

I PARTE

MECANISMOS DE LA NUTRICION FOLIAR

Las plantas pueden alimentarse a través de las hojas mediante la aplicación de sales nutritivas disueltas en agua. Los nutrientes penetran en las hojas de las plantas a través de aperturas denominadas estomas. Estas estructuras se encuentran tanto en la superficie foliar superior (haz), como inferior (envés) y juegan un papel importante en la absorción de nutrientes por vía foliar.

Sin embargo, los estomas no son la única posibilidad de absorción de nutrientes a través del follaje, pues se ha comprobado que también puede haber penetración a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos que se encuentran en las hojas. Además se sabe que la cutícula de las hojas se dilata al humedecerse, produciéndose espacios vacíos que permiten la penetración de soluciones nutritivas.

El proceso de absorción de nutrientes por vía foliar tiene lugar en tres etapas. En la primera etapa, las sustancias nutritivas aplicadas a la superficie penetran la cutícula y la pared celular por difusión libre. En la segunda etapa, las sustancias son absorbidas por la superficie de la membrana plasmática y en la tercera, pasan al citoplasma mediando la ocurrencia de un proceso metabólico.

Velocidad de absorción.

La velocidad de absorción de los nutrientes por la vía foliar es muy variable ya que depende de varios factores, siendo los principales:

- El nutriente o nutrientes involucrados
- La especie cultivada
- El ión acompañante
- Las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa, incidencia de lluvias, etc.
- Condiciones tecnológicas de la aspersión.

Los distintos nutrientes difieren acentuadamente en cuanto a la velocidad con que son absorbidos por el follaje.

El nitrógeno (N) se destaca nítidamente por la rapidez con que es absorbido, necesitándose solamente horas (1 a 6) para que se absorba la mitad del total aplicado.

Los demás elementos, con la posible excepción del magnesio (Mg), requieren como mínimo un día para alcanzar la misma magnitud de absorción. El fósforo (P) destaca como elemento cuya absorción es relativamente más lenta, requiriendo hasta 5 días para ser absorbido en un 50%.

Translocación.

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

- La corriente de transpiración vía xilema
- Las paredes celulares
- El floema y otras células vivas
- Los espacios intercelulares

La principal vía de translocación para los nutrientes aplicados al follaje es el floema. El movimiento de célula a célula ocurre a través del protoplasma, por las paredes o espacios intercelulares. El movimiento por el floema toma lugar desde la hoja donde se sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares de utilización y almacenamiento. En consecuencia, las soluciones nutritivas aplicadas al follaje no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta tanto se produzca movimiento de sustancias orgánicas resultantes de la fotosíntesis.

La velocidad de los iones en la planta, es decir, en el proceso de translocación, varía de un nutriente a otro. El N y potasio (K) se consideran como altamente móviles, en tanto que el Mg, calcio (Ca) y boro (B) son relativamente inmóviles y el resto de microelementos exhiben una movilidad mediana a escasa.

ALCANCES DE LA FERTILIZACION FOLIAR

La aplicación de sustancias fertilizantes mediante la aspersión del follaje con soluciones nutritivas se denomina fertilización o abonamiento foliar. Es una práctica utilizada ampliamente en la agricultura tecnificada contemporánea.

En Latinoamérica, la aplicación de fertilizantes por vía foliar ha venido ganando aceptación creciente en las últimas décadas por parte de la agricultura comercial.

* Artículo publicado con autorización de MONOMEROS Colombo Venezolanos S.A.

Desafortunadamente, ésta ha sido una práctica agronómica poco investigada lo cual explica que aún exista controversia y alguna confusión sobre sus alcances y limitaciones.

La investigación ha demostrado que es factible alimentar las plantas por vía foliar, en particular cuando se trata de corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de los elementos mayores (N, P y K), actualmente se reconoce que la nutrición foliar solamente puede complementar y en ningún caso substituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis de aplicación que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas, en relación con los niveles de fertilización utilizados por los cultivos para alcanzar altos niveles de productividad.

A continuación se discuten las condiciones bajo las cuales se ha comprobado que la fertilización foliar permite obtener resultados agronómicos significativos.

