

INFORMACIONES AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 7

● ABRIL 1992

CONTENIDO

	Página
<i>Análisis del raquis como alternativa para el diagnóstico de la nutrición de K en Palma Aceitera</i>	1
<i>La nutrición foliar de cultivos (I Parte)</i>	2
<i>Síntomas de deficiencia de nutrientes en Caña de Azúcar</i>	5
<i>El rol del fósforo en las plantas</i>	8
<i>Resumen de Investigación Reciente</i>	10
● Interacción de fósforo con la absorción y concentración de Magnesio, Calcio y Potasio en las hojas de plántulas de Trigo de invierno	
● La secuencia de rotación afecta el rendimiento de maíz y soya	
● Efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo del algodón durante el período de fructificación	
<i>Cursos y Simposios</i>	11
<i>Publicaciones de INPOFOS</i>	12

Editor: Dr. José Espinosa

ANÁLISIS DEL RAQUIS COMO ALTERNATIVA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA NUTRICIÓN DE K EN PALMA ACEITERA**

Por: K. C. Teoh y P. S. Chew*

Debido a la alta demanda por el cultivo, el potasio (K) es amplia y abundantemente usado en la fertilización de palma aceitera. El análisis de hojas es comúnmente usado como un método de diagnóstico del estado del K y otros nutrientes en palma aceitera, como una guía para las recomendaciones de fertilización.

Los métodos de diagnóstico utilizados al momento implican la determinación del contenido de nutrientes en la nervadura o folíolo de la hoja número 17. Se han encontrado varios problemas relacionados con estos métodos, particularmente con la interpretación de los contenidos de K de palmas cultivadas sobre ciertos suelos arcillosos. Las palmas creciendo en estos suelos han presentado algunas veces bajo contenido de K en el folíolo, aun cuando el suelo esté bien abastecido de K en forma natural o con aplicaciones de fertilizante.

En estos casos cambios en la cantidad y en los métodos de aplicación de K no pudieron cambiar el contenido de K en el folíolo y tampoco influenciaron el rendimiento.

Para entender este problema se iniciaron estudios que tenían como objetivo el determinar: a) La distribución de K en la palma aceitera, b) La mejor técnica de muestreo.

* Agrónomo y Jefe de Investigación respectivamente. Applied Agricultural research Sdn. Bhd., Locked Bag 212. Sg. Buloh Post Office 47000 Selangor, Malasia.

** Adaptado del artículo presentado en la Conferencia Internacional de Palma Aceitera, Junio 1987, Kuala Lumpur, Malasia.

Qué parte de la planta se debe analizar para determinar el contenido de K.

Se encontró que una plantación de 16 años de edad, bien fertilizada, contenía cerca de 2 t/ha de K. Alrededor del 80% del K estuvo en el tronco, peciolo y raquis (el peciolo es el tallo que sostiene el folíolo de la hoja; el raquis es una extensión del peciolo de una hoja compuesta). Estos tres componentes de la planta tienen un contenido comparable de K. Debido a que el K es un elemento móvil, se planteó la hipótesis de que el contenido de K de cualquiera de estas partes debería representar el estado general de la nutrición potásica de la palma aceitera.

El K del raquis versus el K de los folíolos.

Una simple regresión comparó el contenido de K en el raquis y el folíolo con el contenido total de K en la palma. Los resultados demostraron que el K contenido en el raquis (hoja 20) está altamente correlacionado con el contenido de K en los ápices de crecimiento y en toda la palma. Sin embargo, el K contenido en los folíolos no correlacionó con el contenido de K en el ápice y en toda la palma.

Método de Muestreo.

Se encontró que la hoja 17 es adecuada para muestreo del raquis. Además se determinó que la sección media (15 cm) de esta hoja era la mejor parte para muestreo debido a que en los extremos de la hoja ocurren más variaciones en el contenido de K.

Regresión del contenido de K del raquis y el folíolo con aplicación de K y rendimiento de la fruta fresca en racimo (FFR).

