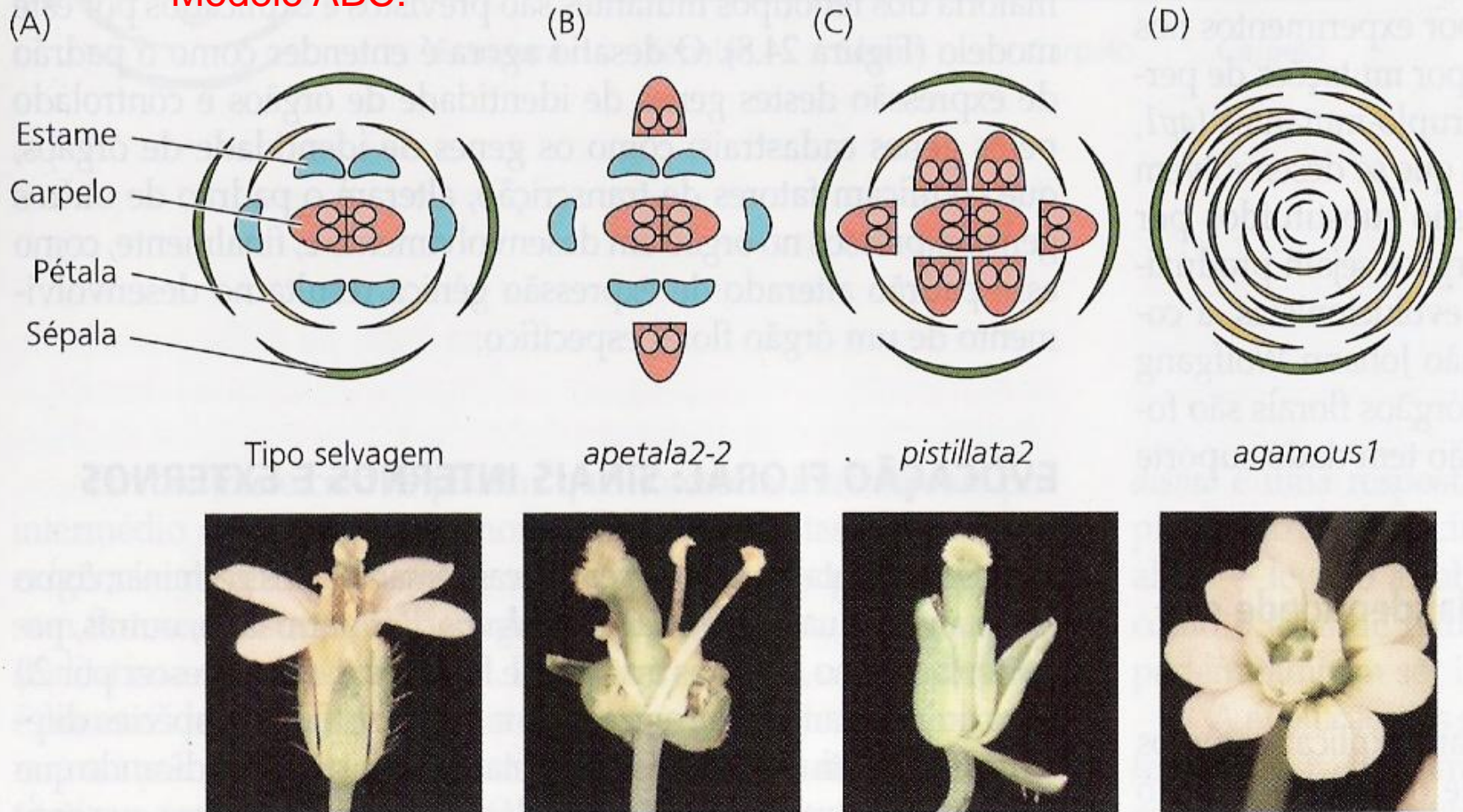


FIGURA 24.5 As mutações nos genes de identidade de órgãos florais alteram drasticamente a estrutura da flor. (A) Tipo selvagem; (B) mutantes *apetala2-2* não possuem sépalos e pétalas; (C) mutantes *pistillata2* não possuem pétalas e estames; (D) mutantes *agamous1* não possuem estames e carpelos (Bewley e cols., 2000).

