INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 25 ● OCTUBRE 1996

NECESIDAD DE POTASIO EN CAÑA DE AZUCAR DETERMINADA POR EXPERIMENTOS A LARGO PLAZO

L. S. Chapman*

Introducción

El Buró de Estaciones Experimentales del Azúcar en Australia conduce investigación de campo y además entrega asistencia técnica a los productores de caña. La actual recomendación de fertilización con potasio (K) se basa en la calibración del análisis de K intercambiable y del K extraído con ácido nítrico, con las respuestas en rendimiento de la caña a la aplicación de K. Según esto, la dosis de K para caña planta, sembrada después de un periodo de 6 meses de descanso, es de 100 kg/ha de K. Las socas y las siembras sin un periodo de descanso reciben 120 kg/ha de K.

Un experimento de largo plazo para estudiar el comportamiento del K se condujo en la Estación Experimental Mackay desde 1967. El objetivo de esta investigación fue el de monitorizar los efectos de la fertilización con K en el rendimiento de la caña y en el contenido de K en el suelo.

Procedimiento experimental

El sitio del experimento se caracteriza por tener un suelo franco arcillo arenoso cuya fracción coloidal está dominada por dos tipos de arcilla: caolinita e illita. Cada año se aplicaron en banda dosis de 0 a 196 kg/ha de K mezclados con el nitrógeno (N) y el fósforo (P) necesarios. Solamente los resultados de la parcela testigo y de la parcela que recibió 112 kg/ha de K se reportan en este artículo, porque este último tratamiento dio la mejor respuesta óptima económica.

Se cosecharon tres ciclos de cultivo constituidos por caña planta y 4 o 5 socas más un cuarto ciclo de caña planta y 2 socas. Los rendimientos se midieron pesando la caña cosechada mecánicamente en áreas de 10 m de largo en las 3 hileras centrales de las 5 hileras de la parcela.

Se tomaron 10 muestras de suelo por parcela a una profundidad de 25 cm antes de la aplicación del fertilizante o después de cada cosecha. Las muestras se tomaron entre las hileras, evitando de esta forma las bandas de fertilizante de la fertilización previa. Las muestras fueron secadas a 30°C, molidas para pasar un tamiz de menos de 2 mm y finalmente analizadas por K intercambiable en una solución 0.02 M de HCl, y por K extraíble con ácido nítrico usando una solución en ebullición de HNO_3 1 M. El K disponible que no se encuentra en la fase de intercambio (KDNFI), se calculó restando el K intercambiable

CONTENIDO

	Página
● Necesidad de potasio en Caña de Azúcar determinada por experimentos a largo plazo	1
● La nutrición foliar	4
● Importancia del Boro en la fertilización del algodonero	10
● El fósforo del DAP se mueve más que el del SFT	12
● El potasio en la nutrición del animal	13
● Reporte de Investigación Reciente	15
● Publicaciones de INPOFOS	16

Editado por: Dr. José Espinosa

* Chapman, L. S. 1995. Long term trials show sugarcane needs potassium. Better Crops 79: 28-30.

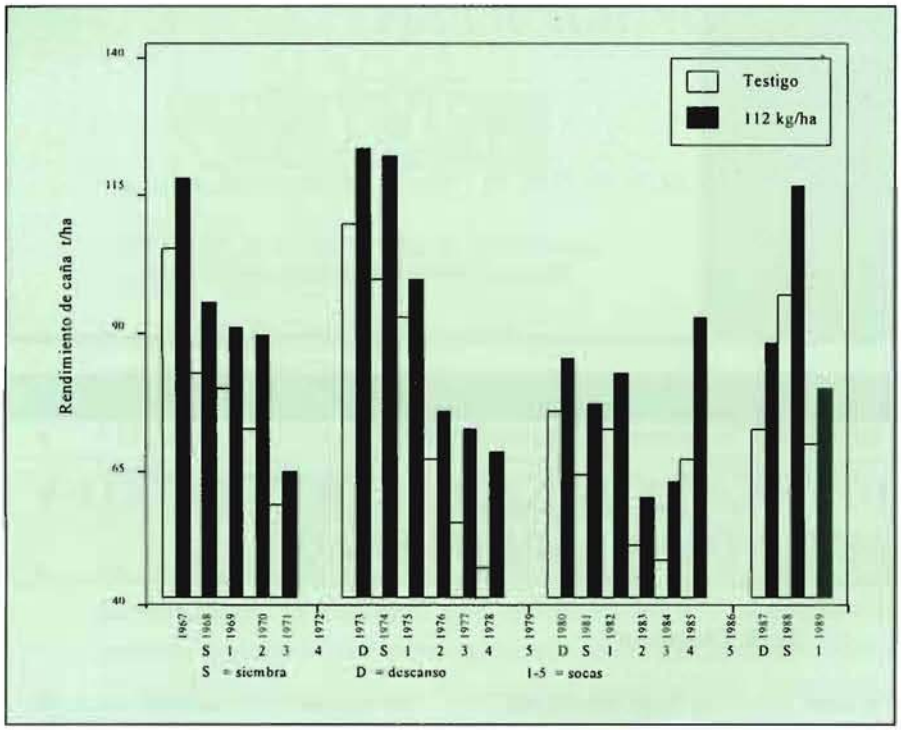


Figura 1. Efecto de la aplicación de K en el rendimiento de caña en un período de 4 ciclos con 20 cosechas.

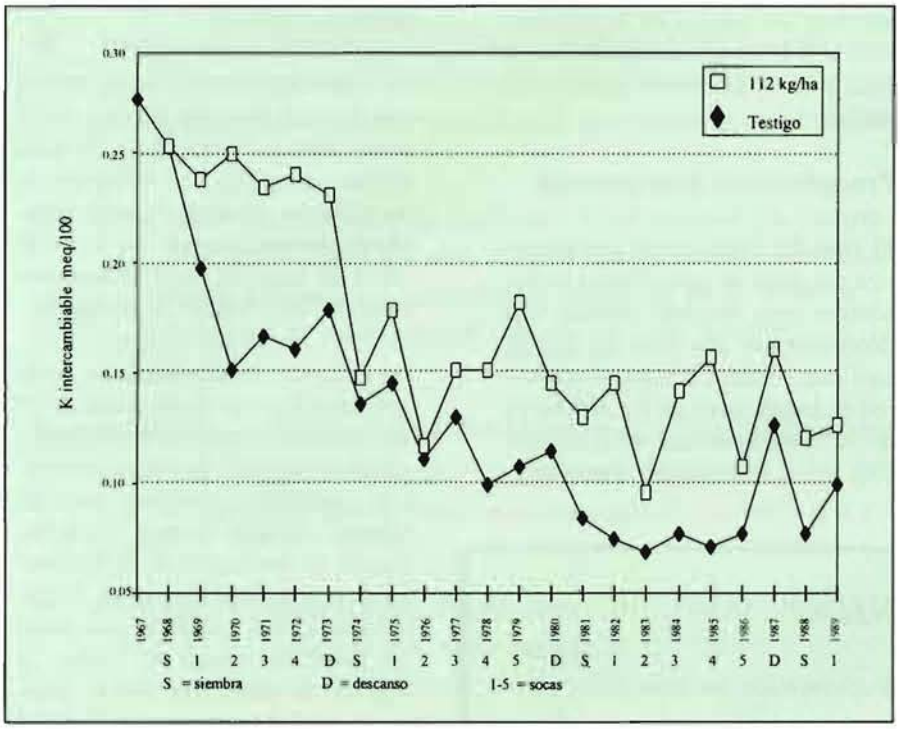


Figura 2. Efecto de la aplicación de fertilizante potásico en el K intercambiable en un período de 4 ciclos de 20 cosechas de caña.

del K extraído con ácido nítrico. En 1989, las muestras de suelo fueron analizadas por Ca y Mg en una solución 0.02 M de HCl y por pH en un extracto 1:5 suelo agua. En 1982, se midió el K removido por el cultivo en muestras de caña tomadas de cada parcela y analizadas por K.

