

USO DE RESINAS DE INTERCAMBIO PARA MEDIR EL EFECTO DE LAS ROTACIONES EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

S. Salisbury y N. Christensen

Introducción

Uno de los métodos más prometedores para estimar la disponibilidad de nutrientes es la tecnología de las resinas de intercambio. Esta tecnología permite eliminar los problemas inherentes a la extracción química de los elementos en una muestra de suelos. Su uso puede llevar a una refinada forma de diseñar recomendaciones de fertilización que beneficien a los productores y el ambiente.

Los intercambiadores de iones son materiales sintéticos insolubles, orgánicos o inorgánicos, que contienen formas lábiles de iones que pueden ser intercambiados con otros iones en el medio circundante. Procesos similares que ocurren en la naturaleza son el intercambio de cationes en los coloides del suelo y la toma de nutrientes por las raíces de las plantas. Se pueden encontrar en el mercado intercambiadores de aniones y cationes en la forma de membranas o cápsulas.

Una ventaja de las resinas de intercambio sobre los métodos tradicionales de extracción de nutrientes es la relación mecánica entre la recuperación de nutrientes por las resinas de intercambio y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La difusión de iones es el principal mecanismo que controla la concentración de nutrientes en la superficie de las raíces, especialmente para los nutrientes inmóviles como fósforo (P) y potasio (K). De igual forma, la acumulación de iones en las resinas de intercambio depende de la concentración y la tasa de la difusión de los iones en el medio circundante. A diferencia del extracto químico de la muestra de suelo, la acumulación de iones en la resina de intercambio depende de la temperatura y el contenido de agua del suelo, factores que afectan tanto la actividad biológica como la difusión de iones. Las resinas de intercambio se entierran en el suelo y de esta forma están expuestas a las mismas condiciones que las raíces de las plantas, por esta razón, la recuperación de nutrientes de las resinas deberían reflejar mejor la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

El análisis de suelo convencional mide la cantidad de nutrientes disponibles al momento del muestreo, pero no tiene en cuenta los factores que podrían

* Tomado de: Salisbury, S., and N. Christensen. 2000. Exchange resins measure rotation effect on nutrient availability. *Better Crops* 85(1): 14-16.

ENERO 2001

No. 42

CONTENIDO

	Pág.
Uso de resinas de intercambio para medir el efecto de las rotaciones en la disponibilidad de nutrientes	1
El muestreo de suelos: Los beneficios de un buen trabajo	4
Síntomas de deficiencia de nutrientes en la uva	8
Reporte de investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INFOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

afectar subsecuentemente la disponibilidad de esos nutrientes. Las resinas de intercambio pueden integrar los efectos de los procesos físicos, químicos y biológicos que afectan la mineralización de nutrientes de las formas orgánicas a inorgánicas, la transformación de unas formas minerales a otras y la difusión de nutrientes a las raíces. Además, las resinas son también útiles para determinar las diferencias en la capacidad de un suelo de suplir nutrientes a medida que éste es afectado por manejo a largo plazo como la rotación de cultivos y la historia de fertilización. Mediciones consecutivas permiten determinar la dinámica del suplemento de nutrientes a través del tiempo.

Materiales y métodos

El estudio fue diseñado para evaluar la tecnología de las resinas de intercambio para determinar la disponibilidad de nutrientes para trigo de invierno, incorporado dentro de un estudio de rotación donde el N fue el único nutriente limitante. Se utilizó el Simulador de Raíces (Plant Root Simulator, PRS™) consistente en membranas de resinas de intercambio iónico encapsuladas en marcos plásticos (Western Ag Innovations, Saskatoon, SK, Canada). El sistema incluye dos tipos de resinas. Las resinas para cationes absorben iones cargados positivamente como amonio (NH_4^+), K^+ , calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), etc. Las resinas para aniones absorben iones cargados negativamente como nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}), etc. (Foto 1). Las resinas fueron instaladas en lotes sembrados con trigo de invierno no fertilizado que tuvieron avena y trébol en el ciclo anterior. Las mediciones se mantuvieron por un período de ocho semanas que se iniciaron cuando el trigo fue sembrado el 22 de octubre. Se instalaron tres pares de resinas en cada parcela a la siembra y se removieron del suelo luego de una semana. Este proceso se repitió cada semana en las siguientes siete semanas. Las resinas se removieron del suelo y se lavaron con agua destilada y los nutrientes fueron extraídos con ácido clorhídrico (HCl) 0.5 M. Los extractos fueron analizados por N en forma de amonio (NH_4^+), N en forma de nitrato (NO_3^-), K^+ , PO_4^{3-} , Ca^{2+} y Mg^{2+} .

Se tomó una muestra de plantas a las ocho semanas después de la siembra para estimar la acumulación de biomasa total y la absorción de nutrientes. Se tomaron muestras de suelos convencionales de 0 a 10 cm de profundidad a la primera, cuarta y octava semana después de la siembra. Las muestras de plantas y las muestras de suelos fueron analizadas por los mismos nutrientes por los que se analizaron las resinas.



Foto 1. Resinas de intercambio utilizadas para medir la disponibilidad de cationes y aniones en la solución del suelo.

Resultados

En promedio, las resinas absorbieron significativamente más NO_3^- cuando la siembra de trigo de invierno fue hecha después de trébol comparada con la de avena (Figura 1). Sin embargo, la recuperación de NO_3^- por las resinas dependió de cuando se hicieron las mediciones. Tanto la recuperación de NO_3^- como las diferencias entre rotaciones fueron mayores en las primeras semanas después de la siembra. Los niveles más bajos de NO_3^- se presentaron de la semana cuatro a la ocho. Precipitación superior a 17 mm durante la última semana de noviembre probablemente lixivió el NO_3^- a capas inferiores a los sitios donde se encontraban las resinas. Además, significativamente más NH_4^+ se recuperó en las parcelas que se localizaron después de trébol (9.1 mg/10 cm²/7 días) comparado con el de la avena (7.8 mg/10 cm²/7 días). Los efectos temporales fueron menos pronunciados con NH_4^+ que con NO_3^- , pero la menor recuperación de NH_4^+ fue medida en la semana tres cuando el suelo estuvo más seco (datos no presentados).

A pesar de que el N fue el único nutriente limitante para el trigo, el cultivo anterior influyó significativamente en el K^+ absorbido por las resinas (Figura 2). Las resinas recuperaron, en promedio, 47% más K^+ cuando se cultivo trigo a continuación trébol que a continuación de avena. Las diferencias por efecto de rotación se midieron en todas las fechas de muestreo, pero fueron más grandes en las últimas fechas de muestreo (noviembre 26). No se esperaba observar el efecto de la rotación de cultivos en la disponibilidad de K^+ porque no se habían aplicado fertilizantes potásicos por cuatro años y menos aun que fueran aplicados

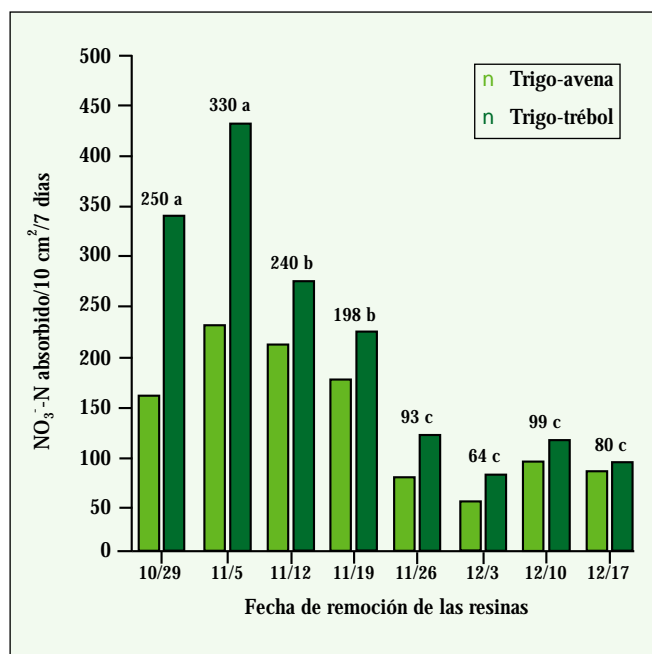


Figura 1. Nitrato absorbido por las resinas durante intervalos de 7 días en 1988. La media de NO_3^- -N absorbido fue significativamente menor ($P=0.05$) para trigo después de avena (132 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días) que para trigo después de trébol (207 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días).

diferencialmente. Las diferencias por rotación en K^+ son probablemente relacionadas con las diferencias en la cantidad y/o la localización del residuo del cultivo previo.

