

# INFORMACIONES AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 17

● OCTUBRE 1994

## CONTENIDO

	Página
Análisis foliar: fundamentos y métodos de evaluación	1
Dinámica suelo-cultivo del P y manejo de los fertilizantes fosfatados (Parte II)	9
Efecto del K y Mg en el rendimiento, calidad y rentabilidad de la Col.	13
Reporte de investigación reciente	15
Cursos y Simposios	17
Publicaciones de INPOFOS	18
Editor: Dr. José Espinosa	

## ANALISIS FOLIAR: FUNDAMENTOS Y METODOS DE EVALUACION

### INTRODUCCION

El análisis de plantas, generalmente conocido como análisis foliar, determina el contenido de nutrientes en una parte de la planta que comúnmente es la hoja. El análisis foliar tiene una considerable historia como técnica de diagnóstico, pero en los últimos años se ha utilizado para determinar el estado nutricional del cultivo, e indirectamente la condición de fertilidad del suelo, para de esta forma determinar las necesidades de nutrientes del cultivo.

El análisis foliar asume que la parte de la planta muestreada (generalmente la hoja) es el órgano que refleja el estado nutricional de la planta. Además asume que existe una relación estrecha y directa entre el suplemento de nutrientes (suelo y/o fertilizantes) y el rendimiento, entre el suplemento de nutrientes y la concentración de elementos en las hojas y entre la concentración en las hojas y el rendimiento.

El resultado de los análisis foliares puede utilizarse teniendo en cuenta varios objetivos. El más frecuente de estos objetivos es la verificación de los síntomas de deficiencia de nutrientes. Sin embargo, el uso más importante de los resultados del análisis foliar es el de determinar si el nivel de fertilidad del suelo es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo. Este último objetivo, a pesar de ser el más importante, es el menos entendido y utilizado.

El análisis foliar se realiza siguiendo una serie de pasos que se inicia con el muestreo en el campo,

continua con la preparación de la muestra y el análisis de laboratorio y termina con la interpretación. Cada paso es igualmente importante para que esta técnica de diagnóstico sea exitosa.

### MUESTREO PARA ANALISIS FOLIAR

Las instrucciones para muestreo foliar, en términos de localización de la parte de la planta a muestrearse así como del estado de crecimiento del cultivo, son muy específicas ya que los resultados del análisis deben ser comparados con niveles críticos o rangos de suficiencia que han sido previamente establecidos por investigación y que sirven para interpretar el análisis. Por esta razón, cualquier análisis hecho en parte diferente de la planta con respecto al estándar publicado o a diferente etapa de crecimiento del cultivo de la especificada, no puede interpretarse utilizando los niveles críticos establecidos. En la Tabla 1 se presenta el procedimiento de muestreo en café utilizado en varios países de Latino América. En la Tabla 2 se presentan los contenidos de nutrientes considerados adecuados para el cultivo del café en diferentes países. Estos datos podrán ser utilizados como estándar solamente si se utilizó el sistema de muestreo recomendado en cada país (Tabla 1).

Cuando no existen instrucciones específicas de muestreo en un cultivo, la regla general reconocida es la de muestrear las hojas que han madurado recientemente y cuyo crecimiento ha terminado pero que no han entrado en senilidad. Si se mantiene un muestreo sistemático a través del tiempo se pueden calibrar los resultados de análisis obtenidos relacionando los contenidos de nutrientes en el tejido muestreado con el rendimiento. En otras palabras, después de cierto tiempo de muestreo sistemático se podrá determinar que contenidos de nutrientes en el tejido se asocian con rendimientos bajos y cuales con rendimientos altos (este sería entonces el nivel foliar adecuado para mantener rendimientos altos).

Por otro lado es también muy importante el evitar ciertas condiciones durante el muestreo. La persona encargada del muestreo no debe seleccionar plantas que han estado bajo largo período de estrés climático o nutricional, que presenten daño mecánico o por insectos o que estén atacadas por enfermedades. Se debe también evitar el muestrear hojas cubiertas de polvo o de aplicaciones foliares de diversos productos a menos que se pueda remover completamente estos materiales en el

Tabla 1. Procedimientos de muestreo foliar para café en uso en diferentes países.

País	Muestra	Tamaño
Brasil	Verano, ramas con frutos de 4 gradientes, 3ro o 4to par de hojas desde la punta.	30 o 40 pares
Colombia	Cosecha secundaria, 4to par.	30 o 40 pares
Costa Rica	Alrededor de 1/3 de desarrollo de la fruta, ramas con fruta, 4to par para N, P, K, 2do par para Ca, B, Fe, 6to par para Mg.	60 pares de 15 plantas
Puerto Rico	Inicio de la floración 3ro o 4to par.	25

Tabla 2. Concentración de elementos en las hojas consideradas adecuadas en varios países.

Elem.	Brasil	Colombia	Costa Rica	Puerto Rico
----- % -----				
N	2.7-3.2	2.3-2.8	2.3-2.8	2.5-3.0
P	0.21-0.20	0.10-0.18	0.12-0.20	1.10-0.15
K	1.9-2.4	1.50-2.00	1.7-2.7	2.0-2.5
Ca	1.0-1.4	0.50-1.30	1.1-1.7	0.8-1.4
Mg	0.31-0.36	0.30-0.40	1.1-1.7	0.40
S	0.15-0.20	--	0.20	--
----- ppm -----				
B	59-80	40-60	0-100	100
Cu	8-16	--	6-12	10
Fe	90-180	90-140	75-275	100
Mn	120-210	150-200	50-275	50
Zn	8-16	--	15-20	20

laboratorio. Tampoco se deben muestrear plantas de los bordes del campo u hojas que están continuamente bajo sombra dentro del cultivo. No debe incluirse tejidos muertos en la muestra.

La precisión del análisis depende también del número de submuestras tomadas para formar la muestra compuesta que irá al laboratorio. Varios estudios indican que el número de hojas o partes individuales de la planta correlacionan con el porcentaje de varianza deseado (Figura 1).

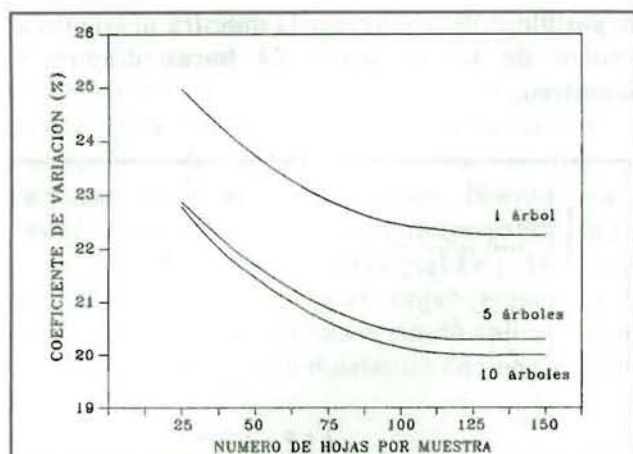


Figura 1. Varianza asociada con el número de hojas por muestra

En el ejemplo de la Figura 1, la varianza se afectó más significativamente con el número de árboles muestreados que con el número de hojas muestreadas por árbol. La combinación del número de plantas seleccionadas para muestreo con el número de hojas por planta determina la varianza o desviación de la media del resultado final del análisis de una muestra en particular.

El escoger adecuadamente la parte de la planta a analizar es importante debido a que la distribución de los elementos esenciales dentro de la planta, y aun dentro de una misma parte de la planta, no es homogénea. A medida que la planta madura existen cambios debido:

- 1) Movimiento de los elementos móviles de los tejidos viejos a los tejidos en desarrollo
- 2) Acumulación de elementos no móviles
- 3) Reducción en el contenido de materia seca

Por ejemplo uno de los signos de madurez es el incremento en la concentración (acumulación) de Ca y Mg y una reducción en la concentración de N y P. Otro factor de variación que afecta a la concentración de K es la posición relativa de una sección de la hoja con respecto a la nervadura. De

igual manera la posición relativa de una sección de la hoja con respecto a los márgenes afecta el contenido de B y Mn ya que estos dos elementos se acumulan en concentraciones apreciablemente altas en los márgenes de las hojas. Un procedimiento de muestreo que afecte las relaciones descritas arriba alterará el resultado del contenido de nutrientes de la muestra analizada. Por ejemplo, el procedimiento de muestreo que solamente colecte las puntas de las hojas o las partes centrales de las hojas producirá una diferente interpretación de aquel procedimiento que muestree toda la hoja. La Tabla 3 ilustra el efecto de dividir la hoja de maíz en cuatro secciones iguales sobre la concentración de nutrientes.

