

Introducción a las hormonas vegetales

Angela Blanco B.

Fitohormona

- Una hormona vegetal es un compuesto orgánico sintetizado en un lugar de la planta y traslocado a otra parte donde, en concentraciones muy bajas, produce una respuesta fisiológica.
- La respuesta no es necesariamente de promoción, por ejemplo, el Ácido Abscísico inhibe el crecimiento y diferenciación

Fitohormonas

- No se consideran fitohormonas:
 - Reguladores orgánicos de crecimiento sintetizados en laboratorio (2,4-D, por ej.)
 - Iones inorgánicos como el K^+ o Ca^{2+} , aunque produzcan respuestas importantes en la planta.
 - La sacarosa, porque provoca crecimiento sólo en concentraciones elevadas.

Reguladores de crecimiento

- Sustancias similares a las hormonas, sintetizadas en laboratorio.
- Estos permiten al agricultor:
 - Regular crecimiento de las plantas
 - Regular época de floración
 - Regular la cuaja de frutos
 - Etc...

Clasificación

- Actualmente podemos hablar de 5 grupos de hormonas:
 - Auxinas
 - Citoquininas (=citokininas, =citocininas)
 - Giberelinas
 - Etileno
 - Ácido Abscísico

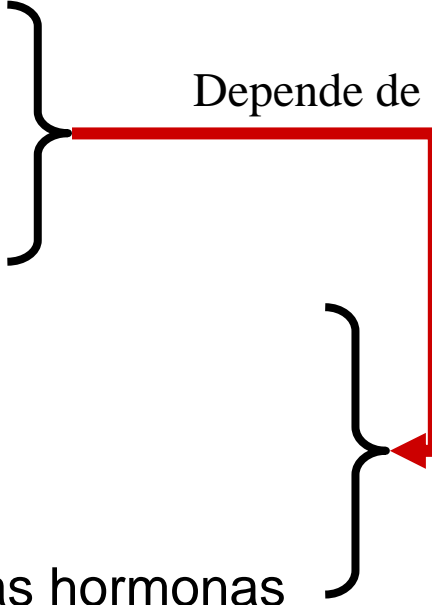
Clasificación

- Otras sustancias que eventualmente pueden clasificarse como fitohormonas son:
 - Poliaminas
 - Jasmonatos
 - Ácido salicílico
 - Brasinosteroides
 - Sistemina.

Respuestas de la planta a la acción hormonal

1. Cambios en la concentración de la hormona
2. Percepción de la señal por el receptor
3. Amplificación de la señal (transducción)
4. Activación de un cambio bioquímico y respuesta fisiológica

Modo de acción

- El efecto fisiológico de una hormona depende de:
 - Concentración
 - Sensibilidad
 - N^o receptores
 - Afinidad de los receptores
 - Capacidad de respuesta
- Depende de
- Fenotipo
 - Tejido u órgano
 - Edad y fase de desarrollo
 - Presencia o ausencia de otras hormonas
- 

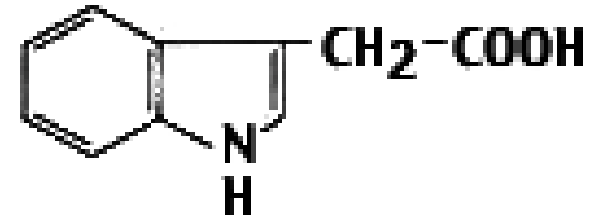
Modo de acción

- Dos mecanismos:
 - La hormona **atraviesa la membrana celular** y entra al citoplasma.
 - Se une a un receptor (complejo hormona-receptor)
 - El complejo puede disociarse o puede entrar en el núcleo como tal y afectar a la síntesis de los ARNm.
 - Respuesta fisiológica que produce la transducción.
- ó
 - La hormona se une a un **receptor de membrana**
 - Unión hormona-receptor produce cambio conformacional
 - Cascada interna de reacciones citoplásmicas
 - Estas pueden producir efectos muy variados: nuevas actividades enzimáticas, modificación de procesos metabólicos, inducción de síntesis de ARNm, etc.