En contraste con el N y el K, el promedio de PO_4^{3-} recuperado por las resinas fue significativamente menor donde el trigo siguió al trébol que donde estuvo luego de avena (Figura 3). Las resinas recuperaron más PO_4^{3-} en los últimos muestreos cuando el contenido de agua en el suelo fue más alto. No se conoce por qué el PO_4^{3-} fue más disponible después del cultivo de avena, pero se especula que el trébol fue más eficiente que la avena para tomar P de las reservas del suelo.

La recuperación de N por las resinas de intercambio se comparan bien con la absorción de N por el trigo. Las plantas de trigo cultivadas después de avena acumularon 63% del N acumulado por las plantas de trigo después de trébol, ocho semanas después de la siembra. De igual manera, las resinas en las parcelas de trigo después de avena recuperaron en promedio 64% del NO_3^- de lo que lo hicieron las resinas en las parcelas que siguieron al trébol. Aun cuando el K no limitó el crecimiento del trigo, la concentración de K en los tejidos y la absorción total de K por las plantas fueron mayores cuando el trigo se cultivó después de trébol. La concentración de P en el tejido no fue afectada por el cultivo previo, pero la absorción de P fue significativamente más grande cuando el cultivo siguió a la avena debido al incremento en crecimiento como

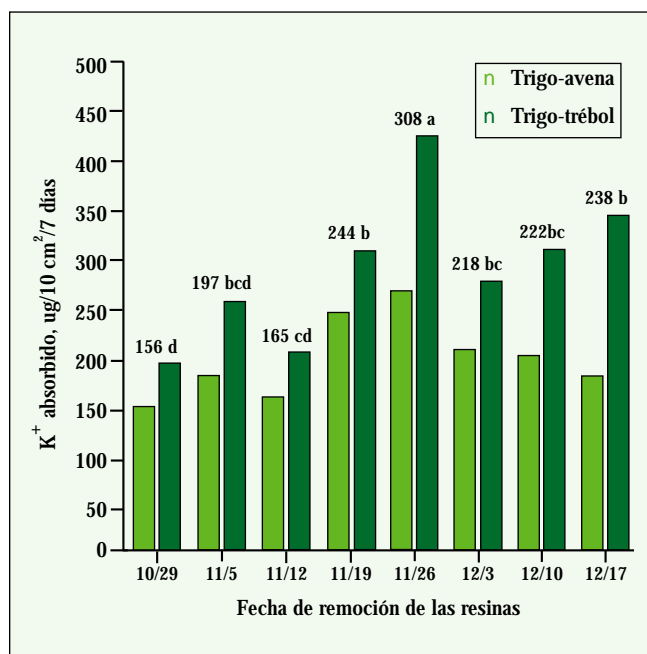


Figura 2. Potasio absorbido por las resinas durante intervalos de 7 días en 1988. La media de K^+ absorbido fue significativamente menor ($P=0.05$) para trigo después de avena (177 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días) que para trigo después de trébol (260 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días).

respuesta a la mayor disponibilidad de N. Los análisis de suelos convencionales detectaron los efectos de la rotación de cultivos para el NO_3^- y K^+ , pero fueron menos sensibles para medir la disponibilidad de nutrientes en comparación con las resinas de intercambio..

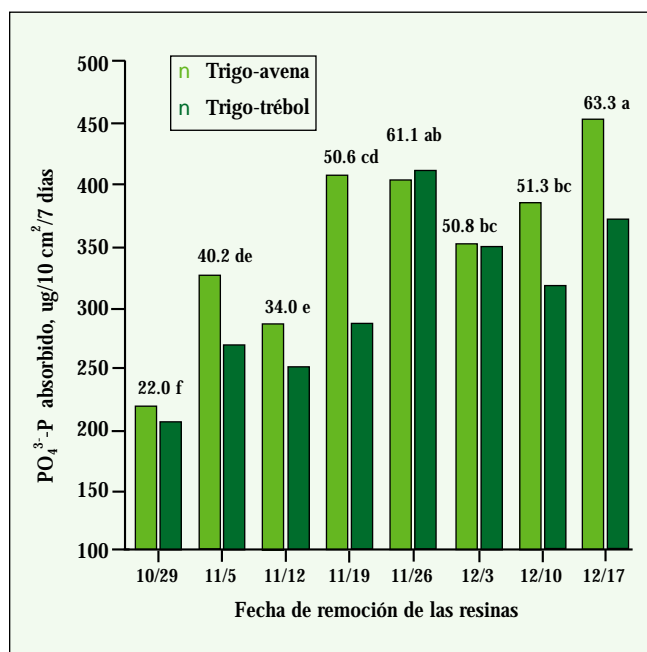


Figura 3. Fosfato absorbido por las resinas durante intervalos de 7 días en 1988. La media de PO_4^{3-} absorbido fue significativamente menor ($P=0.05$) para trigo después de trébol (42 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días) que para trigo después de avena (51 $\text{mg}/10 \text{ cm}^2/7$ días).

EL MUESTREO DE SUELOS: LOS BENEFICIOS DE UN BUEN TRABAJO

T. L. Roberts¹ y J. L. Henry²

Introducción

Existe una presión constante sobre los laboratorios de suelos por mejores servicios de análisis y recomendaciones de fertilización. Si bien existen distintas filosofías para diseñar una recomendación de fertilización, esta recomendación será adecuada solamente si la muestra enviada al laboratorio es representativa del lote o campo muestreado. Todos reconocen la importancia de un buen muestreo de suelos, sin embargo, siempre existen inquietudes sobre cuan intensivo y frecuente debe ser el muestreo y a que profundidad debe llegar, particularmente por el gran interés que genera el manejo por sitio específico o agricultura de precisión. Este artículo analiza algunos de los principios básicos del muestreo de suelos y discute algunos aspectos relacionados con esta práctica que agricultores, consultores y proveedores de servicios deben tener en cuenta.

Objetivos del muestreo de suelos

La metodología básica para el muestreo de suelos fue definida hace más de 50 años por Cline (1944) y hasta hoy no ha cambiado. Siempre se ha reconocido que la principal causa de errores en el análisis de suelos es el muestreo, antes que errores propios de los procedimientos analíticos. Cline estableció hace mucho tiempo que "la exactitud de análisis está determinada por el muestreo antes que por el procedimiento analítico".

El objetivo principal del muestreo de un suelo para obtener una recomendación de fertilización es obtener una muestra que represente en forma precisa el estado de fertilidad del lote donde fue tomada. Lo que se busca es obtener una medida del nivel promedio de fertilidad del campo y una medida de la variabilidad de esta fertilidad. La determinación de la variabilidad fue siempre desechada debido al costo, pero en campos donde se desea iniciar o ya se tienen implantados sistemas de manejo por sitio específico es necesario prestar mucha atención a dicha variabilidad.

