

## NUTRICION FOLIAR Y DEFENSA NATURAL

Norman Soria Idrovo<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

La fertilización foliar se ha venido practicando desde hace muchos años. En Francia se reporta que desde 1844 se aplicaba sulfato ferroso en el follaje de la vid para corregir la clorosis en hojas. Se tienen noticias de que en muchas partes del sur de Europa la fertilización foliar era conocida por los agricultores, quienes la practicaban ampliamente. Posteriormente, esta práctica se hizo intensiva en otras partes del mundo, en donde los agricultores habían visto efectos benéficos en el incremento del rendimiento y calidad de sus productos. Además ya se había observado que en algunos lugares, los fertilizantes químicos aplicados al suelo no actuaban eficientemente y satisfactoriamente (Eibner, 1986).

Posteriormente, a partir de 1950, cuando se empezaron a utilizar radioisótopos en la agricultura, mejores técnicas de laboratorio y aparatos para el rastreo y análisis de nutrimentos del tejido vegetal, se lograron avances más claros sobre la efectividad de la fertilización foliar (Pérez, 1988).

En los últimos años, mediante trabajos de investigación se ha demostrado la bondad de esta práctica cuyo uso es común hoy en día (Trinidad *et al.*, 1971; Chonay, 1981; Cardona, 1988; Pérez, 1988).

Los vegetales toman sus nutrimentos directamente del suelo, pero también lo pueden hacer por las hojas y demás órganos. A pesar de que sus requerimientos son diferenciados de acuerdo con la denominación de macro, meso y microelementos, no hay que confundir la cantidad necesaria, con la importancia de la función de los todos los nutrimentos, por tanto si bien la cantidad define el concepto, no implica que aquellos denominados micro, son menos necesarios o útiles; todo lo contrario, la deficiencia de un determinado nutrimento macro, meso o micro, puede afectar seriamente el funcionamiento fisiológico de cualquier especie, por lo que resulta importante revisar y actualizar conocimientos sobre la influencia de la nutrición foliar, en el contexto de la fisiología de las especies y sobre todo en el mecanismo de la defensa natural de las plantas cultivadas.

Cada nutrimento desempeña una función específica respecto a la fisiología de la planta, por lo que cada elemento debe ser estudiado por separado, pero sin confundir su importancia específica con el balance entre todos, lo cual resulta más complejo, al establecerse que pueden haber deficiencias por un lado y excesos por otro, entendiéndose como importante un balance entre los nutrimentos, responsables de una respuesta fisiológica adecuada, para lograr el más alto rendimiento en cualquier especie.

En la actualidad en forma global, el incremento del costo de los fertilizantes, derivado del alza o subida del precio del petróleo a nivel internacional, obliga a que reflexionemos respecto al concepto adecuado de la nutrición, fortaleciendo el enfoque de la vía foliar, para optimizar el uso de los nutrimentos, sobre todo de los denominados micronutrientes, con el propósito de lograr el equilibrio, que permita un desempeño más productivo de las especies cultivadas, llegando a niveles competitivos, que permitan la utilización de la menor cantidad de bienes y/o recursos, para producir la mayor cantidad y calidad de la producción agrícola.

Se debe enfatizar que el mejor indicador de la condición nutrimental de una planta, no es necesariamente el contenido nutrimental del suelo, sino la concentración que demuestra tener la hoja, después del proceso complicado de la absorción y transporte interno, por lo que se debe trabajar más a nivel foliar para nutrir adecuadamente a un vegetal, y dependiente de aquella nutrición apropiada de una planta, se deriva el mecanismo de la defensa natural de un vegetal, tema principal o preponderante

<sup>1</sup> Profesor de Fisiología Vegetal IASA - ESPE. Correo electrónico: [normansoriai@yahoo.com](mailto:normansoriai@yahoo.com)

de esta ponencia, en la cual se analizará la función de cada nutrimento en el funcionamiento fisiológico vegetal, las relaciones entre nutrimentos, el balance nutrimental, los mecanismos de ingreso y movimiento a nivel foliar, la defensa natural ante el ataque de patógenos, la tecnología de aplicación, los factores que intervienen en la aplicación y su respuesta, entre otros temas, que hacen atractiva una actualización sobre la nutrición foliar y la defensa natural de los vegetales.

