



Agricultura Razonada®

West Analítica y Servicios S.A. de C.V.
Esmeralda No. 2847 Colonia Verde Valle
44550 Guadalajara, México
Teléfonos: (33)31231823, 31217925
Portal Web: www.westanalitica.com.mx
Correos: eaguilar@allabs.com maldana@allabs.com
bzuniga@allabs.com mgarcia@allabs.com

Serie: Análisis Foliare

FERTILIZACIÓN FOLIAR

-VENTAJAS Y LIMITACIONES-

Contenido

- 1. Antecedentes**
- 2. definición**
- 3. Ventajas de la nutrición foliar**
- 4. Limitantes a la nutrición foliar**
- 5. La solución de aspersión**
- 6. Las condiciones ambientales**
- 7. Características de la hoja**
- 8. Estado de la planta y otros factores**
- 9. Eficacia de la aspersión**
- 10. El análisis foliar**

1. Antecedentes

En México se había considerado tradicionalmente que la forma de nutrición para las plantas era únicamente a través del suelo, donde se supone que las raíces de la planta absorben el agua y con ella todos los nutrientes necesarios. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha venido rápidamente desarrollado la fertilización foliar para proporcionar a las plantas sus reales necesidades reales de nutrición. En la mayoría de los casos se utiliza la fertilización foliar como resultado de los análisis de tejido vegetal donde se determina el estado nutricional de la planta. A través de éstos "análisis foliares" se puede detectar que elementos nutrientes son necesarios para la planta, considerando su etapa fenológica. Estas deficiencias se pueden subsanar con la fertilización foliar.

El desarrollo de los equipos de riego presurizado ha promovido la necesidad de disponer de fertilizantes solubles en agua, purificados tanto como sea posible para disminuir la posibilidad de obstrucción por depósitos de sales en las boquillas. Con el desarrollo de éstos fertilizantes líquidos o solubles en agua, los agricultores comenzaron a aplicar dichos productos directamente a las plantas, utilizando para ello los mismos pulverizadores que sirven para la aplicación de plaguicidas. Al comienzo, esta técnica de fertilización fue utilizada tan solo para corregir las deficiencias en micronutrientes, donde los volúmenes de aplicación por hectárea son muy bajos. Actualmente la fertilización foliar es considerada como un excelente complemento de la fertilización edáfica que ayuda a cubrir las necesidades nutricionales de las plantas en sus diferentes etapas de desarrollo.

La fertilización foliar funciona. Hay gran cantidad de evidencia que demuestra los beneficios de aplicar fertilizantes foliares como complemento de la nutrición al suelo con el objetivo de mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos. Sin embargo las bases fisiológicas para explicar los muchos factores que inciden en las aplicaciones foliares limita la certeza de obtener los resultados esperados, cuando se aplican los mismos productos foliares a diferentes cultivos bajo diferentes condiciones.

Si bien desde hace mucho tiempo que están disponibles las pruebas de que los órganos aéreos de las plantas, tales como hojas, flores, brotes y frutos, pueden absorber soluciones nutritivas, no hay evidencia científica de que existan procesos metabólicos que actúen para la penetración o absorción de estos elementos. La incorporación de los nutrientes, entonces, se debe primordialmente a gradientes de concentración entre la superficie de la planta y su interior. "En la actualidad entendemos mejor los principales factores que afectan la eficacia de las aplicaciones foliares, las que se utilizan principalmente como medio alternativo para nutrir las plantas cuando las condiciones del suelo o de las raíces de los cultivos no permiten satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas.

2. Definición

La "*fertilización foliar*", hace referencia a la nutrición de los cultivos a través de las hojas. Esta forma de aplicación de los nutrientes se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes. Consiste en aplicar el fertilizante en forma de aspersión a las hojas de la planta. La gran ventaja de esta forma de fertilización está en el tiempo que se demoran los nutrientes en estar disponibles para la planta, ya que al entrar el producto en contacto con las hojas se absorbe de forma inmediata y los resultados pueden observarse en menos tiempo.

3. Ventajas de la nutrición foliar

La alimentación de la planta por vía foliar es un método confiable y apropiado que complementa las aplicaciones convencionales de fertilización al suelo, cuando éstas aplicaciones no son suficientes para lograr el desarrollo de todo el potencial de la planta. Es indudable que, bajo ciertas condiciones, la fertilización foliar tiene una ventaja sobre la aplicación de fertilizantes directamente al suelo.