Tabla 3. Contenido de nutrientes en la hoja completa de maíz ubicada bajo la mazorca y de la división de la misma hoja en cuatro partes iguales.

Elem.	Secciones iguales de la hoja				
	Hoja Entera	Punta	Mitad Superior	Mitad Inferior	Base
----- % -----					
N	2.93	3.20	3.65	2.75	1.95
P	0.22	0.22	0.23	0.25	0.18
K	1.22	1.26	1.19	1.44	1.23
Ca	0.48	0.75	0.58	0.48	0.35
Mg	0.39	0.40	0.41	0.45	0.40
----- ppm -----					
B	11	25	14	8	6
Cu	9	12	10	10	8
Fe	96	110	102	75	57
Mn	73	124	79	62	49

Los peciolo no son parte de las hojas y no deben incluirse en la muestra, pero en algunos cultivos como la remolacha azucarera y uva se ha demostrado que la parte de la planta a muestrearse es el peciolo antes que la hoja.

Aun cuando es posible el analizar cualquier parte de la planta o aún la planta completa, el significado biológico de este análisis puede ser muy limitado. Por ejemplo, el análisis de fruta y grano, el análisis de toda la planta o el análisis de cualquier parte de la planta a la madurez o la cosecha generalmente no

provee información confiable acerca del estado nutricional del cultivo en los estados iniciales de crecimiento. Cuando se hace un análisis de tejidos vegetales, el objetivo principal debe ser el de muestrear aquella parte de la planta que genere resultados de análisis que puedan ser comparados con tablas interpretativas aceptadas.

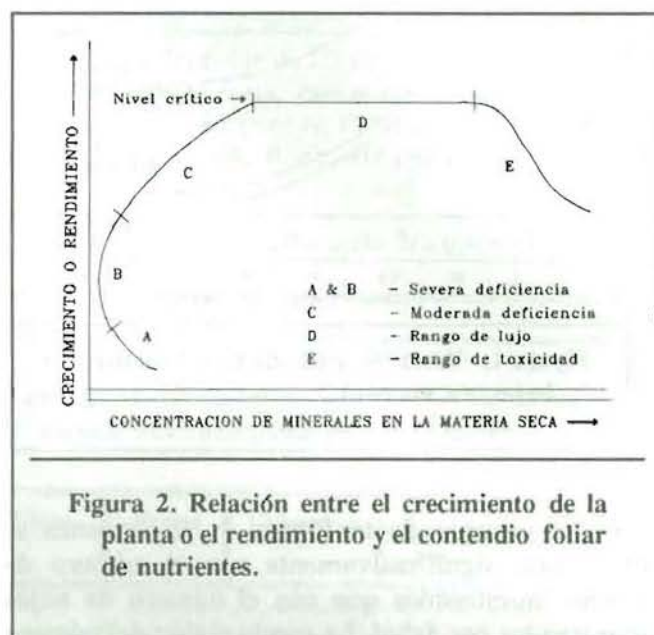
Puede ser también difícil el muestrear dos diferentes poblaciones de plantas con el propósito de hacer comparaciones, particularmente cuando algún tipo de estrés es el que ha causado las diferencias en el estado de crecimiento. Es aconsejable el tomar muestras cuando dos poblaciones de plantas exhiben variados signos de posible insuficiencia de nutrientes, para poder hacer comparaciones. Esto puede ser difícil debido en parte al efecto del estrés de nutrientes en el crecimiento y desarrollo de la planta. Se debe recordar que la concentración de elementos se expresa en relación al peso de materia seca del tejido. Cualquier condición que afecte el crecimiento afecta también el peso de materia seca de la planta y esto a su vez afecta la concentración de elementos en los tejidos. Por esta razón es frecuente encontrar contenidos más altos de nutrientes en plantas de poco crecimiento y estos resultados aparentemente no tienen sentido.

La relación entre la acumulación de materia seca y el contenido foliar de nutrientes se presenta en la Figura 2. La sección A de la parte izquierda de la curva de la Figura 2 se conoce como el efecto Steenbjerg. Este fenómeno resulta de la combinación de efectos producidos por la reducción de la materia seca en la concentración de elementos, es decir plantas pequeñas con contenidos aparentemente altos de nutrientes. Se puede fácilmente llegar a una interpretación errada de los resultados si la persona que interpreta los análisis no está familiarizada con las relaciones entre la acumulación de materia seca y la concentración de elementos.

En muchos casos es cada vez más importante el identificar concentraciones excesivas o tóxicas en los tejidos de las plantas. Desgraciadamente se tiene poca información el rango completo entre deficiencia y toxicidad en muchos cultivos y para varios elementos.

Durante el muestreo se debe tener cuidado también de que el material no se contamine al entrar en contacto con materiales extraños como herramientas, fundas y cajas. Las condiciones de temperatura y humedad durante el transporte de la

muestra al laboratorio también pueden afectar la integridad de la muestra y se deben tomar algunas precauciones. Las muestras foliares frescas no deben colocarse en fundas de plástico a menos que la temperatura se mantenga a valores menores de 5° C. El secado de la muestra al aire antes del envío al laboratorio minimiza la pérdida de peso seco. En lo posible se debe entregar la muestra al laboratorio dentro de las primeras 24 horas después del muestreo.



## PREPARACION Y ANALISIS DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra para análisis de laboratorio envuelve un proceso que modifica las propiedades físicas y químicas del tejido muestreado. Se debe tener mucho cuidado para minimizar estos cambios y para esto se deben seguir los procedimientos que se han determinado adecuados para el manejo de muestras en el laboratorio. En el proceso de preparación de la muestra se logran dos objetivos:

- 1) Acondicionar la muestra para que pueda ser analizada
- 2) Homogenizar la muestra compuesta

Antes de lograr esto se debe decontaminar y secar la muestra. La decontaminación remueve el polvo y otras sustancias extrañas que pueden afectar el análisis de laboratorio y el secado preserva el peso seco del tejido.

## **DECONTAMINACION**

La decontaminación es absolutamente necesaria si se está interesado en analizar la muestra por Fe y Al. Se debe lavar la superficie fresca de la hoja con una solución diluida de detergente (2%) para remover las partículas de polvo y sucio aun cuando éstas no sean visibles. El lavado con agua o con ácido diluido no remueve la mayoría de contaminantes y la decontaminación efectiva depende de la presencia de cera y pubescencias en la superficie de la hoja así como el tipo y concentración de los contaminantes. Normalmente el lavado no es necesario si la muestra colectada se ha seleccionado cuidadosamente y el Fe y Al no son elementos de interés. Las hojas expuestas a frecuente lluvia o que no han recibido aplicación de sustancias que contengan nutrientes no necesitan ser lavadas.

El proceso de decontaminación debe ser hecho rápidamente procurando la menor exposición posible de la solución de lavado con el tejido, para prevenir la pérdida de elementos solubles como el B y el K. En algunos casos, el lavado de las muestras foliares puede presentar peligro de contaminación al transferirse contaminantes de unas pocas hojas a todas las hojas que están siendo lavadas. Por esta razón, cuando no se tiene cuidado, el lavado no necesariamente reduce la presencia de contaminantes.

Después del análisis se puede detectar si ha existido contaminación al observar las concentraciones de Al, Fe y Si presentes en el tejido. Si todos los tres elementos presentan concentraciones relativamente altas, 100 ppm para Al y Fe y más 1% para Si, y su concentración tiende a incrementarse o disminuir en forma conjunta, la contaminación con polvo o tierra es muy probable.

