

¿QUÉ LAS PLANTAS SE DEFENDAN SOLAS!

Los cereales y sus plagas se conocen y conviven **en equilibrio con el ambiente** desde hace 10.000 años

Las plantas que tienen genes de resistencia, producen sustancias que le permiten defenderse solas

Los insectos y hongos se hacen cada vez más resistentes por el uso excesivo y continuo de productos químicos empleados en su control

Por eso nosotros buscamos y seleccionamos esas plantas. **NO SON PLANTAS TRANSGÉNICAS !!!**

En nuestra búsqueda de alimentos más sanos y seguros damos pelea contra:

Trigo vs. Fusarium

(*Fusarium graminearum*)

La harina obtenida a partir de granos dañados contiene toxinas que afectan la salud humana

Trigo y cebada vs. Pulgón verde

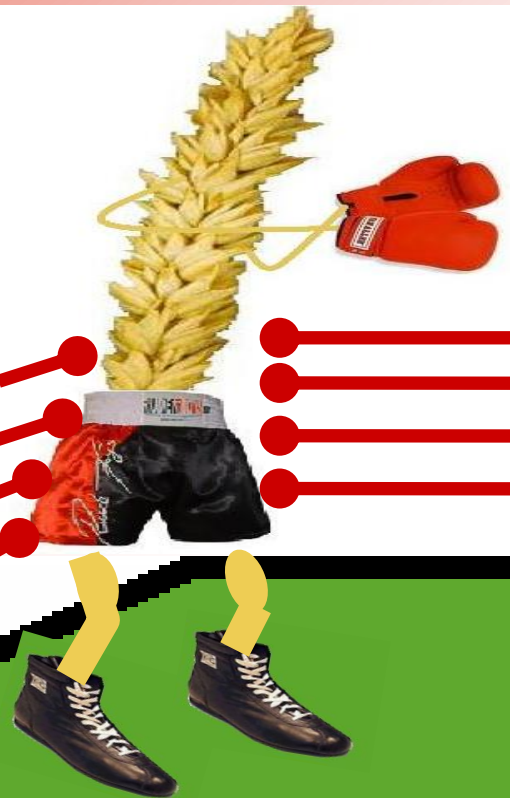
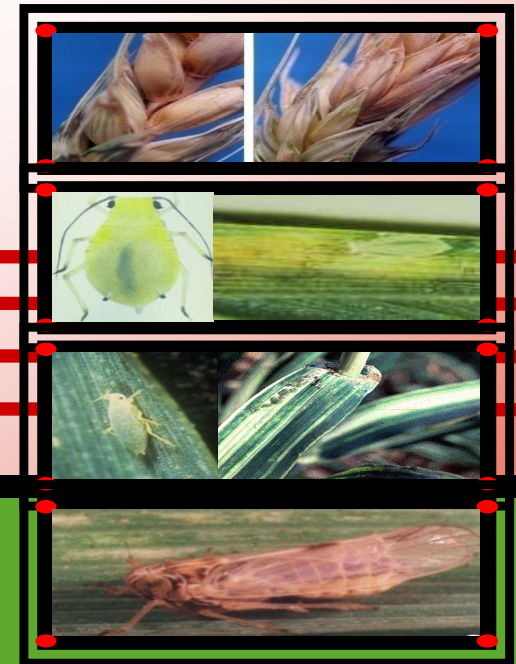
(*Schizaphis graminum*)

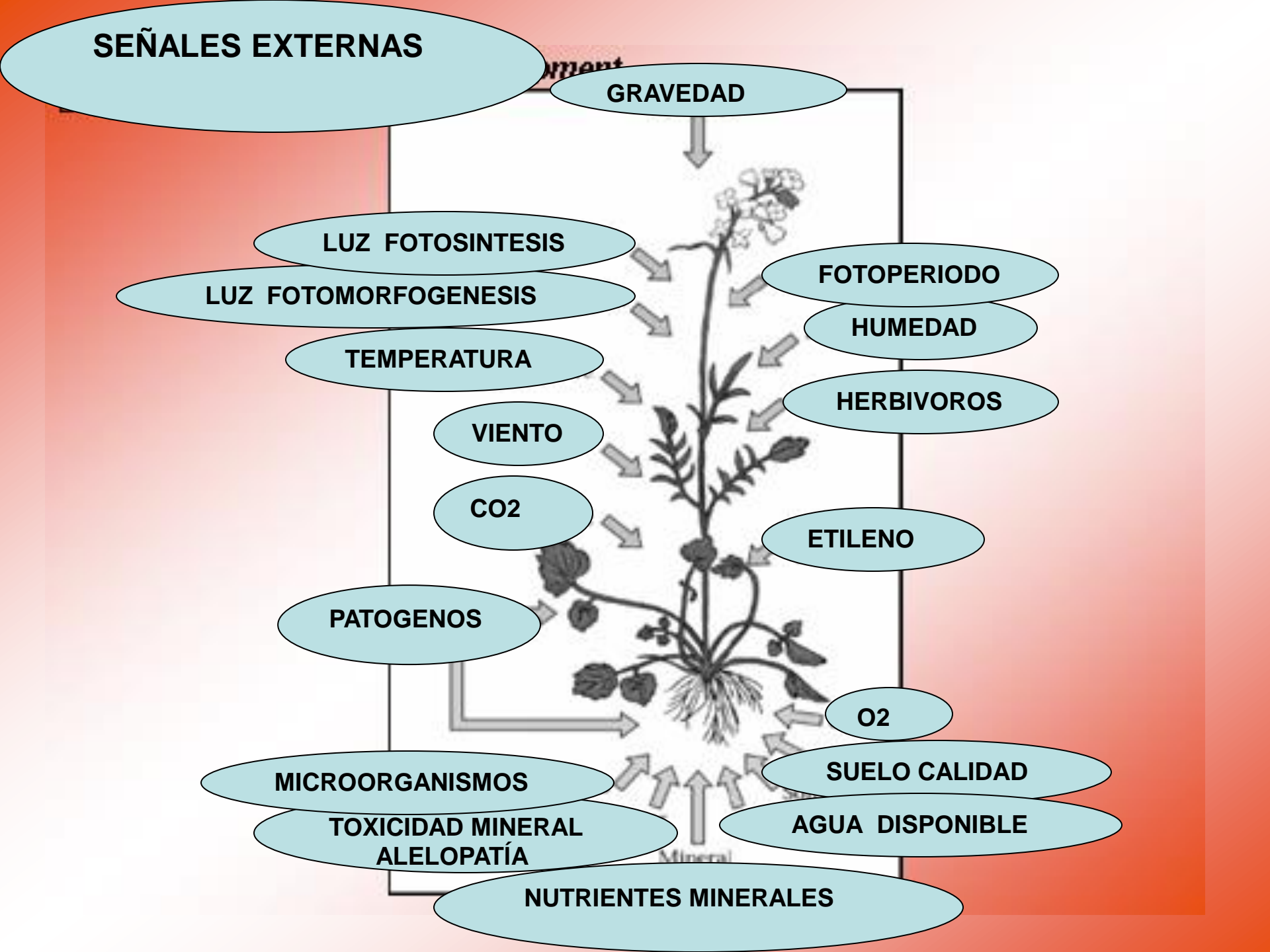
Trigo y cebada vs. Pulgón ruso

(*Diuraphis noxia*)

Trigo vs. Chicharrita

(*Delphacodes kuscheli*)





ESTRÉS en las Plantas

ESTRÉS en las Plantas

- Factor ambiental que produce modificaciones que sobrepasa la homeostasis celular (Salisbury).
- Factor ambiental que reduce un proceso fisiológico en relación al máximo que puede alcanzar la planta. (Lambers 2008).
- Todo factor ambiental que le impide a la planta alcanzar su crecimiento máximo, de acuerdo a su potencial genético. (Taiz y Zeiger 2015).
- Todo factor ambiental que le impide a la planta alcanzar su máxima capacidad reproductiva, de acuerdo a su potencial genético.



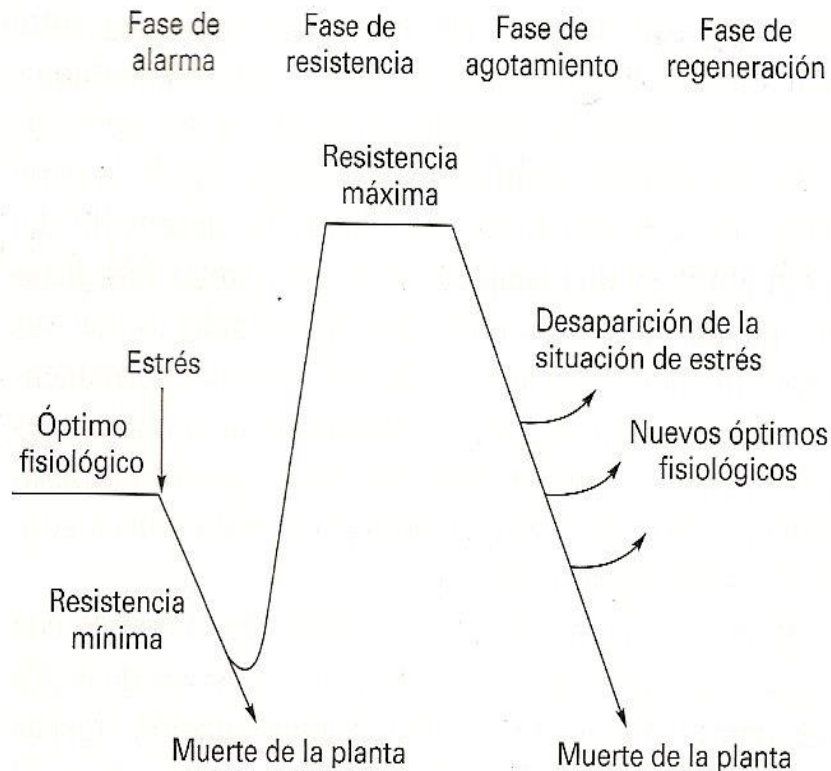


Figura 30-1. Las plantas responden a la aparición de una situación de estrés según un modelo secuencial que comprende cuatro fases. Una vez aparece el estrés, se disparan los mecanismos de adaptación necesarios para hacerle frente. En función de la intensidad y duración de la situación adversa, así como del momento en que desaparece, la planta alcanza un nuevo óptimo fisiológico particular.

Cuadro 30-1. Condiciones o factores estresantes que pueden afectar al crecimiento y desarrollo de las plantas

I. Factores bióticos

- Grandes y pequeños animales
- Otras plantas
- Insectos
- Bacterias, hongos, virus y viroides patógenos
- Nematodos

II. Factores abióticos

- Sequía (estrés hídrico)
 - Exceso de sales en el suelo (estrés salino)
 - Calor, frío y congelación (estrés por temperaturas extremas)
 - Encharcamiento e inundación (estrés por anaerobiosis)
 - SO₂, NO_x, CFC
 - O₃
 - Herbicidas
 - Metales
- } (estrés por contaminantes medioambientales)
- Deficiencia en elementos minerales (estrés nutricional)
 - Viento, suelo compacto, etc. (estrés mecánico)
 - Lesiones o heridas

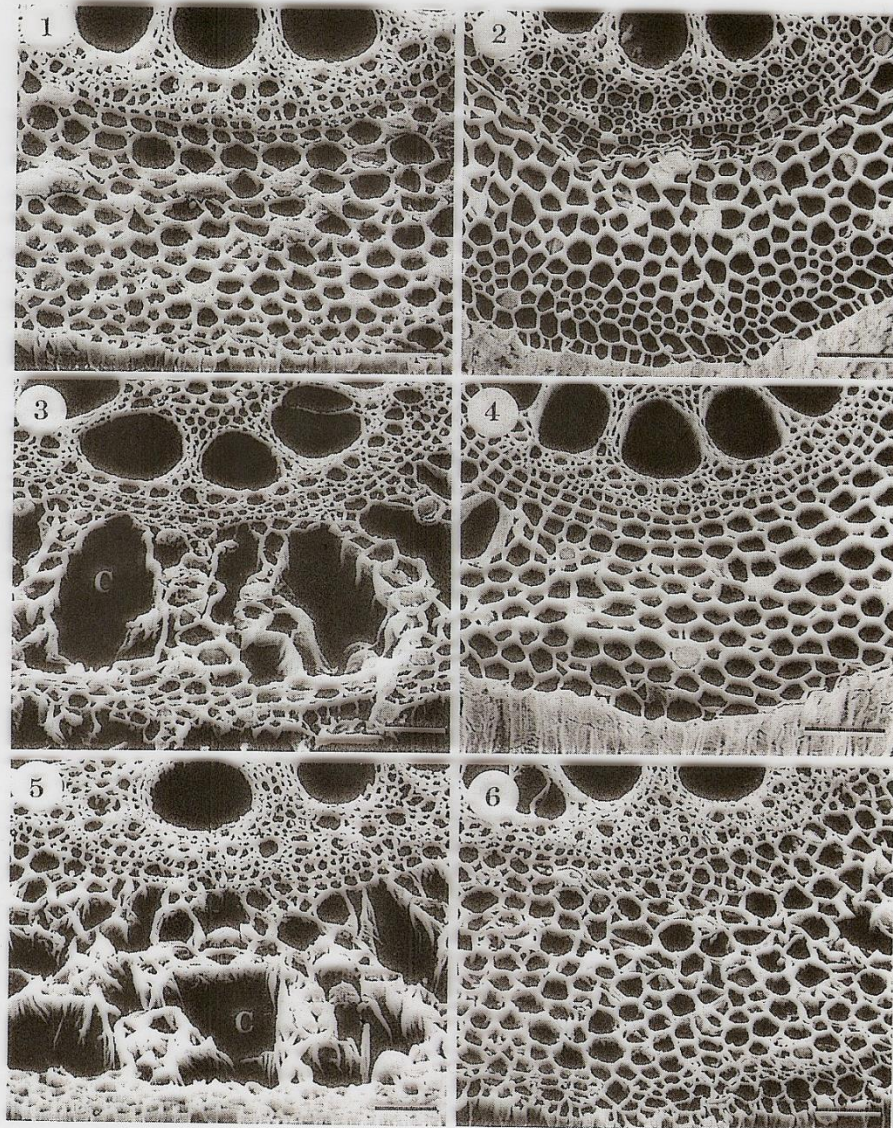


Figure 4.16. Scanning electron micrographs of transverse sections of second whorl adventitious roots of corn. Sections were prepared from root zone of approximately the same age, 4 to 5 days. ($\times 58$). Bar = 50 μm . 1, Control grown in aerated solution; 2, root grown in 0.6 μM Ag(I); 3, root treated with 5 $\mu\text{l/liter}$ ethylene; 4, 5 $\mu\text{l/liter}$ ethylene plus 0.6 mM Ag(I); 5, root from nonaerated solution; 6, nonaerated solution plus 0.6 μM Ag(I); C, cortical gas space. Courtesy of DRE81217.

Todas las condiciones de Estrés:

Modifican el patrón de crecimiento de las plantas.

Estimulan la Senescencia y la Abscisión de los órganos deteriorados.

Alteran el funcionamiento de las rutas metabólicas para la producción de energía.

Activan la degradación de las proteínas desnaturalizadas (ubiquitina).

Refuerzan los mecanismos de eliminación de las Especies Activadas del Oxígeno (radicales libres), que son tóxicas para las células.

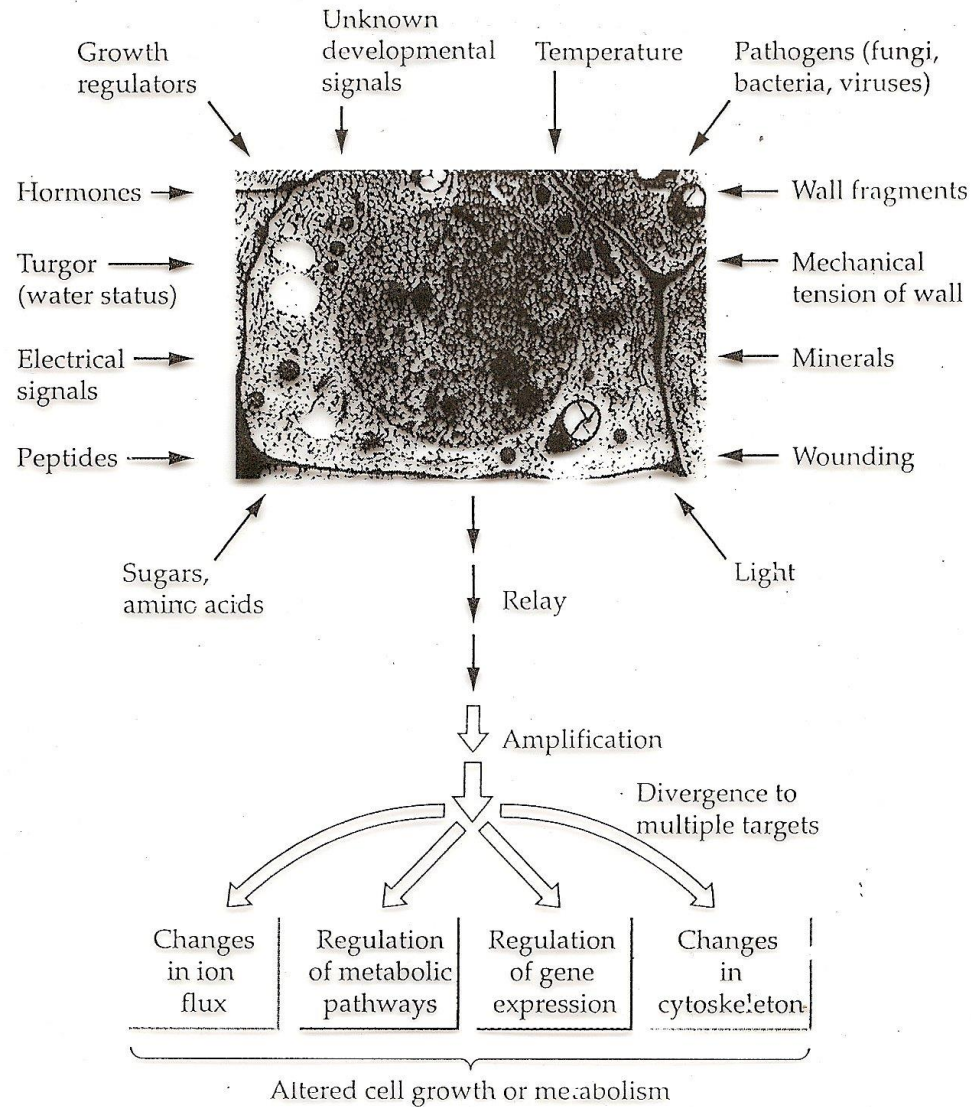
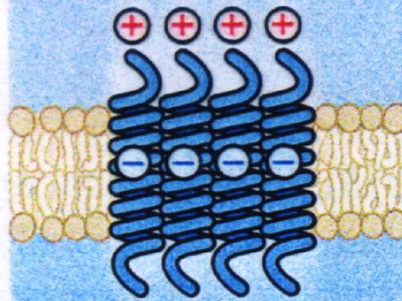


Figure 18.2

A variety of internal signals modify plant cell metabolism, growth, and development. The ability of cells to respond to these signals is not confined to cells that are still growing and developing. Mature cells, too, can initiate metabolic responses and can even reinitiate growth and division in response to signal information.

Cytosol

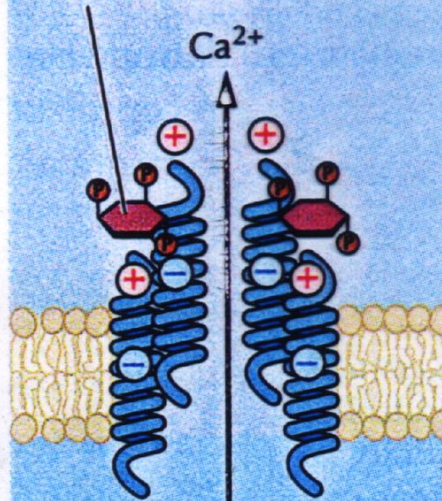


Ca^{2+}

Ca^{2+}

Vacuole

Inositol 1,4,5-triphosphate



Ca^{2+}

Ca^{2+}

Ca^{2+}

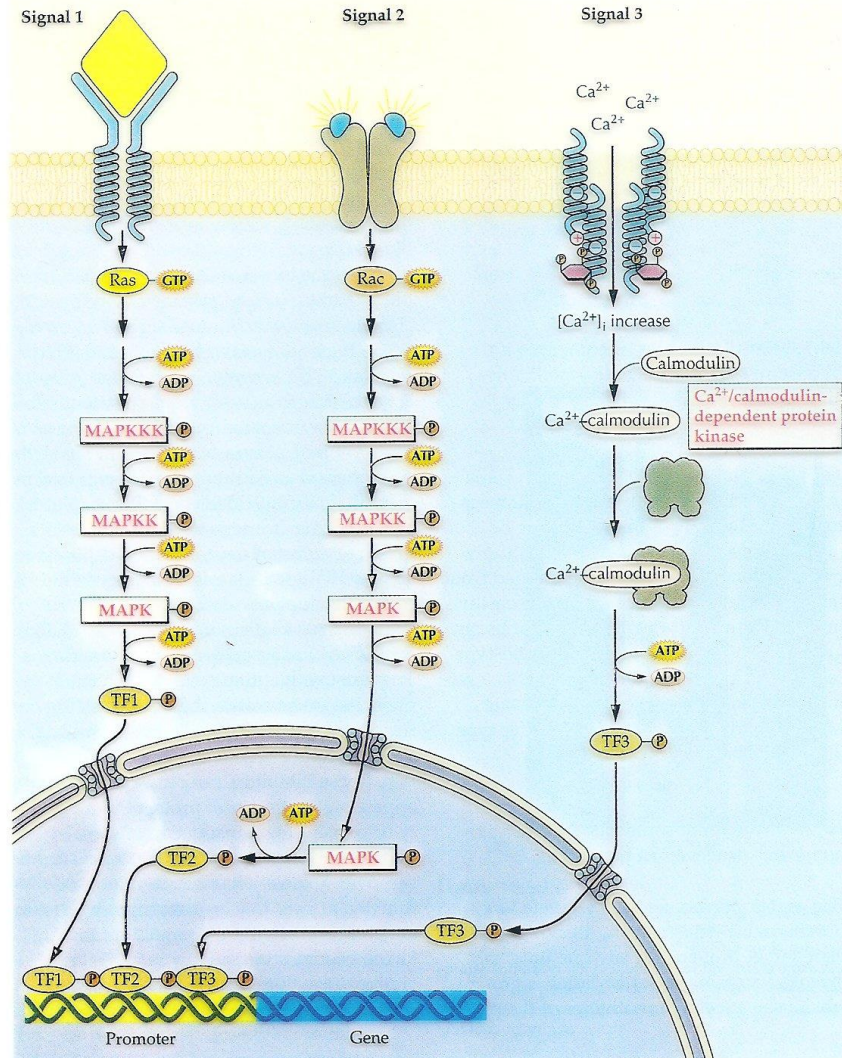


Figure 18.63

Many signals are transduced by protein kinase cascades that regulate gene expression. One such transduction sequence is believed to underlie regulation of gene expression involving a small GTPase (Ras- or Rac-like protein) and mitogen-activated protein kinase (MAPK) cascade leading to transcription factor phosphorylation. Transduction chains from different signals using a MAPK cascade (e.g., signals 1 and 2) or through alteration of $[Ca^{2+}]_i$ (e.g., signal 3) can all affect the phosphorylation of different transcription factors (TFs). The TFs may move through the nuclear membrane when they are phosphorylated (signals 1 and 3); alternatively, MAPK may move into the nucleus after phosphorylation by MAPKK (signal 2).

The RAN1 protein is required to assemble the copper cofactor into the ethylene receptor.

In the absence of ethylene, ETR1 and the other ethylene receptors activate the kinase activity of CTR1. This leads to a repression of the ethylene response pathway, possibly through a MAP kinase cascade. The binding of ethylene to the ETR1 dimer results in its inactivation, which causes CTR1 to become inactive.

The inactivation of CTR1 allows the transmembrane protein EIN2 to become active.

Activation of EIN2 turns on the EIN3 family of transcription factors, which in turn induce the expression of ERF1. The activation of this transcriptional cascade leads to large-scale changes in gene expression, which ultimately bring about alterations in cell functions.

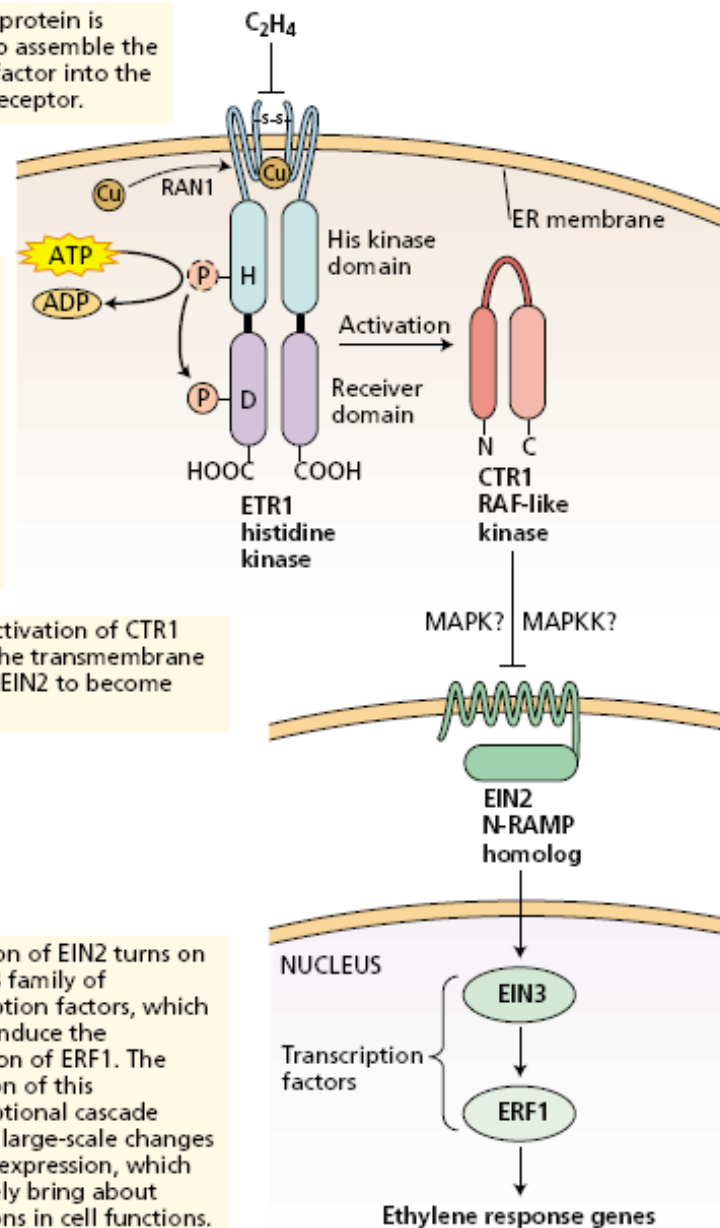


FIGURE 22.16 Model of ethylene signaling in *Arabidopsis*. Ethylene binds to the ETR1 receptor, which is an integral membrane protein of the ER membrane. Multiple isoforms of ethylene receptors may be present in a cell; only ETR1 is shown for simplicity. The receptor is a dimer, held together by disulfide bonds. Ethylene binds within the trans-membrane domain, through a copper co-factor, which is assembled into the ethylene receptors through the RAN1 protein.

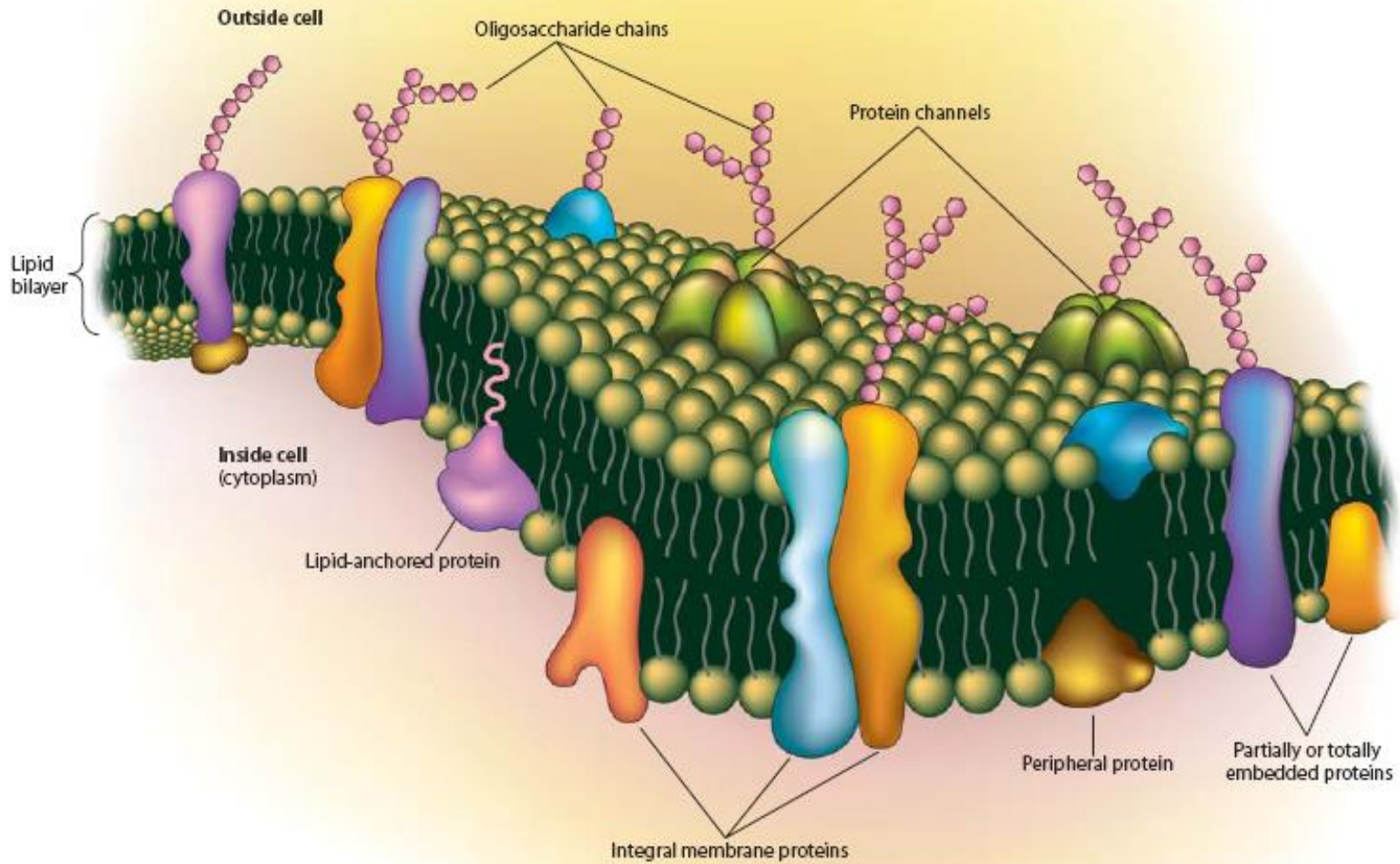
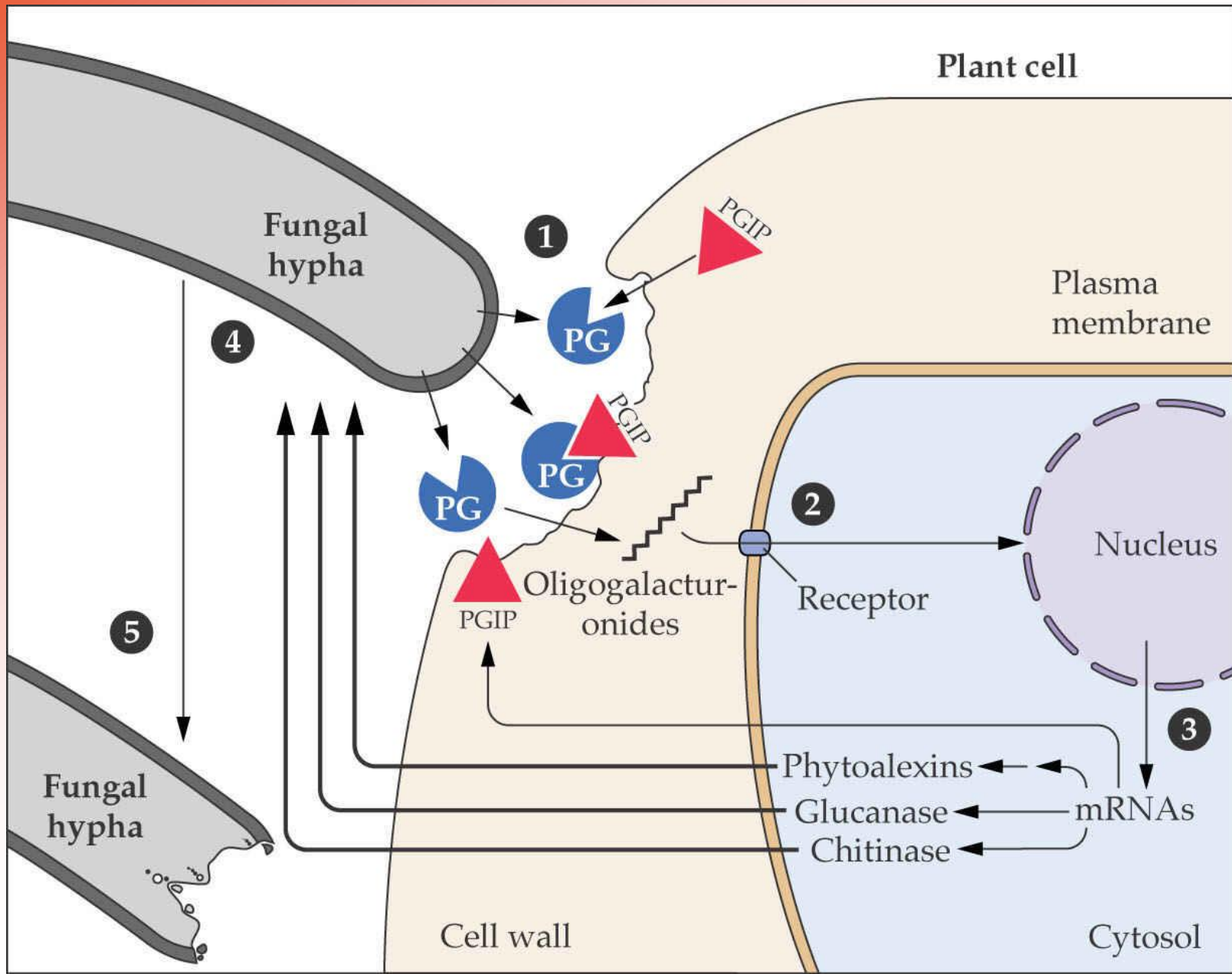
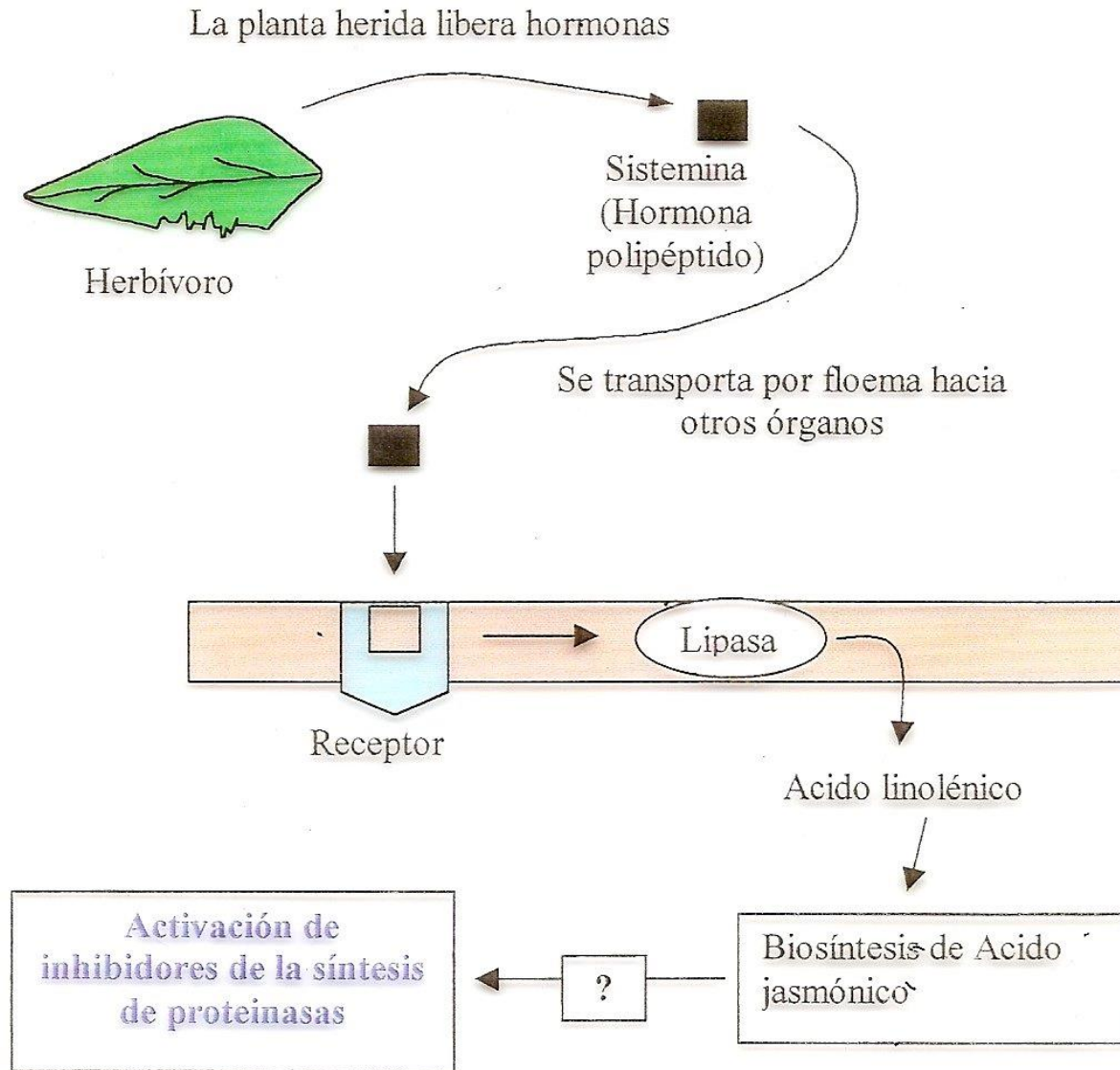


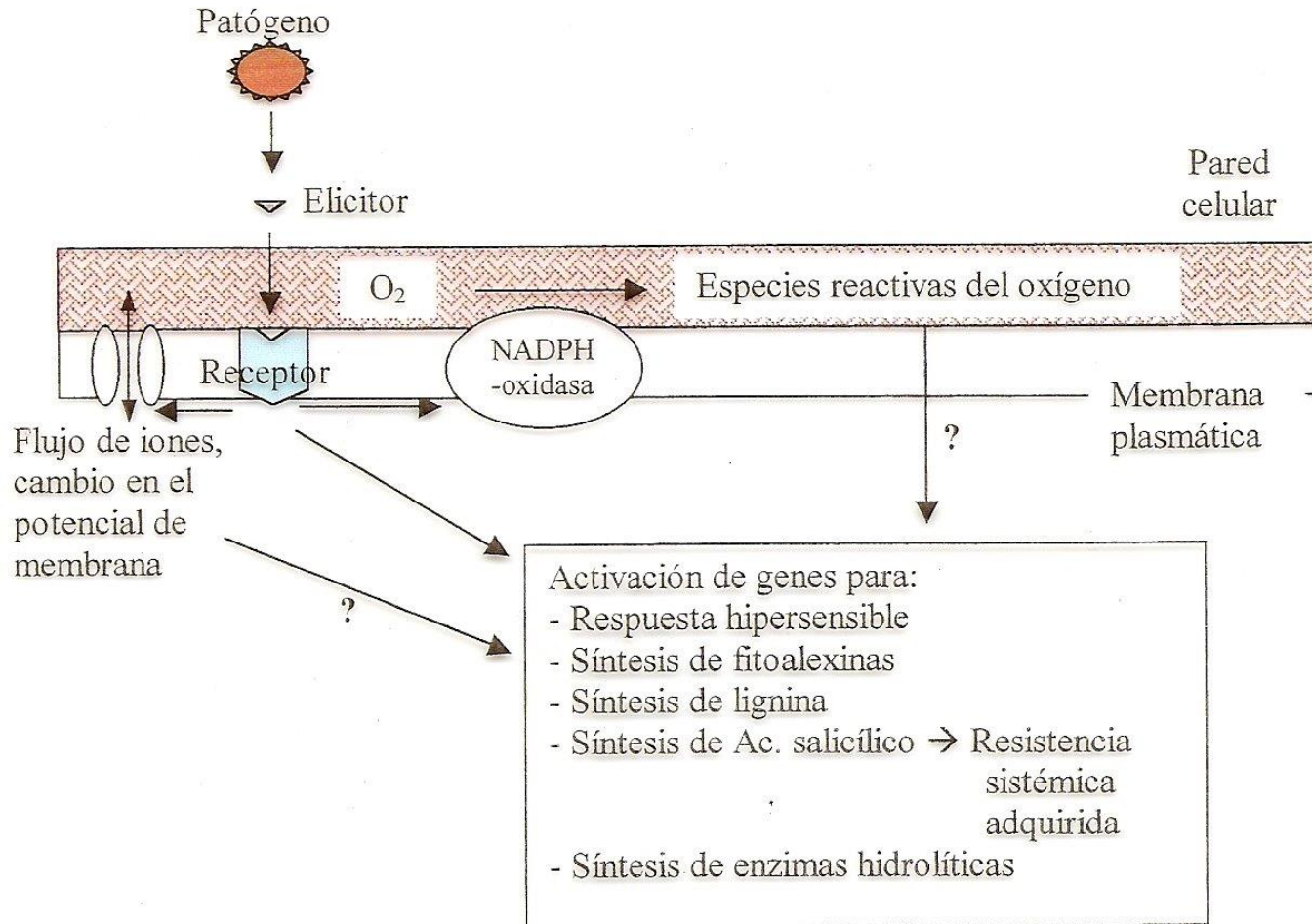
FIGURE 5-2 Schematic representation of a portion of a cell membrane and of the arrangement of protein molecules in relation to the membrane.





