MANEJO DEL NITROGENO EN ARROZ

*Achim Dobermann y Thomas Fairhurst**

Función y movilidad del nitrógeno (N)

El N es un constituyente esencial en los amino ácidos, ácidos nucléicos y de la clorofila. Promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y número de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano. En consecuencia, el N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. La concentración de N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo. Cuando se aplica suficiente N se incrementa la demanda de otros macronutrientes como P y K por el cultivo.

Las principales formas de N absorbido por la planta son: amonio (NH_4) y nitrato (NO_3). La mayoría del NH_4 absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el NO_3 es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta. El NO_3 también puede contribuir a mantener el balance entre aniones y cationes, y la osmoregulación. Para cumplir sus funciones esenciales como nutriente de la planta, el NO_3 debe reducirse a NH_4 por la acción de la nitrato y nitrito reductasa. El N es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la panoja. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración del grano para retrasar la senescencia de las hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano. El N es móvil dentro de la planta porque se transloca de las hojas viejas a las hojas jóvenes y los síntomas de deficiencia tienden a ocurrir primero en las hojas bajeras. Rangos óptimos y niveles críticos se observa en la **Tabla 1**.

Contenido de N en el suelo

La determinación del suplemento de N nativo del suelo basada en el cultivo entrega la estimación más confiable de

Tabla 1. Rangos óptimos y niveles críticos de N en los tejidos de la planta.

Etapa de crecimiento	Parte de la planta	Optimo (%)	Nivel crítico para la deficiencia (%)
Macollamiento a inicio de la panoja	Hoja Y	2.9-4.2	<2.5
Floración	Hoja bandera	2.2-3.0	<2.0
Madurez	Paja	0.6-0.8	

* Tomado de: Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute.

Julio 2005 • Nº 58

CONTENIDO

Pág.

Manejo del Nitrógeno en Arroz 1

Manejo del Azufre en Arroz 7

Tabla de Comparación de Colores para el Manejo Efectivo del Nitrógeno en Arroz 10

Nuevas Publicaciones 13

Reporte de Investigación Reciente 14

- Análisis comparativo de fuentes de calcio en Melón Galia en invernadero
- Corrección de la deficiencia de hierro en maíz con la aplicación de sulfato de hierro al surco de siembra
- La calidad de la Sandia en función de fuentes y dosis de potasio