Modo de acción

- Para que esto ocurra, se deben tener tres condiciones en el sistema de respuesta:
 - ser suficiente la cantidad de hormona en las células adecuadas.
 - Las células destino debe reconocerla y ligarse estrechamente a ella por medio de sus proteínas receptoras.
 - La proteína receptora debe causar algún otro cambio metabólico que conduzca a la amplificación del mensajero o la señal hormonal. Pueden ocurrir varios procesos de amplificación antes de que se produzca la respuesta a la hormona.

Auxinas



Acido 3 indolacético

- Grupo más conocido
- Ejercen diversos efectos en el crecimiento vegetal
- La más estudiada y más abundante en la planta es el Ácido Indol Acético (AIA)
- Existen muchos compuestos que pueden sustituirlo, produciendo respuestas en el crecimiento (2,4-D)
- Los efectos pueden ser causados por interacciones con otras fitohormonas

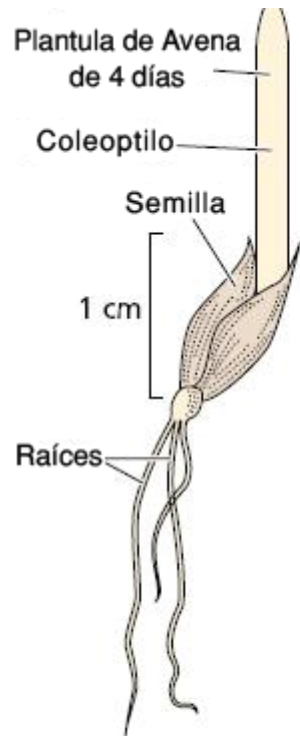
Auxinas

- Se sintetizan principalmente en los **ápices** de tallos y raíces
- Migración unidireccional, basípeta (transporte polar)
- Actúa en zonas de **elongación**, principalmente
 - La elongación es relativamente proporcional a la cantidad de auxina
 - Efecto hormonal más conocido: tropismos

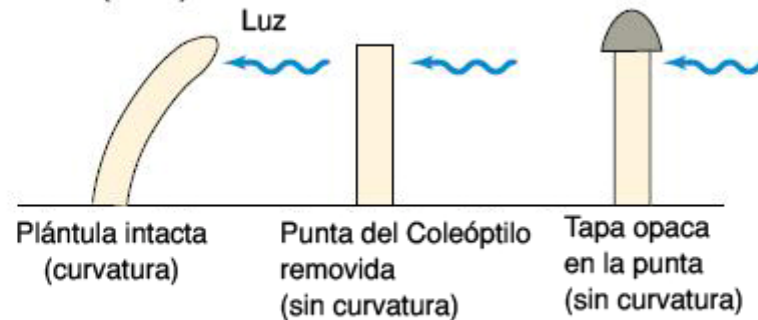
Auxinas: Tropismo

- Tropismo: Movimiento de orientación de un organismo sésil como respuesta a un estímulo.
- Fototropismo: (Fotos=luz) Movimiento por efecto de la luz
- Uno de los efectos más conocidos es la curvatura de los tallos por efecto de la luz, debido a la distribución asimétrica de la auxina en él

Auxinas: Tropismo

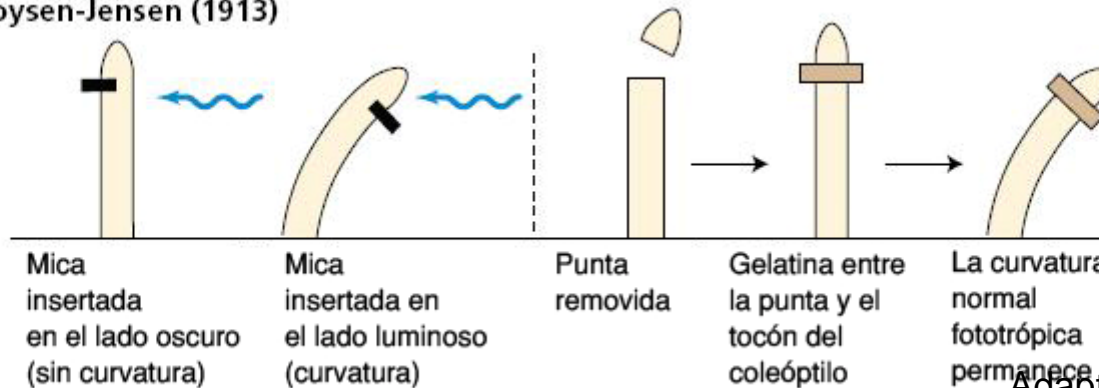


Darwin (1880)



De los experimentos en fototropismo coleóptilo, Darwin concluyó en 1880 que el estímulo del crecimiento es producido en la punta del coleóptilo y es transmitida a la zona de crecimiento.

