

FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA PARA NUTRICION Y SANIDAD EN PRODUCCION DE PAPAS

Ponente: César R. Venegas Villarroel

Agrys S. de R.L. de C.V.

cesarvenegasv@hotmail.com

Fono: 01-415-122-1500

Palabras clave: Papas, Nutrición, Fertilización Foliar

INTRODUCCIÓN

La **Fertilización Foliar** consiste en la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas para corregir deficiencias específicas de nutrientes en el mismo período de desarrollo del cultivo, o bien con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo.

La **Fertilización Complementaria** es parte integral de un programa de Nutrición y Protección Vegetal con el uso de productos de probada respuesta en producción, como complemento o como aporte directo anticipando un requerimiento nutritivo o para solucionar un problema puntual. En esta área y aparte de los nutrientes esenciales, es común el uso de productos como mejoradores de suelo, enraizadores, promotores de crecimiento, hormonas vegetales, aminoácidos, promotores de mecanismos de defensa natural en las plantas, activadores, desestresantes, y otros diversos.

La eficiencia de la fertilización foliar en relación a la absorción de nutrientes, es superior a la de la fertilización al suelo y permite la aplicación de cualquiera de los nutrientes que las plantas necesitan para lograr un óptimo rendimiento.

Fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos vía foliar, de tal modo que teóricamente la nutrición completa de la planta podría ser satisfecha vía foliar, lo cual en la práctica no es posible, por el alto costo del elevado número de aplicaciones que sería necesario realizar para satisfacer el total de los requerimientos de nutrientes, especialmente de los primarios (N, P, y K). Sin embargo, la aplicación foliar ha demostrado ser un excelente método para abastecer los requerimientos de los micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro y molibdeno), mientras que simultáneamente puede suplementar parte de los requerimientos de N-P-K-Ca-Mg-S requeridos en los períodos de estado de crecimiento críticos del cultivo.

IMPORTANCIA PRACTICA DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

La aplicación foliar de nutrientes presenta una gran utilidad práctica bajo ciertas condiciones que se detallan a continuación:

- a) **Baja disponibilidad de nutriente en los suelos.** En suelos calcáreos, por ejemplo, la disponibilidad de hierro es muy baja y es muy común la deficiencia de este nutriente. La aplicación foliar es mucho más eficiente que la aplicación al

suelo. Esto sucede también con la mayoría de los micronutrientes bajo condiciones de suelos alcalinos.

b) Suelo superficial seco. En regiones semiáridas, una carencia de agua disponible en la capa superficial del suelo origina una disminución en la disponibilidad de nutrientes durante el período de crecimiento del cultivo. Aún a pesar que el agua pueda encontrarse disponible en el subsuelo, la nutrición mineral se convierte en el factor limitante del crecimiento. Bajo estas condiciones, la aplicación de nutrientes al suelo es menos efectiva que la aplicación foliar.

c) Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo.

Como resultado de una competencia por carbohidratos, la actividad de la raíz y por ende la absorción de nutrientes por las raíces disminuye tan pronto se inicia el estado reproductivo (floración y fructificación). Las aplicaciones foliares pueden compensar esta disminución de nutrientes durante esta etapa.

d) Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales.

En cultivos de cereales como el trigo, el contenido de proteínas de las semillas y así su calidad para ciertos propósitos (e.g. alimentación animal, panificación) puede ser rápidamente incrementada por la aplicación foliar de nitrógeno en los últimos estados de crecimiento. El nitrógeno aplicado durante estos estados es rápidamente retranslocado o remobilizado de las hojas y directamente transportado hacia el desarrollo de los granos.

e) Incremento del contenido de calcio en frutos.

Los desórdenes ocasionados por el calcio son ampliamente conocidos en ciertas especies de plantas. Debido a su baja o nula movilidad vía floema, las aplicaciones foliares de calcio deben realizarse varias veces durante el estado de crecimiento. Sin embargo, en frutales se han encontrado resultados positivos a las aplicaciones foliares de calcio durante la etapa de fructificación, en especial en la superficie los frutos en desarrollo, con calcos con quelatos orgánicos.

VENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Las ventajas de la fertilización foliar son las siguientes:

1. Permite una rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo, lo cual muchas veces no es posible mediante la fertilización al suelo.
2. Permite el aporte de nutrientes cuando existen problemas de fijación en el suelo.
3. Permite la aplicación simultánea de una solución nutritiva junto con pesticidas, economizando labores.
4. Es la mejor manera de aportar micronutrientes a los cultivos. Los macronutrientes, como se requieren en grandes cantidades, presentan la limitación que la dosis de aplicación no pueden ser tan elevadas, por el riesgo de fitotoxicidad, además de requerir un alto número de aplicaciones determinando un costo que lo haría impracticable para la mayoría de los cultivos. En cambio, la aplicación de micronutrientes que se requiere en pequeñas cantidades, se adecua perfectamente junto con la aplicación complementaria de macronutrientes.
5. Ayuda a mantener la actividad fotosintética de las hojas.

6. Permite el aporte de nutrientes en condiciones de emergencia o stress, como:

Sequía: Las plantas absorben nutrientes a través de una solución en la cual éstos están disueltos. En el caso de un stress hídrico, esta absorción se dificulta severamente limitando la nutrición y comprometiendo el desarrollo del cultivo. En este caso, el aporte de nutrientes vía foliar, permite aliviar esta dificultad, no obstante, hay que considerar que en estas condiciones las plantas son mucho más sensibles a los efectos de toxicidad causada por las aplicaciones foliares.

Anegamiento: El efecto del exceso de agua en el suelo, tiene un efecto similar al de la sequía. En este caso, la falta de oxígeno suficiente para la actividad radicular, presenta la misma consecuencia para la planta, de no poder absorber la cantidad de nutrientes necesaria, presentando en este caso la nutrición vía foliar una alternativa adecuada.

Bajas Temperaturas: El efecto de las bajas temperaturas se manifiesta en el daño que puede sufrir el follaje y en su efecto en el suelo. Las heladas pueden ocasionar un daño tal al follaje, que se limite la actividad fotosintética de la planta, limitándose por ende, la absorción de nutrientes. En este caso, las aplicaciones foliares, de más rápida respuesta, permiten que la planta se recupere más rápidamente de esta condición de stress. Por otra parte, en las latitudes extremas, es frecuente que las bajas temperaturas congelen el suelo, limitándose en este caso la actividad de las raíces. Aquí también, la nutrición vía aplicaciones foliares ayuda las plantas a sobrellevar esta situación adversa.

7. Estimula la absorción de nutrientes. La fertilización foliar con dosis aún baja de nutrientes, además de su acción nutritiva, tiene un efecto parcialmente estimulante de los procesos productivos de las plantas, estimulando el crecimiento y su capacidad asimilante, lo cual se manifiesta en una mayor absorción de nutrientes y un mejor rendimiento a la cosecha.

LIMITACIONES DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

Las principales limitaciones de la fertilización foliar se enumeran a continuación:

Riesgo de fitotoxicidad: Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas. Para cada nutriente existen valores límites de concentración, sobre estos la planta se afecta en su normal desarrollo

Dosis limitadas de macronutrientes: El riesgo de fitotoxicidad recientemente indicado, sumado al hecho que el requerimiento de macronutrientes, tal como su nombre lo indica, es de elevada magnitud, limita la nutrición foliar de estos elementos, quedando restringida a complementar la fertilización al suelo, ó a corregir deficiencias en casos particulares.

Requiere un buen desarrollo del follaje: La nutrición foliar depende de la absorción que se realiza a través del follaje. Si este tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente. Los mejores resultados se obtienen mientras mayor sea el desarrollo del follaje.