El suelo no es homogéneo y presenta diferentes tipos de variación. Las propiedades del suelo, incluyendo la fertilidad, varían de un sitio a otro en el campo, inclusive a través de los diferentes horizontes de un

mismo perfil. Como no es práctico muestrear el campo entero se deben extraer submuestras buscando de esta forma estimar el nivel de fertilidad de todo el lote. La intensidad del muestreo para una determinada exactitud depende de cuan variable sea la fertilidad del campo.

Exactitud y precisión

Para entender mejor el muestreo de suelos, es necesario diferenciar entre exactitud y precisión (Swenson et al., 1984). La exactitud indica cuan cercano está el valor del análisis de suelo del contenido real del campo, y la precisión describe la reproducibilidad de los resultados. Tanto la precisión como la exactitud están determinadas por el número de submuestras tomadas en el campo. Los procedimientos con muestreos de altos niveles de precisión y exactitud garantizan una muestra compuesta que representa el campo y cuyos resultados son reproducibles consistentemente cuando se remuestrea el sitio. Como ejemplo, un campo que fue submuestreado 10 veces, usando un procedimiento con una exactitud del 10% (μ) y una precisión del 80%, debería tener 8 de cada 10 muestras dentro del 10% (μ) del valor real del campo. Investigaciones conducidas en este tópico demuestran que la exactitud aumenta con el número de submuestras tomadas.

Formas de muestreo

La parte más crítica de un buen programa de análisis de suelos es obtener una muestra que sea representativa del campo (Peterson and Calvin, 1986). Existen diferentes maneras de obtener una muestra representativa.

El esquema más sencillo, y el más usado, consiste en tomar submuestras al azar de todo el campo. Luego se mezclan las submuestras para obtener una muestra compuesta que irá al laboratorio. También se puede llevar al laboratorio cada submuestra individual para que sea analizada. Una muestra compuesta es adecuada pero no da idea de la variabilidad del campo. El envío de cada submuestra en forma individual es más costoso, pero provee información de la variabilidad del campo que puede afectar las recomendaciones de la fertilización.

1 Potash & Phosphate Institute (PPI) – Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC), Suite 110, 655 Engineering Dr., Norcross, Georgia 30092-2837, EE.UU.

2 Department of Soil Science, University of Saskatchewan, Agriculture Building 51 Campus Drive, Saskatoon, SK S7N 1J5, Canada.

Otro de los sistemas de muestreo utilizado divide el campo en subunidades dentro de las cuales se toman muestras compuestas al azar. Este es un esquema de muestreo al azar estratificado y es semejante al muestreo por paisaje o topografía del terreno. Este esquema incrementa la precisión, sin aumentar sustancialmente los costos.

El muestreo de áreas de referencia es otro tipo de muestreo semejante al del azar estratificado. Involucra la selección de una área pequeña (aproximadamente 1/10 de ha) que se considere representativa del campo que se desea muestrear. Este tipo de muestreo asume que existe menor variabilidad porque el área de muestreo es menor. Las recomendaciones de fertilización se basan en los resultados obtenidos en el área de muestreo. Si se elige bien el sitio de muestreo, este sistema es adecuado y reduce costos, eliminando algunos de los problemas asociados con el muestreo de una área extensa y de gran variabilidad.

Un sistema de muestreo muy usado actualmente es el muestreo sistemático por cuadrículas. Las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones en un sitio ubicado en los vértices o en el centro de la cuadrícula. Se toman varias submuestras en el sitio que luego se mezclan para hacer la muestra que va al laboratorio. Este tipo de muestreo ha sido extensamente aceptado debido a que evalúa mejor la variabilidad del suelo. Es el programa de muestreo más caro, pero entrega información muy valiosa y necesaria para la adopción exitosa de los sistemas de agricultura por sitio específico en muchas áreas del mundo.

En general, un plan ideal de muestreo debe determinar cual es la menor área que el agricultor pueda tratar como una unidad de muestreo. Se busca un compromiso entre el área mínima deseada para mejorar exactitud y la que tenga menores costos

Técnicas de muestreo

Después de elegir el sistema de muestreo que reduzca la variabilidad del suelo al mínimo, se deben utilizar ciertas técnicas de muestreo que minimicen los errores que a menudo aparecen en la toma de muestras en el campo. En primer lugar, siempre es bueno asegurarse que la herramienta de muestreo esté limpia. En lo posible este instrumento debe ser fabricado en acero inoxidable, libre de herrumbre o cromados, particularmente si se tiene interés en el análisis de micronutrientes. El barreno, o cualquier otra herramienta de muestreo, debe estar bien afilado para producir un corte uniforme de todo el perfil de muestreo.

El tiempo, la frecuencia y la profundidad de muestreo

dependen de la movilidad del nutriente. Para formas móviles de nutrientes como el nitrógeno (N) como nitrato (NO_3) o el azufre (S) como sulfato (SO_4), el muestreo debe ser anual, a una profundidad de 60 cm, o más en algunos casos. El muestreo debe hacerse lo más cercano a la siembra, o cuando se reduce la actividad biológica (temperaturas del suelo $<5^\circ\text{C}$). Para aquellos nutrientes poco móviles, como fósforo (P) y potasio (K), es suficiente muestrear a una profundidad de 15 cm y no es necesario una frecuencia anual de muestreo.

Las muestras compuestas deben conservarse en frío o deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio. Algunos laboratorios exigen el secado previo de las muestras al aire. Tanto el secado al aire como el enfriado persiguen el mismo objetivo, prevenir la alteración en la concentración de algún nutriente por actividad microbiana. La mayoría de laboratorios tienen guías completas que explican ampliamente las técnicas del muestreo.

Finalmente, se debe recordar que generalmente una muestra pesa aproximadamente 500 gramos, esto quiere decir el 0.00005% del peso promedio de la capa superficial de una hectárea de suelo. Por esta razón no se debe subestimar la importancia de obtener una muestra de suelos representativa y luego manejarla bien.

Preguntas frecuentes sobre muestreo

¿Qué impacto tiene la variabilidad del suelo en las recomendaciones de fertilización?

La variabilidad del suelo tiene gran impacto en las recomendaciones de fertilización y como resultado se pueden obtener recomendaciones que sugieren la aplicación de cantidades elevadas de nutrientes para ciertas partes del campo y muy bajas para otras. Investigación de muestreos intensivos ha demostrado que, aún en campos uniformes, la fertilidad puede ser muy variable y que los contenidos de nutrientes no presentan una distribución normal de población. Cuando los resultados presentan una distribución normal, los datos se distribuyen de acuerdo a una curva tipo campana y el valor promedio es el valor que ocurre con mayor frecuencia. Cuando la concentración de nutrientes en el campo no sigue una distribución normal, los datos del análisis se distribuyen en forma sesgada y el valor promedio no representa el valor de mayor frecuencia o modo. Un ejemplo se presenta en la Tabla 1 con resultados de un estudio hecho en Alberta, Canadá (Penney et al., 1996), en un campo muestreado en cuadrículas de 65 x 65 m (aproximadamente 1 muestra cada media hectárea).

Tabla 1. Comportamiento estadístico del análisis de suelo de un campo en Alberta, Canadá que se dividió en cuadrículas 65 x 65m (Penney et al., 1996).