Vía de señales propuestas para la rápida inducción de la biosíntesis de un inhibidor de proteinasas en plantas de tomate heridas (Taiz y Zeiger, 2000).

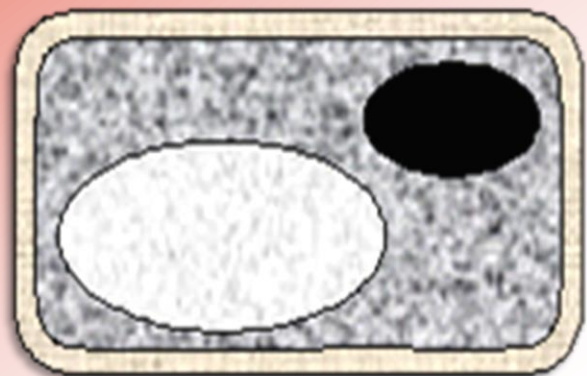
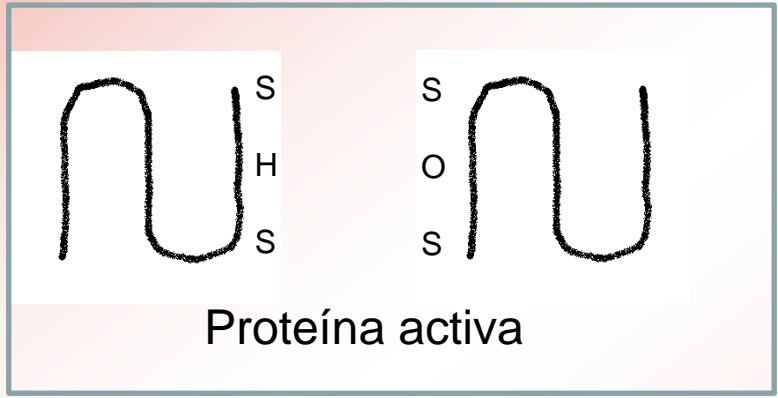
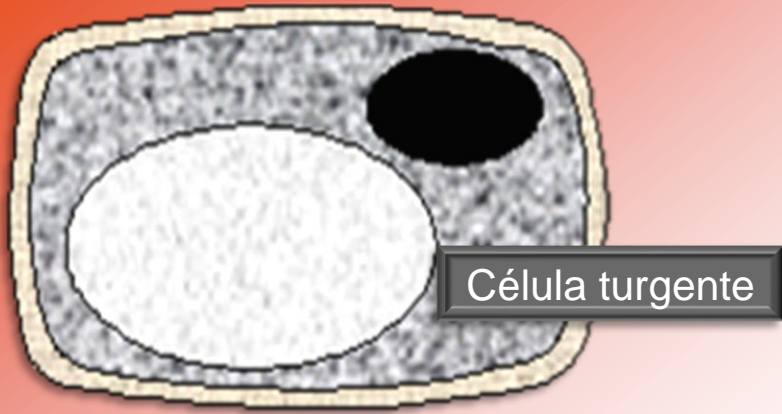
Muchas formas de la defensa a patógenos están inducidas por la infección. Fragmentos de moléculas de los patógenos, llamadas elicitors, inician un complejo camino de señales permitiendo la activación de respuestas defensivas (Taiz y Zeiger, 2000).



.-El estrés por temperaturas extremas induce la deshidratación celular y, por tanto, el estrés hídrico.

.-Cuales son las funciones de los compuestos osmoprotectores.

.-Por que es importante la proteólisis para la resistencia de las plantas al estrés?



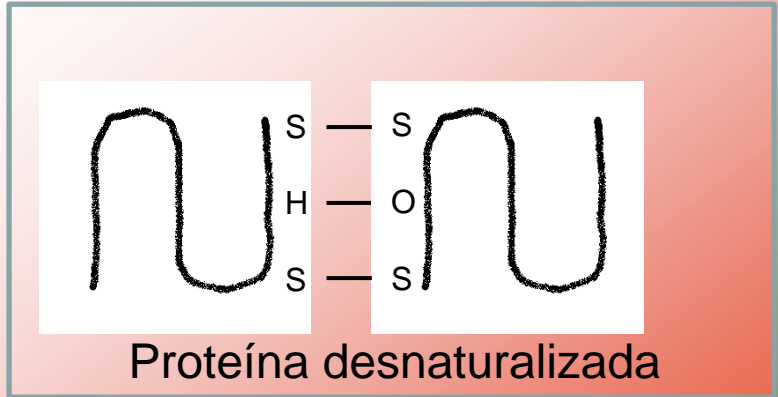
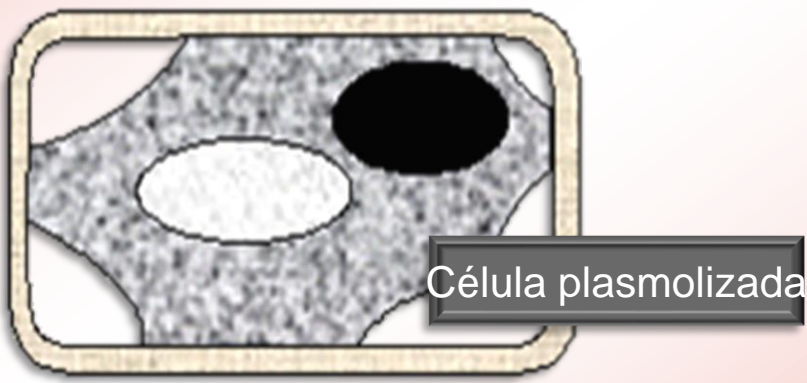
MPa

$$\Psi_{sol} = \Psi_c = \Psi_s + \Psi_p$$

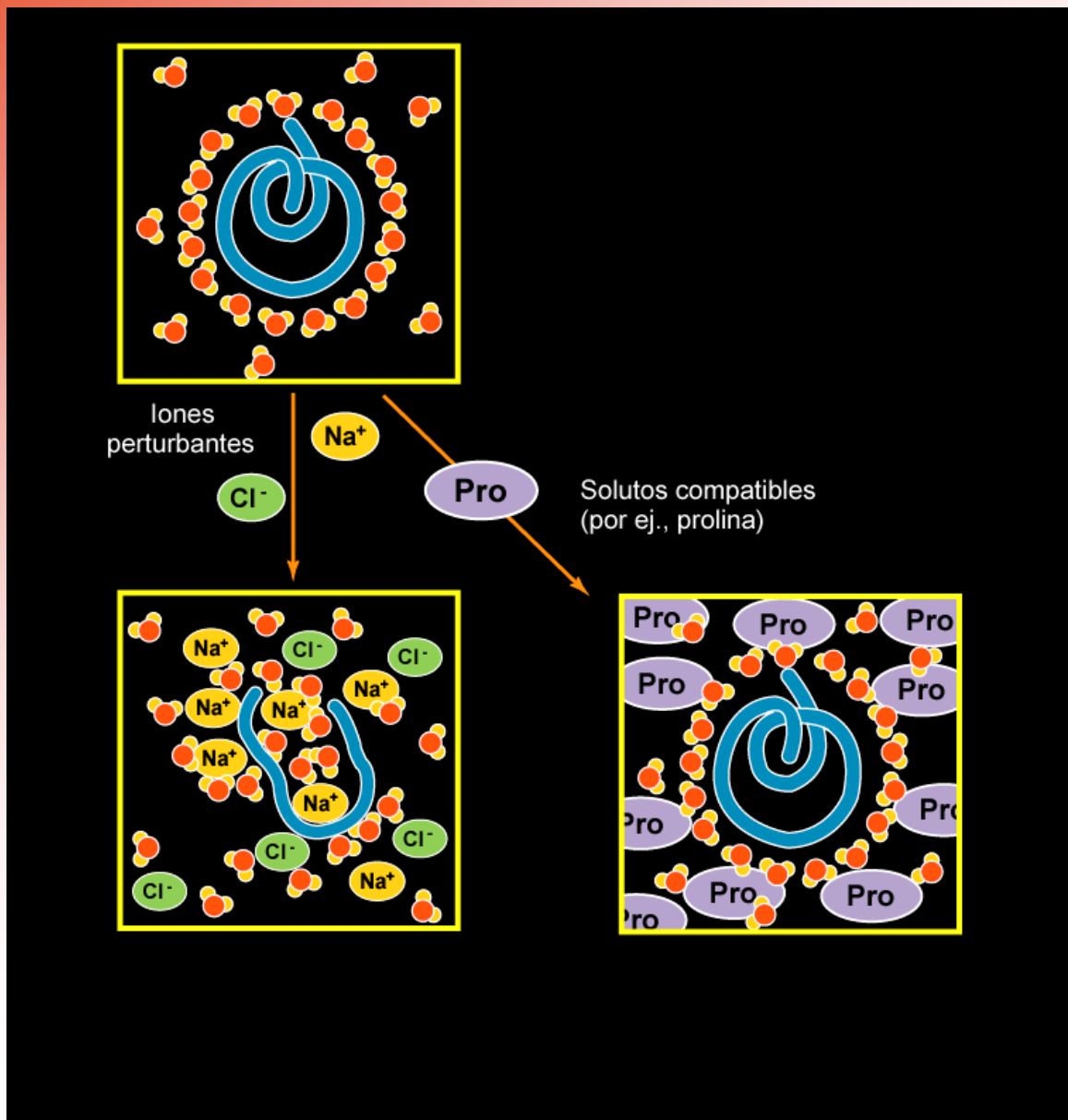
$$0,0 = 0 = -1,4 + 1,4$$

$$-0,5 = -0,5 = -1,5 + 1,0$$

$$-2,5 = -2,5 = -2,5 + 0,0$$

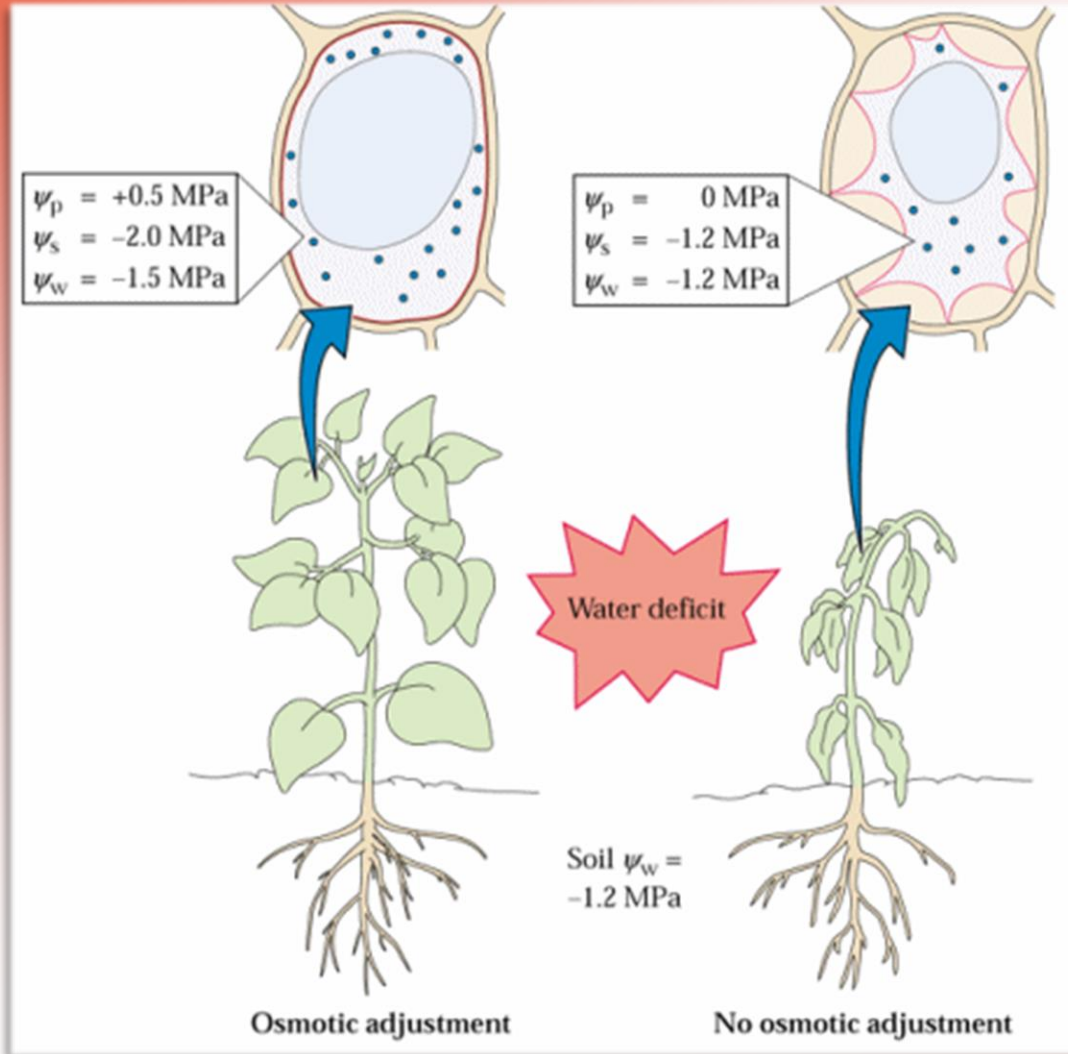


Los solutos compatibles preservan la capa de hidratación de las macromoléculas



La capa de hidratación de las macromoléculas no es perturbada por los solutos compatibles. Son protectores de coloides o micelas.

AJUSTE OSMOTICO

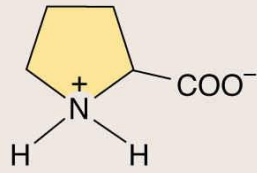


- 1) Qué significa este concepto?
- 2) Qué ventaja posee una planta que puede desarrollar este mecanismo?
- 3) Qué tipo de compuestos se acumulan?

- No tienen carga neta a pH fisiológico.
- No son tóxicos a altas concentraciones.
- Se acumulan en el citoplasma, altamente solubles.

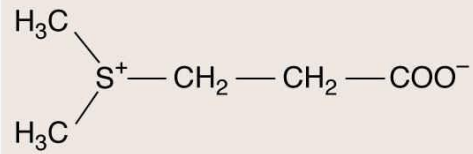
Compatible osmolytes

Amino acid:



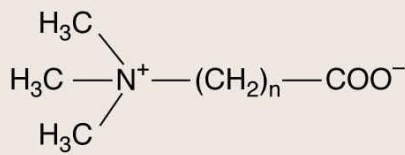
Proline

Tertiary sulfonium compound:



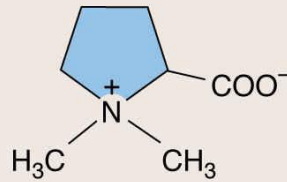
Dimethylsulfoniopropionate

Quaternary ammonium compounds:

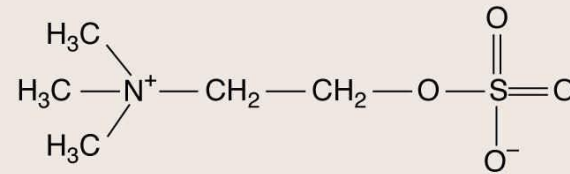


$n = 1$, Glycine betaine

$n = 2$, β -Alanine betaine

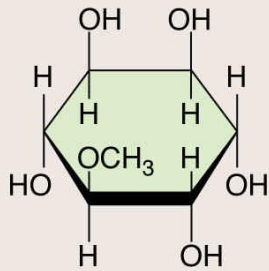


Proline betaine

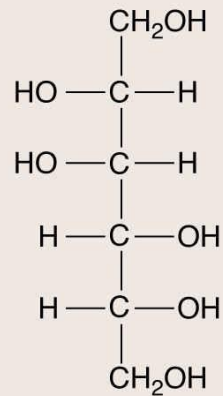


Choline-O-sulfate

Polyhydric alcohols:



Pinitol

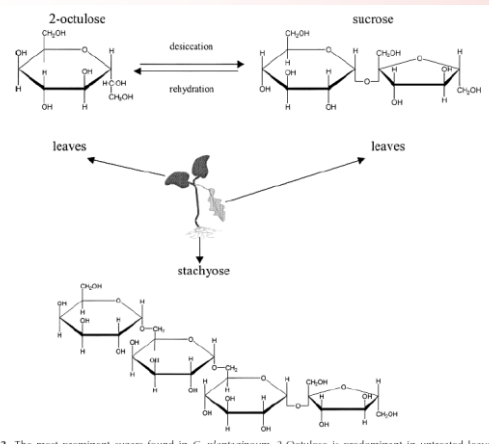


Mannitol

Craterostigma plantagineum es una planta modelo para el estudio de la deshidratación



Los dos azúcares más prominentes hallados en *C. Plantagineum* son 2-octulosa y estaquiosa. 2-octulosa predomina en las hojas y es convertido en sacarosa durante la deshidratación. Estaquiosa predomina en las raíces, tanto en condiciones normales como bajo deshidratación



Arriba: *Craterostigma plantagineum* (“Planta de la Resurrección”).

Abajo: efecto de la deshidratación. Planta totalmente túrgida (izquierda); planta deshidratada (centro); planta hidratada por 12 h (derecha).

.-El estrés por temperaturas extremas induce la deshidratación celular y, por tanto, el estrés hídrico.

Altas y bajas 10-0°C -0°C

.-Cuales son las funciones de los compuestos osmoprotectores.

Estrés déficit hídrico, salino, congelación y protector de coloides y membranas

.-Por que es importante la proteólisis para la resistencia de las plantas al estrés?

Ubiquitina

Cuadro 4-1. Sensibilidad a los déficit hídricos de procesos o parámetros vegetales (adaptado de Azcón-Bieto y Talón, 1993)

	Sensibilidad al estrés			
	Muy sensible	Relativamente insensible		
	Ψ del tejido que afecta al proceso			
Proceso o parámetro afectado	0 MPa	-1.0 MPa	-2.0 MPa	Observaciones
Crecimiento celular (-)	-----			Tejido en crecimiento rápido
Síntesis de pared (-)	---			Tejido en crecimiento rápido
Síntesis de proteínas (-)	---			Hojas ahiladas
Formación de protoclorofila (-)	---			
Nivel de nitrato reductasa (-)	---			
Acumulación de ABA (+)	- - - - -			
Nivel de citoquininas (-)	-----			
Abertura estomática (-)	- - - - -			Depende de la especie
Asimilación de CO ₂ (-)	- - - - -			Depende de la especie
Respiración (-)	- - - - -			
Acumulación de prolina (+)	- - - - -			
Acumulación de azúcares (+)		---		

^a La longitud de las líneas horizontales representa el margen de niveles de estrés en el cual un proceso empieza a afectarse. Las líneas discontinuas significan deducciones basadas en datos más imprecisos.

Los signos (+) o (-) indican aumento o disminución en el parámetro o proceso.

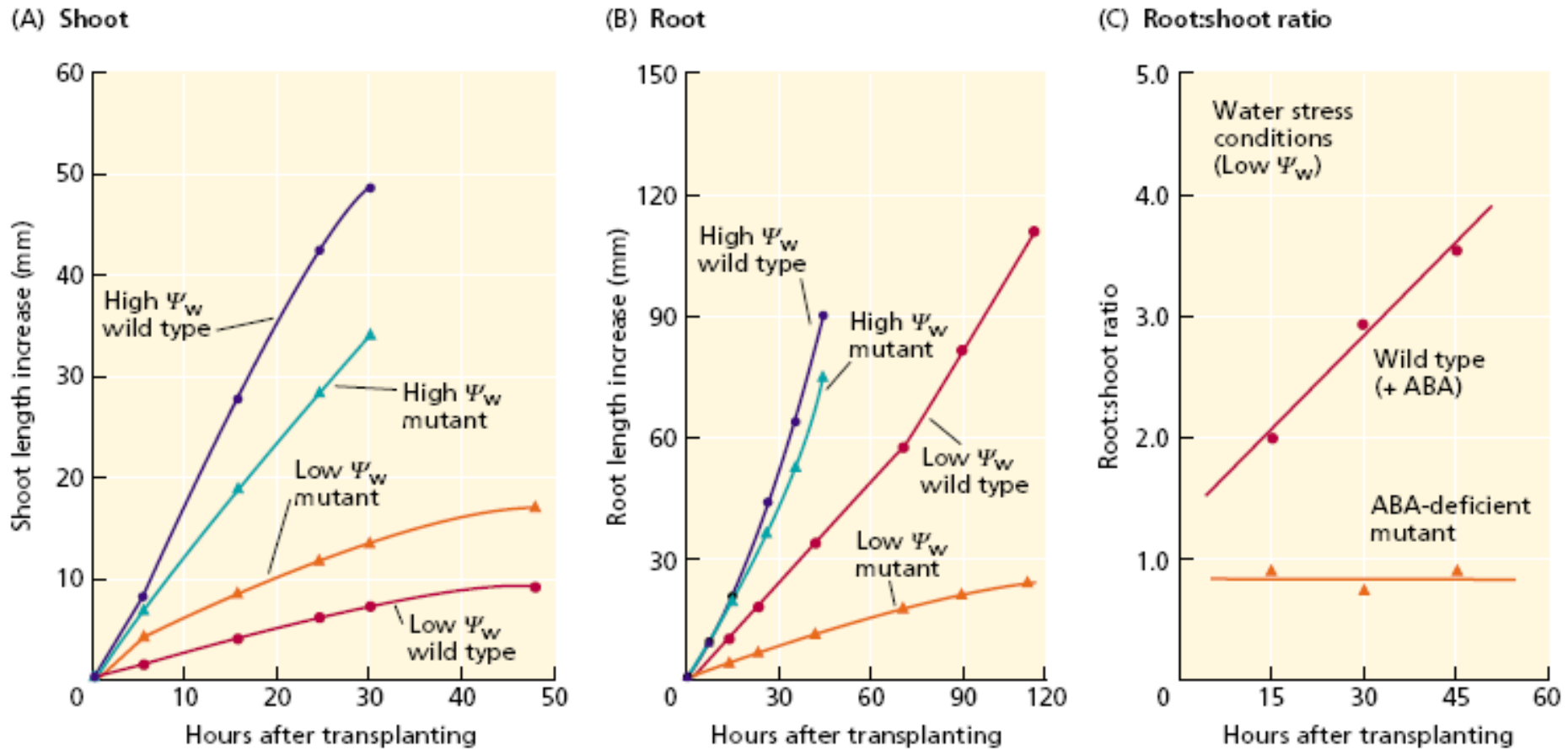


FIGURE 23.6 Comparison of the growth of the shoots (A) and roots (B) of normal versus ABA-deficient (viviparous) maize plants growing in vermiculite maintained either at high water potential (-0.03 MPa) or at low water potential (-0.3 MPa in A and -1.6 MPa in B). Water stress (low water potential) depresses the growth of both shoots and roots

compared to the controls. (C) Note that under water stress conditions (low Ψ_w), the ratio of root growth to shoot growth is much higher when ABA is present (i.e., in the wild type) than when it is absent (in the mutant). (From Saab et al. 1990.)

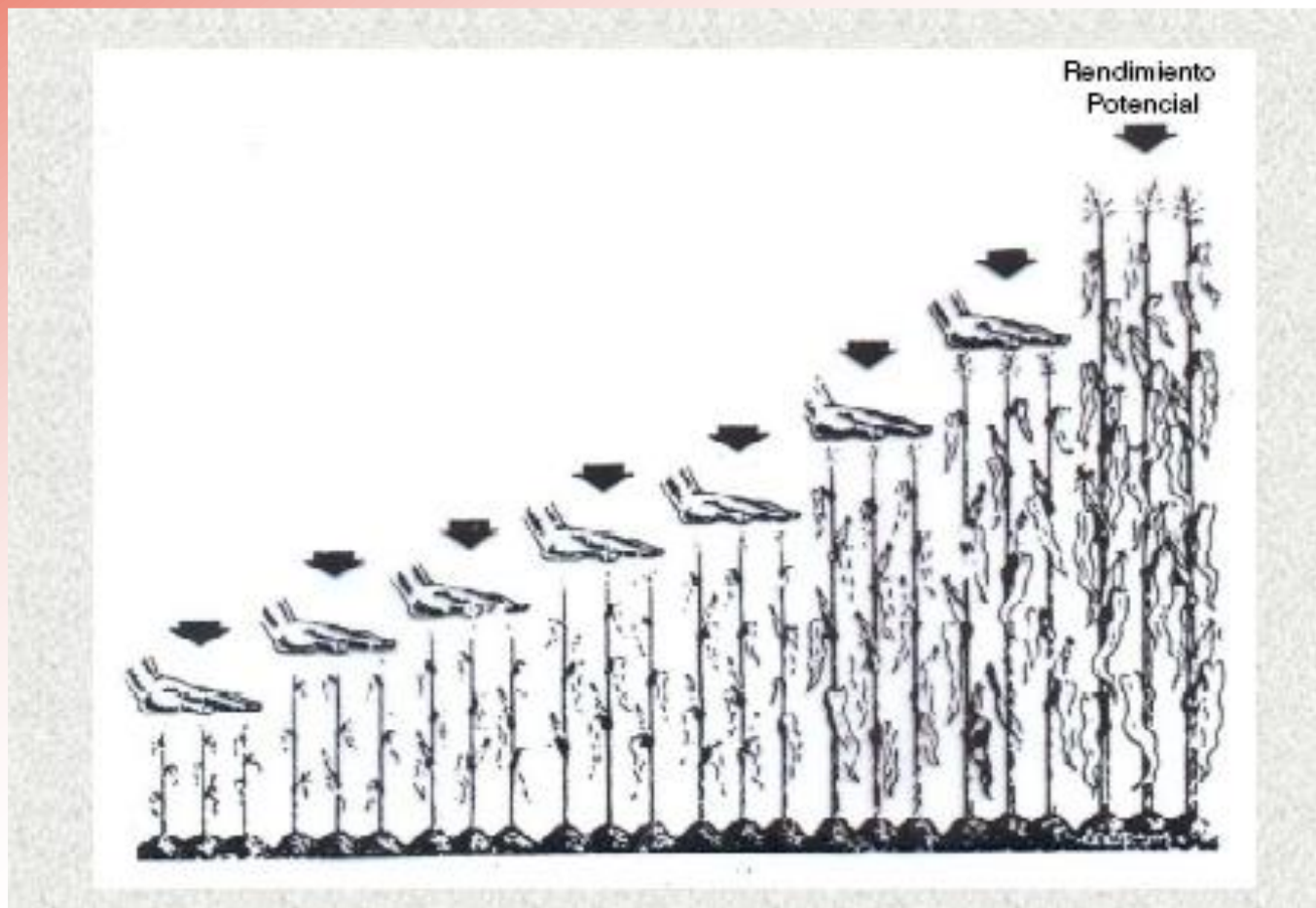
Rendimientos y pérdidas promedio de los principales cultivos

Cultivo	Rendimiento máximo (Kg/Ha)	Rendimiento promedio (Kg/Ha)	Pérdidas promedio (Kg/Ha)		Pérdidas abióticas (% rend. max.)
			Bióticas ^a	Abióticas ^b	
Maíz	19.300	4.600	1.952	12.700	65,8
Trigo	14.500	1.880	726	11.900	82,1
Soja	7.390	1.610	666	5.120	69,3
Sorgo	20.100	2.830	1.051	16.200	80,6
Avena	10.600	1.720	924	7.960	75,1
Cebada	11.400	2.050	765	8.590	75,4
Papa	94.100	28.300	17.775	50.900	54,1
Remolacha	121.000	42.600	17.100	61.300	50,7

Adaptado de: Buchanan, Gruissem and Jones. Biochemistry and Molecular Biology of Plants, 2000.

^a Los estreses bióticos incluyen enfermedades, insectos y malezas.

^b Los factores abióticos ambientales incluyen, pero no se limitan a, sequía, salinidad, inundación, y altas y bajas temperaturas.



1. Características que permiten eludir la sequía

Apropiado desarrollo fenológico

2. Características que otorgan tolerancia a la sequía

a) Por mantenimiento de un alto tenor de agua en los tejidos

i) Reducción en la pérdida de agua

Alta resistencia foliar (cierre estomático) y cuticular

Reducción en la carga de radiación

Baja área foliar

ii) Mantenimiento de la absorción de agua

Raíces profundas

Alta densidad radical

b) Otorgan tolerancia a bajos contenidos hídricos en los tejidos

i) Por mantenimiento del potencial de turgencia

Ajuste osmótico (azúcares, prolina, betaína)

Alta elasticidad de la pared celular

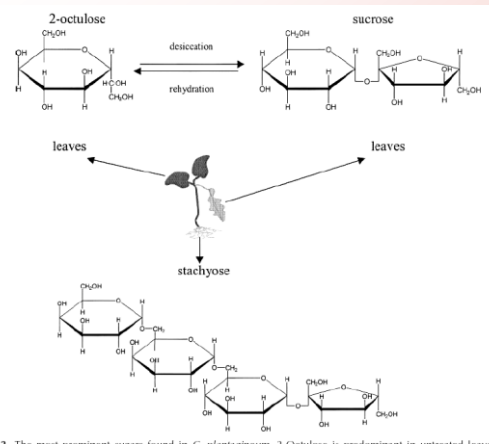
ii) Otorgan tolerancia a la deshidratación o a la desecación

Protoplasma resistente a la desecación

Craterostigma plantagineum es una planta modelo para el estudio de la deshidratación



Los dos azúcares más prominentes hallados en *C. Plantagineum* son 2-octulosa y estaquiosa. 2-octulosa predomina en las hojas y es convertido en sacarosa durante la deshidratación. Estaquiosa predomina en las raíces, tanto en condiciones normales como bajo deshidratación



Arriba: *Craterostigma plantagineum* (“Planta de la Resurrección”).

Abajo: efecto de la deshidratación. Planta totalmente túrgida (izquierda); planta deshidratada (centro); planta hidratada por 12 h (derecha).

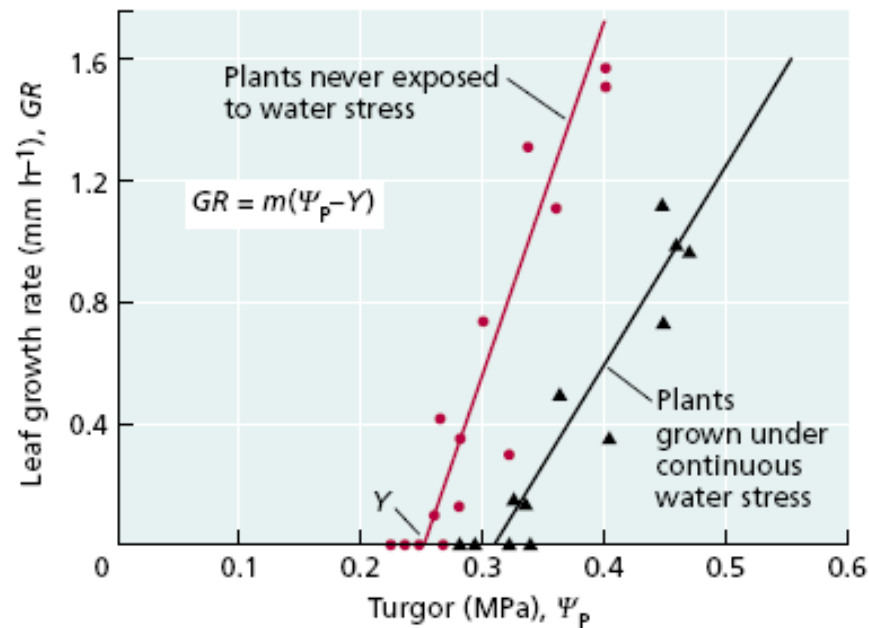


FIGURE 25.1 Dependence of leaf expansion on leaf turgor. Sunflower (*Helianthus annuus*) plants were grown either with ample water or with limited soil water to produce mild water stress. After rewatering, plants of both treatment groups were stressed by the withholding of water, and leaf growth rates (GR) and turgor (Ψ_p) were periodically measured. Both decreased extensibility (m) and increased threshold turgor for growth (Y) limit the leaf's capacity to grow after exposure to stress. (After Matthews et al. 1984.)