Suministro de nutrientes en circunstancias de emergencia y/o "Estrés".

Esta es una de las condiciones en las cuales la utilización de la nutrición foliar cobra mayor alcance. Las situaciones de emergencia son aquellas que resultan en limitantes drásticas para la nutrición del cultivo a través del sistema radicular. Las más importantes se discuten a continuación:

Sequía

El medio natural en el que se disuelven las sustancias nutritivas es el agua. Los elementos nutritivos son absorbidos radicularmente por la planta en estado iónico, siendo también el agua el agente o vehículo transportador. Cuando el suministro de agua se hace limitante, la alimentación radicular de la planta sufre trastornos severos y compromete drásticamente el desarrollo vegetal.

Como consecuencia, bajo condiciones de sequía transitoria, la vía radicular estará limitada para la absorción de nutrientes y será necesario utilizar entre tanto, la vía foliar.

Desafortunadamente, cuando la planta se encuentra en situación de "estrés" por sequía, desarrolla una mayor sensibilidad a la acción fitotóxica de las sustancias nutritivas y/o de pesticidas aplicados al follaje.

Encharcamiento

El efecto del exceso de agua es, paradójicamente, análogo al de la sequía. Cuando se presenta exceso de agua en el medio radicular, el nivel de aireación disminuye acentuadamente. La disponibilidad limitada de oxígeno en un suelo mal aireado promueven la inmediata inhibición de

la absorción de agua y elementos nutritivos.

Bajo estas circunstancias, mientras se supera la situación emergente, la vía foliar es la alternativa para nutrir el cultivo.

"Estrés" por pesticidas

La aplicación de pesticidas al suelo, sea el caso de herbicida, insecticida, fungicida o nematicida, puede generar efectos inhibitorios de la actividad microbial del suelo, los cuales determinan un bloqueo transitorio en la mineralización de nutrientes como el N, P y azufre (S).

Mientras se prolonga el efecto esterilizante, la absorción de N, P y S por vía radicular puede disminuir significativamente y afectar el desarrollo normal del cultivo, en particular cuando se encuentra en sus primeros estados de desarrollo. La aplicación de nutrientes por vía foliar, en particular las aspersiones con nitrogenados, permitirían restaurar el adecuado balance nutricional de la planta.

Daño por heladas

Las caídas bruscas de temperatura que ocurren en algunas zonas de clima frío, provocan pérdidas importantes del follaje en cultivos como papa, hortalizas, pastos, etc. En este caso, la aplicación de fertilizantes nitrogenados por vía foliar permite restaurar rápidamente el área foliar afectada.

Por otra parte, se ha encontrado que las aplicaciones foliares de K, administradas con criterio preventivo, pueden atenuar los daños causados por las heladas.

Se entiende que, cualquiera que fuese la situación emergente, ésta se asume transitoria. En ningún caso se podrá esperar que la fertilización foliar, por sí sola, constituya la solución para los efectos adversos causados por la sequía, encharcamiento, etc. El alcance de esta práctica no puede ir más allá de atenuar los efectos adversos de la condición emergente, al igual que el papel que juega el suero en el sostenimiento del enfermo, hasta tanto se supera la crisis.

Bloqueo en la absorción de nutrientes por vía radicular.

La disponibilidad de nutrientes en el suelo está controlada por un buen número de factores de naturaleza física, química y bioquímica, los cuales, a su vez, interactúan con los factores relativos al medio ambiente y los derivados del uso y manejo del suelo.

En estas condiciones, el suministro de nutrientes al cultivo depende de una intrincada conjugación de procesos y

factores, que no siempre resulta favorable, ya que se presentan circunstancias determinantes de un bloqueo de la nutrición por vía radicular.

A continuación se discuten las principales causas de bloqueo en la absorción radicular de nutrientes.

Salinidad y exceso de sodio

La ocurrencia de suelos salinos y alcalinos (con exceso de sodio) es cada vez más frecuente. Estas constituyen condiciones adversas que afectan drásticamente la productividad agrícola.

