



INVESTIGACION
INPOFOS K P
EDUCACION

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

SE ESTA AGOTANDO EL FOSFORO PARA LA PRODUCCION AGRICOLA?

David W. Dobb*

Se agota el fósforo (P) necesario para la producción de alimentos? La respuesta es simplemente "NO". Cómo puede ser tan absoluta esta aseveración? El P es uno de los elementos minerales más abundantes en la tierra y es necesario para todos los seres vivos. Puede cambiar la forma o puede cambiar la localización, pero la masa total (la existencia total) de P no cambia.

La disponibilidad de P para la producción de alimentos y, en consecuencia, la disponibilidad para los organismos vivos, depende de la habilidad para recuperarlo de los sitios donde se encuentre y luego ubicarlo cerca de las raíces, en una forma que las plantas lo puedan utilizar.

Al momento, la reserva de P para la producción de alimentos es abundante. Esto se debe, en gran medida, a los avances logrados en la extracción de P de los grandes depósitos minerales de roca fosfórica, a la transformación de este material en P disponible para las plantas y al suministro de este P a los productores que lo utilizan en sus cultivos para producir alimentos. Este proceso es la base de la comercialización actual de fertilizantes fosforados.

Parte del P necesario para que el cuerpo funcione adecuadamente proviene directamente de las hortalizas, frutas, granos, etc. Otra parte llega indirectamente a través de productos animales como la carne, leche y huevos y una tercera parte se consume en forma de suplementos vitamínicos o minerales. Todo este P proviene de depósitos naturales, ya sea de los grandes depósitos de roca fosfórica o del P difundido en el suelo durante el proceso natural de formación. Con la producción de cultivos se extrae P del suelo y es necesario reponer este nutriente para poder sostener el potencial de producción de alimentos. Esta reposición representa la práctica actual de fertilización de los cultivos.

Sin embargo, qué pasaría cuando se agoten todos los depósitos minerales que están actualmente bajo explotación?, ocurrirá pronto? y cuando esto suceda, se habrá agotado el P necesario para la producción de alimentos?. Nuevamente, la respuesta es "NO". Para entender el porqué de esta situación es necesario revisar el uso histórico y las fuentes de P utilizadas para la producción de alimentos en el pasado, que sucede al momento, las reservas actuales de P y otras posibles fuentes para el futuro. Con esta perspectiva será posible entender porque el mundo no se quedará sin P.

* Tomado de: Dobb, D. 2004. We will run out of phosphorus? Better Crops 88 (2):

JULIO 2004

No. 54

Contenido

	Pág.
Se está agotando el fósforo para la producción agrícola	1
Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz	3
Respuesta del Jengibre al potasio	10
Reporte de investigación reciente	13
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.



Foto 1.- Extracción de P en Florida.

Uso histórico de P en la producción de alimentos

Todos conocen la historia de como los nativos americanos les mostraron a los primeros peregrinos europeos que colocando un pescado en un agujero donde se había sembrado previamente una semilla de maíz se podían producir rendimientos más abundantes. Mientras se descomponía el pescado, el P y otros nutrientes necesarios se hacían disponibles para el maíz. Otros aprendieron que el estiércol animal también suministraba parte del P necesario para los cultivos y que los residuos de los cultivos que contenían P contribuían a mantener el suministro de P, si se retornaban al suelo. A medida que la población de humanos y animales aumentaba, se encontró que el suministro de pescado, estiércol o residuos de cultivos era insuficiente para mantener la fertilidad y la productividad de los suelos. El P y otros nutrientes se agotaron en muchos suelos. De hecho, las primeras migraciones desde la costa este de los Estados Unidos hacia tierras más fértiles en el oeste, se debieron en parte al agotamiento de la fertilidad de las primeras tierras cultivadas. La incapacidad de los agricultores para reponer los nutrientes removidos hizo que se abandonaran aquellas tierras agotadas de nutrientes y que se buscaran tierras mas productivas en otras áreas de América del Norte.

Nuevas fuentes de P

Se conocía que los huesos eran ricos en P y la harina de huesos molidos se convirtió en una fuente de P. Las harinas de sangre y de pescado y otras fuentes de P se hicieron comercialmente disponibles. Sin embargo, estos materiales no fueron suficientes para mantener niveles altos de P en el suelo y la productividad de los cultivos disminuyó.

Los avances en química abrieron una nueva y abundante fuente de P. La roca fosfórica acumulada en los depósitos recientemente descubiertos pudo ser tratada con ácidos

similares a los que existen naturalmente en los suelos. Era posible entonces tener P disponible para las plantas en forma concentrada y que podía ser transportada y entregada de manera más eficiente a los productores. Ese fue el inicio de la comercialización de fertilizantes fosforados común hoy en día. Algunos de estos depósitos de roca fosfórica se agotaron después de su explotación, mientras que se descubrieron y se pusieron en producción otros depósitos comercialmente viables. Al momento existen depósitos sin utilizar porque en las actuales condiciones económicas no es rentable la explotación. Probablemente, con el desarrollo de nuevas tecnologías de extracción y procesamiento, y diferentes condiciones económicas, muchos de estos depósitos podrán ser incorporados a la producción de P en el futuro.

Como parte de esta mirada retrospectiva del desarrollo de las fuentes de P, es posible comparar las reservas actuales conocidas de roca fosfórica con las de hace 50 años y la capacidad de producción actual y con la producción en el pasado (Tabla 1).

Algunos puntos interesantes surgen del análisis de la Tabla 1 y de otros datos relacionados:

- Desde 1953, se han explotado 5.5 billones de toneladas de roca fosfórica.
- Las reservas conocidas bajo las condiciones económicas actuales son muy grandes, alrededor de 3.3 billones de toneladas más que hace 50 años.
- En la medida que la economía y la tecnología cambien se podrá disponer de las reservas conocidas, como ha sucedido desde 1950.
- En forma conservadora, se ha estimado que las reservas probadas de roca fosfórica, más otros depósitos de P que podrían ser potencialmente explotados en el futuro, alcanzan a más de 100 billones de toneladas.

Continúa en la Pág. 9

Tabla 1.- Reservas mundiales y explotación anual de roca fosfórica.

Año	Reservas mundiales ¹ billones de toneladas	Producción mundial millones de toneladas
1953	46.7	27.2
2003	50.0	138.0 ²

¹ Las reservas mundiales incluyen los recursos que son explotables con la tecnología actual y en las condiciones económicas imperantes, o que tienen un razonable potencial de ser económicamente explotadas.

² Cantidad estimada.

FISIOLOGIA, NUTRICION Y FERTILIZACION NITROGENADA DEL MAIZ

Fred E. Below*

Introducción

Entre los elementos minerales esenciales, el nitrógeno (N) es el que con más frecuencia limita el crecimiento y el rendimiento del maíz. Esta condición ocurre porque las plantas requieren cantidades relativamente grandes de N (de 1.5 a 3.5% de peso seco de la planta) y porque la mayoría de los suelos no tienen suficiente N en forma disponible para mantener los niveles deseados de producción. Debido a que la deficiencia de N puede disminuir el rendimiento y la calidad del grano, es necesario tomar medidas para asegurar que niveles adecuados de N estén disponibles para las plantas. Estimativos globales sugieren que los fertilizantes nitrogenados cubren el 80% del costo total de fertilizantes y el 30% de toda la energía asociada con la producción agrícola moderna de maíz (Stangel, 1984).

Los productores de maíz reconocen que son necesarias concentraciones adecuadas de N en la planta para obtener altos rendimientos, sin embargo, el dilema está en conocer que cantidades aplicar para lograr estas concentraciones. Este problema resulta del complejo ciclo del N en la naturaleza que posibilita pérdidas del nutriente cuando se desplaza por debajo del sistema radicular. La situación se complica más por problemas mecánicos asociados a aplicaciones de fertilizante nitrogenado y por la incertidumbre de las condiciones meteorológicas, especialmente la disponibilidad de agua. El N del fertilizante que no es aprovechado produce, además del perjuicio económico, daño ambiental por pérdida del nutriente a capas inferiores del perfil del suelo. Las pérdidas excesivas de fertilizante nitrogenado de los cultivos pueden contaminar las aguas profundas con nitrato (Carpenter et al., 1998; Burkart and James, 1999). Con el creciente interés de la opinión pública en la calidad ambiental aumentan también las presiones sobre los agricultores en mejorar el manejo del N. Con la adopción creciente de prácticas de conservación de suelos también aumentarán las prácticas relacionadas con mejor manejo del fertilizante nitrogenado.