(A) Well-watered



(B) Mild water stress



(C) Severe water stress



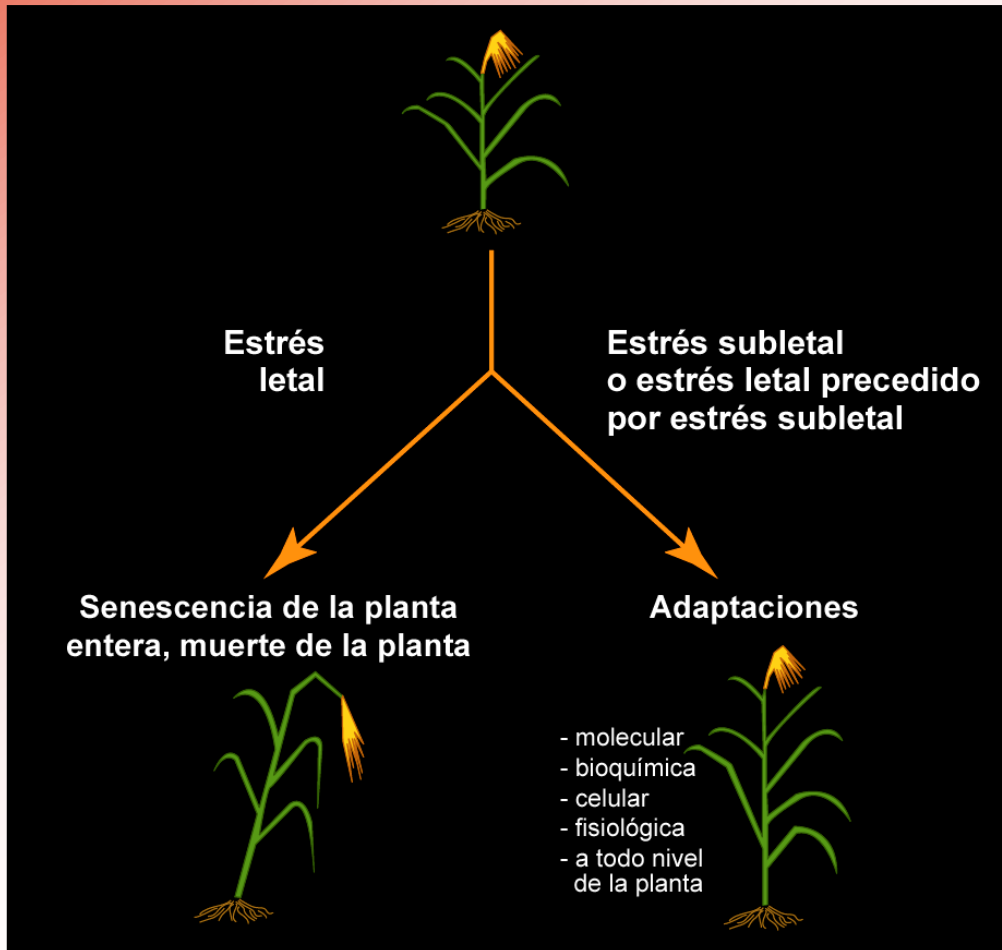
Respuesta de las plantas a niveles letales o subletales de estrés

En un ambiente desfavorable, una planta podría enfrentar las siguientes situaciones:

Estrés letal donde la planta puede finalmente morir debido al incremento de los procesos de senescencia.

Estrés subletal o estrés letal precedido por un estrés subletal durante el cual pueden producirse cambios adaptativos que permiten la supervivencia de la planta.

Estas adaptaciones pueden ocurrir a nivel molecular, (cambios en la expresión de genes, síntesis de proteínas de estrés, etc.) y a nivel bioquímico (cambios celulares y fisiológicos).



Respuesta de las plantas a niveles letales o subletales de estrés

- A nivel de toda la planta:
 - - **Reducciones en la germinación de las semillas**
 - - **Reducciones en el establecimiento de las plántulas**
 - - **Pobre vigor de los brotes**
 - - **Decrecimiento en el largo de las raíces**
 - - **Enrollamiento y senescencia de las hojas**
 - - **Disminución de la tasa fotosintética**
 - - **Reducción en la viabilidad del polen**
 - - **Reducción y llenado incompleto de los granos**
- A nivel celular o subcelular:
 - - **Niveles incrementados de diferentes osmolitos**
 - - **Represión general de la biosíntesis de proteínas**
 - - **Cambios selectivos en los niveles de K^+/Na^+**
 - - **Incremento en la insaturación de los lípidos de membrana**
 - - **Regulación positiva de la glucólisis y enzimas requeridas para la fermentación alcohólica**

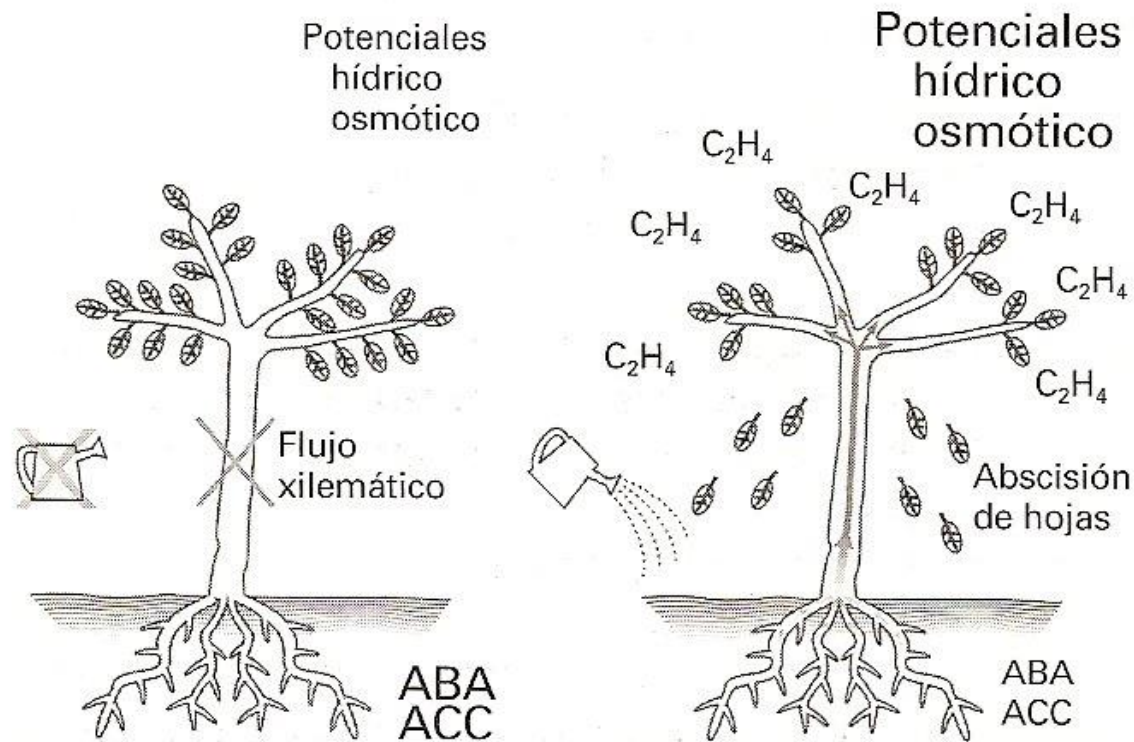
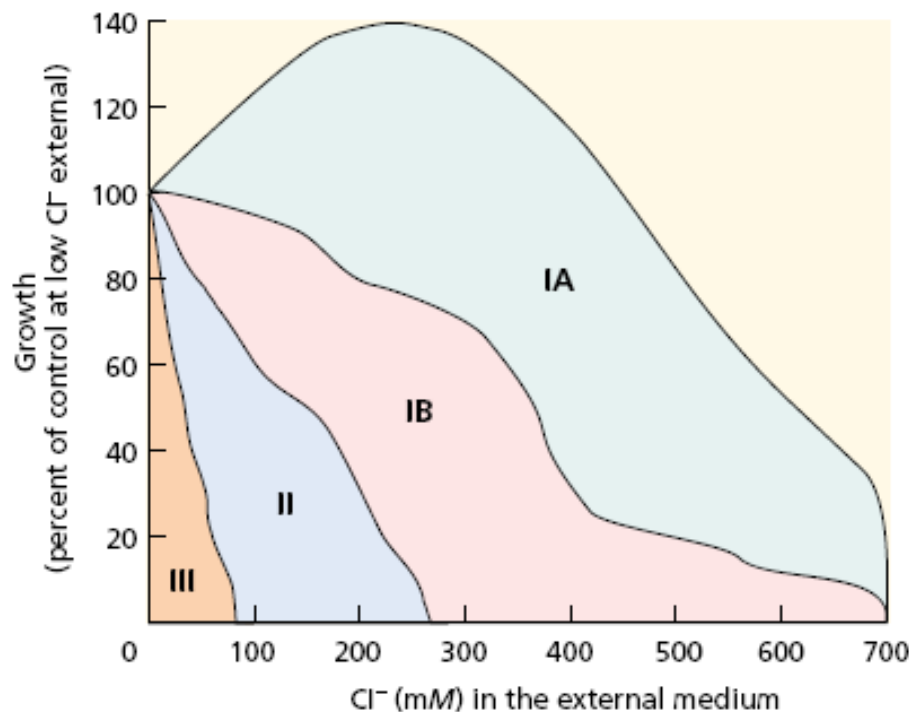


Figura 30-6. La aplicación de condiciones de estrés hídrico grave a las plantas leñosas, como el mandarino Cleopatra, bloquea el flujo xilemático e induce el descenso en el nivel de los potenciales hídrico y osmótico en las hojas y la acumulación de ácido abscísico (ABA) y del precursor inmediato del etileno, el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), en las raíces. Cuando se alivian esas condiciones estresantes por el riego, los niveles de ambos potenciales en las hojas se restablecen, y tanto el ABA como el ACC acumulados en las raíces viajan hasta la parte aérea de la planta al restituirse el flujo xilemático. El ACC se transforma en etileno en las hojas, el cual induce su abscisión.



Group IA (halophytes) includes sea blite (*Suaeda maritima*) and salt bush (*Atriplex nummularia*). These species show growth stimulation with Cl^- levels below 400 nM.

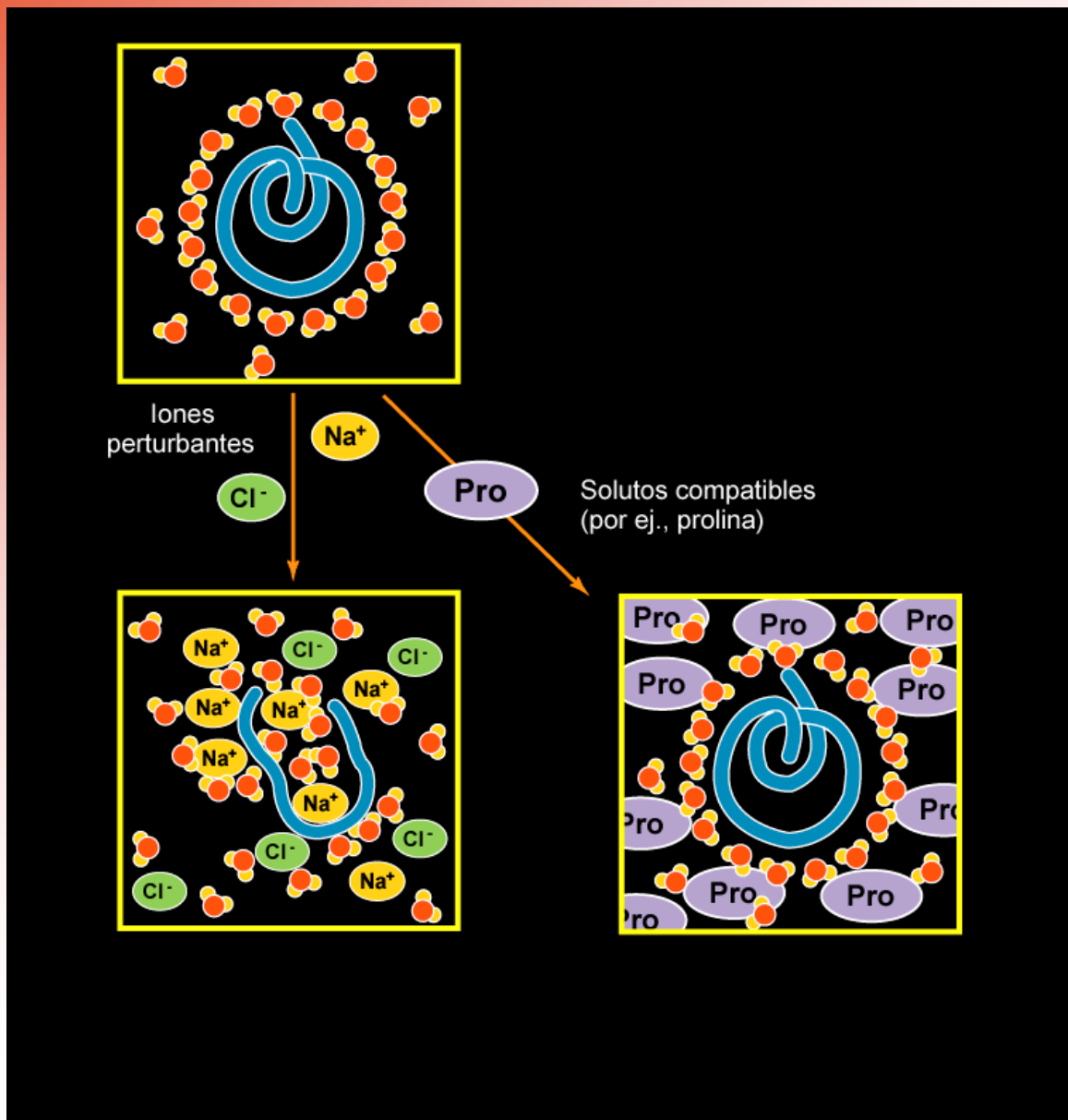
Group IB (halophytes) includes Townsend's cordgrass (*Spartina x townsendii*) and sugar beet (*Beta vulgaris*). These plants tolerate salt, but their growth is retarded.

Group II (halophytes and nonhalophytes) includes salt-tolerant halophytic grasses that lack salt glands, such as *Festuca rubra* subsp. red fescue (*littoralis*) and *Puccinellia peisonis*, and nonhalophytes, such as cotton (*Gossypium* spp.) and barley (*Hordeum vulgare*). All are inhibited by high salt concentrations. Within this group, tomato (*Lycopersicon esculentum*) is intermediate, and common bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*) are sensitive.

The species in **Group III (very salt-sensitive nonhalophytes)** are severely inhibited or killed by low salt concentrations. Included are many fruit trees, such as citrus, avocado, and stone fruit.

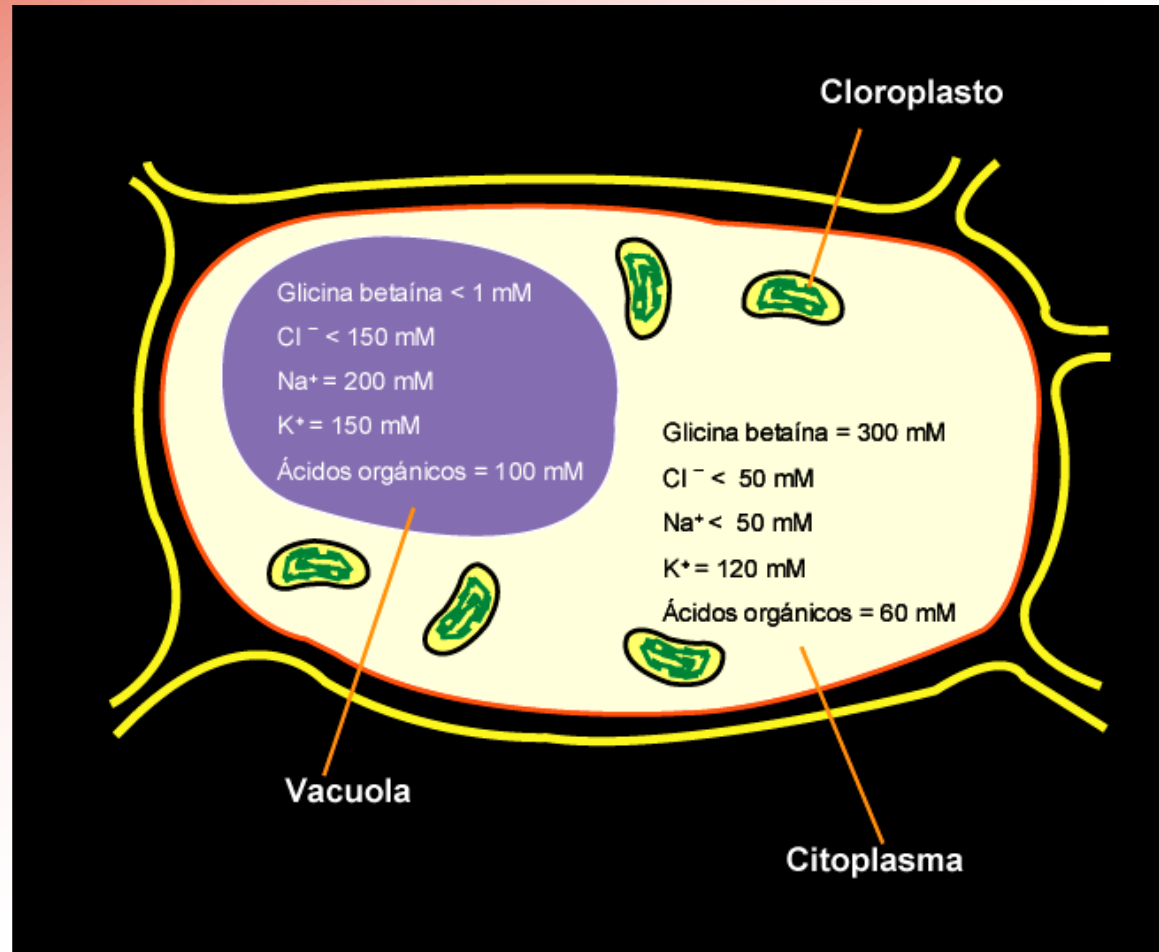
FIGURE 25.14 The growth of different species subjected to salinity relative to that of unsalinized controls. The curves dividing the regions are based on data for different species. Plants were grown for 1 to 6 months. (From Greenway and Munns 1980.)

Los solutos compatibles preservan la capa de hidratación de las macromoléculas



La capa de hidratación de las macromoléculas no es perturbada por los solutos compatibles. Son protectores de coloides o micelas.

Ajuste osmótico en una célula del mesófilo en una hoja de espinaca sometida a exceso de sal



Los iones de sodio y cloruro, que pueden interrumpir el metabolismo en el citoplasma, se concentran en la vacuola. Por el contrario, la concentración de glicina-betaína es alta en los cloroplastos y el citoplasma, pero baja en la vacuola.

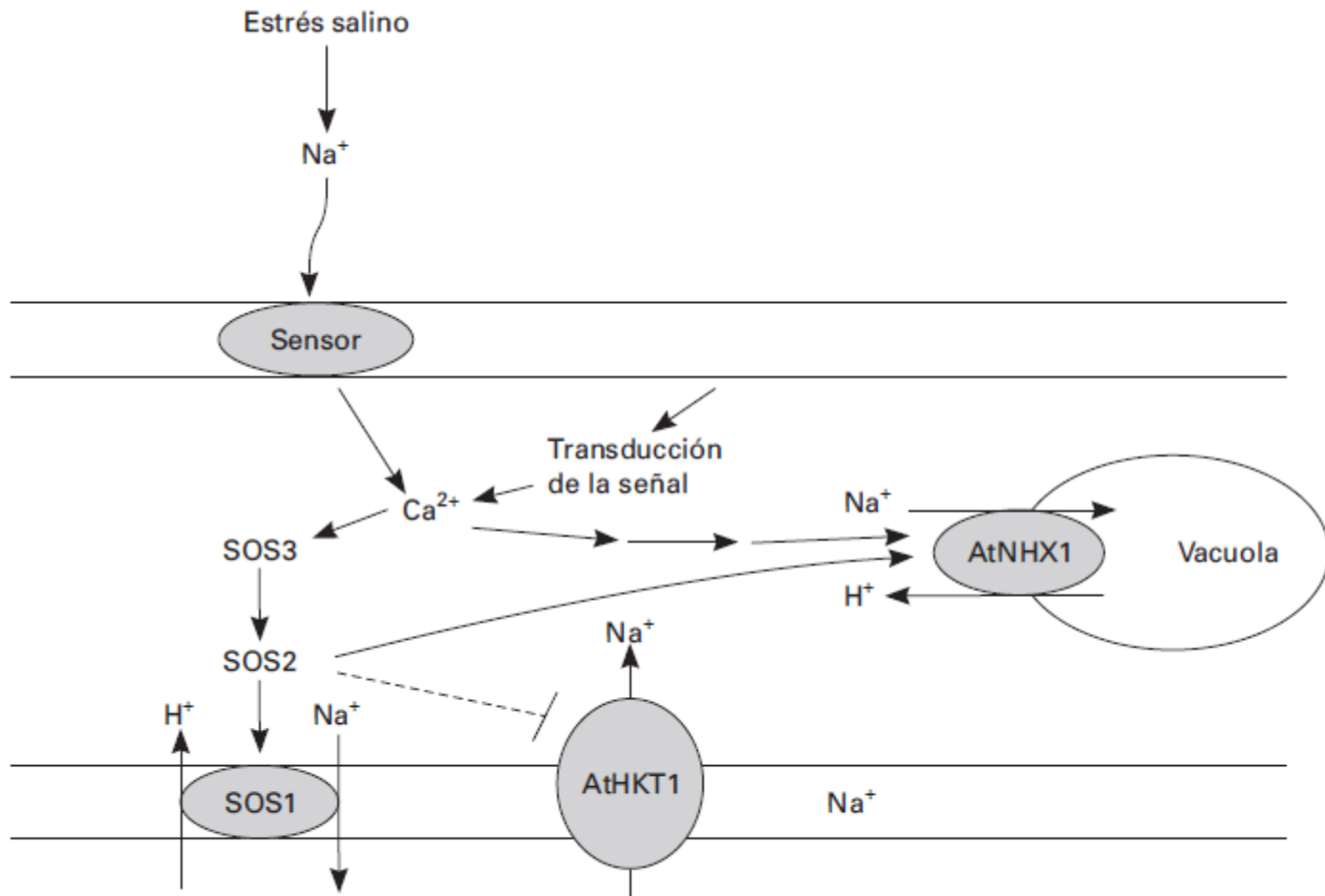


Figura 29-5. Mediante la ruta SOS, las plantas regulan la expresión de transportadores iónicos en la crucífera *Arabidopsis thaliana* a fin de mantener bajas concentraciones citoplasmáticas de Na^+ en condiciones de estrés salino.

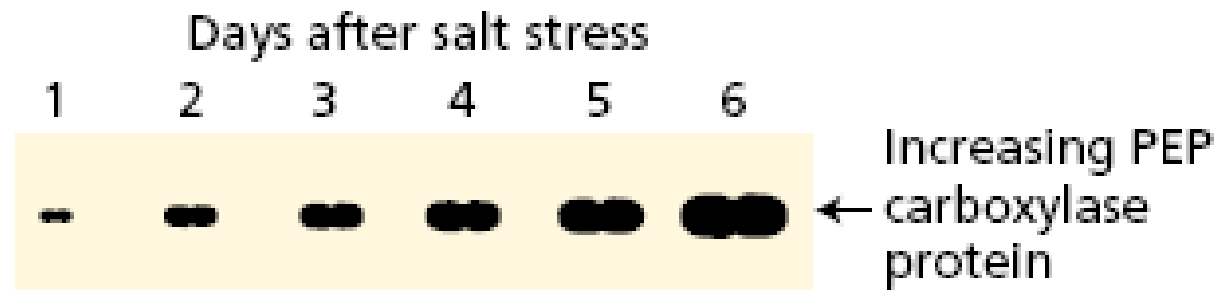
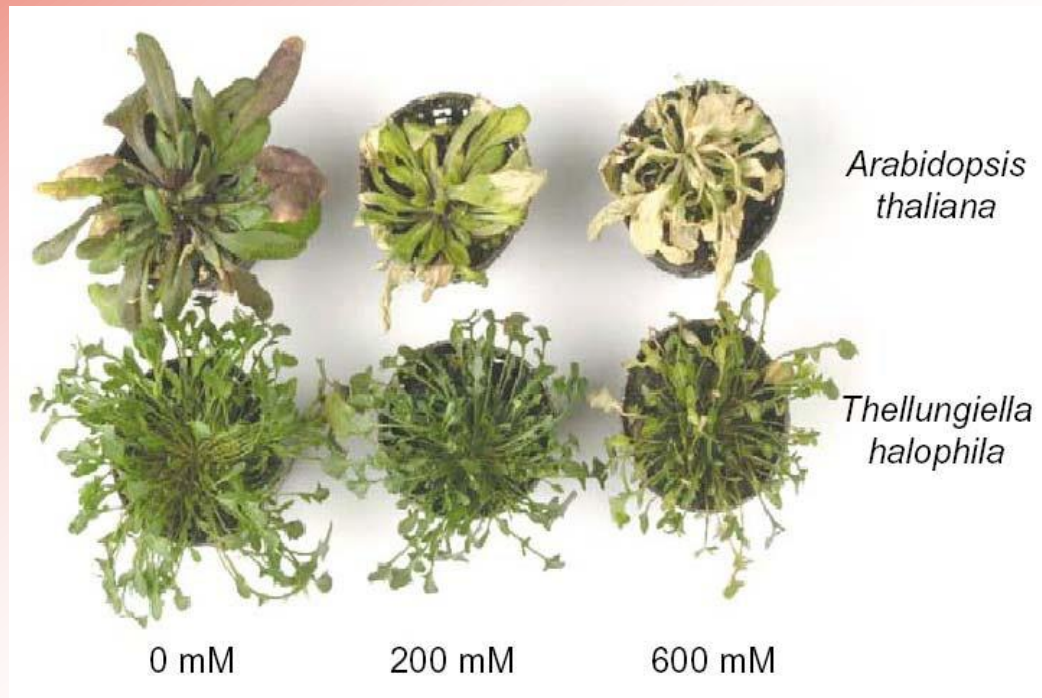


FIGURE 25.8 Increases in the content of phosphoenolpyruvate (PEP) carboxylase in ice plant, *Mesembryanthemum crystallinum*, during the salt-induced shift from C_3 metabolism to CAM. Salt stress was induced by the addition of 500 mM NaCl to the irrigation water. The PEP carboxylase protein was revealed in the gels by the use of antibodies and a stain. (After Bohnert et al. 1989.)

Thellungiella halophila es una planta modelo para el estudio de la tolerancia a salinidad



Thellungiella halophila es una pequeña halófila altamente tolerante al estrés salino. Tiene un ciclo de vida corto y comparte muchas similitudes biológicas y moleculares con *Arabidopsis thaliana*. La fotografía muestra plantas de *T. halophila* y *A. thaliana* cultivadas durante 7 días en medio saturado con 0, 200 y 600 mM de NaCl.

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE ALGUNAS PLANTAS CULTIVADAS

MÁXIMA SALINIDAD SIN PERDIDA DE RENDIMIENTO

SENSIBLES	dSm⁻¹
Porotos	1,0
Zanahoria	1,0
Cebolla	1,2
Dumaznero	1,7
Naranja	1,7
Pomelo	1,8
Ciruelo	1,5
MODERADAMENTE SENSIBLES	
Lechuga	1,3
Tréboles	1,5
Batata	1,5
Maíz	1,7
Lino	1,7
Papa	1,7
Caña de azúcar	1,7
Alfalfa	2,0
Espinaca	2,0
Tomate	2,5
Arroz	3,0
Pimienta	1,5

MODERADAMENTE TOLERANTES	dSm⁻¹
Remolacha	4,0
Soja	5,0
Trigo (<i>Triticum durum</i>)	5,7
Sorgo	6,8
Zapallo	4,7
Raygrass perenne	5,6
TOLERANTES	
Dátil	4,0
Gramón (<i>Cynodon dactylon</i>)	6,9
Algodón	7,7
Cebada	8,0

* dS.m⁻¹ = decisiemens por metro = 1 milimho.cm⁻¹. Un dSm⁻¹ es aproximadamente equivalente a 640 mg.l⁻¹ de sal.

TABLE 25.3
Heat-killing temperatures for plants

Plant	Heat-killing temperature (C°)	Time of exposure
<i>Nicotiana rustica</i> (wild tobacco)	49–51	10 min
<i>Cucurbita pepo</i> (squash)	49–51	10 min
<i>Zea mays</i> (corn)	49–51	10 min
<i>Brassica napus</i> (rape)	49–51	10 min
<i>Citrus aurantium</i> (sour orange)	50.5	15–30 min
<i>Opuntia</i> (cactus)	>65	—
<i>Sempervivum arachnoideum</i> (succulent)	57–61	—
Potato leaves	42.5	1 hour
Pine and spruce seedlings	54–55	5 min
<i>Medicago</i> seeds (alfalfa)	120	30 min
Grape (ripe fruit)	63	—
Tomato fruit	45	—
Red pine pollen	70	1 hour
Various mosses		
Hydrated	42–51	—
Dehydrated	85–110	—

Source: After Table 11.2 in Levitt 1980.

A elevadas temperaturas, la fotosíntesis se inhibe antes que la respiración

Tanto la fotosíntesis como la respiración se inhiben a altas temperaturas pero, a medida que la temperatura aumenta, las tasas fotosintéticas disminuyen más rápidamente que las tasas respiratorias (Figura 25.10A y B). La temperatura a la cual la cantidad de CO_2 fijada por la fotosíntesis iguala a la cantidad de CO_2 liberada por la respiración en un período de tiempo dado se denomina **punto de compensación térmica** o **punto de compensación de la temperatura**.

A temperaturas superiores a la del punto de compensación de la temperatura, la fotosíntesis no puede reemplazar al carbono usado como sustrato de la respiración. Como resultado, las reservas de carbohidratos se reducen, y las frutas y las verduras pierden el sabor dulce. Este desequilibrio entre fotosíntesis y respiración es una de las principales causas de los efectos perjudiciales de las altas temperaturas.

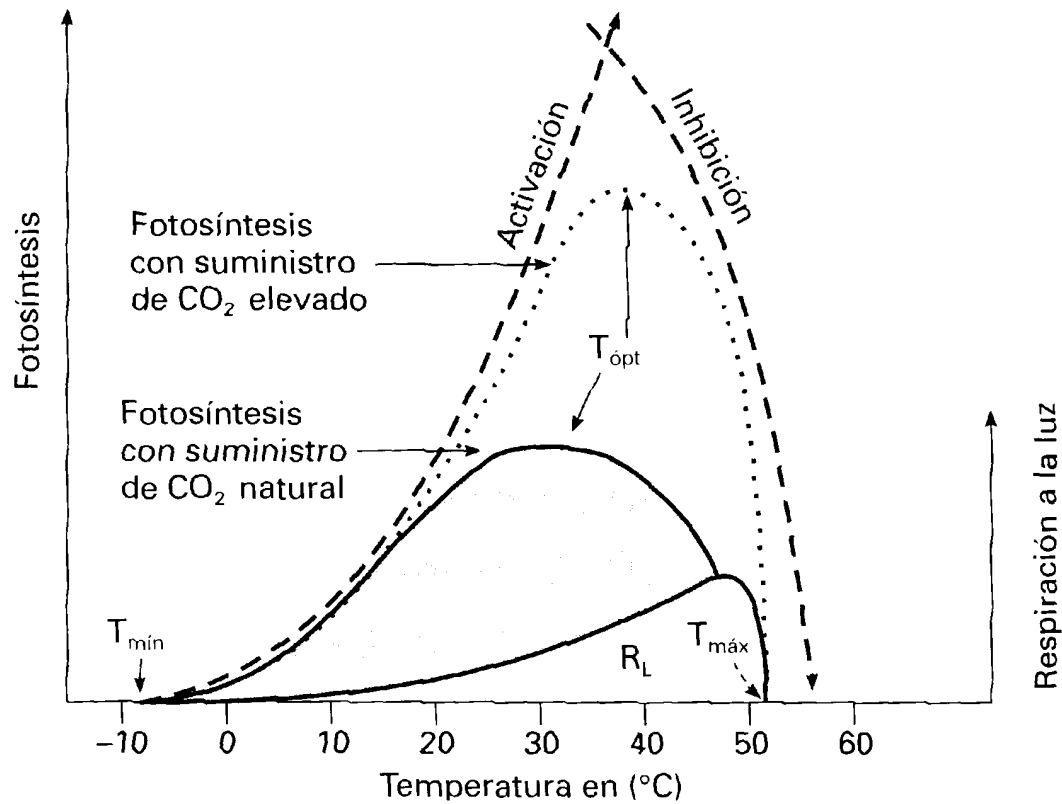


Figura 13-12. Respuestas a la temperatura de la fotosíntesis a niveles de CO_2 ambiental y elevado, en plantas C_3 . T_{opt} : temperatura óptima para la fotosíntesis; T_{min} : límite inferior de temperatura; $T_{máx}$: límite superior; R_L : estimación de la respiración a la luz (principalmente fotorrespiración). (Adaptado de Larcher, W. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, 1995.)

Inducción de daños visibles en hojas de plantas controles y transgénicas por bajas temperaturas

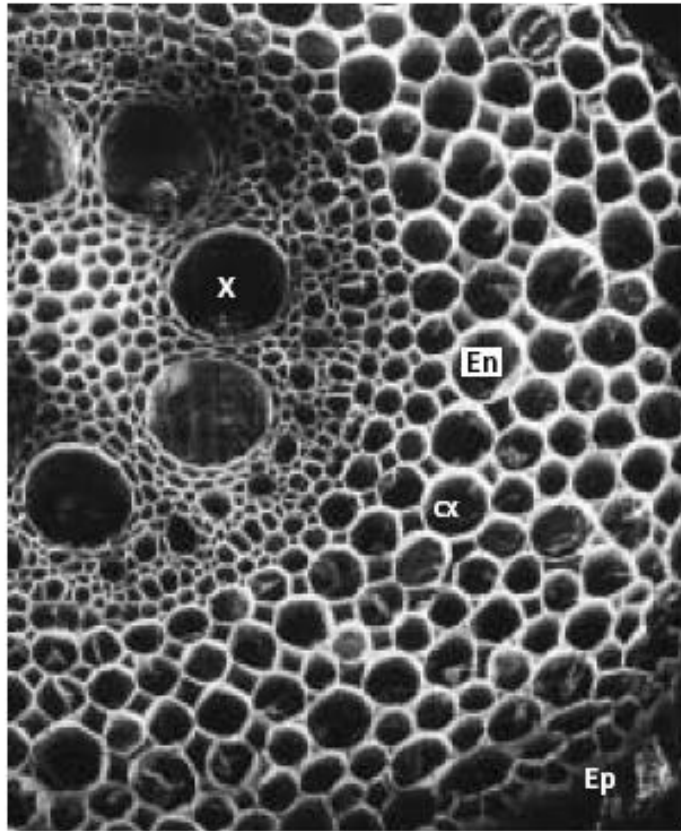


Se cultivaron plantas transgénicas y controles durante 30 días en hidroponía y se las incubó a 5°C bajo luz continua por 7 días. A continuación, las plantas fueron incubadas en condiciones normales por 2 días.

A: Planta control no transgénica

B: Planta transgénica

(A)



(B)

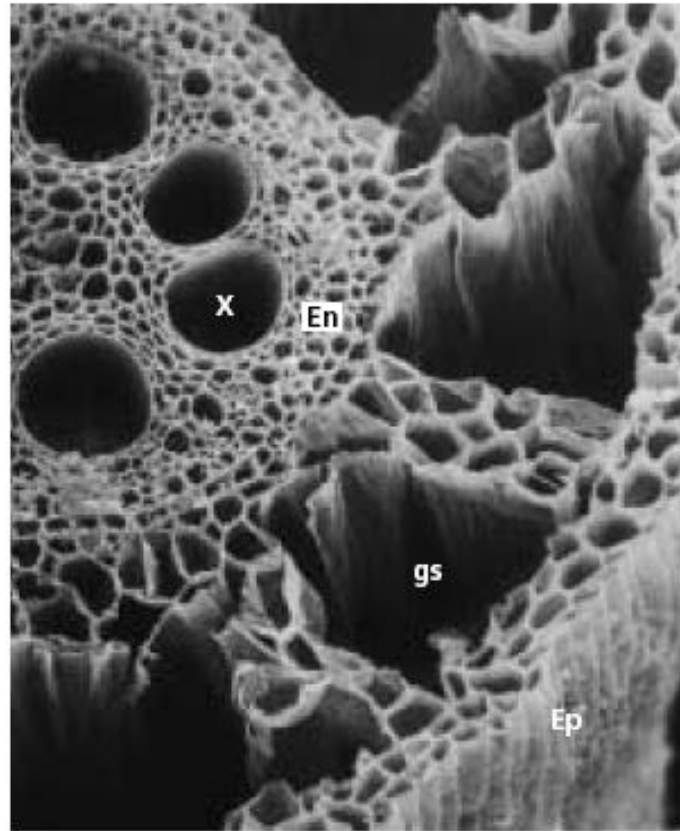


FIGURE 25.18 Scanning electron micrographs of transverse sections through roots of maize, showing changes in structure with oxygen supply. (150 \times) (A) Control root, supplied with air, with intact cortical cells. (B) Oxygen-deficient root growing in a nonaerated nutrient solution. Note the promi-

nent gas-filled spaces (gs) in the cortex (cx), formed by degeneration of cells. The stele (all cells interior to the endodermis, En) and the epidermis (Ep) remain intact. X, xylem. (Courtesy of J. L. Basq and M. C. Drew.)