### **LOS NUTRIMENTOS Y SU RELACION CON LAS FUNCIONES FISIOLÓGICAS**

#### **Nitrógeno**

Es requerido para mantener el crecimiento de la planta y sus órganos, entendiéndose por crecimiento el incremento de tamaño, lo que implica una variable cuantitativa, producto de dos procesos definidos como división celular y luego o paralela a ella, la elongación celular, que en conjunto hacen el crecimiento. En el ápice del tallo y puntos de crecimiento, el N es requerido en grandes cantidades para la formación de sustancias nitrogenadas, que se mueven con el agua y se almacenan en los tejidos (tallo y raíz), en la mayoría de las especies, la fase juvenil necesita de N para formar materia verde en el proceso de crecimiento.

EL N activa la absorción y funciones del P y K necesarios para la formación de flores, se destaca la formación de proteínas y su influencia en la floración. El exceso de N, afecta al Zinc, Cobre y Boro.

#### **Fósforo**

Los puntos en crecimiento de los diferentes órganos, y las zonas de floración necesitan fósforo en la mayoría de las especies, las plantas con poca floración demuestran deficiencia de éste elemento.

Los lugares que demandan energía como brotes, hojas, frutos en expansión, necesitan mucho P. La formación de flores requiere de éste elemento, que además activa la absorción de Magnesio, que también interviene en la formación de las flores. En el período de inducción floral, las yemas vegetativas que van a transformarse en flores son más activas, por ello el fósforo se mueve hacia esos puntos. El exceso de Fósforo afecta la acción del Cobre, Manganeso y Zinc.

#### **Potasio**

Se considera estimulador de la formación de azúcares, esto se debe a la capacidad que tiene el elemento, para activar determinadas proteínas en el metabolismo asimilador.

Favorece la síntesis de proteínas y aumenta la actividad de enzimas; los carbohidratos deben ser reducidos, para ser aprovechados en el proceso de formación de las flores.

En resumen, el potasio es un elemento activador de varios procesos, por lo que su función es esencial para que los vegetales formen compuestos, que son mediatizados por la actividad del Potasio. El exceso de Potasio, afecta al Calcio.

#### **Magnesio**

En el período de la inducción, es decir cuando llega la “señal” bioquímica que genera el cambio de una yema vegetativa a una yema floral, para que luego se produzca la formación de flores, el Mg es requerido; se mueve normalmente a las partes más jóvenes para inducir dicho cambio y favorecer la formación de las partes florales, que ocurren progresivamente desde el cáliz, luego la corola y a continuación el androceo y finalmente el gineceo.

Estimula las diferentes etapas del metabolismo (anabolismo y catabolismo); interviene en la formación de compuestos nitrogenados solubles y la reducción de azúcares. El magnesio está relacionado con el transporte y síntesis de fosfatos, por ello es un aliado muy cercano a la actividad del Fósforo.

### **Calcio**

Es considerado como poco móvil, pero es un elemento ligado al crecimiento tanto de raíz como de la planta en general, se mueve mediante el sistema de flujo de masas, es decir a través de la pérdida de agua mediante la transpiración.

El calcio está ligado a la estructura de la pared celular y lo más importante, es mensajero secundario del complicado proceso de la defensa natural de los vegetales, ante el ataque de patógenos que causan las enfermedades en los cultivos.

A nivel de la pared celular, se han encontrado pequeños fragmentos de pared celular, denominados oligosacarinas, que conjuntamente con la actividad mensajera del calcio, desarrollan en conjunto los procesos de la defensa natural de las plantas cultivadas.

El calcio es un elemento al que hay que darle mucha importancia, frente a los últimos descubrimientos respecto a su influencia directa en la defensa natural vegetal.

### **Boro**

En lugares secos hay poca movilidad de este elemento a los puntos en crecimiento, la falta de boro afecta el desarrollo normal de las células, que se traduce normalmente en cambios en la forma de los frutos y demás órganos vegetales, por tanto en general las deformaciones están ligadas a deficiencias de Boro.

La falta de Boro afecta el amarre de frutos, debido a que el proceso de la doble fecundación requiere de este elemento, iniciándose por la presencia de este elemento en el fluido estigmático, que propicia la germinación del polen y la formación del tubo polínico.