Se utilizaron experimentos de fertilización, los cuales fueron muestreados para comparar el contenido de K del raquis y del folíolo con otros parámetros. Las regresiones entre el K del raquis y los niveles de fertilizante potásico fueron mucho mejores que con el contenido de K del folíolo. Las regresiones entre el rendimiento y el K del raquis fueron menos definitivas. Sin embargo, todas las regresiones con FFR que resultaron estadísticamente significativas encontraron relación con el K contenido en el raquis y no con el K del folíolo.

Error de muestreo y variación de palma a palma.

Palmas individuales en parcelas seleccionadas, tratadas con y sin K, en experimentos de fertilización en el campo, fueron muestreadas para determinar el contenido de K del raquis. El coeficiente de variación (C.V.) entre palmas individuales dentro de cada una de las parcelas con el mismo tratamiento de K fue de cerca del 20%.

Aun cuando los C.V. fueron muy altos para el tratamiento de cero K, en ciertas parcelas, los valores promedio de los tratamientos con cero K, fueron 3 a 5 veces menores que los tratamientos de las parcelas que llevan K (0.2 vs 1.2).

Sensibilidad del contenido de K del raquis al fertilizante aplicado.

Se comparó el contenido de K en el raquis y en el folíolo en las parcelas con cero K y en las que recibieron K. El contenido de K en el raquis fue un índice más sensitivo. Las diferencias en los valores entre palmas deficientes en K y palmas con adecuado K fueron mucho más amplias cuando se analizó el contenido de K en el raquis.

Nivel crítico.

Las ecuaciones de regresión entre FFR y el contenido de K en el raquis permitieron determinar un nivel crítico de alrededor del 1.3% de K. Los rendimientos pueden declinar cuando el porcentaje de K en el raquis está bajo este nivel.

Conclusión.

Se ha demostrado que el muestreo del raquis es más exacto que el muestreo de los folíolos para determinar el estatus de K de las palmas aceiteras cultivadas en diversos suelos. Sin embargo, se requiere información adicional sobre el cultivar, suelo y clima ya que estos factores afectan el nivel crítico. ■



I PARTE

MECANISMOS DE LA NUTRICION 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 por vía foliar.

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

Velocidad de absorción.

La velocidad de absorción de los nutrientes por la vía foliar es muy variable ya que depende de varios factores, siendo los principales:

- El nutriente o nutrientes involucrados
- La especie cultivada
- El ión acompañante
- Las condiciones ambientales: temperatura, humedad relativa, incidencia de lluvias, etc.
- 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 la mitad 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) destaca como elemento cuya 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 sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando las siguientes vías:

- La corriente de transpiración vía xilema
- Las paredes celulares
- El floema y otras células vivas
- Los espacios intercelulares

La principal vía de translocación para 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 sustancias orgánicas resultantes de la fotosíntesis.

La velocidad de los iones en la planta, es decir, en el proceso de translocación, varía de un nutriente a otro. El N y potasio (K) se consideran como altamente móviles, en tanto 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 FERTILIZACION 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.

* Artículo publicado con autorización de MONOMEROS Colombo Venezolanos S.A.

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 y 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 se hace limitante, la alimentación radicular de la planta sufre trastornos severos y compromete drásticamente el desarrollo vegetal.

Como consecuencia, bajo condiciones de sequía transitoria, la vía radicular estará limitada para la absorción de nutrientes y será necesario utilizar entre tanto, 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 sustancias 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 promueven 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 pesticidas

La aplicación de pesticidas al suelo, sea el caso de herbicida, insecticida, fungicida o nematicida, puede generar efectos inhibitorios de la actividad microbial del suelo, los cuales determinan un bloqueo transitorio en la mineralización de nutrientes como el N, P y azufre (S).

Mientras se prolonga el efecto esterilizante, la absorción de N, P y S por vía radicular puede disminuir significativamente y afectar el desarrollo normal del cultivo, en particular cuando se encuentra en sus primeros estados de desarrollo. La aplicación de nutrientes por vía foliar, en particular las aspersiones con nitrogenados, permitirían 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 del follaje en cultivos como papa, hortalizas, pastos, etc. En este caso, la aplicación de fertilizantes nitrogenados por vía foliar permite restaurar rápidamente el área foliar afectada.

