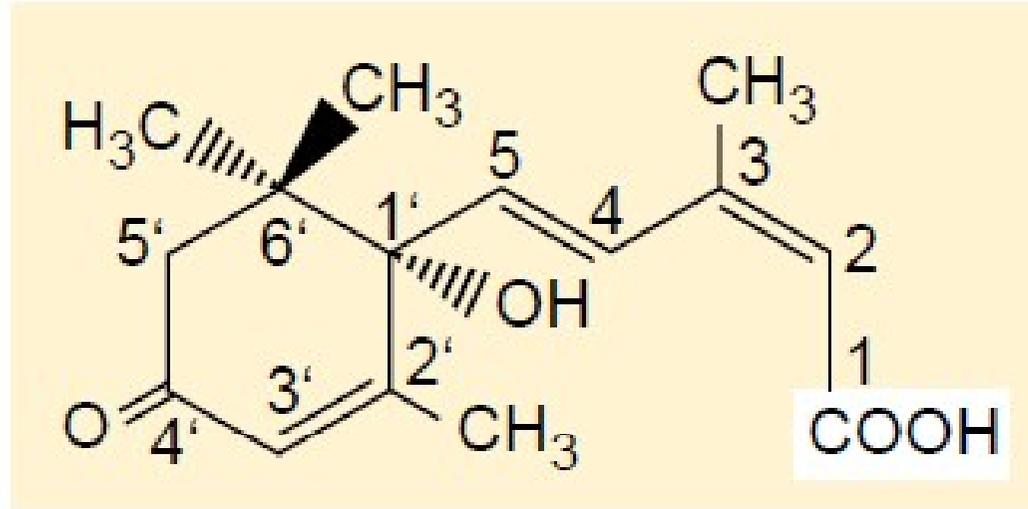


Ácido abscísico

y otras hormonas

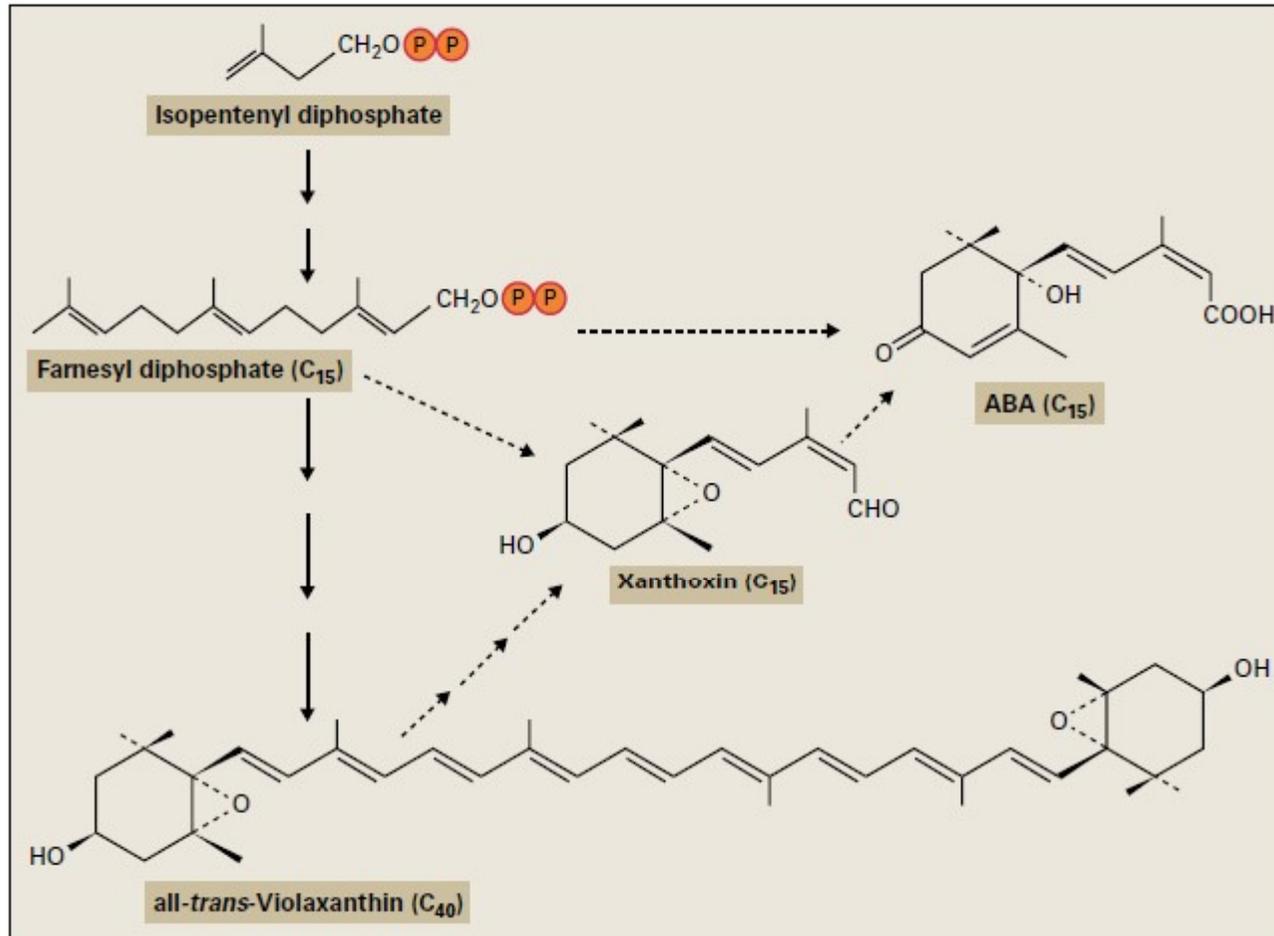
4 de mayo de 2020

Acido Abscísico



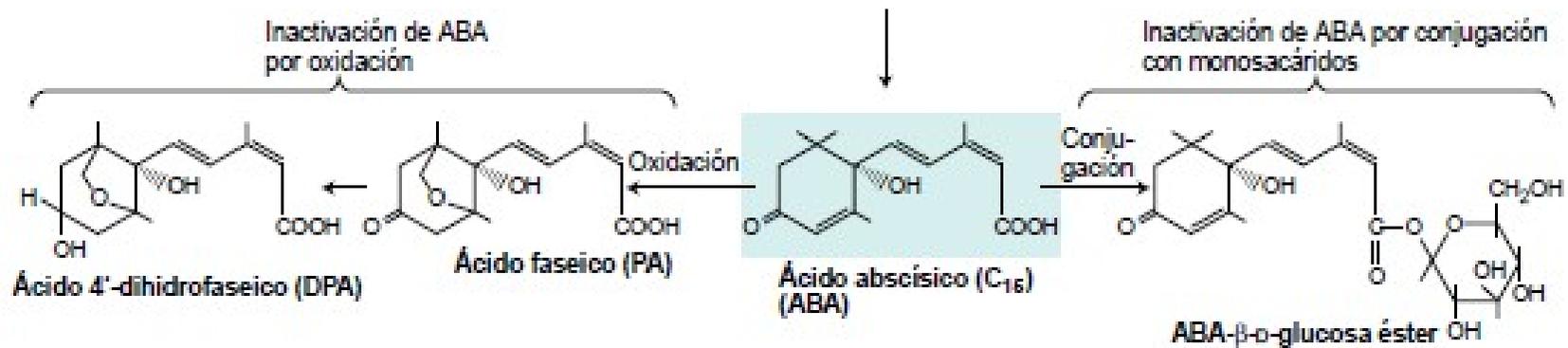
(S)-cis-ABA
(forma activa que se produce naturalmente)

Químicamente es un isoprenoide (o sesquiterpeno, 15C) deriva de la polimerización del isopreno, igual que los carotenos y las xantofilas.



La síntesis se inicia en plástidos y continúa en el citosol, puede ocurrir en raíz o en hojas. Las etapas iniciales son comunes a las giberelinas (que también son isoprenoides)

La concentración de ABA es regulada por su síntesis,
degradación, conjugación y transporte.



