

Mecanismos Químicos de Defensa en las Plantas.

Las plantas son organismos que están obligados a sobrevivir ante las condiciones que les plantea su entorno, y deben responder a tales situaciones para poder defenderse, crecer y reproducirse. Gran parte de las reacciones de defensa se reflejan en una diversidad de compuestos bioquímicos, los cuales son sintetizados ante las interacciones negativas entre las plantas y organismos microbianos o algún tipo de estrés. La base fisiológica y bioquímica de la resistencia de plantas al ataque de patógenos se encuentra relacionada con la biosíntesis de metabolitos secundarios como lo son las fitoalexinas.



Figura 1. Interacción entre los mecanismos de defensa en la planta.
Foto: Damián, 2017.

Interacciones entre plantas y microorganismos.

Marshall Ward en 1905 postuló que los “anticuerpos” y las toxinas producidas por la planta desempeñaban una función importante para frenar el proceso infeccioso. Estos compuestos defensivos podían encontrarse, preformados, antes de la infección o podían sintetizarse en respuesta a la misma y activarse. En 1941, Müller y Börger refinaron la concepción de Ward, bautizando con el nombre de fitoalexinas a los compuestos químicos sintetizados por la planta en respuesta a una invasión microbiana. La primera fitoalexina, llamada pisatina, fue aislada y caracterizada en 1960 por Cruickshank y Perrin, lo cual constituyó el punto de partida para el estudio de su papel en la resistencia a enfermedades y su biosíntesis (regulación genética para su síntesis y transferencia de genes de una planta a otra).

Las fitoalexinas. Son compuestos antimicrobianos que se acumulan en las plantas en altas concentraciones y se sintetizan rápidamente (1 a 8 horas) después de infecciones bacterianas o fúngicas, ayudando a limitar la dispersión del patógeno. Las sustancias que estimulan la síntesis de fitoalexinas se denominan

elicitores o inductores, los cuales pueden ser tanto **exógenos** (producidos por patógenos, agentes químicos, daños mecánicos) como **endógenos** (producidos por las plantas en respuesta a determinadas situaciones de estrés).

Además de las fitoalexinas, existe una extensa diversidad de metabolitos secundarios en todos los tejidos vegetales adultos, presentes en concentraciones variables, cuya función primordial no es necesariamente antibacteriana o antifúngica (Cuadro 1). Algunos de estos compuestos inhiben por ejemplo la germinación de esporas.

Interacciones entre planta e insecto.

Para percibir la presencia de insectos plaga, las plantas se valen de las secreciones que estos liberan, provocando la producción de metabolitos tóxicos o repelentes de naturaleza muy volátil por parte de las plantas. Dichas sustancias volátiles desempeñan un papel importante en la defensa indirecta de la planta.

Algunos de estos compuestos parecen ser comunes en muchas especies, encontrando principalmente aldehídos, alcoholes, ésteres, y terpenoides. Sin embargo, algunos otros compuestos sirven para atraer a los depredadores y parásitos como medio de control de la plaga agresora.

Cuadro 1. Mecanismos internos y externos de defensa en las plantas.

Fuente: Chao, 2016.

Mecanismos internos de defensa en la planta	
Barreras en la superficie	Se encuentran; la cutina, suberina y las ceras.
Barreras internas	Se encuentra; el súber o corcho, tejidos absorbentes y tejidos mecánicos
Metabolitos secundarios	Se encuentran; compuestos que contienen Nitrógeno (alcaloides), Terpenos (piretrinas y aceites esenciales), Compuestos fenólicos (alelopatías-neem), Flavonoides (pigmentación y defensa), Isoflavonoides (fitoalexinas).
Mecanismos de defensa inducida en la planta	
Resistencia de gen a gen	Mejoramiento genético
Resistencia hipersensitiva	Sistema inmunitario innato (resistencia natural, bloqueo de células, muerte celular programada).
Resistencia sistémica adquirida (RSA)	Inmune por ataques anteriores (ruta- ácido salicílico).
Resistencia sistémica inducida (RSI)	Inmune por ataques anteriores (ruta-ácido jasmónico y etileno).
Resistencia inducida por mordeduras	Mecanismo de sellado – sistémica hormonal (ácido jasmónico).
Resistencia inducida por elicitores (inductores)	Agroquímicos con función específica – fosfito, quitosano, azúcares, proteínas, jasmonato, etileno (formación de fitoalexinas).

