

# EL AZUFRE EN LA NUTRICION DEL CULTIVO DE BANANO EN COSTA RICA\*

El azufre (S) es un elemento importante en la nutrición del cultivo del banano ya que, junto con nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), y magnesio (Mg), es uno de los elementos que la planta requiere en mayor cantidad.

La función más importante del S en las plantas es su participación en la estructura de las proteínas como parte integrante de los aminoácidos sulfurados, cistina, cisteína, y metionina. También su función está ligada con vitaminas sulfuradas como la biotina, la tiamina y el coenzimo A (Devlin, 1982).

Lahav y Turner (1992) consideran que anualmente se remueven alrededor de 23 kg de S/ha en una plantación con una productividad de 50 t/ha/año de fruta. Esta remoción puede conducir a deficiencias si no se repone el S extraído.

Este elemento ha venido tomando relevancia en los programas de fertilización en los últimos años. El S se presenta en contenidos por debajo del nivel considerado como adecuado en la mayoría de los análisis foliares de banano, realizados en el laboratorio de análisis de suelos y foliares de CORBANA para fincas bananeras de Costa Rica (datos sin publicar), manejadas con diferentes programas de fertilización.

Así mismo en observaciones de campo, es factible visualizar los síntomas característicos de la deficiencia del elemento, sobre todo en plantaciones nuevas, lo que da una idea de la magnitud del problema.

## EL S EN EL SUELO

El contenido de S en los suelos orgánicos puede llegar a ser hasta del 1%, mientras que en suelos inorgánicos este contenido fluctúa entre 0.02 y 0.2%. El S en suelos inorgánicos se presenta mayormente en forma de anión sulfato ( $\text{SO}_4^{=}$ ) (ión con carga negativa), de esta forma es

principalmente absorbido por las plantas. Los aniones como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$  son absorbidos por el suelo en un proceso conocido como intercambio aniónico (Fassbender, 1982).

Se ha encontrado que los suelos de origen volcánico (Andisoles) poseen la capacidad de absorber cantidades considerables de S. Esta capacidad aumenta al disminuir el pH del suelo. Se estima que la retención de S en estos suelos es por lo menos diez veces más fuerte que la retención de aniones  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$  (Bornemisza, 1990). Este tipo de suelos se puede encontrar con banano en Costa Rica en la zona bananera al oeste del río Reventazón (López y Solís, 1992).

Otro aspecto interesante de la disponibilidad de S es que las lluvias intensas arrastran cationes, los cuales son acompañados por aniones, siendo el sulfato un acompañante importante de estos cationes. Este fenómeno explica la rápida eliminación del S en regiones de alta precipitación (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988).

Por otro lado, en suelos ácidos el  $\text{SO}_4^{=}$  es absorbido a los cationes de la fracción sólida tanto como el hierro. Este mecanismo depende del pH de la solución del suelo, de la concentración del ión sulfato, de la temperatura, de los iones presentes, del tipo de material absorbente y del tiempo de contacto entre el suelo y el sulfato (Bornemisza, 1990).

## DEFICIENCIAS DE S EN EL CULTIVO DE BANANO

Los síntomas de deficiencia visual de S fueron descritos en 1965 por Charpantier y Martín-Prével. Luego en 1972, Marchal, Martín-Prével y Melín amplían esta descripción. Estos autores mencionan que los síntomas aparecen en las hojas jóvenes de la planta, las cuales se tornan de color blanco amarillento. Si la deficiencia es muy fuerte, aparecen parches necróticos en los márgenes de las hojas

\* López, A. 1994. Revista CORBANA 18 (40): 15-19.

y ocurre un ligero engrosamiento de las venas. Algunas veces cambia la morfología de la hoja y aparecen hojas sin lámina.

En las zonas bananeras de Costa Rica, como anteriormente se mencionó, es posible observar síntomas característicos de deficiencia en plantaciones nuevas, sobre todo en áreas con suelos de textura liviana.

Según observaciones visuales del autor, conforme avanza la edad de la planta, las deficiencias visuales suelen desaparecer debido a que las raíces de la planta tienen oportunidad de explorar horizontes superficiales más altos en S.

Existen diferentes datos sobre los niveles foliares de S en el cultivo de banano. Se considera que valores menores de 0.23 son deficientes, mientras que valores de 0.30 o más, son considerados adecuados (Marchal, Martín-Prével y Melin, 1972).

En los análisis foliares de banano realizados en el laboratorio de suelos y foliares de CORBANA hasta 1992 (datos sin publicar), se tienen valores promedio de 0.17% para la zona sur, 0.19% para la zona bananera al este del río Reventazón y 0.18% para la zona bananera al oeste del mismo río. Todos estos valores promedio son considerados como deficientes para una buena nutrición del cultivo.