Efectos fisiológicos

#1

- Cierre de estomas



A



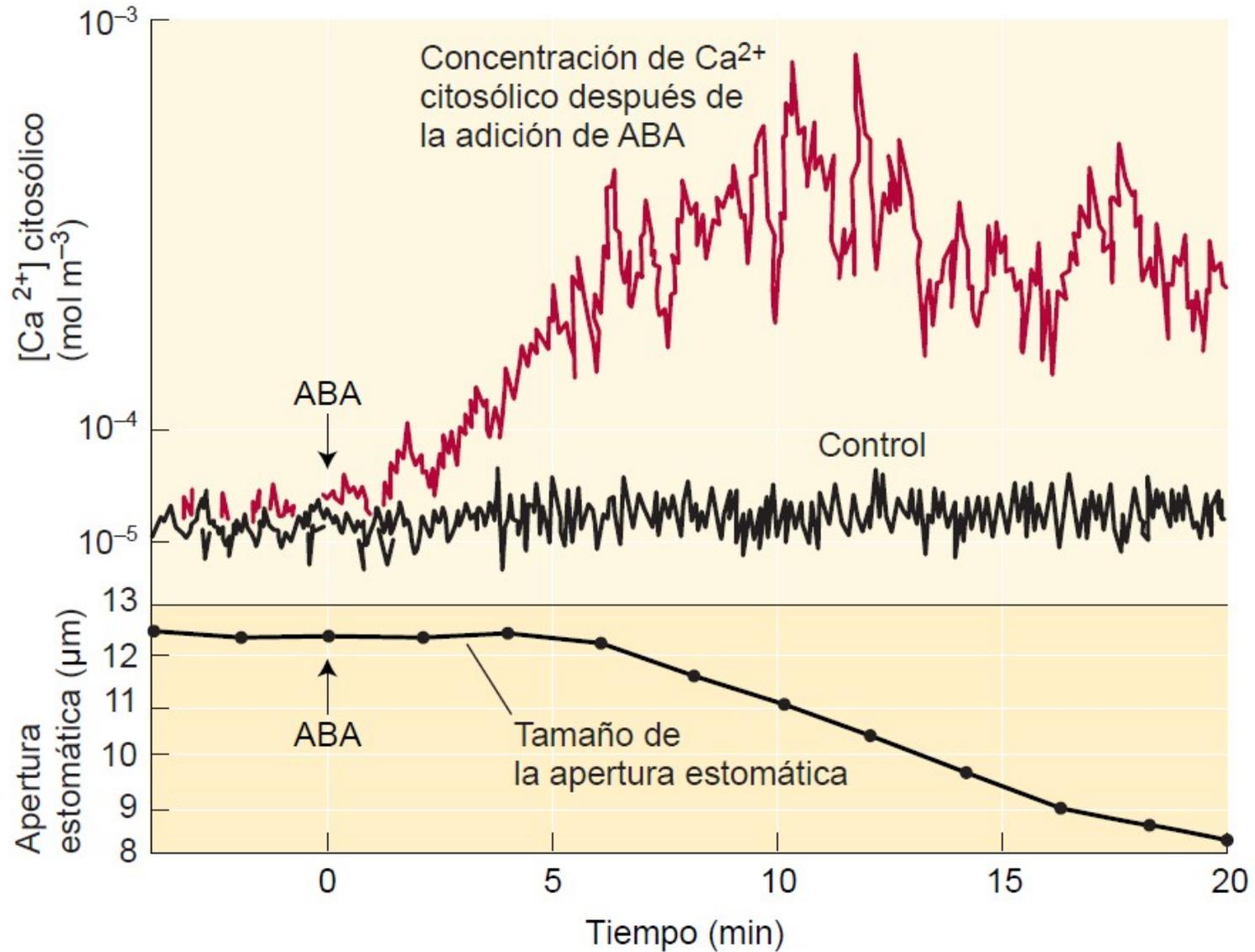
B

Epidermis de *Commelina communis* incubados en solución control (A) y en presencia de 10 μM ABA durante 10 min (B).

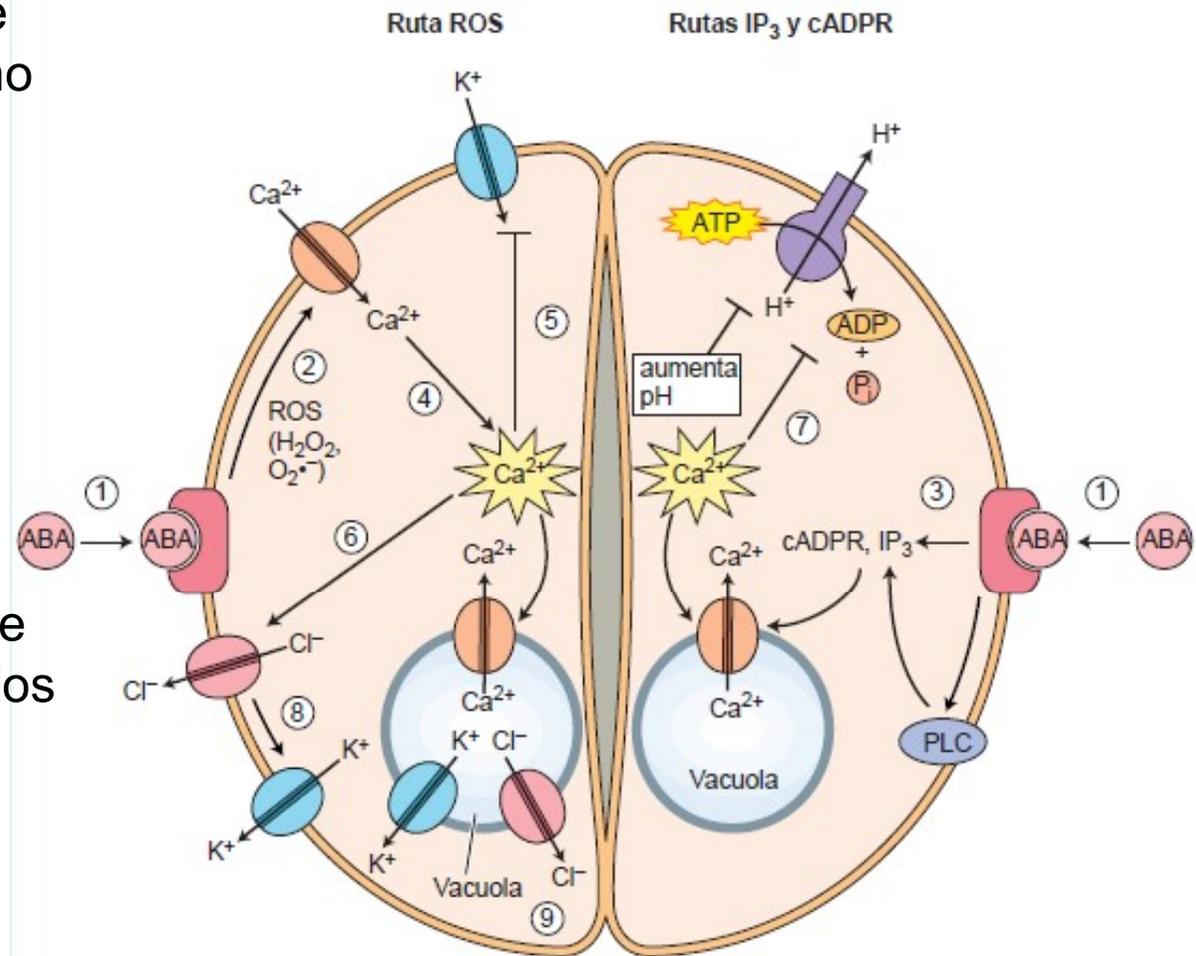
Cierre de estomas

- Recordemos que los estomas responden a una variedad de factores: luz, dióxido de carbono, humedad, hormonas (ABA), temperatura, ritmos endógenos de la planta y estado hídrico.
- El ABA puede ser sintetizado en las hojas o en las raíces (transportado por xilema a las hojas).

Cierre de estomas



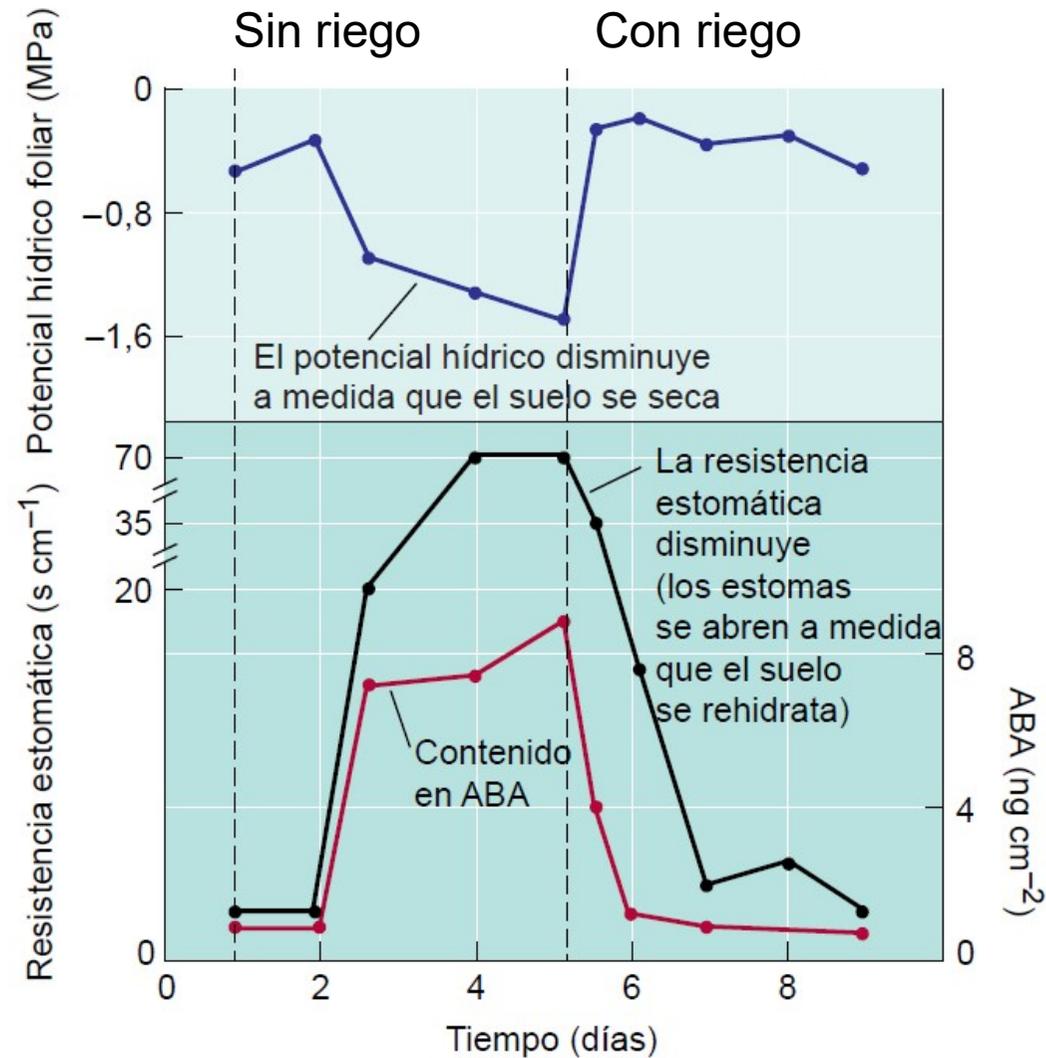
- En las células estomáticas el ABA induce la formación de especies activas del oxígeno (como el peróxido de hidrógeno, H_2O_2).
- Se activan los canales de Ca^{2+}
- Aumentan los niveles de Ca^{2+} en el citosol (proviene de la vacuola y del apoplasto).
- Se bloquean los canales de K^+ de entrada y se activan los canales de salida de K^+
- Recordemos que el K^+ (acompañado por su contraión Cl^-), tiene efectos muy importantes en el potencial agua de la célula guardiana.
- La célula pierde agua y el estoma se cierra.