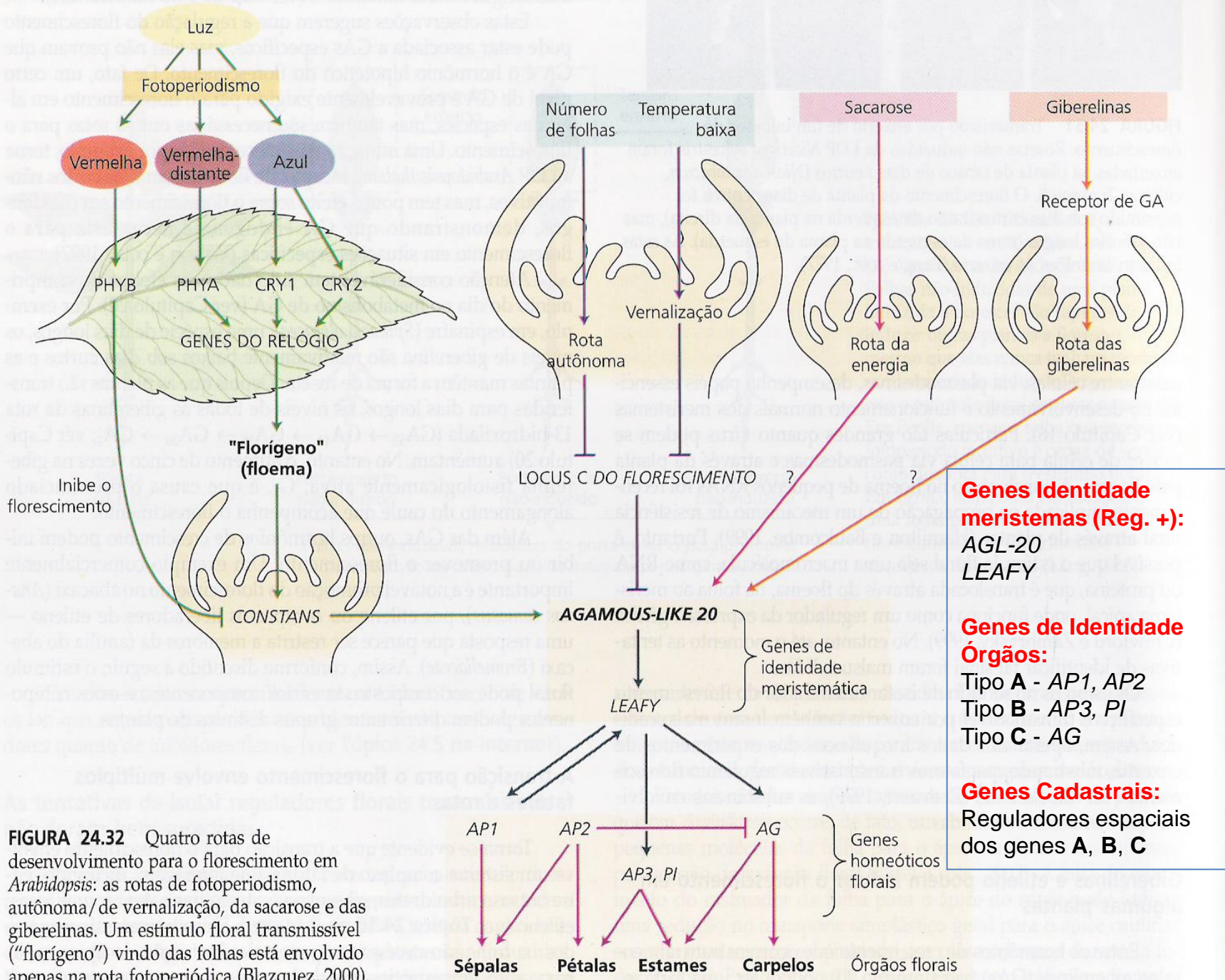


FIGURA 24.32 Quatro rotas de desenvolvimento para o florescimento em *Arabidopsis*: as rotas de fotoperiodismo, autônoma/de vernalização, da sacarose e das giberelinas. Um estímulo floral transmissível ("florigeno") vindo das folhas está envolvido apenas na rota fotoperiódica (Blazquez, 2000).