Este artículo discute brevemente las relaciones del N con el crecimiento y el rendimiento de la planta de maíz y varias formas de mejorar el manejo de este nutriente.

Disponibilidad del nitrógeno

En condiciones naturales, el N entra al suelo como resultado de la fijación biológica y/o de la descomposición de residuos animales y vegetales. La mayor parte del N en los suelos está contenida en la materia orgánica (> 90%), en forma relativamente estable que no es directamente disponible para las plantas. Una porción del N en el material orgánico se torna disponible por mineralización promovida por los microorganismos del suelo. Las cantidades liberadas varían y dependen de las prácticas de manejo y de las condiciones ambientales. Sin embargo, la liberación es normalmente muy lenta para satisfacer las necesidades de un cultivo de maíz en crecimiento (solamente 2-3% de N del N total se convierte a formas disponibles cada año). Como resultado, se requiere añadir N a través de fertilizantes para optimizar el crecimiento y el rendimiento del maíz.

El N es el único de los nutrientes minerales que puede ser absorbido por las plantas en dos formas distintas: como anión nitrato (NO_3^-) o como catión amonio (NH_4^+). Los fertilizantes nitrogenados de uso común contienen relaciones variadas de NO_3^- y NH_4^+ , sin embargo, las bacterias del suelo oxidan rápidamente el NH_4^+ a NO_3^- en suelos bien aireados y de buena temperatura que favorecen el crecimiento del maíz. Por esta razón, el NO_3^- es la forma de N absorbida predominantemente por las plantas de maíz, independiente de la fuente de N aplicada.

Además de ser la forma más disponibles de N para la planta, el NO_3^- es también responsable por las mayores pérdidas de N en el suelo ya que es susceptible a lixiviación y denitrificación. También puede ser removido temporalmente de la reserva disponible del suelo a través de la absorción, fijación e inmovilización microbiana. Las implicaciones económicas de estas pérdidas de N son evidentes, especialmente cuando son lo suficientemente grandes para limitar la productividad del cultivo. Estas pérdidas también ayudan mucho a acentuar la incertidumbre asociada con el manejo de fertilizante nitrogenado y con el potencial daño ambiental.

* Tomado de: Below, F. 2002. Fisiología, Nutrição e abubação nitrogenada do milho. *Informações Agrônomicas. Potafos* 99: 7-12.

Nitrógeno en la planta

Independientemente de la forma como haya sido absorbido, una vez dentro de la planta, el N inorgánico tiene que ser asimilado (incorporado) a formas orgánicas, comúnmente aminoácidos. El N se incorpora en numerosos compuestos esenciales a la planta, pero la mayoría (> 90%) está presente en las proteínas. A pesar de lo complejo, el impacto del metabolismo del N en el crecimiento y rendimiento del maíz se puede resumir en dos funciones generales: 1) establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética y 2) desarrollo y crecimiento de los sumideros reproductivos (Below, 1995).

El establecimiento de la capacidad fotosintética se logra asegurando que la provisión de N no limite el desenvolvimiento del complejo sistema que controla la fotosíntesis (enzimas, pigmentos y otros compuestos). Dentro de ciertos límites, el incremento en la disponibilidad de N aumenta el crecimiento y vigor de la planta, mientras que la deficiencia resulta en plantas pequeñas y de color pálido. La deficiencia de N afecta la captación solar, en consecuencia la fotosíntesis y en última estancia el rendimiento de granos. Las deficiencias de N se reconocen rápidamente en el campo debido a la coloración verde amarillenta del cultivo, sin embargo, es mucho más difícil identificar el nivel adecuado y excesivo de N en el cultivo.

Para alcanzar altos rendimientos, se necesita no solamente establecer la capacidad fotosintética de la planta, sino también que la fotosíntesis continúe durante la formación y crecimiento del grano. Esta fase es particularmente importante debido a que la acumulación de materia seca en el grano de maíz depende de la fotosíntesis que ocurra en esta etapa. La mayor parte del N en las hojas de maíz está asociada con las proteínas del cloroplasto (alrededor de 60% del total de N en la hoja). Estas proteínas están sujetas a desdoblamiento y los aminoácidos resultantes se removilizan dentro de la planta. La capacidad fotosintética de las hojas disminuye con el envejecimiento y con esto también se reduce el suplemento de asimilados de la fotosíntesis y el rendimiento de grano. Cuando existe deficiencia de N esta reducción ocurre más rápidamente y en consecuencia se forman mazorcas más pequeñas con menos granos.

Otra función importante del N, necesaria para asegurar la alta productividad, es la de establecer la capacidad productiva de la planta de maíz. A pesar de que la capacidad productiva está en función del número y del tamaño del grano, en maíz el número de granos por planta está normalmente más relacionado con el rendimiento que cualquier otro factor de la producción. Muchos estudios demuestran que el incremento en el rendimiento inducido por N es fundamentalmente el

resultado de más granos por planta (Below, 1995; Uhart and Andrade, 1995). Los datos de las Figuras 1 y 2 ilustran este hecho. Se observa que el incremento en las dosis de N causó menor impacto en el peso individual del grano que en el número total de granos. La aplicación de N aumentó el peso del grano en apenas 10% y este incremento se logró con la primera dosis de N (67 kg N/ha). Por otro lado, el incremento en las dosis de N produce un mayor número de granos, en un patrón muy parecido a la típica curva de respuesta de rendimiento al suplemento de N (Figura 1).

En el maíz, el suplemento de N afecta al número de granos debido principalmente al menor aborto (Figura 2). El número potencial de óvulos es determinado al inicio del desarrollo de la planta (estadio de hoja 12) y el abastecimiento de N altera poco esta condición. Sin embargo, el suplemento de N sí afecta substancialmente la proporción de granos abortados o de granos que detienen su desarrollo (Figura 2).

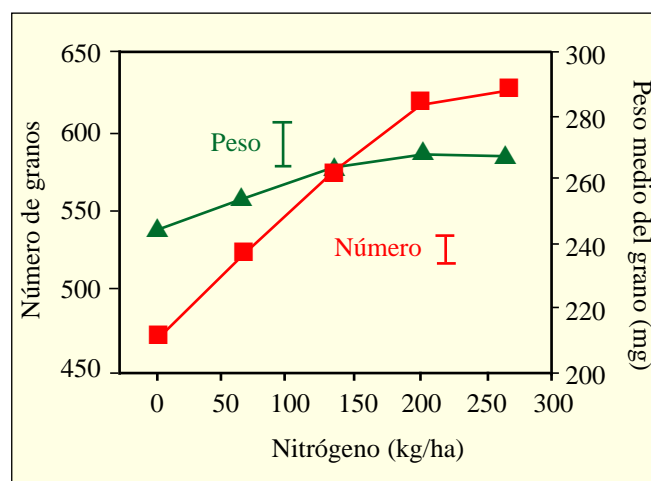


Figura 1.- Efecto de dosis de N en los componentes de la producción de maíz. Valores promedio de dos híbridos en dos años. Las barras indican el DMS a un nivel de probabilidad del 5% para la comparación entre dosis de N.

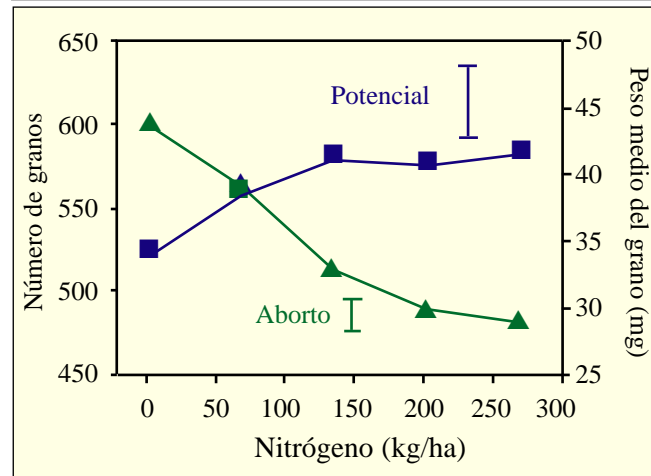


Figura 2.- Efecto de dosis crecientes de N en el número de granos en maíz. Las barras indican el DMS a un nivel de probabilidad del 5% para la comparación entre dosis de N.