Efectos fisiológicos

- Las hormonas son fundamentales en la respuesta de las plantas frente a **situaciones de estrés**.
- El ABA participa en la respuesta de las plantas al estrés abiótico: por ejemplo en la sequía provoca un rápido cierre de estomas.
- Es un regulador negativo del crecimiento.
- Incrementa su **concentración** (aumenta mucho la biosíntesis) frente al estrés salino, por bajas temperaturas o por lesiones.

Cambios en el contenido de ABA en maíz en respuesta al estrés hídrico.



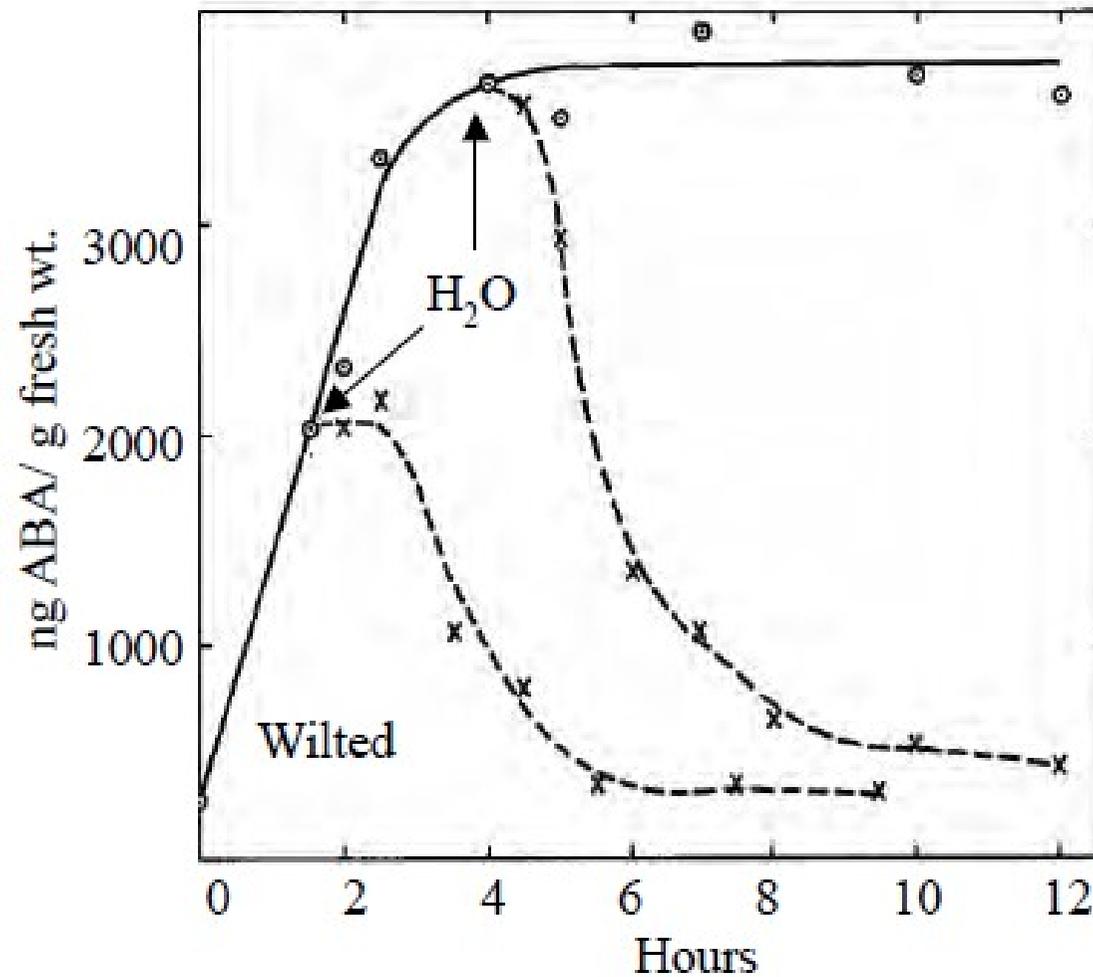
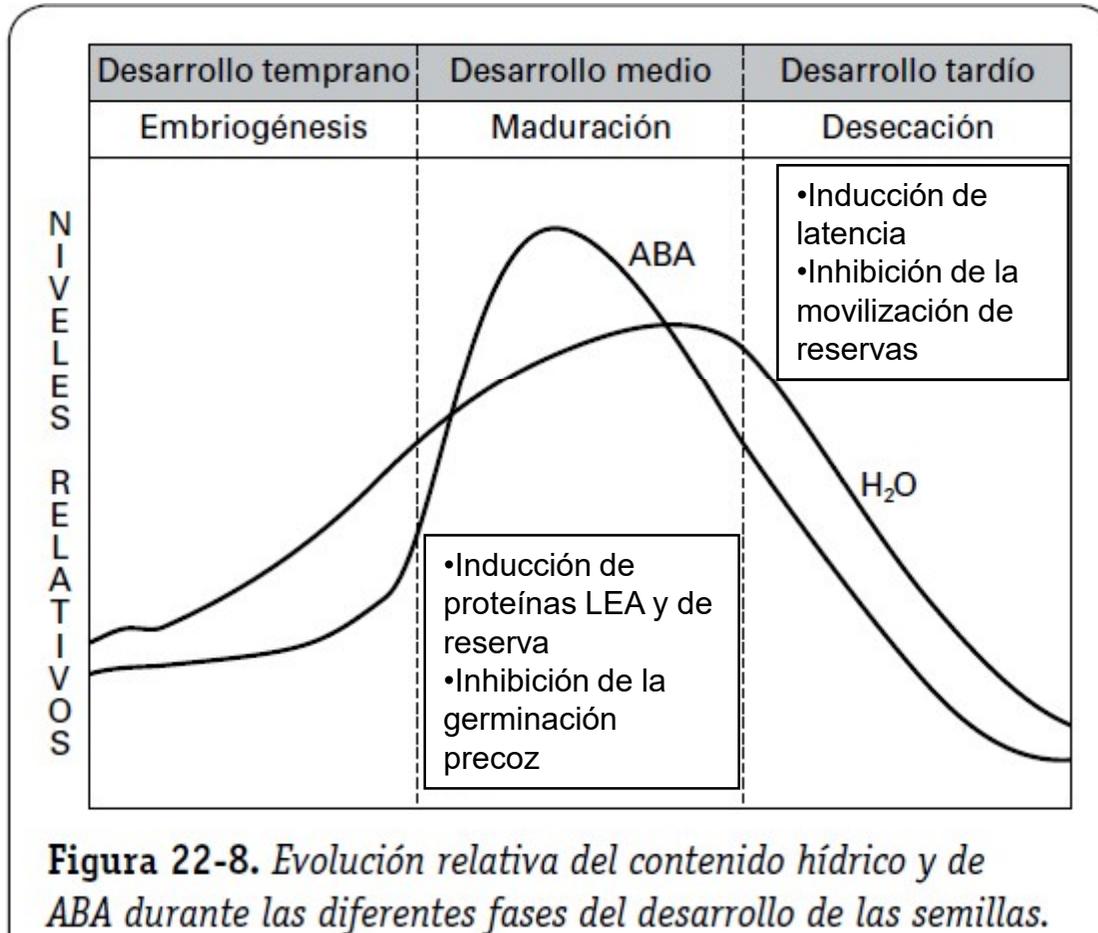


Figure 2. Time course of ABA accumulation in detached and dehydrated leaves of *Xanthium strumarium* and the subsequent decrease in ABA following rehydration (H₂O). Adapted from: *Plant Physiol* 66: 672-678 (1980).