Se recomienda fertilización foliar cuando las condiciones ambientales limitan la absorción de nutrientes por las raíces. Tales condiciones pueden incluir pH de suelo alto o bajo, estrés por temperatura, humedad de suelo demasiada baja o alta, existencia de enfermedades radiculares, presencia de plagas que afectan a la absorción de nutrientes, desequilibrios de nutrientes en el suelo, etc. Por ejemplo, en un pH alto de suelo, la disponibilidad de micronutrientes se reduce considerablemente. Bajo tales condiciones, la aplicación foliar de micronutrientes podría ser la forma más eficiente para suministrar micronutrientes a la planta.

Una de las ventajas de la fertilización foliar es la rápida respuesta de la planta a la aplicación de nutrientes. La eficiencia de la absorción de nutrientes se considera que es de 8a9 veces mayor cuando se aplican nutrientes a las hojas, en comparación a los nutrientes aplicados al suelo. Por consiguiente, cuando se presenta un síntoma de deficiencia, una solución rápida pero temporal, sería la aplicación de los nutrientes deficientes a través de la aplicación foliar.

Las plantas requieren diferentes cantidades de nutrientes en diferentes etapas de crecimiento. A veces es muy difícil controlar el balance de nutrientes en el suelo. En éstos casos, las aplicaciones foliares de nutrientes esenciales en etapas claves puede mejorar el rendimiento y la calidad de la planta.

Mediante la aplicación foliar se superan las limitaciones de la fertilización del suelo tales como la lixiviación, la precipitación de fertilizantes insolubles, el antagonismo entre determinados nutrientes, la presencia de suelos heterogéneos inadecuados para

dosificaciones bajas, así como las reacciones de fijación/absorción como sería el caso del fósforo y el potasio.

La fertilización foliar puede ser utilizada para superar problemas existentes en las raíces cuando éstas manifiestan una actividad muy limitada debido a temperaturas o muy bajas ($<10^{\circ}\text{C}$) o muy altas ($>40^{\circ}\text{C}$); a falta de oxígeno en campos inundados, al ataque de nematodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad de la raíz durante las etapas reproductivas.

La nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar los rendimientos de las plantas en determinadas etapas fisiológicas. Además, cuando los cultivos están compitiendo por nutrientes con las malezas, la pulverización foliar focaliza los nutrientes sólo en aquellas plantas seleccionadas como destino.

Se ha encontrado que los fertilizantes son químicamente compatibles con los plaguicidas y, de esta forma, se ahorran costos y mano de obra. Cierta tipo de fertilizantes puede incluso desacelerar la tasa de hidrólisis de las hormonas de crecimiento. Los fertilizantes aplicados a través de la superficie de las hojas (canopia), deben afrontar diversas barreras estructurales. En cambio los plaguicidas, que están basados, principalmente, en aceite no presentan dificultades para penetrar en estos tejidos. Los fertilizantes que están basados en sales (cationes/aniones) pueden presentar algunos problemas para penetrar las células interiores del tejido de la planta.

4. Limitaciones de la nutrición foliar

A pesar de que la nutrición foliar se describe como un método de aplicación que podría sortear una serie de problemas que se encuentren en las aplicaciones edáficas, no es perfecta y tiene sus limitaciones, que es necesario que las conozcan los técnicos y productores agrícolas.

- Tasas de penetración bajas, particularmente en hojas con cutículas gruesas y cerosas.
- Se escurre en superficies hidrofóbicas.
- Se lava con la lluvia.
- Rápido secado de las soluciones de rociado lo cual no permite la penetración de los solutos.
- Tasas limitadas de traslado de ciertos nutrientes minerales.
- Cantidades limitadas de macronutrientes, que pueden ser suministrados en un rociado foliar.
- Posible daño de la hoja (necrosis y quemado). Obliga a costos y tiempos extras debido a aplicaciones repetidas.

- Pérdida de rociado en sitios no seleccionados como objetivos.
- Limitada superficie efectiva disponible de la hoja (plantas de semilla o dañadas).

La efectividad de la fertilización foliar puede estar sujeta a diversos factores. Estos factores pueden dividirse en cuatro grupos principales:

- Solución de aspersión
- Condiciones ambientales
- Características de la hoja
- Estado de la planta y otros factores.