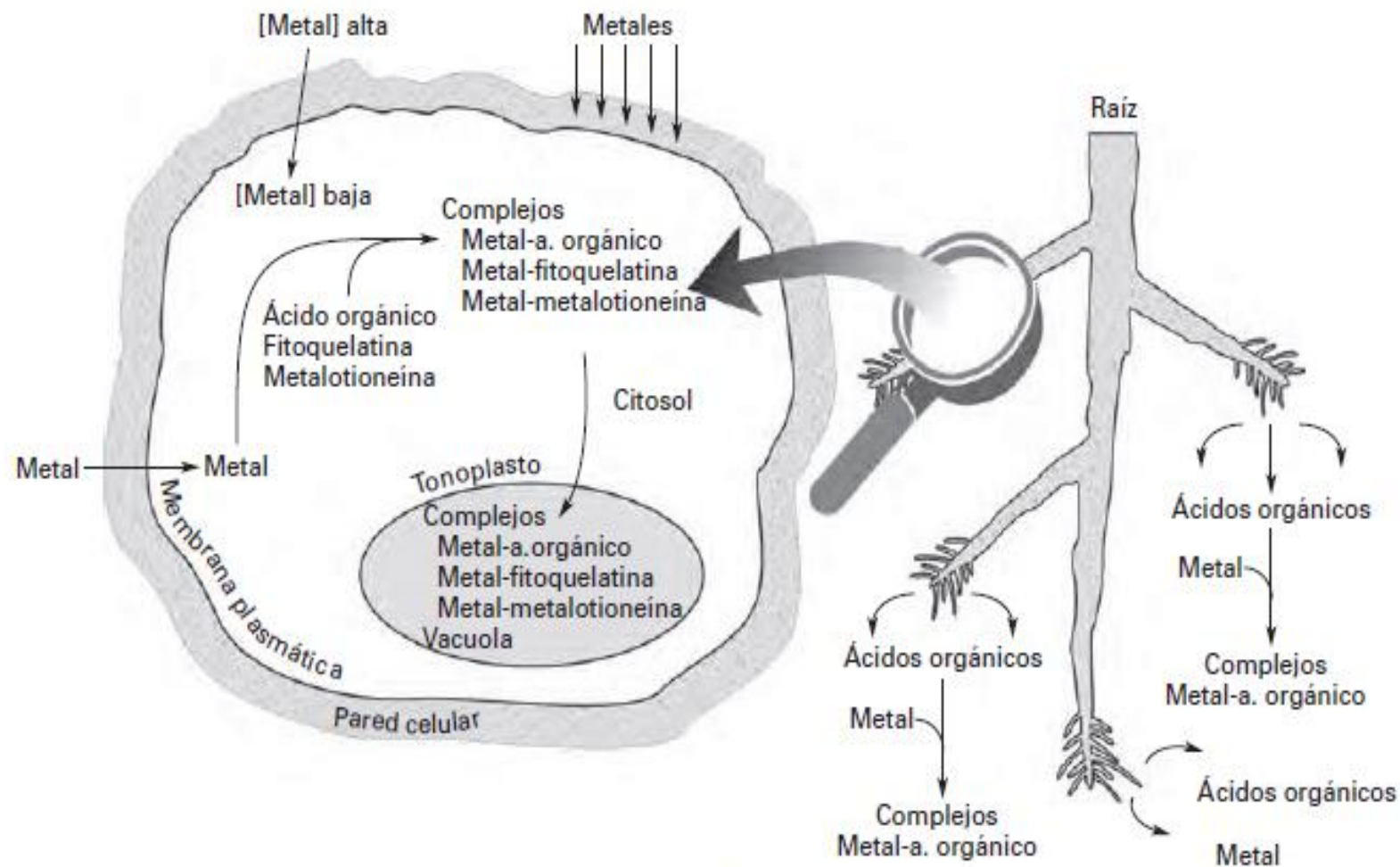
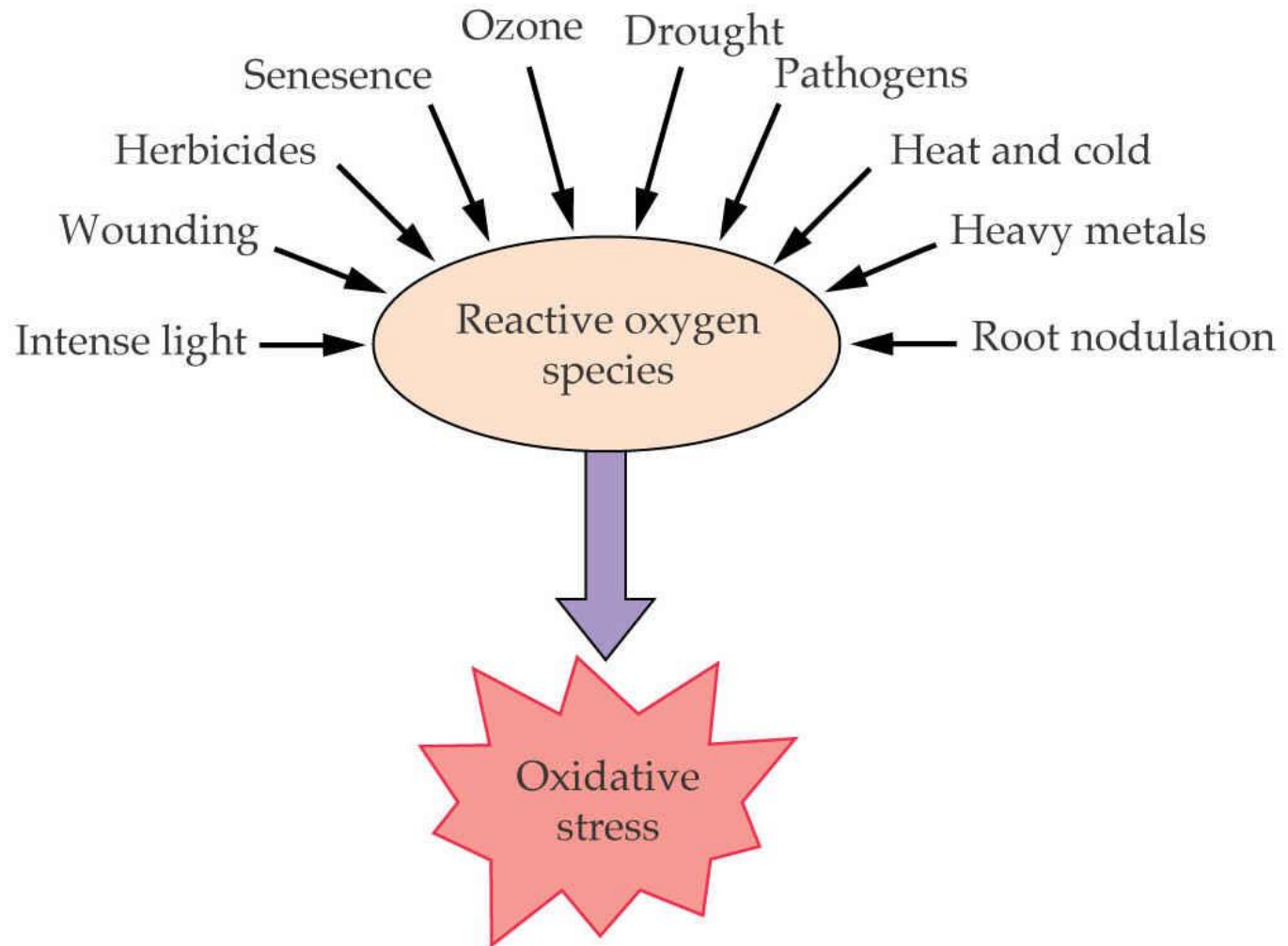


Figura 29-4. Los mecanismos de tolerancia a los metales se basan en limitar su entrada en la planta mediante la formación de complejos con ácidos orgánicos liberados al suelo por los ápices radiculares. Una vez dentro, también pueden fijarse a la pared celular, o restringir su transporte a través de la membrana plasmática. Ya dentro de la célula, los metales se unen a péptidos específicos (fitoquelatinas y metalotioneínas) o a los mismos ácidos orgánicos. Los complejos formados se almacenan después en la vacuola, donde no son perjudiciales.



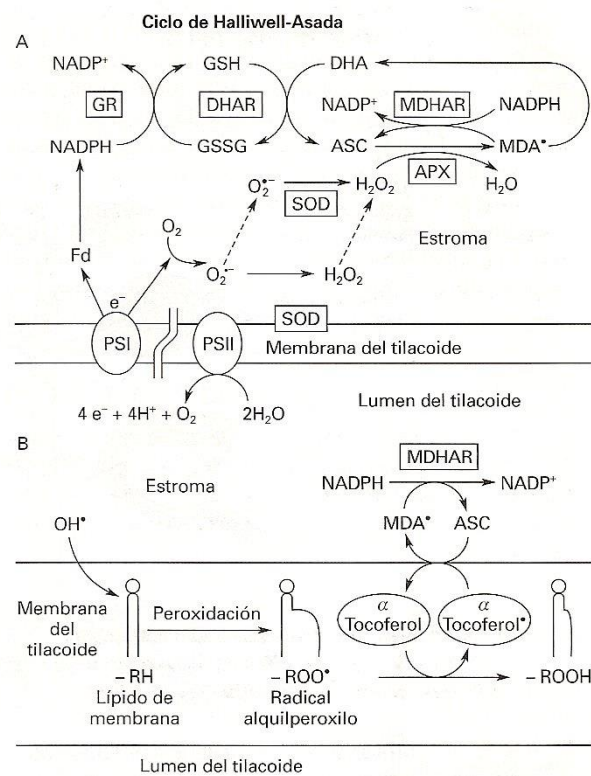
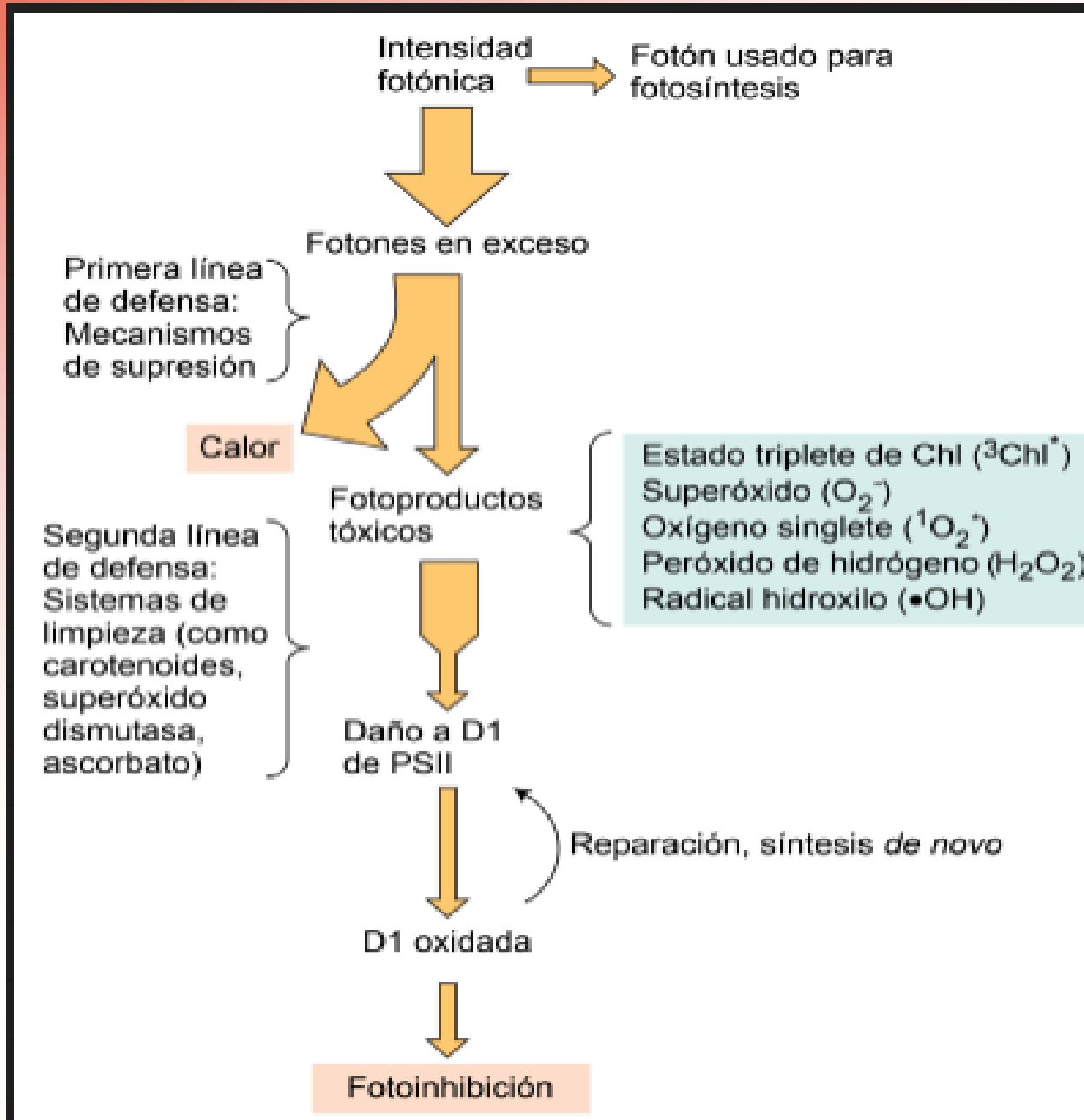


Figura 30-9. Mecanismos protectores de las células frente al incremento en el nivel de especies activadas del oxígeno. (A) El ciclo de Halliwell-Asada, que funciona en el citoplasma o en la matriz mitocondrial o cloroplastídica (el estroma), se encarga de inactivar el anión superóxido ($O_2^{\cdot -}$) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). La enzima superóxido dismutasa (SOD) se encarga de convertir el $O_2^{\cdot -}$ en H_2O_2 , el cual es destruido por la enzima ascorbato peroxidasa (APX) mediante la reducción del ascorbato (ASC) a deshidroascorbato (DHA) o a radical monodeshidroascorbato (MDA $^{\cdot}$). La enzima monodeshidroascorbato reductasa (MDHAR) se encarga de regenerar el ASC. El glutatión reducido (GSH) es la fuente de poder reductor utilizada para regenerar el ASC mediante la acción de la enzima dihidroascorbato reductasa (DHAR) a partir de DHA. El ciclo se cierra con la acción de la enzima glutatión reductasa (GR) que, con ayuda de NADPH, transforma el glutatión oxidado (GSSG) en reducido (GSH). (B) El ataque de especies activadas del oxígeno, como el radical hidroxilo (OH^{\cdot}), a los lípidos de las membranas produce peróxidos. El α -tocoferol se encarga de detoxificar los radicales alquil-peroxilo formados transformándose en el radical α -tocoferol (α -tocoferol $^{\cdot}$). Gracias a la acción del ascorbato (ASC), se regenera el α -tocoferol. Posteriormente, la acción de la enzima monodeshidroascorbato reductasa (MDHAR) transforma el radical monodeshidroascorbato (MDA $^{\cdot}$) formado en ASC.

ESTRÉS LUMINICO



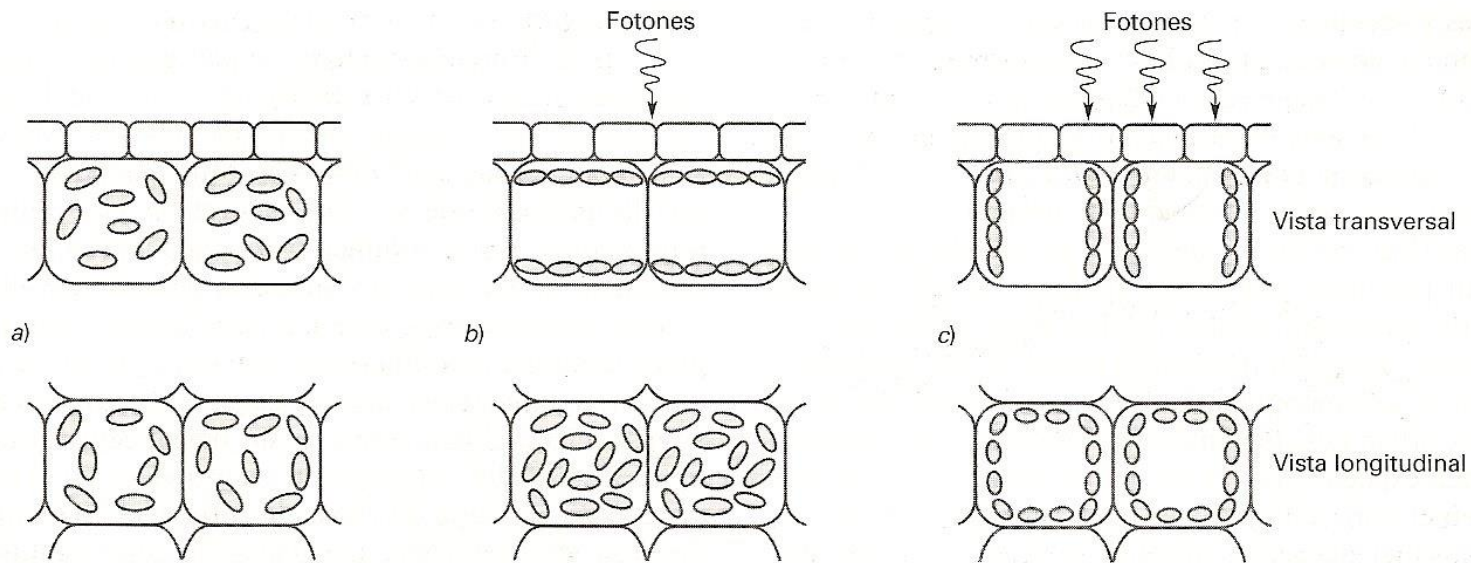


Figura 30-3. Los cloroplastos varían su localización en el citoplasma de las células del mesófilo de las hojas según la densidad del flujo de fotones (PFD) que éstas reciban. En condiciones de oscuridad (a), los cloroplastos se distribuyen homogéneamente en el citoplasma, mientras que cuando la PFD es baja (b), se disponen de forma perpendicular a la luz incidente para aprovechar mejor la radiación. Sin embargo, su disposición es la contraria a la anterior cuando la PFD es alta (c). En este caso, los cloroplastos se orientan de forma paralela a la luz incidente, con lo cual disminuyen la absorción de radiación luminosa.

(A) Well-watered

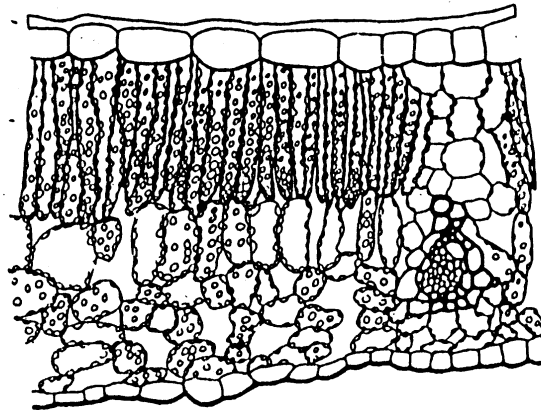


(B) Mild water stress

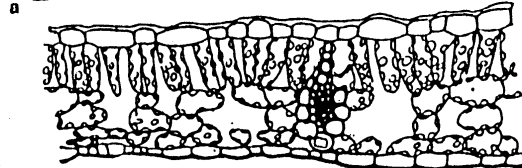


(C) Severe water stress

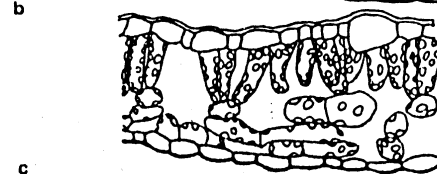




H. SOL.



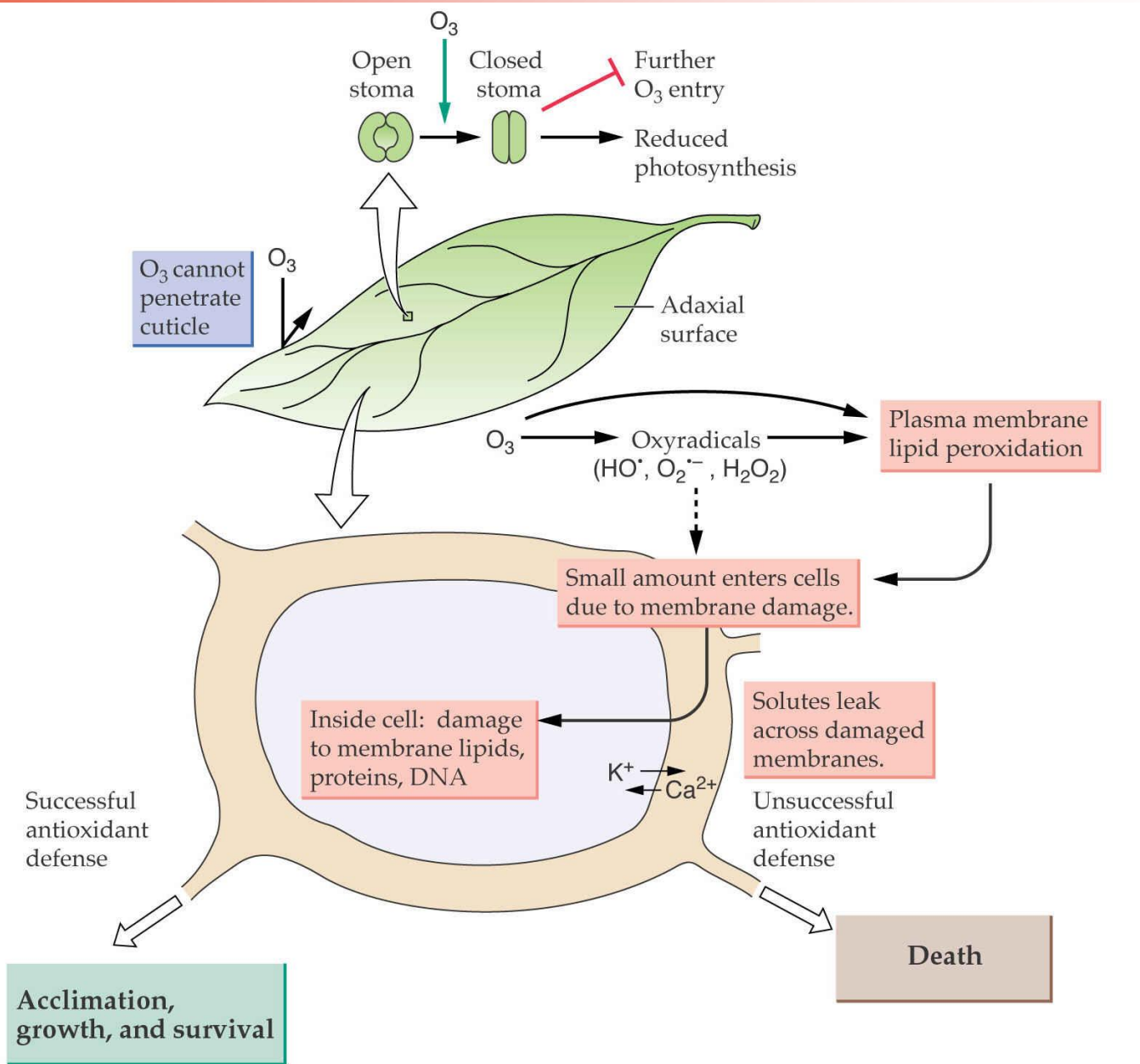
H. SOMBRRA



H. SOMBRRA
BOSSAUE



Figure 12-5 Cross sections of leaves of sugar maple (*Acer saccharum*), an unusually shade-tolerant tree, exposed to different light intensities during growth. (a) Sun leaf from south side of isolated tree. Note thick cuticle over the upper epidermis and long palisade parenchyma cells. (b) Shade leaf from center of crown of an isolated tree. (c, d) Shade leaves from base of two forest trees. All trees were growing near Minneapolis, Minnesota. (From Hanson, 1917.)



¿QUÉ LAS PLANTAS SE DEFENDAN SOLAS!

Los cereales y sus plagas se conocen y conviven **en equilibrio con el ambiente** desde hace 10.000 años

Las plantas que tienen genes de resistencia, producen sustancias que le permiten defenderse solas

Los insectos y hongos se hacen cada vez más resistentes por el uso excesivo y continuo de productos químicos empleados en su control

Por eso nosotros buscamos y seleccionamos esas plantas. **NO SON PLANTAS TRANSGÉNICAS !!!**

En nuestra búsqueda de alimentos más sanos y seguros damos pelea contra:

Trigo vs. Fusarium

(*Fusarium graminearum*)

La harina obtenida a partir de granos dañados contiene toxinas que afectan la salud humana

Trigo y cebada vs. Pulgón verde

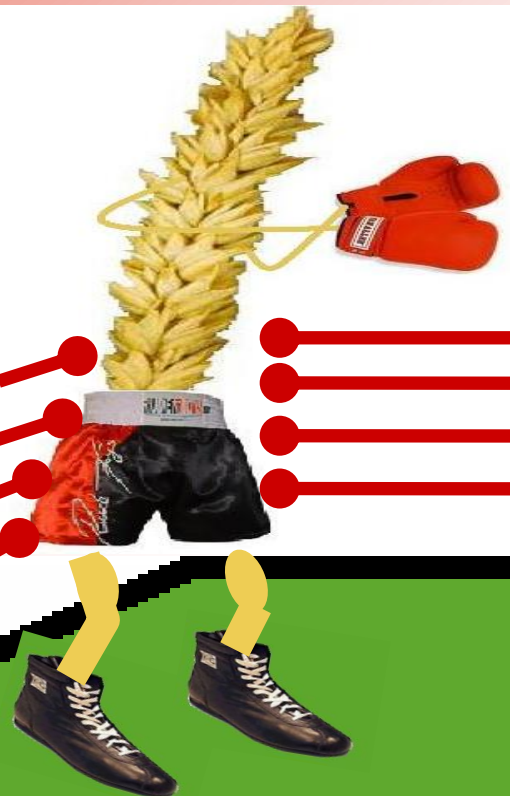
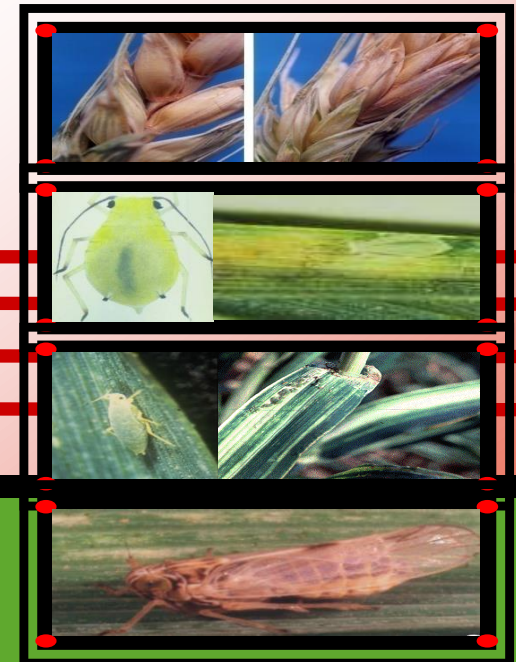
(*Schizaphis graminum*)

Trigo y cebada vs. Pulgón ruso

(*Diuraphis noxia*)

Trigo vs. Chicharrita

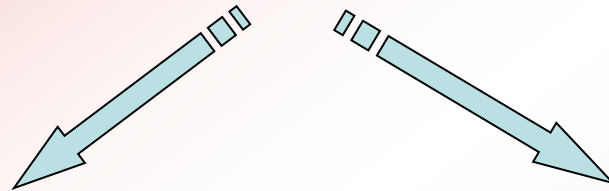
(*Delphacodes kuscheli*)



Resistencia: no preferencia, antibiosis y tolerancia

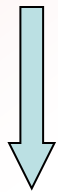
Las plantas han evolucionado y desarrollado complejos y variados mecanismos de defensa para protegerse de herbívoros y enfermedades.

Estos mecanismos pueden ser



CONSTITUTIVOS

INDUCIBLES



Activos durante toda la vida de la planta



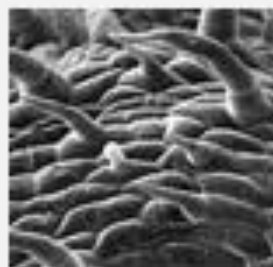
Inducidos después de un ataque por herbívoros o patógenos

Defensas constitutivas

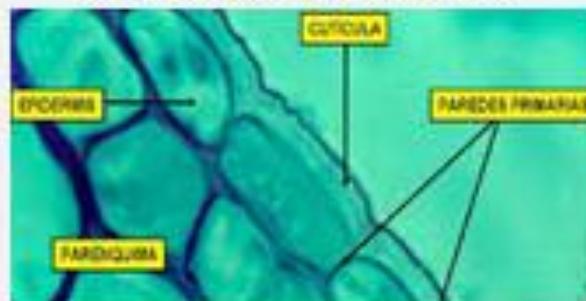
Barreras preformadas, aún en ausencia del organismo patógeno/
plaga

1- ESTRUCTURALES

Tricomias



Capas de cera, cutículas



Lignina, suberina



Células especializadas
(células del
esclerenquima: paredes
gruesas, células
lignificadas, en gramíneas)



2- QUÍMICAS

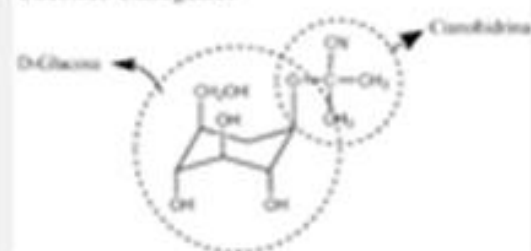
Compuestos tóxicos constitutivos:

alcaloides

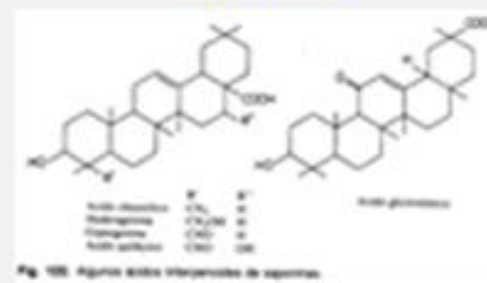


glucósidos

Glucósido Cianogénico



saponinas

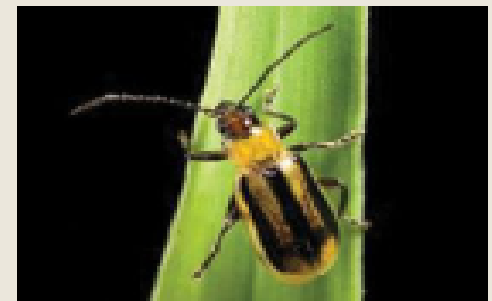
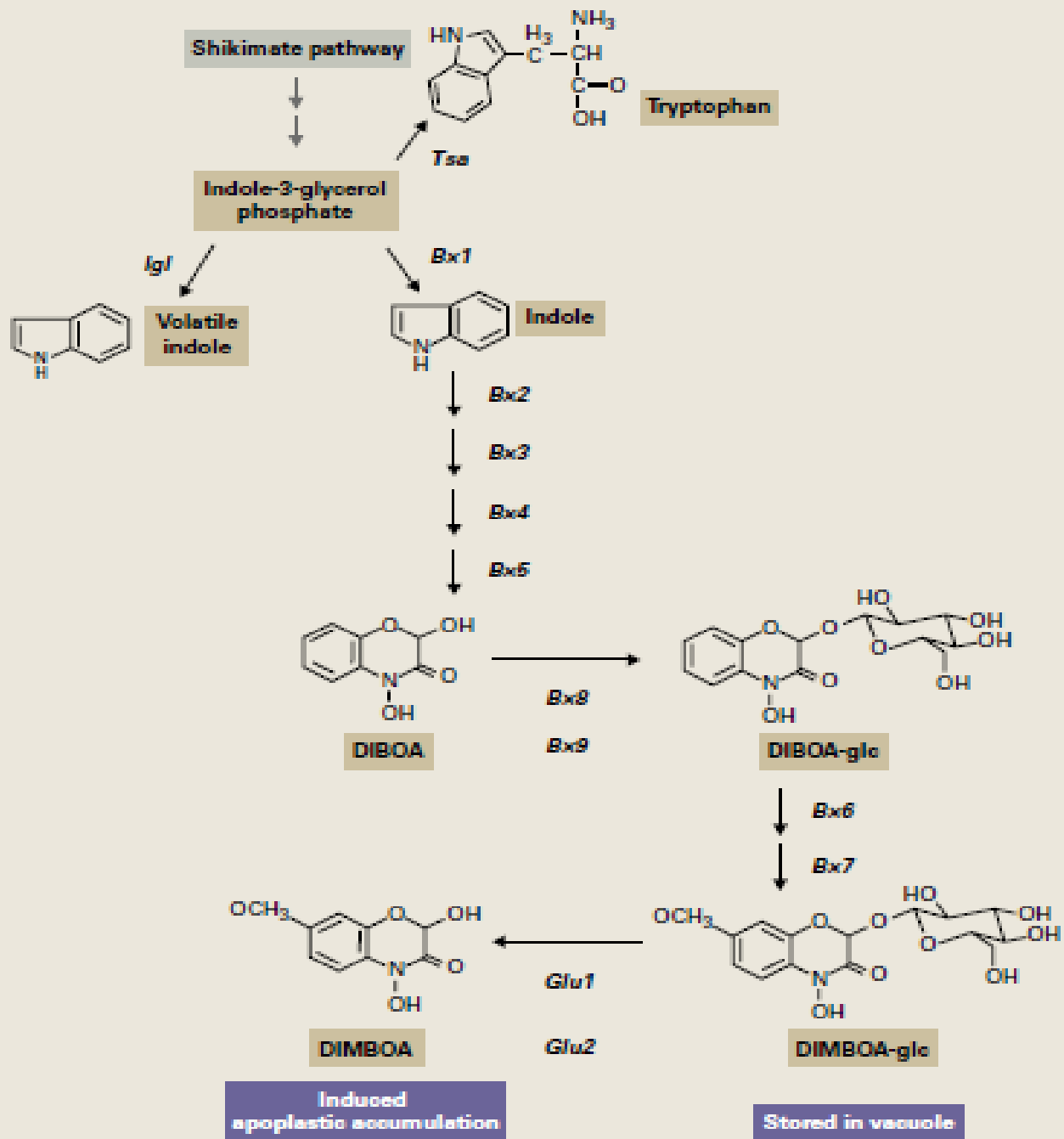


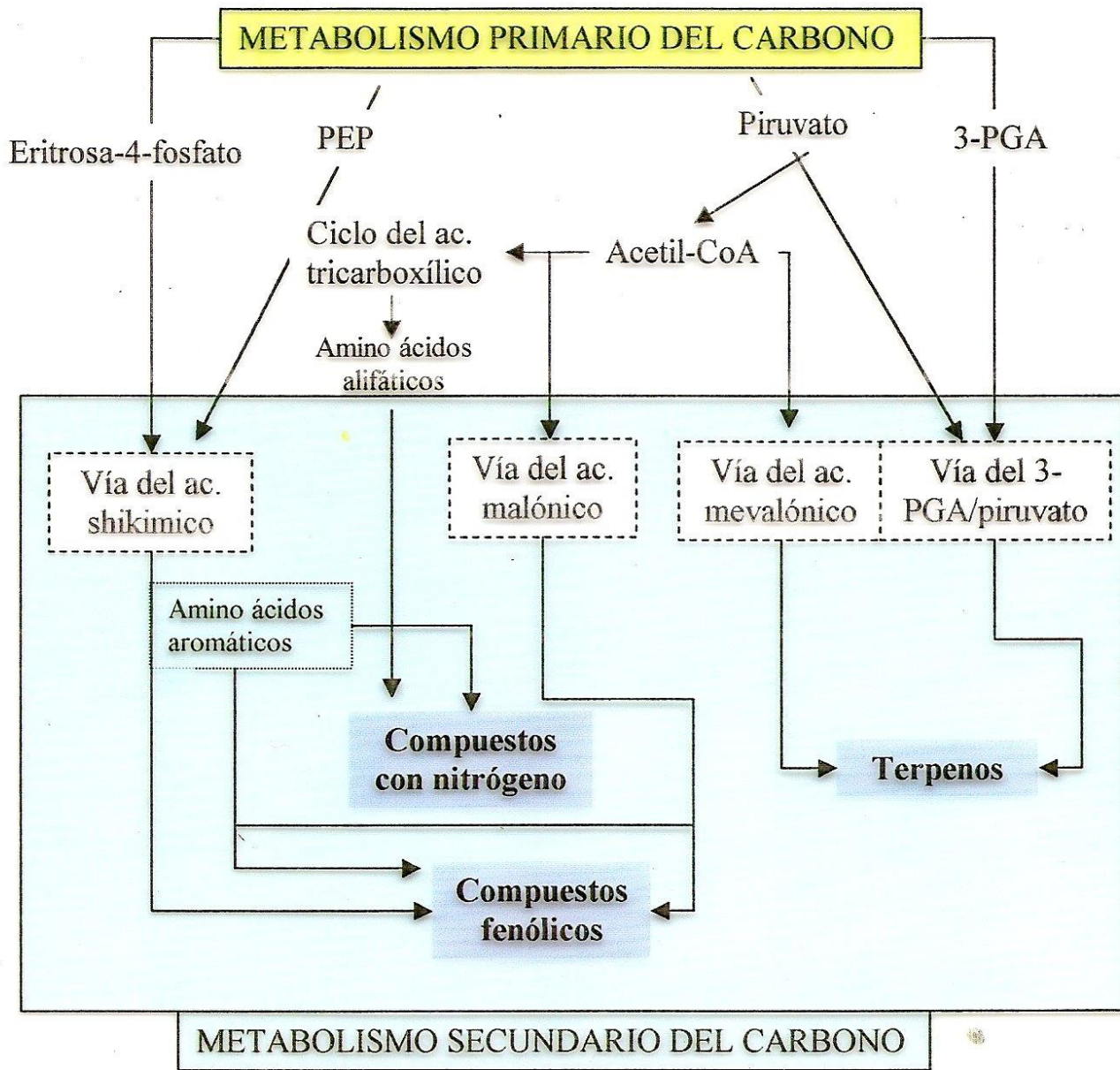
Proteínas antifúngicas

Enzimas inhibitoras

DEFENSA DE LAS PLANTAS CONTRA LOS PATÓGENOS

	CLASIFICACION	ACCION SOBRE PATOGENOS
PROTECCIÓN SUPERFICIAL	CUTINA SUBERINA CERAS	<i>Protección</i>
METABOLITOS SECUNDARIOS	TERPENOS: ❖ Piretroides ❖ Aceites esenciales ❖ Lactonas gossipol ❖ Resinas, saponinas ❖ - Cardenolidas	<i>Defensa anti-herbívoros:</i> ❖ Insecticidas ❖ Repelentes de insectos ❖ Repelente de insectos, herbívoros, hongos y bacterias ❖ Tóxico mamíferos (corazón)
	COMPUESTOS FENOLICOS: ❖ Cumarinas ❖ Lignina ❖ Flavonoides	<i>Defensa herbívoros y hongos:</i> ❖ Tóxico ❖ Defensa mecánica ❖ Acción funguicida
	COMPUESTOS QUE CONTIENEN NITROGENO: ❖ Alcaloides (opio, nicotina, atropina, cafeína) ❖ Glucósidos cianogénicos ❖ Amino ácidos no proteicos (canavarina)	<i>Principalmente defensa mamíferos, acción tóxica y disuasiva.</i> ❖ Actúan sobre sist. nervioso, transp. de membranas, síntesis proteica. ❖ Tóxico por cianuro. ❖ Tóxico por antimetabolito





