

Aplicación Foliar de Micronutrientes

*Ing. Agr. PhD. Ricardo Melgar
INTA EEA Pergamino
Año 2005*

Resumen

La aplicación foliar es un procedimiento utilizado para satisfacer los requerimientos de micronutrientes y aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. Los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas son similares a los que siguen por la absorción por las raíces. Sin embargo, el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que el que se realiza desde las raíces al resto de la planta. Tampoco la movilidad de los distintos nutrientes no es la misma a través del floema.

Entre las ventajas mas frecuentemente mencionadas se destaca que la fertilización foliar de micronutrientes ha demostrado ser positiva cuando las condiciones de absorción desde el suelo son adversas; por Ej. sequía, encharcamientos o temperaturas extremas del suelo. Por la menor capacidad de absorción de las hojas en relación a las raíces, las dosis son mucho menores que las utilizadas en aplicaciones vía suelo. Es mucho más fácil obtener una distribución uniforme, a diferencia de la aplicación de granulados o en mezclas físicas. La respuesta al nutriente aplicado es casi inmediata y consecuentemente las deficiencias puede corregirse durante el ciclo de crecimiento. Así, las sospechas de deficiencias son diagnosticadas mas fácilmente. En particular, la aplicación foliar es más eficiente en las etapas más tardías de crecimiento, cuando hay una asimilación preferencial para la producción de semillas o frutas y la aplicación por vía radicular es limitada en tiempo y forma.

Entre las desventajas que se mencionan, la fertilización foliar tiene escaso efecto residual en los cultivos anuales, en particular afecta a los micronutrientes no móviles (Boro) que precisan de mas de una aplicación. En cambio, aplicaciones frecuentes en cultivos perennes conducen a una acumulación en el suelo, lo que debiera disminuir su necesidad de aplicación anual. Además, concentraciones excesivas o productos mal formulados pueden resultar en quemaduras de hojas y/ o brotes. Finalmente, las aplicaciones deben manejarse coordinadamente en función de la necesidad de otras pulverizaciones para no incurrir en mayores costos.

La técnica se ha adoptado particularmente para el suministro de micronutrientes por 1) Las bajas cantidades implicadas en el suministro; 2) La uniformidad lograda al aplicar cantidades muy pequeñas y 3) La falta de contacto con el suelo, evitando la interacción por reacciones químicas con algunos micronutrientes, y 4) el alto cociente de utilización entre las cantidades aplicadas y las absorbidas por las plantas.

De los micronutrientes aplicados habitualmente por vía foliar en diferentes escenarios agrícolas del país, se destacan: i) la aplicación de Boro en pomáceas en Alto Valle, y en girasol en el Oeste pampeado; ii) La aplicaron de zinc en cítricos en el Litoral y en porotos en el NOA; iii) La aplicación de hierro en viñedos en algunas regiones Valle de Uco (Mendoza), y en pimiento(y otras hortalizas) bajo invernáculo con alto pH, acumulación de P, y exceso de riego(Corrientes).

El futuro de esta practica descansa en una efectiva mejora de las estrategias de fertilización sitio –específica; incluyendo el desarrollo de grupo de nutrientes“cócteles”, de las demandas especificas de cada micro nutriente en las distintas etapas de crecimiento en los diferentes cultivos, y de los “carriers” orgánicos e inorgánicos que potencien el aumento de la eficiencia de la aplicación foliar.

Introducción

La fertilización foliar es una técnica más para suministrar nutrientes a los cultivos, no reemplaza en absoluto la nutrición convencional por fertilización al suelo y asimilación de nutrientes por las raíces, ya que las cantidades normalmente implicadas en la producción de un cultivo son muy superiores a las que podrían absorberse por las hojas.

La fertilización foliar debe considerarse una técnica suplementaria o mejor aún complementaria de un programa de fertilización, utilizándola en periodos críticos de crecimiento, en momentos de demanda especifica de algún nutriente, o en casos de situaciones adversas del suelo que comprometan la nutrición de las plantas.

La absorción mineral de nutrientes por las hojas

El proceso que ocurre desde que el fertilizante con el nutriente se aplica sobre la superficie de las hojas, como penetra dentro de ellas y como se distribuye al resto de la planta.

