

LA NUTRICIÓN VEGETAL DEL CULTIVO DEL PLÁTANO (Musa AAB, Simmonds)

Alfonso Martínez Garnica*

■ Introducción

El cultivo del plátano es uno de los más importantes de Colombia, no solo por la gran cantidad de mano de obra que utiliza y por su participación en la economía regional en las zonas de producción, sino por su importancia como fuente de carbohidratos del pueblo colombiano. Sin embargo, dada la cantidad de biomasa producida, tanto en el racimo como en las demás partes de la planta, es uno de los cultivos más extractores de nutrientes del suelo. Desafortunadamente las características de los suelos de las diferentes zonas de producción en que se siembra este cultivo en Colombia son muy diferentes, lo que da la oportunidad de ver una gran cantidad de patologías de deficiencias nutricionales, bien porque hay deficiencia del elemento en el suelo ó porque existen interacciones negativas entre iones que impiden la absorción de otros por competencia a nivel radicular.

Durante muchos años los cultivadores de plátano en Colombia se guiaron en los aspectos relacionados con la nutrición y fertilización del plátano con base en los trabajos de investigación realizados en el cultivo del banano. Sin embargo, con la formación del grupo multidisciplinario del programa de plátano del antiguo Instituto Colombiano Agropecuario se realizaron investigaciones que pudieron llenar estos vacíos y que han servido como base para que actualmente se hubiese llegado a duplicar el promedio de producción nacional de fruta, ya que para el año 1979 el promedio nacional de producción de plátano era de 7 toneladas/ha y en la actualidad es de alrededor de las 14 toneladas. En dicho proceso colaboraron igualmente asociaciones regionales de productores, Federaciones de productores en donde el cultivo del plátano hacía parte de sus sistemas de producción, universidades, etc. Por otro lado, se encontró que existían patologías de deficiencias que solo aparecía en el cultivo del banano, como es el azul de los pecioloos que corresponde a una deficiencia de magnesio en este último cultivo, y que no aparece como deficiencia de dicho elemento nutricional en el plátano. Igualmente, el hecho de que el banano tenga mayor capacidad de producción (más de 35 toneladas/ha de fruta para el caso del banano en comparación con el plátano que solo es de 20 toneladas/ha), posiblemente por tener un sistema radicular muy superior al del plátano, la extracción de nutrientes por parte del banano es muy superior a la del plátano.

A continuación se mostrarán las patologías más importantes de deficiencias de elementos mayores y menores en el cultivo el plátano, la interacción entre iones, la extracción de nutrientes por parte de la planta en sus diferentes componentes morfológicos y finalmente, la correlación existente entre los análisis foliares de plantas de plátano con los análisis del suelo en donde se encuentran en las principales zonas productoras de Colombia.

Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D. CI La Libertad. Km. 17 vía Puerto López. Villaviecnio. Meta. Colombia.
amartinezg@corpoica.org.co

■ Principios básicos de nutrición vegetal.

Antes de conocer las diferentes sintomatologías de deficiencias de los diferentes elementos nutricionales del suelo es necesario conocer algunos principios básicos.

El primero es determinar la ubicación de la sintomatología de deficiencia de acuerdo a la movilidad del elemento nutricional dentro de la planta. Si el elemento es móvil significa que la sintomatología de deficiencia aparecerá en las partes viejas de la planta, ya que en ausencia del elemento, la cantidad existente migrará hacia las partes jóvenes de la misma. Los elementos móviles son el nitrógeno (*clorosis generalizada*), magnesio (*clorosis intervenla*), potasio (*clorosis seguida por necrosis*), fósforo (*enanismos, coloraciones rojizas en hojas viejas o colores verdes muy intensos*) y azufre (*clorosis generalizada*). Para los elementos inmóviles la sintomatología de deficiencia aparecerá en los tejidos jóvenes y estos son el calcio (*clorosis seguida de necrosis*), hierro (*clorosis generalizada de tejidos jóvenes*), zinc (*clorosis y disminución del tamaño del tejido*), boro (*deformación del tejido, clorosis y necrosis*) y cobre (*deformaciones del tejido*).

Se pueden presentar algunas sintomatologías de toxicidades de elementos que se pueden confundir con deficiencias. Cuando se aplica en exceso un elemento ó cuando existe en demasía en el suelo la planta a través del fenómeno de gutación expulsa dicho elemento apareciendo necrosis especialmente en el borde de las hojas viejas. Igualmente, a veces se presentan intoxicaciones en ciertas especies vegetales producto del ion acompañante de un fertilizante, es el caso del aguacate en donde no se puede aplicar como fertilizante potásico el cloruro de potasio debido a la sensibilidad de la especie al cloro, el cual ocasiona intoxicaciones, teniéndose por lo tanto que aplicar sulfato de potasio.