Dias curtos para dias longos no tempo 0

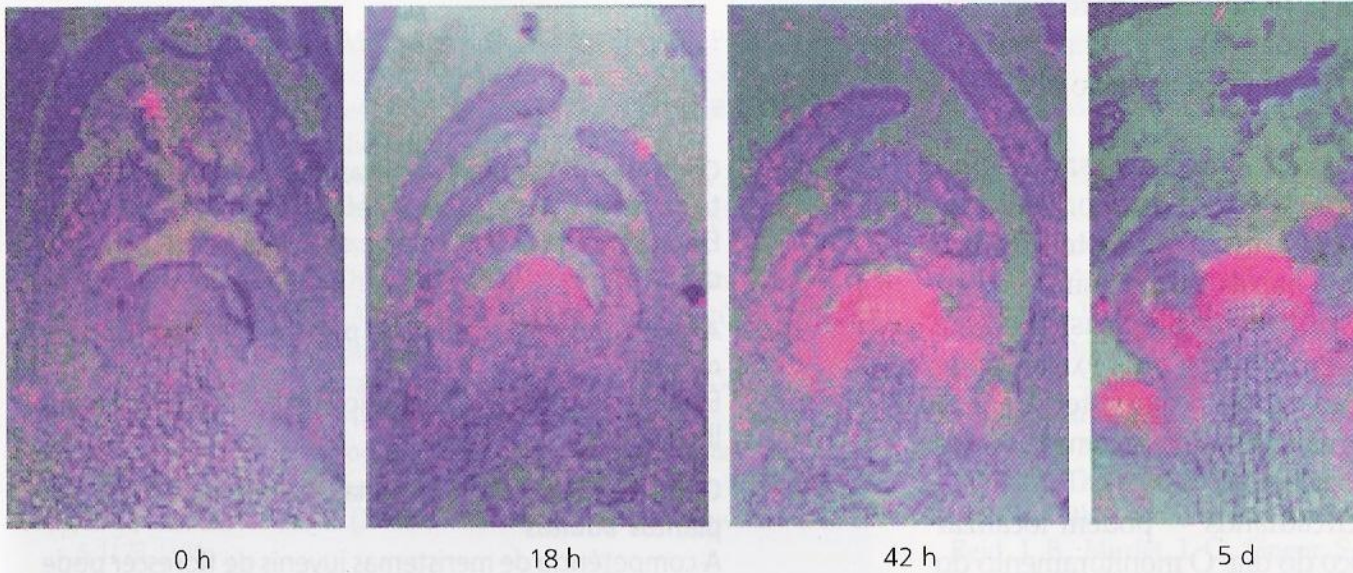
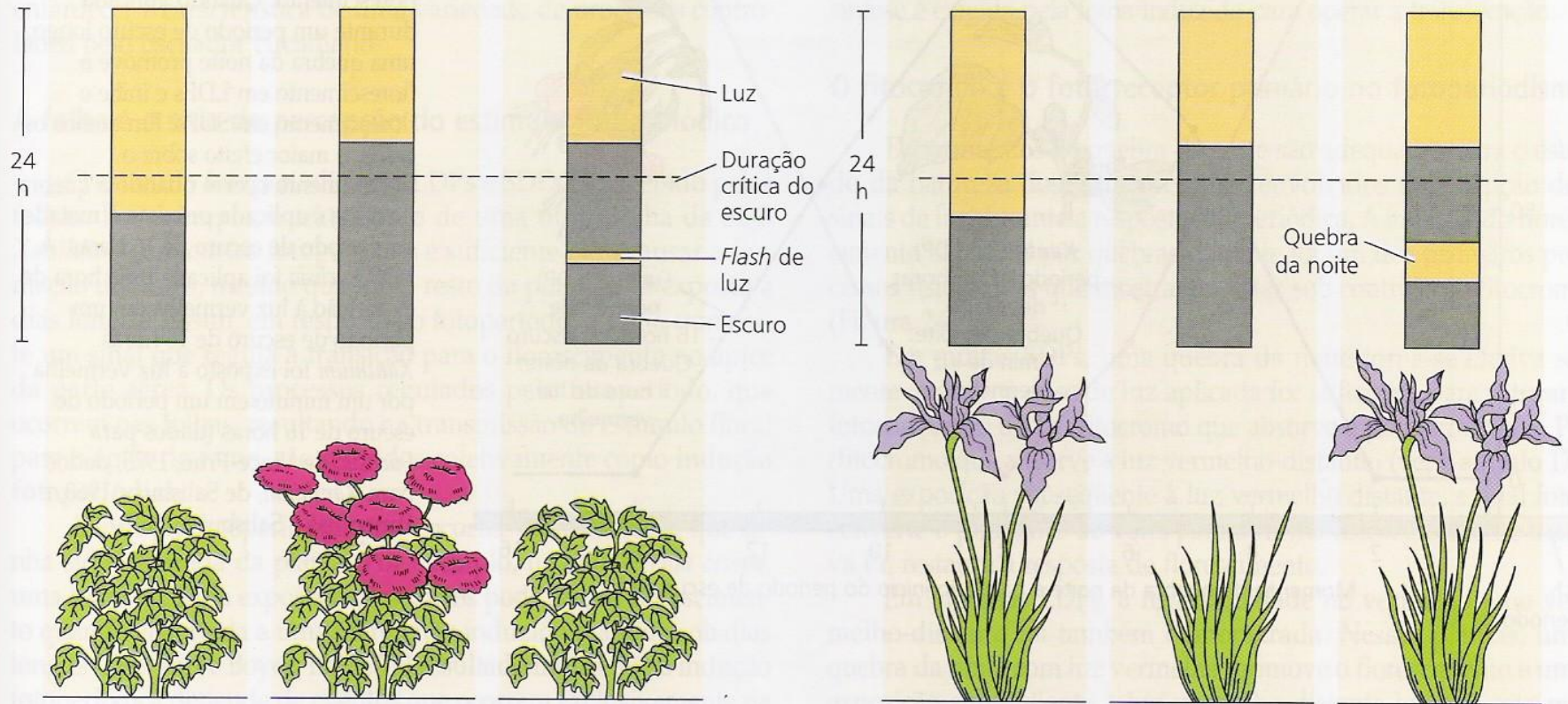


FIGURA 24.33 Aumento na expressão do gene *AGAMOUS-LIKE 20* (*AGL20*) durante o desencadeamento do florescimento no meristema apical do caule de *Arabidopsis*. Os tempos após a troca das plantas de SDs para LDs são indicados (Borner e cols., 2000).

Fotoperiodismo:

(A)



Plantas de dias curtos

Plantas de dias curtos (noites longas) florescem quando o comprimento da noite excede um período crítico de escuro. A interrupção do período de escuro por um breve tratamento de luz (uma quebra da noite) impede o florescimento.

Plantas de dias longos

Plantas de dias longos (noites curtas) florescem se o comprimento da noite é mais curto do que um período crítico. Em algumas plantas de dias longos, o encurtamento da noite com uma quebra de noite induz o florescimento.

