

ABSORCION DE NUTRIENTES POR LAS PLANTAS Y SUS FUNCIONES

ESPECIFICAS 589(04)

S. Camacho B.

Se han reportado diez y seis elementos esenciales para las plantas superiores, o sea las Angiospermas, entre los cuales se cuentan todas las plantas cultivadas. Tres elementos carbón, hidrógeno y oxígeno entran a la planta formando parte de las moléculas de dióxido de carbono, agua y oxígeno molecular. Los elementos restantes Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc, Manganeseo, Cobre, Hierro, Boro, Molibdeno y Cloro, son absorbidos por la planta en forma iónica. La Tabla 1 muestra los estados químicos en que los elementos esenciales son absorbidos por la planta.

I. ESTRUCTURAS Y MECANISMOS.

Al considerar la toma de nutrientes por las plantas es conveniente identificar las estructuras que aquellos deben atravesar. Consideraremos aquí las siguientes estructuras: 1) Estomas, 2) Cutícula y 3) Raíces.

Los estomas son las diminutas estructuras localizadas en las hojas que le permiten a la planta responder directamente a estímulos externos del ambiente.

* Ing. Agr. M.S. Ph.D. Director Programa Nal. Fisiología Vegetal ICA.

TABLA 1. Elementos esenciales. Forma de Absorción y Fertilizantes usados.

Elemento	Estado Químico	Fertilizantes
C	CO_2	Enriquecimiento de atmósfera en invernaderos.
H	H_2O	-----
O	O_2	-----
N	NO_3^- , NH_4^+	Nitratos (sodio, calcio, amonio) Amoniacaes, Urea.
P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	Superfosfatos.
K	K^+	Sales potásicas (cloruro, nitrato, sulfato).
Ca	Ca^{++}	Calces, yeso.
Mg	Mg^{++}	Sulfato de magnesio, fosfato de magnesio amonio.
S	SO_4^{2-}	Superfosfato, sulfato de amonio, sulfato de potasio.
Zn	Zn^{++}	Quelatos de Zn, oxysulfatos de Zn.
Mn	Mn^{++}	Oxido manganeso, quelatos.
Cu	Cu^{++}	Quelatos, cobre amonio fosfato.
Fe	Fe^{++} , Fe^{+++}	Quelatos (suelo, foliar).
B	BO_3^{3-}	Borax.
Mo	MoO_4^{2-}	Oxido molibdico, molibdato de sodio.
Cl	Cl^-	Cloruros.

El funcionamiento de los estomas controla o regula la difusión de dióxido de carbono hacia los sitios de fijación por el proceso fotosintético en las hojas. Igualmente los estomas regulan la pérdida de agua (transpiración) por las plantas. El mecanismo de apertura estomatal está controlado por la luz. El gradiente en humedad absoluta entre la hoja y el aire vecino controla movimientos estomáticos transitorios durante el día, lo cual provee ciertas especies vegetales con un refinado mecanismo para controlar la pérdida de agua. Los estomas son estructuras de gran importancia para la toma del carbón (en forma del gas dióxido de carbono) y oxígeno (en forma de oxígeno molecular) por las plantas. Algunos líquidos han sido usados para estimar la apertura estomatal. Igualmente los estomas pueden constituir la puerta de entrada para muchas soluciones de insecticidas, herbicidas o fertilizantes aplicados foliarmente.

Las soluciones aplicadas foliarmente encuentran otra barrera de importancia, la cutícula. La cutícula es una capa que cubre todas las superficies externas de las partes aéreas de la planta. Las células que conforman la cavidad estomatal también están recubiertas por cutícula. Así pues, cualquier producto aplicado foliarmente debe atravesar primero la cutícula antes de hacer contacto con el protoplasma vivo. La cutícula está compuesta de cera, cutina, hemicelulosas, pectinas y ácidos grasos saturados e insaturados.