En segundo lugar se debe definir que condiciones debe tener un elemento nutricional para ser considerado mayor o menor. Para ser considerado mayor debe cumplir con tres requisitos: en deficiencia del elemento la planta no puede cumplir con su ciclo de desarrollo, es decir, deben ser suministrados para que la planta germine, se desarrolle, florezca y produzca sus frutos y/o semillas; no se puede reemplazar por otro elemento con propiedades similares, como es el caso del sodio y el potasio, y finalmente, el elemento debe participar directamente en el metabolismo de la planta y su beneficio no debe estar relacionado solamente al hecho de mejorar las características del suelo, mejorando el crecimiento de la microflora o algún efecto parecido. Los elementos mayores son C, O, H, N, Ca, K, S, P y Mg y los menores son B, Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni y Cl.

De acuerdo con lo anterior se describirán a continuación las diferentes sintomatologías de deficiencias en el cultivo del plátano:

NITRÓGENO

Las plantas pueden tomar el nitrógeno como nitratos (NO_3^-) ó amonio (NH_4^+). Sin embargo, antes de indicar el ciclo del nitrógeno dentro de la planta el amonio debe ser reducido a nitratos. Los nitratos deben ser reducidos a nitritos por medio de la enzima nitrato reductasa y los nitritos a amoníaco (NH_3) por medio de la nitrito reductasa para posteriormente formarse los aminoácidos, amidas, proteínas y otros compuestos relacionados. El nitrógeno es importante por lo tanto para la producción de proteínas, y al igual que en los humanos,

la falta de proteína ocasiona clorosis por la no formación de la clorofila y por lo tanto la aparición de otros pigmentos, deficiencia en el crecimiento y en el desarrollo de los diferentes órganos de las plantas.

Para el caso del cultivo del plátano con las deficiencias de nitrógeno aparecen clorosis debido a que el nitrógeno está involucrado en la formación de proteínas las cuales son fundamentales en la formación de la clorofila, como se expresó anteriormente, por otro lado el pseudotallo y los pecíolos se tornan rojizos producto de la aparición de las antocianinas al no formarse la clorofila, al igual que el pseudotallo. El ciclo de cultivo se prolonga ya que el nacimiento de dos hojas contiguas se alarga. Las plantas se quedan pequeñas y en muchas ocasiones no hay formación de racimo. Es común esta sintomatología en parches arenosos de la zona platanera del Ariari y en época seca en Urabá cuando no hay riego. Por ser los suelos de la zona central cafetera franco arenosos un mínimo déficit hídrico ocasiona la aparición de la clorosis generalizada típica de la deficiencia de nitrógeno.



Foto 1. Deficiencia de nitrógeno.

MAGNESIO

El magnesio por ser un catión divalente es afectado en su absorción por parte de las raíces por otros cationes como potasio, calcio y manganeso, así como por el hidrógeno en suelos ácidos. Aunque su molécula está involucrada en la estructura de la clorofila, sus principales funciones están en la síntesis de la clorofila y por lo tanto en el proceso de fotosíntesis (el primer paso para la biosíntesis de la clorofila es la inserción del magnesio en la estructura del porfirina siendo catalizada por quelatos de magnesio y existe una larga lista de enzimas y reacciones enzimáticas que son fuertemente promovidas por el magnesio) y en la síntesis del RNA y por lo tanto en la síntesis de las proteínas. Si este elemento se involucra en las anteriores funciones su deficiencia será por lo tanto clorosis y en las hojas viejas por ser un elemento móvil. Igualmente las deficiencias de magnesio se caracterizan porque dicha clorosis es intervenal.

Para el caso del magnesio en el cultivo del plátano se presentan clorosis muy pálidas intervenales, permaneciendo solo verde alrededor de la nervadura central y secundarias, aparecen igualmente manchas necróticas sobre las zonas cloróticas en la lámina de la hoja, al igual que dichas manchas en la nervadura central de la hoja y el pecíolo atribuidas a la interrupción de la biosíntesis de los carbohidratos después del bloqueo de la formación de las moléculas de clorofila. Las hojas de las plantas de plátano de plantas deficientes en magnesio mueren rápidamente, desarrollándose una necrosis que va desde el borde de la hoja a la nervadura central hasta que el pecíolo se dobla.