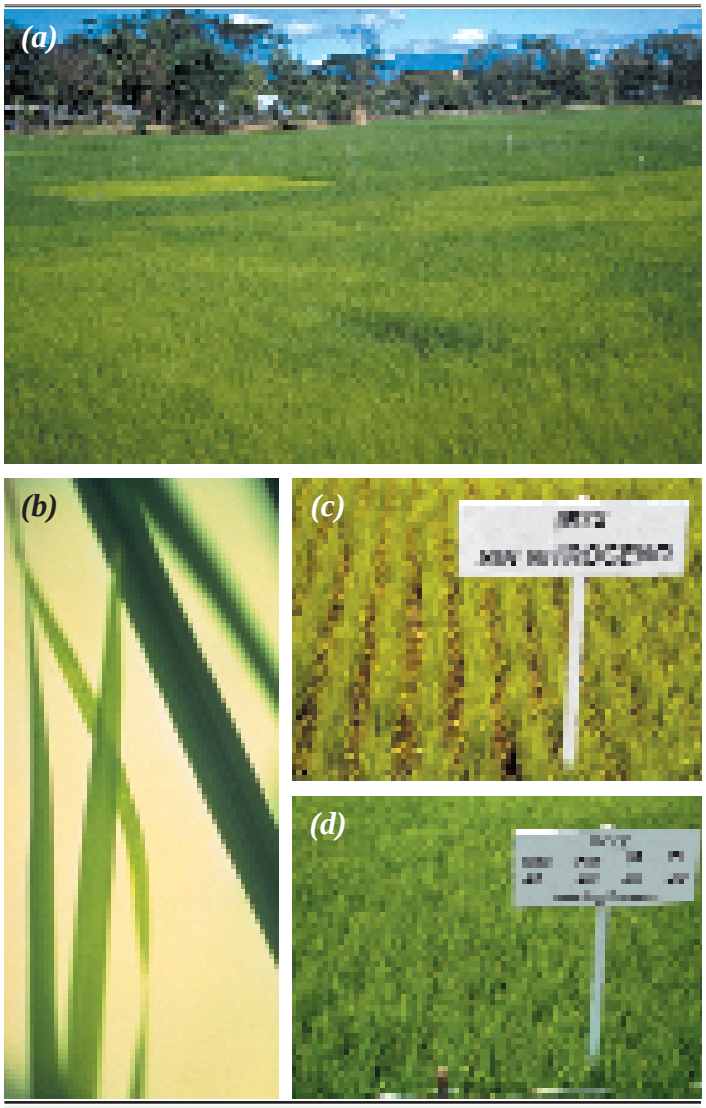
Cursos y Simposios 15

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.

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



Síntomas de deficiencia de N en arroz

(a) Hojas con coloración verde amarillenta en las parcelas de omisión en donde no se aplicó N.
(b) Las hojas son más pequeñas en plantas con deficiencia de N.
(c) El macollamiento se reduce cuando el N es deficiente.
(d) El macollamiento se incrementa cuando se aplica N.

este parámetro en sistemas intensivos de arroz. En sistemas de arroz irrigado de zonas bajas, la mayoría de los análisis de suelos comúnmente utilizados no son confiables para predecir el N del suelo en condiciones de campo, y por lo tanto no se pueden proponer niveles o rangos críticos confiables. El contenido de C orgánico y el contenido de N total en el suelo tampoco son indicadores confiables del suplemento de N del suelo de sistemas de arroz irrigado, pero son más útiles en sistemas de arroz de secano en zonas altas.

El suplemento de N del suelo puede medirse incubando el suelo en condiciones anaeróbicas (2 semanas a 30ºC) y el resultado se puede usar para predecir el suplemento de N del suelo y, por lo tanto, los requerimientos del cultivo. Este método debe utilizarse con precaución ya que puede subestimar la verdadera capacidad de suplemento de N del suelo, ya que no existe una calibración de campo adecuada. Este procedimiento tampoco es práctico como parte del análisis de suelo de rutina.

Causas de la deficiencia de N

La deficiencia de N puede deberse a uno o más de las siguientes condiciones:

- Baja capacidad de suplemento de N del suelo.
- Insuficiente aplicación de fertilizantes nitrogenados minerales.
- Baja eficiencia de utilización de N (pérdidas por volatilización, denitrificación, lixiviación, escorrentía, e incorrecto fraccionamiento y colocación).
- Condiciones de permanente inundación que reducen el suplemento de N nativo del suelo (sistemas de cultivo triple).
- Pérdidas de N debido a lluvias intensas (lixiviación y percolación).
- Secamiento temporal del suelo durante el periodo de crecimiento.
- Deficiente fijación biológica de N_2 por severa deficiencia de P.

Incidencia de la deficiencia de N

La deficiencia de N es común en todos los suelos donde se cultivan las variedades modernas de arroz sin suficiente fertilizante nitrogenado. Se obtienen significativas respuestas a la aplicación de formas minerales y/u orgánicas de N en casi todos los suelos de arroz de zonas bajas, donde no existen otros factores limitantes como riego, otros nutrientes, plagas y enfermedades. La deficiencia de N puede también ocurrir en sitios donde se han aplicado altas cantidades de fertilizantes nitrogenados en forma y épocas equivocadas.

Los suelos particularmente susceptibles a la deficiencia de N son los siguientes:

- Suelos con muy bajo contenido de materia orgánica (<0.5% de C orgánico, suelos ácidos de textura gruesa).
- Suelos con restricciones particulares de suplemento de N nativo del suelo (suelos sulfato ácidos, salinos, con deficiencia de P, ó suelos con drenaje deficiente donde la mineralización de N o la fijación biológica de N_2 es pequeña).
- Suelos alcalinos y calcáreos con bajo contenido de materia orgánica y un alto potencial de pérdidas por volatilización de NH_3.