Año	No. de Muestras	Nutriente	Rango	Promedio	Modo
1993	58	NO ₃	7-134	24	11
	58	P	0-90	13	9
	58	K	119-618	293	159
	58	SO ₄	9-6330	597	11
1994	55	NO ₃	2-24	11	8
	55	P	0-104	15	9
	55	K	127-598	276	155
	55	SO ₄	7-9440	480	10
1995	55	NO ₃	4-43	20	15
	55	P	3-98	18	8
	53	K	112-499	265	183
	52	SO ₄	7-11800	558	22

Los valores promedio de los datos de análisis de suelo de la Tabla 1 son marcadamente mayores que los valores del modo. El modo es el valor que ocurre con mayor frecuencia y representa, por lo tanto, la mayor extensión del campo. Este ejemplo no es único y situaciones como esta ocurren frecuentemente. Los mismos investigadores encontraron, en 39 de 42 bases de datos, que el promedio era sustancialmente mayor que el modo para N, P, K y S. Esto significa que probablemente las recomendaciones hechas en estos 39 lotes pudieron haber sido bajas. Frecuentemente, los análisis de suelo sobrestiman la disponibilidad de un nutriente debido a unos pocos valores altos que están fuera del rango promedio.

Esto se puede observar fácilmente en la Figura 1 que presenta el histograma de distribución de frecuencias de un muestreo intensivo en un campo en Alberta, Canadá. De acuerdo con las recomendaciones de la zona, el campo no necesitaría fertilización con K, pero en realidad los datos demuestran que 33% del campo necesitaría K. El área pequeña en el campo con contenidos altos de K incrementó el promedio de todo el campo.

El problema de sitios dentro del campo con altos contenidos de un nutriente puede ser especialmente crítico en el caso de S, nutriente con el cual es frecuente la variabilidad extrema (ver Tabla 1). Bastaría que solamente una o dos submuestras tengan contenidos altos de S para sobrestimar el contenido total en el campo y los resultados del análisis no serían útiles. Esta variabilidad obliga a cuestionar la validez de un valor alto de S, ya que no conoce si este alto contenido representa a todo el lote o son una o dos submuestras que contaminan la muestra general.

¿Si los nutrientes móviles deben muestrearse hasta 60 cm, por qué algunos laboratorios recomiendan muestreos más superficiales?

La respuesta se relaciona con la variabilidad del suelo y el número de submuestras necesarias para obtener una muestra representativa. Es difícil estimar el contenido de NO₃ o de SO₄ en profundidad a partir de una muestra superficial. Las muestras tomadas a mayor profundidad pueden no correlacionar bien con las muestras superficiales (Tabla 2). Estos resultados indican que el muestreo a 0-30 cm no puede ser usado para predecir los niveles de N a mayores profundidades. Esto no significa que el muestreo superficial sea malo. Las muestras superficiales son más fáciles de obtener que las muestras a profundidad y tienen menor posibilidad de errores. Cuando se muestrea a profundidad, la compactación en el barreno y la contaminación con suelo superficial que cae de las paredes del hoyo de muestreo puede introducir errores significativos que el operador no conoce. Una cosa paga por la otra, la muestra superficial puede ofrecer una mejor representación del promedio del campo, pero no puede cuantificar la disponibilidad a mayor profundidad.

La respuesta se relaciona con la variabilidad del suelo y el número de submuestras necesarias para obtener una muestra representativa. Es difícil estimar el contenido de NO₃ o de SO₄ en profundidad a partir de una muestra superficial. Las muestras tomadas a mayor profundidad pueden no correlacionar bien con las muestras superficiales (Tabla 2). Estos resultados indican que el muestreo a 0-30 cm no puede ser usado para predecir los niveles de N a mayores profundidades. Esto no significa que el muestreo superficial sea malo. Las muestras superficiales son más fáciles de obtener que las muestras a profundidad y tienen menor posibilidad de errores. Cuando se muestrea a profundidad, la compactación en el barreno y la contaminación con suelo superficial que cae de las paredes del hoyo de muestreo puede introducir errores significativos que el operador no conoce. Una cosa paga por la otra, la muestra superficial puede ofrecer una mejor representación del promedio del campo, pero no puede cuantificar la disponibilidad a mayor profundidad.

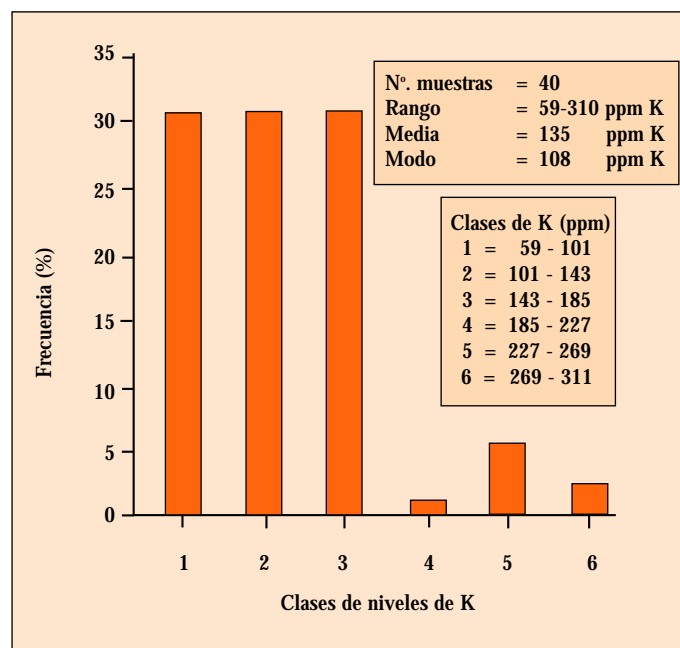


Figura 1. Distribución de frecuencias de análisis de K en un campo en Mundare, Alberta, Canadá muestreado con una cuadrícula de 65 x 65 m (Penney et al., 1996).

Tabla2. Correlación (R^2) entre valores de NO_3 a distintas profundidades de muestreo en suelos de Saskatchewan (Henry, 1991).

Sitio	0-30 vs 30-60 cm	0-30 vs. 60-90 cm	30-60 vs. 60-90 cm
Pederson (primavera)	0.05	0.20	0.16
Carlson (primavera)	0.43	0.09	0.31
Keg (primavera)	0.14	0.01	0.08
Keg (otoño)	0.30	0.13	0.15
Niska (otoño)	0.08	0.02	0.29

Es importante recordar que una muestra de suelo provee de un índice de nutrientes disponibles que se correlaciona con el crecimiento de las plantas. La absorción de N por la planta puede igual tener una muy buena correlación con el N a una profundidad de 0-30 cm que con el de 0-60 cm (Gelderman et al., 1988). Además, el N en el suelo por debajo de los 30 cm no tiene un efecto mayor en la recomendación de fertilización como el N en los primeros 30 cm (Carefoot et al., 1989).

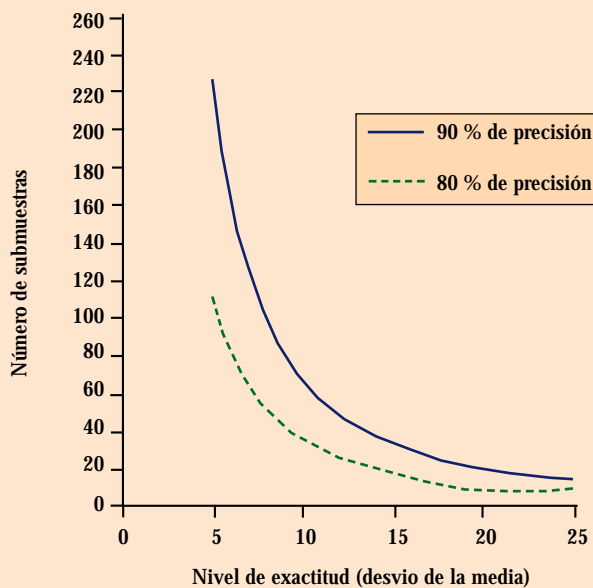


Figura 2. Número de submuestras requeridos para obtener una muestra compuesta para analizar NO_3 con varios niveles de exactitud y precisión (Swenson et al., 1984).