Resistencia por químicos	inducida	Reducción de estrés, expresión del potencial genético, aporte a procesos fisiológicos específicos (aminoácidos, biorreguladores, microelementos).
--------------------------	----------	---

Respuestas locales y sistémicas.

Respuesta local. Ante la invasión de tejidos vegetales por un microorganismo, la respuesta es local e implica la síntesis de fitoalexinas, y puede o no incorporar la respuesta hipersensible (reacción local que se caracteriza por la aparición de lesiones necróticas en el sitio de infección), la cual ocurre en aproximadamente 24 horas después de que la planta percibe un patógeno potencial e inicia la “muerte celular programada”. Básicamente dicha respuesta consiste en retirar los nutrientes al atacante, aislar el área por medio del refuerzo mecánico de las paredes celulares y secretar fitoalexinas en la zona aislada.

Efectos sistémicos. Los efectos posteriores se manifiestan a distancia y vienen por las señales secundarias producidas de la invasión local. Las respuestas secundarias preparan a los tejidos y órganos para defenderse de un proceso infectivo. Tales reacciones comprenden una elevación de los niveles de toxinas defensivas y de reforzamiento estructural de las paredes celulares de los tejidos, lo que se conoce como “resistencia sistémica adquirida” (SAR) o “resistencia sistémica inducida” (ISR). Todas las vías de señales contienen elementos volátiles que cumplen la función de transmitir la información dentro de la propia planta y entre plantas. Los tres elementos que participan en la transmisión de información son el etileno, el ácido salicílico y su éster metílico, el ácido jasmónico y su éster metílico; formando parte de un sistema extenso de mensajeros intracelulares e intercelulares dentro de la planta.

Resistencia sistémica adquirida (SAR). La SAR se activa local y sistémicamente tras la infección de la planta por patógenos que producen necrosis (virus, bacteria u hongos). La planta adquiere una resistencia de amplio espectro, es decir, que confiere resistencia no sólo al patógeno que la ha activado sino también a otros patógenos. La SAR es duradera, activándose durante días o semanas en condiciones tanto naturales como de laboratorio. La inducción de SAR ocurre por la acción de una señal inespecífica, aunque numerosos trabajos han demostrado la acumulación de ácido salicílico en el floema.



Figura 2. Mecanismo de defensa en la planta mediante el uso de inductores o elicitores Fuente: Chao, 2016.

Resistencia sistémica inducida (ISR). La ISR se activa por determinadas cepas bacterianas del suelo llamadas rizobacterias saprófitas, que son capaces de colonizar las raíces de las plantas. Al igual que la SAR, la ISR es una resistencia sistémica de amplio espectro (puede conferir protección frente a bacterias, hongos y algunos virus) y duradera en condiciones de laboratorio y campo. Se han identificado diferentes cepas bacterianas de la rizósfera que son capaces de activar la ISR en campo principalmente en la etapa de desarrollo como son: *Bacillus pumilus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*).

Fuentes consultadas.

- Vivanco, M. J.; Cosío, E.; Loyola, V. V.; Flores, E. H. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas
- Molina, A.; Rodríguez, P. P. 2008. Resistencia Sistémica Inducida: ¿Una Herramienta Bio-Ecológica? Puerto de la Cruz, Tenerife. 6p.
- Damián, G. J. 2017. Inducción de las Defensas en las Plantas a través de Elicitores. Diplomado Internacional de Bioestimulación de Cultivos Intensivos.

Fuente: Intagri. Gto, México -