### **Manganeso**

Indispensable para la planta, interviene en varios procesos activos como en la síntesis de sustancias nitrogenadas, que intervienen en la formación de flores y frutos, además está ligado a los procesos del metabolismo fosfórico y al proceso más importante de los vegetales que lo constituye la fotosíntesis, en la cual el elemento está ligado a la fotólisis del agua

### **Zinc**

Interviene en el metabolismo general vegetal, principalmente en el crecimiento activo de brotes, por ello es considerado como un elemento que está involucrado en la reorganización de procesos; es decir, interviene cuando la planta inicia un proceso diferente, ej., inicio de brotación.

Su acción está ligada a nivel de ácidos nucleicos, por lo que su función en la reorganización de procesos, es clave en el funcionamiento fisiológico de la mayoría de vegetales.

La escasez de Zn contribuye a la inhibición del metabolismo general de la mayoría de las plantas cultivadas, por lo que su importancia es innegable en el funcionamiento fisiológico de los vegetales.

### **Cobre**

Es un elemento necesario en el metabolismo proteico y de la formación de carbohidratos, así como en la actividad enzimática necesaria para el normal funcionamiento de los vegetales en general.

### **Hierro**

La función fisiológica más importante está ligada al proceso de la respiración en órganos vegetales, participa activamente en la reducción de carbohidratos, y está ligada a la acción enzimática de varios procesos vegetales.

### **ABSORCION FOLIAR**

La hoja es el órgano principal de absorción foliar de nutrimentos, allí radica la importancia de conocer su estructura. En la parte externa, la hoja presenta una cutícula (membrana lipoidal), que es un obstáculo para la absorción. Debajo de la cutícula se encuentran las células de la epidermis, cubiertas por una delgada capa de pectina. La absorción de los nutrimentos a través de la hoja es un proceso que incluye múltiples pasos, e involucra la absorción superficial, penetración pasiva a través de la cutícula, y absorción activa por las células de las hojas debajo de la cutícula.

La cutícula foliar es más permeable a los cationes que a los aniones. La hidratación de la cutícula permite que ésta se expanda, apartando las concreciones cerosas sobre su superficie, facilitando con ello la penetración. Una vez que los nutrimentos pasan la cutícula, se encuentran con las membranas celulares de la epidermis, que presentan prolongaciones plasmáticas o ectocitodos, antiguamente llamados ectodesmos. Los ectocitodos son espacios interfibrilares que aparecen en las paredes celulares que rodean espacios llenos de aire. Los ectocitodos forman un continuo que se extiende desde la parte externa de las membranas celulares hasta el límite interno de la cutícula, sin penetrar en ella. Su función principal es la de servir de vía para la excreción de sustancias, a la vez que permiten el paso de productos al exterior.

Cuando los nutrimentos se encuentran en los ectocitodos, son translocados a las células epidérmicas por un proceso complejo de difusión y mediante gasto de energía metabólica. Un número alto de ectocitodos, una cutícula delgada y una gran área superficial, favorecen la penetración de nutrimentos vía foliar. Los agentes humectantes favorecen la absorción porque disminuyen la tensión superficial de las gotas.

El concepto de que la absorción foliar de los minerales debe presentarse a través del estoma no es del todo correcto. Los investigadores de Albión han observado absorción de los Metalosatos a través de la superficie de las hojas, incluyendo la superficie superior donde existen pocos estomas. Incluso la pequeña cantidad que puede llegar a pasar el estoma, también debe pasar a través de la cutícula, que delinea las superficies internas de la hoja. Esto quiere decir que, si el mineral debe alcanzar las células, la absorción debe ocurrir a través de la cutícula de la hoja (Jeppsen, 1999).

La solubilidad del nutrimento en agua es esencial para la absorción por parte de las hojas u otros órganos de la planta. El material debe ser soluble para pasar a través de las superficies y entrar a las células de las plantas. Sales minerales insolubles, incluyendo todos los óxidos, la mayoría de hidróxidos, carbonatos, fosfatos y algunos sulfatos, no pueden ser absorbidos por la planta. Cuando se hace una aplicación foliar de estas formas de minerales, estos simplemente recubren las superficies externas de la planta con el mineral no disponible. Los quelatos en su mayoría y sobre todo los metalosatos son totalmente solubles en agua y consecuentemente están disponibles para ser absorbidos por las plantas.

Las hojas de la mayoría de las plantas tienen una superficie gruesa y cerosa. Las ceras están compuestas de ácidos grasos, que por naturaleza tiene carga negativa. Cuando una sal metálica se disuelve en agua, el metal se disocia en la solución para formar un catión, que es un elemento mineral cargado positivamente.