(B)

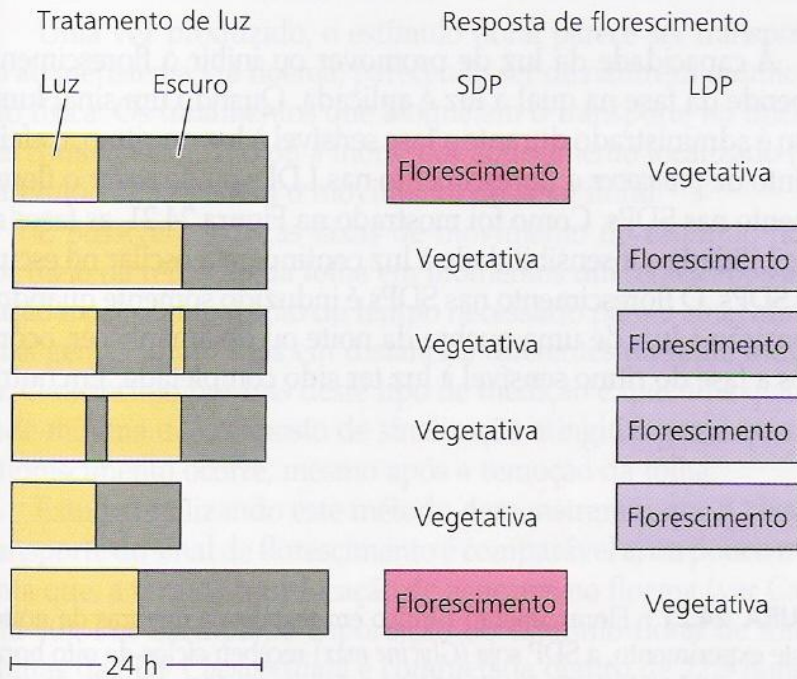