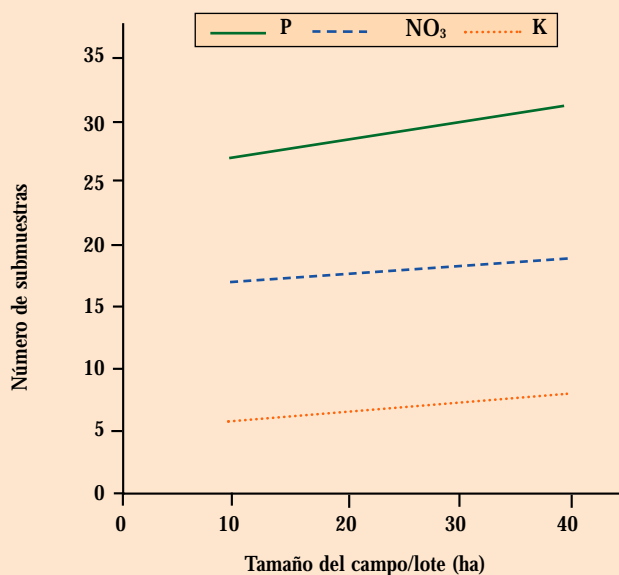


Figura 3. Relación entre el tamaño del lote y el número de submuestras necesarias para obtener una muestra de suelos con un nivel de exactitud del 15% y una precisión del 80 % (Swenson et al., 1984).

¿Cuál es el número de submuestras necesario para que una muestra de suelo sea representativa

El número de submuestras está relacionado con la precisión y exactitud. Para obtener una muestra representativa del campo se recomienda un mínimo de 20 submuestras, pero se debe recordar que la exactitud se incrementa con el número de submuestras. La Figura 2 presenta los datos de un estudio realizado en Dakota del Norte, en el cual se evalúa el número de muestras necesario para alcanzar un cierto nivel de exactitud para el análisis del NO_3 . Se requieren cerca de 60 submuestras para alcanzar una exactitud de $\pm 10\%$ y una precisión del 90%. Sin embargo, un muestreo de esta exactitud no es necesario para la mayoría de las recomendaciones de fertilización. Por otro lado, menos de 10 submuestras son necesarias para lograr una exactitud del 20% \pm y una precisión del 80%, pero este nivel de exactitud no es aceptable para una recomendación de fertilización confiable. Entre 20-30 submuestras proveen una exactitud y precisión adecuada para recomendaciones de fertilización.

¿El tamaño del lote afecta la exactitud de una muestra de suelo?

Trabajos de investigación han demostrado que el número de submuestras se incrementa muy poco a medida que se incrementa el tamaño del lote. Por ejemplo, los datos de Dakota del Norte que se presentan en la Figura 3 indican que existe un ligero incremento en el número de submuestras a tomarse cuando se incrementa el tamaño del lote, pero que este incremento no es proporcional al incremento del tamaño del lote. Resultados similares se han documentado en otros estudios. Es más importante determinar el tamaño del lote para un muestreo correcto teniendo en cuenta los factores discutidos anteriormente.

Continúa.. Pág. 13

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE NUTRIENTES EN LA UVA*

Introducción

El cultivo de la uva se adapta a un amplio rango de suelos y condiciones en América Latina. El rendimiento y la calidad del fruto dependen mucho de la nutrición del cultivo y del clima prevalente en la zona. A continuación se discuten e ilustran los síntomas de deficiencia nutricionales más comunes en los viñedos.

Nitrógeno (N)

Funciones del N en la planta

El N es un importante constituyente de los amino ácidos, que son los bloques que forman las proteínas, las lecitinas y la clorofila. Las plantas utilizan el N para formar las proteínas que son la estructura básica de los cloroplastos. La deficiencia de N puede reducir el crecimiento lo que promueve la acumulación de los carbohidratos de reserva en la planta. Por otro lado, el exceso de N puede promover un crecimiento excesivo y reducir la acumulación de carbohidratos.

Las raíces absorben el N ya sea en forma de amonio

(NH_4) o de nitrato (NO_3). Sin embargo, los viñedos absorben la mayoría del N como NO_3 y de esta forma es transportado hacia las hojas. En este sitio el NO_3 sufre una serie de transformaciones que terminan en la formación de proteínas y otros compuestos nitrogenados.

Síntomas de deficiencia de N

La deficiencia de N no aparece fácilmente hasta que la carencia de este nutriente en la planta es severa. Cuando esta condición se presenta las hojas muestran un color que va de verde pálido a amarillento que se distribuye uniformemente en las hojas (Foto 1). Además, se reduce el crecimiento del tallo y el viñedo demuestra una apreciable reducción en el vigor de las plantas. El rendimiento de la uva no se incrementa inmediatamente después de la aplicación de N. En viñedos con bajo contenido se observa respuesta en crecimiento de la planta a la aplicación de N, pero la respuesta en rendimiento será evidente solamente en el siguiente ciclo de producción. Se debe tener en cuenta que problemas como ataque de nemátodos, mal manejo del riego o compactación del suelo pueden también



Foto 1. Severa deficiencia de N que se expresa como una clorosis general de las hojas.



Foto 2. Manchas blancas en los fillos de las hojas como resultado de cantidades excesivas de N.

* Adaptado de: Christensen, P., A. Kasimatis and F. Jensen. 1978. Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley. University of California.

producir plantas débiles, aun cuando el N no sea un factor limitante.

Síntomas de exceso de N

El exceso de N puede afectar significativamente el rendimiento del viñedo. Los síntomas se pueden observar fácilmente en el campo. El follaje es abundante toma un color verde oscuro. El vigor de los tallos es excesivo promoviendo un indeseable sobre crecimiento. Los ramas tienden a presentar entrenudos largos más aplanados. La floración puede ser menor debido a la mayor proporción de ramas y hojas bajo la sombra del excesivo follaje en la época de desarrollo. Las hojas presentan manchas blancas en los filos como resultado de acumulación de sales (Foto 2).

Fósforo (P)

Funciones de P en la planta

El P forma parte de los ácidos nucleicos, los fosfolípidos, las coenzimas NAD y NADP y, más importante aún, forma parte del ATP, compuesto que transporta la energía en la planta. El P es requerido en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo. El P es absorbido por las plantas principalmente como ión $H_2PO_4^-$.

Síntomas de deficiencia de P

Las necesidades de P en el viñedo son mucho menores que las de N y K, por esta razón la presencia de síntomas de deficiencia no es muy frecuente. Sin embargo, la falta de P afecta el crecimiento radicular y el crecimiento total de la planta. Las hojas son pequeñas con un amarillamiento que se inicia en las hojas viejas y la fruta es también pequeña (Foto 3). Cuando la deficiencia es severa las hojas toman un color rojizo (Foto 4).