Cuando esta solución es aplicada a la superficie cerosa de la hoja, el elemento de carga positiva es atraído y sostenido por la superficie de carga negativa, lo cual significa que la cutícula cerosa, actúa como una barrera en la absorción de los minerales iónicos.

En la parte exterior de la membrana plasmática está la pared celular, formada por celulosa, hemicelulosa y otros materiales fibrosos; la pared celular primaria está saturada con pectina, que mantienen las fibras juntas y fortalece la estructura, es en este lugar donde la presencia del calcio es muy importante; el calcio se asocia con la pectina haciendo la pared celular más sólida.

No obstante, si se aplica cualquier otro catión tal como Mg u otros elementos como Fe, Mn, Zn o Cu, cualquiera de estos minerales iónicos puede adherirse a la pectina, en consecuencia, la pared celular primaria también actúa como una barrera en la absorción de iones metales libres (Jeppsen, 1999).

Al contrario, los minerales que son completamente quelados con aminoácidos, tienen una carga neutra por lo que no son atraídos ni repelidos por las superficies con carga negativa de la hoja, en este caso los minerales pasan libremente a través de las barreras.

Cuando los quelatos de aminoácidos llegan a la membrana celular, son reconocidos por los mecanismos de absorción como una fuente de nitrógeno orgánico, por lo que todo el quelato de aminoácido, es llevado al interior de la célula muy rápida y eficientemente.

Las membranas celulares no tienen la habilidad de absorber quelatos sintéticos, tales como EDTA, DTPA, EDDHA, y otros, para que el mineral sea absorbido por la célula, estos quelatos deben liberarlo, por tanto esto deja una vacante en la molécula del quelato, generando cargas que deben ser completadas. El EDTA, por ejemplo tiene una gran afinidad con el calcio (Salisbury and Ross, 1978).

Debido a lo anterior, removerá el calcio que encuentre en el medio que lo rodea, incluyendo las paredes y membranas celulares. Esto puede causar el colapso de las paredes celulares y la fuga del contenido de la célula, siendo esta la razón por la cual, las aplicaciones foliares en altas concentraciones de EDTA, muy a menudo resultan en una fitotoxicidad.

Los agentes que crean complejos naturales, incluyendo algunos que se los denomina queladores, tales como los lignosulfanatos, humatos, fulvatos, y otros, son en realidad moléculas muy grandes y complejas. Debido a su tamaño, la posibilidad de que cualquiera de estas moléculas realmente pueda quelar es muy baja, por lo que normalmente tendrían que ser descompuestas por microorganismos a moléculas mucho más pequeñas, para ser absorbidas por las células de las plantas.

Los quelatos de aminoácido, son moléculas muy pequeñas, en consecuencia, pasan a través de las barreras del proceso de absorción de la planta, incluyendo la cutícula, la pared de la célula, y la membrana celular.

La investigación de Albión ha indicado que las plantas pueden absorber un 90% o más de los metalosatos Albión aplicados foliarmente, en el término de dos o tres horas. Debido a que la absorción de los quelatos de aminoácido es tan eficiente, se pueden utilizar dosis mucho más pequeñas para lograr respuestas interesantes en la mayoría de cultivos.

### **HISTORIA Y GENERALIDADES SOBRE QUELATOS Y METALOSATOS**

En 1956 el Dr. Harvey Ashmead creó los laboratorios Albión, después de años de investigación los científicos de Albión, empezaron a marcar el hito en descubrimientos de la quelación mineral. Para estos descubrimientos Albión recibiría cerca de 70 patentes alrededor del mundo (Cabezas y Cárdenas, 2007).

Se entiende por metalosatos o quelatos naturales, a aquellos complejos químicos que, tanto por su estructura como por los elementos que lo componen, representan una copia fiel de los quelatos existentes en las plantas.

Los metalosatos son el resultado de una tecnología que consiste básicamente en incorporar a la proteína hidrolizada un determinado ión metálico. Si además esta incorporación se realiza cumpliendo con todos los requisitos que le impone la naturaleza, entonces, se está en presencia de un quelato natural capaz de proteger al ión y de incrementar y acelerar su transporte dentro del vegetal, obteniéndose así una mayor capacidad energética, mejor crecimiento y con ello una mayor producción (Cabezas y Cárdenas, 2007).