Boysen-Jensen (1913)

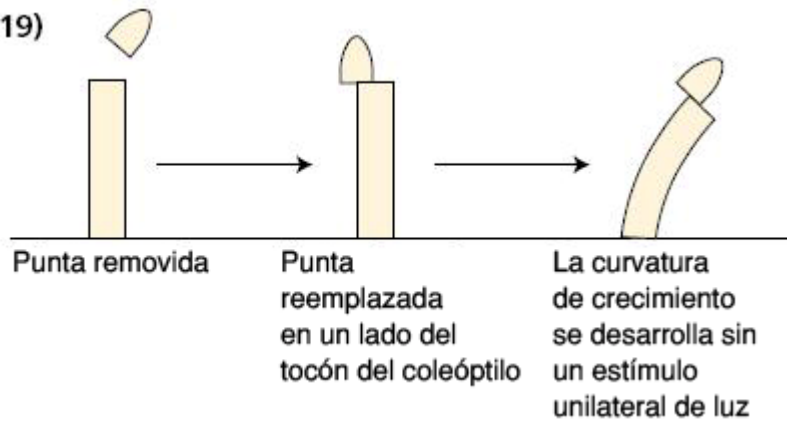


En 1913, P. Boysen-Jensen descubrió que el estímulo del crecimiento pasa a través de la gelatina, pero no a través de barreras impermeables como la mica.

Adaptación Taiz & Zeiger, 2003

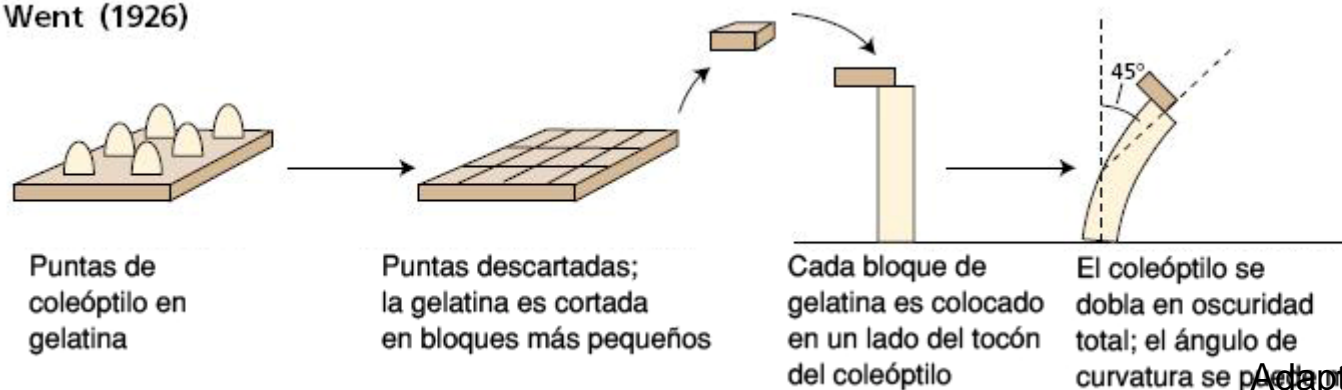
Auxinas: Tropismo

Paál (1919)



En 1919, A. Paal mostró evidencia que el estímulo promotor del crecimiento producido en la punta era de naturaleza química.

Went (1926)



En 1926, F.W. Went, mostró que la sustancia activa promotora del crecimiento puede difundirse en un bloque de gelatina. También ingenió un ensayo de curvatura coleóptila para el análisis cuantitativo de auxinas.