Por otra parte, se ha encontrado que las aplicaciones foliares de K, administradas con criterio preventivo, pueden atenuar los daños causados por las heladas.

Se entiende que, cualquiera que fuese la situación emergente, ésta se asume transitoria. En ningún caso se podrá esperar que la fertilización foliar, por sí sola, constituya la solución para los efectos adversos causados por la sequía, encharcamiento, etc. El alcance de esta práctica no puede ir más allá de atenuar los efectos adversos de la condición emergente, al igual que el papel que juega el suero en el sostenimiento del enfermo, hasta tanto 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, los cuales, a su vez, interactúan con los factores relativos al medio ambiente y los derivados del uso y manejo del suelo.

En estas condiciones, el suministro de nutrientes al cultivo depende de una intrincada conjugación de procesos y

factores, que no siempre resulta favorable, ya que se presentan circunstancias determinantes de un bloqueo de la nutrición por vía radicular.

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 constituyen condiciones adversas que afectan drásticamente la productividad agrícola.

Los efectos adversos de la salinidad y exceso de sodio sobre el desarrollo vegetal, tienen que ver con acciones de:

- 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, lo cual, en la práctica, aumenta los niveles de retención de agua en el suelo y, como consecuencia, genera una disminución importante en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos.

Por otra parte, el exceso de sodio (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^+ .

Como consecuencia de esta condición, el efecto de la fertilización al suelo puede restringirse y en este caso la fertilización foliar puede derivar en beneficios de significación agronómica y económica.

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 cambiante del suelo debe mantener la siguiente secuencia considerada normal: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$. Cualquier alteración en esta secuencia puede afectar seriamente la absorción radicular de uno u otro nutriente. Pero, 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. Desde luego, los excesos de uno u otro pueden causar, dependiendo de las circunstancias, bloqueos importantes en la absorción de otro u otros, así:

- a) Del K^+ por el Ca^{++} y/o Mg^{++}
- b) Del K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} por el Na^+
- c) Del Mg^{++} por el K^+
- d) Del Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ por el NH_4^+
- e) Del Ca^{++} por el Mg^{++} o viceversa
- f) Del Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ por el Al^{+++}

Cuando se presenta en el suelo una de estas condiciones, la eficiencia de la aplicación de fertilizantes al suelo puede reducirse o, en algunos casos, puede causar problemas aún mayores y, hasta cuando no se supere la situación, la fertilización por vía foliar puede constituirse en una alternativa altamente efectiva para complementar con nutrientes al cultivo.

Desarrollo radicular limitado

Una adecuada alimentación por vía radicular exige, como es obvio, un buen crecimiento de la raíz. Desafortunadamente, con mucha frecuencia se suscitan en el suelo condiciones físicas o químicas que limitan el desarrollo radicular, afectando por consiguiente la absorción de nutrientes. Algunas de estas situaciones son las siguientes:

- a) Toxicidad de aluminio

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

- b) Compactación del suelo

El impedimento físico motivado por la compactación del suelo provoca una disminución en el crecimiento del sistema radicular. Esta situación adversa se origina en el uso inadecuado de las labores de labranza, o por el uso reiterado de maquinaria pesada. Desafortunadamente, en las zonas agrícolas de Latino América esta condición adversa está ganando terreno aceleradamente. Una de sus consecuencias de un en suelo compactado es que la efectividad de la fertilización radicular resulta comprometida.

- 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 opera como una barrera para 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, como es natural, tendrán un sistema radicular precario, lo cual significará que, durante cierto lapso, la superficie radicular disponible para la absorción de nutrientes será limitada.

Todos los casos descritos conllevan a una disminución de la efectividad agronómica de la fertilización radicular, cobrando entonces trascendencia la fertilización complementaria por vía foliar.■

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE ALGUNOS NUTRIENTES EN CAÑA DE AZÚCAR*

NITROGENO (N): El N es un componente integral de cada proteína y es esencial en cada proceso enzimático que ocurre en la planta. El N es en consecuencia el componente de productos metabólicos como los ácidos nucleicos, la adenina nicotinamida dinucleótida, porfirinas, clorofila y otros pigmentos, coenzimas y varios productos metabólicos secundarios.