#### **INTERACCION DEL S CON OTROS NUTRIMENTOS EN LA PLANTA**

El efecto del S en las plantas en general está influenciado por la ausencia o presencia de algunos otros nutrientes. La relación, o interacción más importante es la de N/S. La aplicación de ambos elementos tiene una acción sinérgica, esto es, la acción conjunta de los elementos resulta en un mejor aprovechamiento para la planta que la acción de los mismos por separado. Si, por el contrario, existe un exceso de alguno de los dos elementos con respecto al otro, se producirá un efecto negativo en la planta (Bornemisza, 1990).

La interacción P/S también tiene gran importancia en algunos cultivos. En este caso se tiene principalmente un antagonismo ya que un elemento desplaza al otro en el suelo. En suelos volcánicos, la aplicación de fósforo fomenta la lixiviación del sulfato (Bornemisza, 1990).

Hasta el momento es poco lo que se ha estudiado acerca de estas interacciones en el cultivo del banano. Por esta razón, se considera necesario realizar investigaciones en este campo.

#### **NECESIDADES DE S EN EL CULTIVO DEL BANANO**

Para conocer las necesidades de S en una plantación de banano, usualmente se determina el contenido de S en el tejido foliar y se toman decisiones con base en la concentración crítica del S en las hojas. También es posible realizar análisis de S del suelo, sin embargo, es más sencillo y confiable evaluar el estado nutricional midiendo el S en la planta (Bornemisza, 1990).

Un método sencillo para determinar fuertes deficiencias de S es la observación de los síntomas característicos de dicha deficiencia cuando se presentan en el campo.

Otra herramienta valiosa para conocer las necesidades de S del cultivo de banano es la investigación e información generada en todo el mundo.

En el trabajo realizado por Marchal, Martín-Prével y Melin (1972) en Camerún, se informa que la utilización de 2 aplicaciones sucesivas de 1.27 t/ha/año de flor de S (S elemental 100 a 90 % puro), para corregir la deficiencia de S, da muy buenos resultados. Estos autores sugieren la aplicación de por lo menos 50 kg de S/ha/año para cubrir las necesidades teóricas del cultivo que son de aproximadamente 23 kg de S/ha/año.

En las Islas Windward, (Lahav y Turner 1972) mencionan que es necesaria la aplicación de 127 kg de S/ha para el establecimiento del cultivo.

Arias (1984), en un trabajo realizado en la finca de la zona bananera al oeste del Río Reventazón en Costa Rica obtuvo una buena respuesta en la productividad del cultivo de banano, con 264 kg/ha/año de S; la fuente de S utilizada en este caso fue sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ).

En un ensayo realizado por CORBANA en la zona atlántica de Costa Rica con dosis crecientes de  $K_2SO_4$  (0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, y 900 kg de sulfato/ha/año) se encontró que dosis de 200 a 300 kg presentaron los mejores pesos de racimo. Aplicaciones hasta de 900 kg de sulfato no causaron detrimento estadísticamente significativo en la productividad. Asimismo, no se hallaron diferencias significativas en cuanto a los niveles de S foliar, los cuales fluctuaron entre 0,10 y 0,20% a través de los tres años del experimento. Las aplicaciones altas de S no disminuyeron los niveles de N foliar (Flores, 1991).

#### **FUENTES DE FERTILIZANTES AZUFRADOS**

Los materiales utilizados como fertilizantes azufrados se agrupan como solubles y poco solubles en agua. Dentro de

las fórmulas solubles se encuentran principalmente los sulfatos. Debido a que éstos son rápidamente disponibles se les recomienda cuando se presentan deficiencias fuertes de S. Este tipo de fertilizantes se lixivian fuertemente, especialmente en suelos livianos y en condiciones de alta precipitación (Instituto del Fósforo y la Potasa, 1988).

#### Fuentes de S soluble

- El sulfato de amonio ( $N = 21\%$ ,  $S = 24\%$ ): Es corrientemente utilizado en plantaciones nuevas de banano para suplir las necesidades de N y S. Debido al proceso de nitrificación del amonio, este fertilizante disminuye el pH del suelo.
- El sulfato de potasio ( $K_2O = 50\%$ ,  $S = 18\%$ ): Es una fuente muy buena de potasio aunque no es tan utilizado como la fuente tradicional de potasio (KCl) por razones económicas. No altera el pH del suelo.
- El sulfato doble de K y Mg ( $K_2O = 30\%$ ,  $MgO = 10\%$ ,  $S = 22\%$ ): suple altas cantidades de magnesio. No acidifica el suelo.
- Urea-S (Urea-sulfato de amonio) ( $N = 40\%$ ,  $MgO = 27\%$ ,  $S = 5\%$ ): es también una buena fuente de N y S aunque la cantidad que aporta de este último es muy limitada.

