

INFORMACIONES AGRONOMICAS

CIENCIA DETRAS DE LAS RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

Tom Bruulsema*

Introducción

Los agricultores a menudo cuestionan la relevancia de las recomendaciones de fertilización, a pesar de la larga historia y la gran cantidad de investigación sobre calibración de los análisis de suelos conducida en Canadá. Los agricultores se preguntan si los suelos y los cultivos que ellos manejan están representados en la investigación en la cual se apoyan las recomendaciones. El enlace entre las recomendaciones y la investigación a menudo se pierde, o no es clara, si los datos no se organizan sistemáticamente.

El predecir la respuesta de un cultivo a la aplicación de nutrientes es todavía un reto, incluso después de muchas décadas de investigación. El análisis de suelos puede distinguir adecuadamente suelos con alta y baja probabilidad de respuesta del cultivo para la mayoría de los nutrientes. Sin embargo, esto solo representa una pequeña parte de la variabilidad total de respuesta de los cultivos a través de sitios y años.

Se conocen las razones por las cuales falla el análisis de suelos, pero a menudo no se cuantifican estos factores en forma apropiada para usarse en el manejo de fertilidad del suelo. Factores como textura del suelo, potencial de rendimiento, condiciones específicas de clima, y diferencias entre cultivares enmascaran la clara relación entre el análisis de suelos y la respuesta de los cultivos.

Las recomendaciones pueden o no incluir algunos de estos factores. Más aún, las bases de datos de calibración del análisis de suelos pueden carecer de la información que caractericen estos factores. El complementar esta información demanda inversión y esfuerzo, pero este esfuerzo puede ser recompensado con un mejor manejo de las recomendaciones de fertilización. En este artículo se presentan ejemplos de dos bases de datos, fósforo (P) para maíz y potasio (K) en soya, en Ontario, Canadá, que demuestran el valor educacional y práctico de esta información.

Distribución espacial

La distribución de los cultivos maíz y soya en Ontario y la distribución de los sitios incluidos en la base de datos que presentan respuesta a los nutrientes aplicados en experimentos de campo se presentan en la **Figura 1**. Estos mapas muestran la ubicación de 99 sitios-año de experimentos que evaluaron la respuesta del maíz a P,

* Tomado de: Bruulsema, T.W. 2005. Understanding the science behind fertilizer recommendations. Better Crops With Plant Food. Vol. 88 (3): 16-19.

Julio 2006 • N° 62

CONTENIDO

	Pág.
Ciencia detrás de las Recomendaciones de Fertilización	1
Equilibrio entre las Metas a Corto y Largo Plazo en el Manejo de Nutrientes	5
Nutrición y Fertilización del Pino Caribeño (<i>Pinus caribaea</i>)	8
Reporte de Investigación Reciente	13
- Diagnóstico de la deficiencia de azufre en soya usando semillas.	
- Nuevo método para la medición simultánea de la capacidad de intercambio catiónico dependiente del pH y la capacidad tampón del pH.	
- Distribución de fósforo y potasio en el suelo después de fertilización a largo plazo usando banda profunda en diferentes sistemas de labranza.	
- Dinámica de fósforo en suelos altamente meteorizados evaluada con técnicas de marcado isotópico.	
- Fraccionamiento y fuentes de nitrógeno para la producción de col blanca.	
- Efecto de las dosis de nitrógeno y molibdeno en el rendimiento y calidad de postcosecha de la lechuga de cabeza crespita.	
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	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 citen la fuente y el autor.



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA



Ocasionalmente el maíz y la soya presentan deficiencia de P y K en Ontario.

y 128 sitios-año que evaluaron la respuesta de soya a K. La investigación presentada fue conducida por muchos científicos especialistas en la fertilidad de suelos en las últimas cuatro décadas.

Al momento, las áreas cultivadas se extienden considerablemente al norte y este, más allá del área representada por los experimentos de campo, particularmente para el cultivo de soya. Sin embargo, las áreas de mayor producción coinciden con las áreas de mayor intensidad de experimentos de campo.

Mapas como estos permiten a los productores referenciar su propio sitio con respecto a los sitios presentados en las bases de datos. Esto puede mejorar la aceptación de las recomendaciones de fertilización derivadas de la información acumuladas en estas bases de datos.