Con respecto a la utilización de N, no se puede determinar en forma precisa la cantidad óptima de N por tonelada de caña de azúcar. Esto se debe a que el N se pierde muy fácilmente del suelo y las aplicaciones múltiples pueden ser más eficientes para mantener el N al alcance de la planta. En algunas regiones se pueden esperar altas respuestas al N en los cultivos de sucesión antes que en los cultivos de iniciación. La eficiencia de la utilización y la efectividad del N dependen del manejo del cultivo. La aplicación de exceso de N puede resultar en una pobre maduración.

FOSFORO (P): Los átomos de P de todos los ácidos nucleicos y fosfolípidos de las células de la planta son particularmente importantes las reacciones de transferencia de energía con la adenosina trifosfato (ATP). Los tejidos meristemáticos de las plantas tienen generalmente una alta concentración de P.

La respuesta a la aplicación de P varía con el tipo de suelo. La respuesta es generalmente mayor en los cultivos de iniciación antes que en los cultivos de sucesión. Las cantidades de P aplicadas a la caña de azúcar en diferentes partes del mundo están en el rango de 20 a 60 kg/ha de P.



Cuando existe una deficiencia de N prolongada las hojas jóvenes presentan un color verde pálido y los tallos son delgados.



La deficiencia de P causa tallos pequeños y delgados, las hojas viejas mueren y caen prematuramente.

* Este artículo presenta información adaptada y resumida del libro "Nutrición de la Caña de Azúcar" escrito por los Drs. David Anderson y John Bowen y publicada por el Potash and Phosphate Institute. La versión en español aparecerá a fines de este año.

POTASIO (K): Generalmente se presentan altas concentraciones de K en los tejidos meristemáticos y en las células guardianes de los estomas. El K actúa como un activador del metabolismo de las proteínas y de muchas enzimas de metabolismo de los carbohidratos. El K es el principal catión presente en el citoplasma y permitiendo el balance con las cargas aniónicas. El K también es el responsable del control del turgor en células especializadas.

La caña de azúcar tiene una demanda muy alta de K y las reservas naturales del suelo pueden agotarse, en la mayoría de los casos, en un corto período de tiempo a menos que se tomen medidas correctivas. La baja cantidad de K disponible en el suelo puede ser la causa de una germinación errática. En suelos arenosos la lixiviación de K puede ser alta aun cuando en otros suelos la pérdida causada por este proceso no es muy alta. Las plantas deficientes en K son menos resistentes a las enfermedades y a la sequía.



La deficiencia prolongada de K puede afectar el desarrollo de los tejidos meristemáticos y la planta toma la apariencia de abanico debido al amontonamiento del crecimiento en la parte superior de la planta.

AZUFRE (S): Es esencial en la síntesis de amino ácidos, proteínas y vitaminas (biotina, tiamina y coenzima A). Los grupos sulfhídricos son a menudo parte de los sitios activos en las moléculas de las enzimas.

El S está presente en muchos fertilizantes que contienen sulfato. Si hay una necesidad nutricional de S, el sulfato de amonio o el yeso son generalmente las mejores fuentes. Si el S debe ser transportado por largas distancias, el S elemental puede ser más económico debido a su alto contenido del elemento. El efecto del S elemental también es más largo que las formas que tienen sulfato. Si el pH del suelo es más alto que 6.0, el sulfato de amonio es una excelente fuente para proveer N y S, pero se incrementa la acidez del suelo.



La hoja deficiente en S (derecha) presenta clorosis y los márgenes toman un color púrpura, en contraste con una hoja saludable (izquierda).

ZINC (Zn): Es esencial para la biosíntesis del Acido Indol-3 Acético (AIA), un fitoregulador de crecimiento. La actividad de varias enzimas dependen también de la presencia de Zn.

La deficiencia de Zn se acentúa en suelos alcalinos o calcáreos, en suelos altamente sódicos en condiciones áridas y cuando se hacen altas aplicaciones en bandas de P y muriato de K. Muchos de los óxidos de Zn contienen altos niveles del elemento. Sin embargo, el Zn se oxida rápidamente en el suelo y llega a ser disponible.