Efectos fisiológicos

- Dormición de semillas
- El ABA inhibe la germinación. Es importante el **balance ABA-giberelinas**
- En algunos cultivos se observa germinación precoz (germinación de semillas maduras en la planta madre), debido a baja concentración de ABA. Viviparismo

ABA, Controla el desarrollo embrionario de las semillas.



El ABA favorece la acumulación de reservas y la tolerancia a la desecación de las semillas.

Proteínas LEA:
late embryogenesis abundant protein

Las mutantes de maíz deficientes en ABA (*vp 14*) presentan germinación de las semillas en la planta madre, **viviparismo**.

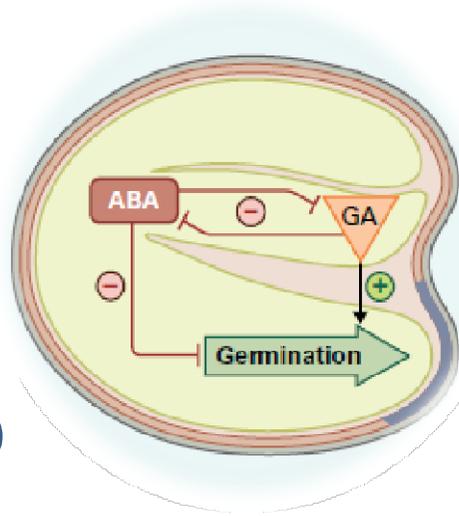
No se establece la dormición/quiescencia



Dormición y germinación: regulación por ABA-Giberelinas

Los factores ambientales, como temperatura o luz, afectan la relación ABA:GAs

Síntesis, degradación y sensibilidad



Inducción de dormición

Ruptura de dormición

Efectos fisiológicos

- A pesar de su nombre ... el ácido abscísico no induce la abscisión.
- Es un regulador positivo de la senescencia (no es un factor desencadenante). **Etileno**
- Durante la senescencia aumenta su síntesis, también en situaciones de estrés.

Efectos fisiológicos

- El ABA inhibe el crecimiento vegetativo.
- La respuesta mas común de las células al ABA es la **inhibición del crecimiento**.
- Inhibe el crecimiento en cambium vascular suspendiendo el crecimiento secundario, en épocas de reposo.

Dormición de yemas

- Es un proceso adaptativo que le permite a los árboles sobrevivir las condiciones ambientales adversas del invierno.
- Es importante la relación de concentraciones entre ABA (inhibidor del crecimiento) y citoquininas y giberelinas (estimuladores del crecimiento).
- **La dormición o latencia de hojas y yemas** se ha relacionado con la acumulación de ABA.
- Actúa inhibiendo el crecimiento y favorece el desarrollo de tejidos protectores (para sobrellevar las temperaturas bajas).

Aplicaciones comerciales

- El ABA no es utilizado comercialmente en agricultura.
- Se utilizan otros inhibidores del crecimiento.

USO DE REGULADORES EN CULTIVOS EXTENSIVOS, INTENSIVOS, PASTURAS Y FORESTALES

- **Dormición de semillas y yemas.** Los reguladores que se utilizan para romper la dormición de las yemas son principalmente **giberelinas y citocininas**.
- **Prolongación del reposo de yemas** inhibidores, dependiendo del costo de aplicación, o con antigiberelinas (CCC, Phosphon-D, Alar).
- **Dormición y brotación en papa.**

Dormición y brotación en papa

Inducción de Dormición:

- **Cl IPC** se aplica como producto comercial al 50 % sobre los tubérculos almacenados a razón de 100 ml.Tn⁻¹ de tubérculos.
- **Ester metílico del α -ANA** que se aplica a razón de 25 mg.Tn⁻¹ de tubérculos.
- **Hidrazida maleica (HM)** Inhibidor de brotación que se aplica sobre el follaje entre 10 a 15 días, previo a la cosecha, el cual se traslada a los tubérculos e inhibe su brotación posterior. La HM se aplica a razón de 1000-2500 ppm. ha⁻¹ hasta goteo.

Un tema aparte

- En las papas los tubérculos tiene una doble función, son órganos de almacenamiento de reservas y son un sistema de propagación vegetativa (brotación).
- La formación de tubérculos depende de factores internos y externos

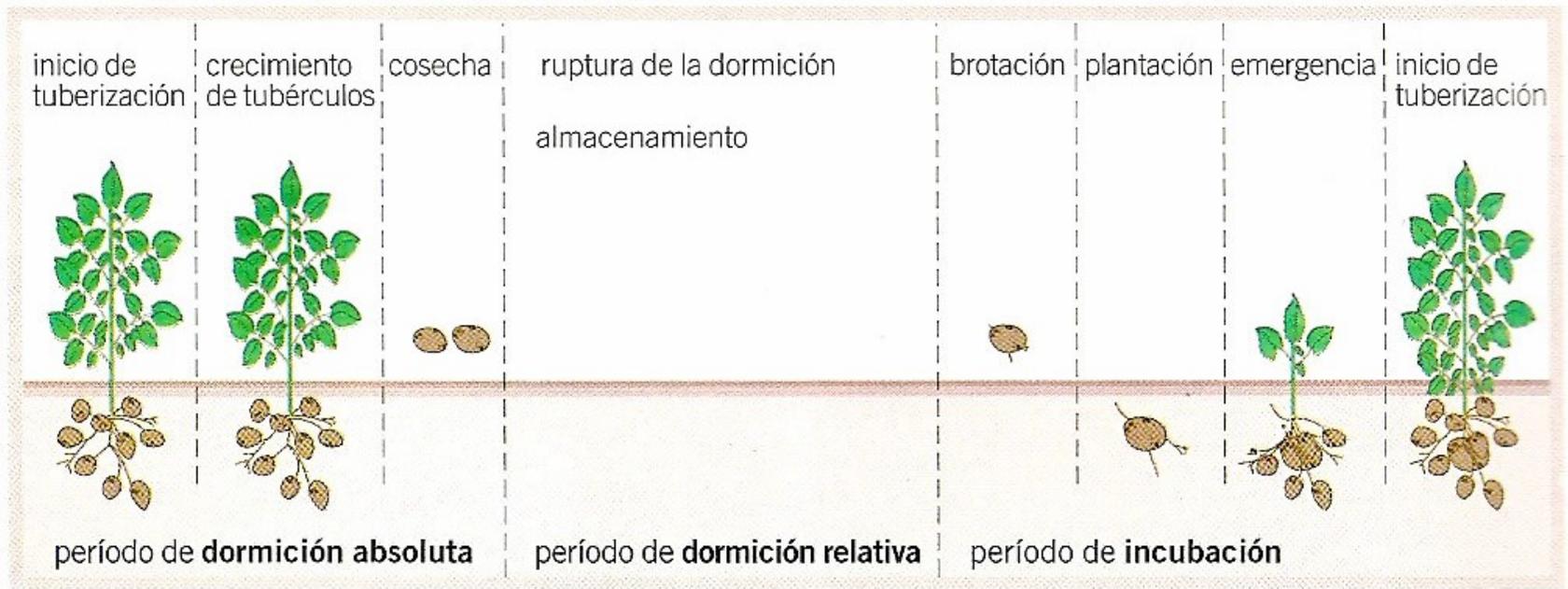
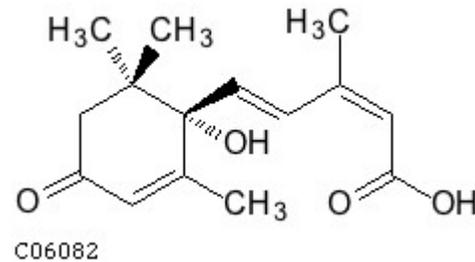
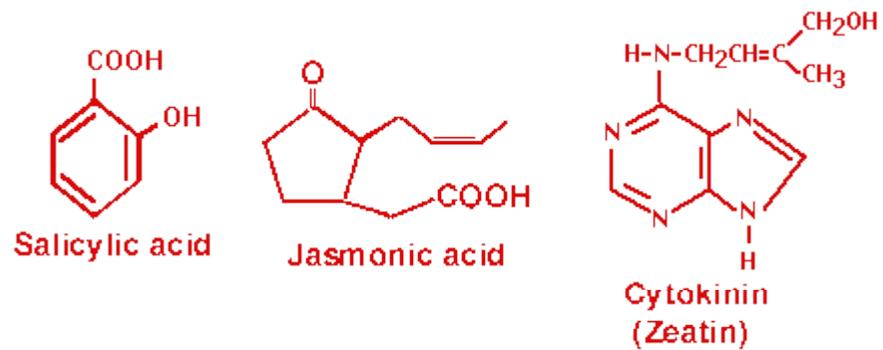
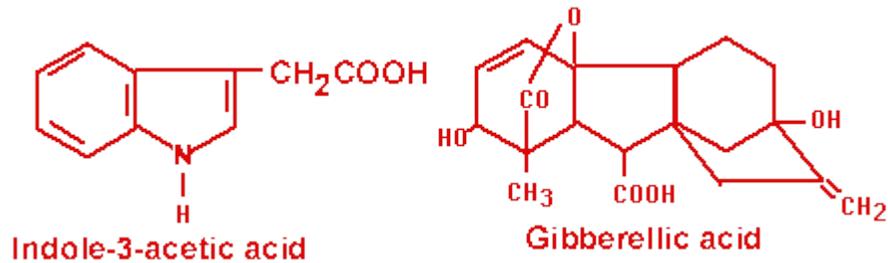
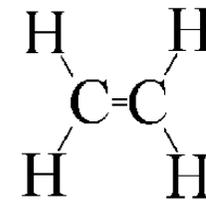


Fig. 5.7. Ciclo de vida de un tubérculo de papa con indicación de la duración de los períodos de dormición absoluta y relativa e incubación. Adaptado de Caldiz (1994).