La cantidad de cera presente en la cutícula determina que ésta sea fácilmente humedecible o no. El arreglo estructural de la cutícula (laminillas de cera), fisuras y otras imperfecciones, así como sus propiedades físicas (semi-hidrofilica) y físico-químicas (la cu-

cutícula está cargada negativamente) permiten el paso de sustancias por difusión y por intercambio catiónico. La absorción foliar es más rápida cuando hay humedad apropiada en la superficie de la hoja.

La cutícula está atravesada por los ectodesmata, o pequeñas ramificaciones del protoplasma que penetran las paredes celulares y aparentemente sirven de canales de excreción de las sustancias que componen la cutícula. Se ha indicado que las rutas preferenciales de absorción a través de las hojas incluyen las células epidermales encima de las venas, pelos, paredes anticlinales de las células epidermales y células guardas de los estomas. Estas estructuras a su vez son las que presentan el mayor número de ectodesmata.

Cuando la sustancia en movimiento llega al protoplasma, es transportada a otras células probablemente a través de los plasmodesmata, o canales intercelulares de protoplasma. Al llegar a los haces vasculares las sustancias se mueven hacia otras partes de la planta preferencialmente por el floema.

Las raíces constituyen las estructuras de entrada natural de los nutrientes en forma iónica. Las raíces también absorben oxígeno molecular. La solución del suelo contiene sales disociadas en forma de iones. Estos iones son intercambiados con otros iones presentes en la superficie de la raíz, los cuales (principalmente iones hidrógeno) son probablemente producidos por ácidos orgánicos secretados o presentes en las paredes de las células de la epidermis.

Para explicar el mecanismo de entrada de iones por las raíces se han propuesto varias teorías, que indican que la absorción y trans-

porte ocurren por una de las dos formas siguientes :

Absorción Pasiva : Los iones penetran la raíz en respuesta a un gradiente en concentración. Los espacios intercelulares y los llamados "espacios libres" son las rutas que presumiblemente toman los nutrientes cuando son absorbidos en forma pasiva.

Absorción Activa : La absorción activa de nutrientes es realizada con gasto de energía por las células. Las membranas celulares son las estructuras básicas para este tipo de transporte. Aunque aún no se han identificado los portadores, existe evidencia creciente de la presencia de moléculas en las membranas celulares que, a través de cambios de conformación causados por reacciones metabólicas que demandan energía, actúan como portadores de iones específicos. La especificidad de estos portadores por ciertos iones no es absoluta y los sitios de "atrape" pueden ser ocupados por iones de tamaño similar. Esta parece ser la explicación fisiológica del mecanismo de competencia de iones por entrar a la planta.

Aunque los iones pueden penetrar la corteza de la raíz pasiva o activamente, la penetración a la estela y finalmente a los vasos del xilema parece ocurrir únicamente en forma activa, debido a la presencia de la endodermis. Esta es una capa de células que rodean la estela en forma continua y cuyas paredes celulares están cubiertas por las llamadas bandas de Caspario. Las bandas de Caspario parecen actuar como impermeabilizadores de las paredes celulares en tal forma que impide el paso de sustancias en forma pasiva a través de la endodermis.

Después de atravesar la endodermis los iones son transportados hasta

los vasos del xilema, los cuales los conducen hasta los sitios de utilización en la parte aérea de la planta.

II. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TOMA DE NUTRIENTES POR LAS RAICES.

1.- Aireación del Suelo.

La extensión del sistema radicular está relacionada con la aireación del suelo. La presencia de un sistema radicular extenso, provee la planta con una gran superficie de contacto y reacción con la solución del suelo.

Directamente la aireación es importante puesto que el oxígeno presente en el suelo es absorbido por las raíces para cumplir funciones metabólicas esenciales tales como la respiración. Raíces con respiración deficiente son incapaces de proveer la energía necesaria para la absorción de nutrientes y hormonas y para el mantenimiento de la estructura y permeabilidad de las membranas.

Plantas bajo condiciones de inundación por un período prolongado de tiempo presentan síntomas de deficiencia de elementos asociados con síntomas de toxicidad por metabolitos.

2.- Humedad del Suelo.