Efectos de la inundación en la disponibilidad y absorción de N

La disponibilidad de N es mayor en suelos inundados que en suelos aireados, pero varias características, únicas de los suelos inundados, complican el manejo de N. Después de la inundación, el O_2 del suelo es rápidamente consumido por los microorganismos, debido a que la tasa de difusión del O_2 es 10 000 veces más lenta en los poros del suelo llenos de agua que en los poros llenos de aire. Como resultado, el potencial redox del suelo, un indicador de la reducción del suelo, decrece rápidamente en un periodo de 3-5 semanas después de la inundación a un nuevo estado de equilibrio. La tasa de decrecimiento está determinada por la cantidad de materia orgánica que puede descomponerse y por la disponibilidad de O_2, NO_3^-, óxidos e hidróxidos de Mn, óxidos e hidróxidos de Fe y SO_4^{2-}, que se utilizan como receptores de electrones en la descomposición microbiana.

Pocos días después de la inundación, el NO_3^- se reduce y se pierde como N_2 y N_2O, mientras que el NH_4^+ tiende a acumularse como resultado de la mineralización de N. Pocas semanas después de la inundación, se desarrollan cuatro zonas que contribuyen al suplemento de N:

- Una capa de agua de inundación de profundidad variable (1-15 cm) con una flora viviente que consiste en bacterias y algas que contribuyen a la fijación biológica de N_2.
- Una capa oxidada, muy delgada (0.1-1 cm) que se localiza inmediatamente por debajo de la capa de agua de inundación.
- Una capa gruesa de suelo reducido (10-20 cm) que se encuentra entre la capa oxidada y la capa hasta donde llega la remoción del suelo con la labranza.
- Una delgada capa oxidada en la rizosfera (0.1-0.5 cm) de las raíces que crecen en el suelo reducido. Las plantas saludables de arroz mantienen condiciones oxidadas en la rizosfera al excretar O_2 transportado desde la parte superior de la planta a las raíces por el aerénquima.

El NH_4^+ es nitrificado a NO_3^- en la delgada capa oxidada de suelo y en la rizosfera del arroz. Sin embargo, el NO_3^- es altamente móvil y puede lixiviarse o difundirse a la capa de suelo reducida donde se pierde rápidamente por denitrificación (N_2 y N_2O gaseoso) y lixiviación (en suelos de textura gruesa). Por efecto de la mineralización de la materia orgánica y de los residuos del cultivo, el NH_4^+ soluble e intercambiable se acumula en la capa reducida del suelo durante las primeras etapas de crecimiento, cuando la demanda de N es pequeña. Después de la difusión hacia la capa aeróbica del suelo, el NH_4^+ puede nitrificarse y difundirse de vuelta a la capa de suelo reducido para denitrificarse. A pesar de que el NH_4^+ es la forma predominante de N mineral en los suelos inundados, el arroz absorbe con igual eficiencia ambas formas de N (NH_4^+ y NO_3^-). Algo del NH_4^+ que se difunde desde el suelo y que llega a las raíces del arroz es probablemente oxidado a NO_3^- en la rizosfera del arroz y absorbido por las raíces en esta forma.

Las transformaciones de N son diferentes cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo (aplicación basal de N) o cuando se aplica al voleo sobre el agua de inundación.

Si se incorporan fertilizantes portadores de NH_4^+ en la capa reducida del suelo, antes o después de la inundación, el NH_4^+ se adsorbe en los coloides, lo inmovilizan temporalmente los microorganismos o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenólicos. Las pérdidas por percolación son generalmente pequeñas, con excepción de suelos con textura muy gruesa.

La urea aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a pérdidas por la volatilización de NH_3 debido a los cambios diurnos en el pH del agua de inundación como resultado de la actividad biológica. Las pérdidas del N aplicado al voleo se relacionan con las características del agua de inundación (profundidad de la lámina, pH, temperatura y la concentración de NH_4^+) además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta. Después de la fase media de macollamiento, cuando ya se ha formado un sistema radicular denso con abundantes raíces superficiales, las tasas de absorción del N aplicado al voleo sobre la lámina pueden ser altas ($\leq$10 kg ha^{-1} por día) y esto hace que las pérdidas por volatilización de NH_3 sean pequeñas.