- ✓ Auxinas
- ✓ Giberelinas
- ✓ Citocininas
- ✓ Ácido abscísico
- ✓ Etileno
- ✓ Ácido jasmónico
- ✓ Ácido salicílico
- ✓ Brasinosteroides
- ✓ Strigolactonas
- ✓ Poliaminas



Ácido abscísico



Etileno

Jasmonatos

- Representados por el ácido jasmónico (JA) y el metil ester (MeJA) que es volátil.
- Fueron aislados inicialmente de las flores del Jazmín (*Jasminum* sp.), del cual se extrae el metil ester, un importante producto en la industria de perfumes.

Biosíntesis

- El ácido jasmónico (JA) es sintetizado a partir del ácido linoléico, un importante **ácido graso**, a través de la degradación oxidativa y formación de un anillo de ciclopentano.

Los Jasmonatos son claves en la defensa por heridas

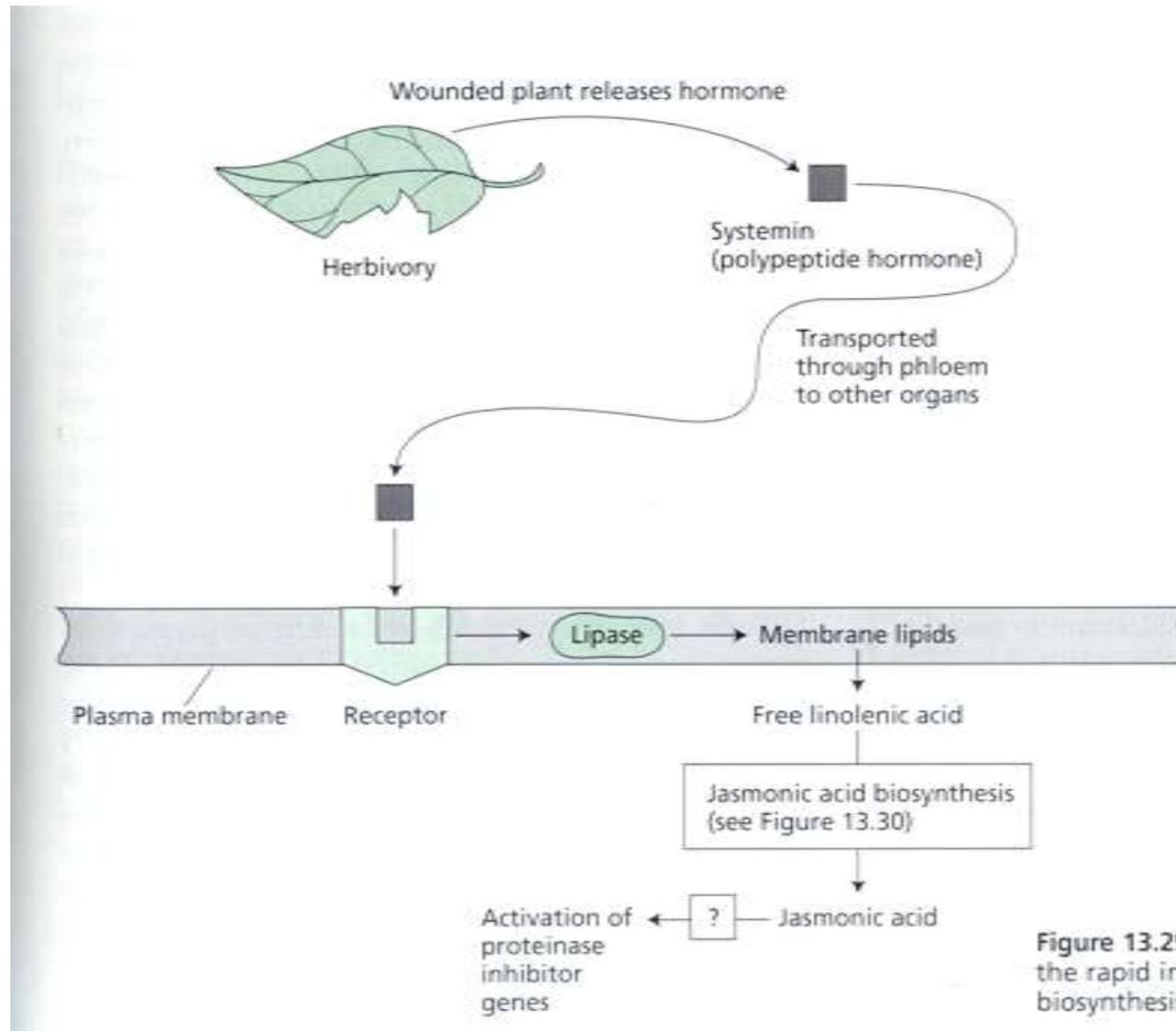
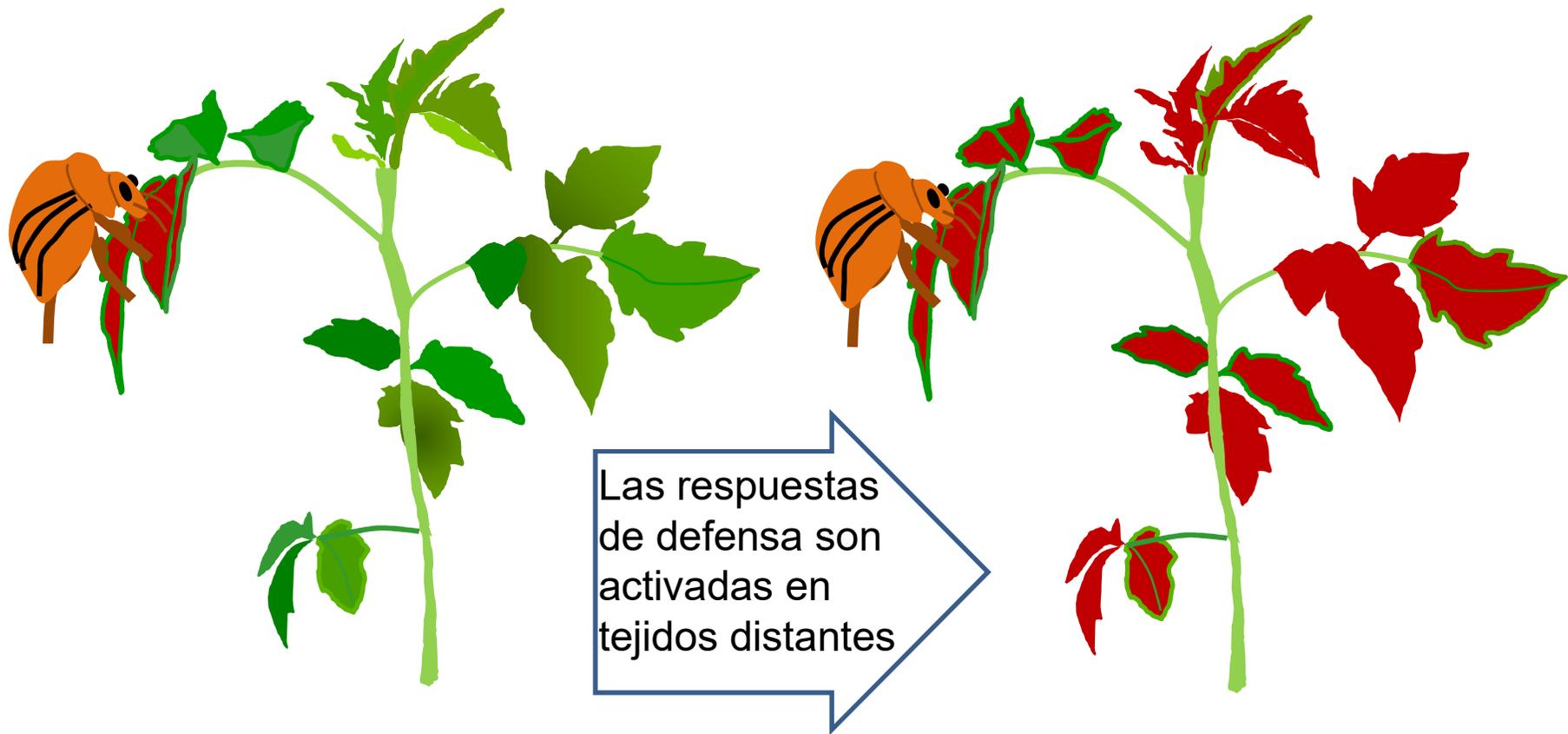