El colocar en un mapa los parámetros de respuesta en cada sitio también permite analizar las tendencias

espaciales. Sin embargo, visualmente no se hizo aparente ninguna tendencia clara en las dos bases de datos estudiadas. El número de sitios limitó la expectativa de identificar estas tendencias. Sitios separados aun por solo pequeñas distancias diferían considerablemente en textura. Por estas razones, el análisis de los datos se enfocó a parámetros medidos en cada uno de los sitios. En bases de datos grandes, los análisis geoestadísticos tienen el potencial de identificar sub-regiones en donde la frecuencia de

respuesta difiere, o donde las relaciones entre el contenido del nutriente en el suelo y la respuesta del cultivo difieren.

Impacto del contenido de nutrientes en el suelo

Las bases de datos analizadas contienen suficiente información para calcular una dosis óptima para cada sitio-año, utilizando modelos lineales, cuadráticos o exponenciales de respuesta. Los sitios donde la dosis óptima fue cero se denominaron sitios sin respuesta. La frecuencia de sitios con respuesta estima la probabilidad de respuesta del cultivo. El número de sitios con respuesta fue diferente entre sitios-año. Niveles múltiples de otros factores, como labranza o cultivar utilizado, resultaron en niveles muy altos de respuesta para algunos sitios-año: hasta 60, con una mediana de 10, en la base de datos de maíz, hasta el 96, con una mediana de 4, en la base de datos de K en soya. Todos los análisis a través de sitios-año usaron el

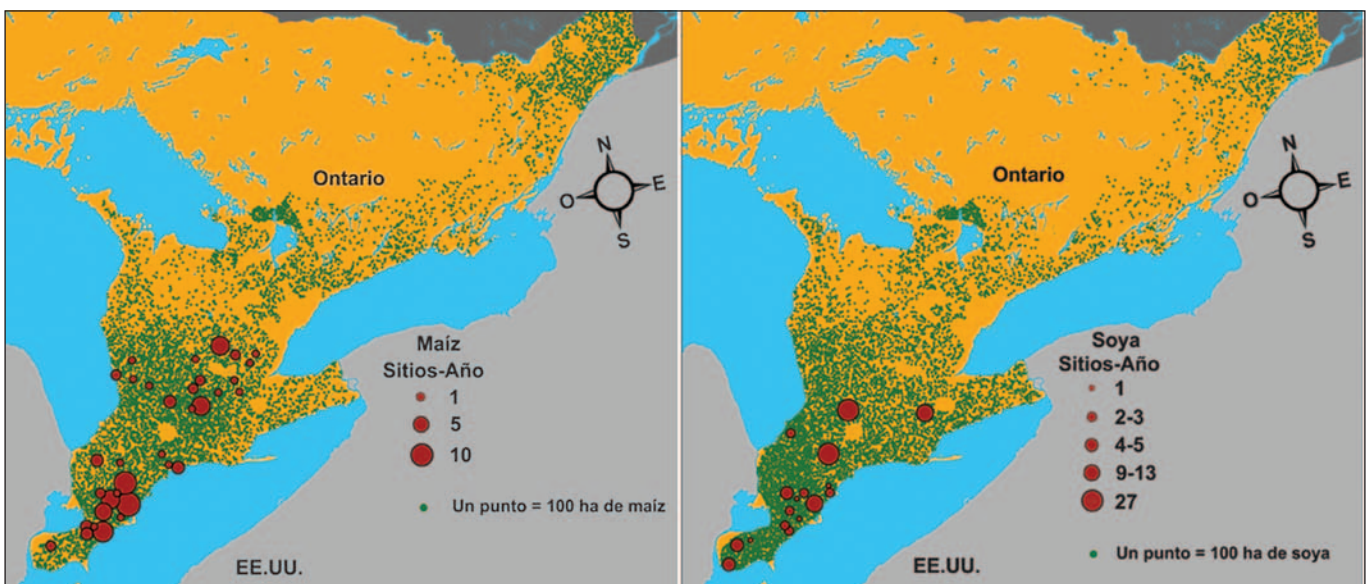


Figura 1. Distribución de las áreas de producción y de los experimentos de campo de fertilidad en maíz y soya en Ontario, Canadá.

número de sitios con respuesta como factor de ponderación.