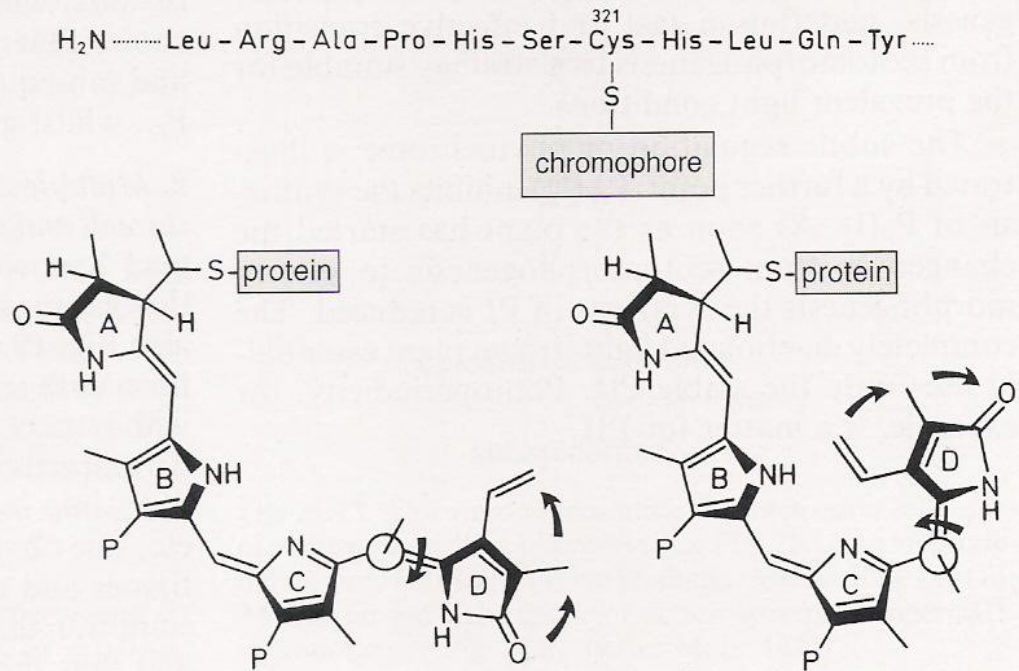
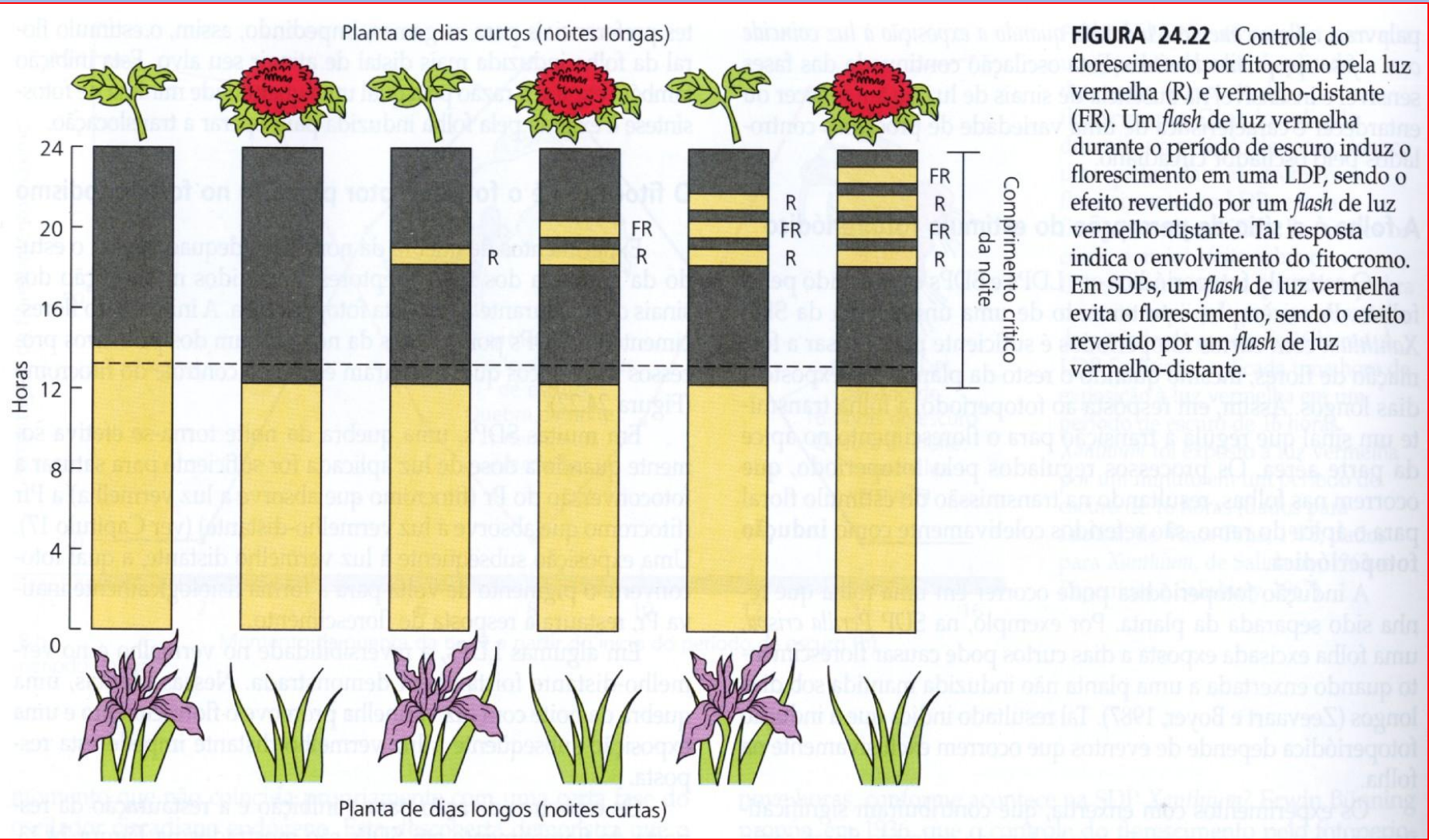