Dado el tamaño de su molécula (peso molecular menor de 1000 daltons), la absorción de los metalosatos en las hojas, se produce a través de las membranas celulares y no depende de la actividad de los estomas, debido a esto el tiempo de absorción se reduce notablemente y comienza su actividad en el interior de la planta mucho más rápido, por lo que se observa una rápida respuesta del cultivo, sobretodo cuando se están corrigiendo deficiencias severas de microelementos. Los metalosatos se pueden aplicar también al suelo, sin el riesgo de que se acomplejen con otros elementos químicos del mismo (Bejarano, 1996).

### **DEFINICION ACTUAL DE METALOSATOS**

Desde el punto de vista químico, el metalosato es una sustancia constituida por un ión metálico y una molécula orgánica, que conforman una estructura heterocíclica anular. Esta estructura protege al mineral para que éste no entre en reacciones químicas indeseadas en la planta (Dickinson, 1999).

Son productos quelados, patentados, diseñados específicamente para su aplicación en las plantas. Son únicos porque los minerales son quelados con los aminoácidos, y los aminoácidos son los bloques básicos de construcción de las proteínas, por lo que son moléculas que se encuentran en todos los seres vivientes (Cabezas y Cárdenas, 2007).

Los metalosatos corresponden a un proceso químico-biológico, en el cual el mineral o ión metálico está suspendido entre dos aminoácidos, rodeados de proteína vegetal hidrolizada, idéntico al proceso natural que desarrollan los vegetales; los cuales pueden ser absorbidos y translocados muy fácilmente, pues su tamaño molecular es inferior a los 10 amstrongs y su peso molecular es muy inferior a los 1000 daltons, haciéndolos ideales para la nutrición vegetal. El Metalosato aporta a la planta minerales y aminoácidos naturales, que pasan a formar parte de las rutas metabólicas de las proteínas (Cabezas y Cárdenas, 2007).

### **VENTAJAS DEL USO DE QUELATOS Y/O METALOSATOS**

En general la aplicación de quelatos o metalosatos tienen ventajas que se resumen en lo siguiente:

- La absorción de macro y micronutrientes por las hojas o por las raíces, es más rápida, generándose mayor desarrollo.

- Eficaz transporte de los micronutrientes dentro de la planta, promoviendo un crecimiento más precoz y vigoroso.
- Se incrementa la resistencia de las plantas a las sequías y otros factores adversos.
- Aumento de la resistencia natural de las plantas ante el ataque de patógenos así como a las bajas temperaturas.
- Aumento de la cantidad y calidad de la producción.
- Mejora la apariencia o presentación de los frutos obtenidos y se incrementa la resistencia a daños por manejo en poscosecha.
- Al aplicarlos con otros pesticidas como fungicidas, insecticidas, herbicidas, etc., generalmente, la efectividad de estos aumenta.

### LOS METALOSATOS Y EL MEDIO AMBIENTE

Los metalosatos al ser básicamente una réplica de los quelatos naturales, no alteran el equilibrio del sistema ecológico en el cual está creciendo el vegetal, por el contrario, lo mejoran y aumentan su capacidad de rendimiento. Minimizan la utilización de agroquímicos, que pueden provocar un desequilibrio de su hábitat.

La tecnología de los metalosatos, es un ejemplo del uso de la ciencia en pro de una mayor productividad, preservando el medio ambiente, principalmente el suelo y las plantas (Bejarano, 1996).

### EFFECTIVIDAD DE LOS METALOSATOS

Respecto al tamaño de las moléculas y sobre todo al tiempo de absorción, hay diferencias sustanciales entre sales, quelatos y metalosatos, como se puede observar en el cuadro (Cabezas y Cárdenas, 2007).

TIEMPO APROXIMADO REQUERIDO PARA LA ABSORCION DEL 50 %			
Minerales	Sales y Oxidos	Quelatos Sintéticos EDTA, Sulfonato, Láctico, Carboxílico	Quelatos Orgánicos de AminoAcidos + Proteína
Nitrógeno (Urea)	1 a 6 hr.	1 a 6 hr.	< 12 min.
Fósforo	15 días	7 a 11 días	< 2 hr.
Potasio	4 días	2 días	< 1 hr.
Calcio	6 días	3 días	< 2 hr.
Magnesio (20%)	5 hr.	1 hr.	< 1 hr.
Azufre	12 días	8 días	< 2 hr.
Cloro	3 días	1 a 2 días	
Hierro (8%)	2 días	24 hr.	< 2 hr.
Manganeso	2 días	24 hr.	< 3 hr.
Cinc	3 días	26 hr.	< 2 hr.
Molibdeno (4%)	2 días	24 hr.	