Como otros síntomas de estrés, el aborto de granos inducido por la deficiencia de N ocurre principalmente en la punta de la mazorca (Figura 2). No se conoce todavía si este efecto es el resultado directo de la cantidad de N que llega a la mazorca o el resultado indirecto de una limitación de la fotosíntesis inducida por la falta de N. Experimentos que evaluaron el efecto del sombreado y la deficiencia de N conducidos por Uhart y Andrade (1995) sugieren que la deficiencia de N afecta el rendimiento al alterar la intercepción de luz y la fotosíntesis de las hojas. Investigación con maíz in vitro y en soluciones nutritivas indican que al menos una porción del efecto del N en el desarrollo de los granos y en el rendimiento se debe a una modificación del metabolismo de los granos en respuesta al supresión del suplemento de N (Below et al., 2000).

Manejo de la fertilización con nitrógeno

La respuesta del maíz a la adición de N es afectada por factores ambientales, culturales y de suelo. Por esta razón, las curvas de respuesta pueden variar bastante de sitio a sitio. De igual manera, en un suelo fértil con alto contenido de N residual, la aplicación de fertilizantes nitrogenados puede tener baja respuesta o aun puede reducir los rendimientos. Existen también otros factores aparte del N, como la falta de humedad en el suelo o la deficiencia de otro nutriente(s), que pueden limitar la respuesta a las aplicaciones de N y no aumentan el crecimiento o el rendimiento aun cuando el contenido de N en el suelo es bajo. La dosis óptima económica de N depende también de otros factores, como la fuente de N, la época de aplicación y las prácticas culturales usadas en el sistema de producción. La parte final de este artículo examina brevemente estos factores y usa algunos resultados de investigación como ejemplos.

En los Estados Unidos, las recomendaciones de N normalmente se basan en la historia del lote que toma en cuenta el cultivo anterior y una meta de rendimiento establecida. En algunos sitios se usan también fórmulas para estimar la capacidad del suelo para mineralizar N de la materia orgánica. Sin embargo, las necesidades de fertilizante nitrogenado son también afectadas por otros factores como las prácticas culturales utilizadas y la relación costo/beneficio del fertilizante. Los problemas con las recomendaciones de fertilización con N pueden surgir de metas irreales de rendimiento o de la errónea evaluación de la capacidad del suelo para sostener el cultivo. Además, es un hecho conocido que las recomendaciones de N pueden variar considerablemente de zona a zona, en algunos

casos en zonas adyacentes sin razón o explicación aparente. Encuestas recientes indican que muchos productores aplican más N que la recomendación habitual. Estas aplicaciones excesivas ocurren por varias razones, principalmente por el deseo de buscar altos rendimientos y por aplicar N extra por seguridad.

En el estado de Illinois, la recomendación actual para maíz es de 21.4 kg de N por tonelada de producción esperada (media de 5 años más 5% por mejoras genéticas anticipadas), menos el crédito de N dejado por la leguminosa del cultivo anterior y cualquier otro N aplicado (fertilizantes de arranque o aplicaciones de estiércol). Cuando el cultivo anterior fue soya (que es el caso de más del 90% del maíz cultivado en Illinois), se acreditan 17 kg de N por tonelada de soya cosechada, hasta un máximo de 45 kg, y esta cantidad se sustrae de las necesidades calculadas de N.

Sin embargo, la evidencia experimental sugiere que la exigencia de N en el maíz es más una función del tipo de suelo que del nivel de rendimiento producido (Vanotti and Bundy, 1994a, 1994b) y que el crédito del N de la soya puede ser mayor al usado en las recomendaciones actuales (Bundy et al., 1993; Schoessow et al., 1996). Los datos presentados en la Tabla 1 resumen las respuestas de N en experimentos de maíz seguido de soya conducidos en campos altamente productivos en Champaign, Illinois, en un periodo de cinco años. Durante este periodo, las máximas producciones de grano variaron de 8.0 a 13.2 t/ha, con un rendimiento medio de 12.5 t/ha y con dosis óptimas económicas de N que van de 130 a 180 kg de N/ha. Usando la media del rendimiento de cinco años (10.5 t/ha) y con un crédito de N de la soya de 45 kg de N/ha, la recomendación calculada en Illinois sería de 191 kg de N/ha para máximo rendimiento. Es interesante anotar que en ningún año fueron necesarios los 191 kg de N para un rendimiento óptimo, y en dos

Tabla 1.- Dosis óptima económica y requerimiento de N para máximo rendimiento en maíz cultivado en el mismo campo por un periodo de 5 años. Todos los valores fueron calculados a partir de la curva de respuesta en rendimiento a la aplicación de N. La soya siempre fue el cultivo anterior y se reconoció un crédito de 45 kg de N/ha que se incluyó en el cálculo del requerimiento de total de N.

Año	Rendimiento de grano t/ha	Dosis óptima de N kg/ha	Requerimiento de N kg N/t
1995	8.0	135	22.4
1996	10.7	170	19.9
1997	11.2	180	20.0
1998	9.5	130	18.8
1999	13.2	180	16.9

años (1995 y 1998) se requirió mucho menos N (alrededor de 55 kg menos). Otros experimentos de respuesta a N, conducidos en otros sitios del estado de Illinois, mostraron resultados similares (datos no presentados).

El requerimiento de N calculado (que incluye el crédito de 45 kg de N/ha de la soja) también fue menor que las recomendaciones actuales (21.4 kg de N/t de grano) en todos los años, menos en el que presentó menor rendimiento (Tabla 1). De esta forma, al contrario de lo que piensa la mayoría de los productores, los requerimientos de N fueron más bajos en el año de mayor productividad y más altos en el año de menor productividad. Aparentemente, cuando el ambiente es favorable para altos rendimientos, también es favorable para que se produzcan altas tasas de mineralización de N del suelo. Estos datos refutan las razones dadas por los productores para usar más N del necesario (el deseo de obtener altos rendimientos y la idea de aplicar N extra para asegurar el suplemento) y sugieren que las recomendaciones de N actuales son conservadoramente elevadas.

Adicionalmente, la aseveración de que los híbridos de maíz modernos pueden usar N con mayor eficacia (y requerir menos fertilizante nitrogenado) se confirma por el incremento continuo del rendimiento promedio de maíz en Illinois durante los últimos 25 años, aun cuando las cantidades de fertilizantes nitrogenados usadas permanecen relativamente constantes.

Existe un claro beneficio al cultivo de maíz después de soja, conocido como crédito de N de la soja. La estimación del crédito de N se obtienen normalmente comparando las dosis de N requeridas para producir un mismo rendimiento en maíz continuo y en rotación de maíz/soya, conocidas también como valor de sustitución de N (Hesterman, 1998). Estimativos experimentales del crédito de N de la soja difieren notablemente entre sitios y años y varían de 22 a 210 kg de N/ha (Bundy et al., 1993). A pesar de la variabilidad entre estados, la mayor parte de los sistemas de recomendación de N en los Estados Unidos seleccionó empíricamente un crédito máximo de 45 kg de N/ha. De igual manera, otro factor que puede conducir a excesivas aplicaciones de N es subestimar el crédito de N en la soja.

