

## FERTILIZACIÓN FOLIAR

Por: Ing. M. Sc. Federico Ramírez D.

### INTRODUCCIÓN

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

Esta técnica, que ha tomado actualmente mayor relevancia, debido a las altas exigencias tecnológicas de los cultivos, presenta una eficiencia superior a la de la fertilización al suelo, permitiendo la aplicación de cualquiera de los nutrientes necesarios.

Fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos vía foliar, con mayor o menor velocidad, en diferentes oportunidades.

El propósito de la nutrición foliar no es el de reemplazar la fertilización al suelo. Sin embargo, la aplicación foliar ha demostrado ser un excelente método para abastecer los requerimientos de los nutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y los micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro y molibdeno), mientras que suplementa los requerimientos de N-P-K requeridos en los períodos de estado de crecimiento críticos del cultivo.

Primero, la nutrición foliar se dirige a los estados de crecimiento cuando disminuye la velocidad de fotosíntesis y ocurre una baja absorción de nutrientes vía raíces, en función de ayudar a la translocación de nutrientes hacia la semilla, fruto, tubérculo o crecimiento vegetativo. Segundo, la nutrición foliar es una efectiva herramienta de manejo ya que favorece e influye en los estados de crecimiento pre-reproductivos, compensando los stress inducidos por el ambiente de condiciones adversas de crecimiento y/o una pobre disponibilidad de nutrientes. Las primeras aplicaciones foliares logran un mejor desarrollo del cultivo, debido a que estimulan un crecimiento mucho más vigoroso y maximizan el potencial de rendimiento de dicho estado de crecimiento.

### PRINCIPIO DE LA NUTRICIÓN FOLIAR

Las plantas pueden absorber todos los elementos nutritivos vía foliar. En la práctica, esto no se realiza, porque las absorciones son relativamente pequeñas y, para satisfacer los requerimientos de los macronutrientes se deberían efectuar numerosas aplicaciones, las cuales serían económicamente imposibles de realizar.

Por ello, las aplicaciones de fertilizantes foliares están concebidas como un complemento de la fertilización al suelo, para aquellos cultivos de alto potencial de rendimiento y con alto valor económico, de tal modo que los beneficios obtenidos de las aplicaciones foliares no afecten la estructura de costo.

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

- A través de los estomas (aberturas de las hojas - intercambio de Oxígeno y CO<sub>2</sub> - respiración y transpiración).
- A través de los ectodesmos (espacios submicroscópicos en pared celular y cutícula).
- A través de la cutícula (absorbe agua lo que produce espacios vacíos entre plaquetas - difusión de moléculas).

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

- En la primera, las sustancias nutritivas aplicadas a la superficie penetran la cutícula y la pared celular por difusión libre.
- En la segunda, las sustancias son absorbidas por la superficie de la membrana plasmática.
- En la tercera, pasan al citoplasma mediante la ocurrencia de un proceso metabólico.

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 (Cuadro 1).

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.

La aplicación de micronutrientes es cada vez más necesaria por el alto nivel de uso de los macronutrientes que van elevando los niveles de utilización de todo el resto de nutrientes. La aplicación de micronutrientes se hace a través de la forma de quelatos, por lo siguiente:

1. Los elementos menores son cationes, es decir, están cargados positivamente (+)
2. La cutícula de las hojas está cargada negativamente (-)
3. La aplicación de estos elementos en forma libre, hace que se fije en la cutícula, siendo de muy baja eficiencia su aplicación.

El proceso de quelatización consiste en recubrir los iones metálicos de carga (+) con coloides orgánicos de carga (-). Con esto, los iones se comportan estáticamente en forma neutra y pueden penetrar directamente al interior de las hojas.

### **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, (lavado, suelos alcalinos).
- b) Suelo superficial seco, (falta de agua como vehículo de los nutrientes de suelo).
- c) Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo.
- d) Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales (calidad de grano).
- e) Incremento del contenido de calcio en frutos (en frutales en la etapa de fructificación).

### **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. 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 son los siguientes casos: Sequía; Aneqamiento; Bajas Temperaturas.
7. Estimula la absorción de nutrientes. Estimula el crecimiento permitiendo un mejor rendimiento a la cosecha.

### **LIMITACIONES DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR**

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

Riesgo de fitotoxidad: Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas. Para cada nutriente existen valores límites de concentración (Cuadro 2).