Potasio (K)

Funciones del K en la planta

Las plantas necesitan K para la formación de azúcares y almidones y para la síntesis de proteínas. El K también neutraliza los ácidos orgánicos, regula la actividad de otros nutrientes, activa las enzimas responsables de muchos procesos fisiológicos y ayuda a ajustar la presión de agua dentro de la planta. Además, el K permite que la planta resista mejor las

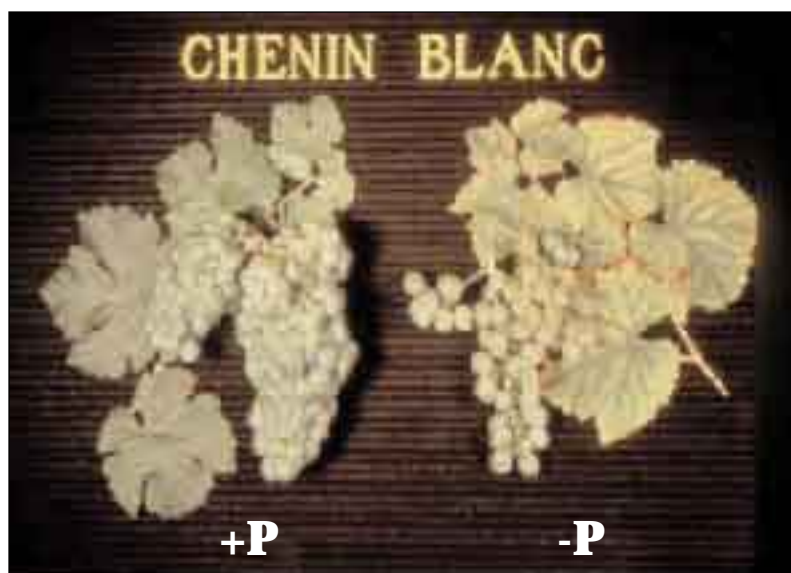


Foto 3. Efecto de la deficiencia de P en el tamaño de hojas y en el fruto.



Foto 4. Deficiencia severa de P que hace que las hojas desarrollen un color rojizo.

bajas temperaturas. A pesar de la intervención directa del K en los procesos antes descritos, este elemento no forma parte de los compuestos orgánicos de la planta y más bien se encuentra presente en forma catiónica (K^+) en las células de la planta. La mayor demanda de K en el cultivo de la uva se presenta cuando abundantes cantidades de este nutriente se acumulan en la fruta en maduración. La planta toma también este nutriente del suelo en forma del catión (K^+).

Síntomas de deficiencia de K

Los síntomas aparecen primero en las hojas de las porciones medias de las ramas como un amarillamiento que se inicia en los filos de las hojas. A medida que el ciclo de crecimiento progresa, el amarillamiento se mueve hacia las áreas entre las nervaduras. En las variedades de color oscuro este amarillamiento cambia a un color rojo bronceado. Luego, en todas las



Foto 5. Síntomas de deficiencia de K en las hojas que se caracterizan por la presencia de un amarillamiento que aparece en los filos de las hojas.



Foto 6. Síntomas de deficiencia severa de K que se muestra como un matiz bronceado rojizo en las hojas. Luego las hojas pueden caer prematuramente.

variedades, los filos de la hojas se queman y se curvan hacia arriba o hacia abajo (Fotos 5 y 6). Cuando la deficiencia es severa se reduce apreciablemente el crecimiento de la planta y los síntomas pueden estar presentes en casi todas las hojas antes de la floración. Las hojas pueden caerse prematuramente, especialmente si existe estrés de humedad. Si la caída de hojas es grande la fruta no desarrolla todo su color y no madura normalmente. Los racimos de fruta son pequeños y la fruta tiene un color desuniforme. La parte inferior del racimo puede colapsar en la mitad de su período de crecimiento y la fruta toma la apariencia de pasa (Foto 7).

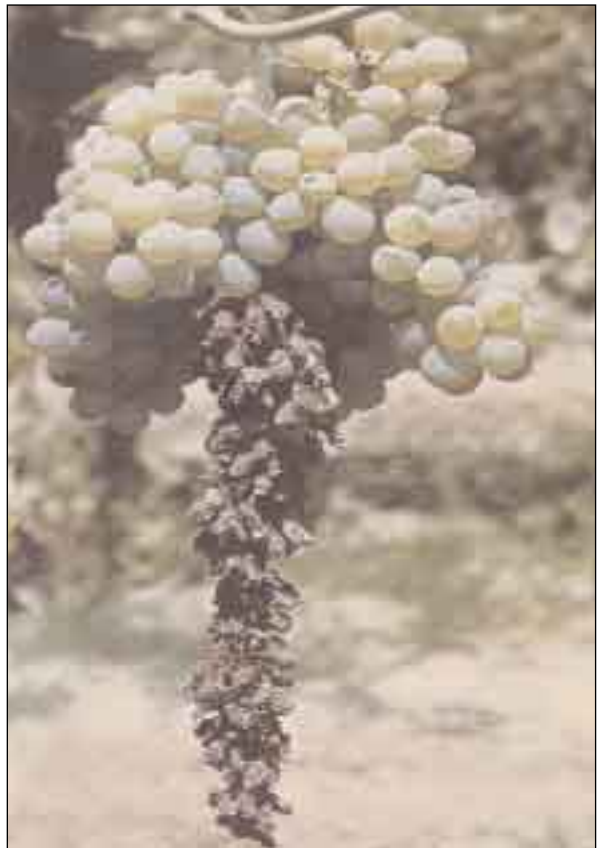


Foto 7. La severa deficiencia de K puede provocar la deshidratación y posterior secado de los frutos en la parte baja del

racimo.

Magnesio (Mg)

Funciones del Mg en la planta

El Mg es el átomo central de la molécula de clorofila y por esta razón es esencial para la fotosíntesis. Además, el Mg activa muchas enzimas que la planta necesita para su crecimiento. Las plantas absorben este nutriente del suelo en forma de catión Mg^{2+} .

Síntomas de deficiencia de Mg

Los síntomas de deficiencia de Mg se inician con un amarillamiento de las hojas bajas, que generalmente aparece a mediados de ciclo de crecimiento y progresa hacia arriba a medida que avanza el ciclo. El amarillamiento aparece primero en los filos de las hojas y se mueve hacia adentro entre las nervaduras primarias y secundarias, sin embargo, el color verde normal permanece en los bordes de las nervaduras. Luego, el área clorótica toma un color amarillo blanquecino, los márgenes de las hojas se queman y en las variedades de fruta coloreada aparece un borde rojizo inmediatamente adentro del borde quemado (Foto 8).



Foto 8. La deficiencia de Mg se caracteriza por un amarillamiento que se desarrolla entre las nervaduras de las hojas. El área adyacente a las nervaduras principales permanece verde.



Foto 9. La deficiencia de Zn resulta en un crecimiento muy lento de las ramas laterales y en hojas pequeñas y de crecimiento distorsionado. Las hojas toman un color verde pálido a amarillento, pero las nervaduras pequeñas y una delgada banda de tejido alrededor de ellas permanecen verdes.

Zinc (Zn)

Funciones del Zn en la planta

El Zn es necesario para la formación de auxina, para la elongación de los internudos y en la formación de cloroplastos que son los compuestos que contienen la clorofila. En la uva el Zn es esencial para el normal desarrollo de la hoja, la elongación de las ramas, el desarrollo del polen y el cuajado completo de la fruta. La planta toma este nutriente del suelo en forma de Zn^{2+} .

Síntomas de deficiencia de Zn

Cuando existe carencia de Zn, el crecimiento de los tejidos nuevos se afecta. Las hojas nuevas son pequeñas, distorsionadas y presentan un moteado amarillento, sin embargo, las nervaduras mantienen una delgada faja de color verde a su alrededor, a menos que la deficiencia sea muy severa. Las ramas detienen el crecimiento y se observan internudos cortos (Foto 9). La deficiencia de Zn afecta seriamente el cuajado y desarrollo de los frutos

reduciendo el rendimiento y la calidad de la uva. Los viñedos deficientes en Zn producen racimos pequeños con menos fruta de lo normal. Dentro del racimo la fruta varía en tamaño desde normal hasta muy pequeña (Foto 10).



Foto 10. Efecto de la deficiencia de Zn en el racimo de uva que se presenta como un crecimiento desuniforme de la fruta. A la izquierda un racimo normal.