A nivel de seudotallo aparecen dos sintomatologías de deficiencia de este elemento: ruptura longitudinal de las calcetas que componen el seudotallo y manchas necróticas internas en el seudotallo, atribuidas a desbalance entre cationes resultando desordenes como el comúnmente llamado “die back”.



Foto 2. Deficiencia de magnesio

En la zona central cafetera es común ver deficiencias de magnesio en el cultivo del plátano debido a la riqueza en potasio de esos suelos (hasta 1 meq/100 gr. de suelo) lo que bloquea la absorción del magnesio, así exista en buenas cantidades en el suelo. Igualmente, en la zona platanera del río Ariari en el departamento del Meta, los suelos tienen altas cantidades de calcio (hasta 6 meq/100 gr. d suelo) que hace que se bloquee la absorción de magnesio.

CALCIO

Es un clon divalente que esta relacionado en el apoplasta (pared celular) con la firmeza en la construcción de estructuras y en el intercambio entre la pared celular y la superficie exterior de la membrana citoplasmática, por lo tanto, una alta concentración del calcio total en la planta se ubica en las paredes celulares. En el citosol su principal papel es la construcción de la proteínas conocidas como “proteínas moduladas por el calcio”, la mayoría de ellas conocidas como calmodulinas (CaM) calcio dependientes. Las calcio dependientes proteínas kinasas son directamente estimuladas por el calcio. Las concentraciones de CaM son mucho mayores en su concentración en los tejidos meristemáticos y en el punto de crecimiento de la raíz. Su deficiencia en las plantas se presenta en tejidos jóvenes por ser un elemento no móvil y se caracteriza por clorosis por estar involucrado en la síntesis de algunas proteínas, desórdenes celulares en tejidos jóvenes y susceptibilidad al ataque de patógenos.

El principal síntoma de deficiencia de calcio en plátano es la deformación (desarreglo en el tejido meristemático) y posterior necrosis de los colinos, los cuales no llegan a desarrollarse por la falta de este elemento en dicho tejido y para algunos autores manchas cloróticas en las hojas jóvenes. Vale la pena recordar que el calcio es absorbido a la planta vía transpiración y que los meristemas y frutos que son los órganos de la planta que menos transpiran son lo que primeros sufren las sintomatologías de deficiencia de este elemento. Trabajos de investigación en nutrición de plátano en sistemas hidropónicos, colocando solo el 10% del calcio de la solución testigo demuestran que al desarrollarse los colinos y no existir por lo

tanto este “sink” el resto de fotosintetizados van al racimo y a la planta, teniendo un buen desarrollo estas partes de la planta.



Foto 3. Deficiencia de calcio

POTASIO

Es el elemento nutricional que más absorbe el plátano por ser una planta netamente productora de carbohidratos. Es un catión monovalente y que compete muy bien con los cationes divalentes como el calcio y el magnesio por las cargas negativas que forman la capacidad de intercambio catiónico de las raíces. Es altamente móvil de célula a célula, de tejido a tejido y por los vasos del xilema y del floema. Debido a su alta concentración en el citoplasma neutraliza los aniones y estabiliza el pH entre 7 y 8 de este sitio de la célula. Su deficiencia hace decrecer el pH de 7.7 a 6.5 inhibiendo la actividad de la nitrato reductasa, por lo que su deficiencia afecta el ciclo del nitrógeno y por lo tanto de la síntesis de las proteínas, concluyéndose que su deficiencia producirá clorosis en los tejidos viejos de la planta por ser un elemento mineral móvil y causará una acumulación de nitratos en el tejido vegetal.

Por estar directamente relacionado con la extensión celular, las plantas de plátano afectadas con la deficiencia de este elemento presentan en las puntas de las hojas viejas una curvatura hacia abajo en la medida en que aparece una clorosis de color amarillo intenso. La distribución de la concentración de potasio en la hoja del plátano tiene un gradiente negativo del peciolo a la punta de la hoja y de igual forma de la nervadura central al borde de la hoja, siendo esta la razón por la cual la clorosis inicial y posterior necrosis se presenta de la punta de la hoja hacia el peciolo y del borde de la hoja hacia la nervadura central.