El rendimiento de maíz en función del cultivo anterior y de las dosis de N, en un suelo altamente productivo de Illinois, se muestra en la Figura 3. En este experimento, el rendimiento de maíz continuo fue menor que el de maíz en rotación, a cada dosis de N probada. Se necesitaron alrededor de 135 kg/ha de N exigidos para optimizar el rendimiento del maíz en

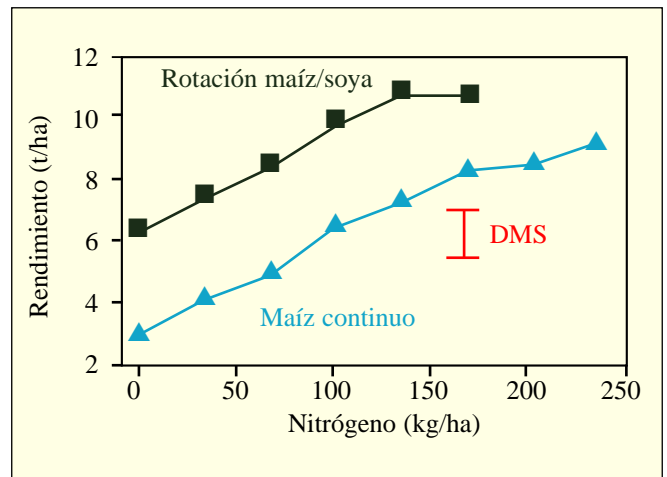


Figura 3.- Efecto del cultivo anterior en la respuesta del maíz a dosis de N. Los datos para maíz después de soja se obtuvieron en 1999 y para maíz continuo en 1998. Los dos cultivos crecieron en campos adyacentes. Las barras indican un nivel de DMS de 5% de probabilidad al comparar la respuesta del cultivo anterior a una determinada dosis de N.

rotación con soja, mientras que el requerimiento de maíz continuo aumentó a 235 kg de N/ha. Basándose en la técnica del valor de sustitución de N, a partir desde los datos se puede calcular un crédito de 97 kg de N/ha proveniente de la soja, que es el doble del normalmente usado en las recomendaciones de N.

En cuanto a las fuentes de N, los agricultores en los Estados Unidos tienen varias fuentes de donde escoger. Estas fuentes difieren en el porcentaje total de N y en el porcentaje de N como NH_4 o NO_3 (Tabla 2). Se puede usar cualquiera de estas fuentes en labranza convencional o en siembra directa, sin embargo, algunas requieren de consideraciones especiales para maximizar su eficiencia.

Algunas fuentes de N se pueden aplicar en la superficie (que el método de fertilización lógico en cultivos con mínimo movimiento de suelo), pero otras están sujetas a pérdidas cuando se aplican de esta forma. Las pérdidas por aplicación a la superficie es mayor con la urea o en fertilizantes que contienen urea, debido a que este material forma rápidamente NH_4 y CO_2 por la acción de la enzima ureasa presente en el suelo y en los residuos de la planta. Esta conversión promueve altos niveles de NH_4^+ y pH elevado en el sitio de aplicación, dos condiciones que contribuyen para la pérdida de N por volatilización como NH_3 (amoníaco) gaseoso. El sulfato de amonio, por no exhibir relación alcalina en el suelo, no está sujeto a pérdidas de N por volatilización de NH_3 , pero es mucho más acidificante que la mayoría de las otras fuentes de N.

Tabla 2.- Diferentes fuentes de N en uso en los Estados Unidos. Nótese el variado contenido de N así como de amonio o nitrato.

Fuente	N total	Amonio	Nitrato
	-----	%	-----
Amoniaco anhidro	82	100	0
N Líquido 28	28	75	25
Urea	46	100	0
Sulfato de amonio	21	100	0
Nitrato de amonio	35	50	50
Nitrato de potasio	14	0	100

Tabla 3.- Efecto de la forma de N en el rendimiento y en los parámetros fisiológicos del maíz cultivado hasta madurez en medio hidropónico. Los valores son medias de todos los híbridos estudiados durante seis años.

Parámetros	Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	
	100/100	50/50
Rendimiento de grano (t/ha)	12.3	13.8
Número de granos por planta	652	737
Absorción de N por la planta (kg/ha)	279	343

La diferente proporción de NO_3^- o NH_4^+ en las fuentes de N también puede afectar en el manejo de N, debido a que el N en forma de NH_4^+ se pierde mucho menos por lixiviación, denitrificación o volatilización. El aumento o la supresión del NH_4^+ en el suelo puede afectar el desempeño de la planta, como se ha observado en numerosas especies que absorben más N y crecen más rápidamente cuando se suplementa el N en una mezcla NO_3^- y NH_4^+ que cuando se añade solamente NO_3^- (Below, 1995). Como es imposible mantener 100% de NH_4^+ en condiciones normales de producción, se cambia la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ principalmente aumentando o suprimiendo NH_4^+ por encima de la cantidad que normalmente estaría presente en el suelo. Este concepto se denomina "suplemento acentuado de amonio" o "nutrición nitrogenada mixta".

Los datos de experimentos en hidroponía, donde se puede controlar estrictamente la forma de N, indican que se producen rendimientos de maíz consistentemente mayores (variaciones de 10 a 14% con una media de 12%) cuando las plantas crecieron en una solución mixta de N que cuando crecieron solamente en NO_3^- (Tabla 3). A pesar de que estos incrementos en rendimiento se lograron en hidroponía, donde es posible un mayor control de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, se han observado moderados incrementos de rendimiento (6 a 10%) en algunos híbridos en condiciones de campo donde se utilizaron fuentes amoniacaes e inhibidores de la nitrificación para aumentar el suplemento de N como NH_4^+ (Smiciklas and Below, 1992).

En todos los casos, los incrementos en rendimiento inducidos por la mezcla de formas de N se debieron a la presencia de más granos por planta, promovida principalmente por el menor aborto de granos en la punta de la mazorca (Tabla 3). Estos resultados sugieren que existe un efecto fisiológico directo de la forma de N en el desarrollo de los granos ya que ambos tratamientos tuvieron adecuado N disponible para satisfacer las necesidades de la planta. A pesar de que todavía no se conoce exactamente la base fisiológica que conduce al menor aborto de grano, parecer estar implicado el hecho de que existe una acumulación adicional de N en la planta, condición que se observa en el tratamiento con las mezclas de formas de N en comparación con el tratamiento que solamente recibió NO_3^- (Tabla 3). Estos efectos se observaron en plantas cultivadas en hidroponía y en condiciones normales en el suelo (Smiciklas and Below, 1992) y sugiere que las plantas de maíz son incapaces de absorber suficiente N para máxima producción cuando el N se suplementa en su mayoría como NO_3^- .

La época de aplicación de N también puede influenciar la eficiencia de uso de N y la producción. La ciencia indica normalmente que cuando más cercana sea la aplicación de N al momento de absorción por la planta más eficiente será el uso del nutriente. Sin embargo, esta práctica no siempre es posible en el estado de Illinois por restricciones de tiempo y una considerable cantidad de N se aplica en otoño. Además, algunas fuentes de N, particularmente el sulfato de amonio, se aplican a la superficie del suelo congelado en invierno. Esta práctica es particularmente atractiva para productores que utilizan siembra directa y que quiere evitar la compactación del suelo.

Se evaluó la mejor época de aplicación de N utilizando sulfato de amonio en un experimento de aplicación superficial de N en 10 sitios, por un periodo de tres años, en dosis consideradas adecuadas para obtener máximos rendimientos de maíz. Estos sitios se seleccionaron de modo que representen las variadas prácticas de cultivo incluyendo siembra directa, labranza reducida y labranza en fajas. A pesar de las variaciones anuales, se observó en la media una notable reducción de rendimiento cuando se aplicó el N en otoño o en invierno, en comparación con las aplicaciones en primavera (Tabla 4). Las diferencias en magnitud de esta reducción de rendimiento fueron atribuidas a la diferencia de precipitación en la primavera durante el periodo del estudio (datos no presentados). En los sitios de baja precipitación en

Tabla 4.- Efecto de la época de aplicación de N en el rendimiento de maíz en Illinois. El N se aplicó en presiembra a la superficie como sulfato de amonio a intervalos mensuales, en dosis consideradas adecuadas para óptimo rendimiento. Los valores que representan a otoño son medias de los rendimientos obtenidos con las aplicaciones de octubre y noviembre, para invierno de los meses de diciembre, enero y febrero y para primavera de los meses de marzo y abril (tres sitios en 1997 y 1998 y cuatro sitios en 1999).

Epoca de aplicación	Año			Promedio
	1997	1998	1999	
	----- t/ha -----			
Testigo sin N	8.0	5.8	7.0	6.9
Otoño	9.4	8.5	8.6	8.8
Invierno	9.3	9.4	9.2	9.3
Primavera	9.7	10.0	9.6	9.8

Tabla 5.- Efecto del sistema de labranza en la respuesta del maíz a dosis de N (valores promedio de tres sitios en 1999).