Adaptación Taiz & Zeiger, 2003

Auxinas

- Promueve la división celular
 - Iniciación de actividad en árboles durante la primavera
 - Formación de raíces a partir del periciclo en tallos (método de enraizamiento de estacas)
- Dominancia apical
- Caída de hojas

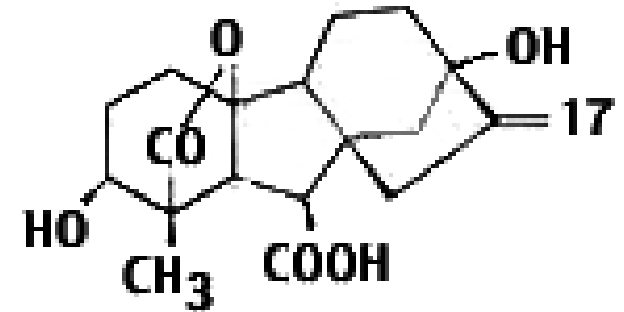
Citoquininas

- Se encuentran en tejidos que se dividen de forma activa como meristemas, semillas en germinación, frutos en maduración y raíces en desarrollo
- Interactúan con las auxinas, ya que estimulan el desarrollo de las yemas laterales, contrarrestando la dominancia apical
- Retrasan la senescencia foliar al estimular la movilización de nutrientes y la síntesis de clorofila.
- Antecedentes sugieren que se sintetizan en la raíz y son transportadas a las hojas por la corriente de transpiración

Citoquininas

- Los efectos fisiológicos dependen de la especie vegetal
 - Estimulan la división celular.
 - Estimulan la morfogénesis (iniciación de tallos/formación de yemas)
 - Estimulan la expansión foliar debido al alargamiento celular.
 - Pueden incrementar la apertura estomática en algunas especies.
 - Promueven la conversión de etioplastos en cloroplastos vía estimulación de la síntesis de clorofila.
 - Estimulación de la pérdida de agua por transpiración.
 - Eliminación de la dormancia que presentan las yemas y semillas de algunas especies.
 - Estimula la formación de tubérculos en papas

Giberelinas



- Agricultores japoneses observaron la elongación anormal del tallo en las plántulas de arroz
- Sustancia química producida por *Giberella fujikuroi* (Hongo *Fusarium moniliforme*)
- Se aislaron compuestos similares
- Se ha encontrado en gran cantidad en hojas en activo crecimiento, lo que sugiere que éste es el lugar de síntesis
- Existen más de 90 giberelinas que afectan el crecimiento de las plantas superiores

Giberelinas

- Inducción del alargamiento de entrenudos en tallos al estimular la división y la elongación celular.
- Sustitución de las necesidades de frío o de día largo requeridas por muchas especies para la floración.
- Inducción de la partenocarpia en algunas especies frutales.
- Eliminación de la dormancia que presentan las yemas y semillas de numerosas especies.
- Estimulan la producción de α -amilasa durante la germinación de los granos de cereales.
- Retraso en la maduración de los frutos.
- Induce masculinidad en flores de plantas monoicas.
- Pueden retrasar la senescencia en hojas y frutos de cítricos.

Etileno

- Es un hidrocarburo sencillo ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$)
- Se descubrió a comienzos del siglo pasado en Alemania, cuando se demostró que el gas que perdían las lámparas de la calle era el principal causante de la defoliación que ocurría en los árboles cercanos a ellas
- Es sintetizado en diferentes tejidos y su producción es frecuentemente estimulada por auxinas

Etileno

- Estimula la maduración de los frutos.
- Produce la triple respuesta en plántulas.
- Parece jugar un papel importante en la formación de raíces adventicias.
- Estimula la abscisión de hojas y frutos.
- Estimula la floración en Bromeliaceas
- Induce la feminidad en flores de plantas monoicas.
- Estimula la apertura floral.
- Estimula la senescencia floral y foliar.

Ácido Abscísico

- Estimula el cierre estomático (el estrés hídrico aumenta la síntesis de ABA)
- Inhibe el crecimiento del tallo pero no el de las raíces; en algunos casos puede incluso inducirlo.
- Induce en las semillas la síntesis de proteínas de almacenamiento.
- Inhibe el efecto de las giberelinas de inducir la producción a α -amilasa.
- Induce y mantiene la latencia.
- Induce la senescencia en hojas.
- Induce la transcripción génica de inhibidores de proteasas en respuesta a heridas lo que explicaría su aparente papel en la defensa contra patógenos.