Se corrió un análisis de variancia de los datos de rendimiento. Los datos de los contenidos de K intercambiable, K en ácido nítrico y KDNFI fueron analizados por covariancia usando como variable los datos de los contenidos de estas formas de K obtenidos antes de la siembra de 1967.

Resultados y discusión

Los rendimientos promedio de las parcelas testigo, en los cuatro ciclos, fueron 77, 76, 61 y 78 t/ha de caña. El bajo rendimiento del tercer ciclo estuvo asociado con bajas precipitaciones (Figura 3).

Los rendimientos se incrementaron significativamente en cada año como consecuencia de la aplicación de K. En la Figura 1 se observa la diferencia entre el testigo sin K y el tratamiento con 112 kg/ha de K en los cuatro ciclos estudiados. La media del incremento en rendimiento debido a la aplicación de K, en cada uno de los tres primeros ciclos, fue de 12, 15 y 13 t/ha/año, respectivamente. Las respuestas relativas más altas, expresadas como porcentaje de rendimiento, se presentaron en la cuarta y quinta socas del segundo y tercer ciclo de cultivos. En la mayoría de los casos los rendimientos de las socas se redujeron progresivamente, las excepciones debidas a mejores condiciones de clima.

Los niveles de K intercambiable en el suelo se redujeron progresivamente, tanto en la parcelas donde se aplicaron 112 kg/ha de K como en la parcelas testigo (Figura 2). La variación de año a año en los niveles de K intercambiable no se correlaciona con los niveles de lluvia recibidos en ese año por el cultivo (Figuras 2 y 3). Después de cada período de descanso, de aproximadamente 6 meses, existió un pequeño incremento en K intercambiable en comparación con el nivel de K intercambiable presente en el año anterior. Esto se atribuyó a la continua mineralización de K en el suelo y a la falta de absorción por parte de las plantas, ya que los barbechos se mantienen generalmente sin malezas. Una mezcla mecánica de las bandas enriquecidas con K durante la labranza del suelo pudo haber

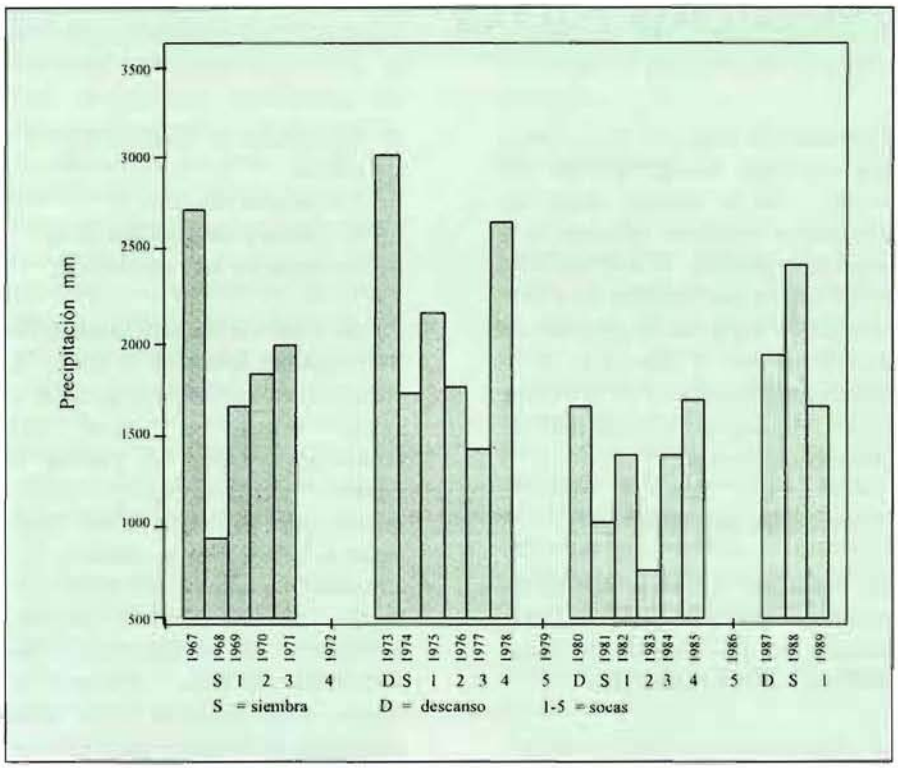


Figura 3. Datos de precipitación durante 4 ciclos de 20 cosechas de caña.

contribuido también al incremento, pero no se midió este efecto.

El nivel de K extraído con ácido nítrico al inicio del experimento fue de 1.57 meq/100 g de suelo, un indicador de reservas altas de K en el suelo, típico de los suelos con arcillas illiticas. Los niveles de KDNFI fueron también altos, pero no se observó una tendencia al incremento como resultado de la fertilización, excepto en 1987 al inicio del cuarto ciclo. En las parcelas testigo existió una reducción lineal de los niveles de KDNFI y de K intercambiable de 0.0058 y 0.0072 meq/100 g por año, respectivamente. Esto representa una pérdida total de 18 kg/ha/año de K en la capa arable, mucho menos de los 69 kg/ha de K removidos por el cultivo en 1982 en las parcelas testigo. En comparación, las parcelas fertilizadas con 112 kg/ha de K perdieron 148 kg/ha de K por remoción en el cultivo, lo cual es considerablemente más alto.

Obviamente, el K total removido por el cultivo no puede ser estimado directamente de los datos de análisis de suelo. Este hecho refuerza el concepto de que existe equilibrio entre el K intercambiable, y el K retenido en los látices de las arcillas. De acuerdo con esto, a medida que el K es utilizado por el cultivo, una considerable cantidad de K debe liberarse de los látices de las arcillas para ser utilizado por la planta.

Los datos del análisis de suelo de 1989 indican que existe, en las parcelas fertilizadas con K, una tendencia no significativa a presentar contenidos más altos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables, en comparación con las parcelas testigo. Los niveles de Ca intercambiable fueron 2.41 y 2.96 meq/100 g de suelo, y los niveles de Mg intercambiable fueron 0.66 y 0.80 meq/100 g de suelo para las parcelas testigo y las parcelas con 112 kg/ha de K, respectivamente. Estos datos sugieren que puede ser posible que la planta de caña substituya otros cationes por K, cuando existe bajo contenido de este último. Al parecer, los sitios de intercambio fueron ocupados por iones hidrógeno (H) a medida que el Ca y el Mg fueron absorbidos por la planta, ya que las parcelas que recibieron 112 kg/ha de K tenían un pH de 5.13, significativamente más alto que el pH de las parcelas testigo que fue 4.90.

Conclusiones

Las principales conclusiones que se establecieron con los datos obtenidos en este experimento son las siguientes:

- Los rendimientos de caña de las parcelas no fertilizadas con K declinaron a medida que avanzaron las socas. Los rendimientos más bajos en el tercer ciclo se deben principalmente a lluvias más bajas.
- Los promedios de respuesta en rendimiento a la aplicación de K fueron constantes y significativos de ciclo a ciclo.
- Se obtuvieron respuestas cada año, con rendimientos proporcionalmente más altos en la cuarta y quinta socas del segundo y tercer ciclos.
- El K intercambiable se redujo gradualmente en las parcelas fertilizadas, sin embargo, la reducción fue más grande en las parcelas testigo, particularmente en el primer ciclo.
- Los niveles de KDNFI en las parcelas testigo también se reducen, pero a una tasa modesta si se considera la cantidad de K removida en cada cosecha.
- Las parcelas fertilizadas fueron menos ácidas que las parcelas testigo en 1989.