Costo de Materias Primas: Para las aplicaciones foliares se requieren sales de elevada solubilidad y sin impurezas, para evitar el taponamiento de las boquillas y los riesgos de

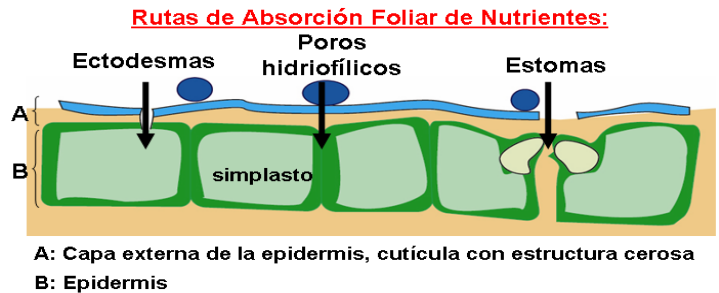
fitotoxicidad. Estos productos son de mayor valor que los fertilizantes convencionales que se aplican al suelo.

Pérdidas en la aspersión: Para asegurar una buena absorción de la solución nutritiva aplicada, se debe asegurar un buen mojamiento del follaje. Luego, se deben aplicar grandes cantidades de solución, resultando inevitable que una parte de ésta escurra por gravedad y caiga al suelo. Por esto, es conveniente evaluar la utilización de aditivos, de tal manera de minimizar estas pérdidas.

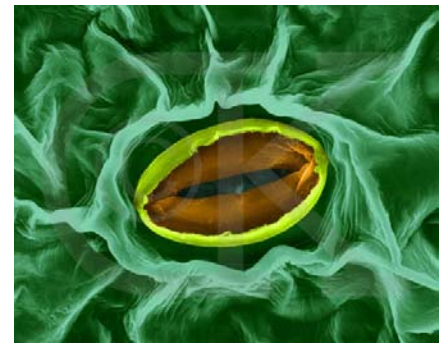
MECANISMOS DE ABSORCIÓN FOLIAR EN LAS PLANTAS

Las plantas pueden absorber los nutrientes vía foliar, por tres rutas posibles:

1. a través de los estomas
2. a través de los ectodesmas
3. a través de la cutícula



Los **estomas** son aberturas que se encuentran en las hojas, a través de los cuales se produce el intercambio de oxígeno (O) y dióxido de carbono (CO₂), en los procesos de respiración y transpiración. Existen tres a cuatro veces más estomas en la cara inferior de las hojas en comparación con los existentes en la cara superior. Esto es importante tomar en cuenta al efectuar las aspersiones, tratando de mojar completamente el follaje por debajo. Los estomas se encuentran generalmente cerrados en la noche y durante los momentos más calurosos del día. La distribución de los estomas, así como el tamaño y forma, varía ampliamente de una especie a otra.

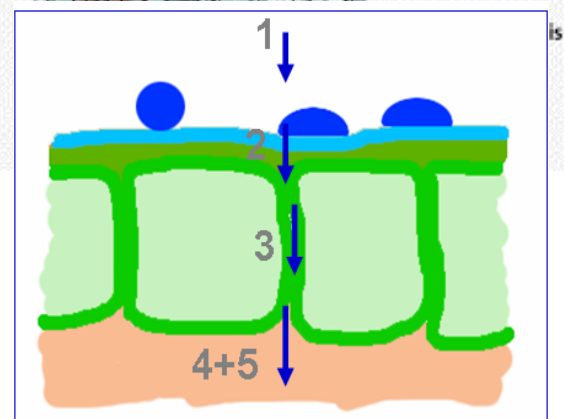
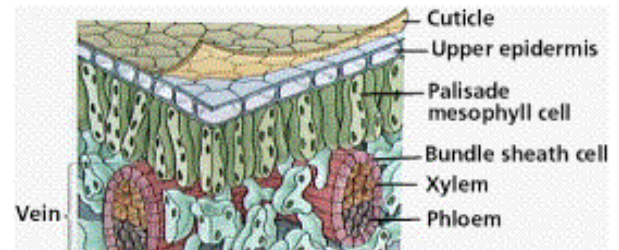


Para un máximo ingreso por los estomas, las aplicaciones foliares deben ser realizadas cuando los estomas se encuentran abiertos. Desde que los estomas se encuentran cerrados en la noche y durante el mediodía, es recomendable realizar las aplicaciones foliares temprano por la mañana.