Dosis limitadas de macronutrientes: Quedan restringidos a complementar la fertilización al suelo.

Requiere un buen desarrollo del follaje: Depende de la absorción que se realiza a través del follaje.

Elevado costo: Para las aplicaciones foliares se requieren sales de elevada solubilidad y sin impurezas.

Pérdidas en la aspersión: Al aplicar grandes cantidades de solución, resultando inevitable que una parte de ésta escurra por gravedad y caiga al suelo.

La eficiencia agronómica depende de muchos factores: Son numerosas las variables que participan en la eficiencia de las aplicaciones foliares, relacionadas con la planta, con el ambiente y con las condiciones tecnológicas de la aplicación.

## FACTORES DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA

Para lograr una mejor comprensión de todas las variables involucradas en la *eficiencia agronómica* de la fertilización foliar, se separará el análisis en los siguientes grupos: factores de la planta, factores ambientales y factores tecnológicos de la aplicación.

### 1).- FACTORES DE LA PLANTA

#### a) Genéticos

- Grosor de la cutícula
- Permeabilidad de la cutícula
- Número y distribución de los estomas
- Vellosidad o pubescencia de la superficie foliar
- Ángulo 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.

### 2).- FACTORES AMBIENTALES (Cuadro 3)

- Temperatura
- Luminosidad y fotoperíodo
- Humedad
- Sequía
- Hora del día
- Potencial osmótico del suelo
- Fertilidad del suelo

### 3).- FACTORES TECNOLÓGICOS DE LA APLICACIÓN

- Tipo de la solución nutritiva
- Concentración de la solución
- Dosis de aplicación
- Técnicas de la aplicación
- pH de la solución
- Polaridad e higroscopicidad
- Sales utilizadas
- Relación nutricional
- Surfactantes, humectantes, adherentes.

La quemadura del follaje es causada por una alta concentración de sales fertilizantes (nitrato y cloruro) más que por un pH bajo de la solución fertilizante. Soluciones foliares de fertilizantes con bajo pH han demostrado que incrementan la velocidad de absorción de ellos.

**El manejo de todos los factores mencionados determinará la eficiencia agronómica de la aplicación.**

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:** 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 o compatibilidad de la solución.

## FACTORES DE LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN AL SUELO

La eficiencia de las aplicaciones foliares es, en general, muy superiores a las eficiencias de aplicación de los fertilizantes al suelo.

Así, esta última depende, entre otros factores, de los siguientes fenómenos que ocurren específicamente en el suelo:

1. **Lixiviación:** Arrastre de nutrientes por las aguas que percolan a través del perfil del suelo.
2. **Fijación:** Algunos nutrientes quedan "atrapados" en la fracción coloidal del suelo (fósforo).
3. **Volatilización:** La volatilización es la transformación de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).
4. **Denitrificación:** Le ocurre a los fertilizantes nitrogenados, (formas gaseosas que se pierden a la atmósfera).
5. **Inmovilización:** Este fenómeno se produce por la actividad de los microorganismos del suelo, los nutrientes más afectados son el N, P y S.

## OPORTUNIDAD DE LA APLICACIÓN FOLIAR

Una de las variables importantes a determinar en la fertilización foliar, es la oportunidad de la aplicación de la solución nutritiva. **La mejor oportunidad para la aplicación de un determinado nutriente va a coincidir con el período de máxima absorción del mismo.** Por ello, para identificar esta mejor oportunidad, un buen indicador es la tasa de absorción diaria de los nutrientes durante el período de desarrollo del cultivo.

Existen períodos bien definidos en los cuales se intensifica la demanda de nutrientes. Así, la demanda de nitrógeno es mayor en el período en que el cultivo presenta la más alta tasa de crecimiento y en menor grado en la floración y fructificación.

La demanda de fósforo se hace más intensa en el período de mayor crecimiento radicular y en el momento de la floración. En el caso del potasio, la mayor demanda corresponde a los estados fisiológicos de producción, tuberización, llenado de granos, cuajado, llenado de frutos, translocación y acumulación de azúcares y almidones.

La tasa de absorción diaria es diferente para cada cultivo y para cada nutriente.

## TECNOLOGÍA DE LA APLICACIÓN FOLIAR

En los aspectos prácticos de las aplicaciones foliares, la determinación del pH de la solución que se aplica, es de suma importancia. El rango óptimo está comprendido entre 4,5 y 6,0.