Comentarios finales

Los resultados obtenidos en este experimento a largo plazo indican que es necesario aplicar K para obtener máximo rendimiento, aun en tipos de suelos que tienen altas reservas de K. En este tipo de suelo no preocupa la reducción en los niveles de K intercambiable en las parcelas fertilizadas, debido a que los rendimientos aparecen estables entre los ciclos de cultivo. Aplicaciones de mayores cantidades de K no parecen apropiadas.

LA NUTRICION FOLIAR

Introducción

En cualquier condición en la cual se desarrolle, la planta absorbe los nutrientes de la solución del suelo a través de su sistema radicular. La raíz es entonces el órgano responsable de la absorción salina y del agua. Sin embargo, 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, 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.

Mecanismos de la nutrición 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 vía foliar.

Sin embargo, los estomas no son la única posibilidad de absorción de nutrientes a través del follaje. 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 tienen lugar en tres etapas. En la primera etapa, las substancias nutritivas aplicadas a la superficie penetran la cutícula y la pared celular por difusión libre. En la segunda etapa, las substancias son absorbidas por la superficie de la membrana plasmática y en la tercera, pasan al citoplasma mediante un proceso metabólico.

Velocidad de absorción

La velocidad de absorción de los nutrientes por vía foliar es muy variable ya que depende de varios factores. Los principales son:

a) Nutriente o nutrientes involucrados
b) Especie cultivada
c) Ion acompañante
d) Condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa, incidencia de lluvia, etc.
e) 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 el 50% 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) se destaca porque su 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 substancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando las siguientes vías :

a) La corriente de transpiración vía xilema
b) Las paredes celulares
c) El floema y otras células vivas
d) Los espacios intercelulares

La principal vía de translocación de 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 substancias orgánicas resultantes de la fotosíntesis.

La velocidad del proceso de translocación varía de un nutriente a otro. El N y potasio (K) se consideran como altamente móviles, mientras 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 fertilización 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. 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, 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 es limitado, la alimentación radicular de la planta sufre trastornos severos y compromete drásticamente el desarrollo vegetal. Bajo condiciones de sequía transitoria, la vía radicular estará limitada para la absorción de nutrientes y será necesario utilizar temporalmente 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 substancias 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 promueve 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 aplicación de otros productos al suelo

La aplicación de ciertos productos al suelo, sean herbicidas, insecticidas, fungicidas o nematicidas, puede generar efectos inhibitorios de la actividad microbiana del suelo, lo cual produce un bloqueo transitorio de la mineralización de nutrientes como el N, P, K y azufre (S).

Mientras se prolonga el efecto inhibitorio, la absorción de N, P, K y S por vía radicular puede disminuir significativamente y afectar el desarrollo normal del cultivo, en particular cuando se encuentra en su primeros estados de desarrollo. La aplicación de nutrientes vía foliar, en particular las aspersiones con nitrogenados, permite 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 de follaje en cultivos como papa, hortalizas, pastos, etc. En este caso, la aplicación de fertilizantes nitrogenados y vía foliar permite restaurar rápidamente el área foliar afectada. Además, se ha encontrado que las aplicaciones foliares de K, administradas con criterio preventivo, pueden atenuar los daños causados por las heladas.

Se entiende que cualquier situación emergente es transitoria. En ningún caso se podrá esperar que la fertilización foliar, por sí sola, constituya la solución para controlar los efectos adversos causados por la sequía, encharcamiento, etc. El alcance de esta práctica no puede ir más allá que atenuar los efectos adversos de la condición emergente, al igual que el papel que juega el suero en el sostenimiento del enfermo, se utiliza hasta cuando 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. Estos a su vez interactúan con otros factores relacionados con el medio ambiente y con los factores relacionados con uso y manejo del suelo. Cuando esta intrincada interacción de procesos y factores se altera, el suministro de nutrientes por vía radicular se reduce o bloquea. 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 condiciones adversas afectan drásticamente la productividad agrícola. Los efectos adversos de la salinidad y exceso de sodio (Na) en el desarrollo vegetal se relacionan con los siguientes procesos:

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. En la práctica, esto aumenta los niveles de retención de agua en el suelo y, en

consecuencia, genera una reducción importante en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos.

Por otra parte, el exceso de 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^+. En esta condición, el efecto de la fertilización al suelo puede restringirse y la fertilización foliar puede ser una alternativa significativa desde el punto de vista agronómico y económico.

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 cambiable del suelo debe mantener la siguiente secuencia considerada normal : Ca> Mg> K> Na. Cualquier alteración en esta secuencia puede afectar seriamente la absorción radicular de uno u otro nutriente. 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. Los excesos de uno u otro nutriente pueden causar, dependiendo de las circuntancias, bloqueos importantes en la absorción de otro u otros, así :

a) Bloqueo del K^+ por exceso de Ca^{++} y/o Mg^{++}
b) Bloqueo del K^+, Ca^{++} y Mg^{++} por exceso de Na^+
c) Bloqueo del Mg^{++} por exceso de K^+
d) Bloqueo del Ca^{++}, Mg^{++} y K^+ por exceso de NH_4^+
e) Bloqueo del Ca^{++} por exceso de Mg^{++} o viceversa
f) Bloqueo del Ca^{++}, Mg^{++} y K^+ por exceso de Al^{+++}

Cuando se presenta en el suelo una de estas condiciones, la eficiencia de la aplicación de fertilizantes se reduce o, en ciertos casos, puede aún acentuar el problema. Hasta cuando no se supere la situación, la fertilización vía foliar puede constituir una alternativa efectiva para suplementar al cultivo los nutrientes afectados.

Desarrollo radicular limitado

Una adecuada alimentación vía radicular exige, como es obvio, un buen crecimiento de la raíz. Desafortunadamente, con frecuencia se presentan en el suelo condiciones físicas o químicas que limitan el desarrollo radicular, afectando la absorción de nutrientes. Algunas de estas situaciones se describen a continuación:

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

b) Compactación. El impedimento físico motivado por la compactación del suelo provoca una reducción en el crecimiento del sistema radicular. Esta situación adversa se origina por el uso inadecuado de los implementos de labranza, o por el uso reiterado de maquinaria pesada. Una de las consecuencias del la compactación es la pérdida de efectividad de la fertilización radicular.

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 es una barrera que impide 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 tienen un sistema radicular precario y durante cierto lapso la masa radicular disponible para la absorción de nutrientes es limitada.

Todos los casos arriba descritos reducen la efectividad agronómica de la fertilización al suelo, cobrando entonces transcendencia la fertilización complementaria por vía foliar.

Limitaciones que reducen la eficiencia de la fertilización radicular

Una vez aplicados los fertilizantes al suelo, éstos sufren reacciones de transformación o procesos de movilización que reducen la eficiencia de la aplicación al quedar los nutrientes fuera del alcance absorbente del sistema radicular. Los más importantes son:

Lixiviación

Los iones nutritivos pueden ser arrastrados por las aguas de drenaje que percolan a través del suelo. Este proceso se denomina lixiviación. El N es el elemento que está más sujeto a este proceso, en particular cuando el N se encuentra en forma de nitrato (NO_3^-), que es un ion débilmente retenido en el suelo y, por tanto, altamente móvil.

El K, aunque en menor proporción que el N, también puede perderse por lixiviación, particularmente en suelos de textura gruesa. El P, en cambio, es un elemento poco móvil y, por ello, sus pérdidas por lixiviación son mínimas.

Otros elementos sujetos a pérdidas importantes por efecto de la lixiviación son el azufre (S), Ca y Mg. Sin embargo, la magnitud de las pérdidas son muy variables y dependen de un número de factores, siendo los principales los siguientes:

a) Frecuencia e intensidad de lluvias
b) Textura del suelo
c) Contenido de materia orgánica
d) Tipo de coloide arcilloso

e) Uso y manejo del suelo
f) Tipo de fertilizante utilizado.

Fijación

La fijación o retención de nutrientes en el suelo está gobernada por una serie de procesos de transformación físico-químico que sufren ciertos nutrientes una vez aplicados al suelo. Como resultado los nutrientes inicialmente solubles y disponibles para las plantas evolucionan hacia estados químicos que los hacen insolubles y no aprovechables.