La deficiencia de Zn se presenta como una faja amarillenta ancha en la hoja. La nervadura central y los márgenes de las hojas permanecen verdes excepto cuando la deficiencia es severa.

CLORO (Cl): Es necesario para el óptimo funcionamiento de los procesos de evolución del oxígeno en el sistema fotosintético. Es el principal anión inorgánico en el citoplasma y está asociado con el K en el mantenimiento de la turgencia.

La deficiencia de Cl es fácilmente corregida por la aplicación de KCl (Muriato de K). Los problemas de toxicidad se reducen con la irrigación con agua no salina y lixiviación del Cl del suelo. La aplicación de yeso (CaSO_4) es efectiva en el mejoramiento del suelo incrementando de esta forma la infiltración y reduciendo el Cl en la solución del suelo. Altos niveles de Cl están asociados con suelos alcalino sódicos o suelos con altos contenidos de sales, en regiones áridas. La baja disponibilidad de agua puede inducir toxicidad de este elemento.

MOLIBDENO (Mo): Funciona en la enzima reductasa, la cual es responsable de la reducción de nitrato a nitrito, convirtiendo el N inorgánico a N orgánico en las raíces de las plantas.

La fuente más común de Mo es el molibdato de sodio dihidratado.

BORO (B): Es un nutriente esencial que participa en procesos como la translocación de azúcar, síntesis de proteínas y formación de la pared celular y de la semilla.

El B está presente en el suelo como el anión borato (BO_3) y funciona en forma similar al anión nitrato. El B se lixivia fácilmente del suelo. La deficiencia de B se observa comúnmente en suelos que tienen alta infiltración (suelos bien drenados, suelos de textura arenosa). El excesivo encalado puede causar deficiencias de B. ■



Al presentarse deficiencias de B las hojas se distorsionan, particularmente a lo largo de los márgenes de las hojas inmaduras. Cuando la deficiencia es severa las hojas jóvenes no se expanden del eje de crecimiento.



Es difícil distinguir entre la deficiencia y la toxicidad de Cl, especialmente en el campo. Con la deficiencia de Cl se presentan raíces anormalmente pequeñas con un incremento en el número de raíces laterales. Con la toxicidad de Cl las raíces son también anormalmente pequeñas pero tienen muy pocas raíces laterales (en la foto, de izquierda a derecha: 0, 1 y 100 ppm Cl).



Los síntomas visuales de deficiencia de Mo se presentan como fajas amarillas, de 1-3 mm de ancho, entre las nervaduras. Estas fajas son más densas en la mitad de la hoja y decrecen en densidad hacia la base de la hoja.

EL ROL DEL FOSFORO EN LAS PLANTAS

El fósforo (P) es uno de los 16 nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Esto significa que sus funciones no pueden ser llevadas a cabo por ningún otro nutriente y que se requiere un adecuado abastecimiento de P para un crecimiento y reproducción óptimos. Con la excepción del nitrógeno (N) y el potasio (K) el P es requerido por la planta en mayor cantidad que cualquier otro de los nutrientes esenciales. La concentración total de P en los cultivos puede variar de 0.1 a 1.0 %.

Absorción y transporte de P

El P ingresa a la planta a través de los pelos radicales, punta de la raíz y la parte externa de las células de las raíces. El P es usualmente absorbido como el ion ortofosfato primario ($H_2PO_4^-$), pero puede también ser absorbido como ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). El pH del suelo determina la proporción de absorción de cada una de las dos formas de P.

Una vez dentro de las raíces de la planta, el P inorgánico es almacenado en la raíz o transportado a partes superiores de la planta. Allí, a través de varias reacciones químicas, es incorporado a los compuestos orgánicos incluyendo enzimas, ácidos nucleicos y proteínas. Es en estas formas orgánicas que el P es movido a través de la planta donde es disponible para otras reacciones.

El fósforo y las reacciones de energía de la planta.

El P juega un rol vital en virtualmente cada proceso de la planta que involucra transferencia de energía. La alta energía del fosfato, que forma parte de la estructura química de la Adenosina Trifosfato (ATP), es la fuente de energía que mueve las diversas reacciones químicas en la planta. Cuando el ATP transfiere la energía a otras moléculas ocurren una variedad de procesos dentro de la planta.