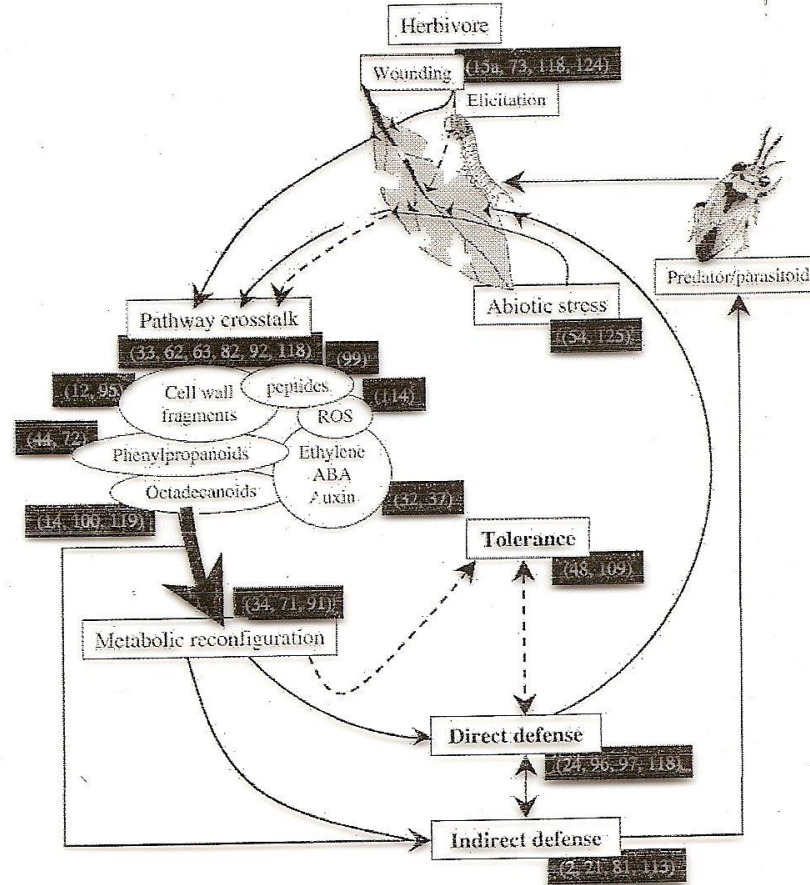
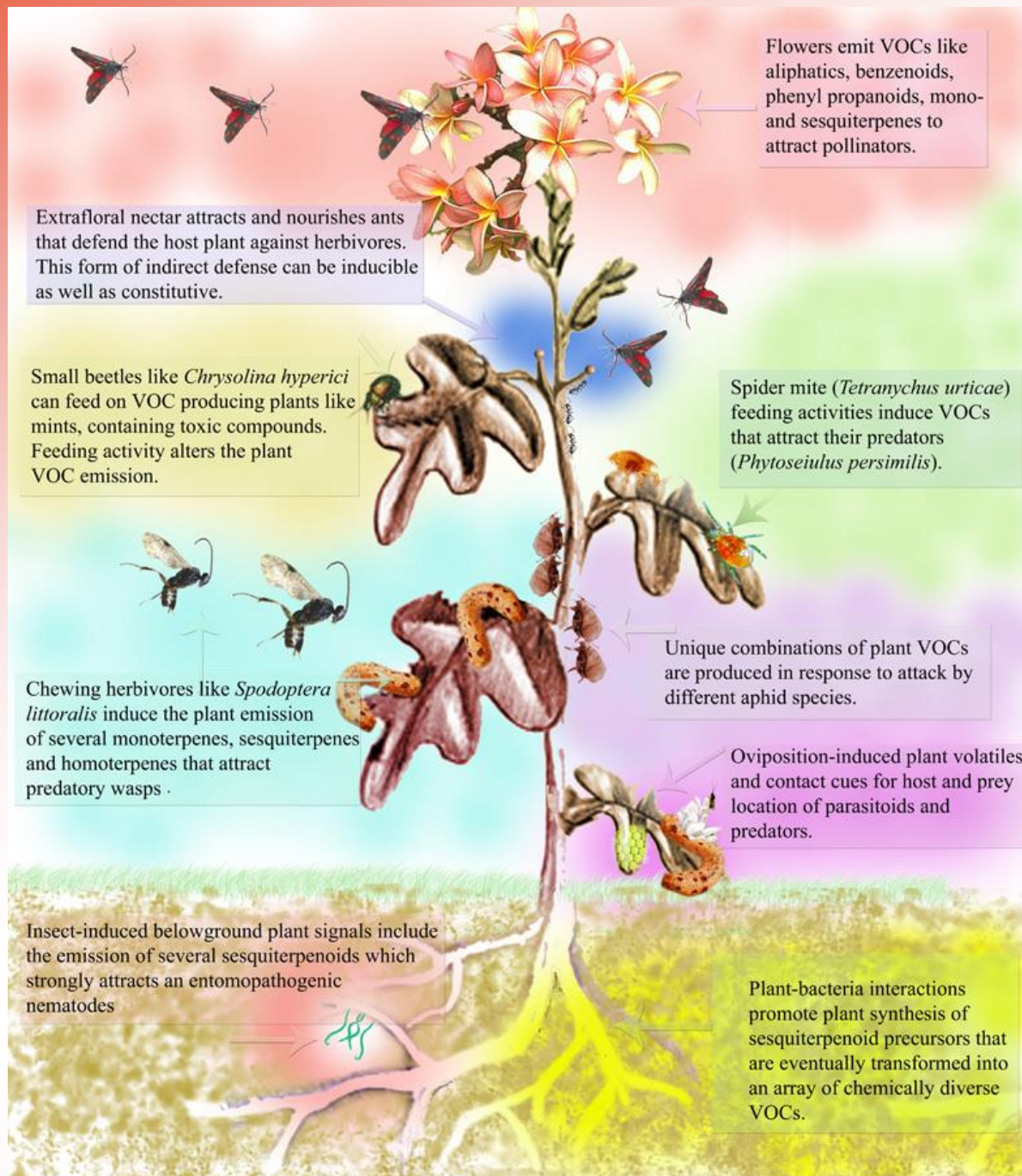


Figure 1 The arena of plant-induced resistance to arthropods. An attacking herbivore wounds the plant and applies or injects elicitors. Wound- and herbivore-specific elicitors in combination with abiotic stresses differentially activate various signaling pathways. These signal cascades interact (pathway crosstalk) to either directly produce volatile signals that function as indirect defenses or effect a fine-tuned metabolic reconfiguration and the expression of defense-related genes. As a consequence of these changes, resources are allocated to regrowth (tolerance) or the production of compounds that directly affect the attacking herbivore (direct defenses: toxic, antinutritive, and antidigestive compounds) or indirectly (indirect defenses) by attracting natural enemies. Recent reviews summarizing the knowledge of particular parts of the arena are listed in black boxes. Evidence is emerging that arthropod-induced resistance results from a coordinated production of specific direct and indirect defenses that complement the existing constitutive defenses of the plant.



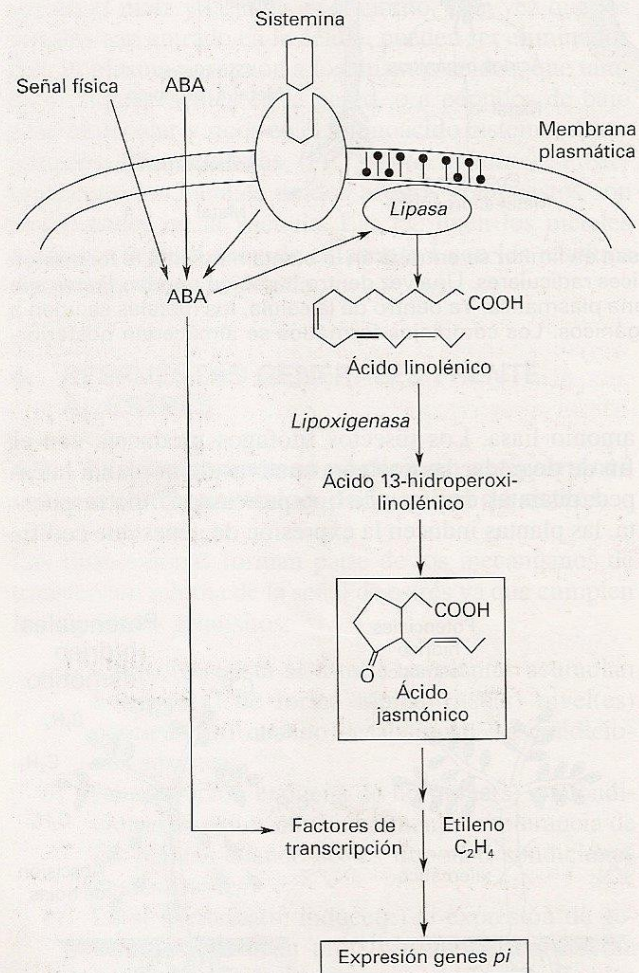
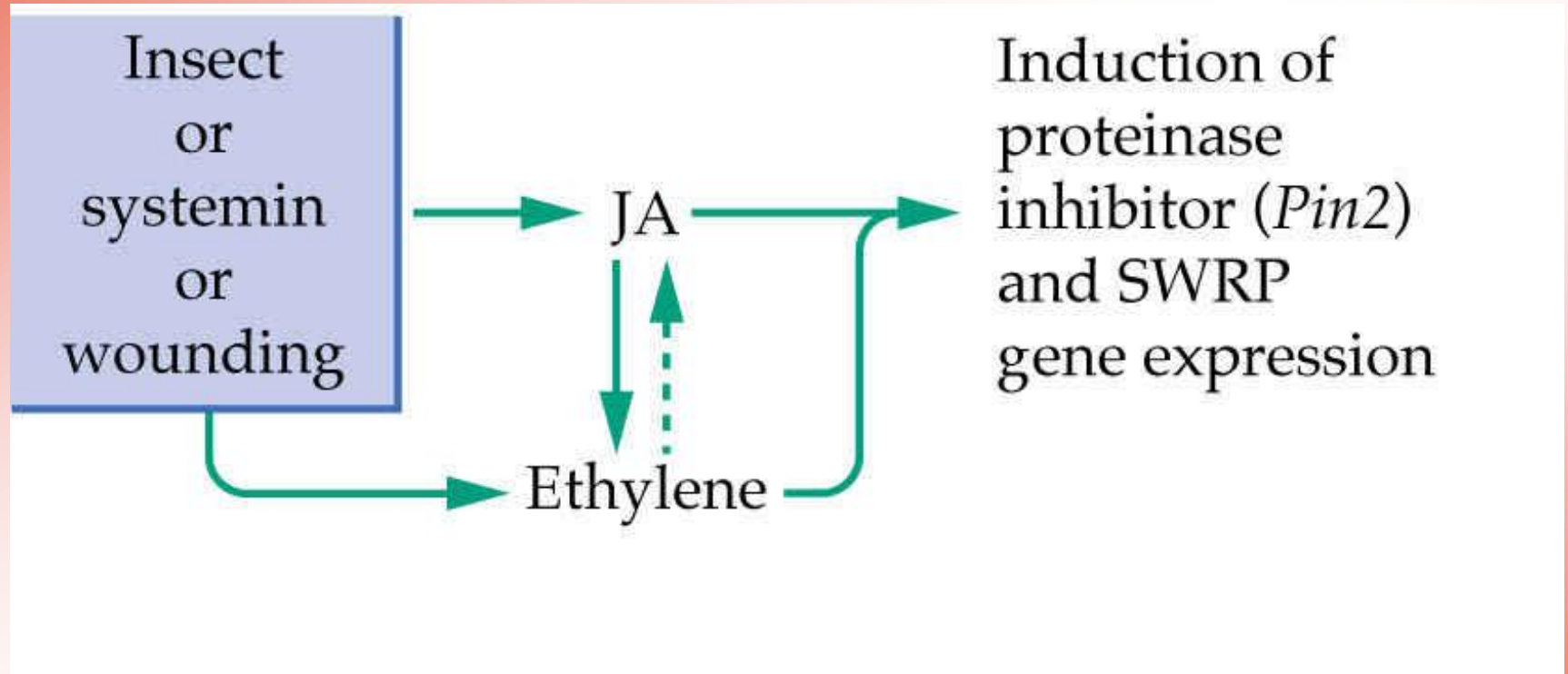


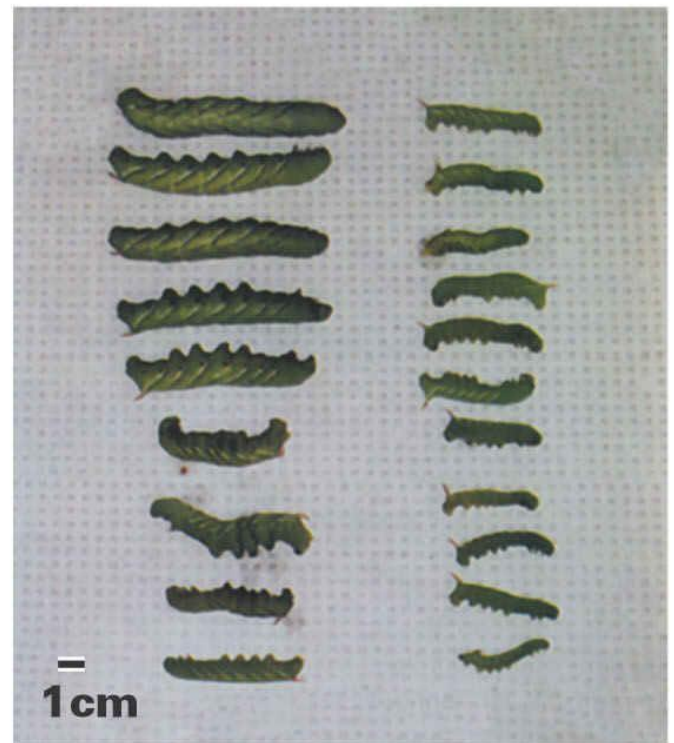
Figura 30-7. La inducción de la expresión de los genes que codifican los inhibidores de proteasas (genes *pi*) comienza con la acumulación de ácido abscísico (ABA) en la célula, procedente de otras zonas de la hoja atacadas por los insectos o estimulado por señales físicas o por la unión de la sistemina a un receptor del plasmalema. El ABA estimula entonces la actividad de una lipasa que libera ácido linolénico de los glicerolípidos del plasmalema, el cual se transforma en ácido jasmónico a través de la ruta de los ácidos octadecanoicos, por la acción secuencial de varias enzimas. El ataque de insectos induce la expresión de un gen que codifica la lipoxigenasa, la primera enzima de la ruta. El ácido jasmónico, actuando en coordinación con el ABA y el etileno, induce la expresión de los genes *pi* y la acumulación de inhibidores de proteasas.



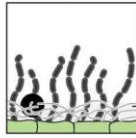
(A)



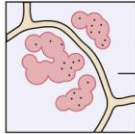
(B)



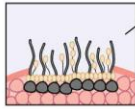
Powdery mildew



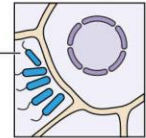
Spotted wilt



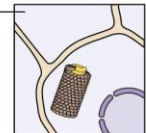
Anthraxnose



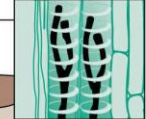
Bacterial speck



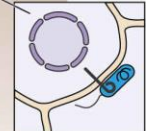
Tomato mosaic virus



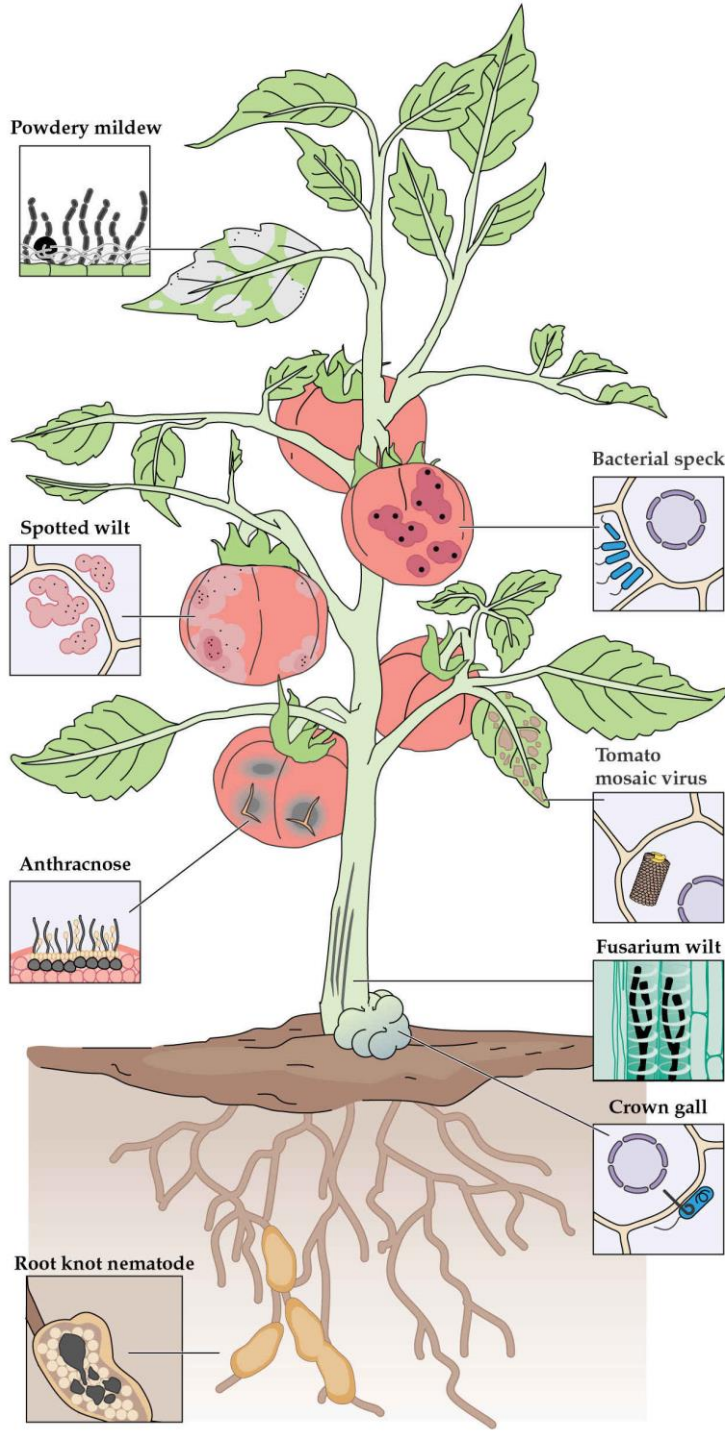
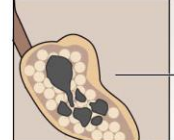
Fusarium wilt

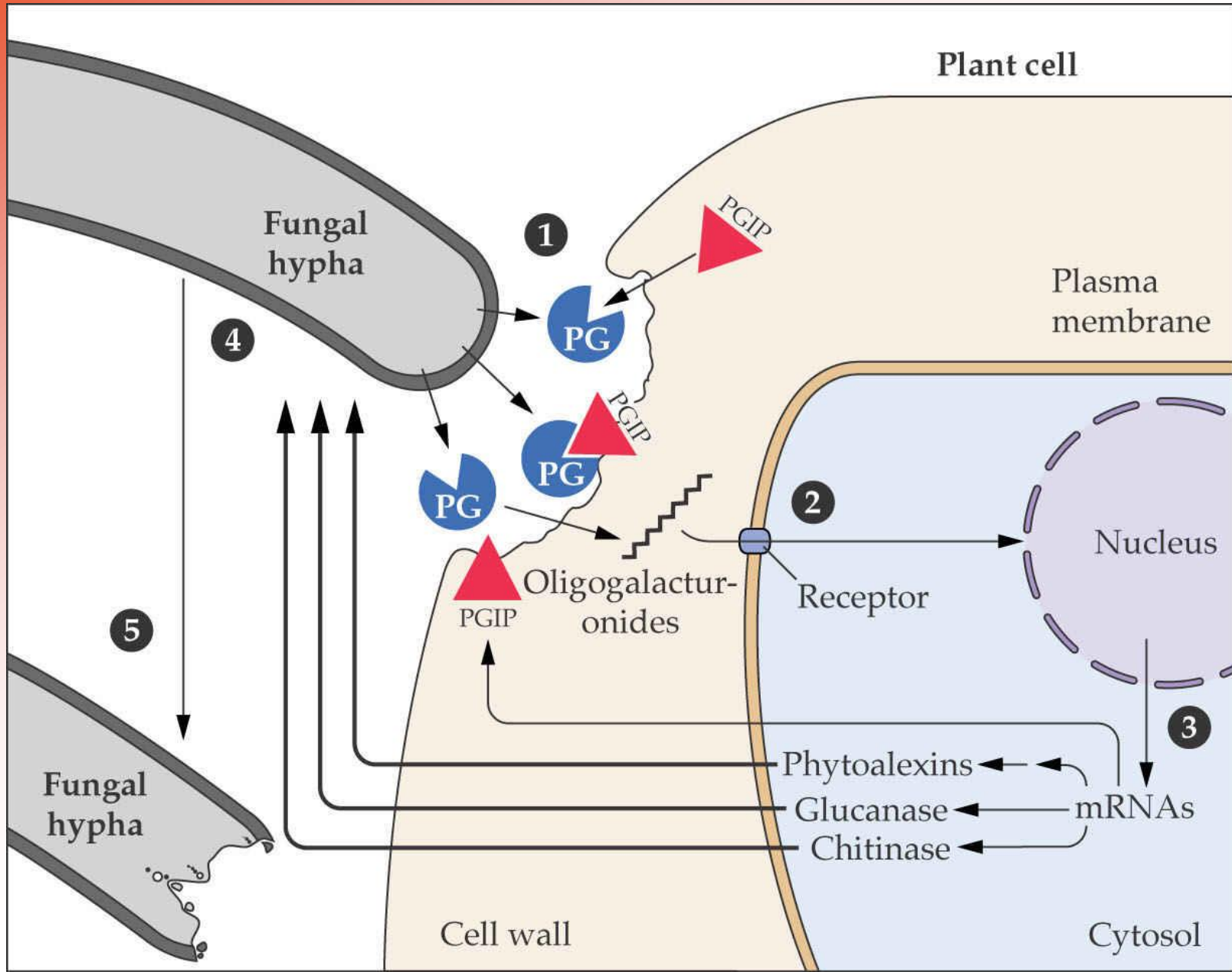


Crown gall



Root knot nematode





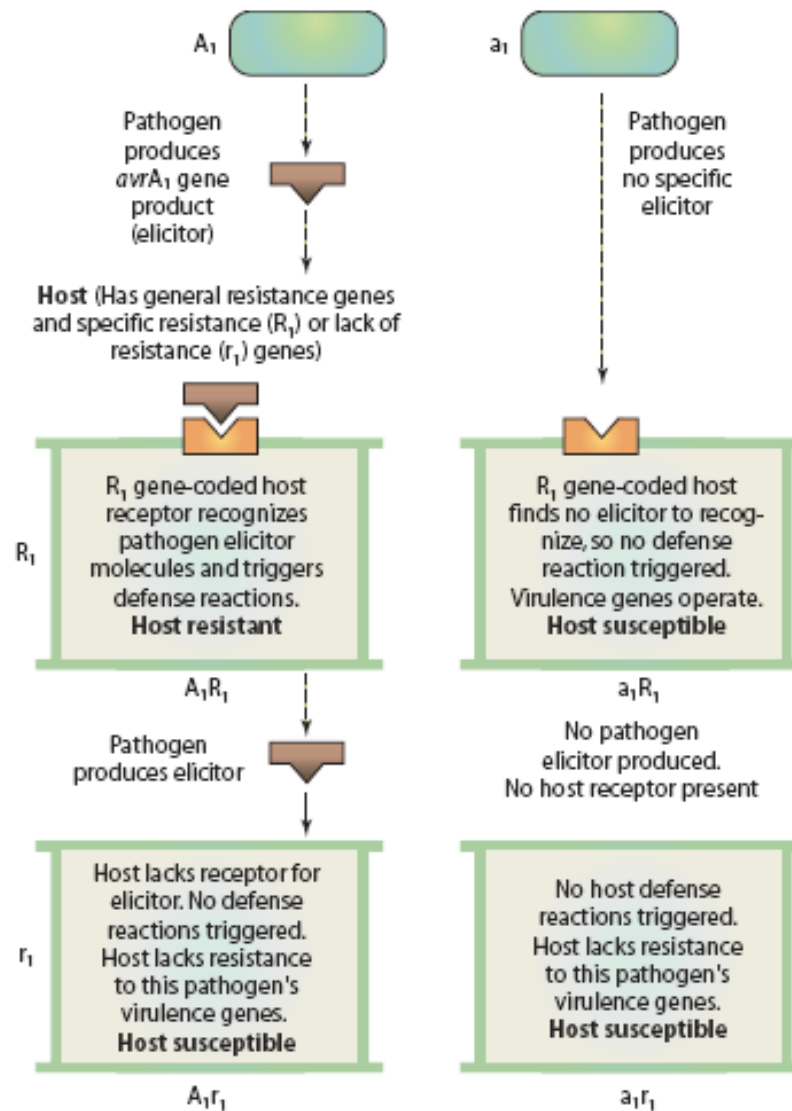


FIGURE 4-11 Basic interactions of pathogen avirulence (A)/virulence (a) genes with host resistance (R)/susceptibility (r) genes in a gene-for-gene relationship and final outcomes of the interactions.

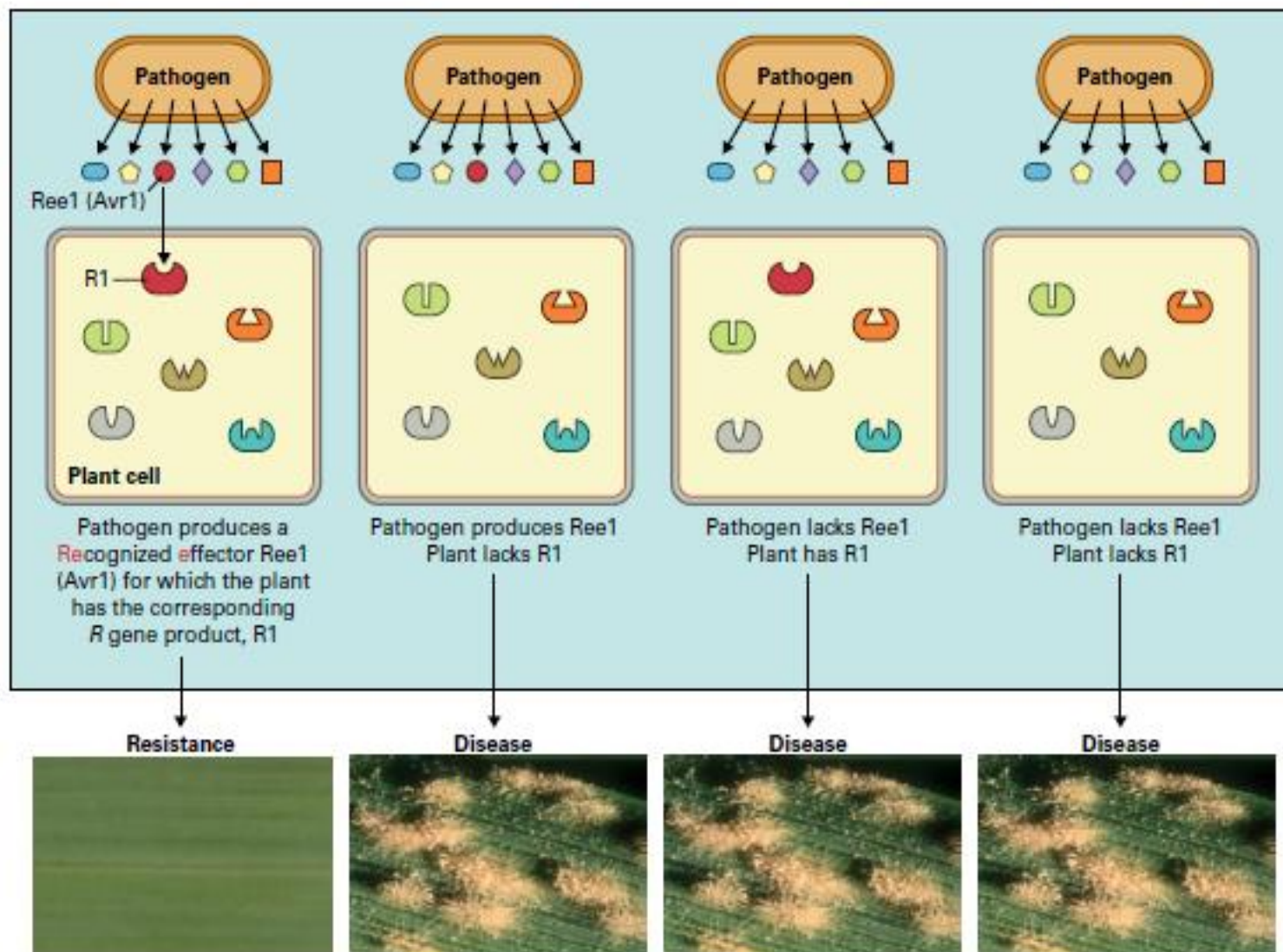


FIGURE 21.38 The gene-for-gene model. The four strains of a pathogen (top) each produce a distinct repertoire of effector molecules. Two of the four carry the *avr1* gene and so produce the effector molecule *Avr1* (red). The four genotypes of the host each have a repertoire of *R* genes, and two of the four have the *R1* gene, which encodes the *R1* protein that enables the plants to recognize the pathogen *Avr1* effector. Therefore *Avr1* can also be called the recognized effector (*Ree1*). A plant is resistant to the pathogen only when a pathogen carrying the *avr1* gene infects a plant carrying the *R1* gene, thus triggering *R* gene-mediated defense mechanisms (left). In all other cases, the plant is unable to recognize the pathogen and thus is susceptible to infection and disease. The photographs show resistant and susceptible outcomes following inoculation of barley leaves (*Hordeum vulgare*) with the barley mildew fungus (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*).

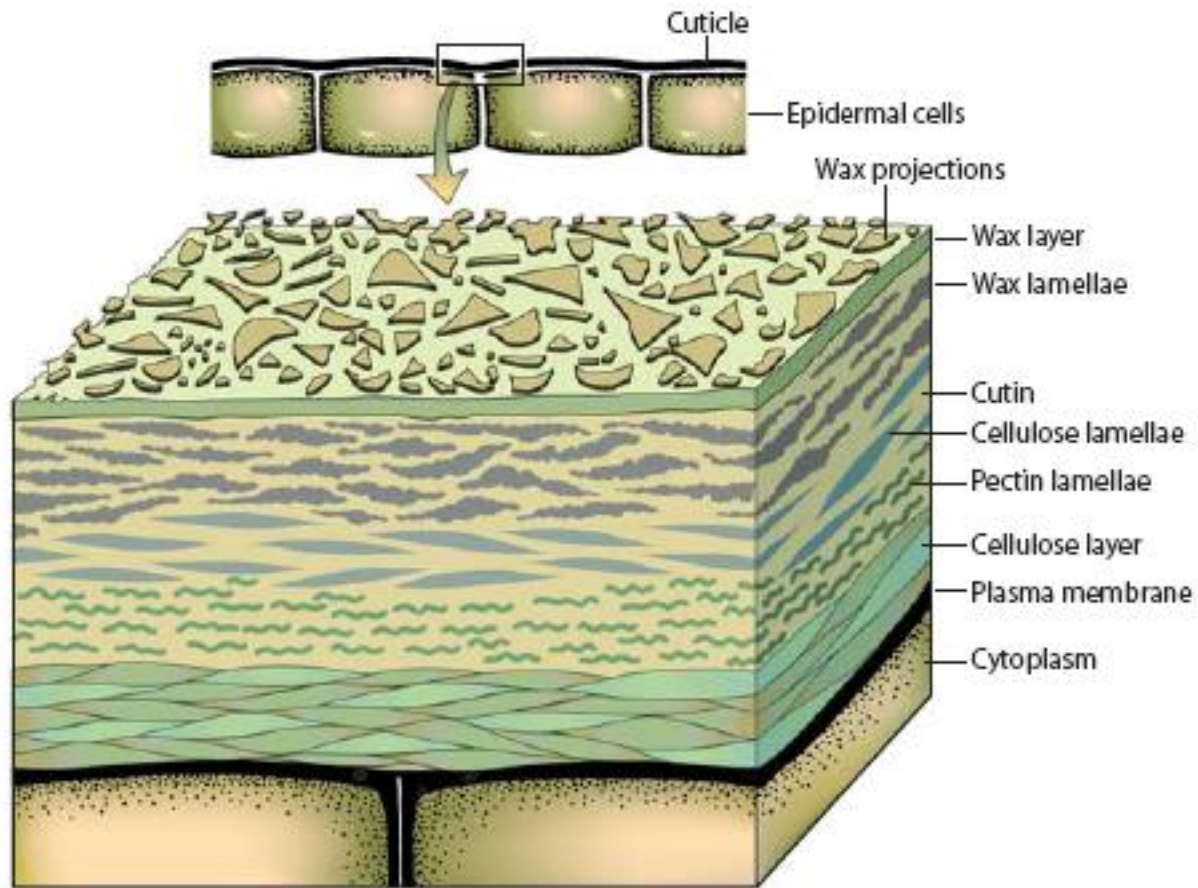


FIGURE 5-3 Schematic representation of the structure and composition of the cuticle and cell wall of foliar epidermal cells. [Adapted from Goodman *et al.* (1967).]

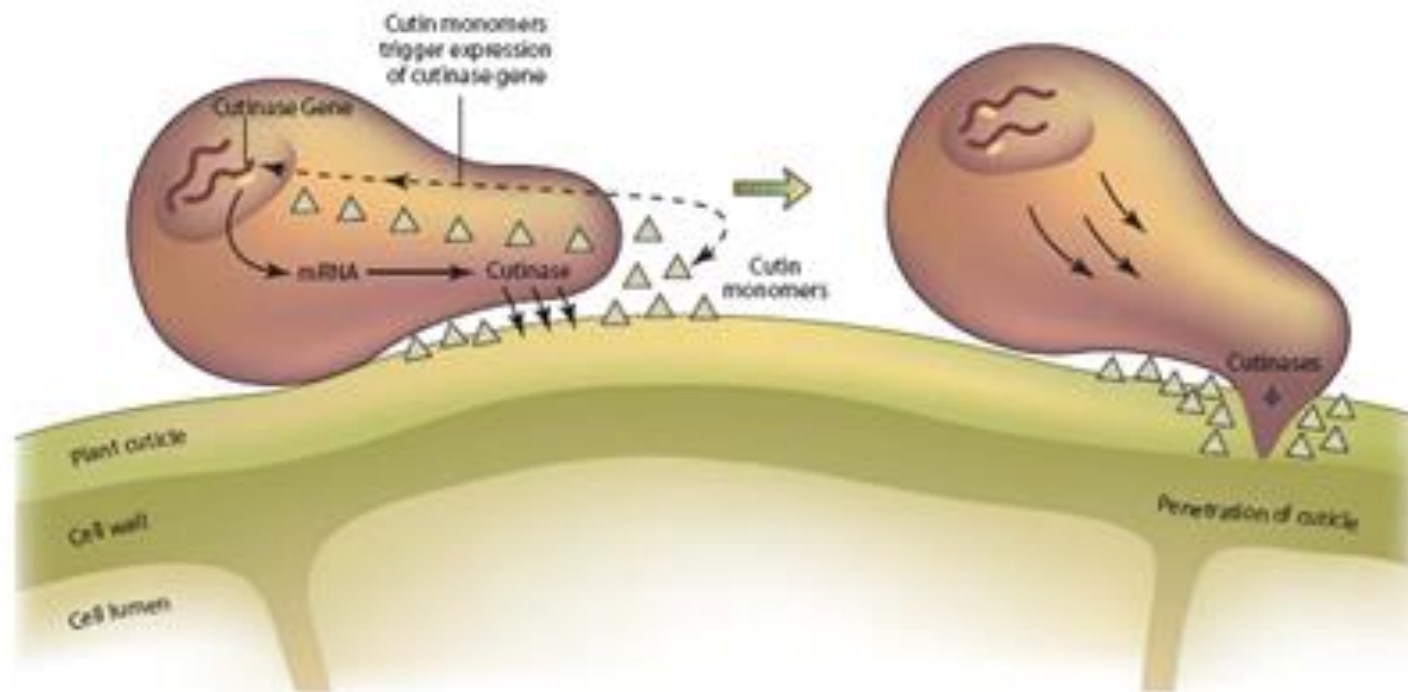


FIGURE 5-5 Diagrammatic representation of cuticle penetration by a germinating fungus spore. Constitutive cutinase releases a few cutin monomers from the plant cuticle. These trigger expression of the cutinase genes of the fungus, leading to the production of more cutinase(s), which macerates the cuticle and allows penetration by the fungus.