FIGURA 24.19 A regulação fotoperiódica do florescimento. (A) Efeitos sobre SDPs e LDPs. (B) Efeitos da duração do período de escuro sobre o florescimento. O tratamento de plantas de dias curtos e longos com fotoperíodos diferentes mostra claramente que a variável crítica é o comprimento do período escuro.

Fig. 21.10. Structure of phytochromobilin (phytochrome chromophore) in the P_r form (*left*) and P_{fr} form (*right*). Photoconversions of phytochrome involve the cis/trans isomerisation of the chromophore at the double bond between pyrrole rings *C* and *D*. This causes the methine bridge between rings *C* and *D* to fold back. *Arrows* indicate the assumed movement of ring *D* upon photoconversion. Changes in conformation of the apoprotein are a consequence of the photoconversion of the chromophore. *Top* Section of the polypeptide chain in the region of the chromophore domain (see Fig. 21.11). (After Rüdiger 1990)





Senescência

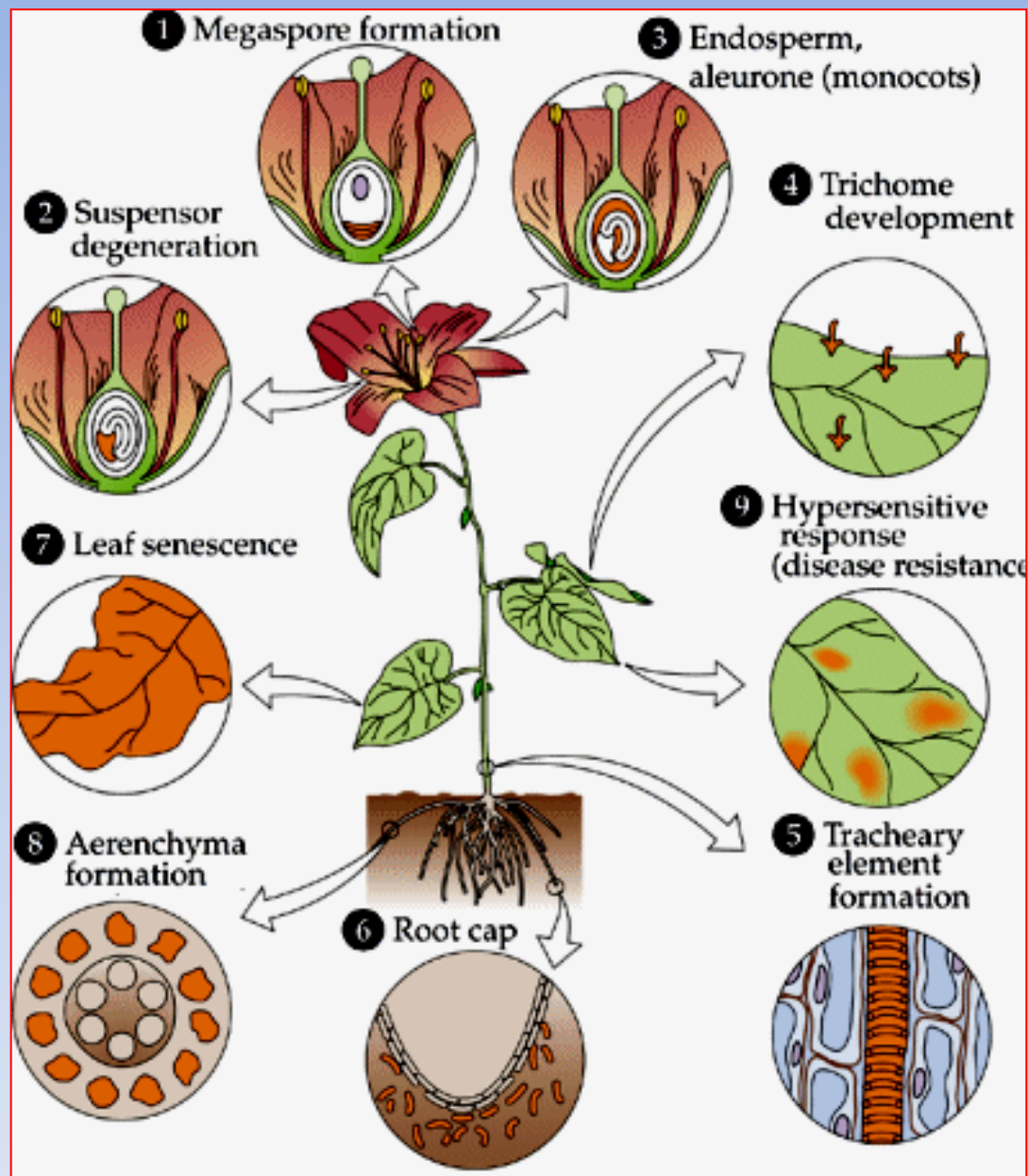


Figure 20.4
 Cell death occurs in almost all plant cells and tissues.

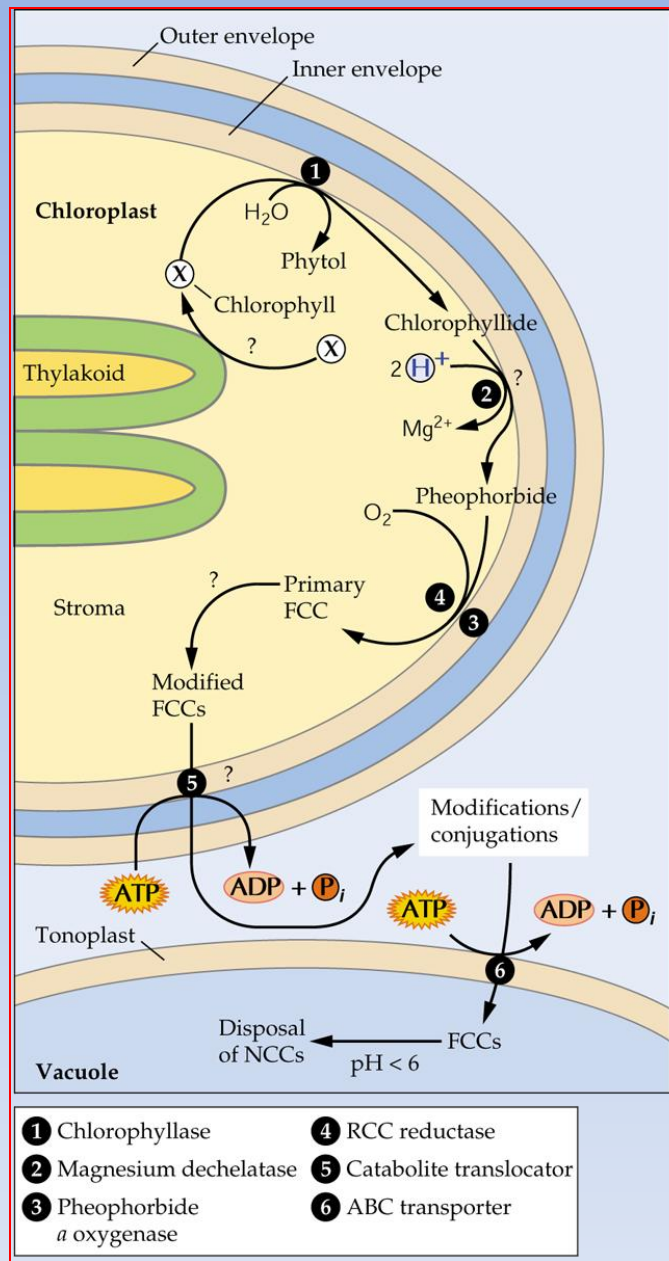


Figure 20.16
Subcellular compartmentation of the pheophorbide α pathway of chlorophyll catabolism in leaf mesophyll cells.