Un apropiado nivel de humedad en el suelo es necesario para: a) Proporcionar un volumen adecuado de solución del suelo; (aumentando capacidad de movimiento de iones hacia la raíz) y b) Mantener humedad suficiente para el crecimiento y permeabilidad de membranas evitando suberización.

Baja humedad disminuye el crecimiento, la actividad radicular y también las necesidades de nutrientes. Exceso de humedad produce

anaerobiosis con las consecuencias anotadas anteriormente.

3.- Compactación.

Excesiva compactación del suelo puede disminuir la absorción de nutrientes porque limita la aireación del suelo. También puede ocurrir que las raíces no son capaces de crecer y penetrar o atravesar la zona compacta. En esta forma, aunque un nutriente esté químicamente disponible, físicamente es inalcanzable debido a la localización.

4.- Temperatura.

La absorción activa de nutrientes requiere respiración celular. La respiración aumenta cuando ocurren aumentos de temperatura, pero también aumenta la difusión de sales hacia las raíces.

Temperaturas muy altas reducen la acumulación neta de nutrientes debido, probablemente, a mayor permeabilidad de las membranas al movimiento pasivo de sustancias.

5.- pH

El pH del suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas en varias formas :

- a) Cambios fisiológicos afectando la permeabilidad de las membranas.
- b) La competencia entre diferentes iones en ciertos rangos de pH.

Como ejemplo, la absorción de fosfatos es altamente influenciada por el pH debido a que éste influye en la carga iónica. A un pH bajo predomina $H_2PO_4^-$, a un pH medio predominan $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} , si el pH es medio alto predomina HPO_4^{2-} y si el pH es alto predomina la especie PO_4^{3-} .

6.- Estado nutricional de la planta.

Un cultivo puede no responder a la fertilización con un elemento porque el nivel de otro elemento es limitante.

Algunas veces la abundancia de un elemento en la planta puede influenciar la toma de otro. Plantas con abundante nitrógeno son capaces de absorber más fósforo. Probablemente debido a que ambos elementos forman parte de las mismas moléculas orgánicas en las plantas.

7.- Estado de crecimiento de la planta.

La absorción de nutrientes está estrechamente ligada con la síntesis de moléculas que los usan. Así, células jóvenes que sintetizan activamente proteínas crean sitios para diferentes cationes como Mg, Fe, Ca, N, P, S.

La absorción de nutrientes por células maduras disminuye a medida que disminuye la síntesis.

Conocer el patrón de absorción de un nutriente es de gran importancia para el agricultor. Así él podrá decidir sobre cuando y cómo aplicar el fertilizante requerido.

III. FUNCIONES

Los síntomas de deficiencia de los elementos en las plantas están relacionados en cierto grado con las funciones y movilidad de los elementos.

No se intenta hacer aquí una descripción detallada de las funciones de cada uno de los elementos. La Tabla 2 indica el grado de movilidad de los elementos en la planta y las funciones de grupos de nutrientes.

Las formas monovalentes son más fácilmente absorbidas que las divalentes y éstas más que las trivalentes.

IV. REQUERIMIENTOS.

Las cantidades de los diferentes nutrientes requeridos por las plantas varía enormemente y generalmente están relacionadas con la función del elemento en la planta. La Tabla 3 muestra el rango de concentración de los diferentes elementos encontrado en diferentes especies.

La composición foliar y la concentración foliar óptima de los elementos en las hojas varían de acuerdo a la especie. Sin embargo es notable que un grupo de elementos, los micronutrientes generalmente están presentes en concentraciones muy bajas en las plantas.

El requerimiento de micronutrientes parece ser una característica genéticamente determinada por la especie. Esta característica está siendo aprovechada por algunos científicos para desarrollar variedades con bajos requerimientos de elementos que son deficientes naturalmente en zonas extensas como es el caso de los Llanos Orientales de Colombia.

La Tabla 4 muestra las cantidades totales, de los 15 elementos esenciales que se requieren para producir cinco toneladas de maíz. Esos datos permiten diferenciar entre los microelementos (Requeridos en grandes cantidades) y los microelementos.