## **SECADO AL HORNO**

El secado rápido, inicialmente a temperatura ambiente para remover el agua de la superficie y luego al horno a 80° C, remueve toda el agua de los tejidos. El secar la muestra a temperaturas más bajas no remueve el agua de todos los tejidos mientras que el secado a temperaturas más altas puede descomponer la muestra reduciendo de esta forma el peso seco. Los tejidos que tienen alto contenido de azúcar o almidón no se secan fácilmente al horno y es mejor secarlos al ambiente. El proceso de secado al horno es mejor cuando se

conduce en una estufa de aire forzado colocando la muestra en una funda de papel o de tela. Las fundas deben acomodarse en el horno con mucho espacio entre ellas para permitir la circulación del aire. Diferentes tipos de muestras pueden ser secadas adecuadamente en un horno de microondas, si el proceso se lleva a cabo cuidadosamente, volteando las muestras frecuentemente después de una corta exposición de las muestras a las microondas.

## **REDUCCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS**

Las muestras después de secadas deben ser molidas para reducir el tamaño de las partículas y obtener una muestra lista para ser analizada en el laboratorio. La muestra se puede segregar durante el molido particularmente si no se controla la electricidad estática. Se debe permitir el suficiente tiempo para que toda la muestra pase por el molino. Tejidos higroscópicos pueden ser muy difíciles de moler. De igual manera, son difíciles de moler aquellos tejidos que tienen considerable pubescencia como la manzana o la soya y se debe tener cuidado con estas muestras durante la operación para poder tener una muestra homogénea.

Si el Fe es el elemento de mayor interés debe tenerse cuidado porque puede ocurrir contaminación significativa si en el molido pone en contacto la muestra con piezas de acero del molino. Para evitar esta contaminación se recomienda usar un mortero para moler las muestras.

Una vez que la muestra ha sido secada y molida se puede guardar indefinidamente en un ambiente oscuro, seco y frío (4° C).

## **DESTRUCCION DE LA MATERIA ORGANICA (DIGESTION)**

Probablemente ningún otro aspecto de la preparación de la muestra para el análisis ha levantado tanta controversia como el de la destrucción de la materia orgánica del tejido, proceso conocido también como digestión. Los dos métodos de uso común son: combustión a alta temperatura conocida como digestión seca y digestión ácida conocida también como digestión húmeda. Ambas técnicas pueden dar resultados comparativos si se conducen adecuadamente. Es necesario indicar sin embargo, que existen excepciones. El B se puede perder por volatilización durante el proceso de digestión

húmeda. Normalmente se pueden obtener contenidos más altos de Al, Fe y Zn (particularmente para tejidos altos en Si) cuando la muestra se prepara por digestión húmeda comparado con la digestión seca. Elementos como el As, Pb y Se se pueden perder del tejido por volatilización durante la digestión seca. Como se puede ver, se debe escoger el método de digestión de la muestra de acuerdo a los elementos que se van analizar así como al contenido de otros elementos en el tejido.

#### *Digestión seca*

La digestión seca se lleva a cabo en una mufla. La temperatura se eleva lentamente (en no menos de 1 hora) de temperatura ambiente a 500° C y se mantiene a esta temperatura por al menos 4 horas. El recipiente para la digestión puede ser un crisol de porcelana o un beaker de vidrio pirex. Los recipientes deben colocarse alejados de las zonas frías dentro de la mufla y además debe evitarse el contacto directo con los lados calientes de la mufla. Los tejidos que tienen un alto contenido de carbohidratos pueden necesitar ayuda para digerir todo el carbón. En este caso se sugiere utilizar una solución al 7% de nitrato de magnesio [Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O] a una solución concentrada de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). El tejido colocado en el recipiente se moja con cualquiera de los reactivos y se coloca en una plancha caliente hasta secar completamente la muestra y después de este procedimiento se coloca el recipiente en la mufla. El tejido se digiere a 500° C por el espacio de 4 horas. Luego de esto se remueve los recipientes de la mufla y se enfrían para proceder a disolver la ceniza con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 20% y/o ácido clorhídrico concentrado (HCl) o con agua regia (una parte de HNO<sub>3</sub> por cada 3 partes de HCl). Este proceso puede hacerse con o sin calentamiento y lleva las cenizas a solución.

#### *Digestión húmeda*

Este proceso usa ácidos para digerir la muestra. Generalmente se utiliza una combinación de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nítrico (HNO<sub>3</sub>) y perclórico (HClO<sub>4</sub>). Además se puede añadir peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para completar la digestión. No se recomienda el uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en aquellos tejidos altos en Ca debido a que se puede formar sulfato de calcio insoluble (CaSO<sub>4</sub>) reduciendo de esta forma la recuperación de Ca de la solución analizada y reduciendo la concentración de otros elementos por coprecipitación.

El HClO<sub>4</sub>, cuando se calienta, es un oxidante altamente reactivo y puede causar explosión cuando se pone en contacto con compuestos fácilmente oxidables. Normalmente se digiere primero la muestra en HNO<sub>3</sub> y se añade HClO<sub>4</sub> después de que la primera digestión se ha completado y la muestra está fría.

Las digestiones húmedas se conducen en tubos de digestión que se introducen en un bloque de digestión de temperatura controlada lo cual simplifica el proceso. Sin embargo, la digestión en un horno de microondas se está haciendo más popular debido a la rapidez y calidad del procedimiento.

## **METODOS PARA EXPRESAR EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LOS TEJIDOS**

La concentración de N, P, K, Ca, Mg y S en los tejidos se expresa como porcentaje (%) en base a peso seco. En forma similar los micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mo, Mn y Zn se expresan en partes por millón (ppm). Usando unidades del sistema internacional los elementos mayores se expresan en gramos/kilogramo (g/kg) y los cationes en centimoles/kilogramo (cmol/kg).

**Tabla 4. Formas de expresar la concentración de nutrientes en los tejidos de las plantas (datos expresados en base a materia seca).**

Elementos	%	g/kg	cmol/kg
N	3.15	31.15	225
P	0.32	3.20	--
K	1.95	19.50	50
Ca	2.00	20.00	50
Mg	0.48	4.80	20
	ppm	mg/kg	mmol/kg
B	20	20	1.85
Cu	12	12	0.19
Fe	111	111	1.98
Mn	55	55	1.00
Zn	33	33	0.50

Los micronutrientes se pueden expresar como partes por millón (ppm), miligramos/kilogramo (mg/kg), o milimoles/kilogramo (mmol/kg).

Normalmente los elementos mayores se expresan en porcentaje con dos lugares después del punto decimal (0.00%). Los micronutrientes se expresan en ppm, concentraciones mayores a 10 ppm se expresan como números enteros, concentraciones mayores que 1 ppm pero menores que 10 ppm se expresan con un lugar después del punto decimal (0.0) y las concentraciones menores a 1 ppm se expresan con dos lugares después del punto decimal (0.00). La Tabla 4 compara la presentación de los nutrientes en diferentes unidades.

## INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Al inicio de un programa de interpretación del análisis foliar se busca el interpretar los resultados con valores simples como la concentración crítica o concentración estándar. Cuando se tiene suficiente experiencia es preferible interpretar los resultados dentro de un juego de datos que definen un rango completo de concentraciones que van desde la deficiencia hasta el exceso. Estos datos interpretativos se pueden obtener de curvas de respuesta como la que se presenta en la Figura 3 y de los rangos de suficiencia como los datos que se presentan en las Tablas 5.