FUENTE: Graff,D. " Stability constants of bivalent metals chelated into HVP and absorption there from"  
Sin publicar,1990

FUENTE: Johnson,B., " Physical Characteristics of ALBION Chelates versus other Chelates"  
Sin publicar,1989



### **CONSIDERACIONES PARA LA FERTILIZACION FOLIAR**

Para tener éxito en las aplicaciones foliares de nutrimentos, deben considerarse varios aspectos, dentro de los cuales sobresalen:

- pH de la solución
- Edad de la hoja
- Hora de la aplicación
- Presencia de ceras
- Tipo de producto
- Dosis
- Etapa fenológica
- Compatibilidad
- Coadyuvantes
- Equipo

En general el pH de la solución nutritiva debe ser ligeramente ácido, los nutrimentos deben ser aplicados de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, en concordancia con la función de cada elemento citado anteriormente, la aplicación debe hacerse con equipo adecuado que produzca gota fina, mejor en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, sin descuidar la dosis y el tipo de producto, así como el uso de coadyuvantes para mejorar el mojado y la absorción de los nutrimentos vía foliar.

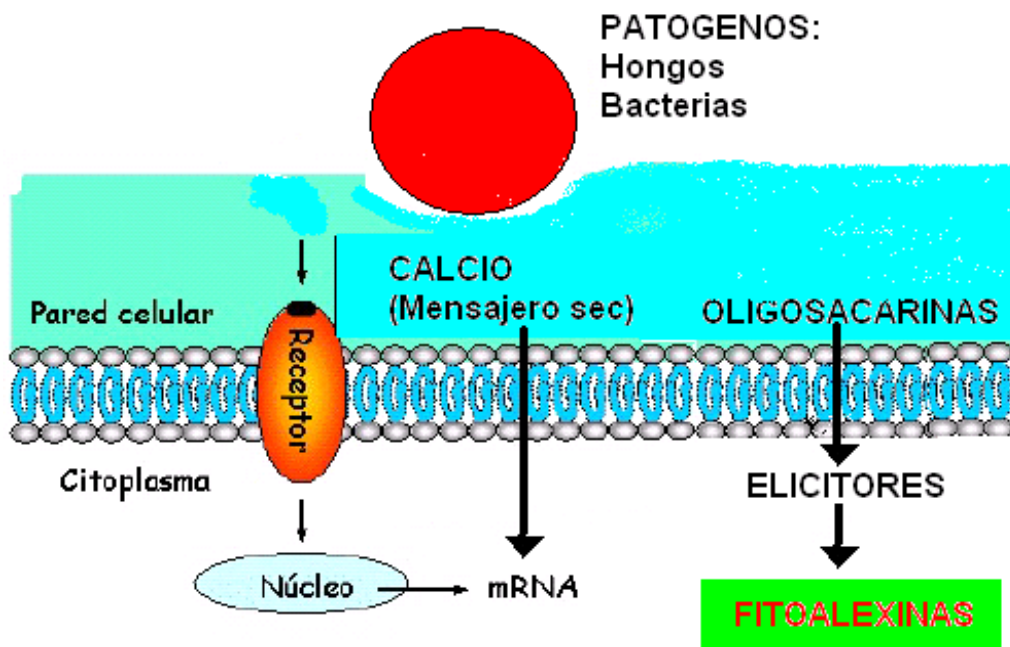
### **LA NUTRICION FOLIAR Y LA DEFENSA NATURAL**

Los nutrimentos cuando están equilibrados en un vegetal, están directamente ligados a los procesos de la defensa natural de las plantas cultivadas, sobre todo ciertos elementos como el calcio, potasio, manganeso, magnesio entre otros.

Sobre todo en el caso del calcio, la defensa natural está muy relacionada, pues el elemento funciona como mensajero secundario. En la pared celular se liberan pequeños fragmentos de pared, denominados oligosacarinas, que ante la presencia de un patógeno, desencadenan una serie de procesos que ligados al mensaje secundario del calcio, inducen a la formación de fitoalexinas, que son compuestos nocivos para los patógenos, que inhiben su crecimiento, o desencadenan procesos de defensa como la generación de hipersensibilidad, aislamiento, o formación de barreras físicas y bioquímicas, que no facilitan el desarrollo de los patógenos, por lo que la nutrición foliar, resulta muy importante en los complicados mecanismos de defensa natural de los cultivos.