Dosis de N kg/ha	----- Rendimiento de maíz (t/ha) -----		
	Siembra directa	Labranza en fajas	Labranza reducida
0	6.4	7.4	8.0
45	8.9	9.6	9.8
90	11.2	11.2	12.0
135	12.5	12.7	12.4
180	13.4	13.6	13.6
246	13.6	13.9	13.9

primavera la época de aplicación de N no afectó notablemente el rendimiento de granos y lo opuesto se observó en los sitios de alta precipitación en primavera. Dosis adicionales de N, sobre las dosis normal utilizada, aumentaron los rendimientos en los sitios donde las aplicaciones de otoño e invierno fueron menos efectivas, sin embargo, estas aplicaciones no aumentaron el rendimiento al nivel obtenido con las dosis normales aplicadas en primavera (datos no presentados). Es interesante indicar que la práctica de labranza no afectó la respuesta a la época de aplicación de N (datos no presentados).

Además de los factores previamente mencionados, las prácticas culturales (selección del híbrido, manejo del suelo, control de plagas, etc.) también pueden influenciar la respuesta del maíz al N. La labranza puede afectar la disponibilidad de N, y su uso por el cultivo, por alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Se iniciaron recientemente experimentos para investigar el impacto del manejo del suelo sobre las exigencias de N por el maíz. Algunos datos preliminares se presentan en la Tabla 5. Se evaluaron las tres prácticas de labranza más comunes al momento en Illinois. Estas prácticas son la labranza reducida (escarificación en otoño seguida de

una rastra en la primavera), labranza en fajas (se labra el suelo solamente donde se sembrará el cultivo) y siembra directa (sin labranza del suelo). La labranza reducida deja poco o nada de residuos del cultivo en la superficie del suelo cuando el cultivo anterior es soya y menos de 30% de cobertura cuando el cultivo anterior fue maíz y no se lo considera como una práctica de conservación. La labranza en fajas y la siembra directa (cero labranza) dejan más de 30% de residuo de cobertura y son consideradas prácticas conservacionistas.

Los datos iniciales indican que la labranza puede influenciar la respuesta del maíz al N, particularmente a dosis bajas cuando el suplemento de N es limitante (Tabla 5). En los tratamientos que no recibieron N, donde el suplemento de todo el N para el cultivo provino de la mineralización el N orgánico, existió una clara ventaja de la labranza reducida sobre la labranza en fajas y de ésta sobre la siembra directa. Este efecto puede deberse a mejor aeración y mayor temperatura en el suelo causadas por la labranza que permiten la descomposición más rápida de los residuos de las cosechas y de la materia orgánica del suelo. Esta diferencia persiste con las dosis más bajas de N que no permitieron obtener rendimientos óptimos (45 y 90 kg de N/ha), sin embargo, el efecto no se observó cuando la dosis de N estaba por encima de aquella necesaria para buen rendimiento. Estos datos preliminares muestran que la labranza puede afectar la respuesta en rendimiento a la aplicación de N, sin embargo, no dan idea si se deberían alterar las prácticas de fertilización con N de acuerdo con sistema de labranza utilizado.

En resumen, el N desempeña varios roles importantes en la planta de maíz que finalmente se expresan en el incremento en rendimiento por la reducción del aborto de los granos. Las necesidades de N son variables de acuerdo al año y al sitio, sin embargo, el requerimiento de N para rendimiento máximo rara vez excede los 20 kg de N por tonelada de grano producida. Cuando la soya es el cultivo que antecede al maíz, las necesidades de N se reducen significativamente. El suplemento de N como una mezcla de NO_3^- y NH_4^+ también puede incrementar la producción. Cuando más próxima sea la aplicación de N a la etapa de mayor requerimiento de la planta mayor es el rendimiento. La labranza, a pesar de afectar la producción cuando el suplemento de N es limitante, no afecta las dosis necesarias para obtener rendimientos máximos.

Literatura citada

- Below, F.E. 1995. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: Pressarakli, M. (ed.) Handbook of Plant and Crop Physiology. New York: Marcel Dekkar, Inc., p.275-301.
- Below, F.E., J.O. Cazetta, and J.R. Seebauer. 2000. Carbon/nitrogen interactions during ear and kernel development of maize. In: Physiology and Modeling Kernel Set in Maize. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.15-24. (CSSC Spec. Pub. N° 29)
- Bundy, L.G., T.W. Andpaski, and R.P. Wolkowski. 1993. Nitrogen credits in soybean-corn crop sequences on three soils. *Agronomy Journal* 85: 1061-1067.
- Burkart, M.R., and D.E. James. 1999. Agricultural-nitrogen contributions to hypoxia in the Gulf of Mexico. *Journal of Environment Quality* 28: 850-859.
- Carpenter, S.R., N.E. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley, and V.H. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Applic.* 8: 559-568.
- Hesterman, O.B. 1988. Exploiting forage legumes for nitrogen contribution in cropping systems. In: Hargrove, W.L. (ed.) *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.155-166. (ASA Spec. Pub. N° 51).
- Schoessow, K.A., K.C. Killian, and L.C. Bundy. 1996. Site-specific prediction of soybean nitrogen contributions. In: North Central Ext. Indus. Soil fert. Conf., St. Louis, MO., 20-21, Nov. *Proceedings* p.27-40.
- Smiciklas, K.D., and F.E. Below. 1992. Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize. *Crop Science* 32: 1220-1225.
- Stangel, P.J. 1984. World nitrogen situation, trends, outlook, and requirements. In: Hauck, R.D. (eds.) *Nitrogen in Crop Production*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.23-54.
- Uhart, S.A., and F.H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: 11. Carbon nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science* 35:1384-1389.
- Vanotti, M.B, and L.G. Bundy. 1994a. An alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. *J. Prod. Agric.* 7: 243-249.
- Vanotti, M.B, and L.G. Bundy. 1994b. Corn nitrogen recommendations based on yield response data. *J. Prod. Agric.* 7: 249-256. 🌱

Se está agotando el fósforo para la...

Condiciones futuras

En las condiciones económicas actuales, no existe un gran incentivo para explorar por nuevas reservas de P. Cualquier nuevo descubrimiento probablemente se dará como resultado de la búsqueda de otros productos como petróleo, gas natural o metales preciosos. De todas maneras, es probable que se encuentren nuevas reservas con exploración específica.

Se agotaría el P para la producción de alimentos si no fuese posible encontrar nuevas reservas y se agotaran las existentes? Nuevamente, la respuesta definitiva es "NO". Incluso al momento se están desarrollando nuevas tecnologías que permitirían explotar otros grandes depósitos de P. Un par de ejemplos servirán para ilustrar de donde provendría parte de este P.

El P está presente en forma natural en cualquier cuerpo de agua productivo. Si el P no estuviese allí, la vida acuática no existiría. Algunos cuerpos de agua tienen altos niveles de P soluble que puede ser extraído o explotado. El agua de mar contiene abundante P disuelto y se ha estimado conservadoramente que existen más de 90 billones de toneladas. Al momento se trata el agua de mar para obtener agua potable a través de procesos de desalinización. Un sencillo paso adicional, cuando sea económicamente posible, podría extraer y separar P del agua marina para utilizarse en la producción de cultivos.

Los desechos líquidos de plantas municipales tratamiento de aguas servidas pueden tener niveles aún más altos de P. Existe tecnología disponible para la extracción de este P. La producción de fertilizantes fosforados de estas fuentes está restringida por las condiciones económicas actuales.

Así como se cambió la fuente principal de P de pescado y estiércol en la época de las colonias a fosfatos procesados en nuestros tiempos, en el futuro podría verse un cambio hacia la extracción de P de desechos municipales de aguas servidas o de los océanos como la materia prima principal para la obtención de este nutriente, o por algún proceso actualmente desconocido a partir de otras materias primas. Es muy probable que en el futuro se utilice una combinación de todas las fuentes de P mencionadas anteriormente, más otras adicionales que no se conocen al momento.

