

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).

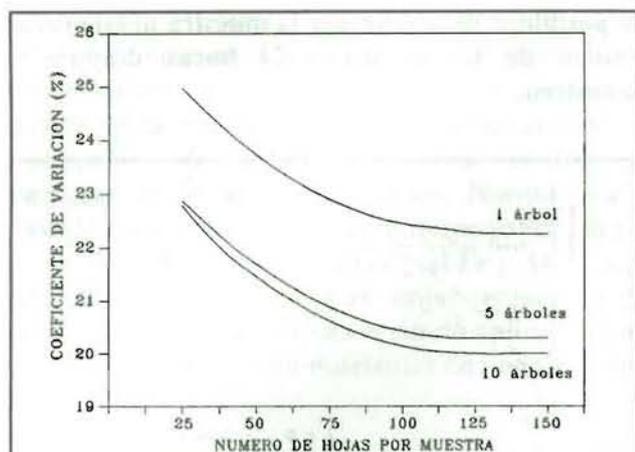


Figura 1. Varianza asociada con el número de hojas por muestra

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.

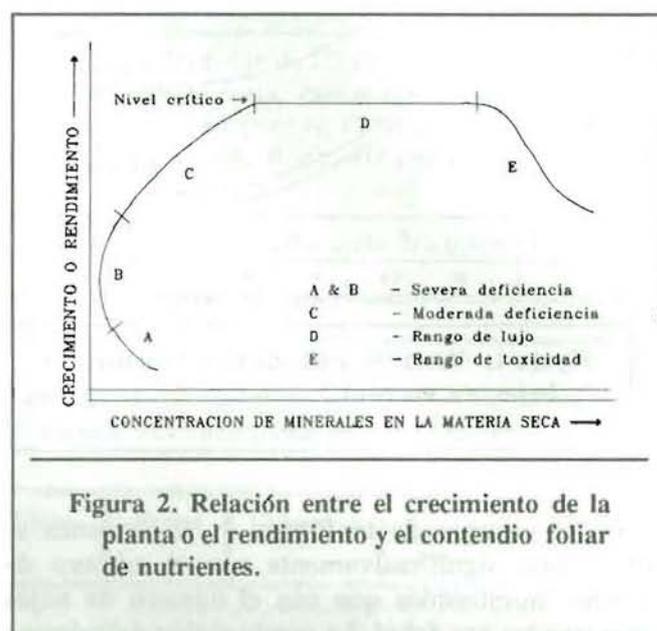
Puede ser también difícil el muestrear dos diferentes poblaciones de plantas con el propósito de hacer comparaciones, particularmente cuando algún tipo de estrés es el que ha causado las diferencias en el estado de crecimiento. Es aconsejable el tomar muestras cuando dos poblaciones de plantas exhiben 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(NO₃)₂.6H₂O] a una solución concentrada de ácido nítrico (HNO₃). 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 (HNO₃) al 20% y/o ácido clorhídrico concentrado (HCl) o con agua regia (una parte de HNO₃ 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 (H₂SO₄), nítrico (HNO₃) y perclórico (HClO₄). Además se puede añadir peróxido de hidrógeno (H₂O₂) para completar la digestión. No se recomienda el uso de H₂SO₄ en aquellos tejidos altos en Ca debido a que se puede formar sulfato de calcio insoluble (CaSO₄) reduciendo de esta forma la recuperación de Ca de la solución analizada y reduciendo la concentración de otros elementos por coprecipitación.

El HClO₄, 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 HNO₃ y se añade HClO₄ 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.

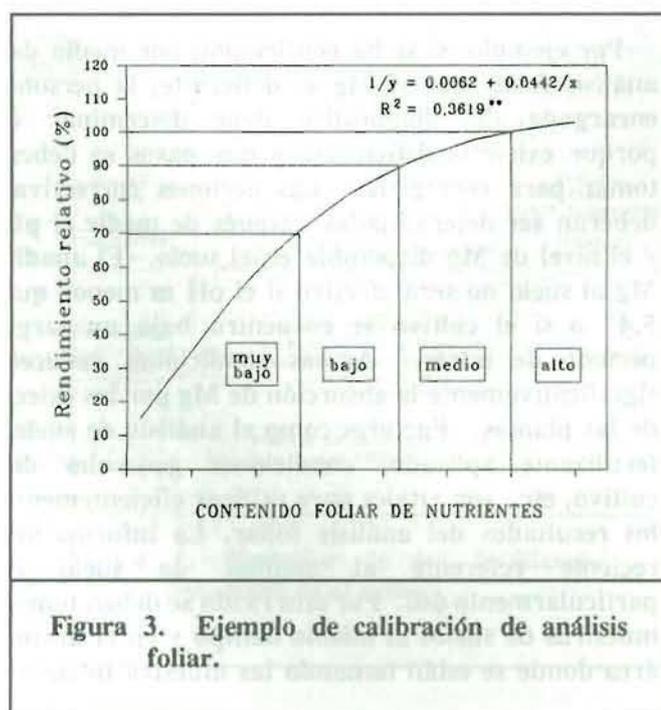


Tabla 5. Rangos de concentración foliar de nutrientes en café propuestos en varios países (Datos expresados en base a materia seca).

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