La deficiencia de potasio ocasiona grandes cambios como una acumulación de carbohidratos solubles, decrecimiento en el contenido de almidón y lo más importante, acumulación de compuestos nitrogenados solubles activándose la acumulación de diamine putrescine que ocasiona en las plantas de plátano lo que comúnmente se llamaba bacteriosis, alteración muy común en algunas zonas del Valle del Cauca y de lo Llanos orientales en la época seca, cuando por la falta de agua en forma líquida en el suelo las plantas de plátano no pueden tomar este elemento del suelo. Antiguamente se decía que esta anomalía era causada por la bacteria *Erwinia chrysantemi* pv. *paradisíaca* y transmitida por el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*). Lo que en realidad ocurre es la descomposición del tejido por la enzima anteriormente mencionada y el picudo rayado llega a ovipositar en el tejido en descomposición.



Foto 4. Deficiencia de potasio

Igualmente, al afectar la deficiencia de potasio el ciclo del nitrógeno por la inhibición de la nitrato reductasa se presenta un déficit en la formación de la proteína y por lo tanto se afecta el proceso de la fotosíntesis, en especial en la fijación del CO_2 .

FÓSFORO

A diferencia de los nitratos y sulfatos el fosfato no es reducido en las plantas y permanece en formas altamente oxidadas como H_2PO_4^- , siendo la principal forma como es absorbido en suelos ácidos. Por ser un elemento muy móvil dentro de la planta la sintomatología de deficiencia aparecerá en las hojas viejas. Contrariamente, en el suelo tiene muy poca movilidad y es fijado haciéndose no disponible para las plantas.

El fósforo está involucrado como un elemento estructural de estructuras macromoleculares, siendo esta función prominente en ácidos nucleicos, como unidades de moléculas de DNA, siendo el transportador de información genética y en unidades de RNA siendo responsable en el traslado de información genética. En ambos casos formas de fosfatos forman puentes entre unidades de ribonucleosidos a formas macromoleculares. Su principal papel es como transferidor de energía: ésteres fosfatos y fosfatos ricos en energía representan la maquinaria metabólica de las células. Adenosin trifosfato (ATP) es el principal fosfato rico en energía para la síntesis de los almidones.



Foto 5. Deficiencia de fósforo.

Las hojas de plantas de plátano juveniles se tornan de color verde muy intenso debido a que este elemento está involucrado en el crecimiento celular, por lo que al reducirse el tamaño de las células se concentra la clorofila. Por la anterior razón la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es más baja en plantas deficientes con fósforo. Las hojas de la planta de plátano son pequeñas y de forma redondeada. Los pecíolos se tornan rojizos y al florecer las plantas aparecen necrosis en el borde de las hojas producto de la formación de melaninas, siendo la sintomatología parecida al ataque de *Cordana musae*. Esta sintomatología aparece comúnmente en plantaciones ubicadas en la Amazonia y la altillanura colombiana, en donde los tenores de fósforo no pasan de 1 ppm.

AZUFRE

Aunque el azufre en formas de SO_2 puede ser tomado por las partes aéreas de las plantas superiores, tal como ocurre en los países industrializados con atmósferas cargadas de este elemento, la mayor fuente de azufre son los sulfatos. Cumple fisiológicamente algunas funciones importantes, además de constituir distintas sustancias vitales, están son: forma parte constituyente de las proteínas (cistina, cisteína, metionina), por lo que sus deficiencias se caracterizan por clorosis, forma parte de las vitaminas (biotina), es constituyente de las distintas enzimas con el sulfidrilo (SH^-) como grupo activo, que actúan en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos (en la oxidación de los ácidos grasos, como la coenzima A, CoA), interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células (con el glutatión), contribuye en la formación de la clorofila, a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas e interviene en la estructura terciaria de las proteínas; las proteínas se ordenan en grandes cadenas moleculares, el azufre ayuda a la constitución de estas macromoléculas además de formar parte de los aminoácidos (compuestos moleculares imprescindibles para la formación de los péptidos, que se unen a su vez para la formación de las proteínas).

La principal sintomatología de deficiencia de este elemento se presenta cuando las plantas han producido unas 18 hojas y consiste en la presencia de una coloración verde-plateada en las hojas debido a que el azufre es un componente importante de las proteínas y las proteínas están concentradas principalmente en los cloroplastos de las hojas, por lo tanto hay una correlación entre el nivel de las proteínas que contienen azufre y el nivel de clorofila. Se supone que por ser un elemento móvil las sintomatologías de deficiencias debían aparecer en las hojas viejas tal como ocurre con N, K y Mg, sin embargo, la sintomatología aparece en todas las hojas.