Asimismo, existe menos evaporación durante la mañana lográndose así una mejor oportunidad para una máxima absorción por las hojas. Una alta humedad relativa durante el tiempo de aplicación favorecerá también una mayor absorción al minimizarse la evaporación.

Los **ectodesmas** son espacios submicroscópicos en forma de cavernas que se encuentran en la pared celular y en la cutícula, que en parte pueden alcanzar la superficie de la cutícula.

La absorción a través de la **cutícula** se produce porque ésta al absorber agua, se dilata, produciéndose



espacios vacíos entre las plaquitas aéreas, las cuales permiten la difusión de las moléculas.

Dado que las hojas jóvenes no tienen una capa cuticular suficientemente desarrollada, las aplicaciones foliares de nutrientes cuando existe la mayor cantidad de follaje joven favorecerá un mayor ingreso cuticular.

El proceso de absorción de nutrientes por vía foliar tiene lugar en varias etapas:

1. Aspersión de la Superficie de la Hoja con la Solución con Fertilizantes Foliares
2. Penetración a través de la capa externa de la pared Celular
3. Entrada de los nutrientes en el apoplasto de las hojas
4. Absorción de nutrientes en el simplasto de la hojas
5. Distribución en las hojas y translocación fuera de ellas

Una vez que ha ocurrido la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando las siguientes vías:

- a) La corriente de transpiración vía xilema.
- b) Las paredes celulares.
- c) El floema y otras células vivas.
- d) Los espacios intercelulares.

La principal vía de translocación es por el floema, desde la hoja donde se sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares de utilización o almacenamiento. En consecuencia, las soluciones nutritivas aplicadas al follaje, no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta que no se produzca el movimiento de sustancias orgánicas resultantes de la fotosíntesis.

La velocidad de absorción foliar de los diferentes nutrientes no es igual. El potasio, los elementos secundarios y los micronutrientes, se absorben en períodos de horas hasta un día. El único nutriente cuya velocidad de absorción es más lenta, es el fósforo.

Velocidad de Absorción de Nutrientes por las Hojas:

| NUTRIENTE | TIEMPO REQUERIDO PARA ABSORBER 50% | |
|-----------|------------------------------------|------------------|
| | Horas | Días |
| N | 1-6 | |
| P | | 1-5 |
| K | 10-24 | |
| Ca | | 1-2 |
| Mg | 2-5 | |
| Fe | | 1 (8% absorción) |
| Mn | | 1-2 |
| Zn | | 1-2 |

FACTORES DETERMINANTES EN LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION FOLIAR

- a) Genéticos

- Grosor de la cutícula, Permeabilidad de la cutícula, Número y distribución de los estomas, Vellosoidad o pubescencia de la superficie foliar, Angulo de inserción de las hojas, Edad de las hojas, Turgencia y humedad de las hojas

b) Nivel nutricional y estado de crecimiento

- Las aplicaciones de P, S, Fe, Cu, Mn y Zn deben aplicarse en estado temprano del crecimiento.
- Las aplicaciones de N, K, B, Ca y Mg tienen su mejor respuesta en los estados de floración y fructificación.

FERTILIZANTES FOLIARES

No todos los fertilizantes son adecuados para su uso en aplicaciones foliares. El principal objetivo de una aplicación foliar es lograr la máxima absorción de nutrientes dentro del tejido vegetal; por tanto, las formulaciones de fertilizantes foliares deben presentar ciertos estándares en función de minimizar los daños en el follaje. Las calificaciones para los fertilizantes foliares son:

1. **Bajo índice salino:** El daño a las células de las plantas por alta concentración de sales puede ser considerable, especialmente por acción de los nitratos y cloruros.
2. **Alta solubilidad:** Requerido para reducir el volumen de solución necesario para la aplicación.
3. **Alta pureza:** Requerido para eliminar interferencia con la aspersión, compatibilidad de la solución o condiciones adversas inesperadas en el follaje.

MICRONUTRIENTES QUELATADOS

A).-INTRODUCCION

Los MICRONUTRIENTES forman parte importante en la nutrición de las plantas. La primera fuente de aporte de ellos fueron sales inorgánicas como: los sulfatos, nitratos, cloruros y óxidos, las cuales no forman parte del metabolismo de las plantas, pero debido a su necesidad se tuvieron que usar, a pesar del alto riesgo de causar fototoxicidad y/o quemado del follaje de las plantas.