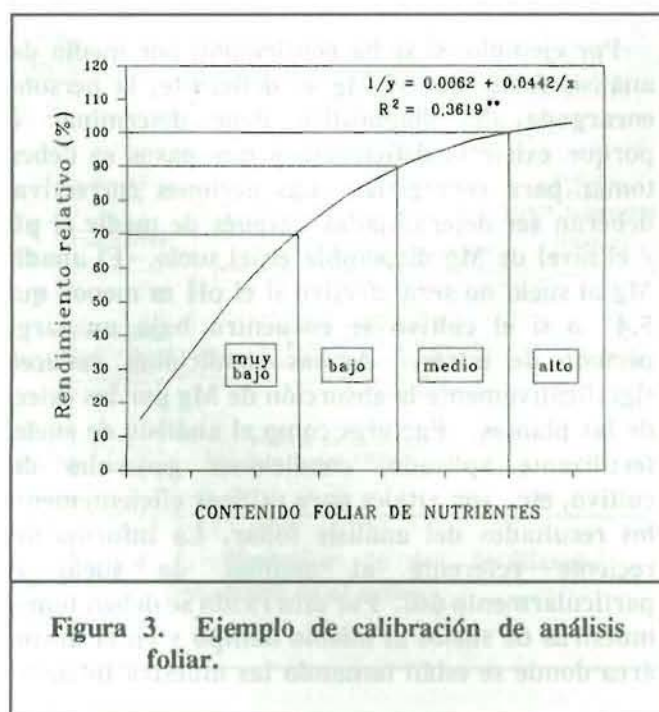


Tabla 5. Rangos de concentración foliar de nutrientes en café propuestos en varios países (Datos expresados en base a materia seca).

Nutriente	Nivel	Colombia	Costa Rica	Brasil
N	Bajo	2.0-2.5	2.0-2.3	2.0-2.5
	Medio	2.5-3.0	2.3-2.8	2.6-3.0
	Alto	> 3.0	> 2.8	> 3.0
P	Bajo	< 0.11	0.09-0.12	0.05-0.1
	Medio	0.11-0.15	0.12-0.2	0.11-0.15
	Alto	1.5-1.8	> 0.2	> 0.15
K	Bajo	1.1-1.5	1.0-1.7	1.5-2.0
	Medio	1.5-1.8	1.7-2.7	2.1-2.5
	Alto	> 1.8	> 2.7	> 2.5
Ca	Bajo	< 0.7	< 0.8	1.0-1.2
	Medio	0.7-1.3	0.8-1.1	1.2-1.5
	Alto	> 1.3	> 1.1	> 1.5
Mg	Bajo	< 0.16	0.1-0.2	0.1-0.2
	Medio	0.16-0.35	0.2-0.35	0.2-0.4
	Alto	> 0.35	> 0.35	> 0.4

El nivel crítico define un punto de referencia con respecto a la concentración de un nutriente en el tejido. A concentraciones menores del nivel crítico disminuye el rendimiento y/o se presentan síntomas de deficiencia y a concentraciones mayores no se espera respuesta en rendimiento. Es difícil usar este valor único cuando el resultado del análisis es considerablemente más alto o más bajo que este valor. Varios investigadores han sugerido utilizar una zona de transición que designe un rango de concentración entre la deficiencia y la suficiencia. Varios autores han definido este rango como el "rango crítico de nutrientes". Este rango se localiza en la zona de transición y define una zona con concentraciones en las cuales se obtiene reducciones en el rendimiento entre 0 y 10%, el valor correspondiente al 10% es el nivel crítico de este elemento en la hoja.

Para utilizar los resultados del análisis foliar en el diagnóstico nutricional, usando los niveles críticos o los rangos de suficiencia, es necesario que la parte

de la planta muestreada y el tiempo de muestreo sean idénticos a aquellos que se utilizaron para desarrollar la norma. Se pueden encontrar diferencias en la concentración de nutrientes en el tejido si existen diferencias en la parte de la planta muestreada, estado de crecimiento, genotipo, etc. Por esta razón estas técnicas de interpretación están limitadas a cumplir con estos requisitos.

Un concepto bastante nuevo en la interpretación del análisis foliar es el sistema denominado DRIS, siglas en inglés del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (Diagnosis and Recommendation Integrated System). La técnica de interpretación DRIS se basa en la comparación de relaciones entre elementos con normas establecidas. El método DRIS se diseñó para:

- 1) Lograr diagnóstico válida a pesar de la edad de la planta o el tipo del tejido.
- 2) Ordenar los nutrientes desde el más limitante al menos limitante.
- 3) Enfatizar la importancia del balance de nutrientes.

Se ha comparado el concepto DRIS de interpretación de análisis foliar con el método de rango de suficiencia y nivel crítico y se ha observado que muchos casos el método DRIS no fue mejor que las otras técnicas. Sin embargo, se considera que cada uno de estos métodos tienen sus desventajas y la mejor forma de utilizarlos es usándolos juntos.

Aparentemente el método DRIS trabaja mejor en los extremos del rango de suficiencia, identificando que elemento o que balance de elementos no es adecuado. El método es menos útil cuando el contenido de nutrientes está en el centro del rango de suficiencia. Se ha observado también que la técnica DRIS no es completamente independiente de la localización o el tiempo de muestreo y por esta razón también se puede mal interpretar los datos DRIS.

Ninguno de los métodos interpretativos discutidos son infalibles y solamente la experiencia permite una adecuada interpretación de cualquiera de los métodos. La interpretación del análisis foliar es todavía considerada como un arte y la persona a cargo de la interpretación debe utilizar todas las herramientas secundarias disponibles, incluyendo el análisis de suelo, para determinar el estado de un

nutriente en la planta y determinar el tratamiento correctivo adecuado.

## UTILIZACION DE LOS ANALISIS FOLIARES

La mayoría de los agricultores y técnicos utilizan el análisis foliar principalmente como una herramienta de diagnóstico que les permite determinar que elemento(s) se encuentra por debajo o por encima de la concentración óptima para el crecimiento normal del cultivo.

La interpretación se inicia estableciendo si el nivel de nutrientes es suficiente o no. El siguiente paso consiste en determinar porque existe la insuficiencia y especifica la forma de corregirla. Finalmente determina como prevenir que la insuficiencia aparezca en el siguiente cultivo.

Si se espera hacer un buen diagnóstico y lograr una recomendación se necesitan más herramientas que solamente el simple análisis foliar. La mayoría de los programas de diagnóstico y recomendación solicitan un cuestionario completo de preguntas referentes a la historia del cultivo que debe ser adjuntado a los resultados del análisis. El cuestionario completo describe las circunstancias en las cuales el cultivo esta creciendo y provee de pistas o guías valiosas para interpretar los resultados y hacer la recomendación para corregir la insuficiencia.

Por ejemplo, si se ha confirmado por medio del análisis foliar que el Mg es deficiente, la persona encargada del diagnóstico debe determinar el porque existe la deficiencia y que pasos se deben tomar para corregirla. Las acciones correctivas deberán ser determinadas después de medir el pH y el nivel de Mg disponible en el suelo. El añadir Mg al suelo no será efectivo si el pH es menor que 5.4 o si el cultivo se encuentra bajo un largo período de estrés. Ambas condiciones reducen significativamente la absorción de Mg por las raíces de las plantas. Factores como el análisis de suelo, fertilizante aplicado, condiciones generales del cultivo, etc. son vitales para utilizar eficientemente los resultados del análisis foliar. La información reciente referente al análisis de suelo es particularmente útil. Por esta razón se deben tomar muestras de suelos al mismo tiempo y en la misma área donde se están tomando las muestra foliares.

Una técnica muy útil pero poco utilizada con el análisis foliar es el seguimiento o monitoreo del



estado nutricional del cultivo. Esta técnica consiste en seguir la concentración de nutrientes en el cultivo a través del tiempo. El objetivo de esta técnica es el de regular las prácticas culturales para mantener la concentración de elementos dentro de los rangos de suficiencia. Esto también permite determinar cuando se están desarrollando insuficiencias de modo que se puedan tomar medidas correctivas antes que los problemas nutricionales reduzcan el rendimiento total o la calidad del cultivo.

## BIBLIOGRAFIA

- Bornemizsa, E. 1992. Calibración y correlación del análisis de suelos y plantas con énfasis en el cultivo del café. En: ANACAFE-INPOFOS. Seminario de Fertilización y Nutrición del Café. Guatemala, Guatemala. pp. 20-25
- Malavolta, E. 1992. Nutrición Mineral del Café. En: ANACAFE-INPOFOS. Seminario de Fertilización y Nutrición del Café Guatemala, Guatemala. pp. 26-42.
- Jones, J. B., B. Wolf, and H. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, Georgia. USA.22

## DINAMICA SUELO-CULTIVO DEL FOSFORO Y MANEJO DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS (Parte II)\*

### CONDUCTA DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS EN EL SUELO

Los cambios iniciales del fertilizante fosfatado aplicado al suelo están gobernados por las propiedades particulares de cada fertilizante. Luego la química del suelo controla los cambios y determina finalmente el destino del P aplicado al suelo (Figura 1).