Como ocurre al momento, cuando a los métodos más antiguos se incorporan métodos modernos de extracción, aparecerán en el futuro tecnologías nuevas de extracción de P de los sitios de acumulación, dependiendo de la rentabilidad, eficiencia y ecología de las fuentes a explotar. El P estará allí para uso en la producción de los necesarios alimentos. Como en el pasado, la creatividad humana encontrará la respuesta. Nuevamente, se agotará el P para la producción de alimentos? La respuesta segura y simple es **NO**. 🌱

RESPUESTA DEL JENGIBRE AL POTASIO

Li Lujiu, Guo Xisheng, Gao Jiejun, Ding Nan y Zhang Lin*

Introducción

El jengibre es un cultivo que produce una raíz altamente valorada por la gente de China por su fuerte sabor y sus beneficios a la salud (Foto 1). Es conocido que el jengibre absorbe grandes cantidades de nutrientes. El cultivo puede absorber alrededor de 400 kg de nitrógeno (N)/ha, 145 kg de P_2O_5 /ha, y 950 kg de K_2O /ha del suelo. Este particular alto requerimiento de potasio (K) hace que el jengibre sea muy sensible a las bajas reservas de este nutriente en el suelo. A pesar de esto, los productores de jengibre en el sureste de China tienden a utilizar fertilizantes que solo contienen N y fósforo (P). Como resultado, los niveles de K disponible en el suelo de la región productora de jengibre están reduciéndose sensiblemente y los desequilibrios nutricionales han predispuesto a los cultivos a serias enfermedades y daños por insectos.

La deficiencia de K, además de reducir el rendimiento, reduce también la calidad del cultivo. Cuando el abastecimiento de K es inadecuado, los ingresos de la finca se reducen y en consecuencia se reduce la viabilidad de este cultivo que es normalmente de alta rentabilidad. Era necesario conducir investigación de campo para confirmar los beneficios de una fertilización balanceada en el rendimiento y calidad y así cambiar las prácticas de manejo de fertilizantes y demostrar el costo (pérdida de ingresos) de la deficiencia de K en el suelo en la producción de jengibre.

Métodos experimentales

Se condujeron experimentos de campo en bloques al azar en tres sitios en el condado Linquan de la provincia de Anhui en China. Las características básicas de los suelos de estos sitios se presentan en la Tabla 1. Se eligieron seis combinaciones de N y K para los experimentos en los sitios de Yangji y Tanpeng, mientras que en el sitio Farm se probaron siete tratamientos de NK (Tabla 3). Los fertilizantes usados son urea, fosfato de amonio y cloruro de potasio. Se



Foto 1.- Tubérculos de jengibre en el campo.

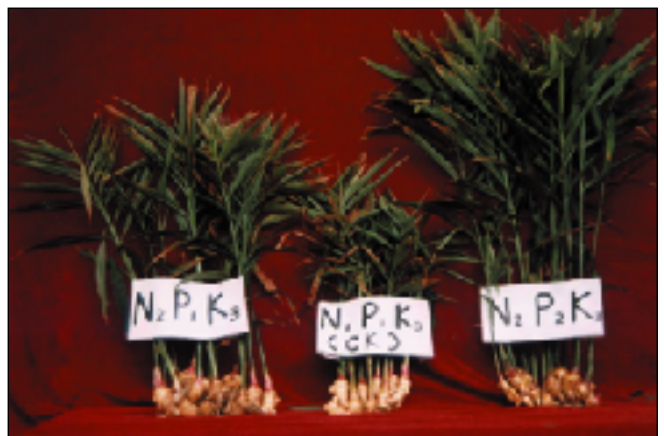


Foto 2.- Respuesta del jengibre a la fertilización balanceada.

aplicó una dosis uniforme de 90 kg de P_2O_5 /ha a todos los tratamientos. Todo el P y K fue aplicado a la siembra junto con el 60% del N. El resto del N se aplicó en la superficie en dos fracciones iguales. El vivero de la variedad local de jengibre denominada "cabeza de león" germinó a inicios de Abril, se transplantó los 10 primeros días de Mayo y se cosechó a finales de Octubre. Se utilizó una densidad de 106.000 plantas/ha.

Tabla 1.- Propiedades básicas del suelo en los tres sitios del estudio en la provincia de Anhui, China.

Año/Sitio	pH	MO %	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
							----- mg/kg -----				
1999/Yangji	6.1	0.82	66.5	26.4	8.6	14.2	0.32	1.9	12.2	11.0	1.9
2000/Tanpeng	6.4	0.57	70.4	12.0	24.9	8.8	trazas	1.3	21.3	1.9	0.9
2001/Farm	6.2	0.57	77.2	15.0	40.1	3.6	0.48	2.9	84.3	83.3	1.5

* Tomado de: Lujiu, L., G. Xisheng, G. Jiejun, D. Nan, and Z. Lin. 2004. Ginger Response to Potassium in Anhui Province. Better Crops with Plant Food. 88 (1):22-25.

Tabla 2.- Efecto de varios tratamientos de fertilización en las características de crecimiento del jengibre en la provincia de Anhui, China.

Tratamientos	Alto de la planta (cm)		Circunferencia del tallo (cm)		Número de hojas		Peso parte vegetativa (g)	Peso de los tubérculos (g)
	Medio ciclo	Cosecha	Medio ciclo	Cosecha	Medio ciclo	Cosecha		
N Bajo								
N 300 K 0*	43.5	61.8	5.0	5.1	6.1	6.3	75	329
N 300 K 150	52.3	83.1	5.1	5.7	6.8	7.8	119	611
N 300 K 300	54.0	86.9	5.3	6.6	7.8	9.6	130	609
N Medio								
N 375 K 150	51.1	75.4	5.2	5.6	8.6	8.0	150	610
N 375 K 300	54.2	80.2	6.5	6.6	8.3	8.4	176	548
N 373 K 459	60.8	83.8	6.8	6.3	10.6	10.6	176	657

* Dosis uniforme de 90 kg/ha de P₂O₅ a todos los tratamientos.

Resultados y discusión

Efecto de las aplicaciones de K en el crecimiento de la planta de jengibre

El K tiene un obvio efecto en el crecimiento del jengibre (Tabla 2). La altura de la planta, diámetro de la circunferencia del tallo, número de ramas y peso de los tubérculos aumentaron con el incremento en las dosis de N y K y la mayoría de los valores más altos se obtuvieron con las dosis 375-90-450 kg de N-P₂O₅-K₂O/ha. Las notas de campo tomadas durante el transcurso de los experimentos indican que los colores de las hojas de los tratamientos con K eran más brillantes y el crecimiento de la planta más vigoroso. También se notó una mejor resistencia a enfermedades e insectos. Por ejemplo, las plantas de jengibre casi siempre son afectadas por la enfermedad denominada quemazón de las hojas en las últimas etapas de crecimiento del cultivo, pero la presencia de la enfermedad casi no se observó en las plantas fertilizadas con NPK. En consecuencia, las dosis y frecuencia de la aplicación de fungicidas bajaron

significativamente durante el periodo que duro el estudio. Como resultado se incrementó la rentabilidad del cultivo.

Respuesta en rendimiento del jengibre a la aplicación de K

Al igual que las características de crecimiento, el fertilizante potásico incremento significativamente el rendimiento (Tabla 3). En Yangji (1999), los tratamientos incrementaron los rendimientos de tubérculos del 26 al 47% (34% de promedio). En Tanpeng (2000), el rango fue de 19 a 35% (27% de promedio). En el sitio farm (2001), el rango fue de 35 a 41% (38% de promedio). Los rendimientos se estancaron en los años 1999 y 2000 cuando se incrementaron las dosis de N de una dosis baja a una dosis media y el K se incrementó de 150 a 300 kg de K₂O/ha. Se logró un mejor rendimiento cuando las dosis medias de N se combinaron con una dosis alta de K₂O (450 kg/ha), un indicativo de un mejor balance entre N y K (Foto 2). Los resultados del año 2001 con



Foto 3.- Experimento de campo de jengibre en la provincia de Anhui en China.



Foto 4.- Productor pesando la cosecha de tubérculos de jengibre.

Tabla 3.- Respuesta en rendimiento y beneficio económico de la aplicación de NPK en jengibre en la provincia de Anhui, China.