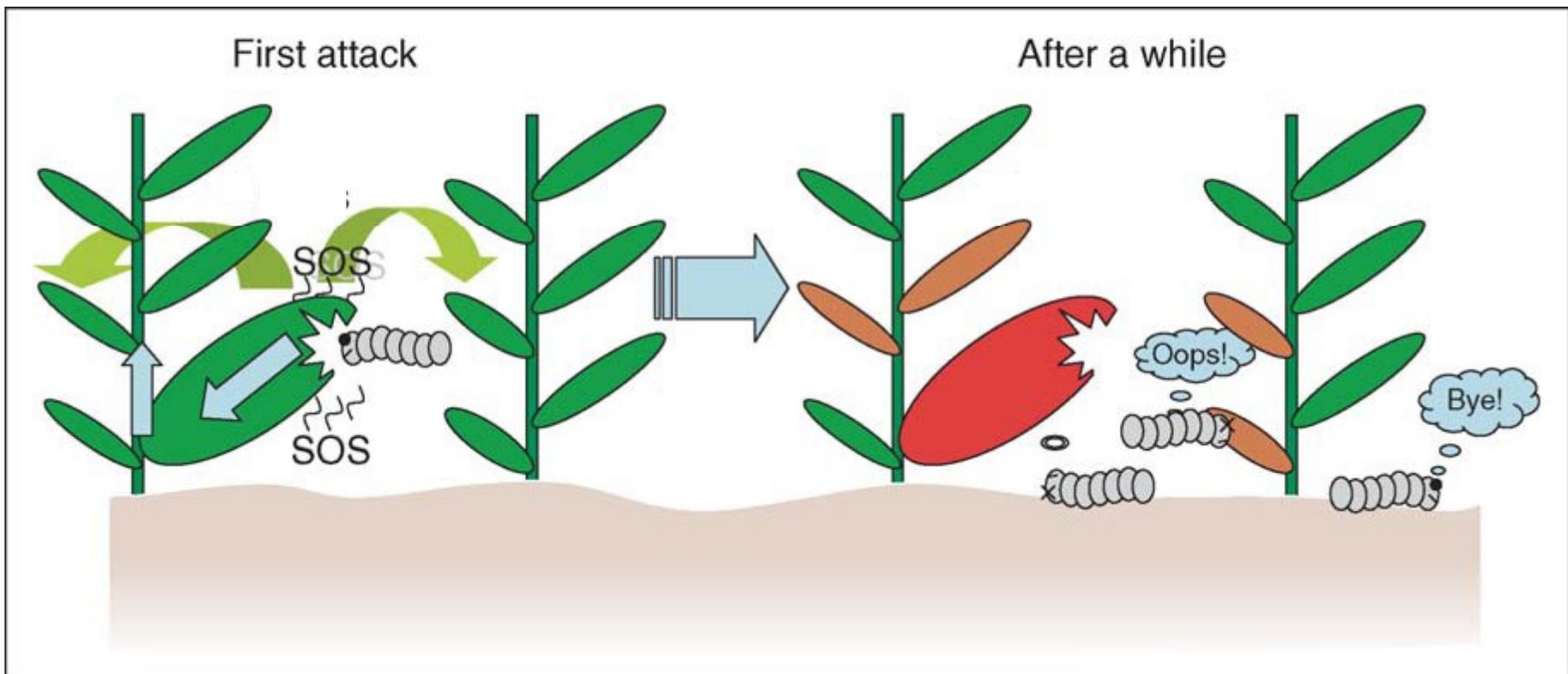
Figure 13.29 Proposed signaling pathway for the rapid induction of proteinase inhibitor biosynthesis in wounded tomato plants.

Participan en las respuestas sistémicas de defensa (contra insectos, hongos, etc)



El JA induce genes que expresan inhibidores de enzimas provenientes del insecto

Estimulan la producción de compuestos volátiles de señalización para otras partes y otras plantas, hacen que resulte desagradable para comer.



Efectos fisiológicos

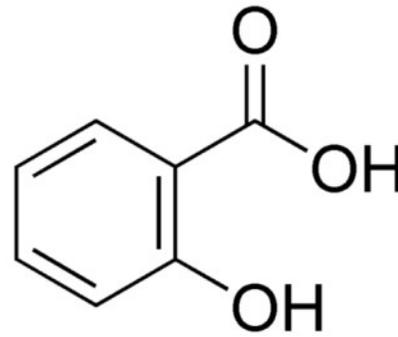
- Participan en respuestas de defensa.
- Los jasmonatos inhiben muchos procesos como la germinación y el crecimiento, inhiben la fotosíntesis, priorizando los mecanismos de defensa.
- Promueven:
 - La síntesis de proteínas de defensa, sustancias atractoras de insectos predadores y fitoalexinas,
 - la senescencia,
 - la abscisión,
 - la maduración de frutos y
 - la formación de pigmentos.

Información adicional

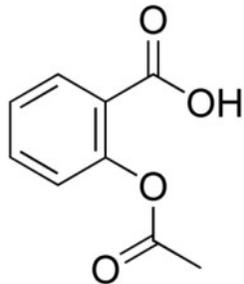
Table 1. Examples of secondary metabolites induced by JA/MeJA

Class	Metabolite	Plant species
<i>Flavonoids</i>	Anthocyanins	<i>Glycine max</i>
	Feruloylsaponarin	<i>Hordeum vulgare</i>
	Isobavachalcone	<i>Crotolaria cobalticola</i>
<i>Phenylpropanoids</i>	Phlorotannin	<i>Fucus vesiculosus</i>
	Coumarins	<i>Nicotiana tabacum</i>
	Lignin	<i>Bryonia dioica</i>
<i>Alkaloids</i>	Benzophenanthridines	<i>Eschscholtzia californica</i>
	Catharanthine	<i>Catharanthus roseus</i>
	Nicotine	<i>Nicotiana</i> spp.
<i>Monoterpenoids</i>	Camptothecin	<i>Camptotheca acuminata</i>
	β -Ocimine	<i>Arabidopsis thaliana</i>
	Valepotriates	<i>Valerianella locusta</i>
<i>Sesquiterpenoids</i>	Homoterpene I	<i>Phaseolus lunatus</i>
	Lettucenin A	<i>Lactuca sativa</i>
	Tessaric acid	<i>Tessaria absinthioides</i>
<i>Diterpenoids</i>	Levopimaric acid	<i>Picea abies</i>
	Momilactone A	Rice
	Taxol	<i>Taxus</i> spp.
<i>Triterpenoids</i>	Ginsenosides	<i>Panax ginseng</i>
	Oleanolic acid	<i>Scutellaria baicalensis</i>
	Soyasaponin	<i>Glycyrrhiza glabra</i>
<i>Polyamines</i>	Putrescine	Rice
	Methylputrescine	<i>Hyoscyamus muticus</i>
	Caffeoylputrescine	<i>Nicotiana attenuata</i>
<i>Acetate-malonate derived compounds</i>	Hypericin	<i>Hypericum perforatum</i>
	Rubiadin	<i>Rubia tinctorum</i>
	Xanthones	<i>Centaurium</i> spp.
<i>Acetylenics</i>	Alkamides	<i>Echinacea pallida</i>
	Diacetylenes	<i>Tanacetum parthenium</i>
<i>Amino acid derivatives</i>	Indole glucosinolates	Oilseed rape and mustard
	Tocopherol	<i>Arabidopsis thaliana</i>
<i>Naphthoquinones</i>	Alkannin	<i>Alkanna tinctoria</i>
	Shikonin	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>

Acido salicílico – hormona vegetal y analgésico



Salicylic Acid



Acido Acetilsalicílico - aspirina

Se llama así porque se extrajo de la corteza del sauce (*Salix sp.*), cuyas propiedades analgésicas eran conocidas desde hace mucho tiempo.