Boro (B)

Funciones del B en la planta

El B interviene en muchos procesos fisiológicos de la planta como el transporte de azúcares, síntesis y estructura de la pared celular, lignificación, metabolismo de carbohidratos, metabolismo del RNA, AIA, fenoles y ascorbato, respiración e integridad de la membrana plasmática. Entre las diversas funciones atribuidas al B en las plantas, dos están claramente definidas. Estas son la síntesis de la pared celular y la integridad de la membrana plasmática. El B es absorbido del suelo como borato $[B(OH)_4^-]$ y ácido bórico (H_3BO_3).

Síntomas de deficiencia de B

Cuando el B es deficiente las células pueden continuar dividiéndose, pero la estructura de los nuevos tejidos no se forma completamente. Los nuevos brotes son pequeños, de crecimiento distorsionado. Los internudos en las ramas son cortos y pueden crecer en zigzag y la hojas nuevas crecen amontonadas (Foto 11). Los síntomas de deficiencia de B son más claros en la fruta. Cuando existe deficiencia de B los racimos producen numerosos frutos pequeños que persisten y maduran, pero también aparecen frutos de tamaño



Foto 11. Síntomas de deficiencia de B en el crecimiento de los tejidos nuevos. El crecimiento es compacto y las hojas son arrugadas y deformes.



Foto 12. Vista parcial de un racimo que muestra síntomas de deficiencia de B. La fruta es pequeña pero de tamaño más o menos uniforme.

normal. Los frutos pequeños son de tamaño uniforme de forma muy redonda (Foto 12). Los síntomas de deficiencia de B no se debe confundir con los de Zn que produce frutos pequeños de tamaño diferente.

Hierro (Fe)

Función de Fe en la planta

El Fe participa en la activación de varios sistemas enzimáticos en la planta. Una carencia de Fe interfiere con la producción de clorofila. El Fe se transporta en la planta como Fe^{2+} a los sitios de uso donde se combina con proteínas para formar compuestos orgánicos complejos.

Síntomas de deficiencia de Fe

La deficiencia se presenta como un amarillamiento entre las nervaduras en las hojas nuevas. Esto produce una hoja amarillo pálido con una red de nervaduras que permanece verde incluyendo las más pequeñas (Fotos 13). Las áreas de amarillamiento severo a menudo cambian a color café y luego se necrosan. El crecimiento de la planta se reduce y las flores pueden también tomar un color amarillo pálido. El cuajado del fruto puede ser bajo.

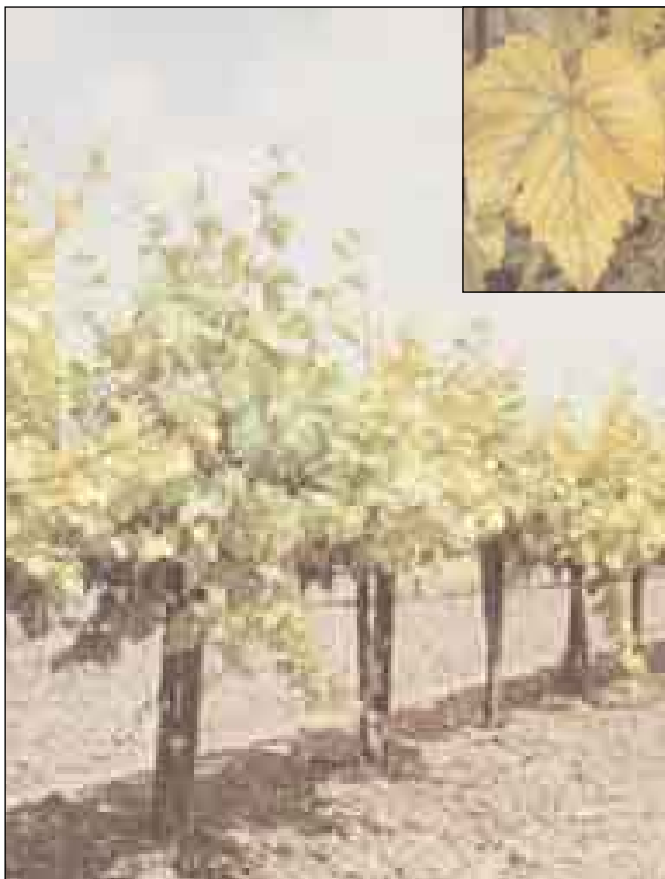


Foto 13. Clásicos síntomas de deficiencia de Fe. La hoja toma un color amarillento mientras las nervaduras permanecen verdes.



Foto 14. Deficiencia de Mn que aparece como una clorosis entre las nervaduras de la hoja.

Manganeso (Mn)

Funciones del Mn en la planta

El Mn actúa como activador de enzimas que participan en los procesos de crecimiento. Además, interviene en la formación de clorofila.

Síntomas de deficiencia de Mn

Los síntomas se inician en las hojas viejas como un amarillamiento entre las nervaduras. La clorosis es más acentuada en las nervaduras primarias y secundarias dando la apariencia de espina de pescado (Foto 14)..

El muestreo de suelos: Los Beneficios ... cont.

Bibliografía

Carefoot, J.M., J.B. Bole and T. Entz. 1989. Relative efficiency of fertilizer N and soil nitrate at various depths for the production of soft white wheat. *Can. J. Soil Sci.* 69:867-874.

Cline, M.G. 1994. Principles of Soil Sampling. *Soil Sci.* 58:275-288.

Gelderman, R.H., W.C. Dahnke and L. Swenson. 1988. Correlation of several soil N indices for wheat. *Commun, Soil Sci. Plan Anal.* 19(6): 755-772.

Henry, J.L. 1991. Nutrient requirements of irrigated crops. Annual Progress Report. Saskatchewan Water Corporation.

Penney, D.C., R.C. McKenzie, S.C. Nolan and T.W. Goddard. 1996. Use of crop yield and soil-landscape attribute maps for variable rate fertilization. In *Proceedings Great Plains Soil Fertility Conference, Denver, Colorado.* 6:126-140.

Petersen, R.G. and L.D. Calvin. 1986. Sampling In a. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1.2nd Ed. Agronomy* 9(1): 33-51.

Swenson, L.J., W.C. Dahnke, and D.D. Patterson. 1984. Sampling for soil testing. North Dakota State University, Dept. of Soil Sci., Res. Report No. 8.

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

MANEJO SUSTENTABLE DE LA FERTILIDAD DE UN LATOSOL DE LA AMAZONIA CENTRAL EN CULTIVOS SUCESIVOS.

Cravo M. S. y T.J. Smith. 1997. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazonia Central Sob cultivos sucessivos. R. Bras. Ci. Solo, 21:607-616.

Se estima que el área deforestada de la Amazonía brasileña, destinada principalmente para uso agrícola y pecuario, sobrepasa el equivalente a la superficie del Estado de Rondonia. Se instaló un experimento en un Latosol amarillo cerca de Manaus (AM), con el objeto de evaluar el agotamiento de nutrientes del suelo y determinar las necesidades de fertilizantes y de cal para cultivos sucesivos después del desbroce y quema de la vegetación. Se evaluaron respuestas a las aplicaciones de N, P, K Mg, S, B, Cu, Mn, Zn y cal, durante 8 años de cultivo. En el período de 1981 a 1990, se hicieron 17 cultivos, se observaron respuestas al P y K, cal y Mg, a partir del primero, segundo, tercero y décimo año del primer cultivo respectivamente. Solo el cultivo de maíz respondió a la aplicación de N y los requerimientos se incrementaron cada nueva siembra. Con el tiempo y en ausencia de fertilización y de encalado, hubo reducción de los contenidos de N, P, K, Ca, Mg C y del pH e incremento de la saturación de Al. El uso de fertilizantes y de cal, en base al análisis de suelos, permitió el cultivo continuo en la misma área, con una productividad promedio de $4.1 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de granos, contra $0.2 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en el testigo. Durante 8 años, sería necesario cultivar, aproximadamente, 24 ha en el sistema actual, para conseguir el total de granos producidos en 1 ha, con manejo adecuado de fertilizantes y de cal.