Sitio/Año	Tratamientos ¹	Rendimiento t/ha	Incremento rendimiento t/ha	Incremento rendimiento %	Incremento ingreso US \$/ha
Yangji 1999	N Bajo				
	N 300 K 0	39.9	-		
	N 300 K 150	53.3	13.4	34**	1608
	N 300 K 300	52.8	12.9	32**	1548
	N Medio				
	N 375 K 150	50.3	10.4	26**	1248
	N 375 K 300	51.9	12.0	30**	1440
Tanpeng 2000	N Bajo				
	N 300 K 0	32.0	-	-	
	N 300 K 150	39.2	7.2	22*	864
	N 300 K 300	42.3	10.3	32**	1238
	N Medio				
	N 375 K 150	38.2	6.2	19*	744
	N 375 K 300	39.7	7.7	24*	942
Farm 2001	N Medio				
	N 375 K 0	31.2	-	-	
	N 375 K 375	42.9	11.7	38**	1404
	N 375 K 450	43.2	12.0	39**	1440
	N 375 K 525	42.9	11.7	38**	1404
	N Alto				
	N 450 K 375	43.7	12.5	40**	1500
N 450 K 450	44.0	12.8	41**	1536	
N 450 K 525	41.9	10.7	35**	1284	

1 Dosis uniforme de 90 kg/ha de P₂O₅ a todos los tratamientos.
*, ** Diferencias significativas al 5 y 1%, respectivamente.

la dosis media de N tienden a concordar con los resultados de dos años anteriores y sugieren que no existe ningún beneficio de aplicaciones de K superiores a 450 kg de K₂O/ha. La dosis alta de N probada en el año 2001 no mostró clara evidencia de incrementar los rendimientos más allá de los obtenidos usando dosis medias N.

Economía de la producción de jengibre

Basándose solamente en el incremento del rendimiento, la rentabilidad de la producción de jengibre mejoró significativamente con el uso de dosis de fertilización balanceada (Tabla 3). Al compararse con las prácticas normales del agricultor, los ingresos en Yangji y Tanpeng se incrementaron de \$744 a \$2.244/ha. El máximo beneficio en los tres sitios se obtuvo con la dosis media de N (375 kg de N/ha) en combinación con 450 kg de K₂O/ha. En el sitio farm el

nivel alto de N con 450 kg de K₂O/ha fue el más rentable. Este resultado sugiere una posible limitación de N en los otros dos sitios de estudio. La aplicación inadecuada o sin balance de nutrientes hace que la deficiencia de K prevalezca en las áreas de producción de jengibre en el Sureste de China y es la principal barrera que deben sobrepasar los productores para alcanzar el máximo rendimiento económico de jengibre. 🏠



REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

FERTILIZACION NITROGENADA DEL MAIZ BASADA EN EL MONITOREO DEL NIVEL DE NITROGENO EN LAS HOJAS POR MEDIO DEL CLOROFILOMETRO

Argenta, G., P.R.F. Silva, E.L. Fosthofer, M.L. Strieder, E. Suhre, e L.L. Teichman. 2003. *Adubação nitrogenada da milho pelo monitoramento do nível do nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro*. R. Bras. Ci. Solo 27:109-119.

El monitorizar el adecuado contenido de N en el maíz tiene como objetivo determinar cuando se hace necesaria la aplicación de este nutriente ya que el uso de dosis muy altas puede contaminar los cuerpos de agua superficiales y las aguas subterráneas con nitrato. Este experimento se condujo para determinar el contenido de clorofila, medido por el medidor de clorofila, como un indicador del nivel de N en cuatro etapas del ciclo de crecimiento del maíz, en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil, durante la temporada 1999/2000. Los tratamientos consistieron en dos híbridos de maíz (Pioneer 32R21 y Premium) y ocho sistemas de manejo de N. Las variables evaluadas (rendimiento de grano, contenido y acumulación de N en la hoja y en la planta) en los sistemas monitorizados por el medidor de clorofila no difirieron del sistema estándar de aplicación de N. La evaluación del contenido de N con el medidor de clorofila en el híbrido 32R21 redujo las aplicaciones de N en 50, 100 y 150 kg/ha, respectivamente, en los sistemas S3, S4 y S5 y en el híbrido Premium en 150 kg/ha de N en el sistema S5 sin afectar el rendimiento del maíz. Se demostró que el monitoreo del nivel de N en la planta de maíz, por medio de las lecturas del medidor de clorofila en la hoja, es un método eficiente para identificar plantas con deficiencia y con adecuado nivel de N. 🌱

LIXIVIACION E INMOVILIZACION DE NITROGENO EN RESPUESTA A LA FORMA DE APLICACION DE UREA SOBRE EL RESIDUO DE AVENA

Ernani P.R., I. Sangoi., e C. Rampazzo. 2002. *Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palma de aveia*. R. Bras. Ci. Solo 26:993-1000.

La magnitud de las reacciones del N en el suelo varían de acuerdo a las condiciones climáticas, tipo de suelo, tipo de labranza, método de aplicación de N y manejo de los residuos del cultivo anterior. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del método de aplicación de N y del manejo de los residuos de avena (*Avena strigosa*) sobre la lixiviación e inmovilización de N en un Haplumbrept de Brasil, en dos experimentos conducidos en invernadero. Los

experimentos fueron la combinación de tres métodos de fertilización (sin urea, urea incorporada al suelo y urea aplicada a la superficie del suelo) con tres prácticas de manejo de los residuos de avena (sin paja, paja incorporada al suelo y paja aplicada a la superficie del suelo). Como factores adicionales también se evaluaron el efecto de pH del suelo (5.5 o 7.0) en el experimento de lixiviación y el efecto de la fecha de siembra (0, 30 o 60 días después de la adición de N y de la paja) en el experimento de inmovilización. Se aplico una cantidad de 4.0 t/ha de paja de avena (materia seca) en los dos experimentos con dosis de 200 o 100 kg de N/ha, respectivamente en los experimentos de lixiviación e inmovilización cuyas cantidades fueron calculadas basándose en el área de la superficie de las unidades experimentales. La lixiviación del N se evaluó semanalmente, por un lapso de diez semanas, por medio de la percolación de agua destilada a través de columnas PVC. La inmovilización de N se evaluó indirectamente por medio del rendimiento y de la acumulación de N en la parte aérea de plantas de maíz sembrado en tres épocas en diferentes unidades experimentales. La lixiviación del N aplicado varió de 27 a 70% y fue mayor en los tratamientos con pH de 5.5 que con pH de 7.0 y en los tratamientos con urea incorporada que en los tratamientos con urea aplicada sobre la superficie del suelo. La lixiviación de N no fue afectada por la aplicación de los residuos de la avena, sin tomar en cuenta el método de aplicación. La materia seca de la parte aérea de la planta de maíz y la acumulación de N fueron más bajas en las plantas sembradas el día de la adición del tratamiento, probablemente por mayor inmovilización de N durante el periodo inicial después de la aplicación del residuo. La adición de N incrementó la materia seca y la absorción de N en la parte aérea de la planta de maíz, pero el método de aplicación de urea no tuvo ningún efecto en estos parámetros. La colocación de los residuos sobre la superficie promovió una acumulación de materia seca y absorción de N que la incorporación de residuos, probablemente por la alta y constante humedad del suelo y la menor inmovilización de N. 🌱

PERDIDAS DE NITROGENO DE LA UREA EN UN SISTEMA DE SUELO PLANTA EN DOS CICLOS DE CAÑA DE AZUCAR

Trivelin P.C.O., M.W. Oliveira, A.C. Vitti, G.J. Gava, e J.A. Bendassolli. *Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 37 (2): 183-186.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar las pérdidas de N en un sistema suelo - caña de azúcar en los ciclos

de caña – planta y de caña – soca. Se desarrollaron dos experimentos en recipientes de 220 litros con suelo de textura arenosa. Los factores de estudio del experimento caña – planta fueron dos tipos de residuos culturales incorporados al suelo y cuatro dosis de N a la siembra. En el experimento con caña - soca se estudiaron dos formas de aplicación de urea en la superficie: sobre el residuo o sobre suelos descubierto, y a una profundidad de 15 cm junto con dos fuentes de K: KCl o vinasa. Se utilizó urea marcada 15N. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones. En la caña - planta las pérdidas del N de la urea fueron de 12% (recuperación del 88%), que ocurren principalmente por desnitrificación. En la caña - soca, las aplicaciones de urea en profundidad resultaron en un 81% de recuperación del N y la aplicación superficial solamente del 50%. Las pérdidas del 50% del N de la urea aplicada a la superficie representan aquellas que ocurren en el suelo, principalmente por la volatilización del amonio y también por la parte aérea de caña de azúcar. Con las aplicaciones en profundidad las pérdidas fueron de 19% y se dan por la parte aérea de las plantas hacia la atmósfera. 🌱

RESPUESTA DEL ARROZ A LAS DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE FOSFORO EN SUELOS ALCALINOS DE ARKANSAS

Slaton N.A., C.E. Wilson, R.J. Norman, S. Ntamungiro, and D.L. Frizzel. 2002. Rice response to phosphorus fertilizer application rate and timing on alkaline soils in Arkansas. Agronomy Journal 94 (6): 1393-1399.