Debido a que los fertilizantes fosfatados comunes son sales solubles, el agua y el vapor de agua migran dentro del gránulo hasta que éste se satura formando una solución con una composición que está determinada por la forma química del fertilizante. Esta solución se mueve fuera del gránulo hacia el suelo. En el caso del fosfato monocalcico (0-46-0) se forma una solución de ácido fosfórico 4 molar de pH 1.5 que deja un residuo de fosfato de calcio dihidratado (FCDH). El fosfato monoamónico (MAP) y el fosfato diamónico (DAP) producen soluciones de fosfato de amonio de pH 3.5 y 8.0 respectivamente (Lindsay et al., 1962).

La solución que se mueve hacia afuera del gránulo reacciona con los constituyentes del suelo y forma compuestos menos solubles cuya formación está influenciada tanto por las propiedades del fertilizante como por las propiedades del suelo. Todos los fertilizantes comunes parecen formar fosfato de calcio dihidratado el mismo que con el tiempo se disuelve y forma fosfatos menos solubles.

En el caso de suelos ácidos dominados por arcillas de carga permanente (montmorillonita, vermiculita, illita, etc) el siguiente paso es la formación de fosfatos de hierro y aluminio. En estos suelos la reducción en pH (incremento en acidez) permite el rompimiento de la estructura de los minerales arcillosos y en consecuencia se liberan

\*

Artículo escrito por el Dr. Paul Fixen, Northcentral, Director, Potash and Phosphate Institute (PPI).

Al y Fe que reaccionan con el fosfato formando compuestos bastante insolubles. Las superficies de las arcillas de estos suelos no son reactivas y retienen modestas cantidades de P haciendo que las reacciones con Fe y Al sean las que inmovilizan P.

Por otro lado, los suelos tropicales dominados por minerales arcillosos de carga variable (caolinita, óxidos de Fe y Al, alofana, imogolita, etc.) son estables hasta pH's bajos y solamente cuando el pH del suelo llega a valores menores que 5 el Fe y el Al se liberan a la solución del suelo y pueden reaccionar con el fosfato. En este caso la inmovilización de P está relacionada con la alta reactividad o afinidad por P de las superficies de las arcillas presentes en el suelo. Este proceso retiene apreciables cantidades de P en un rango amplio de pH.

En el caso de suelos ligeramente ácidos y alcalinos se forman fosfatos de calcio menos solubles.

Con el tiempo varias de estas formas finales de fosfato pueden también disolverse y pasar a la solución del suelo de donde pueden ser absorbidas por las plantas o entrar en reacciones iguales a las descritas anteriormente.

Durante este proceso de disoluciones secuenciales, precipitaciones y reacciones de adsorción en las superficies de los coloides del suelo, la concentración de P declina hasta formar soluciones de concentraciones de  $10^{-5}$  a  $10^{-6}$  molar que son típicas de las solución del suelo (alrededor de 0.2 ppm de P). Las fuerzas termodinámicas empujan a que las soluciones de P en el suelo lleguen a su menor nivel de energía que la cinética permita (la forma menos soluble).

Generalmente, cuando menos soluble es el mineral más lentamente ocurren las reacciones. De esta forma las primeras reacciones pueden llevarse a cabo en solamente unas pocas horas o días mientras que las últimas reacciones se pueden completar en varios años. Las aplicaciones de fertilizante en banda reducen la velocidad de estas reacciones (Inskeep y Silvertooth, 1988; Grossl y Inskeep, 1991). Las labores de labranza o la remoción del suelo, especialmente en suelos que son inicialmente muy bajos en P soluble, aceleran estas reacciones.

La más alta disponibilidad del fertilizante fosfatado se presenta inmediatamente después de la

disolución de los granos y la disponibilidad declina a medida que la solubilidad de los compuestos también declina. En la mayoría de los suelos de clima templados, la mayoría del P aplicado permanece en forma que las plantas pueden eventualmente utilizarlas, pero debido a la inmovilidad de los compuestos de P formados, la recuperación de este P puede tomar varios años. En suelos tropicales las reacciones de superficie ligan fuertemente el fosfato y una gran cantidad se pierde casi irreversiblemente.

## CARACTERISTICAS OPTIMAS DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS

Las principales características que se consideran cuando se evalúa la eficacia de los fertilizantes fosfatados son: tamaño de la partícula, solubilidad, forma química y forma física. Otras propiedades no agronómicas como la densidad aparente y la humedad relativa crítica son también importantes propiedades que no se discuten en este artículo.

### TAMAÑO DE PARTICULA

Los fertilizantes fosfatados generalmente tienen un diámetro que varía de 3.36 a 0.841 mm o -6 a +20 mesh (Young et al., 1985). El tamaño del gránulo puede influenciar significativamente la efectividad relativa en el corto plazo de los fertilizantes fosfatados. Este efecto varía de acuerdo a varios factores que influyen la solubilidad en agua y la localización del fertilizante en el suelo (Engelstad y Terman, 1980).

Los fertilizantes ligeramente solubles o insolubles en agua como la roca fosfatada son más disponibles cuando se aplican como partículas muy finas de alta área específica superficial y son incorporados completamente en el suelo. Esto produce un incremento del contacto del fertilizante con el suelo que facilita la disolución mientras que el elevado número de partículas incrementa la probabilidad de intersección por las raíces.

La efectividad de los fertilizantes fosfatados de alta solubilidad en agua es generalmente mayor con partículas más grandes. La disponibilidad de los fertilizantes solubles en el agua se reduce por las reacciones de fijación con el suelo. Los gránulos más grandes permiten zonas más amplias de difusión con alta concentración de P lo cual retarda la fijación. Sin embargo una aplicación normal en el campo afecta solamente el 2% del suelo en la zona radicular (Engelstad y Terman, 1980). Si lo

que se busca es que las raíces exploren efectivamente este volumen tan pequeño de suelo, el fertilizante debe colocarse cerca de la planta donde la raíz tiene más probabilidad de interceptar el P aplicado. A medida que el nivel de P disponible se reduce la localización del P en el suelo se hace más crítica.

Desde el punto de vista práctico, las opciones de tamaño de la partícula son frecuentemente determinadas por las propiedades físicas que permiten un adecuado manejo y por los requerimientos de tamaño para las mezclas físicas. Cuando se utilizan dosis óptimas de fertilizante y se determinan los niveles adecuados de P en el suelo, la importancia agronómica del tamaño de la partícula disminuye.

### SOLUBILIDAD EN AGUA

La suma del P soluble en agua y el P soluble en citrato es comúnmente aceptada como una medida de disponibilidad del P para las plantas en el fertilizante. En los inicios de la industria de fertilizantes se prestó mucha atención a la solubilidad de P en agua porque los productos manufacturados en esa época variaban mucho con respecto a la solubilidad en agua. A medida que la industria a logrado productos altamente solubles en agua disminuyó el interés por la solubilidad del P en agua.

Muchos estudios se han conducido para evaluar el efecto de la solubilidad en agua en el comportamiento de los fertilizantes fosfatados. Estudios conducidos por Webb y Pesek (1959) demostraron que cuando se aplicó P al voleo antes de la siembra de maíz, el incremento de la solubilidad en agua de 0 a 92 % incrementó los contenidos de P en la hoja significativamente en solo 1 de los 11 experimentos y no se encontraron incrementos en rendimiento. Por lo que se ha discutido anteriormente en este artículo se esperaría mayor respuesta al incremento en la solubilidad en agua si se aplica el fertilizante en banda que cuando se aplica al voleo. Estudios en Iowa han demostrado que el grado de solubilidad del P en agua de los fertilizantes es más importante en suelos calcáreos que en suelos ácidos (Webb y Pesek, 1961).

Es generalmente aceptado que la solubilidad del P en agua es en cierta forma importante, pero parece poco probable que una solubilidad en agua mayor al 50% sea necesaria, aún para los cultivos que responden más al P y en suelos de bajo

contenido de este elemento.