El elemento más afectado por procesos de fijación es el P. Se ha estimado que la fijación es responsable de la pérdida de entre 70 y 95% del P aplicado en los fertilizantes. En menor proporción, el N y el K pueden también ser "atrapados" o fijados por arcillas expandibles de ciertos suelos. Aunque no hay estudios específicos, se prevee que en suelos tropicales este proceso puede ser responsable de pérdidas importantes de fertilizante nitrogenado o potásico.

La magnitud de las pérdidas por fijación dependen de factores diversos. En el caso del P influyen los siguientes:

a) pH del suelo
b) Contenido de óxidos de Fe y Al
c) Tipo de arcilla
d) Contenido de materia orgánica
e) Contenido de arcillas amorfas
f) Tipo de fertilizante fosfórico
g) Forma y época de aplicación del fertilizante.

Los factores que controlan la fijación de N y K son:

a) Tipo de coloide arcilloso
b) Contenido de arcilla
c) Incidencia de ciclos secos y lluviosos

Pérdidas en forma de gas

La fertilización nitrogenada puede ser afectada severamente por pérdidas de N en forma de gas. Los procesos involucrados son la volatilización y la denitrificación.

La volatilización es la transformación de amonio (NH_4^+) en amoniaco (NH_3), que es un gas que se desprende fácilmente del suelo. Se ha encontrado que este proceso afecta severamente a la urea, debido a que su primera reacción es alcalina y fomenta la producción de NH_3. Esto es particularmente cierto cuando se hacen aplicaciones superficiales de urea en zonas de clima cálido. En arrozales inundados, las pérdidas de N por volatilización pueden ser tan altas como del 50% del N aplicado. Los factores que influyen en la magnitud de la volatilización son:

a) Tipo de fertilizante nitrogenado
b) Sistema de aplicación
c) Temperatura ambiente
d) pH del suelo
e) Capacidad de intercambio catiónico.

La denitrificación ocurre cuando el fertilizante nitrogenado, en especial el fertilizante nítrico, es aplicado en suelos encharcados, mal drenados o inundados. En este caso el NO_3^- evoluciona hacia estados gaseosos (NO, N_2O, N_2) que se pierden fácilmente a la atmósfera. En condiciones favorables al proceso, se ha llegado a determinar pérdidas hasta del 30% del N aplicado como fertilizante.

Inmovilización

La actividad de los microorganismos del suelo genera, bajo determinadas circunstancias, pérdidas significativas de nutrientes aplicados al suelo. Los microorganismos del suelo utilizan nutrientes para sus funciones metabólicas, compitiendo de esta forma por nutrientes con las especies vegetales. Bajo condiciones específicas, la magnitud de la utilización de nutrientes por la población microbiana puede restar cantidades importantes de nutrientes aplicados en el abonamiento al suelo. Los nutrientes más afectados son N, P y S.

Eficiencia de la fertilización en la agricultura tropical

Se define como eficiencia de la fertilización a la proporción de nutrientes efectivamente utilizados por el cultivo en relación con la cantidad aplicada. En la agricultura tropical, los niveles de eficiencia se ubican en rangos relativamente bajos, debido a la incidencia de los factores de pérdida previamente descritos.

Se estima que la eficiencia de la fertilización nitrogenada oscila entre el 20 y 70%, pero el promedio no es superior al 50%, lo que equivale a decir que en la agricultura tropical tan sólo la mitad de fertilizante nitrogenado aplicado al suelo es utilizado por los cultivos. Esto significa cuantiosas pérdidas de orden económico para el agricultor.

En el caso de la fertilización fosfórica la situación es aún más grave. Se estima que en promedio, la eficiencia está en un rango del 5 al 30% con un promedio de 10%. De acuerdo con esto, de cada 100 kg de fosfato aplicados al suelo, las pérdidas promedio son del orden de 90 kg.

En suelos tropicales, la eficiencia del K aplicado como fertilizante está entre el 20 y 60%, con un promedio del 40%. La mayor parte del K aplicado se pierde por lixiviación.

En circunstancias en las cuales existe una muy baja eficacia en la fertilización convencional por vía radicular, la nutrición vía foliar puede contribuir a mantener niveles óptimos de suministro de nutrientes en los cultivos.

Suministro rápido de nutrientes en épocas críticas

La demanda de nutrientes por parte de las especies vegetales cultivadas no es uniforme, sino que más bien varía con los estados fisiológicos a lo largo de su ciclo productivo.

La demanda de N es alta y constante, pero se requiere en particular durante los estados de alta tasa de crecimiento, floración y fructificación. En cereales, como en el caso de arroz, los niveles de mayor

demanda de N toman lugar durante el macollamiento, iniciación de la panícula y el llenado de grano.

El P es requerido en estados tempranos del ciclo vegetativo como nutriente clave para el desarrollo radicular. Los estados de tuberización e iniciación de la floración son considerados también como puntos críticos en cuanto al suministro de P. Sin embargo, desde el punto de vista fisiológico, se considera que este elemento debe estar disponible en los primeros estados de desarrollo del cultivo, que es la etapa donde se produce la diferenciación de las estructuras productivas.

El K es requerido intensamente durante los estados fisiológicos de producción, es decir durante tuberización y llenado de tubérculo, iniciación de la floración y llenado de grano, así como en cuajado y llenado de fruto. El K es esencial para la síntesis de carbohidratos, pero además influye en la translocación y acumulación de azúcares y almidones.

Es en estas épocas críticas donde una aplicación foliar complementaria, especialmente de N y K, puede influir apreciablemente en la obtención de granos más densos y frutos más grandes, aumentando así el rendimiento total.

Particularmente eficaz para aplicación de microelementos

Se puede afirmar que no existe duda de la eficiencia agronómica de la aplicación de elementos menores por vía foliar. Como se sabe, los requerimientos de microelementos por parte de los cultivos son pequeños. Esta circunstancia hace posible el suministro de estos nutrientes en soluciones de muy baja concentración, que son las toleradas por la planta y no acusan efectos filotóxicos.

Por otra parte, la fertilización radicular con microelementos es muchas veces inconveniente desde el punto de vista de manejo. Las dosis de aplicación son muy bajas con las dificultades obvias para su distribución homogénea en el lote. Por el contrario, la aplicación por vía foliar resulta práctica, sencilla y eficiente.

Alternativa viable como fertilización preventiva

Se ha planteado, como justificación básica del uso de fertilizantes foliares completos, la idea de que en un cultivo de alta productividad debe eliminarse la posibilidad de que el rendimiento final pueda resultar limitado por un factor de orden nutricional.

Con esto en mente, se considera la aplicación de todos los nutrientes por vía foliar, en estados tempranos del ciclo vegetativo (15 a 45 días de la germinación), como una fertilización de tipo preventivo. Se señala además, que esta modalidad de abonamiento contribuye a la alimentación inicial de la planta, lo que impulsa el desarrollo rápido del sistema radicular, el cual a su vez podrá aportar más rápido con nutrientes al crecimiento del cultivo.

En cultivos anuales o de ciclo corto, la aplicación foliar debe efectuarse temprano en el ciclo. Esto se debe a que entre los primeros 40 a 60 días después de la germinación, dependiendo de especie y variedad, ocurre la formación o diferenciación de las células que darán origen posteriormente a flores y frutos.

Limitaciones de la fertilización foliar

Existe ciertos factores que limitan la aplicación foliar del nutriente. Entre los principales se pueden señalar los siguientes:

Riesgo de fitotoxicidad

Las especies vegetales cultivadas son sensibles a la aspersión de soluciones nutritivas concentradas. En general, las plantas toleran niveles bajos de concentración y están expuestas a daños por "quemazón" del follaje cuando la solución utilizada excede de ciertos valores limites.