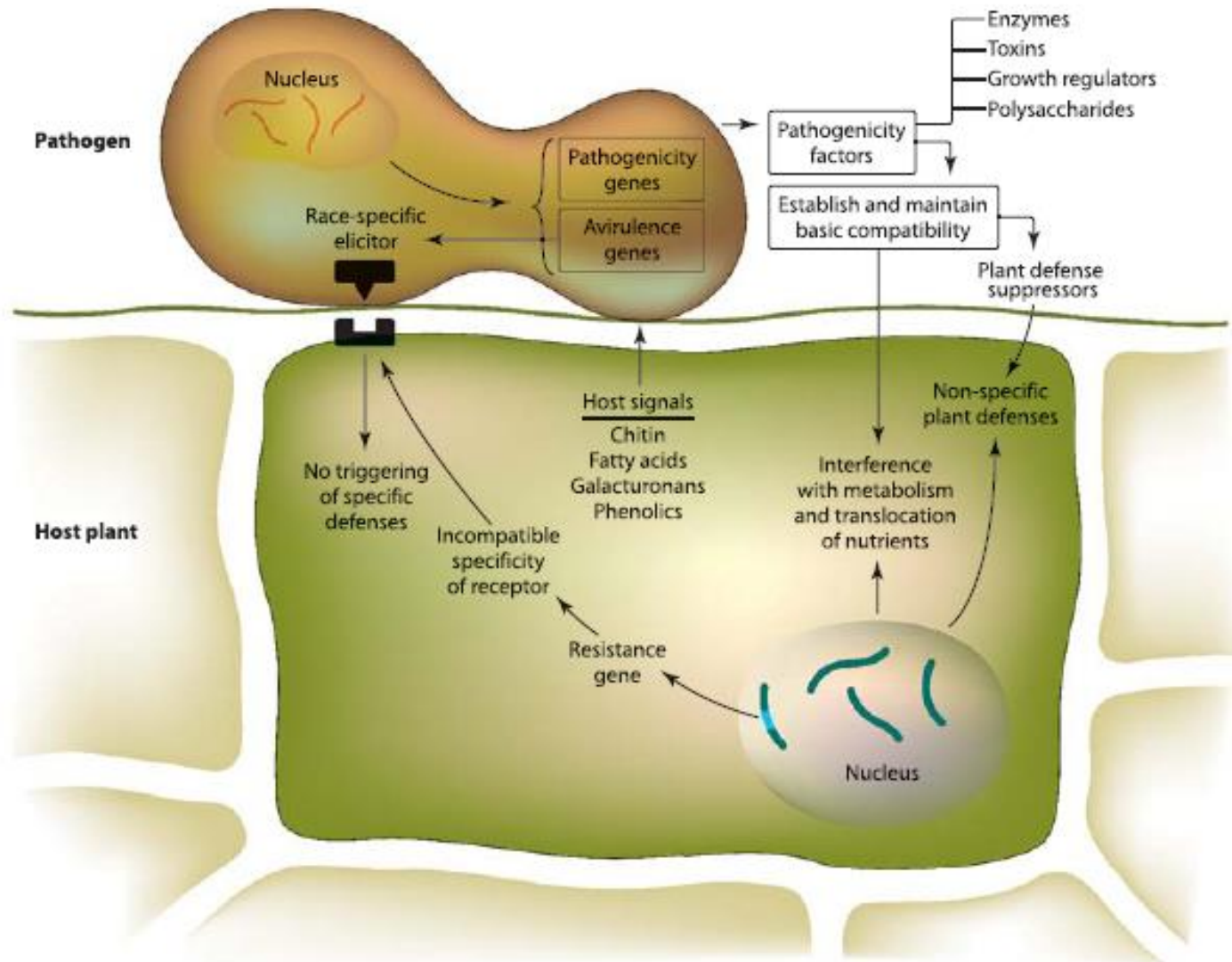
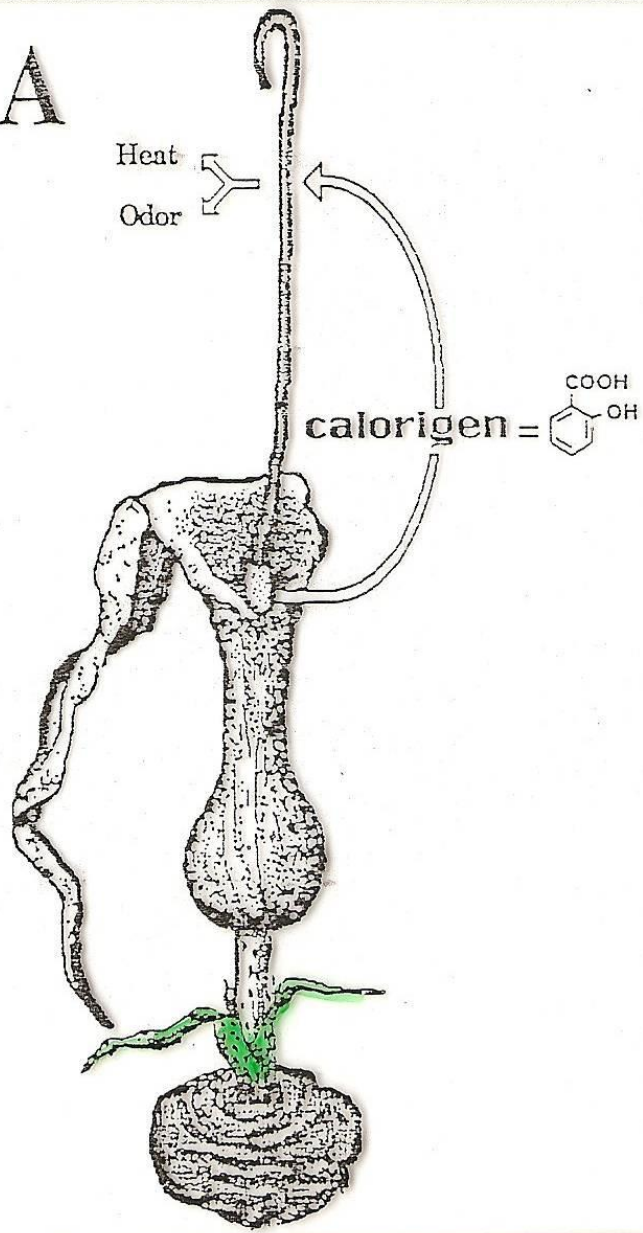
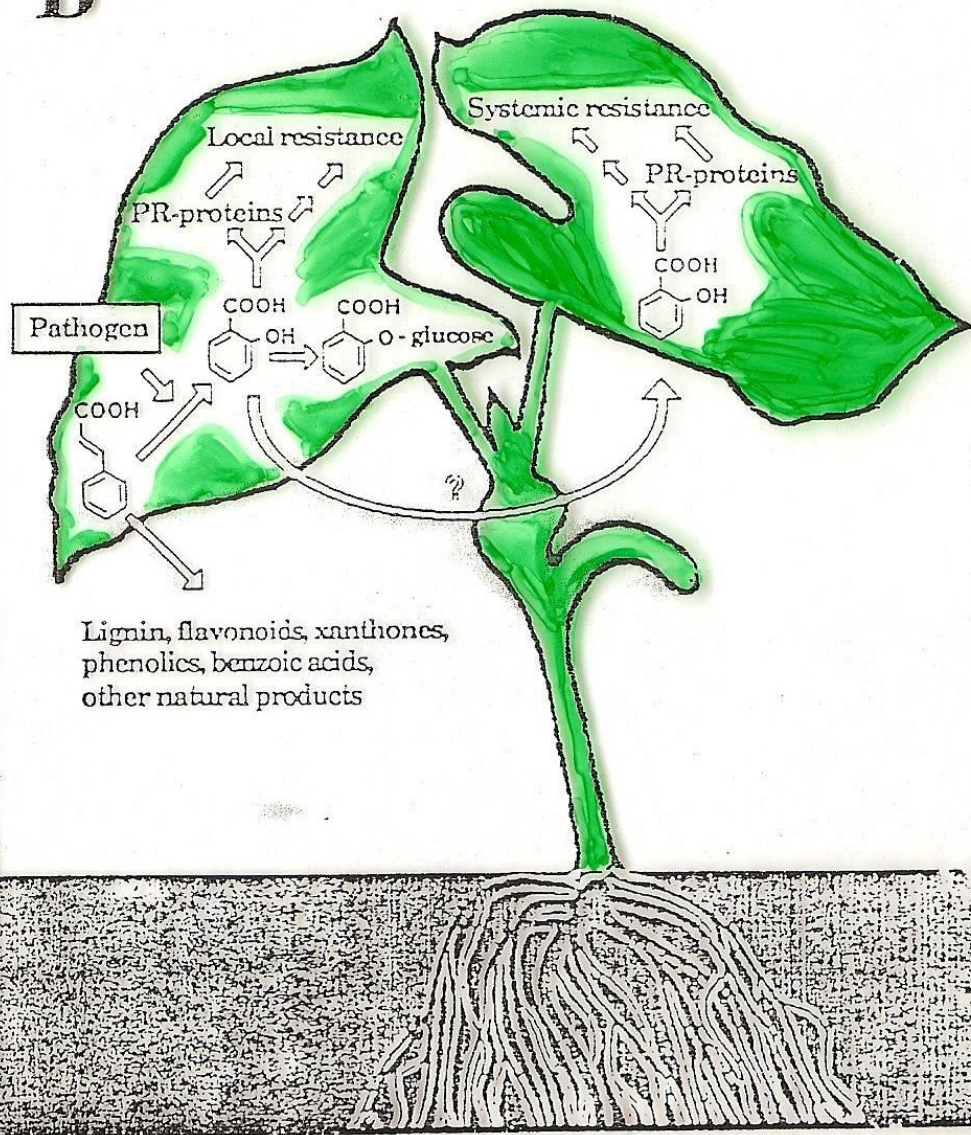
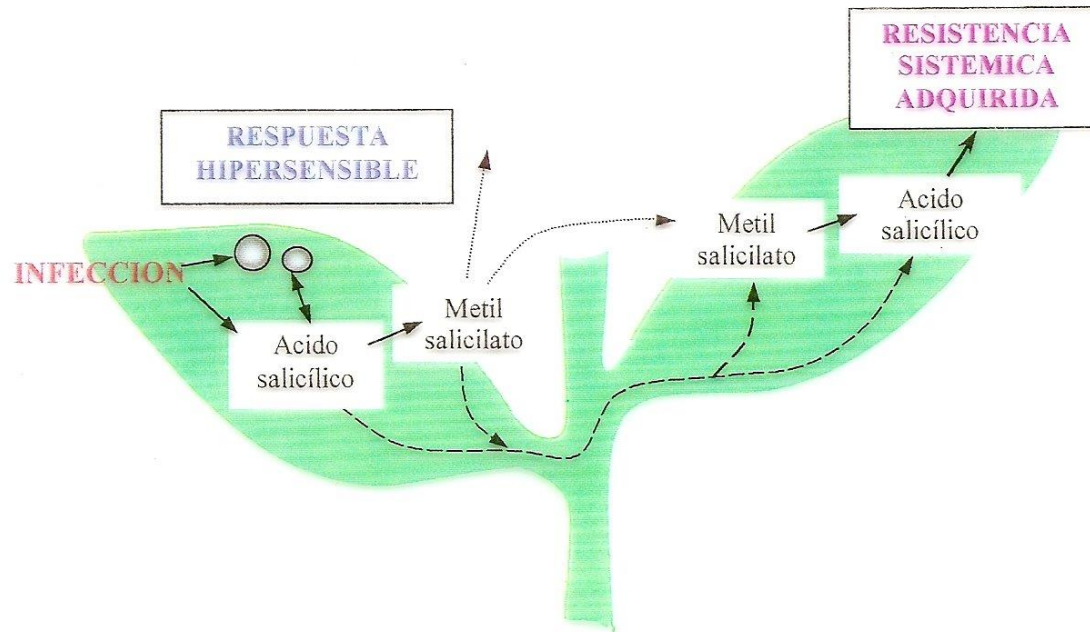


FIGURE 2-6 Establishment of infection in a compatible reaction between a pathogen and its host plant.

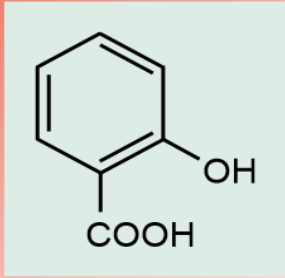
AHeat
Odor**B**



Respuesta de defensa a una infección patógena.

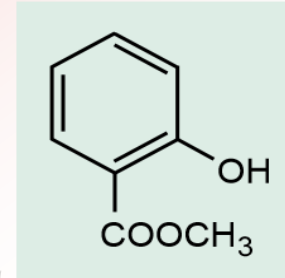
La infección de patógenos a plantas resistentes resulta generalmente en una respuesta hipersensible (la formación de lesiones necróticas y un restringido crecimiento y dispersión del patógeno). Una variedad de respuestas de defensa se inducen localmente alrededor de los sitios de infección: aumento en las especies reactivas del oxígeno, inducción de genes de proteínas patogénicas relacionadas (PR), peroxidasas y enzimas involucradas en el ablandamiento de la pared celular y biosíntesis de fitoalexinas. Algunos de estos genes también son activados sistémicamente, y se cree que juegan un rol importante en el desarrollo de la resistencia sistémica adquirida (RSA). La síntesis y acumulación de ácido salicílico parece ser necesaria para la activación de muchas de estas respuestas, tanto localmente como sistémicamente. Aun no se conoce bien como se produce la señal a distancia del ácido salicílico en la RSA. Se ha demostrado que el metil salicilato, derivado del metabolismo del ac. Salicílico, puede actuar como una señal aérea que activaría los mecanismos de defensa en las hojas distantes y aún en las plantas vecinas. Pero a temperatura ambiente es líquido y se trasladaría por el sistema vascular, como el ac. salicílico.

Infección de una hoja



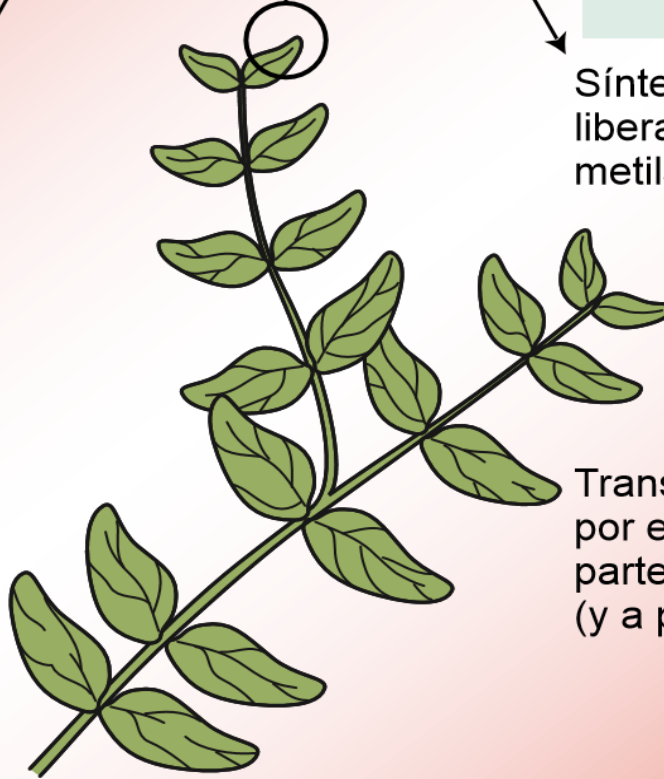
Acumulación de ácido salicílico

Transmisión de la señal a otras partes de la planta a través del sistema vascular, provocando un aumento en la resistencia sistémica a los patógenos

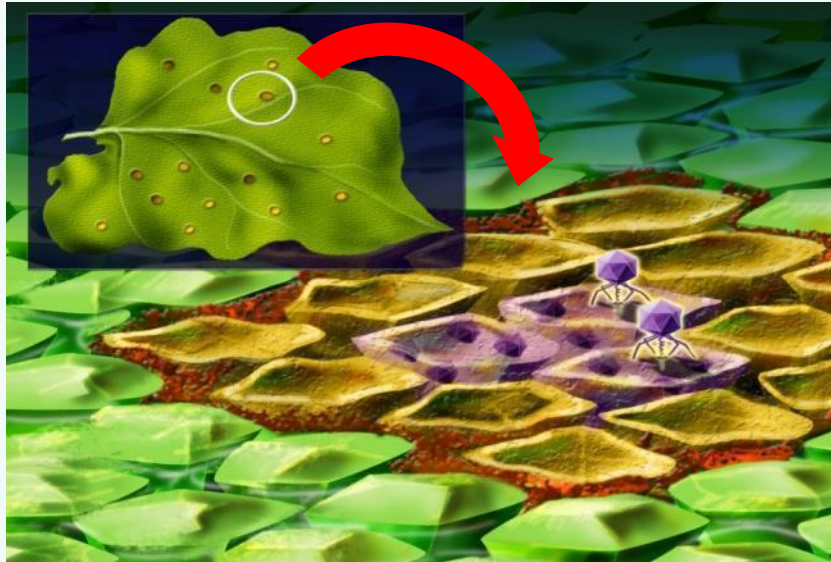


Síntesis y liberación de metilsalicilato

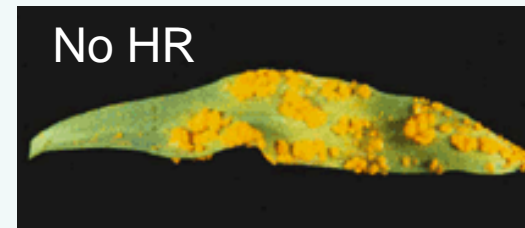
Transmisión de la señal por el aire a otras partes de la planta (y a plantas vecinas)



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



The HR kills the infected cells and cells surrounding them and prevents the pathogen from spreading.



Without a hypersensitive response, the pathogen can multiply.

HIPER SENSIBILIDAD (HR)

ELICITOR



β -glucosidasa libera ác. Salicílico conjugado en el apoplasto

ác. Salicílico inhibe la Catalasa ↓

Aumentan los Radicales Libres ↑

El Estrés de Radicales Libres aumenta la síntesis de Etileno ↑

El Etileno Induce la síntesis de enzimas hidrolíticas ↑

APOPTOSIS

Muerte celular programada



Síntesis de Suberina para sellar la herida contra la pérdida de Agua y patógenos, como en la abscisión.

Formación de capa suberizada

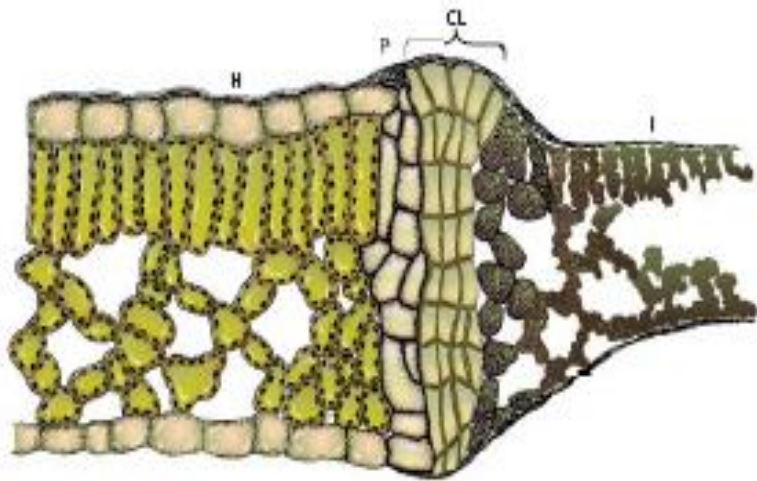


FIGURE 6-5 Formation of a cork layer (CL) between infected (I) and healthy (H) areas of leaf. P, phellogen. [After Cunningham (1928). *Phytopathology* 18, 717-751.]

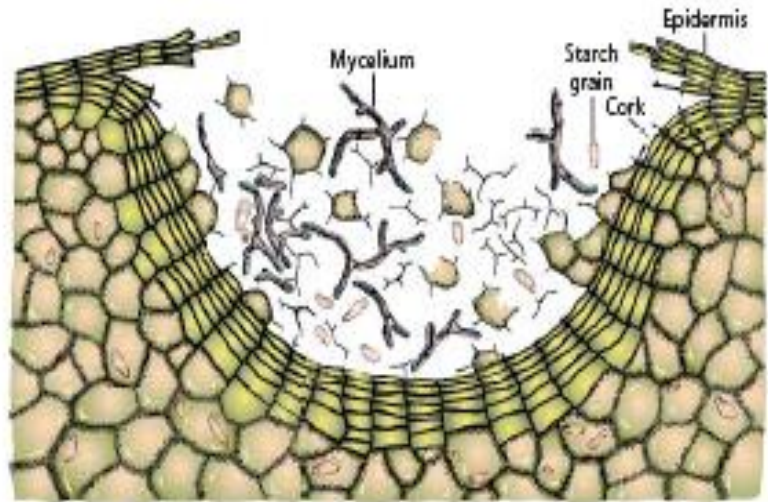
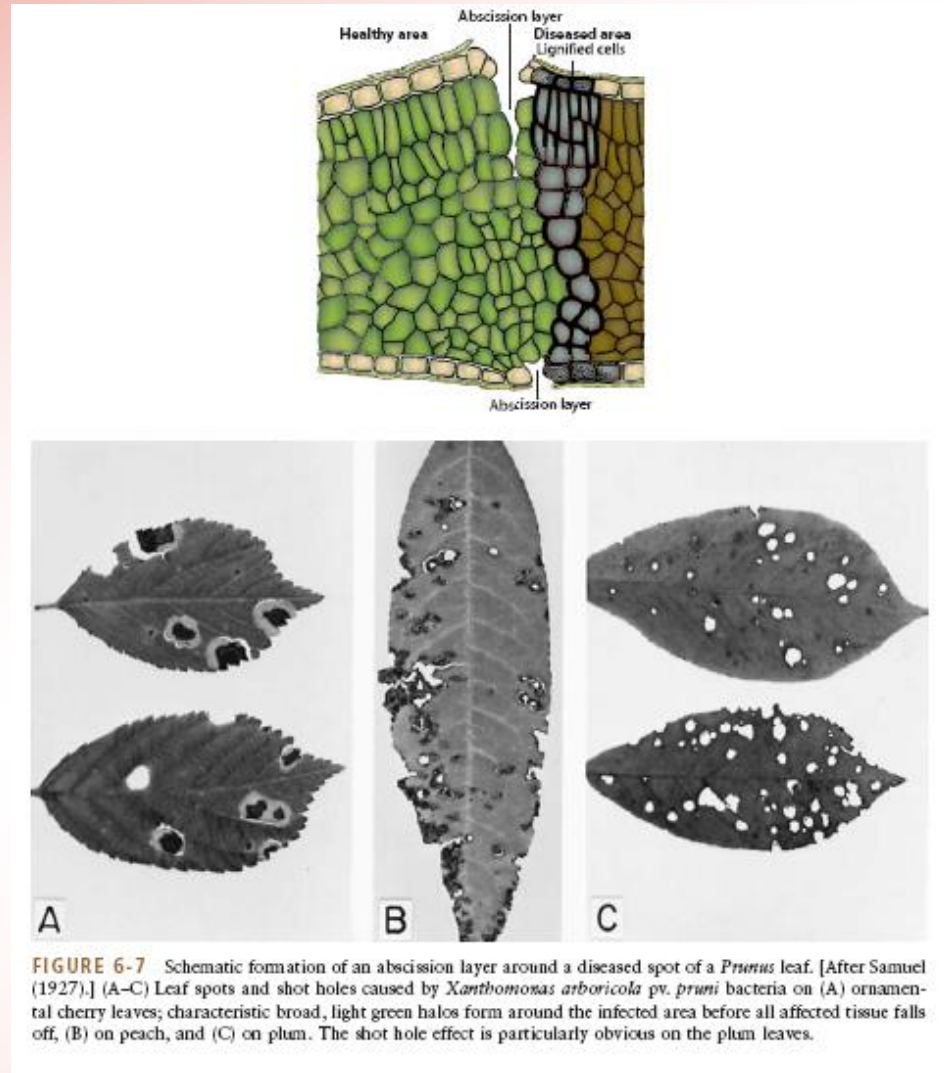
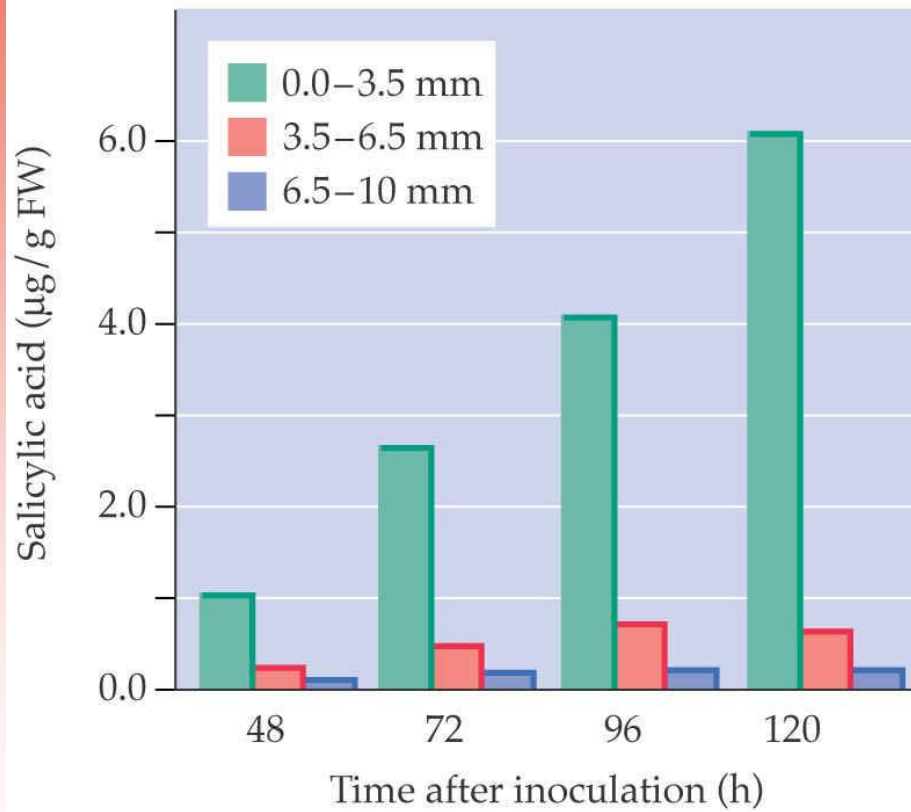


FIGURE 6-6 Formation of a cork layer on a potato tuber following infection with *Rhizoctonia*. [After Ramsey (1917). *J. Agric. Res.* 9, 421-426.]

Formación de capa de abscisión

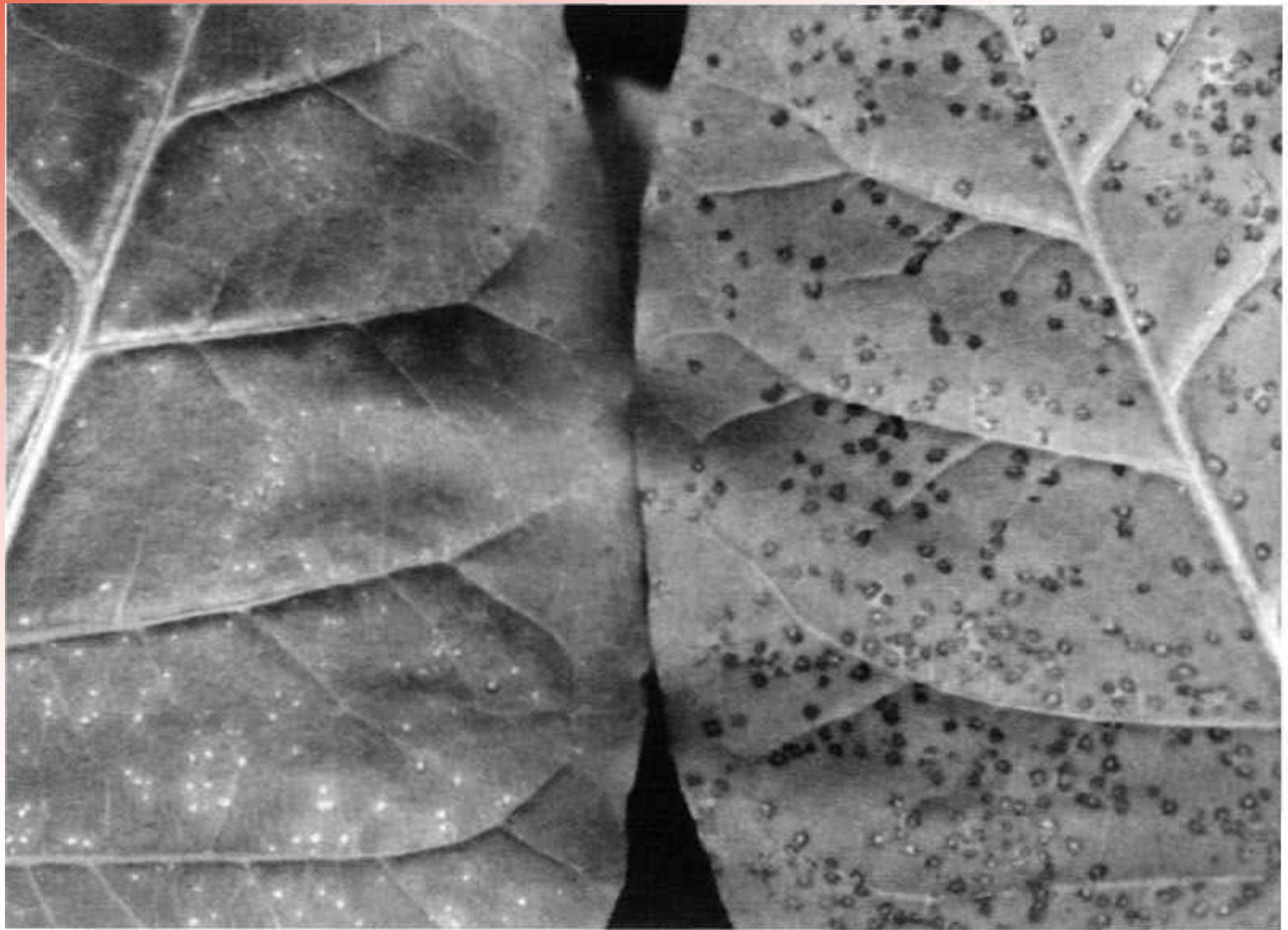


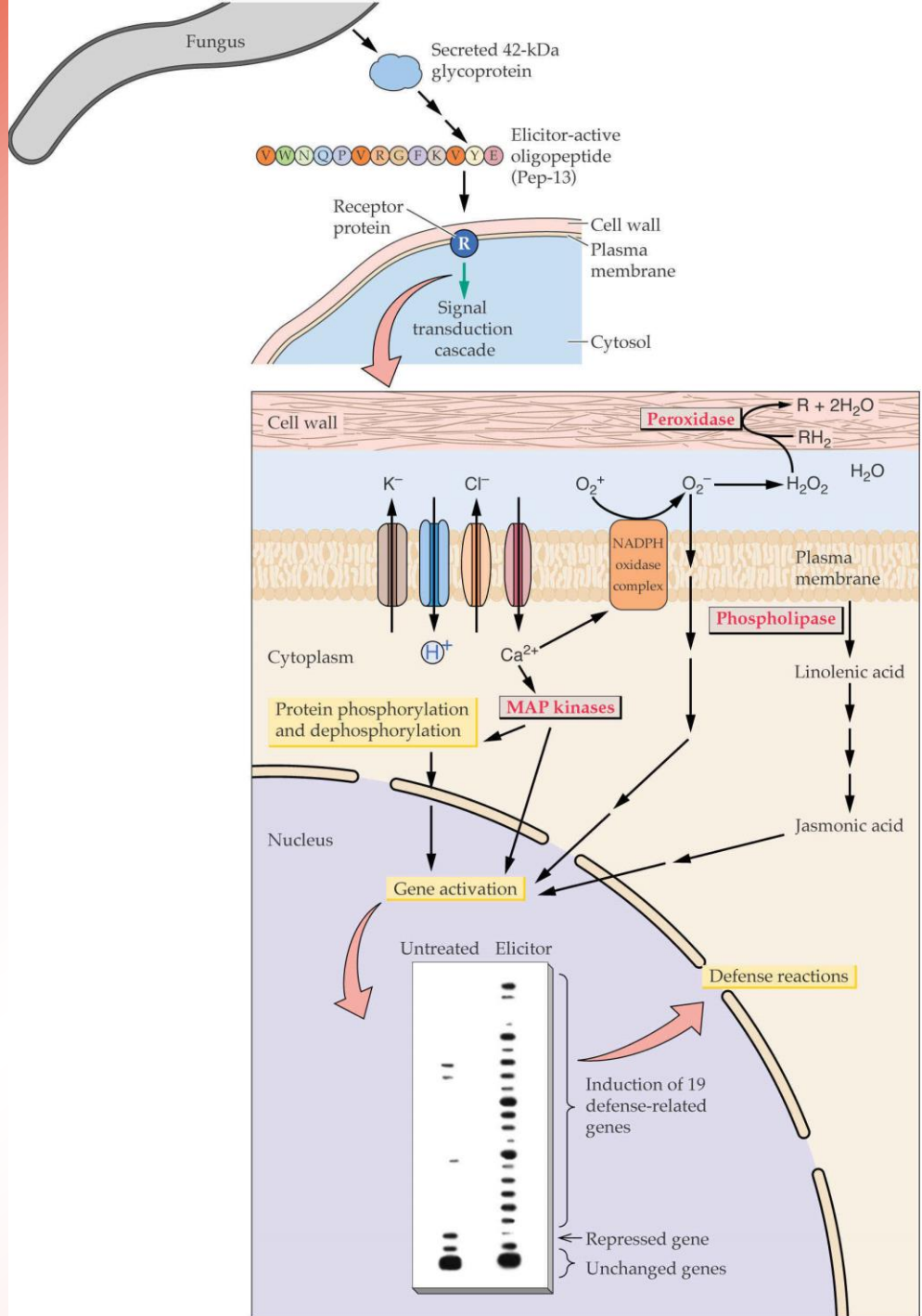
(A)



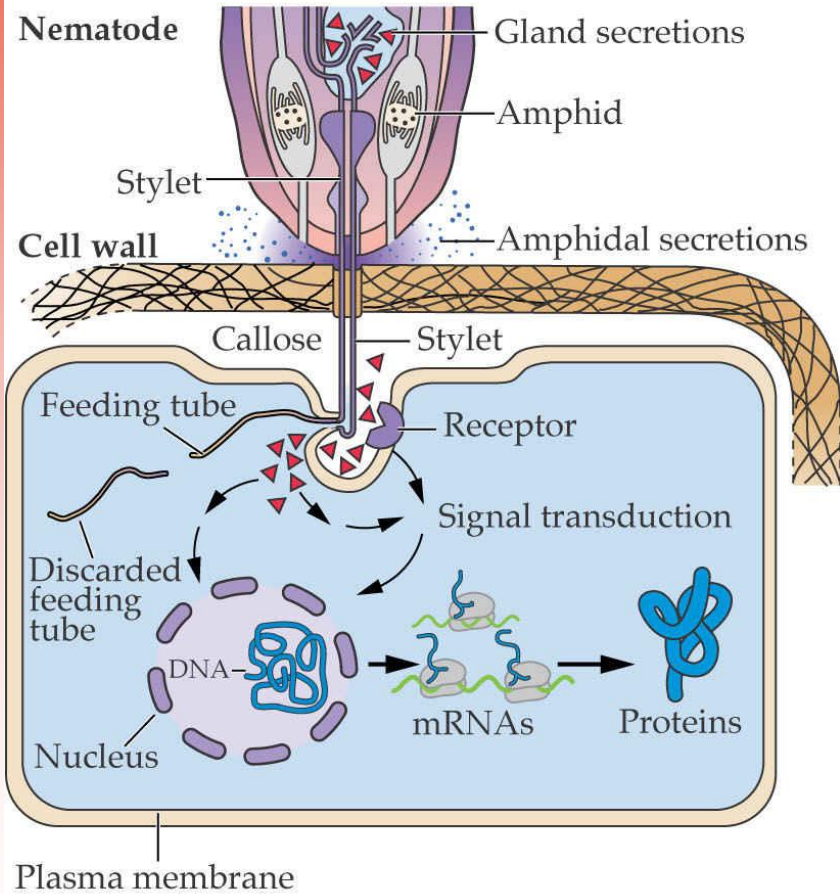
(B)