No fue sino hasta finales de la década de los 70's, que la industria de los fertilizantes revolucionó la agricultura con el descubrimiento y la elaboración de micronutrientes QUELATADOS como el E.D.T.A. o el E.D.D.H.A. que fueron exitosamente desarrollados y se obtuvieron mucho mejores resultados que con las sales inorgánicas, pero por ser productos sintéticos, tampoco forman parte del metabolismo de las plantas.

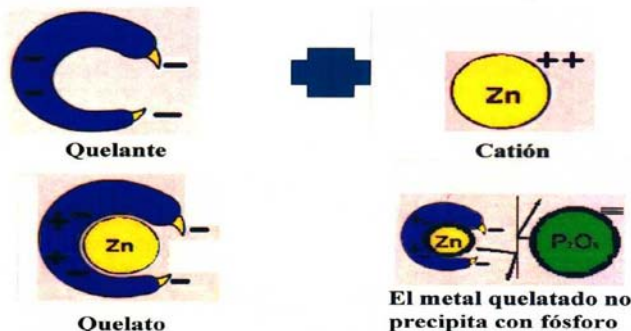
A partir de los años 90, se desarrolla un nuevo concepto en la tecnología de los MICRONUTRIENTES, estos son quelatados con complejos orgánicos, derivados de procesos naturales, elaborados a base de CARBOHIDRATOS, AMINOACIDOS ó PROTEINAS VEGETALES, los cuales son derivados de plantas vivas y forman parte de su metabolismo, lo que les permite una mayor asimilación y translocación dentro de la planta, además tienen una estabilidad más efectiva, aun bajo condiciones de un pH alto en el agua o en la solución del suelo.

B).- ¿COMO FUNCIONAN LOS PRODUCTOS CON QUELATOS ORGANICOS?

Estos tienen un proceso diferente en QUELATAACION, y que funciona de igual manera que los quelatos sintéticos, ya que el AGENTE QUELATANTE neutraliza la carga eléctrica del metal, lo cual permite que pueda penetrar fácilmente a la planta a través de su cutícula y moverse en el tejido vascular del floema y por las hojas, lo cual es un proceso normal en la translocación de azúcares en las plantas (QUELATOS ORGANICOS DE CARBOHIDRATOS, AMINOACIDOS o PROTEINAS VEGETALES).

La siguiente figura muestra la forma en como se efectúa la QUELACION y como se protege un metal de la fijación o precipitación en el suelo.

Modo de acción de un quelato



C).-DESARROLLO DE LAS LINEAS DE QUELATOS ORGANICOS

Se inician en la década de los 90's con la identificación de carbohidratos de menor tamaño molecular, los cuales tiene un proceso diferente de QUELATAACION, pero que actúan de igual manera que cualquier QUELATO SINTETICO. Los QUELATOS ORGANICOS neutralizan la carga eléctrica del metal, pero, porque ellos son originarios de plantas y forman parte del metabolismo de las plantas, son rápidamente absorbidos y efectivamente translocados dentro de ella. La planta es capaz de absorber las moléculas neutralizadas, las asimila a través de la raíz y por las hojas a través de los estomas y la cutícula, lo cual es un proceso normal en la nutrición vegetal. Muchos de los productos de última generación incluyen además en su formulación HUMECTANTES, lo que permite una mejor ADSORCION en las hojas, por lo tanto hay un mayor tiempo de permanencia en la superficie foliar y una mayor asimilación del nutriente que llevan.

Cuando los QUELATOS ORGANICOS entran a las células del floema, hay una mayor concentración de CARBOHIDRATOS, por lo tanto hay una creciente actividad osmótica, el agua se difunde a través de las células del floema, esto aumenta la presión dentro de los tubos conductores, lo que permite que los elementos nutritivos se muevan de célula a célula, hasta llegar a los órganos de la planta donde se necesitan.