La fotosíntesis es la reacción química más importante en la naturaleza. La fotosíntesis utiliza la luz en presencia de la clorofila para transformar el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples y la energía es capturada en el fosfato de alta energía del ATP. El ATP pasa entonces a ser disponible como un recurso de energía para otras reacciones y los azúcares son usados como materia prima para la construcción de otros componentes celulares tales como almidones, proteínas y aceites.

La luz atrapada por pigmentos como la clorofila es convertida en energía química utilizando los enlaces de la alta energía del fosfato descritos arriba.

Esta energía es luego utilizada en una serie de reacciones complejas para convertir el dióxido de carbono en azúcares. Los azúcares son metabolizados para producir otras estructuras de la célula y componentes almacenables.

El metabolismo de los carbohidratos, el proceso por el cual los azúcares y almidones son descompuestos en las plantas en crecimiento, requiere P. Otros procesos químicos, incluyendo la síntesis y utilización de carbohidratos en los tejidos maduros de la planta, también utilizan P en los procesos de transferencia de energía en las reacciones químicas.

El P y la genética de las plantas.

El P es un componente vital de las sustancias que son los componentes primarios de genes y cromosomas. De esta forma, el P participa íntimamente en los procesos de conducción del código genético de una generación a otra. Estos procesos gobiernan todos los aspectos del crecimiento y desarrollo de la planta. Un abastecimiento adecuado de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y la transferencia del código genético de la célula a medida que se van formando nuevas células.

El P y el transporte de nutrientes.

Las células de la planta pueden acumular nutrientes en concentraciones mucho más altas que las presentes en la solución del suelo que las rodea. Esto permite a las raíces extraer nutrientes de la solución del suelo donde se encuentran presentes en muy bajas concentraciones. El movimiento de los nutrientes en la planta depende en su mayoría del transporte a través de las membranas celulares. Estos procesos requieren energía para oponerse a las fuerzas de osmosis. De nuevo, el ATP provee la energía necesaria para estos procesos.

Reacción de las planta a la deficiencia de P.

Sin adecuado P, los procesos descritos arriba se deprimen y el crecimiento y desarrollo no pueden continuar a un ritmo normal. Cuando el contenido de P es limitante, la mayoría del P disponible se concentra en las raíces y el crecimiento de las partes aéreas puede reducirse. Generalmente, el P inadecuado retarda los procesos de utilización de carbohidratos, pero la producción de carbohidratos a través de la fotosíntesis continúa. El resultado es la acumulación de carbohidratos en las hojas las cuales desarrollan un color verde oscuro. En algunas plantas, las hojas deficientes en P desarrollan un color púrpura debido a la acumulación de azúcares no utilizados. ■

REPORTES DE INVESTIGACION RECIENTE

INTERACCION DE FOSFATO CON LA ABSORCION Y CONCENTRACION DE MAGNESIO, CALCIO Y POTASIO EN LAS HOJAS DE PLANTULAS DE TRIGO DE INVIERNO

Reinbott, T. M., and D. G. Blevins. 1991. Phosphate interaction with uptake and leaf concentration of magnesium, calcium and potassium in winter wheat seedlings. *Agron. J.* 83: 1043-1046

Las bajas concentraciones de Mg y Ca en pastos tarde en el otoño y temprano en la primavera son una de las causas principales de la tetania de los pastos y el envenenamiento con trigo forrajero de ganado en pastoreo. Nuestro objetivo fue investigar la interacción del fosfato con la absorción y concentración de Mg, Ca y K en las hojas de plántulas de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L., cv. Larned). Las plantas fueron cultivadas hidropónicamente o en macetas conteniendo perlita, con una solución de nutrientes que simulaban la concentración de nutrientes de la solución del suelo de un alfisol típico del medio oeste. La concentración de fosfato en esta solución fue baja de modo que las plántulas de trigo agotaron el P de la solución en pocas horas. A bajas concentraciones de P en la solución, el Mg y el Ca salieron de las raíces. Cuando el P en la solución fue aumentado de 25 a más de 100 μM , se observó absorción neta de Mg y Ca en un período de 48 horas. En experimentos de invernadero de 41 días las concentraciones de Mg y Ca en la hoja aumentaron y la concentración de K disminuyó a medida que se incrementó el P. La tetania ocurre en rumiantes que consumen pasto con relaciones $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg}) > 2.2$. El incremento de P de 50 a 400 μM bajó este rango de 1.8 a 1.0 y de 1.7 a 1.2 en experimentos de invernadero separados. Concentraciones de fósforo mayores a 100 μM estimularon la absorción neta e incrementaron la concentración de Mg y Ca en la hoja y produjeron hojas con una baja relación $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})$. ■