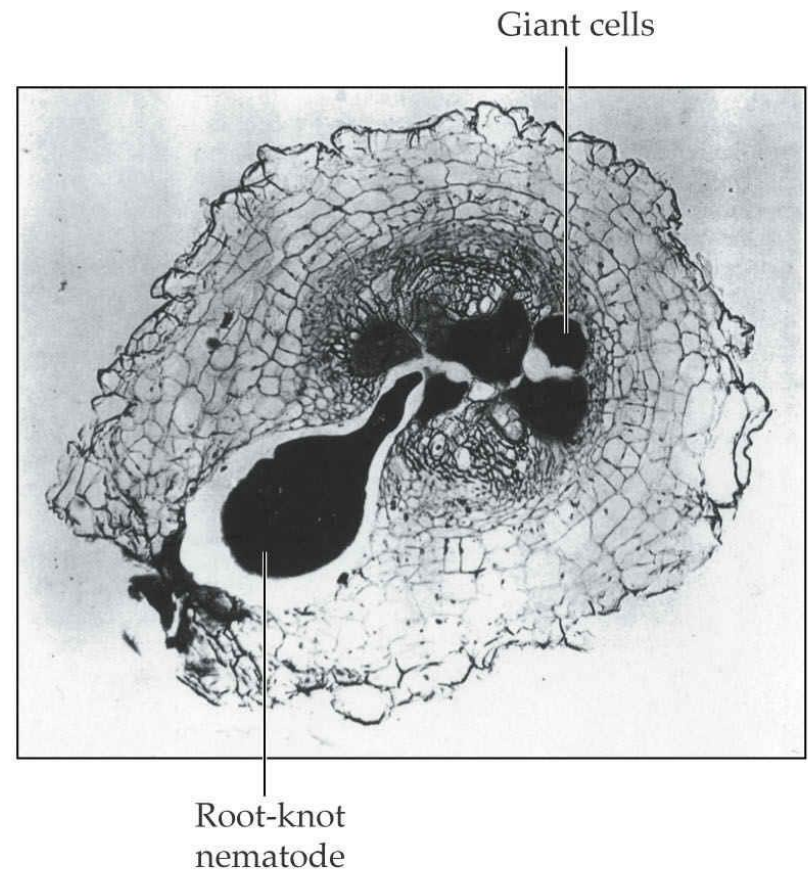




(A)



(B)



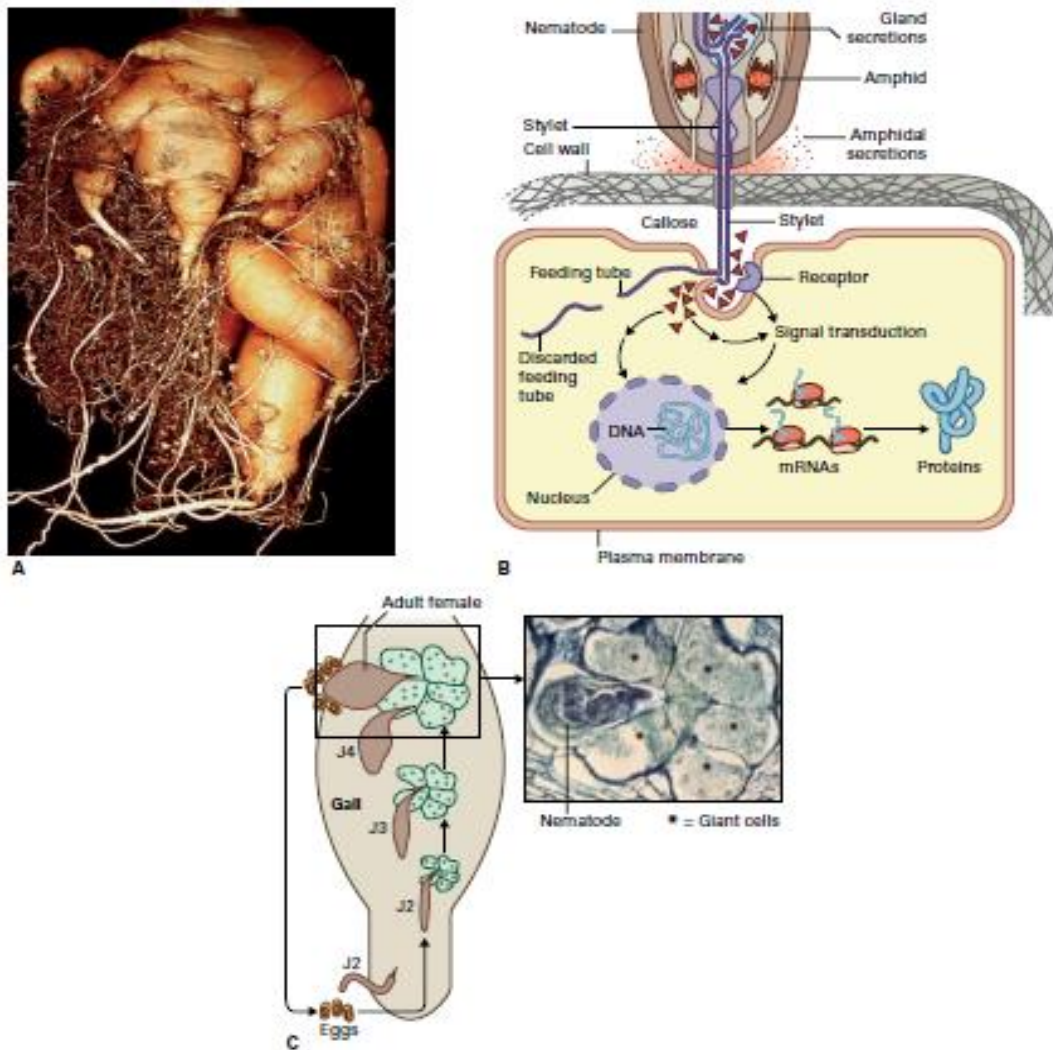
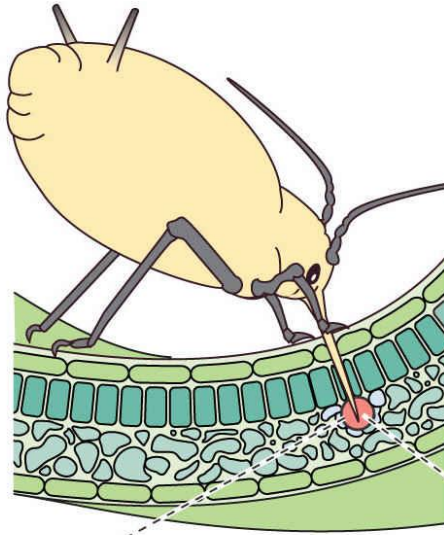


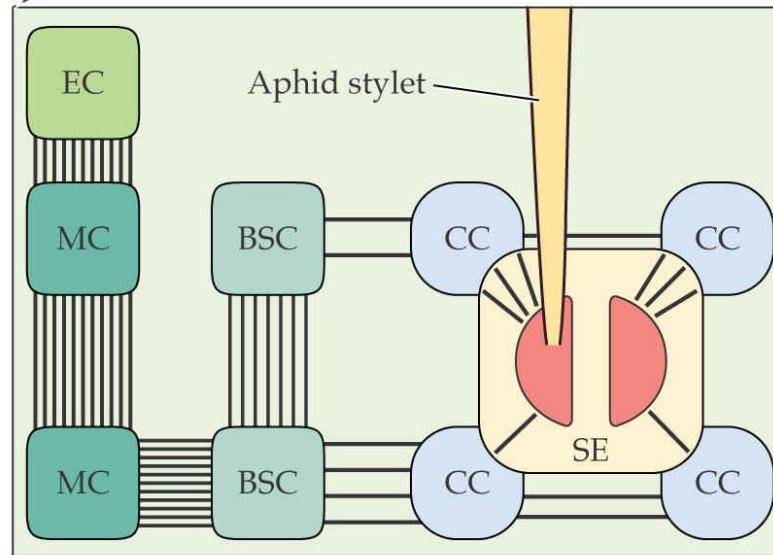
FIGURE 21.17 Plant root–endoparasitic nematode interaction. (A) The swollen and distorted appearance of a carrot (*Daucus carota*) root caused by infection of the root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. (B) The nematode uses a stylet at the anterior to enter a plant cell and pump secretions from the amphid glands into the plant cell. Subsequently, inside the invaded plant cell a new feeding tube is synthesized, which the nematode uses to extract nutrients specifically from the modified cell cytoplasm. In each plant cell selected, hundreds of discarded feeding tubes can accumulate. (C) Life cycle of the root-knot nematode and a stained transverse tissue section showing the giant cells induced by the feeding sedentary nematode. Nematode eggs hatch in the vicinity of the root tip. The second-stage juvenile (J2) then migrates towards the root, enters it close to the tip, migrates towards the vascular tissue, selects a single xylem parenchyma cell, loses mobility, and commences feeding. The body of the feeding sedentary nematode swells (third stage juvenile—J3), and feeding induces plant cell mitosis uncoupled from cytokinesis and DNA endoreduplication. This results in abnormal cortical cell growth and the formation of large giant cells around the J3, fourth-stage juvenile (J4) and the adult nematode. The induced giant cells facilitate nutrient removal from the vascular tissue to enhance nematode growth and facilitate the formation of hundreds of mature eggs inside the body of the female nematode.

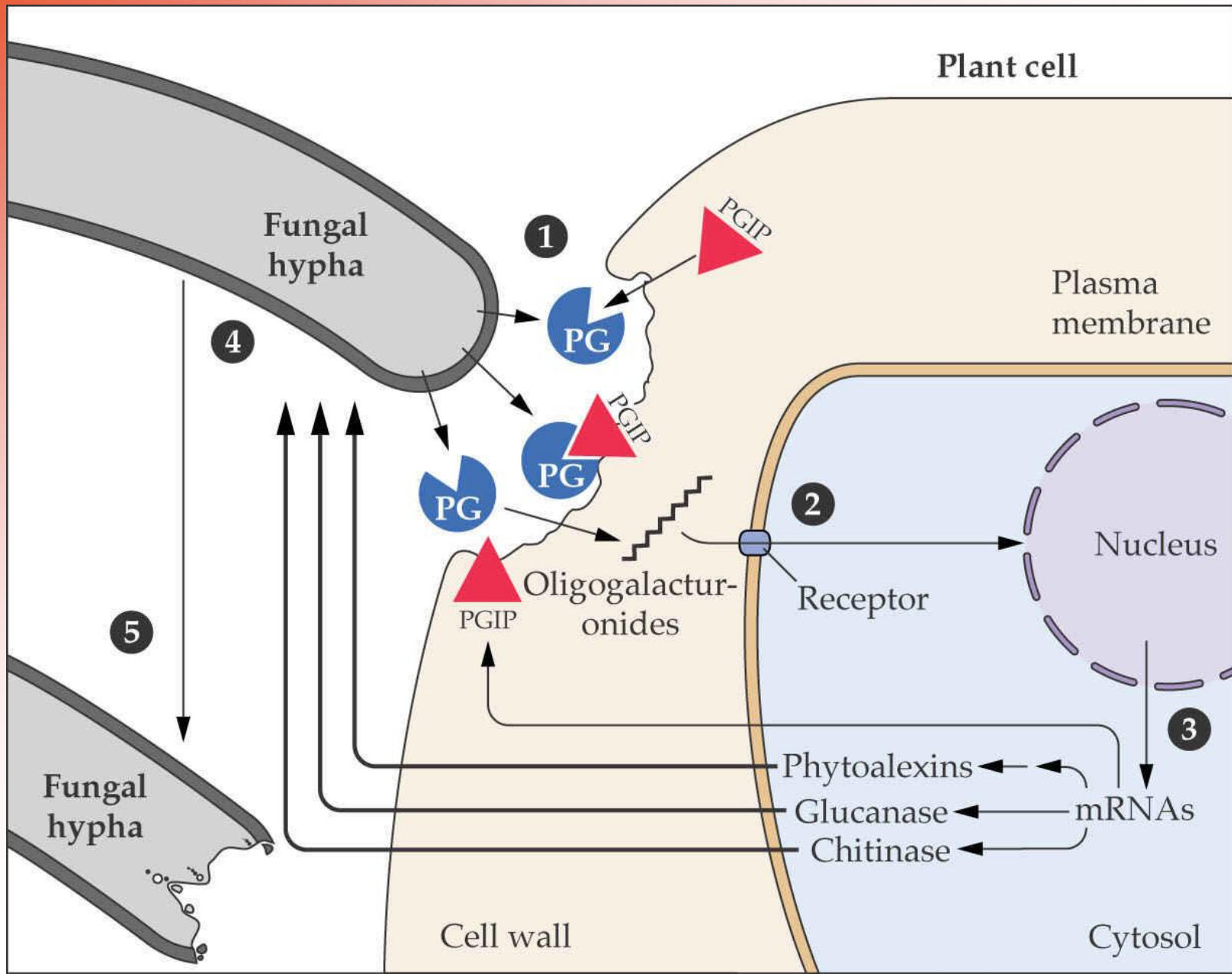
Source: (A) Hapla, APS website; (C) Mitcham et al. (2008). *Curr. Opin. Plant Biol.* 11:75–81.



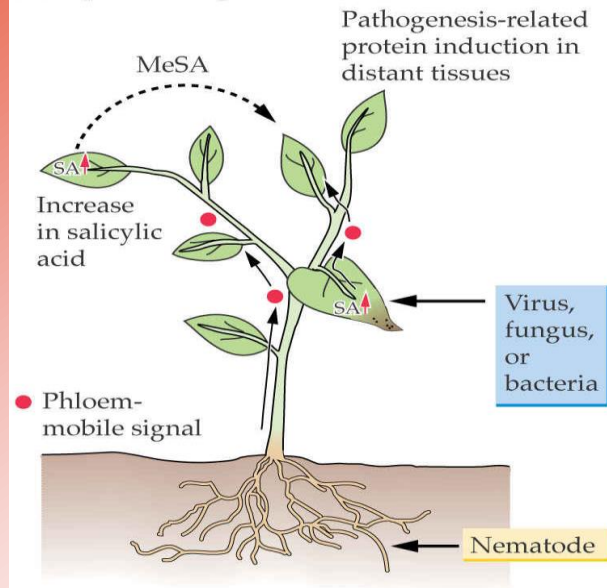


Vascular bundle penetrated by the insect feeding stylet.

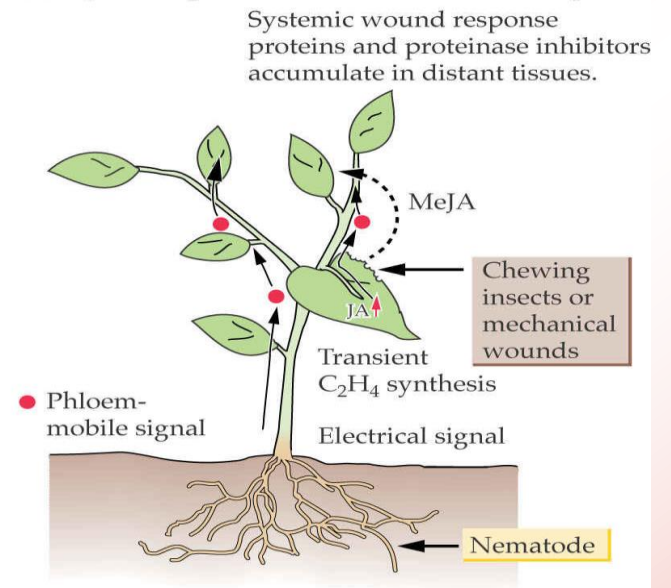




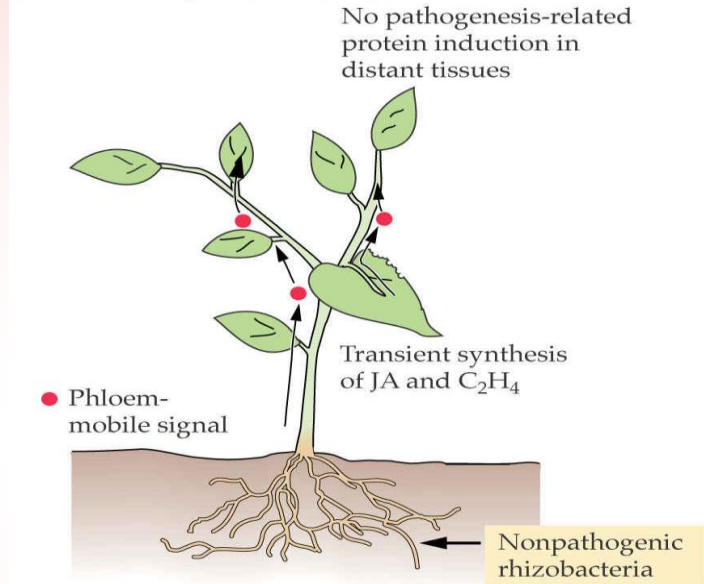
(A) Systemic acquired resistance



(B) Systemic proteinase inhibitor/wound response



(C) Induced systemic resistance

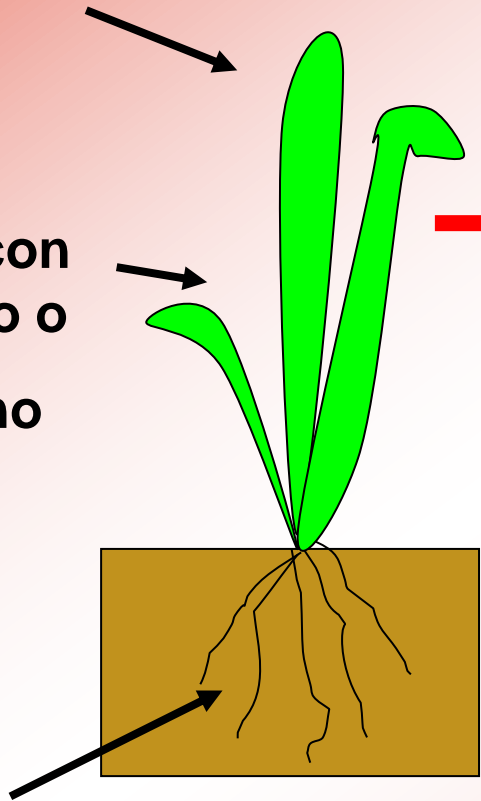


Respuestas sistémicas a patógenos vegetales. (A) Los virus, hongos y bacterias activan sistémicamente un subconjunto de respuestas de defensa en un Fenómeno conocido como resistencia sistémica adquirida (SAR), en el que la formación de necrosis local en el sitio inicial de la invasión del patógeno (HR) desencadena un aumento local de AS y formación de una señal de floema móvil. Posteriormente, en el tejido vegetal distal, las concentraciones de SA aumentan y se libera metil-SA volátil (MeSA). Juntas, estas señales inducen la síntesis de varias proteínas relacionadas con la patogénesis (PR) en partes no invadidas de la planta. (B) En contraste, el ataque de insectos masticadores o heridas mecánicas activan una respuesta protectora diferente, la respuesta sistémica de PI / herida, donde el daño tisular inicial provoca un aumento transitorio en la síntesis de etileno y ácido jasmónico (JA). Jasmonato de metilo volátil (MeJA) y otra señal de floema móvil llamada sistemina activan las respuestas sistémicas, que incluyen la acumulación de inhibidores de proteinasa (PI) y otras proteínas de respuesta sistémica a heridas (SWRP). Los nematodos que atacan las raíces parecen inducir una mezcla de SAR y sistémica Respuestas PI / herida. (C) Resistencia sistémica inducida (RSI) causada por rizobacterias no patógenas que habitan en el suelo y colonizan las raíces de las plantas. RSI requiere señalización mediada tanto por JA como por etileno para inducir respuestas de defensa protectora en el tejido de la hoja distante. Buchanan B.B., Wilhelm G., Russell J. 2015. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologist, 1265 pp.(pagina1035)

Definición

Patógeno
necrotrófico o
biotrófico

Tratamiento con
algún químico o
AS; AJ; Etileno



Microorganismos
benéficos
colonizan raíces

Situación fisiológica particular:

*PRIMING, Cebado o
APRESTAMIENTO*

las plantas responden **más rápido
y/o más efectivamente** cuando son
expuestas nuevamente
al estrés biótico o abiótico,
característica que está
frecuentemente asociada con la
***resistencia inducida a
enfermedades.***

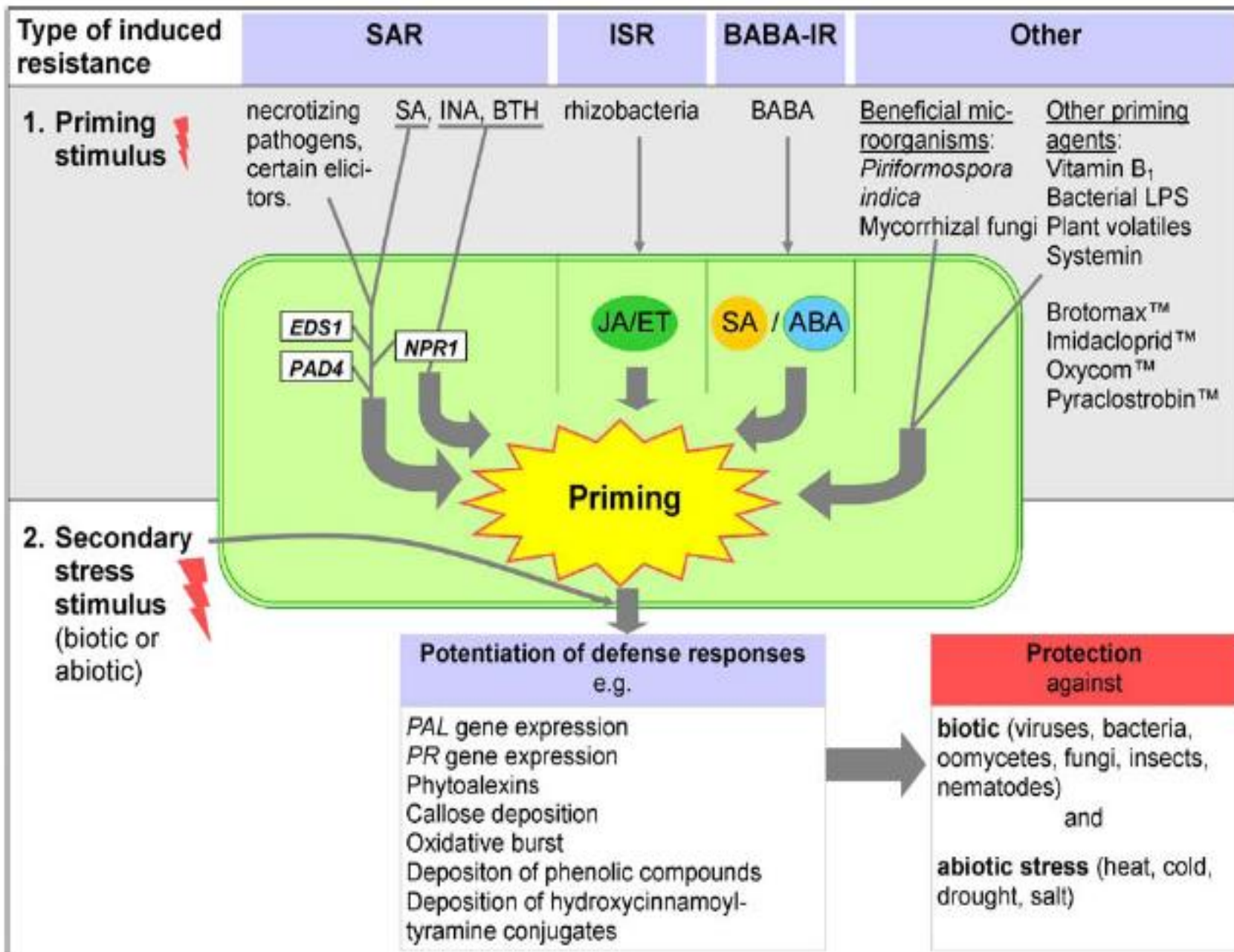
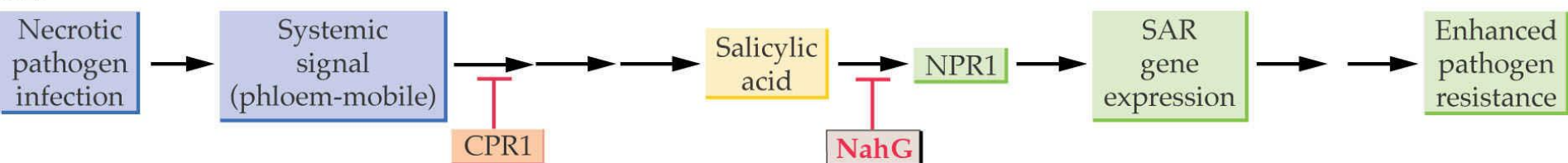
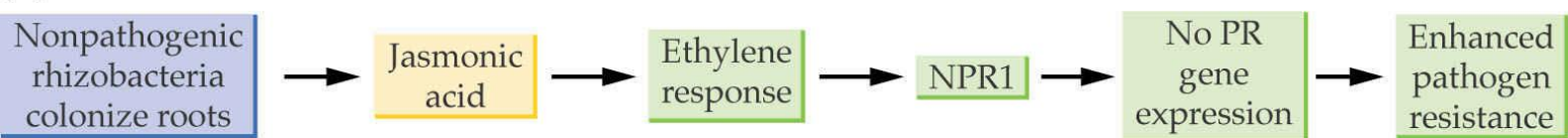


Fig. 1 Events associated with induced resistance phenomena in plants

(A)



(B)



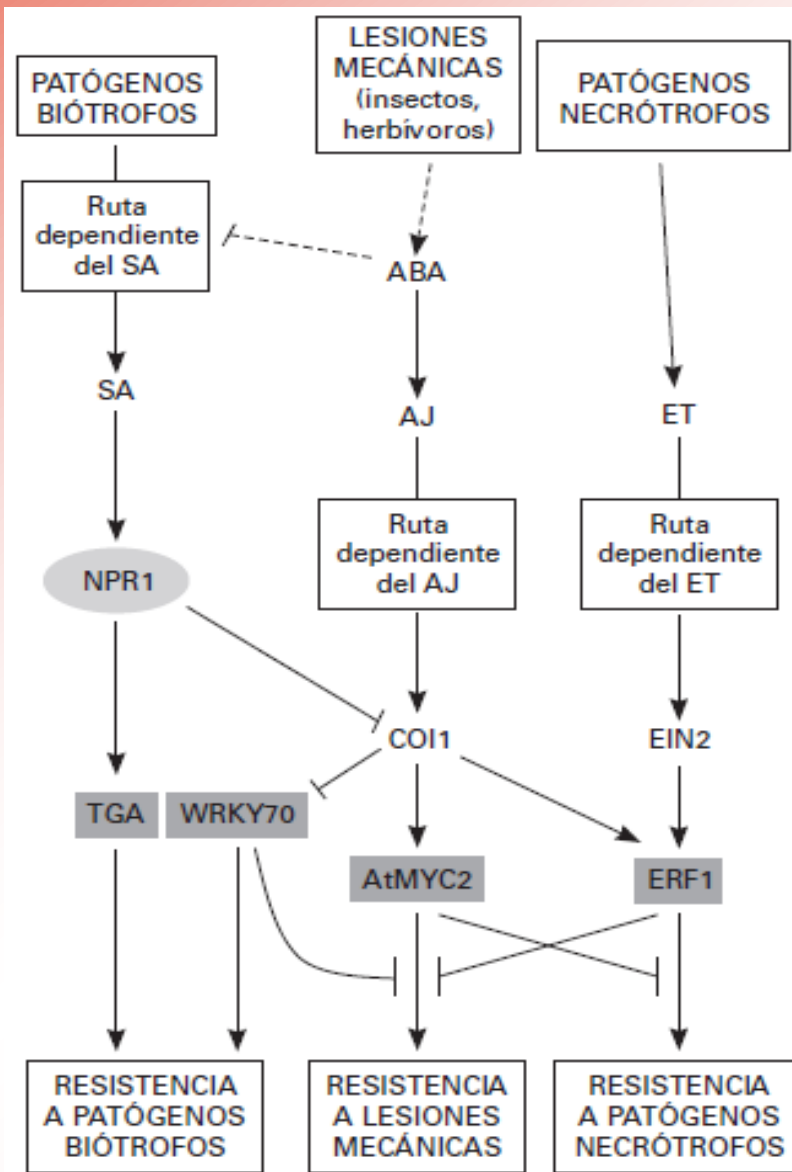
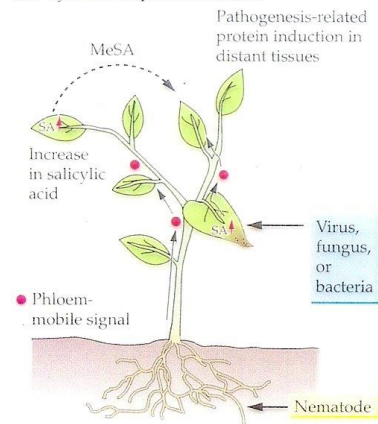
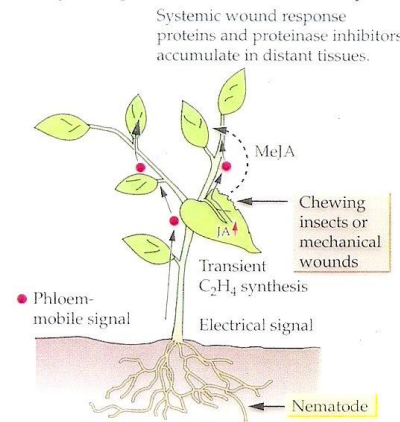


Figura 29-11. Representación esquemática simplificada de la activación de las respuestas defensivas que presenta la crucifera *Arabidopsis thaliana* frente al ataque de los patógenos y a las lesiones mecánicas.

(A) Systemic acquired resistance



(B) Systemic proteinase inhibitor/wound response



(C) Induced systemic resistance

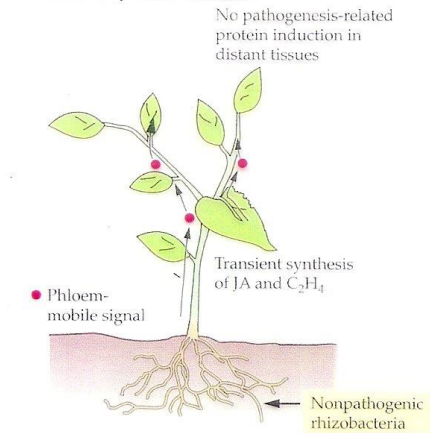


Figure 21.47

(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. Subsequently, in distal plant tissue, SA concentrations increase and volatile methyl-SA (MeSA) is released. Together, these signals induce the synthesis of various pathogenesis-related proteins in the noninvaded parts of the plant. (B) In contrast, attack by chewing insects or mechanical wounds activates a different protective response, the systemic proteinase inhibitor (PI)/wound response. In the systemic PI/wound response activated by chewing insects, the initial tissue damage causes a transient increase in the synthesis of ethylene and jasmonic acid (JA). Volatile methyl jasmonate (MeJA) and another phloem-mobile signal called systemin (and perhaps electrical signals) then activate the systemic responses, which include the accumulation of PIs and other systemic wound response proteins (SWRPs). Root-attacking nematodes appear to induce a mixture of both the SAR and systemic PI/wound responses. (C) Induced systemic resistance (ISR) caused by soil-inhabiting nonpathogenic rhizobacteria colonizing plant roots. ISR requires both JA- and ethylene-mediated signaling to induce protective defense responses in the distant leaf tissue. This form of defense does not involve the accumulation of pathogenesis-related proteins or require SA.



Figure 21.48

Development of systemic acquired resistance (SAR). *N* gene-expressing tobacco leaves are able to restrict the spread of tobacco mosaic virus (TMV) to a small zone of tissue around the point of entry, where a necrotic lesion later appears (right leaf). This resistance phenotype, the hypersensitive response (HR), is subsequently accompanied by the induction of SAR throughout the plant. Consequently, a secondary infection with the virus, occurring several days after the initial infection, results in HR lesions (left leaf) much smaller than those induced by the primary infection. Both leaves are shown four days after infection.