1. Mojado de superficie foliar con la solución fertilizante. La pared exterior de las células de la hoja está cubierta por la cutícula y una capa de cera con una fuerte característica hidrófoba (repelen el agua). De allí el uso de humectantes que reducen la tensión superficial para facilitar la absorción de nutrientes.

2. Penetración a través de la pared externa de las células epidermales. Las paredes exteriores de las células de la epidermis están cubiertas por la cutícula y una capa de cera para proteger a las hojas de la pérdida de agua por transpiración. Esta protección se debe a las propiedades hidrófobas de las ceras y cutinas. Para que los nutrientes puedan infiltrarse a través de la pared exterior de la célula, uno de los conceptos generalmente aceptado es la infiltración mediante poros a través de la cutícula.

La absorción directamente por los estomas de la hoja no es muy probable, ya que las células de guarda también están cubiertas por una capa de cutina similar a las del resto de la hoja. Esta evidencia se basa en que no hay diferencias de absorción entre pulverizaciones de día (cuando los estomas están abiertos) y de noche (cerrados).

3. Entrada de los nutrientes en la pared celular (apoplasto). La pared celular de las constituye el apoplasto y es un espacio importante para la absorción y transporte de nutrientes. Los nutrientes entran en el espacio luego de penetrar la capa exterior de la epidermis. Para su entrada posterior en el simplasto, las condiciones químicas en el apoplasto (tales como el pH) son de importancia decisiva y podrían ser manipuladas por aditivos adecuados en los fertilizantes foliares.

4. Absorción de nutrientes dentro de la célula (simplasto). Los principios fisiológicos de la absorción de nutrientes minerales desde el apoplasto hacia el interior de las células que constituye el simplasto son similares a los que participan en la absorción por las raíces.

Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con la absorción radicular, la absorción por las hojas es más dependiente de factores externos como humedad relativa y la temperatura ambiente. La luz la afecta directamente, ya que en su transporte intervienen enzimas y energía disponible en la hoja, que es obviamente afectada por la luz en los procesos de fotosíntesis y respiración

5. La distribución del nutriente dentro de las hojas y su translocación hacia otros órganos de la planta.

El movimiento y translocación fuera de las hojas después de la fertilización foliar dependen del movimiento del nutriente en el floema y xilema. Los nutrientes móviles en el floema, tales como el K, P, N y Mg se distribuyen dentro de la hoja de manera acrópeta (por el xilema) y basípeta (por el floema), y un alto porcentaje del nutriente absorbido puede transportarse fuera de la hoja hacia otras partes de la planta que tengan una alta demanda.

Al contrario ocurre con nutrientes de movimiento limitado en el floema, tales como el Cu, Fe y Mn, que se distribuyen principalmente en forma acrópeta dentro de la hoja sin una translocación considerable fuera de la hoja. En el caso del Boro, la movilidad dentro de la planta depende mucho del genotipo de la planta. De ahí que este factor tenga importantes consecuencias en la eficiencia hacia de la fertilización foliar con este nutriente.

Influencia del suministro del suelo

En general se acepta que bajo condiciones de deficiencias por suministros en el suelo, el efecto positivo de la fertilización foliar es mayor. También se han verificado efectos sinérgicos del suministro foliar sobre la absorción de nutrientes por las raíces. Sin embargo, este efecto depende de la movilidad del nutriente aplicado dentro de la planta vía del floema y el lugar adonde se aplican los nutrientes (hojas maduras o jóvenes).

En el caso de un nutriente móvil como el P o el N, la aplicación preferencial a las hojas más maduras resultará en una retranslocación de los nutrientes aplicados a las raíces, y de esa manera podría remediar una deficiencia provocada por una limitada absorción radicular. En el caso que el nutriente móvil se aplique principalmente a hojas jóvenes, no totalmente expandidas, la mayor parte del nutriente aplicado se asimilará directamente en las hojas en crecimiento, sin que se logre una translocación marcada, y sin remediar ninguna limitante de la absorción por las raíces. Al revés de los nutrientes móviles, la aplicación de nutrientes más o menos inmóviles (principalmente micronutrientes) a las hojas puede resultar en un efecto estimulante o despreciable sobre la captación por raíces.