Dosis limitadas en macro-elementos

El riesgo de fitotoxidad, junto al hecho de que no es factible preparar soluciones nutritivas de alta concentración, determina que las dosis de aplicación sean muy bajas en relación con los requerimientos de elementos mayores. Por esta razón, se indica nuevamente que en el caso de los macronutrientes la fertilización foliar nunca sustituye a la fertilización al suelo.

Requiere de buen desarrollo de follaje

Como es obvio, la eficiencia de la nutrición foliar resulta de la interacción entre el follaje y la solución nutritiva. En consecuencia, la efectividad de la absorción de nutrientes por esa vía será directamente proporcional al área foliar disponible. En estados tempranos del desarrollo del cultivo, cuando es importante el suministro de nutrientes, el desarrollo foliar es aún muy limitado y por consiguiente se espera que el abonamiento foliar no sea muy efectivo.

Lenta absorción

Se indicó anteriormente que la mayoría de nutrientes penetran en la hoja en forma lenta. Con excepción del N, elemento que puede ser absorbido en horas, los demás nutrientes requieren de días para conseguir una penetración significativa.

Pérdidas considerables en la aspersión

Debido a la lentitud con la que penetran los nutrientes, estos pueden ser lavados del follaje por la lluvia, el viento o por la simple acción de la gravedad. En aplicaciones tempranas, cuando hay poco follaje disponible, se estima que tan sólo del 10% al 30% de la solución aplicada es interceptada por el follaje, el resto

cae al suelo. Para disminuir estas pérdidas es muy importante la utilización de aditivos que permitan mejorar el cubrimiento de la superficie foliar con la solución y que permitan conseguir una buena adherencia y mejor penetración.

Productos costosos

Para aplicaciones foliares se requiere generalmente sales puras, para conseguir una solución clara sin impurezas o inertes que taponen las boquillas en la aspersión. Estas sales son más costosas que los fertilizantes convencionales.

Factores que determinan la eficacia de la fertilización foliar

Numerosos son los factores que determinan la eficacia agronómica en la fertilización foliar. Se puede afirmar que en el caso de la fertilización radicular, las probabilidades de éxito son muy altas. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el abonamiento foliar, ya que su efecto positivo en la producción es altamente aleatorio, en particular para el caso de la aplicación de elementos mayores. Los factores involucrados en la eficiencia de la fertilización foliar deben ser conocidos y controlados para asegurar efectos agronómicos favorables. Algunos de éstos son:

Factores de la planta

Entre los factores inherentes a la planta destacan aquellos que influyen en la penetración de los nutrientes al follaje, tales como grosor y permabilidad de la cutícula. También influye el número y distribución de los estomas, vellosidad o pubescencia de la superficie foliar, ángulo de inserción de las hojas, edad, turgencia y humedad de las hojas. La mayoría de estos factores son controlados genéticamente y, por consiguiente, dependen de la especie o variedad de la planta.

Otros factores asociados con la planta tienen que ver con su nivel nutricional y con el estado de crecimiento en el cual se efectúa la aplicación. Con respecto a este último factor, en general se acepta que las aplicaciones de P, S, Fe, Cu, Mn y Zn deben efectuarse en estados tempranos. La aplicaciones de N, K, B, Ca y Mg son de mayor trascendencia durante los estados de floración y fructificación.

Factores ambientales

Este es un grupo de factores relativamente amplio que incluye los siguientes:

a) Temperatura
b) Luminosidad y fotoperíodo
c) Humedad
d) Sequía
e) Hora del día
f) Succión osmótica del suelo
g) Fertilidad del suelo

Los efectos de estos factores, en una u otra dirección, son altamente aleatorios. Una buena parte de ellos no son controlables.

Factores tecnológicos de aplicación

Estos factores son importantes en la medida que puedan ser controlados. Entre los principales se destacan:

a) Tipo de solución nutritiva
b) Concentración de la solución
c) Dosis de aplicación
d) Técnica de aplicación
e) pH de la solución
f) Polaridad e higroscopicidad
g) Sales utilizadas
h) Relación nutricional
i) Penetrantes, humectantes, adherentes.

Estos factores deben ser manejados en concordancia con los factores inherentes a la especie cultivada previamente descritos. La combinación más apropiada en cuanto a tecnología de aplicación debe ser identificada a través de buena experimentación en las condiciones específicas del medio agroecológico.

Conviene además destacar la importancia del uso de aditivos o coadyuvantes para el éxito de la fertilización foliar. Las principales funciones de los aditivos o coadyuvantes son:

a) Ajustar el pH de la solución (pH óptimo: 5-6)
b) Intensificar el efecto humectante y adherente
c) Asegurar una buena cobertura y distribución de la solución nutritiva (efecto surfactante)
d) Incrementar la capacidad de penetración de los nutrientes
e) Disminuir pérdidas.

No cabe duda que la fertilización foliar conducida en forma inteligente puede contribuir efectivamente a la obtención de rendimientos económicos altos.

IMPORTANCIA DEL BORO EN LA FERTILIZACION DEL ALGODONERO

N. Machado y H. Carvalho*

Introducción

La capacidad de producción del algodonero, cuando se cultiva en suelos potencialmente pobres en boro (B), generalmente disminuye en forma gradual antes de que se presenten los síntomas característicos de la deficiencia. En realidad, solamente en condiciones especiales ocurre una drástica disminución de la producción. Por lo tanto es importante conocer no solo los principales aspectos de la carencia de este micronutriente, sino también las condiciones generales que pueden predisponer el cultivo a una eventual deficiencia.

Síntomas de deficiencia

Las primeras señales de la necesidad de este micronutriente ocurren con frecuencia al inicio de la floración, lo que conduce a la formación anormal de los botones florales y de las flores, así como la presencia de frutos pequeños. Síntomas como clorosis de los tejidos nuevos, que presentan hojas arrugadas y pecíolos cortos y retorcidos (Foto 1), frecuentemente hacen contraste con hojas bajeras verdes bien desarrolladas. Los sépalos se presentan amarillentos y pueden envolver completamente la corola de la flor deformada (Foto 2). El botón floral se deforma, mientras que los pétalos quedan atrofiados, arrugados y con los extremos retorcidos y presentan manchas pardas en la parte interna. Los estambres no muestran crecimiento uniforme, los granos de polen presentan color amarillo intenso y los estigmas tienen forma anormal. Las flores que presentan deficiencias muestran apertura irregular (Foto 3) y pueden caer sin fructificar.

En general, los frutos son más pequeños e irregulares, mientras que las flores y los botones presentan una decoloración interna en su base (Foto 4), lo cual constituye uno de los tres síntomas específicos de la falta de B. En el desarrollo de la fructificación pueden aparecer anillos concéntricos, oscuros, salientes y con más pubescencias en los peciolos foliares, con el correspondiente oscurecimiento interno de la médula (Foto 5), constituyéndose éste en el segundo síntoma típico de deficiencia de B. El tercero se refiere al engrosamiento de los nódulos del tallo y a eventuales rajaduras, que se observa comúnmente en condiciones de severa deficiencia (Foto 6). Como consecuencia del retardo en el cuajado, ocurre un exagerado brotamiento deforme, con internudos cortos, poco productivos y de ciclo prolongado. Ocasionalmente puede ocurrir la muerte de las yemas apicales.

Foto 1. Clorosis de las hojas y tejidos nuevos.

Foto 2. Atrofia de las corolas.

Foto 3. Flores con aberturas irregulares.

* **Tomado de : Machado, N. y L. H. Carvalho. 1994. A importancia do Boro na adubacao do algodoeiro. Informacoes Agronómicas. 73 :10-12**

Foto 4. Oscurecimiento interno en la base del fruto.

Tabla 1. Dosis de B recomendadas para aplicación a la siembra de algodón, en función del análisis de suelo y del análisis foliar.