Es conveniente realizar pequeños ensayos de compatibilidad entre los diferentes componentes, con el fin de asegurar que el resultado final sea una solución estable.

Recomendaciones generales:

- Efectúe las aplicaciones temprano en la mañana o al final de la tarde, momento en que las plantas están completamente turgentes.
- Evite las aplicaciones con altas temperaturas y baja humedad ambiental. Estas condiciones incrementan la susceptibilidad de las especies cultivadas a los efectos fitotóxicos de los agroquímicos.
- No efectúe aplicaciones a los cultivos bajo condiciones de stress hídrico.
- Utilice un aditivo apropiado con el objeto de nivelar el pH de la solución, propiciar la acción humectante y surfactante que asegure óptima cobertura, distribución uniforme y máxima penetración de los nutrientes.

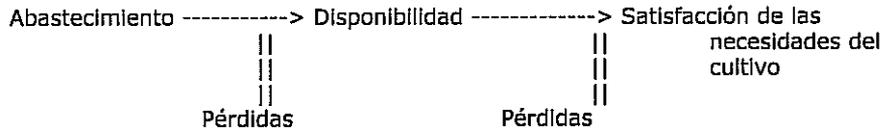
## CLASIFICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES FOLIARES

Los fertilizantes foliares se pueden clasificar de acuerdo a los objetivos que se persiguen:

1. **Correctivos**, son aquellos que tienen como objetivo corregir una determinada deficiencia nutricional. En general aportan un solo nutriente y presentan una concentración elevada de él.
2. **Complementarios**, son aquellos que tienen como objetivo complementar la fertilización correctiva del suelo. Estos fertilizantes se caracterizan por presentar concentraciones relativamente altas y también, aportan uno, o a lo más, dos nutrientes.
3. **Suplementarios**, son aquellos que tienen como objetivo eliminar limitaciones nutricionales breves, producto del stress, tanto del suministro de nutrientes del suelo, como la absorción de estos por las plantas.

## UTILIZACIÓN DE QUELATOS EN LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

El desarrollo y utilización de la técnica de la fertilización foliar es con la idea de maximizar el aprovechamiento de los nutrientes evitando los factores que interfieren con su disponibilidad a nivel del suelo y también en la planta.



Cuando proporcionamos un nutriente generalmente a través de un abonamiento, éste debe pasar de una fuente menos disponible a una más disponible. Es por ello que existe una baja recuperación de los nutrientes aplicados al suelo. (Cuadro 4)

Una opción ante ello es "evitar el suelo", por ello la fertilización foliar, es mucho más eficiente, en virtud de evitar los factores edáficos que disminuyen la disponibilidad de los nutrientes.

Otra opción que se puede usar es la de proteger los nutrientes, de esta manera se tienen los procesos de **quelatización** de los iones para lograr una mayor eficiencia de uso y absorción por la planta. (Cuadro 5)

Un **quelato** puede definirse como una estructura cíclica compuesta por un átomo de metal rodeado por un grupo de átomos o moléculas denominados ligantes.

Los cationes micronutrientes como el hierro, zinc, cobre y manganeso no son disponibles en muchas soluciones de suelo cuando son proporcionados a través de sales inorgánicas. Esta insolubilidad es más pronunciada cuando el pH del suelo es mayor de 5. Se producen reacciones que disminuye la cantidad de hierro disponible para las plantas. Debido a este tipo de reacción, los metales quelatados se convierten en un importante medio de abastecimiento de micronutrientes para las plantas.

En general, cuanto mayor es la constante de estabilidad más estable es el quelato bajo condiciones adversas de suelo. (Cuadro 6).

### Funciones de los quelatos en la fertilización foliar

1. La primera es la protección del nutriente, manteniendo al mismo en una situación de solubilidad, disponibilidad para la planta y facilitando la absorción.
2. El quelato permite un aprovechamiento del nutriente con una eficiencia de hasta 10 veces superior en comparación con sales inorgánicas. Esto resulta que formulaciones con bajas concentraciones sean eficientes cuando se encuentran adecuadamente quelatizadas.
3. La modificación del pH de la solución es una característica diferencial de los quelatos.
4. Es una característica deseable que un quelato sea también un agente dispersante de la solución.