Para imitar la falta de contaminación por aporte de B en el suelo se condujo un estudio en girasol en solución nutritiva con 3 niveles de B y pulverización con cinco dosis de B, a 25 y 35 días después del trasplante. En condiciones de B deficiencia de B la aplicación foliara aumento la biomasa vegetativa y reproductiva. Las aplicaciones foliares en las plantas cultivadas bajo deficiencia de B en el sustrato triplicaron el rendimiento de las plantas con B en el sustrato. En el ultimo tratamiento el rinde del capítulo todas las dosis de B pulverización aumento la concentración de B en varias partes de la porción aérea, inclusive en las desarrolladas después de la pulverización, pero no en las raíces (Asad, Blamey y Edwards, 2003).

Una cuestión de interés es determinar si la absorción por las células de las hojas está regulada por el estado nutricional de la planta, como es el caso para la absorción radicular. En la tabla siguiente se muestra como la absorción de fósforo (PO₄) es regulada por la condición nutritiva (tabla 1). Sin embargo, otros nutrientes como el hierro no es influido ya que al igual

que en la absorción radicular, la absorción de Fe por las células de la hoja requiere un proceso de reducción.

Tabla 1. Absorción y translocación de Fósforo aplicado (P^{32}) por vía foliar.

	Absorción y translocación de P	
	Control	Deficiente en P
Absorción por las hojas tratadas	5.3	9.9
Translocación fuera de la hoja tratada	2.0	6.0
Translocación a las raíces	0.6	4.4

Consideraciones prácticas y aspectos económicos de la técnica de aplicación

La aplicación de soluciones es más precisa que la aplicación de sólidos o fertilizantes granulados y que, además, pueden usarse los mismos implementos que los usados para la aplicación de pesticidas y otros agroquímicos, sin otros costos adicionales. Sin embargo, una vez más, las técnicas son sitio-específicas; algunos productos precisan de un determinado tipo de gota, algunos son simplemente de contacto. Las dosis de micronutrientes y de otros compuestos son de gran importancia y puede existir incompatibilidades por el pH, solubilidad y otros factores.

Los costos de las pulverizaciones son altos de por sí, sobre todo en cultivos de campo que implican grandes extensiones, y cuando se utilizan aviones. Es preciso sincronizar las aplicaciones de nutrientes con otras prácticas, y en particular cuando se precisan aplicaciones repetidas; salir de este esquema puede resultar prohibitivo. En éstos, cultivos normalmente pulverizados como la soja o el trigo, son más apropiados que los de maíz o girasol para complementar un programa de fertilización con productos solubles aplicados por vía foliar.

Una de las consideraciones más importantes es la elección del compuesto apropiado a emplearse. La cantidad de productos en formulaciones multinutrientes para aplicaciones foliares es tan grande que se le hace muy difícil al productor elegir la más apropiada a sus necesidades en las distintas etapas de desarrollo del cultivo en una etapa particular de crecimiento. Las dosis o concentraciones de nutrientes en los productos varían considerablemente lo que contribuye a una decisión dificultosa. Súmese la presencia en plaza de productos no inscriptos o de formulación no probada con potencial de daño importante.

Algunos ejemplos comunes de fertilización foliar con micronutrientes sitio-específica

Boro

En Alto Valle, cerca del 15 % del área con manzanos y perales se pulverizan anualmente con ácido Bórico a razón de 5 kg/ha. Se busca prevenir principalmente enfermedades como el corazón negro, de alta incidencia en la zona.

En el oeste de la región pampeana, la pulverización de tetraborato sódico (20.8 % B) soluble (Solubor®) está relativamente adoptada. Esta adopción está facilitada por la respuesta mensurable del girasol, o de su alta sensibilidad a esta deficiencia, los suelos Hapludoles que facilitan la lixiviación marcada del B del perfil de suelo.

Zinc

La deficiencia de zinc, facilitada por los altos pH y baja concentración en el material originario es la deficiencia más común en todas las especies cítricos, tanto en las cultivadas en el Litoral mesopotámico como en algunas regiones de suelos alcalinos en el NOA.

En las regiones de cultivo de poroto seco, en sus distintas clases, alubia, negro o pallar, está recomendada la pulverización de compuestos de zinc.