Disponibilidad	Contenido de Boro Suelo[1]	Hoja [2]	Dosis recomendada
	mg/dm³	mg/kg	kg de B/ha
Muy baja (MB)	< 0.2	< 20	1.0-1.2
Baja (B)	0.2-0.4	20-35	0.8-1.0
Media (M)	0.4-0.6	35-50	0.5-0.8
Alta (A)	> 0.6	> 50	0

1) **Extracción mediante agua caliente y determinación por el método colorimétrico con azometina H**
2) **Muestreo de la 5ta. hoja, colectada en la floración; extracción por digestión vía seca y determinación con azometina H.**

Como consecuencia del retardo en el cuajado, ocurre un exagerado brotamiento deforme, con internudos cortos, poco productivos y de ciclo prolongado. Ocasionalmente puede ocurrir la muerte de las yemas apicales.

Foto 5. Oscurecimiento interno de la médula en los peciolos.

Características del suelo y análisis de la planta

La materia orgánica del suelo constituye la principal fuente natural de B para las plantas. Cabe resaltar que las principales reacciones del algodonero a la fertilización con B, así como los primeros síntomas de la deficiencia nutricional, han ocurrido en plantaciones sobre suelos del cerrado en Brasil. Además del bajo contenido de materia orgánica, dichos suelos, se caracterizan por una textura gruesa, sujetos por lo tanto, a la pérdida de micronutrientes por lixiviación. Adicionalmente la necesidad del uso intensivo de cal y de fertilizantes NPK en fincas de baja fertilidad natural, contribuyen también a incentivar la necesidad de B en el cultivo del algodón.

Resultados experimentales recientes, demuestran que es posible predecir con cierta certeza la respuesta a la aplicación de B, en función del análisis de suelo y del análisis foliar (Tabla 1).

Foto 6. Engrosamiento y superbrotamiento (severa carencia de B).

Los síntomas de deficiencia de B se observan frecuentemente en suelos con muy baja disponibilidad de este elemento, pero no es preciso que aparezca todo cuadro sintomatológico descrito anteriormente. El retardo excesivo de formaciones fructíferas es común, pudiendo ocurrir inclusive en suelos con mayor disponibilidad, sin que se determine la existencia de la deficiencia (hambre oculta). El encalado y las altas fertilizaciones minerales, principalmente la nitrogenada, son los factores que predisponen más a la deficiencia. En suelos arenosos profundos, la lluvia intensa conduce a problemas análogos, debido a la lixiviación, sin embargo, una sequía excesiva y/o prolongada puede disminuir la tasa de absorción de B por las raíces.

Modo de aplicación

Una vez que las raíces absorben B, éste elemento es transportado a las partes jóvenes de la planta por medio de la corriente transpiratoria y parece tener poco movimiento interno significativo. Por esta razón, se ha observado experimentalmente que la aplicación de B al suelo es más eficiente que la aplicación vía foliar.

Una vez que la deficiencia se hace presente, se obtiene buenos resultados al aplicar B en mezcla con fertilizantes NPK al momento de la siembra. En estos casos, es importante el uso de las dosis recomendadas en la Tabla 1. El uso excesivo de B puede ser perjudicial para las plantas nuevas que pueden presentar clorosis marginal e intervenal en las hojas, las mismas que frecuentemente desarrollan un encrespamiento de color amarillo intenso, con lo que se retarda el desarrollo inicial.

La aplicación de B junto con herbicida, en presiembra y/o en el agua de riego constituye una alternativa de fertilización. Sin embargo, todavía no se han determinado experimentalmente las dosis adecuadas para cada caso.

Si por alguna razón, en un suelo deficiente, no se hubiese aplicado B a la siembra conviene, efectuar la fertilización en cobertura. Para esto, se debe realizar la operación de desbaste lo más pronto posible y aplicar la mezcla de los fertilizantes nitrogenados y el B al voleo cerca de las plantas. En condiciones de deficiencia inicial severa, este método es bastante eficiente y permite inclusive el uso de dosis más elevadas de las que se utilizan en aplicación al surco de siembra, por lo menos un 25 % o más de las dosis presentadas en la Tabla 1, sin presentar riesgos de toxicidad como los citados anteriormente. Este método representa una forma eficaz de complementar la fertilización cuando es necesario.

El B es rápidamente absorbido por las hojas cuando se aplica mediante pulverizaciones. Debido a su baja movilidad dentro de la planta, se observan altas concentraciones de B en análisis foliar, lo que puede dar una falsa idea de la eficiencia de este tipo de fertilización. El aumento de rendimiento del algodonero en respuesta a los tratamientos foliares es entonces relativo. Por esta razón, se recomienda que la pulverización foliar se adopte solo como medida curativa de síntomas que eventualmente aparecen durante el crecimiento de las plantas. El B se debe aplicar a bajo volumen, en el período más fresco del día y en dosis de 0.15 a 0.18 kg de B/ha, en función de la necesidad. Conviene hacer aplicaciones posteriores al inicio de la floración y repetir la operación de 3 a 4 veces por semana, junto con pulverizaciones de insecticidas, en la medida de lo posible.

El Bórax (11% de B) y el ácido bórico (17% de B) son los productos que comúnmente se pueden encontrar en el mercado. Sin embargo, algunas formulaciones NPK de arranque pueden contener B. Es conveniente, por lo tanto, verificar si la dosis es suficiente para las necesidades del cultivo. En caso contrario, se debe completar con aplicaciones en cobertura y/o vía foliar si fuese necesario.

Bibliografía

Carvalho, L.H. Aplicacao de boro na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsitum* L. var. *latifolium* Hutch). Piracicaba, 1988. 76p. Tese (Doutorado em Agronomia)-ESALQ/USP.

Carvalho, L.H. Efeitos da calagem e da adubacao boratada sobre o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa. Piracicaba, 1980. 64p. Dissertacao (Mestrado)-ESALQ/USP.

Silva, N.M., L.H. Carvalho., O.C. Bataglia. y C.A. Abreu. Acúmulo de adubacao boratada em dez anos de experimentacao com o algodoeiro. Bragantia, Campinas (no prelo).

Silva, N.M., L.H. Carvalho., E.J. Chiavegato., J.I. Kondo., O.C. Bataglia., R. Hiroce., N. Bortoletto. y J.C. Sabino. Estudo regional da adubacao boratada do algodoeiro no Estado de Sao Paulo. Bragantia, Campinas, vol. 50, p. 341-58, 1991.

Silva, N.M., L.H. Carvalho., N.P. Sabino. y R. Hiroce. Efeitos de doses de boro aplicadas no sulco de plantio do algodoeiro em solo deficiente. Bragantia, Campinas, vol. 41, p. 181-91, 1982.

EL FOSFORO DEL DAP SE MUEVE MAS QUE EL DEL SFT

Es bien conocido que los fosfatos de amonio (DAP y MAP) a menudo dan una mayor absorción de fósforo (P) por los cultivos que el de los fosfatos de calcio como el superfosfato triple (SFT), particularmente cuando se los coloca en bandas. A través de los años, la investigación sobre este efecto ha sugerido que este se produce por la interacción entre nitrógeno (N) y P. El mecanismo de esta interacción comprende efectos en la planta y efectos en el suelo. En la planta, debido a los cambios en el comportamiento de la raíz y al pH de la rizosfera cuando las plantas toman el N en forma de amonio, y en el suelo, debido a las diferencias en las condiciones de pH en los micrositios donde reacciona el gránulo de fertilizante. Investigación recientemente conducida en la universidad de Bonn, Alemania, a examinado la dinámica de la movilidad del P cerca de las bandas de aplicación, en una serie de experimentos en maceta, usando una variedad de plantas. Se encontró que el pH del suelo cerca de la banda de fertilización se incrementó con el DAP pero se redujo con el SFT. Esta es la razón por la cual el P del SFT fue adsorbido (fijado) más fuertemente por el suelo y en consecuencia su difusión hacia las plantas fue más lenta que el P proveniente del DAP. Obviamente, la importancia de esta diferencia variará dependiendo del suelo y del cultivo, pero el efecto básico podría ser la causa de las diferencias en absorción de P encontradas en la práctica con la aplicación de DAP y SFT.