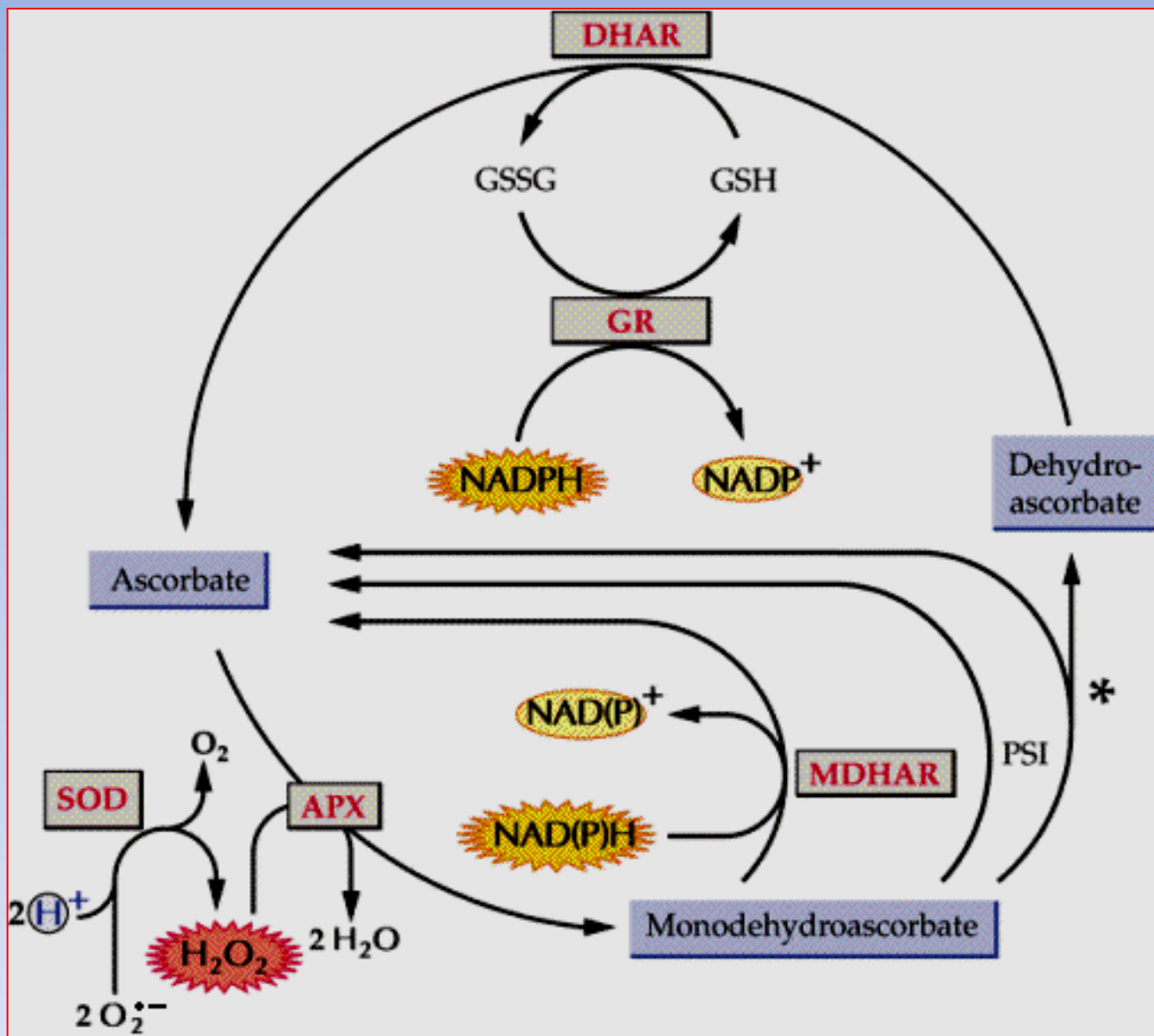


Figure 20.24
The ascorbate-glutathione redox cycle in senescence.