#### Fuentes de S poco soluble

- El superfosfato simple ( $P_2O_5 = 18\%$ ,  $CaO = 16\%$ ,  $S = 12\%$ ): se usa con buen éxito en suelos deficientes en P y S.
- Urea recubierta con S ( $N = 38\%$ ,  $S = 14\%$ ): consiste de urea recubierta con S elemental y se recomienda para disminuir las pérdidas de N. En un ensayo realizado por Jaramillo y Bazán (1976) en la zona atlántica de Costa Rica, se encontró que la productividad aumentó en un 18% cuando se utilizó este fertilizante en vez de urea corriente.
- Azufre elemental ( $S = 100$  a  $90\%$ ): es la forma más importante de S poco soluble. La oxidación de S elemental, realizada por bacterias, se ve favorecida por las altas temperaturas, la humedad del suelo adecuada, la aeración del suelo y el tamaño de la partícula del material. Debido a que en la oxidación del S se disminuye el pH del suelo, se recomienda usarlo racionalmente para evitar problemas de acidez en el cultivo. Por esta misma razón, este material es frecuentemente utilizado para disminuir el pH en suelos excesivamente alcalinos (Instituto del Fósforo y la Potasa, 1988).

- El sulfato de calcio (Yeso) ( $CaO = 32\%$ ,  $S = 18.6\%$ ): es un material que se usa como enmienda en suelos ácidos para neutralizar la acidez del suelo. No altera el pH del suelo.

Existe la creencia generalizada de que todos los fertilizantes azufrados acidifican el suelo. En este sentido es preciso aclarar que en realidad, de la lista anterior solo el S elemental causa acidificación del suelo. Aunque el sulfato de amonio también provoca acidificación del suelo, ésta se debe al efecto del amonio y no al sulfato.

#### USO DE FORMULAS COMPLETAS DE S EN COSTA RICA

En el cultivo de banano de Costa Rica se ha generalizado el uso de fórmulas completas, físicas o químicas, que contienen N, P, K, Ca, Mg, S y Cl. El uso de estas fórmulas permite suplir adecuadamente las necesidades del cultivo de cada nutrimento aplicado.

Si se aplicaran separadamente los nutrimentos, como se acostumbra en algunas zonas bananeras del mundo, la disponibilidad de los elementos sería obviamente menor, sobre todo en regiones tropicales lluviosas en donde existen grandes pérdidas por lixiviación. Naturalmente los contenidos de cada elemento varían con las necesidades de cada zona y finca en particular.

De acuerdo con la información generada hasta ahora se recomienda aplicar en kg/ha/año, dependiendo de las zonas bananeras de Costa Rica, las siguientes cantidades:

Normalmente se utilizan las cantidades recomendadas anteriormente, sin embargo, el uso de cantidades altas de potasio y magnesio en banano (sobre todo en la zona oeste) ha hecho que en la preparación de las fórmulas completas se usen niveles de S por encima de los 300 kg/ha/año. Un ejemplo típico es el uso de una fórmula física como la 15-3-27-5-6.5 S-15.7 Cl en la que, para suplir el 5% de Mg se utiliza sulfato doble de potasio y magnesio que a la vez suple potasio y azufre. Esta fórmula suple en kg/ha/año lo siguiente: N = 390;  $P_2O_5 = 78$ ;  $Ca_2O = 702$ ;  $MgO = 130$ ; S = 169; Cl = 408.

En esta fórmula el N se formula con urea, el P con fosfato diamónico, el K con cloruro de potasio, además del que suple el sulfato doble de K y Mg. No existen muchas alternativas para suplir el Mg que se requieren con otras fuentes que no sean el sulfato de magnesio y el sulfato doble de potasio y magnesio. Una alternativa podría ser el óxido de Mg pero es un material muy insoluble cuyo uso en el banano requiere ser investigado. Otra alternativa es

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización para banano en Costa Rica.

Elemento	-----Zona-----		
	Este	Oeste	Sur
N	350-400	350-400	350-400
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0-50	50-100	0-50
K <sub>2</sub> O	600-700	600-700	600-700
MgO	0-50	50-200	50-200
CaO	0	560-1120	0
S	67-100	67-100	67-100

el nitrato de magnesio pero es un material de muy alto precio.

En una fórmula como ésta aunque se apliquen cantidades relativamente altas de S, la relación N/S es de 2, 3 la cual se considera adecuada si tomamos en cuenta que, en un fertilizante como el sulfato de amonio, esta relación es de 0,89 y aunque se considera baja, no parece estar ocasionando problemas aún en las plantas jóvenes de plantaciones nuevas.