Fuente : Soils and Fertilizers.

EL POTASIO EN LA NUTRICION ANIMAL

El potasio (K) ha sido reconocido como un nutriente esencial en la nutrición animal desde que la importancia de este nutriente fue demostrada por Sidney Ringer en 1983. El K es absolutamente necesario para la vida. Los animales jóvenes no crecerían y morirían en pocos días cuando su dieta es extremadamente deficiente en K.

El K es el tercer más abundante alimento en el cuerpo del animal superado solamente por el calcio (Ca) y por el fósforo (P). Las concentraciones de K en las células son de 20 a 30 veces más altas que las concentraciones de sodio (Na). Afuera de la célula ocurre lo contrario. El K forma parte de alrededor del 5% del contenido mineral del cuerpo.

Los músculos contienen más del 55% del total del K en el cuerpo de los animales (Tabla 1)

El K se encuentra contenido casi completamente dentro de las células y es el ion de mayor contenido de los fluidos intracelulares. El K se encuentra en cada célula y se encuentra presente solamente como el ion K.

Las concentraciones de electrolítos difieren marcadamente entre los espacios intra y extra celulares. El Na y el cloro (Cl) son principalmente extracelulares, mientras que el K, el P y el azufre (S) son principalmente intracelulares. Esta remarcable segregación de Na y K en los fluidos del cuerpo es uno de los misterios de las funciones biológicas de los animales.

Tabla 1. Concentración y distribución del K en el cuerpo del animal.

Tejido u órgano	Potasio, meq/kg	Potasio, %
Músculo	110.0	56.0
Piel	58.6	11.1
Tracto digestivo	96.6	5.6
Hígado	95.0	5.3
Glóbulos rojos	106.0	4.2
Plasma sanguíneo	4.2	2.2
Cerebro	98.6	1.4
Riñón	77.6	0.9
Pulmón	79.3	0.5
Bazo	130.0	0.4
Corazón	77.8	0.4
Huesos y otros	--	12.6

Funciones del potasio

Las funciones del K en los fluidos intracelulares es la misma función que la del Na en los fluidos extracelulares.

Las principales funciones del K en el cuerpo humano y animal son las siguientes :

1. Ayuda a mantener el balance de agua
2. Ayuda a mantener la presión osmótica
3. Ayuda a mantener el balance ácido-bases
4. Activa varias enzimas metabólicas
5. Funciona en el metabolismo de los carbohidratos y las proteínas y en la síntesis de las proteínas
6. Funciona en la irritabilidad de los músculos. Es importante junto al calcio en la regulación de la actividad neuromuscular. El K ayuda a regular los latidos del corazón.

Deficiencia de potasio

Existen varias causas para que se presenten deficiencias de K. Algunas de estas son : cantidades bajas de K en la dieta, pérdidas de K en las secreciones digestivas causadas por vómito o diarrea, alta ingestión de Na, incremento en expulsión de orina y condiciones de estrés.

La deficiencia de K puede comúnmente presentarse como una reducción del crecimiento, debilidad muscular, endurecimiento de los músculos, reducción de la ingestión de alimentos, acidosis intracelular, desordenes nerviosos, reducción en las palpitaciones del corazón y electrocardiogramas anormales.

El primer signo de deficiencia de K es una reducción en la ingestión de alimentos. Muchos de los otros síntomas de deficiencia de K se derivan de la reducción de la ingestión de alimentos.

El K se debe suplir en la ración diaria porque este es un nutriente móvil que no deja apreciables reservas en el cuerpo.

Metabolismo del potasio

El K es absorbido por el intestino delgado y la disponibilidad de K para absorción en los alimentos digeridos es casi el 100%. La mayoría del K es perdido o excretado en la orina, pero se pierde también una pequeña cantidad en el sudor. Los riñones juegan el papel más importante en el mantenimiento y control del K. En condiciones de estrés los riñones tienden a excretar más K y a conservar más Na.

El potasio en la nutrición humana

Una dieta normal contiene adecuado K. La dosis diaria recomendada es de 2500 miligramos (mg). La ingestión normal varía entre 2000-4000 mg/día.

Se pueden presentar problemas con la ingestión de K. Dietas bajas en carbohidratos reducen el K en la sangre y pueden causar un latido irregular del corazón. La deficiencia de K puede volverse seria debido a la reducción completa de este elemento en casos de cirrosis al hígado, diarrea, vómito, acidosis diabética, quemaduras del cuerpo y severa mala nutrición proteico-calórica.

El K juega un papel muy importante en la buena salud del corazón. La presión arterial es influenciada por K que ayuda a sobreponer los efectos adversos del Na en la presión sanguínea. El Na debe balancearse con el K para mantener una presión arterial normal. La relación K :Na adecuada es de 1 :1.

El potasio en la nutrición animal

El K es especialmente necesario en la dieta de pollos y pavos durante las 8 primeras semanas. La dosis recomendada para pollitos pequeños es de 0.3-0.4% de la ración. Las dosis recomendada para gallinas ponedoras es de 0.15%. Durante periodos de estrés de calor los niveles necesarios pueden ser de 0.4-0.6% para prevenir desbalances a elevadas temperaturas.

El adecuado K en las raciones de las gallinas ponedoras asegura una buena producción, buen peso y grosor de la cáscara de los huevos. El K incrementa la ganancia de peso, mejora la eficiencia de la ración y reduce la mortalidad de los pollos y pavos recién nacidos en las primeras 4 semanas de vida.

La ración adecuada para cerdos es más alta en los lechones que en los animales adultos. Esta varía de 0.27-0.39% en las raciones de los cerdos que pesan hasta 8 libras y alrededor del 0.2% en las raciones de los cerdos que pesan de 40-80 libras.

Los rumiantes tienen un requerimiento más alto de K que los no rumiantes. En los rumiantes la ración diaria recomendada es de alrededor de 0.5% de la ración. Los rumiantes son capaces de metabolizar grandes cantidades de K de la ración. El K es también esencial para los microorganismos del rumen.

El efecto simple más consistente de una ración con contenidos bajos de K en los rumiantes es una reducción en la ingestión de alimentos.

Tabla 2. Efectos del K en la ración de vacas lecheras al inicio de la lactación.

	Potasio en la ración, %		
	0.51	0.75	0.99
Ración consumida, kg/día	17.8	19.9	20.7
Producción de leche, kg/día	28.5	29.9	29.2
Cambio en el peso, kg	-55.7	-35.1	-46.8

Tabla 3. Niveles recomendados de K (% de la ración seca).

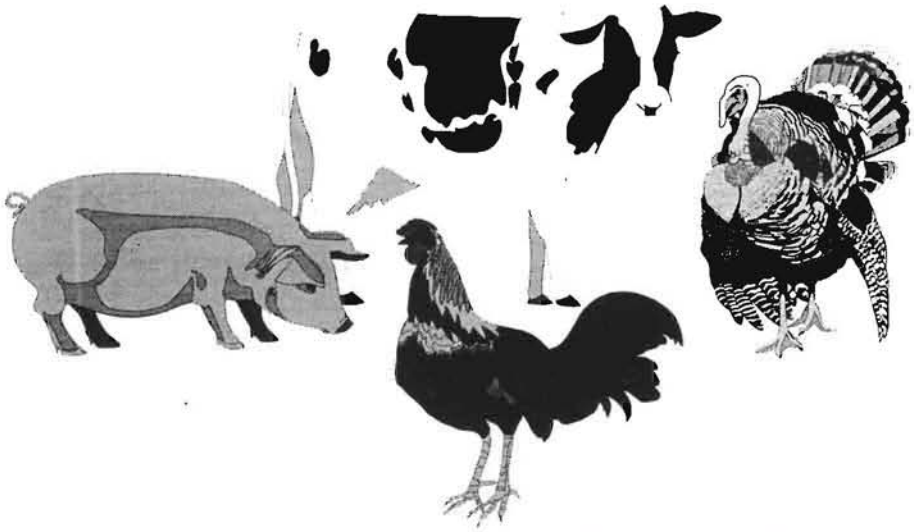
Animal	Niveles recomendados
Ganado de carne	0.5-0.7
Ganado lechero	0.8
Ovinos	0.5
Porcinos	0.2-0.3
Caballos	0.4-0.5
Aves :	
Pollos recién nacidos	0.3-0.4
Gallinas ponedoras	0.15
Pavos	0.4-0.7

El ganado lechero tiene una dosis diaria recomendada de ingestión de K de 0.8% de la ración seca. El alto K en la ración es particularmente necesario de principios a mediados de la lactación en las vacas de alta producción (Tabla 2). Las vacas secas también se benefician de una ración con suplemento de K.