ESTRUCTURA

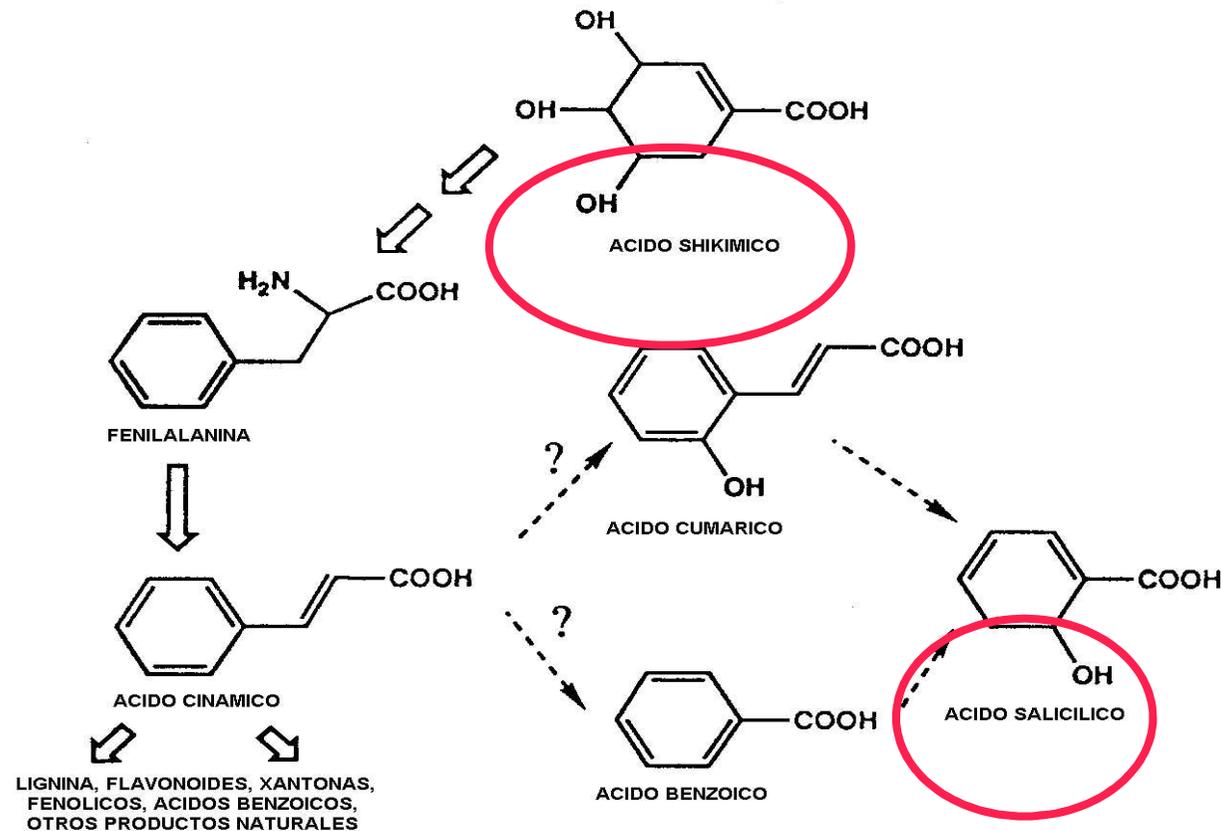


Salicylic acid (salicylate)

- Ácido orgánico cristalino, sólido (que se derrite a 159 grados C⁰)
- La fórmula del SA es C₆H₄(OH)COOH,

Biosíntesis

El ácido salicílico es sintetizado a partir del aminoácido fenilalanina.



Acido Salicílico

- Retarda la senescencia (aspirina en el florero)
- Regulación de termogénesis (araceas), elevan hasta 14°C su temperatura!!!
- **Respuesta hipersensible.** Respuesta frente al ataque de patógenos en la cual se restringe la propagación mediante generación de necrosis.
- **Resistencia sistémica adquirida.** Una parte de la planta, distante del sitio de infección aumenta su resistencia al ataque.

Efectos fisiológicos



-El metil salicilato (MeSA) es el mayor metabolito volátil del ácido salicílico producido por partes de plantas inoculadas con patógenos.

-Puede funcionar como una señal aérea que activa la resistencia a enfermedades en las plantas vecinas y en tejidos saludables de las plantas infectadas.

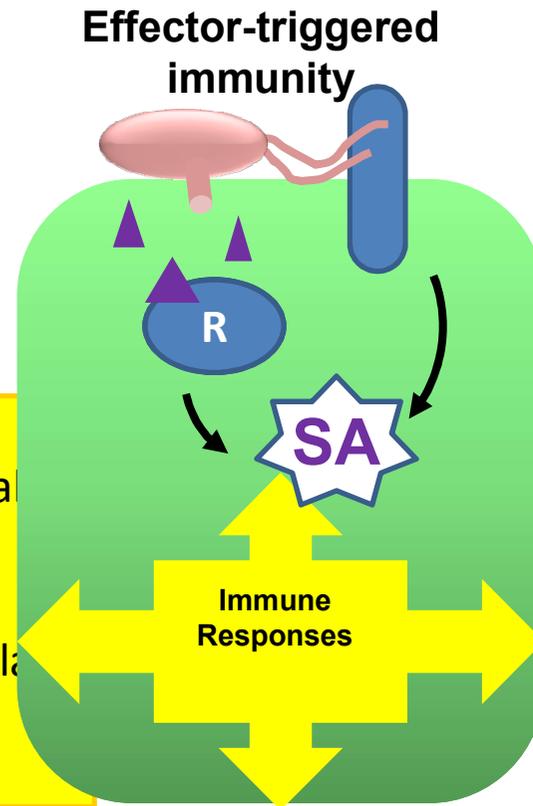
Sauromatum guttatum



La respuesta hipersensible involucra muerte celular: las células mueren para evitar la diseminación del patógeno

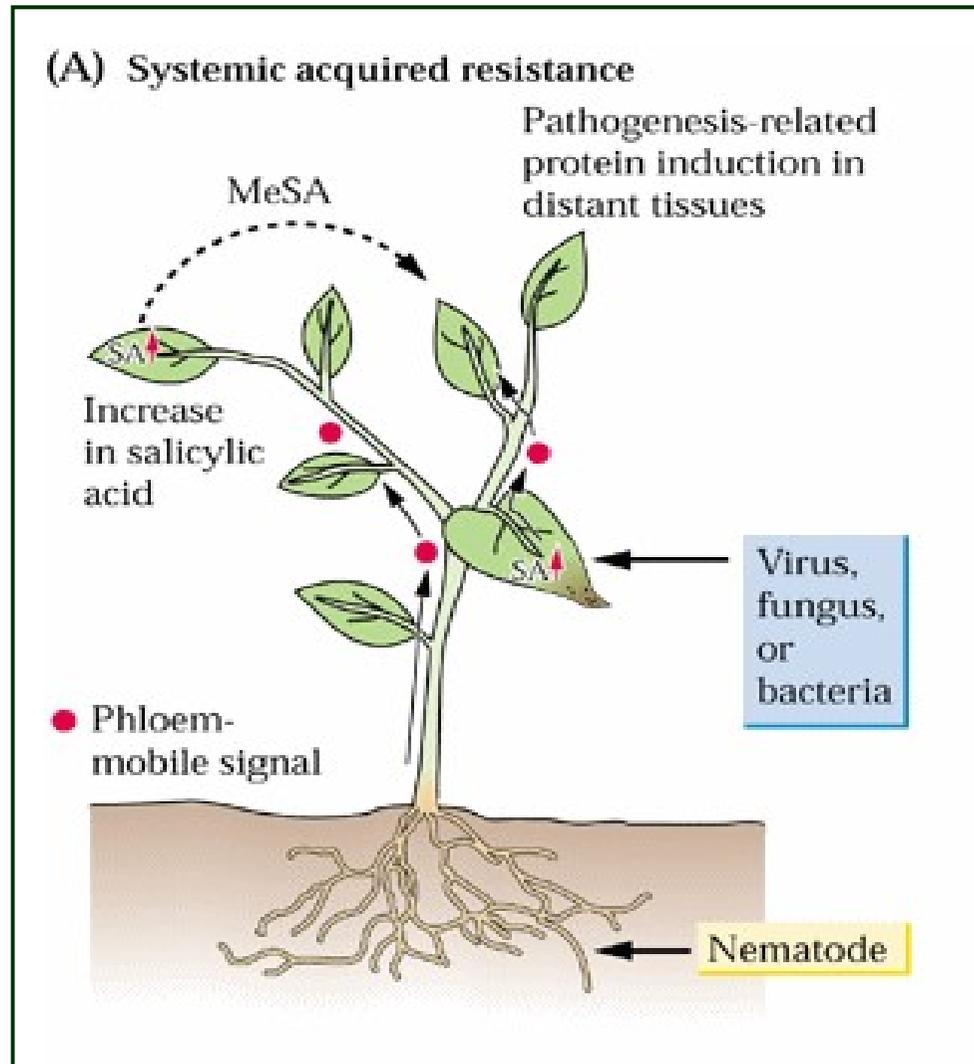


Se activan genes de respuesta a patógenos.
Compuestos antimicrobianos.
Fortalecimiento de la pared celular
Muerte celular programada



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](#).

Resistencia sistémica adquirida



Strigolactonas

- Se descubrieron en plantas parásitas del género *Striga*, luego se encontraron en otras especies.
- Participan en la ramificación de las hifas en hongos formadores de micorrizas arbusculares.
- Promueven ramificación en raíz.
- Inhiben la ramificación en tallo.