El arroz irrigado de zonas bajas tiene un sistema radicular muy denso y fibroso con >90% de las raíces presentes en los primeros 20 cm del suelo. Las raíces de arroz adquieren eficientemente N de la capa reducida y del N aplicado al voleo durante etapas medias de crecimiento. Sin embargo, el N aplicado en la capa reducida tiene una presencia más prolongada en el suelo que el aplicado al voleo. El sistema radicular del arroz de secano se ramifica en el suelo a una mayor profundidad que el de sistemas del arroz irrigado.

Absorción y remoción de N por el cultivo

La eficiencia interna de N en arroz es afectada por el suplemento de N y el estado general de nutrientes en la planta. En una situación con nutrición balanceada y óptimas condiciones de crecimiento, la eficiencia interna óptima en variedades modernas de arroz es de 68 kg de grano por cada kg de N absorbido por la planta, lo que es equivalente a la remoción de 14.7 kg de N por tonelada de grano a niveles de rendimiento de 70-80% del rendimiento máximo.

En fincas de arroz irrigado en Asia, la remoción promedio de N observada es de ~17.5 kg de N t^{-1} de grano **(Tabla 2)**. Por lo tanto, un cultivo de arroz con un rendimiento de 6 t ha^{-1} de grano absorbe ~105 kg de N ha^{-1}, de los cuales el 40% permanece en la paja a la madurez. Si solamente se saca el grano y se retorna la paja al lote, se remueven ~10.5 kg de N t^{-1} de grano. Casi todo el N contenido en la paja se pierde en la quema.

Estos datos podrían no representar la óptima eficiencia de uso interno de N que podría mejorarse añadiendo suficientes cantidades de P y K en sitios donde estos nutrientes son deficientes.

Manejo general de N

El tratamiento de las deficiencias de N es fácil y la respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados es rápida. Al aplicar fertilizantes nitrogenados se deben seguir las recomendaciones que se presentan más abajo en esta sección. La respuesta puede ser evidente después de 2-3 días (planta más verde, mejor crecimiento vegetativo), pero esto depende de la variedad de arroz, tipo de suelo, condiciones climáticas, tipo de fertilizante nitrogenado utilizado, cantidad aplicada y la época y método de la aplicación.

Para optimizar la eficiencia de uso de N en cada ciclo se requiere de un manejo dinámico basado en el suelo y en la planta. El ajuste de la cantidad de N aplicada en relación con la variación del suplemento de N nativo del suelo es tan importante como la época y sitio de aplicación y la fuente de N aplicada. El manejo de N debe enfocarse en sincronizar adecuadamente el suplemento con la demanda de N durante el ciclo de cultivo. A diferencia del P y K, el efecto residual del N es muy bajo, pero también se debe considerar el manejo a largo plazo de las fuentes de N nativo del suelo.

Las medidas generales para mejorar la eficiencia de uso de N son las siguientes:

Variedades: No aplicar altas cantidades de N en variedades de menor respuesta, por ejemplo variedades tradicionales (altas) con un bajo índice de rendimiento, cultivadas en condiciones de secano de zonas bajas y zonas altas. Las variedades modernas convencionales de arroz no difieren mucho en su potencial de recuperación de nutrientes y en su eficiencia de uso interno. El arroz híbrido absorbe N mineral más eficientemente que las variedades de arroz tradicionales y particularmente absorbe NO_3^- durante las etapas tardías de crecimiento, de modo que una aplicación tardía de N en forma de NO_3^- puede resultar en un incremento significativo en el rendimiento.

Establecimiento del cultivo: Escoger un espaciamiento apropiado entre plantas para cada cultivar. Los cultivos con densidades menores a las óptimas no usan eficientemente el N. Se debe ajustar el número de fracciones a aplicar y la época de aplicación de N de acuerdo al método de establecimiento del cultivo. El arroz transplantado requiere de una diferente estrategia de manejo de N que el arroz sembrado directamente.

Manejo del agua: Mantener un apropiado control del agua, manteniendo el lote inundado para prevenir la denitrificación, pero evitando las pérdidas de N por escape del agua sobre los muros después de las aplicaciones de fertilizantes. Las condiciones fluctuantes de la humedad causan mayores pérdidas de N debido a la

Tabla 2. Absorción y contenido de N de las variedades modernas de arroz.