El resumen de las características de respuesta solamente por categorías de contenido del nutriente en el suelo según el análisis presentado en la **Tabla 1** indica que la probabilidad de respuesta y la dosis promedio óptima se redujo a medida que los contenidos del nutriente en el suelo se incrementaron. Al comparar las probabilidades de respuesta, se puede concluir que aplicar P al maíz es más crítico que aplicar K a la soya. Contenidos altos del nutriente en el suelo implican menores probabilidades de respuesta. Sin embargo, muchos productores considerarían que un riesgo de pérdida en el rendimiento de 15 a 25% demanda atención, particularmente si lo pueden eliminar con una dosis baja de fertilizantes bien localizados.

El análisis por categorías de contenido del nutriente en el suelo presentado en la **Tabla 1** explica solo el 17% de la variabilidad en la dosis óptima de P para maíz y el 13% de K para soya. Si se aplican las dosis promedio óptimas de cualquiera de las categorías de contenido del nutriente en el suelo, existe un muy alto riesgo de aplicar demasiado o muy poco nutriente. Debido a que a categorías bajas de contenido del nutriente en el suelo el riesgo y tamaño del potencial de pérdida del rendimiento son altos, las recomendaciones son generalmente más altas que las dosis promedio óptimas presentadas.

Al contrario, a contenidos altos en el suelo algunas personas recomiendan no aplicar el nutriente, ya que las pérdidas potenciales de rendimiento son menos frecuentes y más pequeñas, y la cantidad del nutriente requerido es menor de lo que se puede aplicar con el equipo normal de campo. Sin embargo, si se valora la oportunidad de mantener la fertilidad del suelo, y si se

considera que la probabilidad de respuesta es todavía sustancial, esta es una justificación para fertilizar en dosis moderadas suelos con contenidos altos del nutriente. La colocación controlada de dosis bajas usando técnicas como la colocación de P de arranque con las semillas es una estrategia que tiene mucho sentido en el manejo de fertilidad del maíz en estas situaciones. Ninguna de las dos bases de datos contienen sitios con contenidos del nutriente mayores a los de la categoría de “muy alto”. En sitios donde se determina que existen estos contenidos del nutriente en el suelo, estas bases de datos no proveen una respuesta a la pregunta de que si el fertilizante de arranque continúa teniendo algún valor en estas condiciones.

Impacto en la textura del suelo y el potencial de rendimiento

Aunque el análisis de suelo solo explica del 13 a 17% de la variabilidad en las dosis óptimas, esto no implica que esta herramienta no tenga valor. Los sitios varían mucho en su contenido de nutrientes en el suelo, y las diferencias en la probabilidad de respuesta y en las dosis óptimas hacen del análisis del suelo una práctica económicamente favorable. Además, lo que indican estos porcentajes es que existe una oportunidad para definir que otros factores, más allá del contenido de nutrientes en el suelo, pueden influenciar la dosis óptima. Hasta el momento, solamente los datos de textura del suelo y los datos de rendimiento son factores confiables en las dos bases de datos evaluadas. Se asume que el potencial de rendimiento es el promedio del tratamiento con más alto rendimiento.

Cuando se considera la textura del suelo, es aparente que los suelos con textura gruesa parecen tener un más alto nivel óptimo de P para maíz, en comparación con los suelos de texturas más finas (**Tabla 2**). Al añadir la

Tabla 1. Características de la respuesta de maíz y soya a cuatro categorías de contenido del nutriente en el suelo según el análisis¹.

Categoría ²	Maíz		Soya	
	Probabilidad de respuesta %	Dosis promedio óptima de P ₂ O ₅ kg/ha	Probabilidad de respuesta %	Dosis promedio óptima de K ₂ O kg/ha
Bajo	85	50	44	53
Medio	59	28	49	39
Alto	19	8	15	13
Muy alto	25	8	24	11

1 Basadas en datos de 99 y 128 sitios-año para maíz y soya, respectivamente. El análisis fue ponderado basándose en el número de ocurrencia de la misma categoría en cada sitio-año.