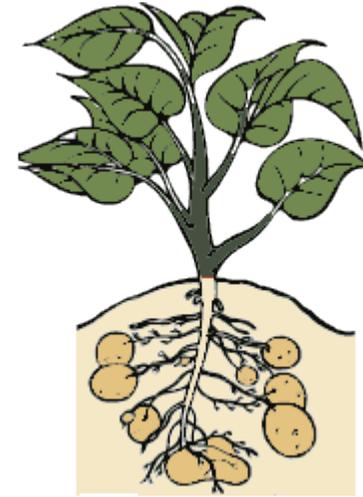
Brasinosteroides

- Son esteroides
- Son promotores del crecimiento
- Aislados a partir del polen de colza (*Brassica napus*)
- Elongación de tallos y raíces
- Ablandan las paredes celulares y permiten el crecimiento
- Mutantes (con mayor producción de BR) tienen altos rendimientos
- Fotomorfogénesis



Efecto en papa

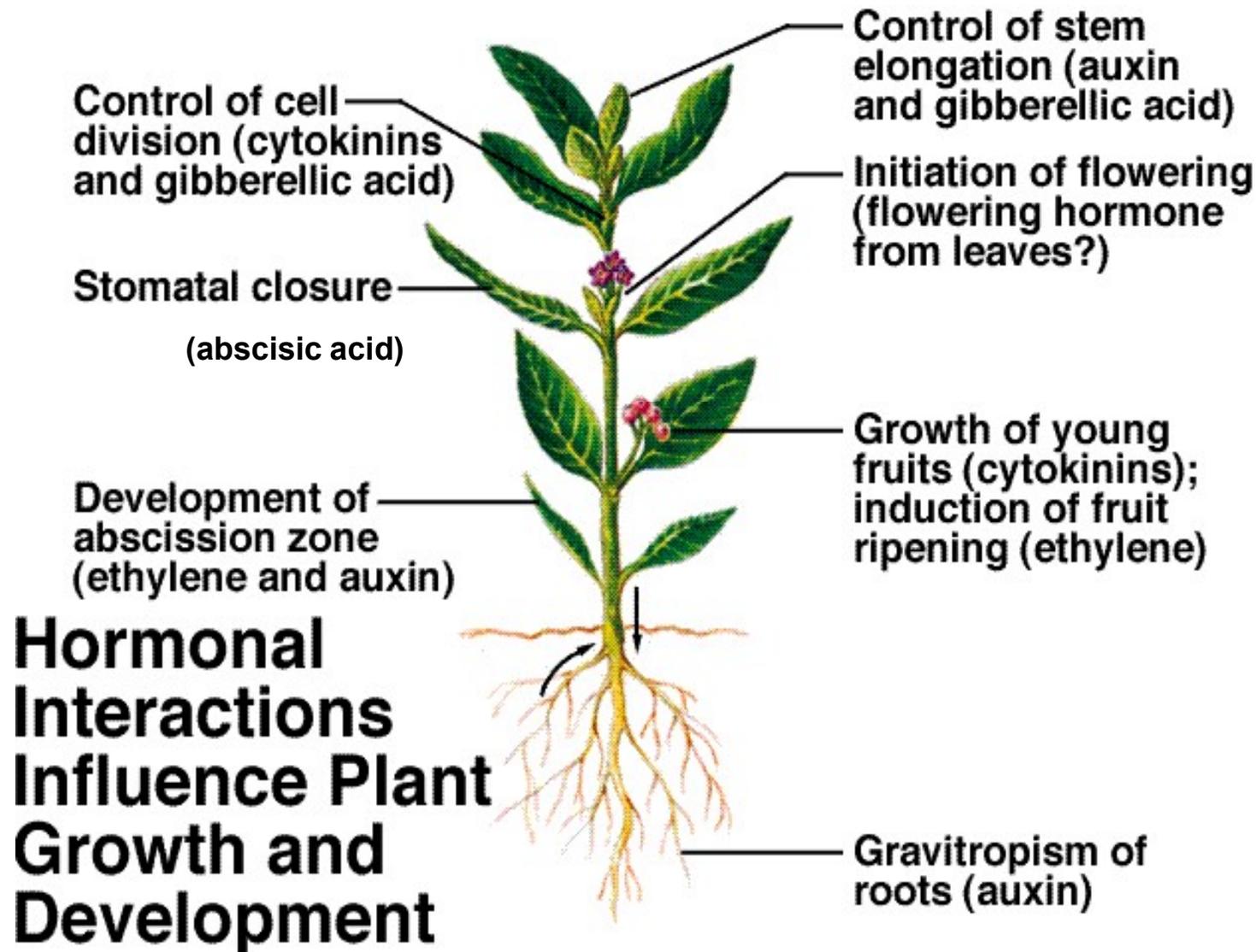
❖ Incrementan los rendimientos de las cosechas entre un 13 y un 34% según el momento de aplicación.



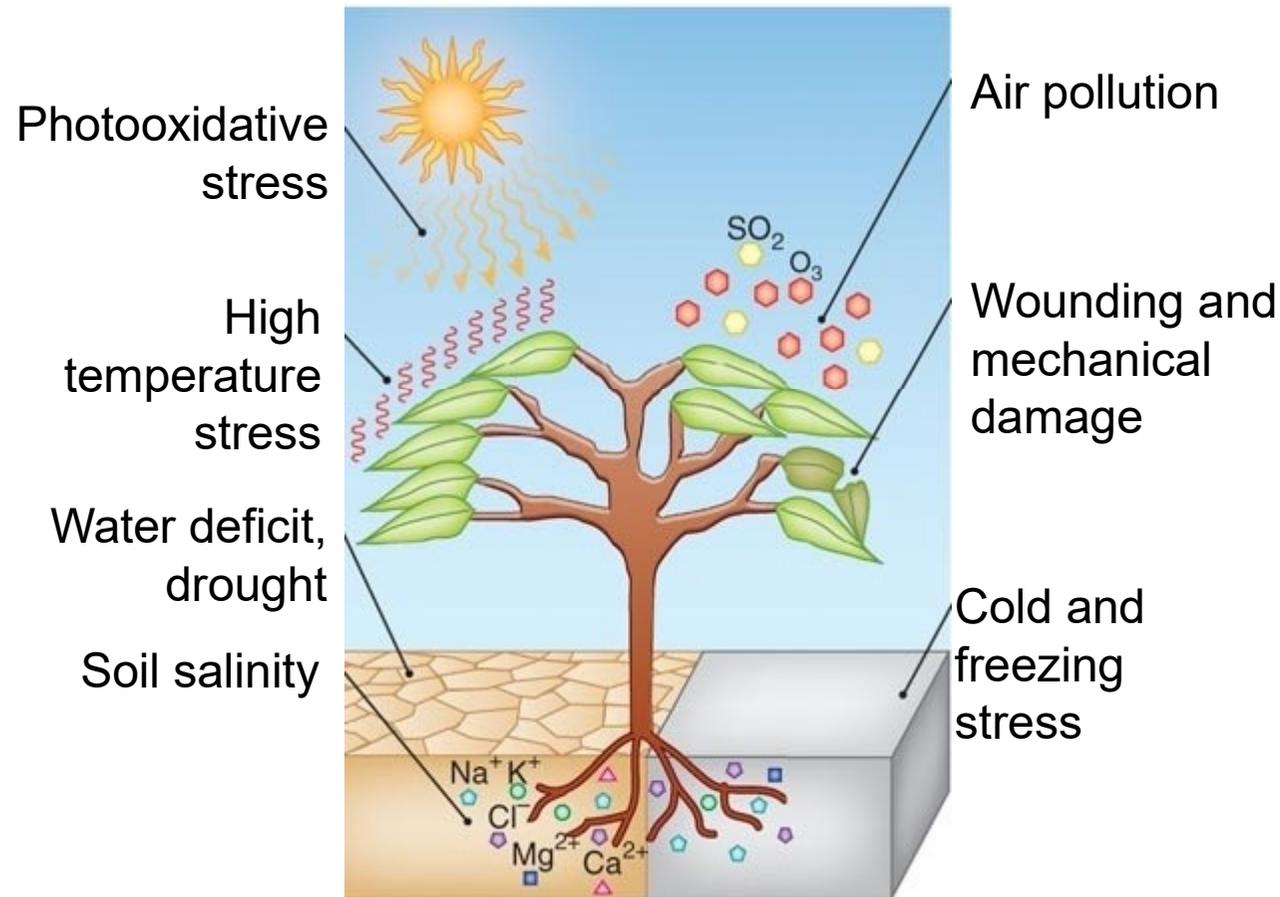
❖ Disminuyen la brotación prematura de los tubérculos

❖ Protegen al cultivo de afectaciones producidas por estrés biótico y abiótico.

Hormonas vegetales y crecimiento



Respuestas hormonales al estrés abiótico



Reprinted by permission from Macmillan Publishers, Ltd. Nature Chemical Biology. Vickers, C.E., Gershenzon, J., Lerdau, M.T., and Loreto, F. (2009) A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress Nature Chemical Biology 5: [283 - 291](#) Copyright 2009.