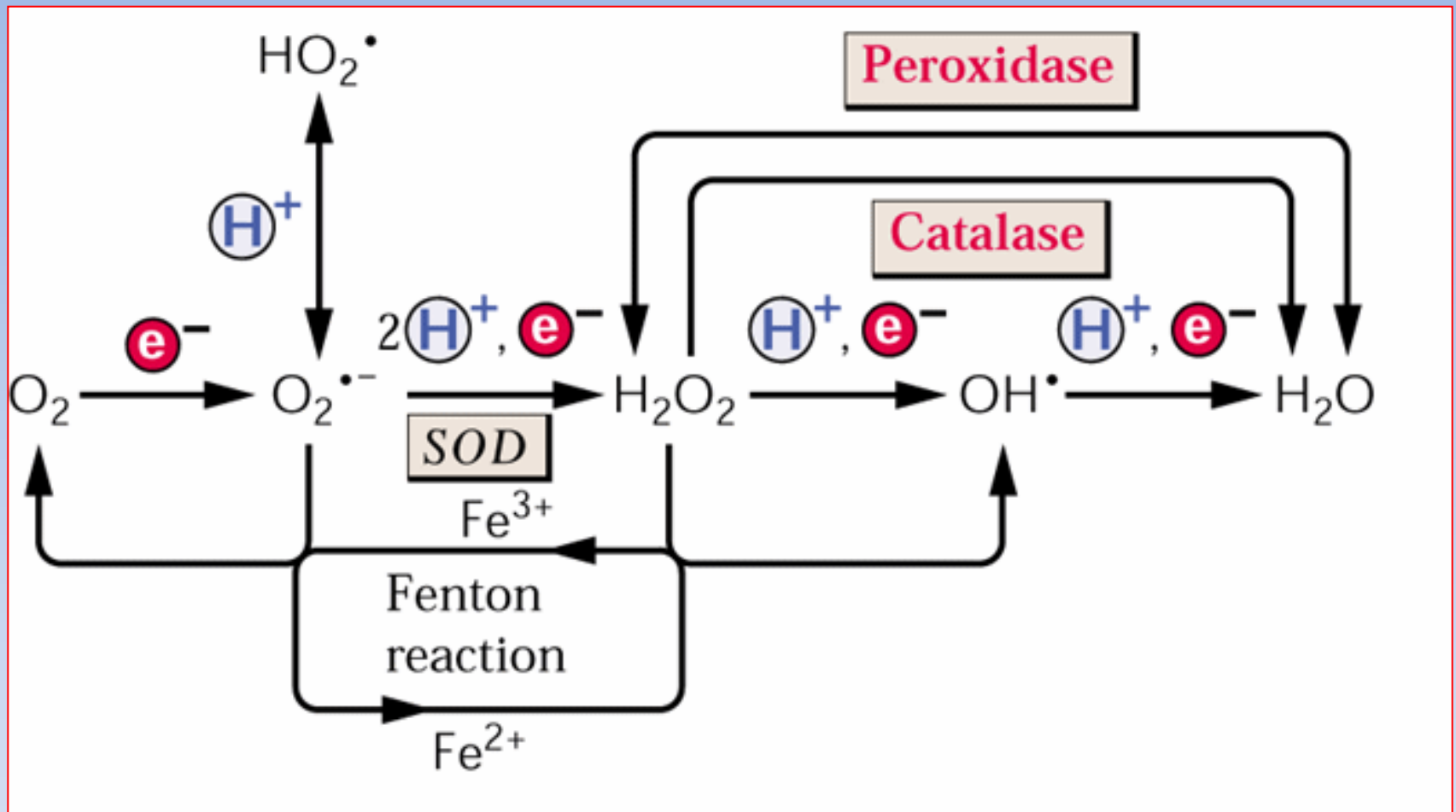


Figure 20.54

Scheme showing the interconversions of reactive oxygen species that can occur within cells.

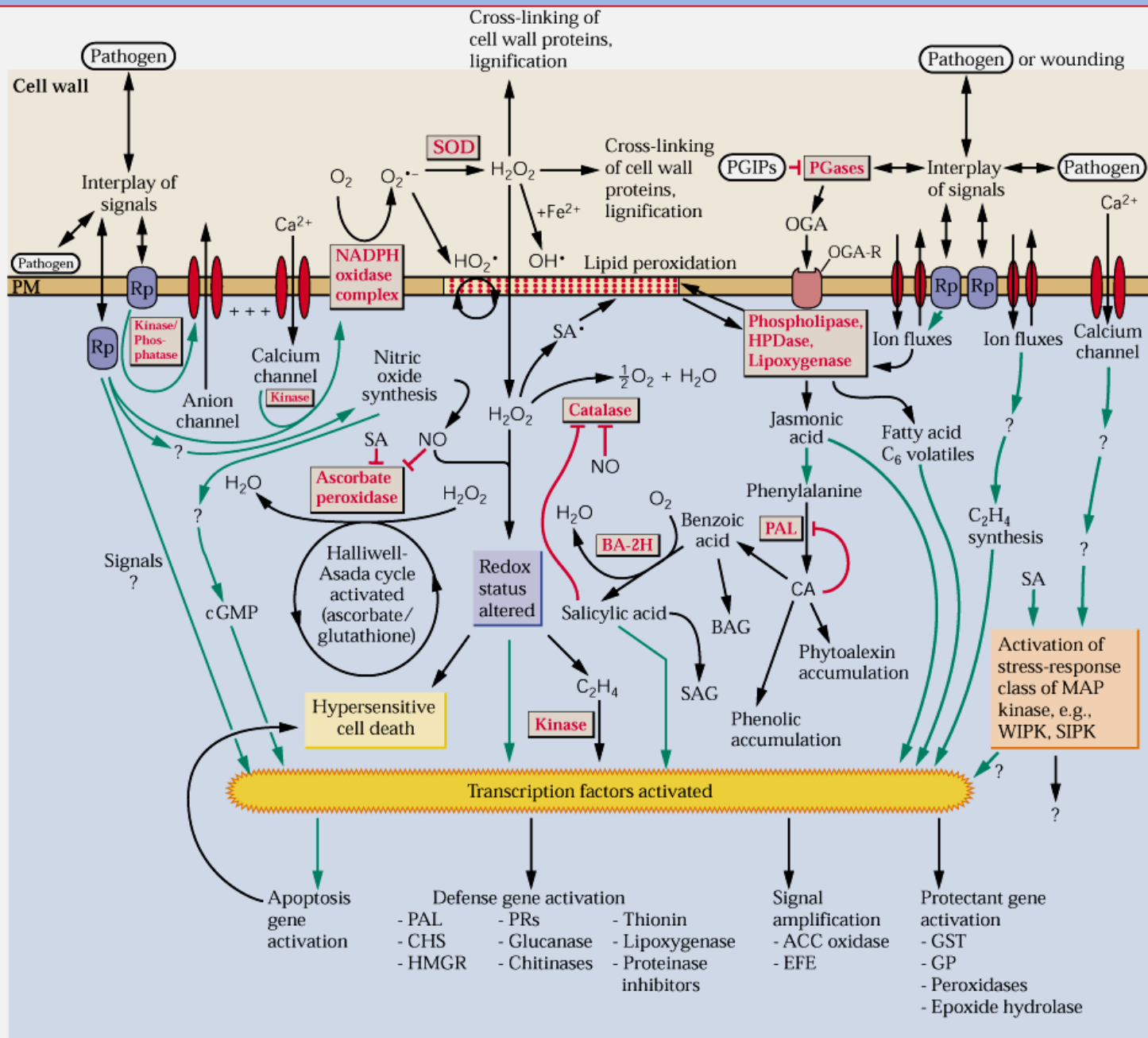


Figure 21.46
 Overview of signal transduction pathways activating and coordinating plant defense responses.