La más reciente revisión bibliográfica sobre los requerimientos de solubilidad del P en agua de los fertilizantes fosfatados, para la mayoría de los cultivos, fue conducida por Engelstad y Hellums (1992). Esta revisión indica que la mayoría de los cultivos en regiones de clima templado (maíz, leguminosas, arroz, raíces y tubérculos, excluyendo la papa y el trigo) tienen requerimientos de P soluble en agua de 40 a 60% del total del contenido de  $P_2O_5$  del fertilizante, si es que el resto es disponible cuando se mide por métodos convencionales de laboratorio. La excepción fueron las hortalizas incluyendo la papa para las cuales se reporta un requerimiento de P soluble en agua del 60 al 80%. La razón para este mayor requerimiento de las hortalizas es que estos cultivos crecen en un período muy corto de tiempo y tienen un sistema radicular no muy desarrollado. En contraste los cultivos de ciclo largo tienden a tener un sistema radicular mejor desarrollado que tiene mayor probabilidad de interceptar y absorber el P del suelo.

Si se comparan los requerimientos de solubilidad indicados anteriormente con la solubilidad en agua de los principales fertilizantes listados en la Tabla 3 se observan sustanciales diferencias. Desde el punto de vista agronómico, la solubilidad del fertilizante fosfatado puede reducirse significativamente para la mayoría de los sistemas de cultivo sin que exista una reducción en la efectividad. Los requerimientos de alta solubilidad son mayores en aquellos cultivos que crecen muy rápidamente y que tienen un ciclo muy corto de crecimiento lo que no permite el desarrollo de un adecuado sistema radicular.

Tabla 3. Solubilidad en agua de algunos fertilizantes fosfatados (Young et al., 1985).

Fertilizantes	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	P soluble en agua (%)
Superfosfato triple	0-46-0	88
Fosfato monoamónico	11-52-0	91
Fosfato diamónico	18-46-0	91

## FORMA QUIMICA

Se han conducido numerosos estudios para comparar las diferentes formas químicas de los fertilizantes fosfatados. Murphy (1979) resume muchos de estos trabajos y reporta que el fosfato amónico y el superfosfato triple fueron generalmente iguales en su habilidad para suplementar P a las plantas. Datos de investigación han demostrado que la presencia de N amoniacal mejora la absorción de P por las plantas (Olson y Dreier, 1956; Grunes et al., 1958; Riley y Barber, 1971). Sin embargo, el N aplicado en la mayoría de los sistemas de cultivos, ya sea simultáneamente con o antes de la aplicación de P, es suficiente para hacer que la absorción del P por las plantas sea independiente del contenido de N y de la fuente de P (Murphy, 1984).

Recientemente se ha comparado la conducta de los ortofosfatos de amonio (MAP y DAP). Aún cuando a altas dosis el DAP localizado junto a la semilla en suelos calcáreos puede producir más quemadura en las semillas y en las plántulas que el MAP, la disponibilidad de estas dos fuentes de P en las dosis normales y en condiciones normales de campo es similar (Murphy, 1979; Fixen, 1989).

En general, si se cumple con los requerimientos de solubilidad en agua y tamaño de partícula discutidos anteriormente, es muy baja la probabilidad de que exista alguna diferencia en la efectividad agronómica de las diferentes fuentes de P manufacturadas por acidulación de roca fosfórica con ácidos sulfúrico, fosfórico o nítrico.

## BIBLIOGRAFIA

Englestad, O. P. and Deborah T. Hellums. 1992. Water solubility of phosphate fertilizers: agronomic aspects – a literature review. International Fertilizer Development Center (IFDC), Muscle Shoals, Alabama.

Englested, O.P. and G.L. Terman. 1980. Agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. p. 311-329. In F.E.Khasawneh et al. (ed). The Role of Phosphorus in agriculture. ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI.

Grunes, D.L., H.R. Haine, and L.O. Fine. 1958. Proportionate uptake of soil and fertilizer phosphorus by plants as affected by N fertilization: Field experiments with sugar beets and potatoes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22:49-52.

Inskeep, William P. and Jeffrey C. Silvertooth. 1988. Inhibition of hydroxyapatite precipitation in the presence of fulvic, humic, and tannic acids. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:941-946.

Murphy, L.S. 1979. MAP, DAP, poly and rock. North Central Extension Industry Soil Fertility Workshop, Oct. 31-Nov. 1, St Louis, MO.

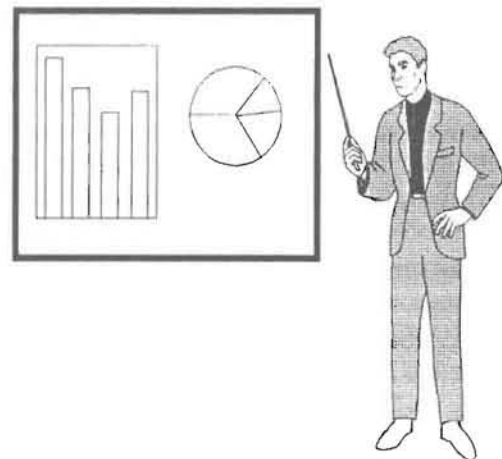
Murphy, L.S. 1984. Water solubility of phosphate Fertilizers-agronomic considerations. The fertilizer Institute Task Force on Water Solubility of P Fertilizers. The Fertilizer Institute, Washington, D.C.

Olson, R.A. and A.F. Dreier. 1956. Nitrogen, a Key factor in fertilizer phosphorus efficiency. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20:509-514.

Riley, D. and S.A. Barber. 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:868-873.

Webb, J.R. and J.T. Pesek. 1958. An evaluation of phosphorus fertilizers varying in water solubility: II. Oat fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:222-226.

Young, Ronald R., D.G. Estfall, and Gary W. Colliver. 1985. Production, marketing, and use of phosphorus fertilizers. In O.P. Engelstad (ed) Fertilizer Technology and Use, 3rd edition. SSSA, Madison, WI.



## EFFECTO DEL POTASIO Y MAGNESIO EN EL RENDIMIENTO, CALIDAD Y RENTABILIDAD DE LA COL\*

### INTRODUCCION

Los agricultores Chinos de la localidad de Chongking utilizan altas dosis de nitrógeno (N) en col y otras hortalizas, en la búsqueda de altos rendimientos. La presencia de altas cantidades de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en los tejidos de cultivos de los cuales se consume la hoja, constituyen un riesgo para la salud humana debido a que el  $\text{NO}_3$  es precursor de la formación de nitrosamina en el tracto intestinal. El  $\text{NO}_3$  absorbido por las plantas se reduce a amonio ( $\text{NH}_4$ ) en las hojas y se inicia la formación de proteínas. La transformación de  $\text{NO}_3$  a  $\text{NH}_4$  se inhibe cuando el contenido de potasio (K) es bajo y en consecuencia se acumula  $\text{NO}_3$  en los tejidos.

Se inició este experimento para evaluar el efecto de la aplicación conjunta de K y magnesio (Mg) en el contenido de  $\text{NO}_3$ , rendimiento y calidad de la col una hortaliza de elevado consumo en China.

### TRATAMIENTOS

Este experimento se condujo en 1991 y evaluó el efecto de diferentes dosis de K en forma de sulfato de potasio ( $\text{SO}_4\text{K}$ ) aplicado con y sin Mg, en la reducción del contenido de  $\text{NO}_3$ , rendimiento y calidad de la col. La descripción de los tratamientos se presenta en la Tabla 1. Se aplicó además 450 kg/ha de N en forma de urea y 263 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Todo el P, K y Mg y el 25% de N se aplicaron al fondo del surco antes de la siembra. Luego se aplicó al voleo el 12.5, 16.5 y 46% del N después de la emergencia, a la formación de la roseta y a la formación de la cabeza, respectivamente.