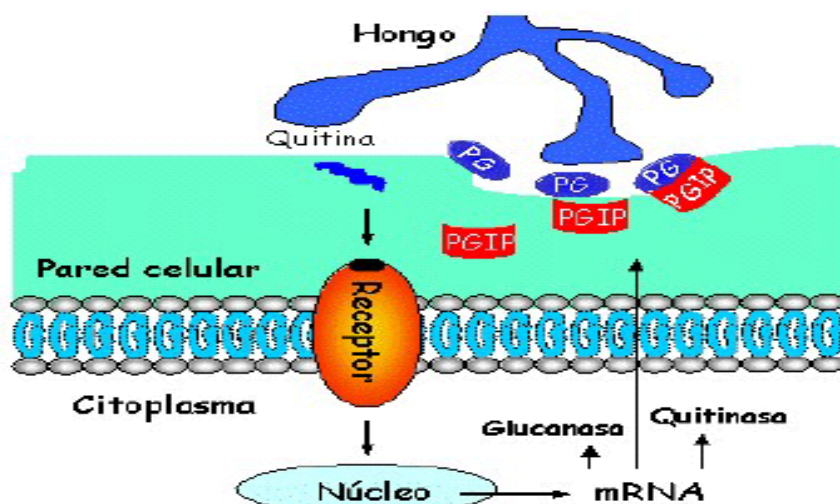
En los gráficos a continuación se esquematizan mecanismos de defensa natural de las plantas, ante el ataque de patógenos.





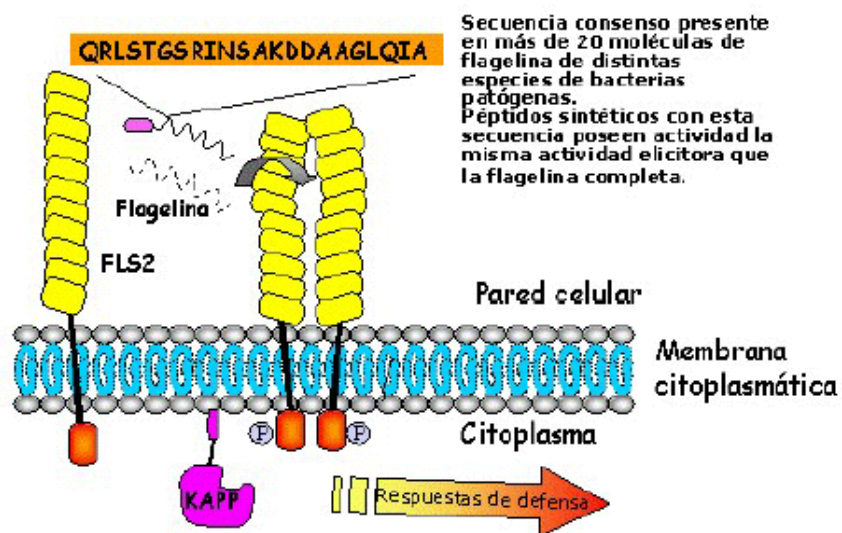
FUENTE: (Gómez, 2005) ADAPTADO POR M.Sc. Norman Soria

El reconocimiento de las moléculas elicitoras por parte de los receptores de la planta, trae consigo la activación de una cascada de señales dirigidas a la puesta en marcha de los mecanismos de defensa frente al establecimiento y multiplicación del patógeno. Las paredes celulares actúan de barrera física entre el patógeno y la célula vegetal. Además, las paredes celulares actúan como almacén de numerosos metabolitos secundarios y proteínas antimicrobianas de la planta, que inhiben el crecimiento de muchos patógenos. En la figura, el hongo produce una serie de enzimas hidrolíticas, poligalacturonasas y peptato liasas, que degradan los polisacáridos de la pared de la planta, esta degradación trae consigo la liberación de sustancias que afectan el desarrollo del hongo. Así por ejemplo las quitinasas de la planta actúan degradando la quitina del hongo, que es a su vez reconocida por la planta como una molécula elicitor, indicadora de la presencia del patógeno. La unión del elicitor a su receptor activa una respuesta de defensa en la célula vegetal.