CRECIMIENTO INICIAL Y ABSORCION DEL ZINC POR EL MAIZ EN FUNCION DEL MODO DE APLICACION Y FUENTES DEL NUTRIENTE.

Roselem, C.A. y L. F. Ferrari. 1998. Crescimento inicial e absorcao de zinco pelo milho em funcao do modo de aplicacao e fontes do nutriente. R. Bras. Ci. Solo, 22:151-157.

En suelos brasileños, frecuentemente se obtienen incrementos en la producción de maíz en respuesta a la aplicación de Zn. El objetivo del presente trabajo fue comparar fuentes y modos de aplicación del Zn en maíz. El experimento se desarrolló en invernadero para lo cual se usaron vasos de polietileno con capacidad de 10 litros, se utilizaron muestras de suelo de un Latosol Rojo-Oscuro de textura media. Se aplicó cal para alcanzar el 70% de saturación de bases. Los tratamientos consistieron en aplicación de Zn como óxido, sulfato, EDTA y

lignosulfatado en la semilla (90 g kg^{-1}), en el surco de la siembra (5.3 kg ha^{-1}) e incorporado (5.3 kg ha^{-1}). Se colectaron las plantas 45 días después de la emergencia. La aplicación de Zn vía semilla es eficiente en el abastecimiento de Zn para el crecimiento de las plantas hasta los 45 días. La incorporación independiente de la fuente, y el Zn aplicado como EDTA y lignosulfato proporcionan mayor disponibilidad del nutriente al maíz. El crecimiento del sistema radicular se perjudica cuando hay mucho Zn disponible en la zona de crecimiento. La dosis de 5.3 kg ha^{-1} de Zn como EDTA o lignosulfatado, cuando se aplica en el surco de la siembra es fitotóxica al maíz.

ENCALADO EN LA SUPERFICIE EN EL SISTEMA SIEMBRA DIRECTA.

Caires, E. F., D. A. Banzatto y A. F. Fonseca. 2000. Calagem na superficie em sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24:161-169.

Existe información confusa al respecto de la eficiencia de la aplicación superficial de cal en el sistema de siembra directa, particularmente en la corrección de la acidez del subsuelo y de criterios de recomendación de encalado para este sistema de cultivo. Se realizó un experimento en un Latosol Rojo Oscuro distrófico de textura media, en Ponta Grossa (PR), en el período de 1993 a 1998, con el objeto de evaluar la corrección de la acidez del suelo y la producción de granos en cultivos de rotación en el sistema de siembra directa, aplicando la cal en la superficie. Los tratamientos se dispusieron en bloques completos al azar con 3 repeticiones, se probaron 4 dosis de cal dolomítica: 0, 2, 4 y 6 t ha^{-1} , calculadas para elevar la saturación de bases del suelo a 50, 70 y 90%. La cal se aplicó al voleo, en julio de 1993. Se cultivó consecutivamente soya (1993/94), maíz (1994/95), soya (1995/96), trigo (1996), soya (1996/97), triticale (1997) y soya (1997/98). La aplicación de cal en la superficie incrementó significativamente el pH, el contenido de Ca + Mg intercambiable y la saturación de bases y redujo significativamente el contenido de H + Al del suelo, hasta la profundidad de 60 cm. Se estimó que el Rendimiento Técnico Máximo (RTM) y el Rendimiento Económico Máximo (REM) tendrían lugar con las dosis de 3.8 y 3.3 t ha^{-1} de Cal respectivamente. La dosis de cal para REM se determinó por el método de incremento de saturación de bases del suelo a 65%, para la muestra colectada en la profundidad de 0-20 cm, criterio que se mostró como adecuado para la recomendación de encalado en la superficie en el sistema de siembra directa. Sin embargo, el encalado en la superficie debe recomendarse solamente para suelos con pH (CaCl_2) inferior al 5.6 o con saturación de bases inferior al 65%, en la capa de 0-5 cm. .

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. XXVIII CONGRESO BRASILEIRO DE LA CIENCIA DEL SUELO : CIENCIA DO SOLO: FATOR DE PRODUTIVIDADE COMPETITIVA COM SUSTENTABILIDADE

Organiza : Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Londrina PR - Brasil
 1 - 6 Julio, 2001
Información : SBSC
 Universidad Estadual de Londrina
 Londrina - Brasil
 Telf.: 43 371 6081
 Fax: 43 371 6100
 E-mail: hungria@cnpso.embrapa.br
 Web: http://www.cnpso.embrapa.br/cbcs

2. 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL AND PLANT ANALYSIS

Organiza : Palm International Conferences
Lugar y Fecha : Edmonton - Canada,
 21 - 27 Julio, 2001
Información : Anette Palm
 Palm International Conferences
 Turnstrasse 11, 67707
 Krickenbarch, Germany
 Fax: +49 6307 401104
 Web: www.isspa2001.com

3. InfoAg2001 CONFERENCE

Organiza : Potash & Phosphate Institute (PPI)
Lugar y Fecha : Indianapolis - Indiana
 7 - 9 August, 2001
Información : Phyllis Pates
 P. P. I.
 772 22nd Avenue South
 Brookings, SD 57006
 USA
 Telf.: 605 692 6280
 Fax.: 605 697 7149
 E-mail: ppates@ppi-far.org
 Web: www.ppi-far.org/infoag

4. XV CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Organiza : Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Sociedad Latino Americana de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : La Habana - Cuba,
 11 - 16 Noviembre, 2001
Información : Dr. Rafael Villegas
 Av. Van Troi No. 17203
 Boyeros CP 19210
 La Habana - Cuba
 Fax: 53 7 666036
 E-mail: xv@inica.edu.cu

NUESTRO SITIO WEB: www.ppi-ppic.org

Desde el Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) y el Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá (PPIC) hemos lanzado un nuevo sitio en Internet donde se podrá encontrar información de las actividades de investigación y educación del Instituto, así como también estadísticas de producción de cultivos, uso de

fertilizantes y otras.

INPOFOS A.S. tiene su propia pagina en este nuevo sitio donde incluiremos toda la información correspondiente a la región.

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo

U	Acidez y Encalado de los Suelos. Boletín que discute los fundamentos de la acidez del suelo y permite planificar adecuadamente las estrategias de encalado en suelos tropicales.	\$ 8.00	
U	Estadística en la Investigación del Uso de Fertilizantes. Publicación que presenta conceptos actuales de diseño experimental e interpretación estadística de los datos de investigación de campo en el uso de fertilizantes.	\$ 4.00	
U	NUEVA IMPRESION Nutrición de la Caña de Azúcar. Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña.	\$ 8.00	
U	Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.	\$ 20.00	
U	Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo.	\$ 15.00	
U	Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera. Guía de bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y cómo éstas podrían prevenirse o remediarse.	\$ 8.00	
U	POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna. Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	\$ 4.00	
U	Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una visión práctica de la fertilización. Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano.	\$ 20.00	
U	Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.	\$ 5.00	
U	Nutrición y Fertilización del Maracuyá. Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá.	\$ 5.00	
U	Conceptos Agronómicos. Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos.	\$ 0.50	

PEDIDOS DE PUBLICACIONES: Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

COLOMBIA: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Carrera 11 No. 66-34, Oficina 601. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@ibm.net. Bogotá, Colombia.

COSTA RICA: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax: 224-9367 E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

PERU: Corporación MISTI S.A. Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax: 442-9881 E-mail: framirez@corpimizi.com.pe. Lima, Perú.

EN OTROS PAISES: Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (4.00 US \$ dólares por publicación).