

# FERTILIZACIÓN FOLIAR

Harvey Arjona<sup>1</sup>

## 1. TOMA Y LIBERACIÓN DE GASES Y OTROS COMPONENTES VOLÁTILES A TRAVÉS DE LOS ESTOMAS

El número de estomas por  $\text{mm}^2$  en plantas terrestres varía de 20 en especies suculentas (CAM) a 100 – 200 en la mayoría de especies anuales, y más de 800 en ciertos árboles.

Ciertos nutrientes minerales en forma de gases, como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NO}_2$  pueden entrar a las hojas predominantemente a través de los estomas y son rápidamente metabolizados en las hojas. El  $\text{NH}_3$  proviene principalmente del abono y de las praderas. La proporción del N total en la planta (aérea y raíces) derivado del  $\text{NH}_3$  varió del 4 al 77%. En praderas la toma diaria de  $\text{NH}_3$  por las hojas se ha calculado entre 100 y 450 g de N/ha.

## 2. LIBERACIÓN DE NUTRIENTES A TRAVÉS DE LOS ESTOMAS

Es importante para compuestos como  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y otros compuestos azufrados volátiles. En arroz la pérdida de compuestos nitrogenados volátiles, principalmente  $\text{NH}_3$ , se ha calculado en 15 KgN/ha en 100 días. La arveja puede perder hasta el

30% del nitrógeno total de la planta durante el llenado de las semillas.

## 3. TOMA DE SOLUTOS POR LAS HOJAS

Estructura y función de la cutícula. Las ceras epicuticulares son secretadas por las células epidermales y consisten en alcoholes de cadena larga, acetonas, y ésteres de ácidos grasos de cadena larga. La cutícula consiste principalmente de cutina, una mezcla de ácidos grasos de cadena larga. El estrato cutinizado es la parte más gruesa de la pared epidermal y consiste en un esqueleto de celulosa incrustado en la cutina, cera y pectina.



La cutícula protege a la hoja de pérdidas excesivas de agua y de la excesiva permeación de solutos orgánicos e

inorgánicos por la lluvia. Esta viene a ser una barrera al apoplasto de la hoja, similar a la banda de Caspari en la raíz.

La cutícula también está involucrada en el control de la temperatura, propiedades ópticas de las hojas y juega un papel importante en la defensa contra insectos y enfermedades. La penetración de solutos de bajo peso molecular (p.e. azúcares, elementos minerales) y la evaporación de agua a través de la cutícula (transpiración peristomatal o cuticular) ocurre en poros hidrofílicos en la cutícula. La mayoría de estos poros tienen un diámetro de menos de 1 nm y una densidad de cerca de  $10^{10}$  poros/ $\text{cm}^2$ . Estos poros son fácilmente permeables a solutos como urea (0.44 nm)

<sup>1</sup> Ph.D. Universidad Nacional, facultad de Agronomía  
e-mail:

**VENTANA AL CAMPO**

pero no a moléculas más grandes como quelatos sintéticos (p.e. Fe EDTA).

Estos poros están alineados con cargas negativas por lo que la permeación de los cationes se facilita en tanto que los aniones son repelidos. Los poros cuticulares son más grandes y en mayor densidad entre las células oclusivas y las subsidiarias permitiendo la entrada de moléculas grandes como Fe EDTA. Entonces a mayor densidad de estomas mayor toma por mayor cantidad de poros cuticulares.

Ectodesmos: Microcanales hidrofílicos presentes en las paredes celulares epidermales externas como vías para el vapor de agua y movimiento de solutos. No hay evidencia de la existencia de estos.

#### **4. FACTORES EXTERNOS E INTERNOS QUE AFECTAN LA TOMA DE NUTRIENTES**

Las células de las hojas toman los nutrientes del apoplasto de la hoja. Factores como concentración externa (apoplástica) del nutriente, valencia del ión, temperatura y actividad metabólica afectan la toma. Otros factores que afectan la toma son: edad de la hoja, deficiencia vs. no deficiencia.

La toma de nutrientes por las hojas es estimulada por la luz, p.e. K pero también puede ser disminuida como consecuencia del aumento en temperatura y disminución en la humedad relativa.

#### **5. APLICACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES MINERALES**

La aplicación foliar de nutrientes minerales ofrece un método de suministrar nutrientes a las plantas superiores más rápido que por la raíz. Sin embargo, el suministro es más temporal.

#### **6. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR**

1. Bajas tasas de penetración, principalmente en hojas con cutículas gruesas.
2. Ecurrimiento de las superficies hidrofóbicas.
3. Lavado por lluvia.