Parte de la planta	Rango típico observado[a]	Promedio observado[b]
	kg de N absorbido t^{-1} de grano	
Grano + paja	15-20	17.5
Grano	9-12	10.5
Paja	6-8	7.0
	Contenido de N (%)	
Grano	0.93-1.20	1.06
Paja	0.51-0.76	0.63
Espigas sin llenar	0.76-1.02	0.89

a **25-75% de los rangos intercuatiles de lotes de agricultores y experimentos de campo en Asia (tratamientos +N, n = 1 300).**

b **Mediana de lotes de agricultores y experimentos de campo en Asia (tratamientos +N, n = 1 300).**

nitrificación-denitrificación. Los lotes pueden mantenerse húmedos, pero sin agua estancada, durante el crecimiento vegetativo inicial (emergencia y macollamiento inicial antes de la aplicación de N en arroz sembrado directamente). Sin embargo, el arroz requiere de condiciones de inundación para absorción de nutrientes, crecimiento y rendimiento óptimos, particularmente durante el crecimiento reproductivo.

Manejo del cultivo: La óptima respuesta a la aplicación de N depende del adecuado manejo general del cultivo. Se debe establecer una población densa y saludable, usando semillas de alta calidad de una variedad de alto rendimiento, con resistencia a múltiples plagas y enfermedades, usando una densidad apropiada de plantas para el cultivar. Controlar las malezas que compiten con el arroz por N. Controlar insectos y enfermedades (los daños reducen la eficiencia de la cobertura de biomasa y por lo tanto la productividad del arroz). Al final del ciclo de arroz, las pérdidas del NO_3^- residual del suelo pueden reducirse si se siembra un cultivo de bajo requerimiento de humedad para recuperar el N residual, o si se permite que las malezas se desarrollen para luego incorporarlas al suelo en el ciclo siguiente de cultivo de arroz.

Manejo del suelo: Corregir las deficiencias de otros nutrientes (P, K, Zn) y otros problemas del suelo (por ejemplo, poca profundidad del perfil para desarrollo de las raíces, toxicidades). La respuesta a la aplicación de N es baja en suelos ácidos de baja fertilidad de zonas bajas y de zonas altas con producción de secano, a menos que todos los problemas de fertilidad del suelo (acidez, toxicidad de Al, deficiencia de P, Mg, K y otros nutrientes) se hayan corregido. En estas condiciones (suelos de baja CIC) se pueden aplicar mejoradores de suelo para incrementar la CIC (capacidad para absorber NH_4^+). En suelos de baja CIC (ultisoles y oxisoles ácidos, suelos degradados de arroz), si están disponibles a precios razonables, se pueden usar arcillas como vermiculita (CIC 100-200 $cmol_c$ kg^{-1}) o zeolita (CIC 200-300 $cmol_c$ kg^{-1}) para incrementar la eficiencia de uso de N. Estos materiales pueden aplicarse directamente al suelo o pueden mezclarse con los fertilizantes nitrogenados. Estos materiales no tienen ninguna ventaja en suelos que tienen una buena CIC.

Manejo de la materia orgánica: A largo plazo, se debe mantener o incrementar el suplemento de N de fuentes nativas del suelo a través de un adecuado manejo de la materia orgánica:

- Aplicar el material orgánico disponible (residuos de corral, residuos del cultivo, cómpost) en suelos que contengan baja cantidad de materia orgánica, particularmente en sistemas de arroz de secano de zonas bajas y en sistemas intensos de arroz irrigado donde se rota el arroz con otros cultivos como trigo o maíz.
- En sistemas irrigados arroz-arroz, hacer una labranza poco profunda en seco (5-10 cm) dentro de 2 semanas después de la cosecha. Esta labranza temprana mejora la oxidación del suelo y la descomposición de los residuos del cultivo durante el periodo de descanso, e incrementa la disponibilidad de N hasta la fase del crecimiento vegetativo del siguiente cultivo de arroz.
- Incrementar la capacidad de suplemento de N nativo en suelos permanentemente inundados por medio de drenaje y secado periódicos. Por ejemplo, drenaje de 5-7 días a media temporada en la etapa tardía del macollamiento (~35 días después del transplante) o por medio de la aireación del suelo al sustituir un cultivo de arroz con otro como maíz, u omitiendo la siembra de un ciclo de arroz.