Los efectos adversos de la salinidad y exceso de sodio sobre el desarrollo vegetal, tienen que ver con acciones de:

- a) Inhibición de la toma de agua
- b) Bloqueo en la absorción de nutrientes
- c) Efectos tóxicos

La acumulación de sales solubles en el suelo determina un incremento significativo en la succión osmótica de la humedad del suelo, lo cual, en la práctica, aumenta los niveles de retención de agua en el suelo y, como consecuencia, genera una disminución importante en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos.

Por otra parte, el exceso de sodio (Na^+) intercambiable en el suelo provoca un bloqueo en la absorción de otros cationes, tales como el K^+ , Mg^{++} y Ca^{++} . Este efecto se debe a la inhibición competitiva en la absorción activa, generada por el exceso del catión Na^+ .

Como consecuencia de esta condición, el efecto de la fertilización al suelo puede restringirse y en este caso la fertilización foliar puede derivar en beneficios de significación agronómica y económica.

Inhibición competitiva en la absorción de nutrientes

Tal como se indicó anteriormente, uno de los factores que controla la absorción activa de nutrientes por la raíz es el balance catiónico. En general, la constitución de la cubierta catiónica en la fase cambiante del suelo debe mantener la siguiente secuencia considerada normal: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$. Cualquier alteración en esta secuencia puede afectar seriamente la absorción radicular de uno u otro nutriente. Pero, aún manteniéndose la secuencia normal, la concentración de los cationes debe guardar un adecuado balance o relación que depende del tipo de suelo y de la especie cultivada. Desde luego, los excesos de uno u otro pueden causar, dependiendo de las circunstancias, bloqueos importantes en la absorción de otro u otros, así:

- a) Del K^+ por el Ca^{++} y/o Mg^{++}
- b) Del K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} por el Na^+
- c) Del Mg^{++} por el K^+
- d) Del Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ por el NH_4^+
- e) Del Ca^{++} por el Mg^{++} o viceversa
- f) Del Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ por el Al^{+++}

Cuando se presenta en el suelo una de estas condiciones, la eficiencia de la aplicación de fertilizantes al suelo puede reducirse o, en algunos casos, puede causar problemas aún mayores y, hasta cuando no se supere la situación, la fertilización por vía foliar puede constituirse en una alternativa altamente efectiva para complementar con nutrientes al cultivo.

Desarrollo radicular limitado

Una adecuada alimentación por vía radicular exige, como es obvio, un buen crecimiento de la raíz. Desafortunadamente, con mucha frecuencia se suscitan en el suelo condiciones físicas o químicas que limitan el desarrollo radicular, afectando por consiguiente la absorción de nutrientes. Algunas de estas situaciones son las siguientes:

- a) Toxicidad de aluminio

Esta es, sin duda, la condición adversa más común en el medio tropical. El exceso de aluminio (Al) se presenta en los suelos ácidos e incide negativamente en el desarrollo radicular, afectando por consiguiente la absorción de agua y nutrientes.

- b) Compactación del suelo

El impedimento físico motivado por la compactación del suelo provoca una disminución en el crecimiento del sistema radicular. Esta situación adversa se origina en el uso inadecuado de las labores de labranza, o por el uso reiterado de maquinaria pesada. Desafortunadamente, en las zonas agrícolas de Latino América esta condición adversa está ganando terreno aceleradamente. Una de sus consecuencias de un en suelo compactado es que la efectividad de la fertilización radicular resulta comprometida.

- c) Nivel freático alto

En los valles y altiplanos suele ser frecuente la condición de un nivel de agua subterránea cercano a la superficie, en particular durante las épocas de lluvia. El nivel freático alto opera como una barrera para el normal crecimiento del sistema radicular, ya que se genera un efecto análogo al del encharcamiento o inundación, lo cual, de hecho, limita la absorción de nutrientes vía raíz.

d) Planta joven

Durante los primeros estados de desarrollo de un cultivo las plántulas, como es natural, tendrán un sistema radicular precario, lo cual significará que, durante cierto lapso, la superficie radicular disponible para la absorción de nutrientes será limitada.

Todos los casos descritos conllevan a una disminución de la efectividad agronómica de la fertilización radicular, cobrando entonces trascendencia la fertilización complementaria por vía foliar.■