5. La solución de aspersión

Existen diversos factores que juegan un rol importante en la solución de aspersión:

- *pH de la solución*: El pH afecta principalmente el nivel de solubilidad de diversos elementos tales como el fósforo, el cual mejora su solubilidad a medida que el pH de la solución disminuye. El pH puede afectar la forma iónica de los elementos y esto puede afectar también la tasa de penetración. Al margen de los aspectos relacionados con la penetración, un pH bajo puede reducir la tasa de hidrólisis alcalina de distintos plaguicidas. (Tabla 1).

El pH tiene también sus efectos sobre el tejido. Las cutículas de las plantas son poli-electrolitos con puntos isoeléctricos con valores de alrededor de 3,0. Con valores de pH menores que el punto isoeléctrico, las membranas cuticulares llevan una carga positiva neta y son selectivas a los aniones, y, por el contrario, con valores de pH por sobre el punto isoeléctrico las membranas tienen una carga negativa neta y son selectivas a los cationes.

Estos descubrimientos dan soporte a la hipótesis del "*canal hidrofílico*" que es utilizado por algunos surfactantes.

Tabla 1
Influencia del pH en plaguicidas

Nombre comercial	Nombre común	pH de la Solución	50% Descomposición
Benlate	Benomil	7,0	1 hora
		5,6	> 30 horas
Guthion	Metil azinfós	9,0	12 horas
		7,0	10 días
		5,0	17 días
Captan	Captan	10,0	2 minutos
		4,0	4 horas
Furadan	Carbofuran	9,0	78 horas
		7,0	40 días
		6,0	200 días

Resumiendo éste punto: los nutrientes deben estar en su forma soluble para que la planta sea capaz de absorberlos. El pH afecta la solubilidad de los nutrientes y su interacción con otros componentes en el agua. Generalmente, un pH ácido mejora la penetración de nutrientes a través de las superficies de las hojas. Además, el pH afecta a la absorción de los nutrientes por el follaje en tres formas:

1. El pH afecta la carga de la cutícula (capa de cerosa que cubre las hojas) y por lo tanto, su selectividad a los iones.
2. La forma iónica de nutrientes es dependiente del pH, por lo tanto, el pH puede afectar la tasa de penetración.
3. El pH podría afectar la fito-toxicidad de los compuestos aplicados.

Podemos concluir que el pH de la solución de aspersión debe ser ajustada de acuerdo con el nutriente aplicado.

6. Condiciones ambientales

El ambiente puede tener influencia en la absorción de la hoja, en el desarrollo de la cutícula o en las reacciones fisiológicas relacionadas con el mecanismo de absorción activo. Entre los principales factores ambientales con influencia se encuentran:

- **Humedad** – tiene una influencia directa sobre la tasa de deshidratación de la gota de rociado. Cuando la humedad es alta, la solución estará activa por un período más largo permitiendo que los solutos penetren antes de que ésta se seque completamente. Hasta cierto punto, la deshidratación puede acelerar la tasa de penetración en la medida en que ella aumenta la concentración de los solutos, de esta forma el gradiente aumenta hasta que se seque cuando la penetración está demorada y los solutos cristalizan. La humedad tiene influencia sobre el desarrollo y el estado fisiológico. En condiciones de baja humedad el estoma se cierra y las plantas pueden desarrollar una cutícula más gruesa; en condiciones de humedad alta, los estomas se abren y las plantas pueden desarrollar una cutícula más delgada.
- **Temperatura** – cuando la deshidratación de la solución no es un factor limitante, la suba de temperatura aumenta la absorción. La temperatura puede tener relaciones negativas con la humedad. Cuando la temperatura disminuye, la humedad puede aumentar. Aparentemente una temperatura aumentada disminuye la viscosidad de la cutícula y, por ello, aumenta la tasa de penetración.
- **Luz** – con altos niveles de luz la cutícula y las capas de cera son gruesas comparadas con niveles bajos de luz. El efecto de la luz se puede relacionar con la apertura de los estomas y la temperatura, como resultado de la radiación.