Manejo de los fertilizantes: La aplicación de fertilizantes nitrogenados es una práctica estándar en la mayoría de los sistemas de cultivo de arroz. Para alcanzar rendimientos de 5-7 t ha^{-1}, las dosis típicas de N varían en un rango de 80 a 150 kg ha^{-1}. Los factores que afectan la cantidad y la época de las aplicaciones de N en arroz son los siguientes:

- Variedad cultivada.
- Método de establecimiento del cultivo.
- Capacidad de suplemento de N (suplemento de N nativo del suelo), incluyendo el efecto residual de los cultivos o periodos de descanso previos.
- Manejo del agua.
- Tipo de fertilizantes nitrogenados utilizados.
- Método de aplicación.
- Propiedades físicas y químicas del suelo que afecten las transformaciones de los fertilizantes nitrogenados.

Las aplicaciones excesivas o desbalanceadas de N (cantidades altas de N en combinación con pequeñas cantidades de P, K u otros nutrientes) pueden reducir el rendimiento por uno o más de las siguientes razones:

- Sombreado entre hojas causado por el excesivo crecimiento vegetativo. Incremento en el número de macollos improductivos que dan sombra a los macollos productivos reduciendo la producción de grano.
- Volcamiento causado por la producción de tallos largos y delgados.
- Incremento en el número de granos vanos.

- Baja recuperación en el molino y deficiente calidad del grano.
- Incremento en la incidencia de enfermedades causadas por bacterias como *Xanthomonas oryzae*, o por hongos como *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium sigmoideum* y *Pyricularia oryzae*, debido al mayor crecimiento de las hojas y una excesiva biomasa.
- Incremento en la incidencia de insectos, particularmente dobladores de hojas como *Cnaphalocrocis medinalis*.

Las siguientes recomendaciones generales son importantes en el uso de fertilizantes nitrogenados en arroz:

- Aplicar alrededor de 15-20 kg de N t^{-1} de la meta de rendimiento de grano. Los requerimientos de N son menores en cultivos conducidos en la temporada lluviosa (menos luz, menor potencial de rendimiento) y mayores en los cultivos de temporada seca (más luz, mayor potencial de rendimiento) donde dosis más altas de N resultan en más macollos y mayor área foliar, y por último en mayor rendimiento de grano.
- Fraccionar las recomendaciones de más de 60 kg de N ha^{-1} en 2-3 aplicaciones en un cultivo en temporada lluviosa ó 3-4 aplicaciones en un cultivo en temporada seca. Usar más fracciones con las variedades de larga duración y en la temporada seca cuando el potencial de rendimiento del cultivo es mayor.
- Identificar la necesidad de una aplicación basal de N dependiendo en la dinámica de liberación de N del suelo, variedad y método de establecimiento del cultivo. Aplicar más N basal en las siguientes situaciones:
  - En suelos con bajo NNS (<40 kg de N ha^{-1}).
  - En cultivos donde existe amplio espacio entre sitios de transplante (<20 montículos m^{-2}) para promover el macollamiento.
  - En áreas con baja temperatura del aire y del agua al momento del transplante o siembra (arroz irrigado en lotes en sitios de elevada altitud).

Suelos con alto NNS (>50 kg de N ha^{-1}) generalmente no requieren de la aplicación basal de N al suelo. El arroz híbrido siempre necesita de N basal. Se deben evitar aplicaciones de altas cantidades de N basal (>50 kg de N ha^{-1}) en arroz transplantado si el crecimiento es lento durante las primeras 3 semanas después del transplante. Incorporar N basal en el suelo antes del transplante ó la siembra. Usar NH_4^+ y enviar NO_3^- en la aplicación de N basal:

- Monitorear el estado del N en las plantas para optimizar el número y la época de aplicación de las fracciones de N en relación con la demanda del cultivo y con el suplemento de N del suelo. Usar un medidor de clorofila (SPAD) o una tabla de comparación de colores (TCC) como guía para el manejo de N. Los fertilizantes nitrogenados deben aplicarse cuando el cultivo tiene la mayor necesidad de N y cuando la tasa de absorción es alta. La mayor eficiencia de recuperación de N se logra en el periodo comprendido entre la segunda parte de la etapa de macollamiento y en la formación de la panoja. Usar NH_4^+ como fuente de N para las aplicaciones al voleo.
- Hacer una aplicación tardía de N (en la floración) para retrasar la senescencia de las hojas y mejorar el llenado del grano, pero esta aplicación se hace solo en cultivos sanos con un buen potencial de rendimiento. Los híbridos de arroz requieren de una aplicación de N en la floración. Para reducir el riesgo de volcamiento y la presencia de plagas no se debe aplicar excesivas cantidades de fertilizantes nitrogenados entre la iniciación de la panoja y la floración, particularmente en la temporada lluviosa.
- En lotes con el cultivo establecido se debe reducir o remover el agua de inundación antes de aplicar N al voleo y luego re-inundar, esto mejora el movimiento de N en el suelo. No se debe aplicar N al voleo cuando se esperen lluvias fuertes. No aplicar urea en agua estancada o en condiciones ventosas antes que se cierre la cobertura de la biomasa o al medio día cuando la temperatura del agua llega a sus niveles más altos.
- Usar otros métodos para incrementar la eficiencia de uso de N si éstos son económicamente viables. Ejemplos incluyen:
  - Colocación de N en la capa de suelo reducida, 8-10 cm por debajo de la superficie del suelo (colocación profunda de súper gránulos o tabletas de urea y bolas de lodo con N).
  - Uso de fertilizantes nitrogenados de lenta liberación (urea recubierta de S) o súper gránulos de urea incorporados antes de la siembra.

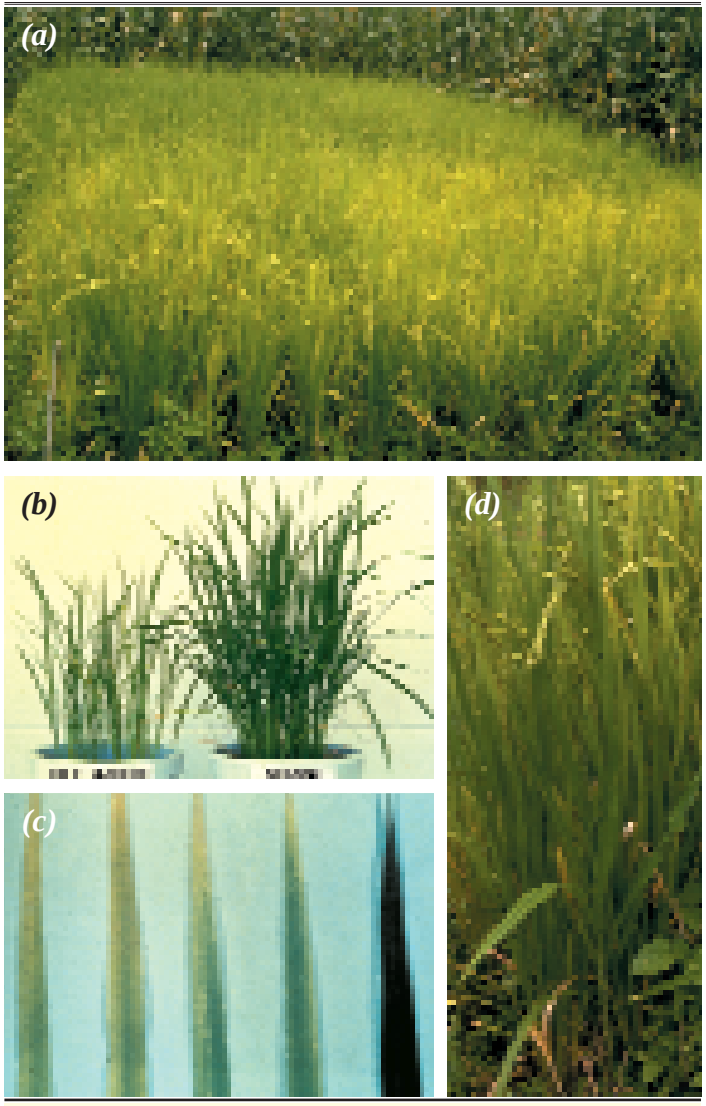
Información más detallada sobre el manejo de nutrientes y el diseño de recomendaciones de fertilización en arroz, incluyendo la bibliografía de este artículo, se encuentra en las publicaciones descritas en la página 13.