Un elemento acompañante que se ha aplicado en cantidades mucho más altas que el S es el Cl que se adiciona al aplicar KCl (60 % de K<sub>2</sub>O y 47% de Cl) como fuente de K. El agravante en este caso es que el Cl es un elemento que se necesita en muy bajas cantidades en la planta y podría reducir la productividad al aplicarse en altas cantidades. Una fórmula que utilice solo KCl como fuente de K podría adicionar entre 500 y 600 kg de Cl/ha/año. En un experimento de CORBANA donde se está comparando el uso de nitrato de potasio contra cloruro de potasio, se encontró que las hojas de las plantas donde se usa cloruro de potasio presenta niveles de hasta 1% de cloro foliar (datos no publicados), siendo el contenido normal en banano de 0.6% (Lahav y Turner, 1992). A pesar de esta información, no se puede concluir tajantemente que el Cl esté causando disminución en la productividad de las fincas pues, al igual que el sulfato, el Cl es un anión muy propenso a lixiviarse.

Para tratar de obviar posibles problemas secundarios en la aplicación de estas materias primas, la estrategia que se ha recomendado es aplicar cantidades equivalentes de ambas fuentes de K.

## COMENTARIO FINAL

De acuerdo con la información hasta ahora conocida en Costa Rica y con el fin de tener una óptima nutrición del cultivo, debe considerarse seriamente la aplicación de S dentro de los programas de las fincas bananeras en las diferentes zonas del país. Esto es válido sobre todo en el caso de plantaciones nuevas en las cuales la deficiencia de elementos suele ser común.

Las dosis por utilizar pueden variar de una finca a otra, sin embargo, se considera suficiente la aplicación de 67 a 100 kg de S/ha/año. La aplicación de cantidades mayores a ésta, necesariamente utilizadas ya que el S es un elemento acompañante del magnesio, el cual se requiere en altas cantidades en algunas fincas, no ha dado hasta ahora problemas en la productividad.

De todas formas, el por qué el S aplicado en dosificaciones relativamente altas no sea perjudicial para el cultivo se puede asociar por un lado a que, bajo nuestras condiciones pluviales, las pérdidas por infiltración de sulfatos son muy altas, sobre todo en suelos de textura gruesa. Precisamente esta es la razón por la que se presentan deficiencias visuales de S en plantaciones nuevas. Bajo tales condiciones los fertilizantes que contienen S deben ser aplicados con mayor frecuencia que en los suelos de textura fina y de escasas lluvias.

Otra razón por la que el S no se encuentra fácilmente disponible para la planta es por la fijación del mismo en Andisoles. La utilización de estos suelos para el cultivo del banano se realiza básicamente al oeste del Río Reventazón. Como se mencionó anteriormente, se estima que la adsorción de sulfato en Andisoles puede ser diez veces mayor que en el caso de nitrato y cloro.

Cabe mencionar que la deficiencia visual de azufre en plantaciones nuevas suele desaparecer conforme las raíces de la planta exploran horizontes más profundos con niveles más altos de azufre. Lo anterior no excluye el que la carencia permanezca oculta en plantas adultas en las que solo puede ser detectada con análisis foliares.

Por último, se recomienda realizar estudios que permitan afinar con más detalle el manejo de la fertilización con S en las diferentes zonas y tipos de suelos dedicados al cultivo del banano en Costa Rica.

## BIBLIOGRAFIA

Arias H. 1984. Respuesta del banano (*Musa AAA*), subgrupo Cavendish Gran Enano a dosis crecientes de sulfato de potasio en suelo Oxíc Dystropepts de Río

- 
- Jiménez, Provincia de Limón. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de CR., Fac. de Agronomía 89 p.
- Bornemisza, E. 1990. Problemas del S en suelos y cultivos de Mesoamérica. San José, C.R. Universidad de CR. 104 p.
- Devlin, R.M. 1982. Fisiología vegetal 4 ed. Barcelona, España Omega, S.A. 516 p.
- Fassbender, H.W. 1982. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, C.R., IICA. 422 p.
- Flores, C. 1991. Respuesta del cultivo del banano (Musa AAA) subgrupo Cavendish clon Valery a la fertilización con sulfatos ( $\text{SO}_4^{=}$ ). In informe anual 1991. Costa Rica, CORBANA, Depto. Inve. y Diver. Agr. p.41-44.
- Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1988. Manual de fertilidad de suelos. Atlanta, EEUU. 85 p.
- Jaramillo, R., Bazán, R. 1976. Efecto de urea-azufre en la producción de banano "Giant Cavendish" en Guápiles, Turrialba (CR) 26(1):90-94.
- Lahav, E., Turner, D.W. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos, 2 ed. Quito, Ecuador, Instituto de la potasa y el fósforo. Boletín No.7. 71p.
- López, A., Solís, P. 1992. Contenidos e interacciones de los nutrimentos en tres zonas bananeras de Costa Rica. CORBANA (CR) 15(36):25-32.
- Marchal, J., Martin-Prével, P., Melin, P. 1972. Le soufre et le bananier. Fruits (Francia) 27(3):167-177.