LA SECUENCIA DE LA ROTACION AFECTA EL RENDIMIENTO DE MAIZ Y SOYA

Crookston, R. K. et al. 1991. Rotational cropping sequence affects yields of corn and soybeans. *Agron. J.* 83: 108-113.

Existen muchos reportes sobre el efecto benéfico de la rotación de maíz (*Zea mays* L.) y soya [*Glycine max* (L.) Merr]. Sin embargo, pocos estudios han sido designados específicamente para verificar el importante efecto de la rotación maíz-soya. El objetivo de este estudio fue el determinar el impacto de varias formas de rotación de maíz y soya en el rendimiento de ambos cultivos. Los ensayos se condujeron por 9 años en el campo, en 2 localidades, y fueron manejados para obtener máximo rendimiento. Las

secuencias de cultivo fueron: monocultivo continuo con el mismo cultivar; monocultivo continuo con cultivares alternos; rotación anual de 2 cultivos; y 1, 2, 3, 4 y 5 años de monocultivo seguido de 5 años de otro cultivo. El maíz rotado anualmente rindió 10% más y el primer año fue 15% mejor que el maíz bajo monocultivo. En total la soya rotada anualmente rindió 8% más y el primer año rindió 17% mejor que el monocultivo. El monocultivo de cualquiera de los dos cultivos alternando anualmente dos cultivares diferentes produjo el mismo rendimiento que cultivos continuos de un mismo cultivar. Existieron diferencias en la respuesta de los dos cultivos al incremento de años de monocultivo: el rendimiento más bajo de maíz fue el del segundo año; el rendimiento más bajo de soya fue el de monocultivo extenso. El peso total de materia seca del maíz fue afectado por la secuencia del cultivo, pero el peso de materia seca de la soya no. Los datos sugieren que en Minnesota la rotación de maíz y soya produce incrementos de rendimiento en ambos cultivos. Los datos también sugieren que se debe evitar, si es posible, un segundo año de maíz, mientras que un segundo año de soya no tiene problemas. Si se debe cultivar solamente estos dos cultivos se debe considerar una rotación de dos años de soya y uno de maíz como una alternativa a la rotación anual. ■

EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ALGODON DURANTE EL PERIODO DE FRUCTIFICACION

Reddy, V. R., K. R. Reddy, and D. N. Baker. 1991. Temperature effect on growth and development of cotton during the fruiting period. *Agron. J.* 83: 211-217.

El algodón (*Gossypium hirsutum*) requiere de días calientes y noches relativamente abrigadas para crecimiento y desarrollo óptimos. Sin embargo, en muchas áreas de producción de algodón, ocurren frecuentemente temperaturas superiores e inferiores a la óptima, tanto temprano como tarde en ciclo del cultivo resultando en crecimiento y desarrollo alterado. El propósito de esta investigación fue cuantificar la respuesta de la planta a la temperatura, para incorporar estas respuestas en modelos de crecimiento de la planta usados en el manejo del cultivo de algodón. Las plantas iniciaron el crecimiento en macetas y fueron movidas a cámaras expuestas a la luz y con temperatura controlada, cinco días antes la floración inicial. El crecimiento y desarrollo fue estudiado en condiciones de 20/10, 25/15, 30/20, 35/25 y 40/30°C de temperatura diurna y nocturna desde la floración inicial. La temperatura afectó significativamente la fenología, expansión de la hoja, elongación de los internodos, producción de biomasa y el movimiento de los productos de fotosíntesis a las diferentes