7. Características de la hoja

La estructura general de la hoja está basada en diversas capas, celulares y no celulares. Estas diferentes capas proporcionan protección contra la desecación, la radiación UV y con respecto a diversos tipos de agentes físicos, químicos y microbiológicos. Algunos de los efectos de las características de las plantas, principalmente con relación a la estructura de la hoja, son los siguientes:

- *Edad de la hoja* – a medida que la hoja envejece tiende a engrosar y a tener una mayor cantidad de cera y un tejido de cutícula más amplio. Esta barrera aumentada reduce la tasa de penetración.
- *Superficie de la hoja* – algunas plantas tienen una alta densidad de pelos (tricomas), que pueden provocar que las gotas de rociado no hagan contacto con la superficie real de la hoja – las gotas de agua "descansan" sobre estos pelos. La textura de la superficie de la hoja puede diferir entre las diversas especies de plantas. Las superficies más suaves pueden provocar que el rociado se deslice con una menor tasa de adherencia,

mientras que las superficies más rugosas retendrán a las gotas de rociado y tendrán una mayor tasa de adherencia.

- Disposición de las hojas: el ángulo de la hoja en dirección al suelo tiene influencia en la retención de la solución de rociado en la superficie de la hoja.
- Forma de la hoja: las diferentes formas de la hoja pueden determinar la superficie efectiva en contacto con las gotas de rociado.
- Plantas de diferentes especies: Las plantas pueden dividirse en aquellas que crecen en habitats húmedos (*hidromórficos*) y en habitats secos (*xeromórficas*) y difieren en el grosor de la cutícula, la posición de los estomas (adaxial = lado superior / abaxial = lado inferior), y su forma.

8. Estado de la planta y otros factores

El estado fisiológico de las plantas puede conllevar en forma asociada un efecto determinado en las plantas con una menor actividad metabólica que de cómo resultado un menor traslado. Una aplicación foliar exitosa depende de diversos factores. Algunos de ellos están en manos de los propios agricultores y pueden ser utilizados en forma efectiva, mientras que otros no. En general, se recomienda efectuar el rociado bien temprano durante la mañana o si no bien tarde o cercano al ocaso, ya que la radiación solar y la temperatura son bajas (18-19°C; ideal 21°C), la velocidad del viento es baja (menos de 8 kph), y la humedad es alta (mayor que 70% de humedad relativa). El mejor horario es al final del día, dado que permite una absorción más efectiva, antes de que la solución se vuelva seca e inactiva. Aún siguiendo las reglas descriptas en este artículo, pueden continuar existiendo algunos problemas, que se mencionan a continuación.

- Pérdida: Si hay pérdida de rociado en sitios más allá de las plantas seleccionados, se debe aumentar el tamaño de la gota.
- Cobertura pobre: En ese caso se deben utilizar volúmenes de aspersión más grandes con presiones de aspersión más altas.
- Pobre adherencia o penetración cuticular: El agregado de un surfactante de baja tensión superficial puede ayudar a solucionar el problema.
- Retención pobre: El tamaño de la gota de rociado debe ser reducida y la viscosidad de la solución aumentada mediante agregado de adhesivos poliméricos.
- Secado rápido: A medida que la solución se va secando se va inhibiendo la penetración.

El agregado de aceite y emulsión puede preservar la humedad necesaria y solucionar el problema.

- **Concentración no-efectiva:** La importancia es alta en la medida en que la penetración se realiza en forma pasiva, dependiendo del gradiente. La aplicación debe seguir a la concentración más alta posible sin que se quemen o chamusquen las hojas.

Se aconseja hacer pruebas preliminares para determinar la fito-toxicidad y el umbral de daño. Si se usa una concentración más baja, la compensación vendrá asociada con una mayor cantidad de aplicaciones.

La toxicidad es el resultado del efecto osmótico de una solución salina altamente concentrada cuando el agua de las gotas del pulverizado se evapora. El desequilibrio de los nutrientes locales en la hoja es otro de los factores que puede provocar toxicidad. Por ejemplo, el daño por urea puede ser prevenido mediante el agregado de sacarosa, sin importar el incremento adicional en el potencial osmótico del rociado foliar. Cabe destacar que si la fitotoxicidad no se observa en forma inmediata, puede llegar a aparecer en etapas posteriores del cultivo si las aspersiones son muy rápidas y el intervalo es demasiado corto, dando como resultado una acumulación de elementos tóxicos en el tejido.

9. Eficacia de la aspersión.

Como resumen de lo anterior, a continuación se sugieren seis acciones básicas que conviene llevar a cabo para mejorar la eficiencia y seguridad en la aspersión:

Aplicar dosis limitadas – Las cantidades de macronutrientes que pueden ser suministrados en aplicaciones foliares son limitadas y no pueden cumplir con todos los requerimientos nutricionales del cultivo.