4. Secado rápido de las soluciones.
5. Tasas limitadas de retranslocación de ciertos minerales (p.e. Ca).
6. Suministro limitado de macronutrientes en una aplicación. Generalmente 1% en 400 l/ha, excepto urea que puede ser el 10%.
7. Quemazón y necrosis foliar, como resultado de un desbalance local de nutrientes.

El secado rápido de la hoja parece ser el principal factor responsable de las altas pérdidas. Hay menor daño foliar por la aplicación si el pH de la solución asperjada es bajo.

La adición de surfactantes a base de silicona parece disminuir el daño a las hojas y a la vez aumenta la eficiencia de la aplicación.

#### **7. IMPORTANCIA PRÁCTICA DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES MINERALES**

A pesar de las limitaciones para suministrar nutrientes por medio de la aplicación foliar, la técnica tiene gran utilidad práctica bajo ciertas condiciones.

1. Baja disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por ejemplo la clorosis calcárea debida a Fe. Deficiencia de manganeso en soya. Boro en frutales en el otoño y en rábano blanco para prevenir el corazón pardo.
2. Suelo muy seco. Importante en regiones semiáridas.
3. Disminución de la actividad radicular durante el estado reproductivo. Como resultado de la competencia por carbohidratos. Las aplicaciones foliares pueden compensar la disminución de la actividad radicular.
4. Aumento en el contenido de proteína en cereales. Cómo trigo el contenido de proteína se

puede aumentar considerablemente mediante la aplicación de nitrógeno foliar en estados tardíos de crecimiento. Las tasas de recuperación de N foliar con urea son bastante altas (70% en trigo), pero las pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  también se dan por las hojas y pueden ser mayores que en las aplicaciones edáficas.

5. Aumento en el contenido de calcio de los frutos. Se necesitan aplicaciones múltiples para que sean efectivas.

### 8. TOMA FOLIAR Y MÉTODOS DE IRRIGACIÓN

En riego por aspersión hay un aumento en los contenidos de Cl y Na en las hojas. Sin embargo, el contenido de K disminuye por lavado y el K puede ser reemplazado por el Na en el tejido foliar.

### 9. LAVADO DE ELEMENTOS MINERALES DE LAS HOJAS

#### Causas y Mecanismos

1. Excreción de sales por glándulas en halófitas o de ácidos orgánicos por tricomas en tallos, hojas, vainas (maíz).

2. Excreción de solutos inorgánicos en los ápices y márgenes de las hojas por gutación.

3. Lavado desde hojas dañadas.

4. Lavado desde el apoplasto de hojas intactas. La tasa de lavado generalmente aumenta con la edad de la hoja por aumento en la permeabilidad de las membranas, lo cual aumenta la concentración de solutos orgánicos e inorgánicos en el apoplasto. El daño mecánico en las hojas es muy común, principalmente en los márgenes y en los ápices, propiciando pérdidas que van del 10 al 70% de Cl. Condiciones de estrés tales como oscuridad prolongada, estrés hídrico y temperaturas altas pueden aumentar las tasas de lixiviado de nutrientes minerales de las hojas. Lo mismo sucede con contaminantes como ozono, mucha acidez de la lluvia o de la neblina.

El mayor lavado se debe a aceleración de la senescencia o daño de la cutícula. Los cationes se lavan (pierden) más fácilmente que los aniones. El lavado es mayor a pH bajo de la lluvia.

### 10. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LA TOMA Y EL LAVADO DE SOLUTOS DE LAS HOJAS

Es muy importante en ecosistemas con una baja disponibilidad de nutrientes en el suelo (suelos tropicales muy lavados).

El Ca y el Mg lavados pueden ser comparativamente altos con relación a su contenido en las hojas. Estos elementos proceden principalmente del apoplasto y puede ser útil para remover cantidades que pueden ser tóxicas, principalmente en hojas viejas. Además de los elementos minerales, cantidades importantes de solutos orgánicos son lavados del canopy, alcanzando cantidades que varían entre 25 y 60 Kg de carbono orgánico por ha/año en la zona templada, y varios cientos de kilogramos en los bosques.

El lavado de todas estas sustancias, tales como fenoles, ácidos orgánicos, a.a. puede afectar otras especies vegetales en el dosel, lo mismo que a los microorganismos del suelo. Las cantidades de Ca y Mg son relativamente altas. Estos provienen principalmente del apoplasto y el lavado es una manera eficiente de remover elementos que no son fácilmente translocables (Ca, Mn, y B) y que se acumulan a medida que la hoja envejece, pudiendo llegar a niveles tóxicos.

#### BIBLIOGRAFÍA

Marschner, Horst. 1998. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press. New York.