La ración diaria recomendada del ganado de carne es alrededor de 0.5-0.7% de la ración diaria (Tabla 3). Varios estudios han reportado ganancia de peso de los toros cuando estos consumen raciones que contienen niveles óptimos de K.

Se ha demostrado que elevados niveles de K en las dietas de terneros y borregos que son embarcados al mercado ayudan a reducir el estrés causado por el transporte.

La tetania de los pastos (hipomagnesemia) es un desorden patológico de los rumiantes relacionado con la alta ingestión de K, aún cuando las relaciones no son muy claras. La hipomagnesemia resulta ya sea de la deficiencia o baja utilización de magnesio (Mg). Un alto nivel de Mg en la dieta acompañado con una alta ingestión de alimentos ofrece cierta protección contra este desorden. Los estudios indican que el papel del K en este desorden no es concluyente.



REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

RESPUESTA DE LA MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth) A LA FERTILIZACION CON NITRATO DE POTASIO

Gaviria J., P. Gómez, y G. Vallejo. 1994. Respuesta de la mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) a la fertilización con nitrato de potasio. Suelos Ecuatoriales 24 : 7-9.

En un Andisol del municipio de "El Retiro" (Departamento de Antioquía), ubicado en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), se realizó una investigación con el objeto de determinar la respuesta de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), a la fertilización foliar con nitrato de potasio al 2% (como complemento de la fertilización edáfica), con tres y cinco aspersiones al follaje, cada 20 días a partir de la iniciación de la floración.

El tratamiento con tres aplicaciones foliares con nitrato de potasio superó en un 38% el rendimiento de frutos de la fertilización edáfica sola, y en un 22% al tratamiento con cinco aspersiones foliares. No se presentaron diferencias significativas por efecto de las aplicaciones foliares con nitrato de potasio en el tamaño, pH y acidez titulable de frutos, pero sí en el contenido de sólidos solubles.

RESPUESTA DE LA PAPA AL REABONAMIENTO CON N Y S EN ANDISOLES DE COLOMBIA

Guerrero R., y V. Montenegro. 1994. Respuesta de la papa (Solanum Tuberosum, L) "Parda Pastusa" al reabonamiento con nitrógeno y azufre en andisoles del altiplano de Pasto y la sabana de Tuquerres, Nariño. Suelos Ecuatoriales 24 : 13-16.

Se realizaron dos experimentos de campo de Andisoles (deficientes en S) de los Altiplanos Andinos en Nariño, utilizando un diseño factorial 3 x 4 x 4, para estudiar el efecto de cuatro dosis NS (SAM) (reabono) y tres dosis NPK (13-16-6/siembra).

En los dos experimentos, el reabonamiento con N y S incrementó ($P<0.01$) el rendimiento de tubérculos (Total y de la 1a.), pero en Túquerres este efecto dependió de la dosis de NPK (13-26-6) utilizada en la siembra, obteniéndose allí el rendimiento total más alto (31.5 ton/ha) cuando se abonó con 1.500 kg de 13-26-6/ha y se reabonó con 20 kg de S y 17 kg de N/ha (83.3 kg de SAM/ha). En Pasto, el mayor rendimiento total (64.3 ton/ha) se alcanzó con la misma dosificación de 13-26-6, pero con la dosis más alta en el reabonamiento (60 kg de S y 52 kg de N/ha). El resultado benéfico de reabonamiento parece estar mayormente asociado con la aplicación de azufre.

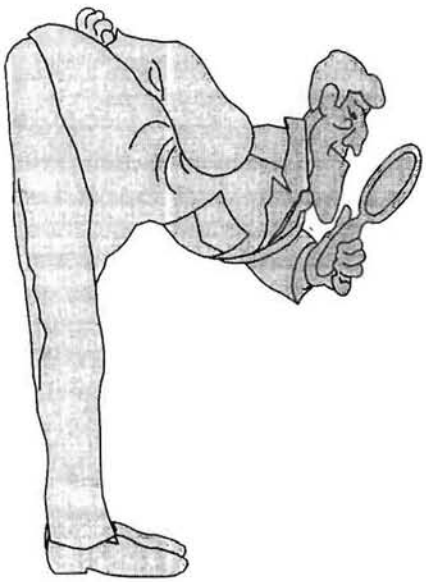
RESPUESTA DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) AL DEFICIT DE AGUA Y FERTILIZACION

Mejía S., L. Cadavid, y M. El-Sharkawy. 1994. Respuesta de la yuca (Manihot esculenta Crantz) *al déficit de agua y fertilización. Suelos Ecuatoriales 24 : 23-26.*

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto perenne originario de América tropical, tiene gran importancia socio-económica para agricultores de pocos recursos económicos por ser una planta rústica que produce relativamente bien en zonas marginales caracterizadas por tener suelos ácidos y períodos prolongados de sequía.

Los datos de producción de raíces frescas indican que las variedades de yuca estudiadas presentan una respuesta favorable al estrés hídrico y a la fertilización, sin embargo el análisis estadístico de los datos indican que no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos con estrés con fertilización y los tratamientos sin estrés con fertilización. Lo que sugiere que es el fertilizante el factor más importante en el rendimiento de la yuca.

En yuca el IAF (Indice de Area Foliar) se incrementa durante la primera etapa del cultivo, seguidas de una época en la que permanece constante y luego decrece debido a la defoliación natural cuando la planta alcanza la madurez fisiológica. En este ensayo se observó que cuando la planta es sometida a estrés hídrico, se presenta una defoliación prematura como mecanismo de defensa al déficit de agua. En general se puede decir que : 1. La yuca tolera bien el déficit hídrico durante períodos prolongados ya que cuenta con mecanismos que le permiten conservar este elemento como son el cierre de estomas con la consecuente disminución de la transpiración disminuyendo la pérdida de agua y protegiendo a las hojas de una deshidratación irreversible. 2. Las hojas continúan elaborando fotosintatos durante el período de sequía, los cuales son almacenados en las raíces. 3. La yuca responde bien a la fertilización del suelo cuando este tiene bajos contenidos de nutrimentos.



PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles con un costo nominal

* **Manual de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes. $ 20.00

* **POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.** Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos. $ 4.00

* **Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una Visión práctica de la fertilización.** Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano. $ 20.00

* **Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.** Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón. $ 5.00

* **Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.** Publicación que cubre en forma completa, pero razonablemente simple, todos los factores que permiten diagnosticar los problemas nutricionales, para evitar que éstos sean limitantes en la producción de cultivos. $ 5.00

* **Nutrición de la Caña de Azúcar.** Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. $ 20.00

* **Nutrición y Fertilización del Maracuyá.** Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá. $ 5.00

* **Conozca y Resuelva los Problemas Nutricionales de los Cultivos.** Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición de cultivos, como guía para la obtención de rendimientos altos. Disponibles: Maíz y Espárrago. $ 0.50

* **Conceptos Agronómicos.** Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos. $ 0.50