Control de la fitotoxicidad – Aplicando altas concentraciones de nutrientes por aspersión foliar podría resultar en quemaduras en las hojas debido a que el agua se evapora y las sales permanecen en las hojas. Por lo tanto, se debe aplicar menores cantidades de nutrientes en mayor frecuencia. Sin embargo, las aplicaciones frecuentes en concentraciones bajas son muy costosas y no operativas. Las plantas pueden mostrar síntomas de fitotoxicidad aún cuando la concentración de la solución esté en el nivel correcto o estén fisiológicamente estresadas, ya sea por agua, ataque de insectos, o por aparición de enfermedades.

Uso de surfactantes – Como previamente mencionado, los surfactantes aumentan la retención de la solución de aspersión mediante la reducción de la tensión superficial de las gotas. Por lo tanto, contribuyen a una cobertura más uniforme del follaje.

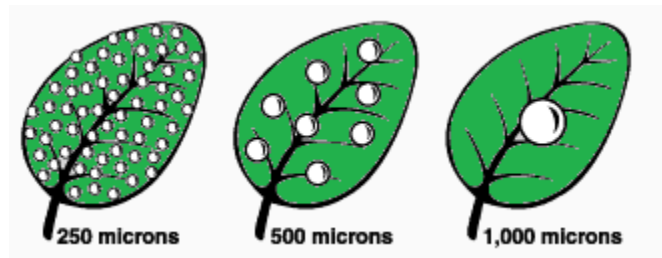


Sin surfactante

Con surfactante

Momento de aplicación - El mejor momento para aplicación foliar es temprano en la mañana o al atardecer, cuando los estomas están abiertos. La fertilización foliar no es recomendable cuando la temperatura supera los 25° C.

Tamaño de las gotas - Gotas pequeñas cubren un área más grande y aumentan la eficiencia de las aplicaciones foliares. Sin embargo, cuando las gotas son demasiado pequeñas (menos de 100 micrones), podría ocurrir una desviación.



Gotas más grandes pueden resistir la pérdida pero disminuyen la penetración a través del follaje (canopia) de la planta.

Volumen de la solución - El volumen aplicado de la solución tiene un efecto significativo sobre la eficacia de absorción de nutrientes. El volumen de la solución debe ser tal, que sea suficiente para cubrir completamente el follaje de la planta, pero no demasiado alto para que se escurra de las hojas.

10. El Análisis Foliar

El análisis foliar determina la cantidad de nutrientes que la planta ha absorbido y supone la mejor manera de conocer las carencias de los cultivos. Aunque la apariencia de un cultivo sea buena, es posible que alguno de los nutrientes no se encuentre en cantidad suficiente, y no se lleve a cabo un desarrollo satisfactorio. En combinación con el análisis de suelo nos permite detectar problemas nutricionales y elaborar adecuadas estrategias de fertilización complementaria por vía foliar. Con los elementos analizados

se acompaña un reporte en el que se establece, el diagnóstico nutricional de todos los nutrientes analizados indicando en cada caso la posible carencia o déficit de elementos nutrientes en función de la etapa fenológica.

El paquete de rutina (o "*paquete básico*") de Análisis Foliares que ofrece West Analítica y Servicios, comprende 13 determinaciones de elementos, expresadas en porcentajes o en partes por millón (ppm) : Nitrógeno; Azufre; Fósforo; Potasio; Magnesio; Calcio; Sodio; Boro; Zinc; Manganeso; Hierro; Cobre; y Aluminio. Este último elemento, el aluminio, no es un nutriente pero su presencia puede interferir en el sano desarrollo de la planta. Además, en forma opcional, podemos ofrecer los análisis adicionales de nitratos, molibdeno y cloro.

Se considera que hay 17 elementos nutrientes que son esenciales para las plantas. De éstos 17 elementos tres, el carbono, el oxígeno, y el hidrógeno, son proporcionados por el medio ambiente. Seis *Macro-nutrientes*: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre, y *Ocho Micro-nutrientes*: Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Boro, Níquel, y Cloro.

Además de permitir detectar carencias nutricionales en el cultivo, el análisis foliar es básico en los casos en que se aplica *fertirrigación*, una técnica que cada vez se extiende más en México, ya que permite actuar de inmediato para corregir los desequilibrios nutritivos que la planta pueda presentar incorporando a través del agua de riego los nutrientes requeridos, que son rápidamente absorbidos por los cultivos.

En la figura siguiente se muestra el formato de reporte de análisis foliar: 13 análisis de rutina, tres opcionales y 10 relaciones entre elementos.