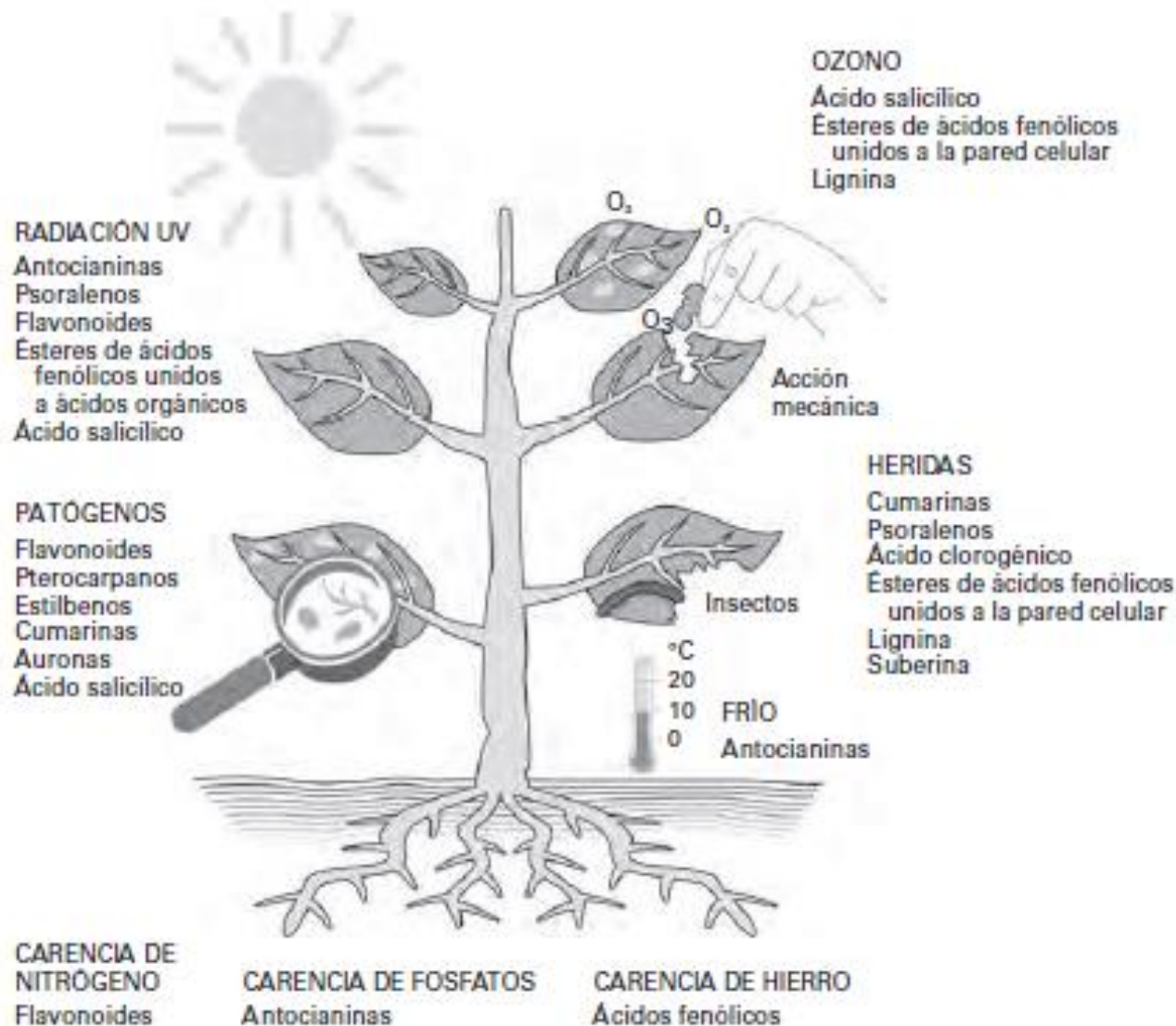
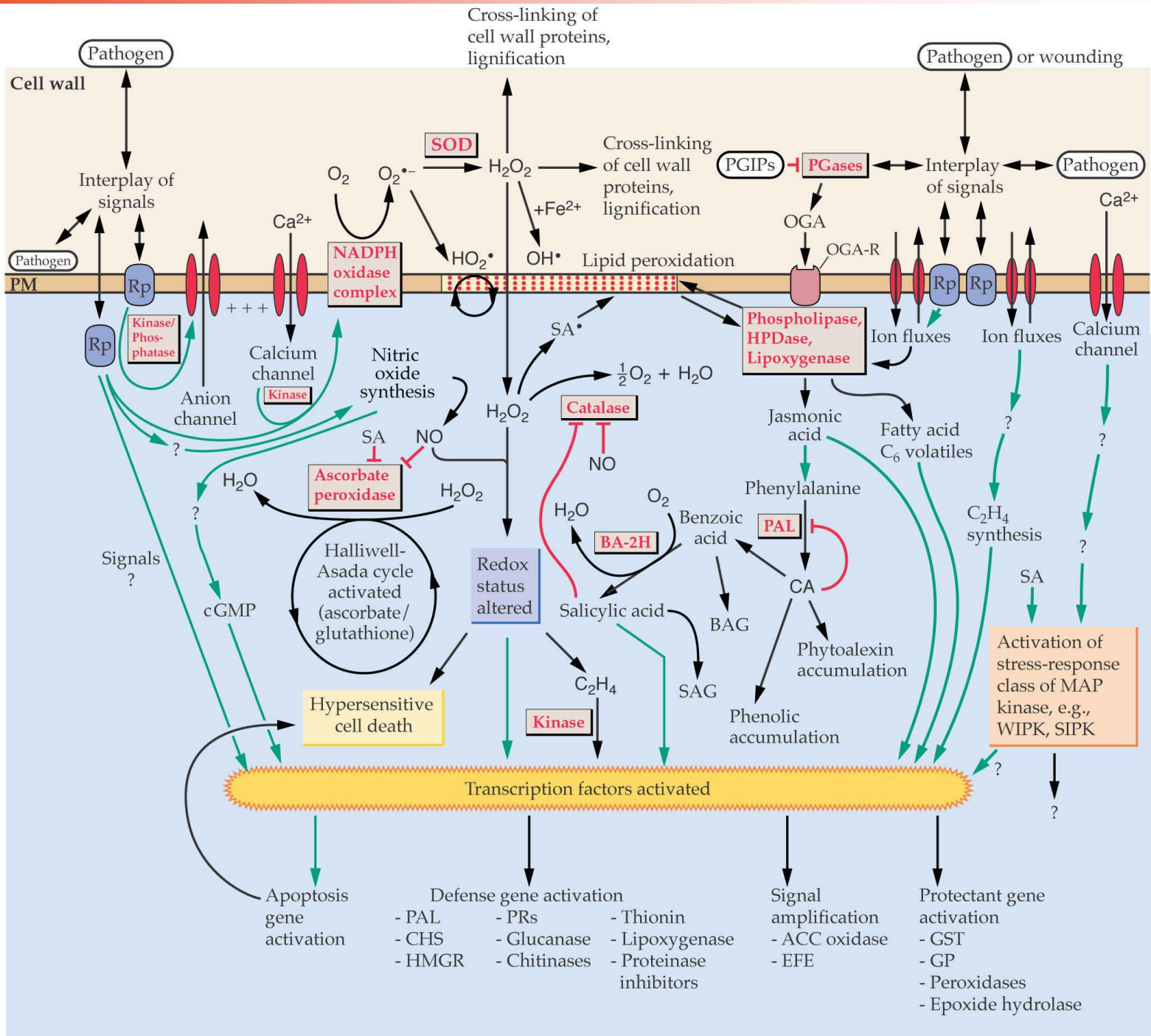
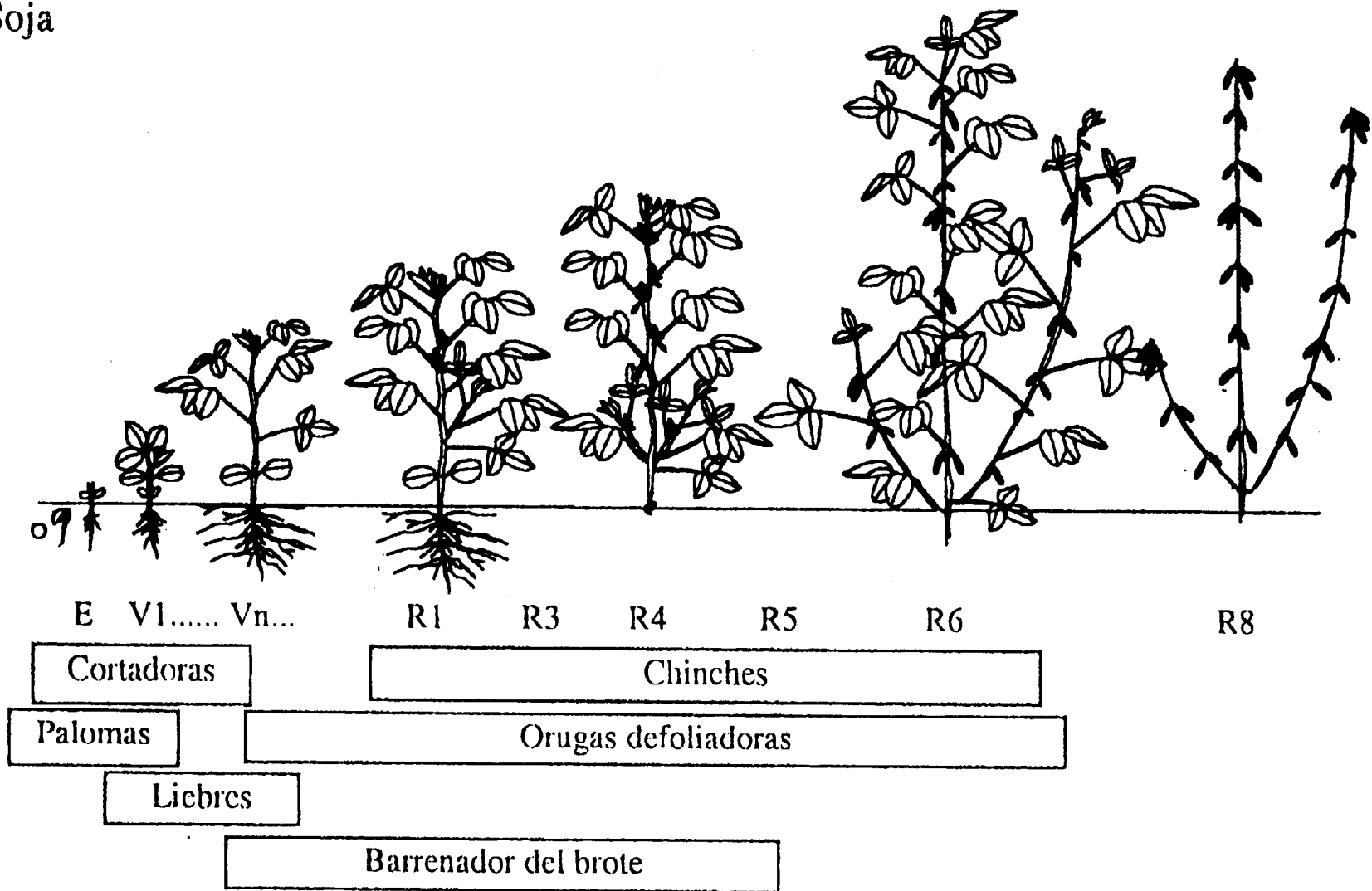
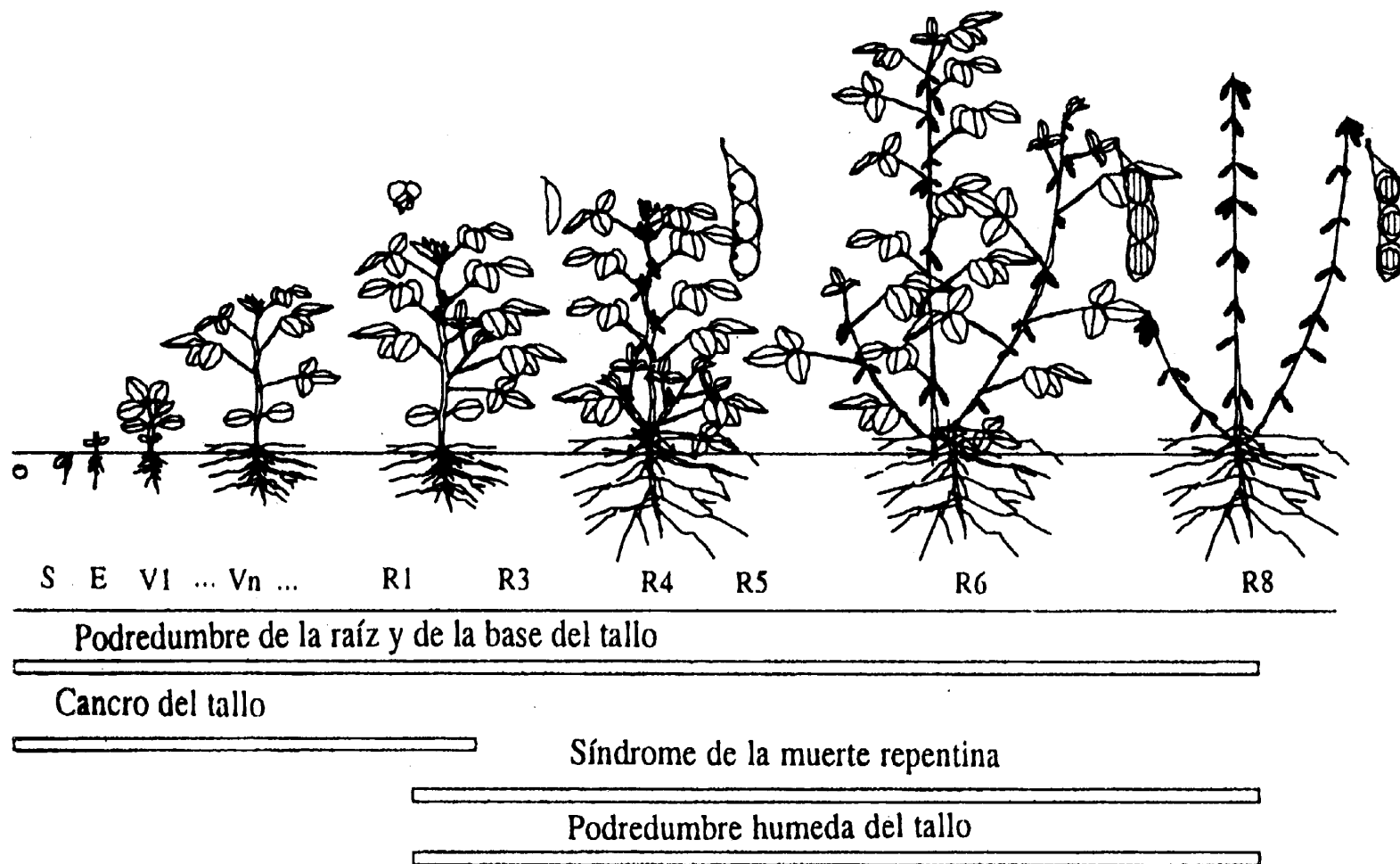


Figura 29-12. El contenido intracelular de diferentes metabolitos secundarios pertenecientes al grupo de los fenilpropanoides aumenta en las hojas o en la raíz como consecuencia del ataque de los patógenos, por las heridas producidas por acciones mecánicas (propiciadas por el viento, los animales herbívoros, el hombre, etc.) o por los insectos, por el exceso de ozono o de radiación UV, por el frío o por la deficiencia en elementos minerales (nitrógeno, fosfatos o hierro).



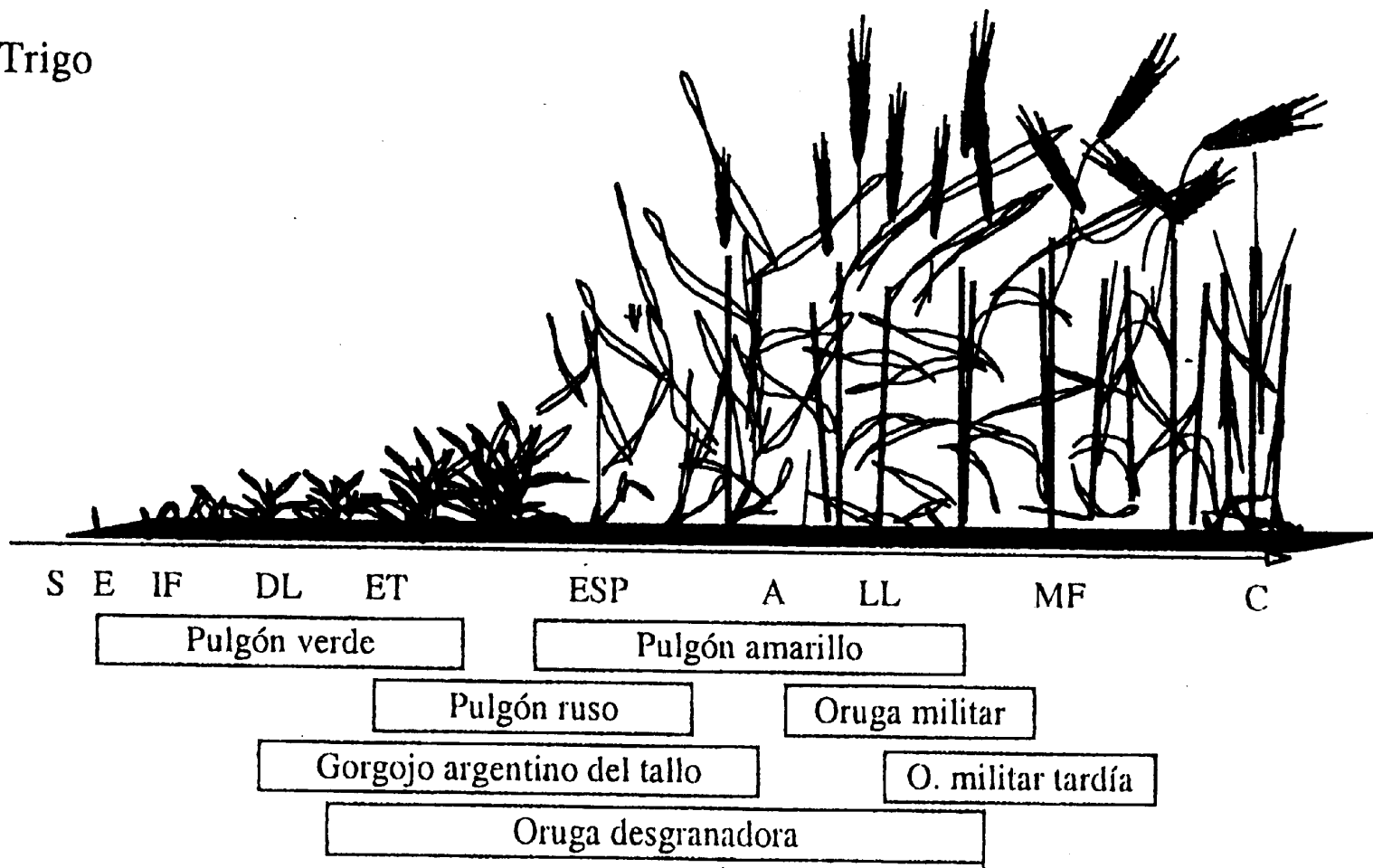
Soja

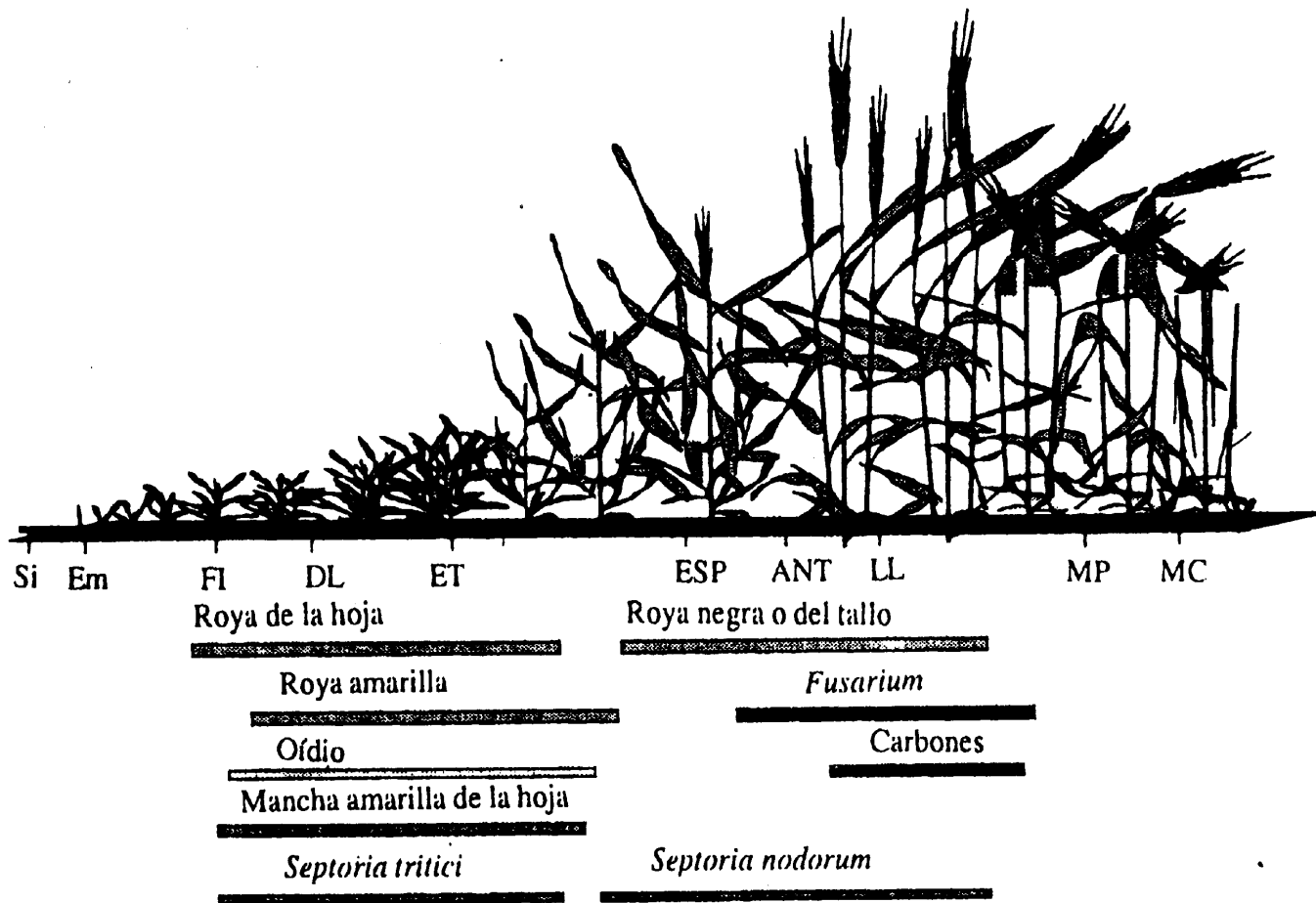




Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de soja.

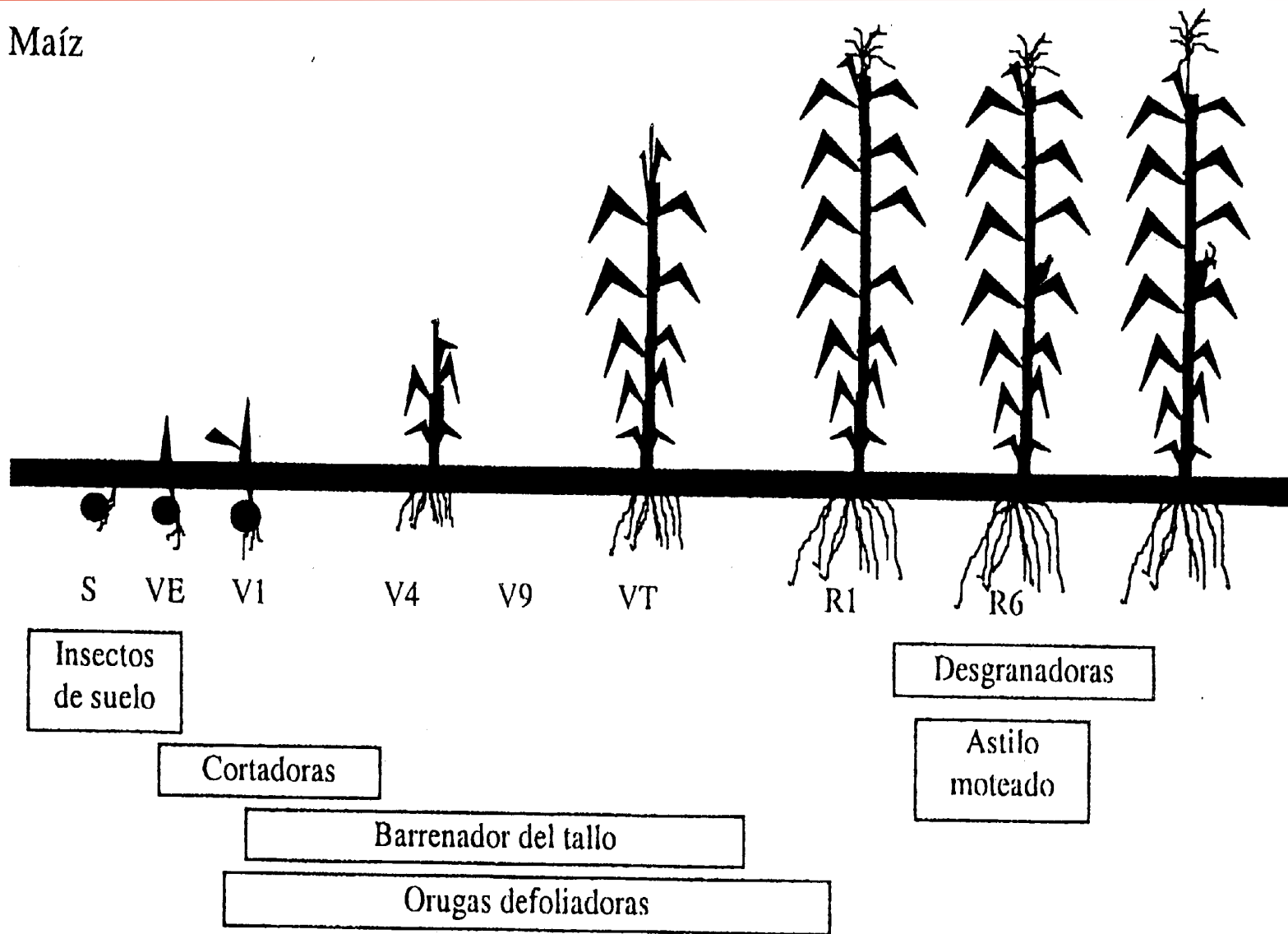
Trigo

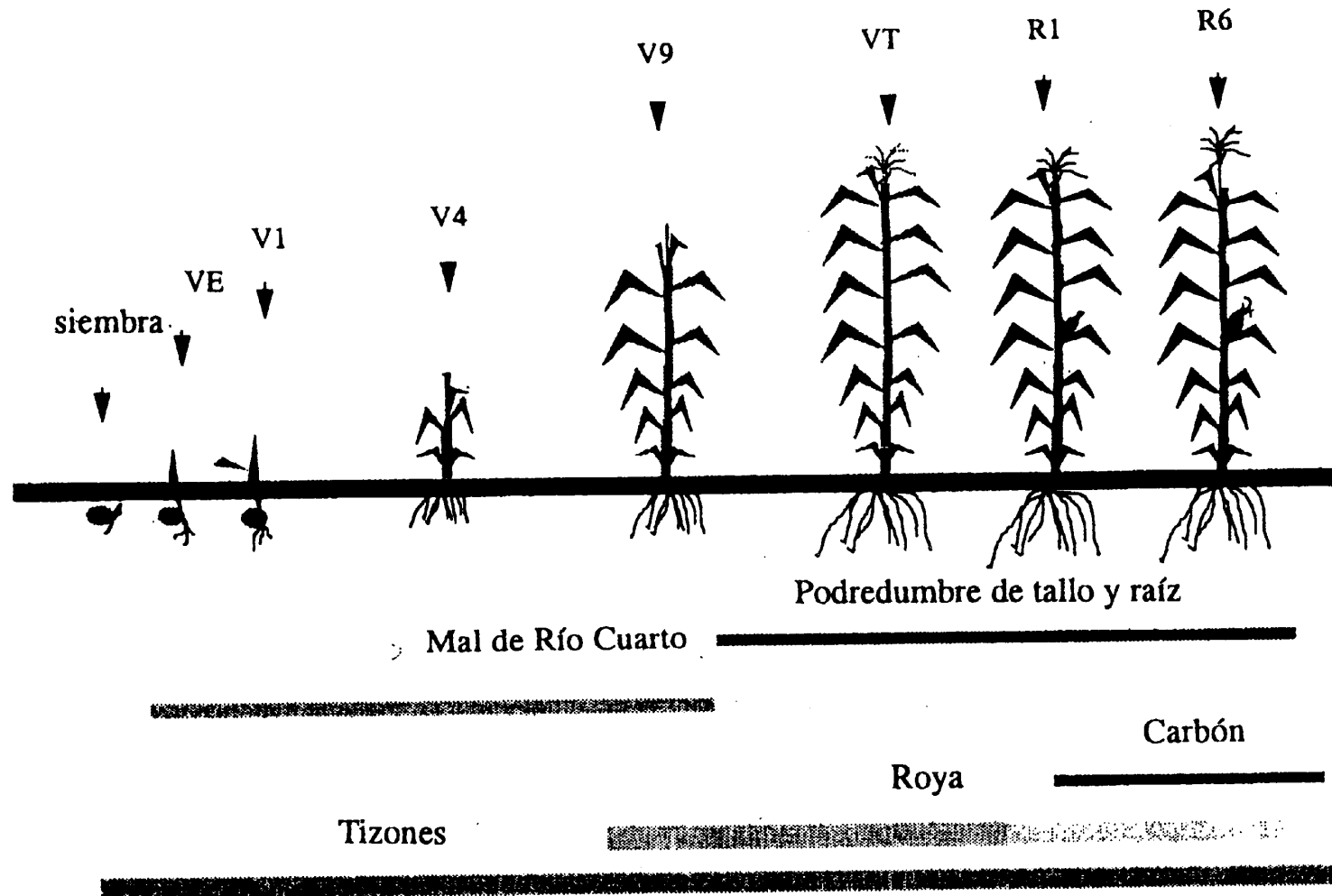




Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de trigo.

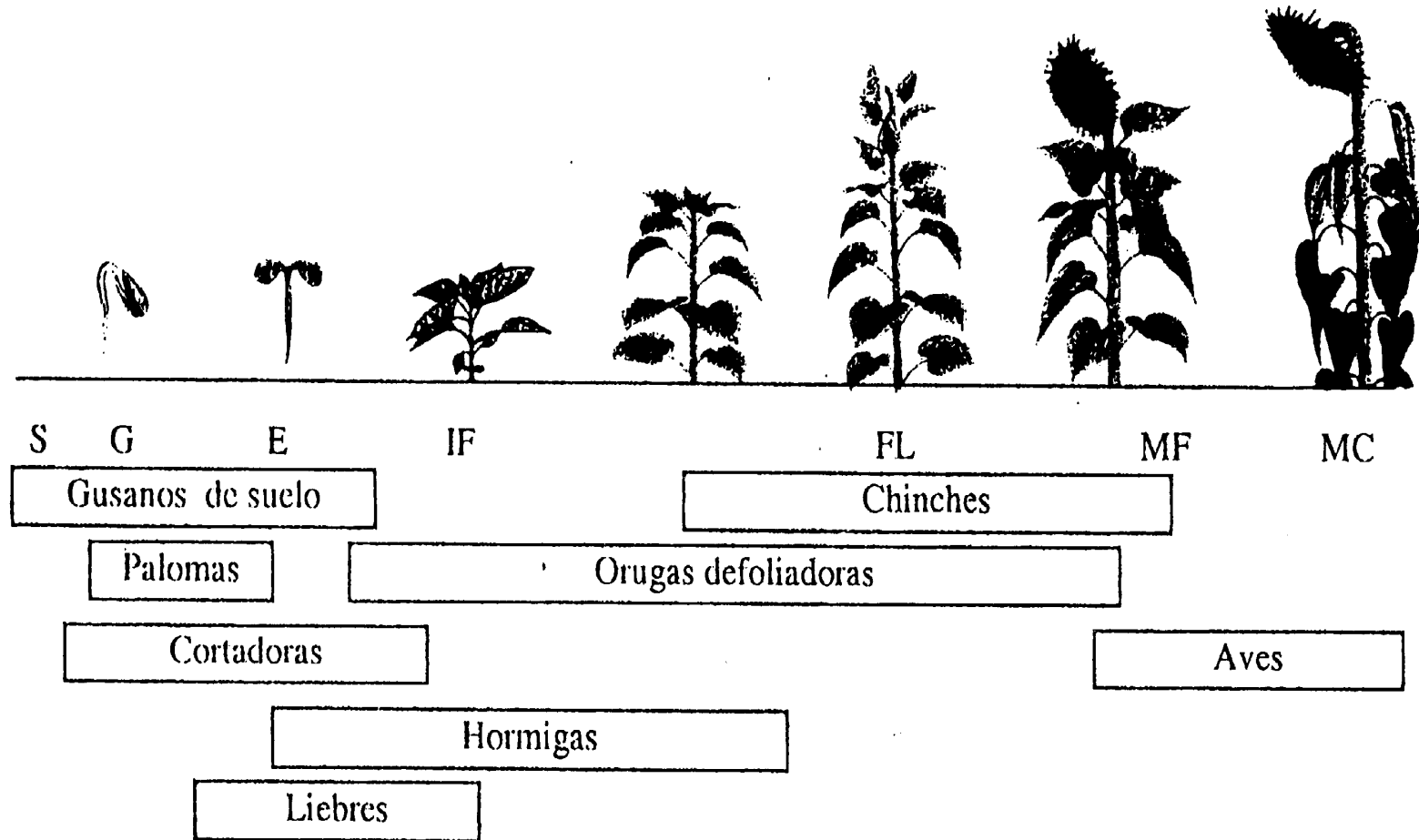
Maíz

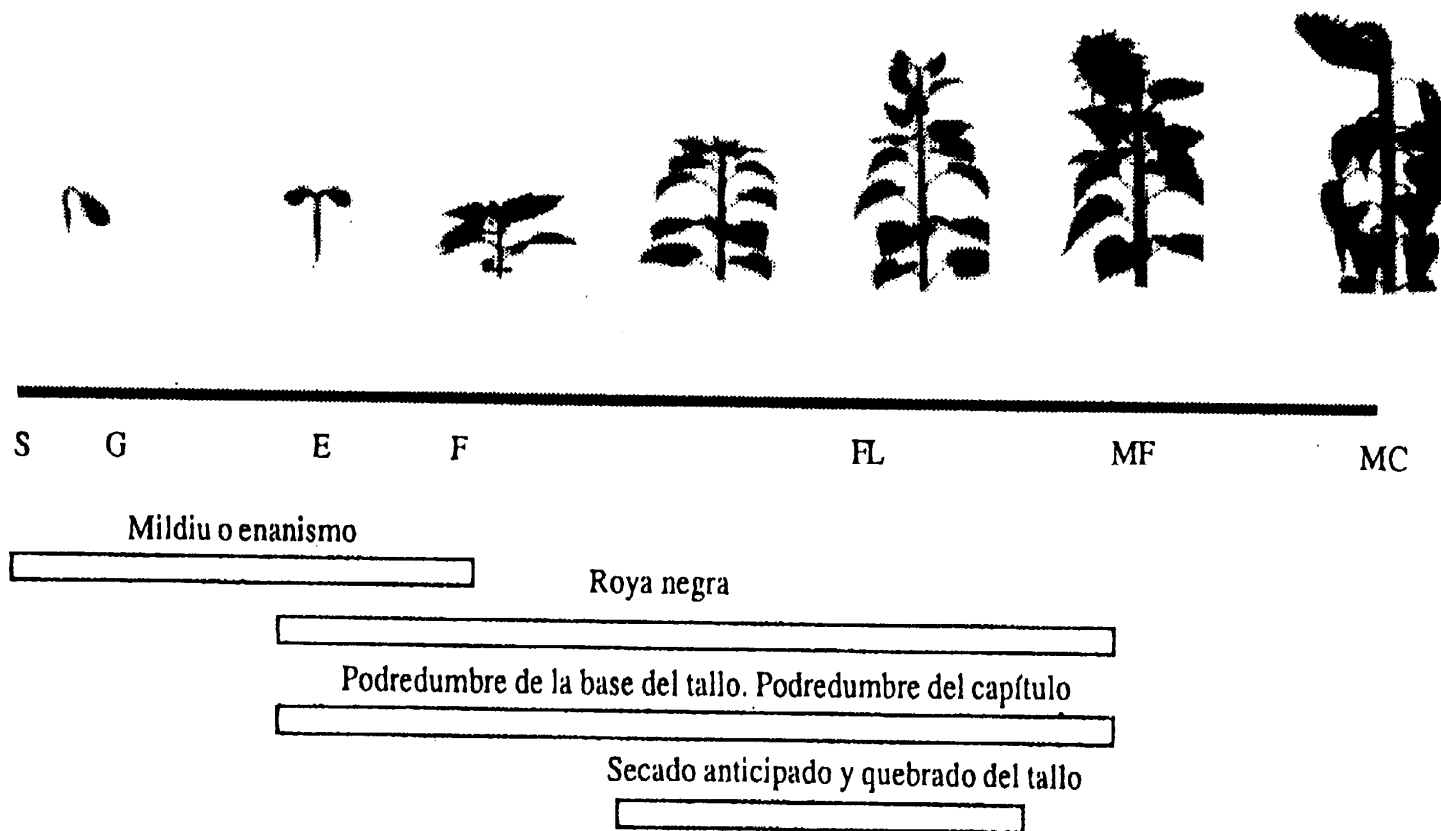




Esquema de la incidencia de las principales enfermedades del maíz.

Girasol

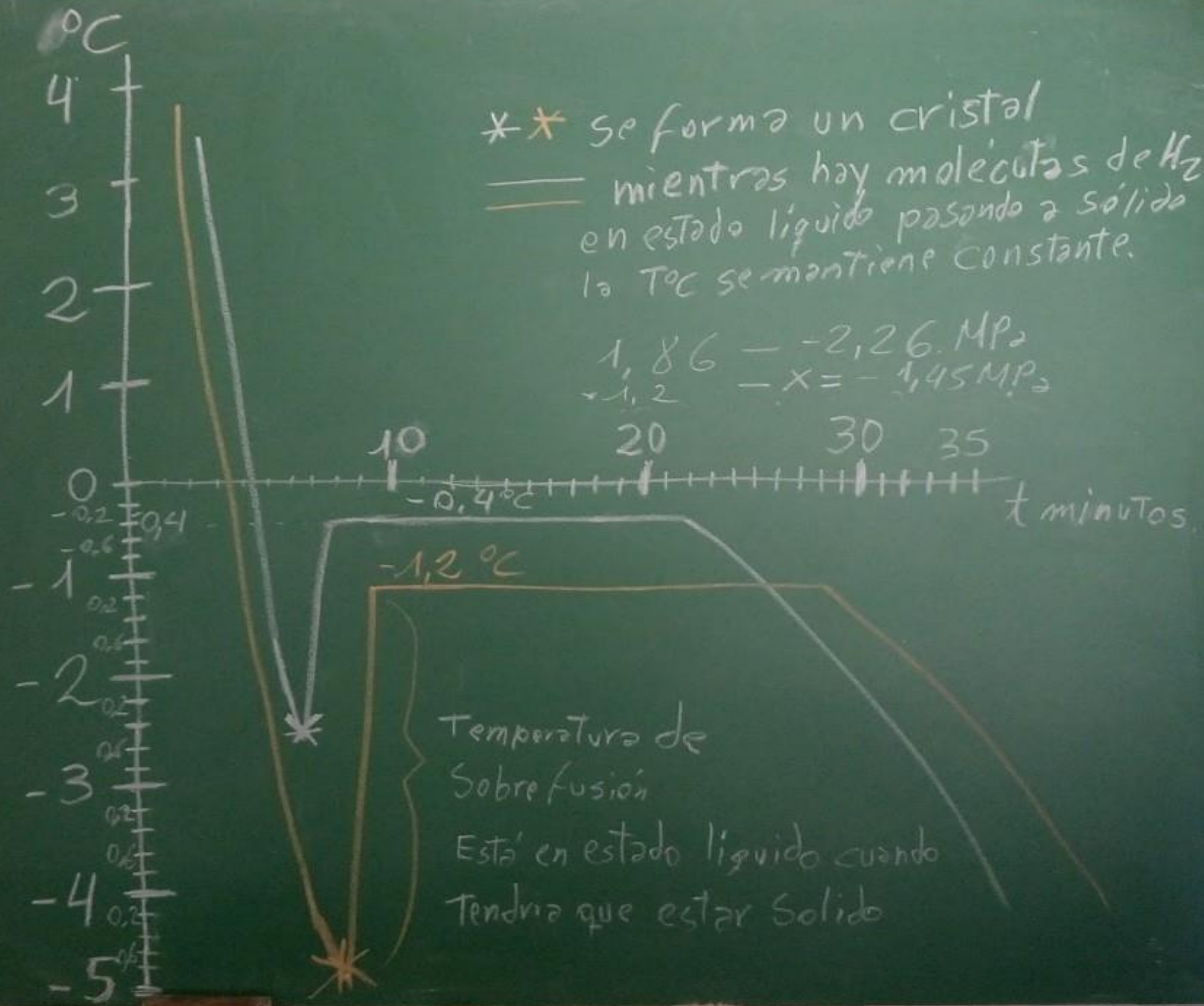




Aparición de síntomas de las distintas enfermedades en relación al ciclo ontogénico del cultivo de girasol.

A scenic autumn landscape featuring a path covered in fallen yellow leaves. The path is flanked by trees with vibrant yellow foliage and a wooden fence on the right. The scene is bathed in warm, golden light, creating a peaceful and nostalgic atmosphere.

***Muchas
gracias***



** se forma un cristal
 — mientras hay moléculas de H_2O
 en estado líquido pasando a sólido
 la T_{OC} se mantiene constante.

$1,86 - -2,26 MP_2$
 $-1,2 - -x = -1,45 MP_2$

10 20 30 35
 t minutos

-1,2 °C

Temperatura de
 Sobre fusión
 Está en estado líquido cuando
 Tendría que estar sólido