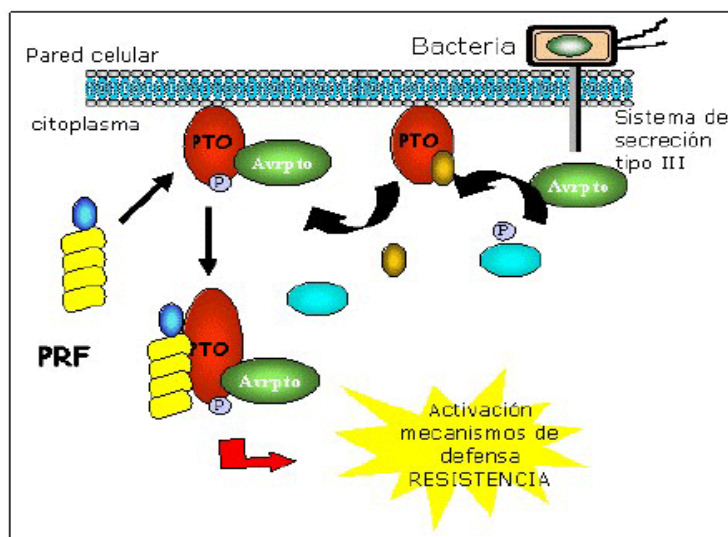
FUENTE: (Gómez, 2005)

Modelo de reconocimiento y señalización desencadenado por el elicitor flagelina en *Arabidopsis*. Las bacterias se desplazan por la superficie de los tejidos de la planta haciendo uso del flagelo bacteriano. La presencia de heridas en la planta o de aperturas naturales, como son los estomas, permite el acceso de las bacterias al interior de los tejidos. En el espacio intercelular, las bacterias pierden moléculas de flagelina como consecuencia de roturas del flagelo y/o durante su construcción. La presencia de receptores FLS2 en la superficie de las células vestales permite la detección de la flagelina como indicador de la presencia de bacterias patógenas en el medio, lo que lleva a un desencadenamiento de las respuestas de defensa de la planta.



FUENTE: (Gómez, 2005)

Modelo de activación de Pto por AvrPto en tomate. La proteína Pto está controlada por un péptido inhibitorio de su actividad, que actúa reprimiendo su actividad quinasa. Una vez que el elicitor Avrpto ha sido inyectado en el interior de la célula vegetal, AvrPto interacciona con Pto desplazando al péptido regulador del sitio catalítico y desreprimiendo la actividad quinasa. La proteína Pto activa cataliza su autofosforilación que genera un cambio conformacional de Pto, que es la señal de activación de la respuesta de defensa de la planta.



FUENTE: (Gómez, 2005)

Se puede concluir que todos los compuestos bioquímicos ligados a la defensa natural vegetal, están formados por nutrimentos, por lo que la nutrición foliar equilibrada, se transforma en el punto de partida, para que operen los mecanismos de defensa natural de las plantas cultivadas.

### BIBLIOGRAFIA

- Bejarano, W. 1999. La fertilización foliar de los cultivos con metalosatos. PROEXANT-ECUADOR, Quito- Ecuador, p 46: 7-9.
- Cabezas, M. y Cárdenas, M. 2007. Respuesta del cultivo de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) en producción a la aplicación de metalosatos. Tesis Ingeniero Agropecuario. Sangolquí, ECU, Escuela Superior del Ejército - IASA. 143 p.
- Cardona B. 1988. Fertilización edáfica y foliar en Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) tipo mercado. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecillo, Méx.
- Chonay, P. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Chapingo, Méx.
- Dickinson, K. 1999, “Metalosates and TEAM. Use Them To Produce Healthier Crops”, Proc. Albion’s International Conference on Plant Nutrition, p 149- 154.
- Eibner, R. 1986. Foliar fertilization, importance and prospects in crop production. pp. 3-13. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.
- Gómez, G. 2005. Mecanismo de detección y protección de las plantas contra las bacterias patógenas (en línea). Consultado el 9 jun. 2008. Disponible en: <http://www.biojournal.net>
- Jeppsen, R. 1999. Advantages of metal amino acid chelates in foliar absorption. Proc. Albions International Conference on Plant Nutrition. pp. 16-28.
- Pérez, I. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un Andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecillo, Méx.
- Salisbury, F. and C. Ross. 1978. Plant Pathology. Second Edition, (Belmont: Wadsworth). pp. 85-87.
- Trinidad S., A. Núñez y F. Baldovinos D. 1971. Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno. En: Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.