ZINC

Es tomado por las plantas principalmente como un catión divalente en suelos ácidos (Zn^{2+}). Las plantas deficientes de zinc reducen drásticamente la tasa de síntesis de proteínas, mientras los aminoácidos se acumulan. Por ser un elemento nutricional no móvil sus sintomatologías de deficiencias se presentan en las hojas o tejidos jóvenes, y para el caso del cultivo del plátano se presentan clorosis en las hojas más jóvenes y reducción en el tamaño de ellas debido a la reducción en la síntesis de proteínas y por lo tanto en los niveles de cloroplastos. En severas deficiencias por falta de este elemento se puede morir, para el caso del plátano, la hoja más joven u hoja bandera ocasionando el famoso "die back", lo cual se puede confundir con ataque del virus CMV o de la bacteria *Erwinia carotovora*.

Al final del período vegetativo las plantas deficientes en zinc muestran pequeñas manchas de color rojizo debido a dos razones: la deficiencia de zinc afecta negativamente el metabolismo de auxinas, especialmente AIA y por otro lado, protege las auxinas contra la destrucción por oxidación cuando la cantidad de zinc suplida a la planta es suficiente.

Es interesante analizar la relación entre el zinc y el fósforo. En suelos con altas concentraciones de fósforo, como es el caso de la zona de Lejanías en el departamento del Meta, en donde hay más de 200 ppm del elemento en el suelo, las sintomatologías de deficiencias de zinc son impresionantes debido al antagonismo existente entre estos dos elementos. Para el

caso del cultivo del plátano en esta zona, especialmente cuando se aplica materia orgánica o fertilizantes nitrogenados, pueden aparecer las sintomatologías típicas de deficiencia de elemento en las tres o cuatro primeras hojas.



Foto 6. Deficiencia de zinc.

BORO

Es un elemento, al igual que el calcio, que su distribución en la planta está gobernada por la transpiración. Por ser un elemento no móvil sus deficiencias aparecen en las hojas o tejidos jóvenes, sin embargo, dada las numerosas funciones que cumple en la planta aparecen sintomatologías de deficiencia de este elemento en todas las partes de la planta. En el trópico húmedo es tomado como $B(OH)_3$. Sus funciones están relacionadas con el transporte de azúcares, razón por la cual su deficiencia en el cultivo del plátano aparece una sintomatología característica, similar a otras especies vegetales como los cítricos, en la cual aparece un engrosamiento marcado de las nervaduras secundarias al acumularse esta sustancia en ellas; síntesis de las paredes celulares apareciendo en las plantas deficientes en este elemento el llamado “cuello de ganso” y que consiste en un curvamiento pronunciado de la hoja bandera antes de que esta abra, estando lo anterior igualmente relacionado con otras dos funciones del boro como son la lignificación y la estructura de las paredes celulares; actividad del AIA resultado al igual que en la deficiencia de calcio, necrosis en los tejidos meristemáticos de los colinos.

Trabajos realizados en cultivos hidropónicos las plantas de plátano deficientes en boro aparecieron deficiencias de potasio y magnesio, e igualmente, las plantas deficientes en este elemento tuvieron el menor peso seco del sistema radicular. Lo anterior se debe a que las plantas deficientes en este elemento nutricional la elongación radicular cesa o se inhibe por el efecto del boro sobre la actividad del AIA oxidasa en las raíces. Por otro lado el boro es fundamental en el metabolismo del RNA y por lo tanto en la síntesis de proteínas lo cual influye en la capacidad de intercambio catiónico radicular.



Foto 7. Toxicidad de boro.

La diferencia entre deficiencia y toxicidad de este elemento en las plantas es mínima por lo que muchas veces al aplicar boro como fertilizante o para reducir la competencia catiónica se produzcan toxicidades y que consisten en una necrosis en el borde de las hojas más viejas. Por otro lado, aplicaciones de correctivos al suelo pueden inhibir la absorción de este elemento.

BIBLIOGRAFIA

Marshner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press. London. 674 p.

Martínez Garnica, A. 1994. Untersuchungen zur Wirkung mineralstoffernährung auf wachstum, entwicklung und fruchtproduktion der mehlsbanane (Musa AAB, Simmonds) in den feucht-warmen tropen ost-kolumbiens. Tesis Ph.D. Universität Hohenheim. Behr Fotodruck GmbH&Co. Stuttgart. Alemania. 113 p. www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/