La deficiencia de P en arroz (*oryza sativa* L.) en el estado de Arkansas ocurre casi exclusivamente en suelos franco limosos alcalinos. Se han observado deficiencias cuando las aplicaciones de P se realizan cerca de la siembra, lo cual sugiere que el fosfato de los fertilizantes rápidamente se convierte a formas no disponibles para el arroz inundado en suelos alcalinos. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la respuesta del arroz a los fertilizantes fosfóricos aplicados en diferentes épocas durante el ciclo. Se condujeron estudios de campo en seis lotes comerciales de arroz. Se aplicaron tres dosis de P (9.8, 19.6 y 39.1 kg de P/ha) en cuatro épocas diferentes durante el ciclo de crecimiento incluyendo preemergencia (PRE), antes de la inundación (AI), 5 a 10 días después de la inundación (DI), y medio ciclo (MC) comparado con un testigo sin tratamientos. Se registró un significativo incremento en el rendimiento en dos de los seis sitios. El rendimiento de grano se maximizó con la aplicación de 19.6 kg de P/ha en los dos sitios con más respuesta positiva y con un incremento en el rendimiento de 24 y 41%. Las aplicaciones de P en PRE, AI, DI produjeron mejores resultados que MC que fue igual al testigo. La

concentración de P en el grano cosechado no fue afectada por la época o dosis del nutriente aplicado. El contenido promedio de P en el grano representó del 56 a 76% del total de P en la parte aérea de la planta a la madurez fisiológica. La aplicación al voleo de P entre la siembra y el macollamiento activo fueron igualmente efectivas para incrementar los rendimientos de arroz y para optimizar la absorción de P en suelos deficientes en este nutriente. 🌱

USO DE LA TABLA DE COLORES PARA ESTIMAR EL ESTADO DEL NITROGENO EN LA HOJA DEL ARROZ

Woon-Ho, Y., S. Peng, J. Huang, A.L. Sanico, R.J. Buresh, and C. Witt. 2003. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. Agron. J. 95:212-217.

Las tablas color (TC) han sustituido al medidor de clorofila (SPAD) para estimar el estado del N en las hojas de arroz (*oryza sativa* L.) y regular apropiadamente las aplicaciones de fertilizante nitrogenado. Los objetivos de este estudio fueron: i) comparar tres diferentes tipos de TC para estimar el estado del N en la hoja, ii) determinar si el peso específico de la hoja (PEH) afecta la determinación de la concentración de N basada en peso seco (N_{ps}) por las TC, y iii) determinar la relación entre el puntaje de la TC y los valores del SPAD. Se condujeron dos experimentos de campo en las Filipinas con diferentes dosis de N y cultivares durante la estación lluviosa del 2000 y la estación seca del 2001. El puntaje de la TC y las lecturas de SPAD se tomaron en la hoja más joven completamente abierta en tres épocas durante el ciclo y se calcularon los PEH como la relación entre el peso seco y el área foliar. El contenido de N en las hojas se determinó por el método micro Kjeldahl y se expresó como N_{ps} y como contenido de N basado en el área foliar (N_a). Existió una relación lineal entre el puntaje de la TC y el N_{ps} a cada época estipulada durante el ciclo (rango de R^2 de 0.25 a 0.97) y a través de las épocas (rango R^2 de 0.46 a 0.62). El ajuste de los puntajes de TC con el PEH (TC/PRH) mejoró apreciablemente la predicción de N_{ps} a través de las épocas de muestreo (rango R^2 de 0.84 a 0.92) lo que sugiere que el grosor de la hoja afecta el puntaje de la TC. La TC estimó mejor el N_a que el N_{ps} a través de las épocas de muestreo durante el ciclo. Los puntajes de la TC estuvieron estrechamente relacionados con las lecturas del SPAD (rango R^2 de 0.62 a 0.98). Existió una fuerte correlación entre los tres tipos de TC (rango r de 0.93 a 0.99) y se demostró que todas son apropiadas para uso por los agricultores en el manejo de las aplicaciones de N en arroz. 🌱

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. IX Congreso Ecuatoriano, I Congreso Binacional de la Ciencia del Suelo

Organiza : Universidad de Loja
Lugar y Fecha : Loja, Ecuador
 Octubre 6-8, 2004
Información : Ing. Bosco Bravo
 bravo@interactive.net.ec
 Dr. José Espinosa
 jespinosa@ppi-ppic.org

2. 3^{ra} Conferencia Internacional de Nitrógeno

Organiza : ISSAS
Lugar y Fecha : Nanjing, China
 Octubre 12-16, 2004
Información : Sr. Zhengqin Xiong
 P. O. Box 821
 Institute of Soil Science,
 Chinese Academy of Sciences
 Nanjing, 210008, China
 Tel.: 86 25 6881019
 Fax.: 86 25 6881028
 n2004@ns.issas.ac.cn
 www.issas.ac.cn

3. I Congreso sobre Suelos Forestales

Organiza : INISEFOUR-UNA
Lugar y Fecha : San José, Costa Rica
 Octubre 25-27, 2004
Información : Instituto de Investigación y
 Servicios Forestales de la
 Universidad de Costa Rica
 Tel.: 506 2 774 151
 Fax.: 506 2 773 852
 apaniag@una.a.c.cr

4. I Simposio sobre Nutrición y Fertilización del Eucalipto

Organiza : Agroflorestal
Lugar y Fecha : San Pedro, Brasil
 Octubre 26-28, 2004
Información : RR Agroflorestal
 ddubare@rragroflorestal.com.br
 www.rragroflorestal.com.br

5. XXXII Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo

Organiza : Sociedad Mexicana de la
 Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : León, Guanajuato - México
 Noviembre 8-10, 2004
Información : SMCS
 Apartado Postal 45, CP 56230
 Chapingo, México
 Telfax.: 001 595 9521721
 smcs@taurusl.chapingo.mx

6. Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

Organiza : Sociedad Peruana de la Ciencia
 del Suelo
Lugar y Fecha : Cuzco, Perú
 Noviembre 15-19, 2004
Información : SPCS
 Telfax.: 51 1 3495622
 j.alegre@cgiar.org
 braulio@lamolina.edu.pe

7. 9^{no} Simposio Internacional de Análisis de Suelos y Plantas

Organiza : ISSPA
Lugar y Fecha : Cancún, México
 30 Enero - 4 Febrero, 2005
Información : Turnstrasse 11
 67706 Krickenbach - Germany
 Fax.: 49 6307 401104
 www.spcouncil.com

8. Foro Internacional de Salinidad

Organiza : International Salinity Forum
Lugar y Fecha : California, EEUU
 Abril 25-27, 2005
Información : Dr. Don Suarez
 Tel.: 001 909 369 4815
 dsuarez@ussl.ars.usda.gov

9. 18^o Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

Organiza : Unión Internacional de la
 Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Filadelfia, EEUU
 Julio 9-15, 2006
Información : WCSS
 18wcsc@soils.org
 www.18wcsc.org

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo



- ✿ **NUEVA PUBLICACION: Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántulas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido. \$ 20.00



- ✿ **NUEVA PUBLICACION: Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo. \$ 20.00



- ✿ **NUEVA PUBLICACION: Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo. \$ 20.00



- ✿ **Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos.** Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes. \$ 15.00



- ✿ **Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano.** Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencia nutricional, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación. \$ 8.00



- ✿ **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 como éstas podrían prevenirse o remediarse. \$ 8.00



- ✿ **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. \$ 6.00



- ✿ **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



- ✿ **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



- ✿ **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

- ✿ **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

- ✿ **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

- ✿ **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 204. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cable.net.co. 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 (US \$ 4.00 dólares por publicación).