D.- VENTAJAS DE LOS QUELATOS ORGANICOS

| NUEVAS LINEAS DE QUELATOS ORGANICOS | QUELATO EDTA | QUELATO EDDHA |
|--|--|--|
| Orgánicos | Sintético | Sintéticos |
| Estabilidad pH de la solución desde 4 hasta 10 | Estabilidad pH de la solución de 6 a 7 | Estabilidad pH de la solución desde 4 hasta 10 |
| Libres de N | Con y sin N | Con y sin N |

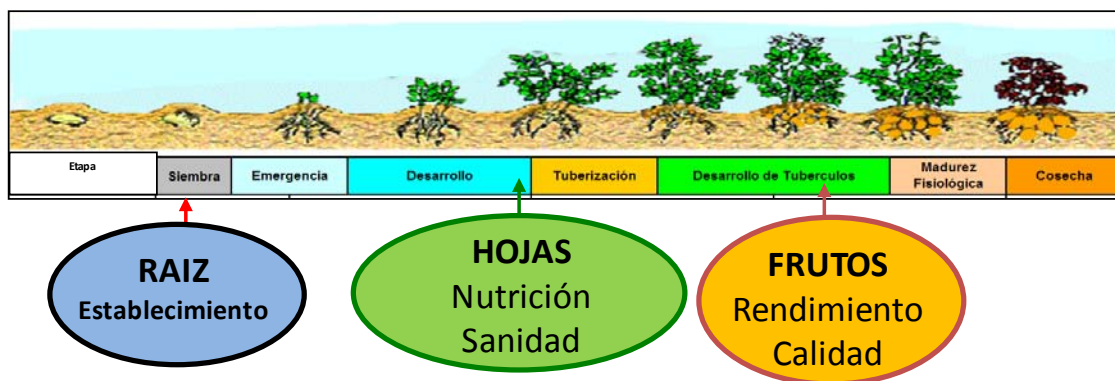
| Traslación vía Xilema y Floema | Traslación vía Xilema | Traslación vía Xilema |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Molécula pequeña | Molécula Mayor | Molécula Mayor |
| Mayor Absorción | Menor absorción | Menor Absorción |
| Menor Dosis | Mayor Dosis | Mayor Dosis |

FERTILIZACION FOLIAR COMPLEMENTARIA PARA NUTRICION Y SANIDAD EN PAPAS

Para lograr la completa expresión del **Rendimiento Potencial** del cultivo, es necesario **COMPLEMENTAR** la nutrición al suelo, con un programa simple, preventivo, efectivo y económico de nutrientes importantes en las diferentes fases de desarrollo de este en el campo. Así no se presentarán deficiencias de nutrientes más difíciles de obtener por la planta, y por lo tanto, importantes funciones que estos cumplen no se verán afectadas y se logrará un alto rendimiento y buena calidad de los tubérculos.

Durante el ciclo de desarrollo, los nutrientes son requeridos para funciones específicas y su disponibilidad en la planta debe ser calculada de tal manera que el nutriente esté disponible en el momento que la planta lo esté requiriendo. De otra manera, la falta del nutriente provocará de inmediato la no realización de un proceso fisiológico o la mal formación de órganos de producción, afectando por consecuencia su producción y calidad final de la cosecha. Cuando la planta ya manifiesta en forma visible la deficiencia de un nutriente, solo se pueden hacer aplicaciones correctivas, pero el efecto en el rendimiento ya se ha producido.

El cuadro siguiente representa los períodos de mayor requerimiento comparativo de cada nutriente, en el proceso de producción y la aplicación anticipada de dosis preventivas ayuda a que estos requerimientos sean satisfechos y la planta no llegue a niveles por debajo de los requerimientos mínimos que afecten cantidad o calidad de la cosecha.



Actualmente la industria de los fertilizantes ofrece una amplia gama de productos foliares, de diferentes fuentes y componentes. Se debe seleccionar un buen programa complementario que acompañe a una fertilización al suelo, para promover en la papa el crecimiento armónico de cada órgano de producción y así maximizar su función en búsqueda de altas producciones y buena calidad de los tubérculos.