El cultivo se desarrolló en un suelo arcilloso, pH= 6.0, materia orgánica=1.64 %, N=87 ppm, P 25 ppm, K=107 ppm, Mg=139 ppm.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Dosis de nutrientes (kg/ha)		
	N	K <sub>2</sub> O	MgO
N	450	0	0
NK1	450	150	0
NK1Mg	450	150	30
NK2	450	300	0
NK3	450	450	0
NK3Mg	450	450	30

Todas las parcelas recibieron una dosis uniforme de 263 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

### RESULTADOS

#### Rendimiento

Los resultados del rendimiento de col y el análisis económico se presentan en la Tabla 2. La parcela testigo alcanzó un rendimiento de 68.25 t/ha. A pesar de que el mejor rendimiento se logró con la dosis más alta de K y Mg (84.75 t/ha), el mejor retorno económico se logró con el tratamiento 2 (150 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha sin Mg) que logró un rendimiento de 82.5 t/ha.

No hubo respuestas significativas en rendimiento a aplicaciones de K mayores a 150 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha. Tampoco se encontró respuesta a la aplicación de Mg en este suelo, sin embargo, se observó que la aplicación de Mg con la dosis más alta de K (450 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha) incrementó el rendimiento (84.75 t/ha) sugiriendo la presencia de una interacción KxMg.

\*

Tianxiu, He., He, Chenghui. y R. Hardter. 1994. Effect of K and Mg fertilizers applied to cabbage on yield, quality and economic return. Potash Review (2) 1194. Basel, Switzerland.

**Tabla 2. Efecto de dosis de K y Mg en el rendimiento y en el retorno económico del cultivo de col.**

Tratam.	Dosis de nutrientes (kg/ha)			Rendimiento		Rentabilidad (Yuan/ha)			
	N	K <sub>2</sub> O	MgO	kg/ha	%	Gastos	Retorno	Ganancia	%
N	450	0	0	68250	100	1289	13650	12361	100
NK1	450	150	0	82500	121	1649	16500	14841	120
NK1Mg	450	150	30	81000	119	1793	16200	14407	117
NK2	450	300	0	80250	118	2009	16050	14041	114
NK3	450	450	0	81750	120	3369	16350	13918	112
NK3Mg	450	450	30	84750	124	2513	16950	14437	117

### Distribución de K y NO<sub>3</sub> en las plantas

La Tabla 3 presenta los datos del contenido de NO<sub>3</sub> y K, a la cosecha, en las hojas exteriores e interiores y en la nervadura central. Se observa que en todos los tratamientos se redujo el contenido de NO<sub>3</sub> de la nervadura central y de las hojas, particularmente de las hojas interiores que son las que se consumen. Por otro lado se observa el efecto de los tratamientos en el incremento de K en los mismos tejidos. Se determinó una razonable correlación negativa entre contenido de K y contenido de NO<sub>3</sub> en los tejidos de la planta estudiados ( $r = -0.72$ ).

**Tabla 3. Efecto de las dosis de K y Mg en el contenido de NO<sub>3</sub> y K de las hojas externas e internas de la col a la cosecha.**

Nutrientes (kg/ha)		NO <sub>3</sub> en las hojas (ppm)		K en las hojas (%)	
K <sub>2</sub> O	Mg	Externas	Internas	Externas	Internas
0	0	665	622	0.062	0.079
150	0	718	344	0.077	0.095
150	30	631	322	0.073	0.101
300	0	828	380	0.063	0.101
450	0	644	314	0.110	0.127
450	30	682	290	0.116	0.131

### Metabolismo de nitrógeno

Como se puede observar en la Tabla 4 los contenidos de NO<sub>3</sub> están inversamente relacionados con los contenidos de K y Mg en las hojas internas (parte comestible de la col), mientras que existe una relación directa entre el contenido de aminoácidos y el K y Mg. El mismo comportamiento se observó en las hojas exteriores. Esto indica que el incremento en los contenidos de K y Mg en la planta promueven la transformación de NO<sub>3</sub> a aminoácidos y proteínas.

El tratamiento NK3Mg produjo la col de mejor calidad, con un contenido de NO<sub>3</sub> 50% menor que el tratamiento control y con un contenido de aminoácidos aproximadamente 50% más alto.

Otra característica importante en términos de calidad es la resistencia de la col al almacenamiento. Se demostró que un balance correcto de nutrientes alarga el tiempo de vida de la col en almacenamiento. El daño más severo se presentó en las coles provenientes de las parcelas donde no se aplicó K y Mg y donde el K fue bajo en relación al Mg (tratamiento NK1Mg). Por otro lado el daño fue menos severo cuando la relación K/Mg fue alta (tratamiento NK3Mg).

### BIBLIOGRAFIA

He Tianxiu and He Chenghui (1992): Relationship between potassium and nitrate contents in vegetables. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, Vol. 5, 49-55.

**Tabla 4. Efecto del K y Mg en el contenido de NO<sub>3</sub> y aminoácidos en el corazón de la col.**

Nutrientes aplicados (kg/ha)		Contenido en los tejidos					
		K	Mg	NO <sub>3</sub>		Aminoácidos	
K <sub>2</sub> O	MgO	%	%	ppm	% relativo	%	% relativo
0	0	0.079	0.261	622	100.0	0.185	100.0
150	0	0.095	0.286	344	55.3	0.226	122.0
150	30	0.101	0.381	322	51.8	0.17	117.3
300	0	0.101	0.268	380	61.1	0.194	104.9
450	0	0.127	0.305	314	50.5	0.118	101.7
450	30	0.134	0.314	290	46.6	0.271	148.8

● He Tianxiu and He Chenghui et al. (1994): The effects of K and Mg fertilizers on the yield and quality of watermelon. *Journal of Southwest Agricultural University*, Sum. 9, 59-62.

magnesium-deficient soil on some cash crops. *Chinese Journal of Soil Science*, Vol. 24, 74-76.

Du Chenglin, Wang Yingming et al. (1993): The effect of applying magnesium fertilizer to

## REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

### MANTENIMIENTO DE LOS RENDIMIENTOS Y LA FERTILIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS NO MECANIZADOS DE CULTIVOS EN BOLIVIA

● Barber, R.G., and O. Díaz. 1994. *Maintenance of yields and soil fertility in nonmechanized cropping systems, Bolivia. Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:858-866.

Los agricultores que practican el sistema de roza y quema en las selvas tropicales del Este Boliviano están abandonando la tierra después de un cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) debido a la reducción en rendimiento. Se condujo un experimento en un suelo Typic Paleudult por 45 meses para investigar si sistemas de cultivo no mecanizados de bajos insumos podrían prolongar la fertilidad del suelo y mantener el rendimiento y para investigar si la fertilidad del suelo y las malezas eran las responsables de la reducción en rendimiento. Se investigaron 12 sistemas de cultivo en un diseño factorial con 3 secuencias de cultivos verano-invierno: arroz-maní (*Arachis hypogaea* L.), maíz (*Zea mays* L.)- frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que fue sustituido después

por caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], y arroz-descanso (testigo); dos tratamientos de control de malezas: mínimo y óptimo; y dos tratamientos de fertilización: con y sin 60 kg N/ha y 17.5 o 35 kg P/ha. Las secuencias de cultivo incrementaron significativamente la acidez intercambiable; las secuencias con arroz redujeron significativamente el Ca intercambiable, y las de maíz-frijol/caupí redujeron significativamente el Mg intercambiable. La fertilización incrementó significativamente el P en el suelo pero decreció el Ca. El análisis foliar indicó deficiencias de N, Mg y Zn en todos los sistemas de cultivo. Los rendimientos de arroz, a diferencia del maíz, se incrementaron significativamente con el control óptimo de malezas. Los rendimientos de maíz fueron dominados por la fertilización mientras que los rendimientos de arroz fueron principalmente influenciados por fertilización en el primero de los 4 años y por las malezas en los siguientes años. La rotación arroz-descanso sin fertilizantes no fue sostenible y la rotación maíz-frijol/caupí fue solamente sostenible por 3 años. Con fertilización, la rotación arroz-descanso más control

óptimo de malezas y la rotación maíz-frijol/caupí con mínimo u óptimo control de malezas fue sostenible por 3 años. Serán necesarios aplicaciones futuras de fertilizantes y cal para prolongar la sostenibilidad.