2 Los límites de las cuatro categorías para los contenidos de P según el análisis de suelos (Olsen) para maíz son 9, 20 y 30 ppm y para K en soya son 60, 120 y 150 ppm (acetato de amonio).

Tabla 2. Impacto de la textura del suelo en el promedio de las dosis óptimas de P aplicadas en Ontario, Canadá.

Contenido de P en el suelo (Categoría)	Textura	
	Arenoso a Franco	Franco a Arcilloso
	----- kg P ₂ O ₅ /ha -----	
Bajo	78	47
Medio	52	18
Alto		8
Muy alto		8

Tabla 3. Impacto de la textura del suelo en el promedio de las dosis óptimas de K aplicadas en Ontario, Canadá.

Contenido de K en el suelo (Categoría)	Textura	
	Arenoso a Franco	Franco a Arcilloso
	----- kg K ₂ O/ha -----	
Bajo	56	
Medio	18	50
Alto	0	15
Muy alto	2	16

textura al análisis de suelo la variabilidad total explicada se duplicó a 33%. Sin embargo, la base de datos no contiene sitios con suelos de textura gruesa y contenidos altos y muy altos de P. Los niveles de rendimiento para esta base de datos tuvieron un promedio de 8280 kg/ha, pero el efecto del rendimiento en la dosis óptima no fue significativo ($p = 0.2$).

La textura del suelo también influyó las dosis óptimas de K para soja (**Tabla 3**). Es aparente que los suelos con texturas más finas requirieran más K para un nivel de contenido de K en suelo dado. El rendimiento también tuvo influencia, con un incremento de 1.2 kg/ha de dosis óptima de K₂O por cada 67 kg/ha de incremento en el rendimiento. El promedio del rendimiento en la base de datos fue de 2890 kg/ha. Los efectos combinados de los contenidos de K en el suelo según el análisis, textura y rendimiento explican el 23% de la variabilidad en dosis óptimas.

Los ejemplos en las Tabla 2 y 3 demuestran que la predicción de las dosis óptimas a partir del análisis de suelos puede mejorarse substancialmente al considerar otros factores específicos del sitio. Sin embargo, si se considera que estos factores solo explican del 23 al 33% de la variabilidad, existe un espacio considerable para mejorar.

El clima es uno de los modificadores más importantes de la relación entre los niveles de nutrientes en el suelo y la respuesta del cultivo. Sin embargo, es difícil el determinar cuales datos del clima son los que mejor representan esta influencia, pero, aun si podría deducir esta relación de las bases de datos, el valor de la predicción dependería del pronóstico del clima.

Se analizó otra base de datos más grande con información sobre la respuesta de maíz al nitrógeno (N) en Ontario. Esta base incluye 595 sitios-año de experimentos de campo con por lo menos tres dosis de N. Esta base no tiene información sobre análisis de suelos, pero la evaluación de la información encontró que cuatro factores: rendimiento, cultivo anterior, textura del suelo y época de aplicación de N, explican el 28% de la variabilidad de las dosis óptimas de N. Una cantidad considerable de variabilidad, proveniente del clima y otros factores, todavía permanece sin explicación.

Conclusiones

Aun las mejores bases de datos de calibración de análisis del suelo explican menos de una tercera parte de la variabilidad en respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes. Esto afecta las interpretaciones agronómicas de los análisis de suelos e implica que no existe una sola dosis óptima para todos los productores con condiciones similares de fertilidad de suelos. Más bien, la dosis óptima depende de la magnitud relativa de los riesgos que cada productor enfrenta.

Las decisiones de las dosis de fertilización son decisiones gerenciales de riesgo. Agronómicamente, el riesgo de que un nutriente limite el rendimiento del cultivo debe confrontarse con el costo e impacto de esta decisión en el balance del contenido de nutrientes en el suelo. Ambientalmente, se deben considerar los riesgos de la aplicación de nutrientes en la calidad del agua y aire.

Es necesario evaluar los riesgos agronómicos y ambientales por sitio específico para determinar de forma adecuada la dosis de nutriente a aplicarse de modo que se pueda maximizar el beneficio del uso de fertilizantes. 🌱