partes de la planta. La temperatura óptima para la producción de biomasa fue 30/20°C, con 40 y 50 % menor biomasa a 20/10 y 40/30°C respectivamente. A los 49 días después de la floración inicial, 13, 15 y 43% de la biomasa, ha sido movida a las bellotas y capullos a 20/10, 25/15 y 30/20°C respectivamente, lo que de alguna forma refleja un desarrollo más lento a temperaturas más bajas que 30/20°C. Arriba de 30/20°C, la mayoría de las bellotas y capullos fueron abortados. El crecimiento del tallo principal y las

hojas sucesivas fue inicialmente rápido, a 30/20°C pero más tarde fue restringido debido a la competencia con capullos por los carbohidratos disponibles. La cuantificación del crecimiento y desarrollo en un rango más amplio de temperatura permitirá predecir el comportamiento del cultivo si la temperatura incrementa como un resultado del cambio climático global.■

CURSOS Y SIMPOSIOS

1.- VII Taller Internacional de Manejo de Suelos

ORGANIZA : INTA (Instituto de Tecnología Agropecuaria)
Soil Management Support Services, Washington D.C U.S.A.
University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico,

LUGAR : Buenos Aires , Argentina

FECHA : Mayo 3-16 de 1992

INFORMACION : Dr. F. H. Beinroth
Dept. of Agronomy & Soils, University of Puerto Rico Mayaguez, PR 00708, U.S.A.

2.- Congreso Bananero Internacional 1992

ORGANIZA : CORBANA

LUGAR : San José, Costa Rica

FECHA : Mayo 12 - 15 de 1992

INFORMACION : CORBANA
P.O. Box. 6504
San José ,Costa Rica
Telf.: 506 244111
Fax: 506 539117

3.- Taller de Nutrición y Fertilización de banano.

ORGANIZA : Unión de Países Exportadores de Banano

LUGAR : Santa Marta, Colombia

FECHA : Mayo 18-23 de 1992

INFORMACION : José Gusmán
UPEB
Apartado 4273
Panama 5
Panama
Telf.: 636266
Fax: 648355

4.- Symposium: " Roots of Plant Nutrition".

ORGANIZA : Potash and Phosphate Institute

LUGAR : Champaign, Illinois, U.S.A.

FECHA : Julio 8-10 de 1992

INFORMACION : Dr. Harold Reetz
P.O. Box. 13
Monticello, IL 61856 U.S.A.
Telf.: 2177622074

5- IFA Regional Conference for Latin America & The Caribbean.

ORGANIZA : IFA

LUGAR : Port of Spain-Trinidad

FECHA : Julio 8-10 de 1992

INFORMACION : IFA-28 rue Marbeuf,
75008 Paris-France
Telf.: 33142252607
Fax: 33142252408

6- The First International Crop Science Congress

ORGANIZA : International Crop Science Society

LUGAR : Ames, Iowa U.S.A.

FECHA : Julio 14-22 de 1992

INFORMACION : Kenneth Frey: Chair
International Crop Science Congress c/o Agronomy Department
Iowa State University
Ames IA 50011 U.S.A.

PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

	COSTO US \$
* Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	\$ 10.00
* POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna. Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad y síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	\$ 1.00
* Fertilización del Banano para Rendimientos Altos. En esta publicación se discuten en amplitud los requerimientos nutricionales, ciclaje de nutrientes, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del banano.	\$ 3.00
* 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.	\$ 3.00
* CAFETO: Cultivo y Fertilización. Esta publicación discute ampliamente el origen, distribución y prácticas culturales, cobertura del suelo, enfermedades y plagas y fertilización científica del Cafeto.	\$ 5.00
* Diagnóstico de Problemas de los Cultivos. Serie de cortos panfletos con fotos que incluyen una concisa discusión de problemas específicos en el campo acompañados con recomendaciones que permiten solucionar el problema e incrementar los rendimientos. Disponible: Deficiencia de Potasio y Boro en Palma Aceitera.	----



INPOFOS - INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
Av. de los Shyris 2260 y el Telégrafo
Casilla Postal 17-17-980
QUITO - ECUADOR

IMPRESOS

CORREO AEREO



BY AIR MAIL