Similarmente, aunque por otras razones, es frecuente observar síntomas visuales de deficiencia en cultivos juveniles de maíz en suelos pampeanos, inducidos por días poco luminosos, escasa proliferación radicular y fertilización con P en la línea.

En la región arrocerá del Litoral, en suelos vertisólicos que han invertido sus horizontes y la presencia de carbonatos eleva el pH e induce síntomas de deficiencia de zinc y de hierro, que eventualmente se corrige por pulverizaciones foliares que se hacen coincidir con la aplicación de herbicidas.

Hierro

En algunas regiones productoras de uva y manzanos, del Valle de Uco en Mendoza es común observar deficiencias de hierro que se corrigen por pulverización de quelatos y otros compuestos solubles.

En cambio, la misma deficiencia, observada en cultivos hortícolas bajo invernáculo, como pimiento y tomate en los suelos Entisoles de Corrientes, las correcciones se realizan con aplicaciones vía fertirriego principalmente y por vía foliar en segundo lugar. Esta deficiencia es común por el suelo por alto pH como resultado de sobre encalado en suelos de bajo poder regulador sumado a otros factores como la acumulación de P y exceso de riego por encima de sus necesidades.

Cobre

Es muy poco común observar valores bajos o deficientes de Cu en los análisis foliares de cítricos de quintas del Litoral sobre suelos arenosos naturalmente deficiente en este elemento, debido a la frecuente pulverización con compuestos cúpricos por razones sanitarias (Cancrosis)

Molibdeno

No siempre, la pulverización por vía foliar es el método más apropiado para corregir una deficiencia de este micronutriente. En el caso del aporte de este elemento, en general las aplicaciones sobre la semilla de soja resultan más exitosas que las pulverizaciones por vía foliar.

Conclusión y Perspectivas

La fertilización foliar con micronutrientes es específica de cada situación de cultivo, estadio de crecimiento y ubicación. No puede generalizarse excepto en muy pocos casos. Y bajo estas condiciones, las técnicas de aplicación o la calidad de los productos podrían hacer variar los resultados.

La fertilización foliar puede tener limitantes fisiológicas específicas, debido a la movilidad de los nutrientes dentro del floema, a una alta dependencia del momento de aplicación o a otros factores. Sin embargo, hay muchos ejemplos que demuestran que hay distintas etapas de crecimiento, en particular en montes frutales, donde la fertilización foliar es mas que ventajosa.

Cuando no hay ninguna superioridad de la fertilización foliar con respecto a la fertilización de suelo es normalmente porque la provisión de nutrientes por el suelo es adecuada, o se ha usado un producto equivocado, o en el momento no apropiado de crecimiento de la planta.

Como una estrategia integrada de fertilización, la aplicación foliar debe considerarse como un suplemento a la aplicación de fertilizantes al suelo.

El futuro de esta practica descansa en una efectiva mejora de las estrategias de fertilización sitio –específica; incluyendo el desarrollo de grupo de nutrientes "cócteles", de las demandas específicas de cada micro nutriente en las distintas etapas de crecimiento en los diferentes cultivos, y de los "carriers" orgánicos e inorgánicos que potencien el aumento de la eficiencia de la aplicación foliar

Bibliografía

- Asad A, Blamey FP, Edwards DG. 2003. Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. *Ann. Bot. (Lond)*. 2003 Oct; 92(4):565-70.
- Melgar, R. 2004. Actual and Potential Use of Micronutrient Fertilizers in Argentina. 2004. IFA International Symposium on Micronutrients. 23-25 February 2004, New Delhi, India
- Römheld, V. y El-Fouly M.M. 1999. Foliar Nutrient application. Challenge and limits in crop production. 2nd International Workshop on Foliar Fertilization, Thailand 4-10 April 1999.
- Swietlik D, y M. Faust. 1984. Foliar nutrition on fruit crops. *Hort Rev.* 6:287-355
- Volkweiss, S. J. 1988. Fontes e métodos de aplicação. Pag. 390-412. En M.E. Ferreira y M.C. Pessôa da Cruz. (Ed.) Micronutrientes na agricultura. POTAFOS, CNPq. Piracicaba, SP, 1991.