#### EVALUACION IN SITU DE LOS CAMBIOS EN FOSFORO LABIL CON MEMBRANAS DE INTERCAMBIO ANIONICO

*Cooperband L.R., and T.J. Logan. 1994. Measuring in situ changes in labile soil phosphorus with anion-exchange membranes. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:105-114.*

Los métodos químicos convencionales para extraer P lábil del suelo son a menudo inadecuados para detectar in situ la dinámica en corto tiempo y el tamaño espacial del P. Este estudio refinó y calibró la metodología de membranas de intercambio aniónico (MIA), relacionó el P extraído por la membrana con el P en la solución de un suelo con alta capacidad de retener P y evaluó la viabilidad del método en condiciones de campo en el trópico húmedo. Se determinó: (i) la reciclabilidad de la MIA, (ii) la cinética de la adsorción de P a la MIA, (iii) la correlación entre P de la solución y P extraído por la MIA en un Andic Humitropept, y (iv) la potencial interferencia de otros aniones ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) en la extracción de P por la MIA. Se utilizó MIAs en un estudio de campo que evaluó la liberación de P por efecto de la descomposición de residuos de plantas y estiércol y los flujos de P lábil del suelo. La capacidad de adsorción de P en la MIA no se alteró por uso repetido. Concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en solución de 50 a 100 mg/L redujeron la adsorción de P por la MIA en 50 y 75% respectivamente y este comportamiento fue igual en todas las concentraciones de P en la solución; concentraciones de  $\text{SO}_4^{2-}$  de 500 a 1000 mg/L redujeron la adsorción de P en la MIA en 98%. La relación entre el P extraído por la MIA y el P en la solución del suelo fue curvilínea tanto a concentraciones de no equilibrio como de equilibrio; la relación fue esencialmente lineal a concentraciones de P en la solución del suelo de 0 a 2 mg/L. La MIA se comportó como un intercambiador dinámico antes que como un extractor infinito de P, particularmente en el contexto de suelo de bajo pH y alta capacidad de retención de P. La MIA detectó flujos relevantes de P en el estudio de descomposición en el campo. Esta técnica tiene potencial como un método fácil para medir los flujos de P con una disturbación mínima

del suelo.

#### DESARROLLO DE UN ANALISIS DE NITROGENO EN EL SUELO PARA MEJORAR LAS RECOMENDACIONES DE MAIZ

*Schmitt M.A., and G.W. Randall. 1994. Developing a soil nitrogen test for improved recommendations for corn. J. Prod. Agric. 7:328-334.*

Recomendaciones de N precisas y confiables son importantes si los agricultores desean obtener óptimos beneficios económicos minimizando al mismo tiempo el potencial de impactos negativos del N en el ambiente. Este estudio se condujo para determinar la posibilidad y confiabilidad de incluir un análisis de suelo de N en el ajuste de las recomendaciones de este nutriente para maíz (*Zea mays* L.) y para evaluar que parámetros deben entrar en este análisis. Se condujeron experimentos de dosis de N en 54 sitios de toda el área maicera de Minnesota desde 1989 a 1992. El análisis de los datos indica que la concentración de  $\text{NO}_3^-$  de una muestra tomada a una profundidad de 60 cm en la primavera genera una relación para un análisis de suelo que fue evaluado en términos de  $R^2$ , frecuencia de errores y uso práctico. Se midió una relación lineal ( $R^2=0.51$ ) entre el  $\text{NO}_3^-$  del suelo medido con el análisis propuesto y el crédito de N en el suelo. El crédito de N en el suelo fue calculado para cada sitio-año sustrayendo la dosis óptima de N, que fue medida experimentalmente, de la cantidad de N de las tablas de recomendación usadas actualmente en Minnesota. Basándose en la pendiente de esta regresión se puede indicar que por cada unidad de  $\text{NO}_3^-$  medida por el análisis de suelo, una cantidad ligeramente menor sería cuantificada como crédito de N en el suelo. Las recomendaciones de N para maíz en Minnesota usando un análisis de suelo pueden ser ajustadas sustrayendo los valores de crédito de N en el suelo, los mismos que son una función del análisis de suelo propuesto, de las tablas de recomendación de N. No se hace ajuste de la recomendación de N cuando el  $\text{NO}_3^- < 6$  ppm mientras que no se recomienda N a concentraciones  $> 19$  ppm. El análisis parece ser muy útil cuando maíz ha sido el cultivo previo, cuando la textura del suelo es mediana a fina y cuando se espera alguna residualidad de  $\text{NO}_3^-$ . Este método, que utiliza las dosis de recomendaciones actuales ajustadas por el análisis de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo, debe facilitar la adopción rápida de un análisis de suelo para N por los agricultores de Minnesota.



## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1. COMERCIALIZACION DE FERTILIZANTES A TRAVES DE CANALES COMERCIALES REESTRUCTURADOS

ORGANIZA : Centro Internacional para el desarrollo de los fertilizantes, IFDC.  
LUGAR : Yakarta-Indonesia  
FECHA : Noviembre de 1994  
INFORMACION: Sr. Ram S. Giroti Coordinador de la Unidad de Desarrollo de Recursos.  
P.O.Box 2040  
Muscle Shoals Alabama 5662  
Telf.: 205 381 6600  
Fax .: 205 381 7408

### 2. IV REUNION DE LA RED LATINO AMERICANA DE ROCA FOSFORICA

ORGANIZA : Red Latinoamericana de Roca Fosfórica, RELARF  
LUGAR : Habana-Cuba  
FECHA : Noviembre 1-4 de 1994  
INFORMACION: Dr. Rafael Villegas D.  
Av. Van Troi No.17203  
CP 19210  
Boyeros, C.Habana, Cuba  
Fax.: 053 7 228282/331218

### 3. BIOLOGICAL TREATMENT OF SOIL AND WATER

ORGANIZA : Society of Chemical Industry, SCI  
LUGAR : Londres-Inglaterra  
FECHA : Noviembre 15 de 1994  
INFORMACION : 14/15 Belgrave Square,  
London, SW1X 8PS.  
Telf.: (+44)(0)71 235 3681  
Fax .: (+44)(0)71 823 1698

### 4. INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION FARMING

ORGANIZA : Philippines Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research & Development, (PCARRD)  
LUGAR : Manila-Philippines  
FECHA : Noviembre 20-26 de 1994  
INFORMACION : PCARRD  
International Board For Soil Research and Management, IBSRAM.  
Swiss Development Cooperation, SDC.

### 5. THE BRIGHTON CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES

ORGANIZA : Conference Associates and Services Ltda., BCPC  
LUGAR : Londres-Inglaterra  
FECHA : Noviembre 21-24 de 1994  
INFORMACION : BCPC Congress House, 55  
New Cavendish Street,  
London, W1M 7 RE

### 6. 6th FERTILIZER LATIN AMERICA CONFERENCE AND EXHIBITION

ORGANIZA : THE BRITISH SULPHUR CONFERENCE  
LUGAR : Florida, USA.  
FECHA : Noviembre 9-11 de 1994  
INFORMACION: Alexander More  
Conference Manager, 31  
Mount Pleasant, London  
WC1X 0AD.  
Telf.: (+4471)837 5600

## PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

	Costo US \$
* <b>Manual de Fertilidad de Suelos.</b> Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	\$ 10.00
* <b>POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.</b> Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	\$ 2.00
* <b>Fertilización del Banano para Rendimientos Altos.</b> 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
* <b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.	\$ 3.00
* <b>CAFETO: Cultivo y Fertilización.</b> Esta publicación discute ampliamente el origen, distribución y prácticas culturales, cobertura del suelo, enfermedades y plagas y fertilización científica del Cafeto.	\$ 8.00
* <b>Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.</b> 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.	\$ 3.00
* <b>Nutrición de la Caña de Azúcar.</b> 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.	\$ 15.00
* <b>Nutrición y Fertilización del Maracuyá.</b> 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	\$ 4.00
* <b>Conozca y Resuelva los Problemas del Maíz.</b> Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición del maíz, como guía para la obtención de rendimientos altos.	\$ 0.50



INPOFOS-INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
Casilla Postal 17-17-980  
QUITO ECUADOR

IMPRESOS

CORREO AEREO



BY AIR MAIL