MANEJO DEL AZUFRE EN ARROZ

*Achim Dobermann y Thomas Fairhurst**

Función y movilidad del azufre (S)

El S es un constituyente esencial en los amino ácidos (cisteina, metionina y cistina) que están envueltos en la producción de clorofila, en la síntesis de proteínas y en el funcionamiento y estructura de las plantas. También es un constituyente de las coenzimas necesarias para la síntesis de proteínas. El S se encuentra en las hormonas tiamina y biotina que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos. El S también está involucrado en algunas reacciones de oxido-reducción. Es menos móvil que el N en la planta, por lo tanto, la deficiencia de S tiende a presentarse en las hojas jóvenes. La deficiencia de S reduce el contenido de cisteina y metionina en el arroz y por lo tanto afecta la nutrición humana.



Síntomas de deficiencia de S en arroz

(a), (b) Aparece un color amarillento pálido en las hojas jóvenes y se reduce el tamaño de las plantas y el macollamiento.

(c), (d) La clorosis es más pronunciada en las hojas jóvenes, las puntas de estas hojas se tornan necróticas.

En contraste con la deficiencia de N donde las hojas viejas se afectan primero, la deficiencia de S resulta en un amarillamiento de toda la planta y la clorosis es más pronunciada en las hojas jóvenes, cuyas puntas se tornan necróticas. Sin embargo, no se presenta necrosis de las hojas inferiores como sucede con la deficiencia de N. En comparación con la deficiencia de N, las hojas con deficiencia de S tienen un amarillamiento más acentuado.

Los efectos de la deficiencia de S en el rendimiento son más pronunciados durante el crecimiento vegetativo, por lo tanto, los síntomas deben detectarse y corregirse temprano en el ciclo. A menudo no se diagnostica adecuadamente la deficiencia de S ya que los síntomas foliares se confunden con los de deficiencia de N. Los análisis de suelos y foliares son importantes para la correcta identificación de la deficiencia de S.

Contenido de S en la planta

Es poco probable una respuesta a la aplicación de S cuando la concentración de este nutriente en toda la planta es de >0.15% durante el periodo del crecimiento vegetativo antes de la floración.

Una concentración de S <0.10% en toda la planta o una relación de N:S >15-20 entre el macollamiento y la floración, indica deficiencia de S. A la madurez, una concentración de S <0.06% o una relación de N:S >14 en la paja (>26 en grano) puede indicar deficiencia de S **(Tabla 1)**.

Contenido de S en el suelo

Los análisis de S en el suelo no son muy confiables a menos que incluyan S inorgánico y algo de la fracción mineralizable del S orgánico (ésteres de S).

Los niveles críticos para que se presente deficiencia de S son los siguientes:

- <5 mg de S kg^{-1}: HCl 0.05 M.

* **Tomado de: Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute.**

Tabla 1. Rangos óptimos y niveles críticos de S en los tejidos de la planta.

Etapa de crecimiento	Parte de la planta	Optimo (%)	Nivel crítico para la deficiencia (%)
Macollamiento	Hoja Y		<0.16
Macollamiento	Toda la planta	0.15-0.30	<0.11
Floración	Hoja bandera	0.10-0.15	<0.10
Floración	Toda la planta		<0.07
Madurez	Paja		<0.06

- <6 mg de S kg^{-1}: KCl 0.25 M calentado a 40ºC por 3 horas.
- <9 mg de S kg^{-1}: $Ca(H_2PO_4)_2$ 0.01 M.

Causas de la deficiencia de S

La deficiencia de S puede presentarse por uno o más de los siguientes factores:

- Poco contenido de S disponible en el suelo.
- Agotamiento de S por sistemas de cultivo intensos.
- Uso de fertilizantes que no contienen S (urea en lugar de sulfato de amonio, superfosfato triple en lugar de superfosfato simple y muriato de potasio en lugar de sulfato de potasio).
- En muchas áreas rurales de países en desarrollo, la cantidad de S depositado con las precipitaciones es muy baja debido a los bajos niveles de contaminación industrial.
- La concentración de S en la tabla de aguas puede variar ampliamente. El agua de irrigación contiene solamente pequeñas cantidades de SO_4^{2-}.
- Pérdida de S contenido en los residuos orgánicos por la quema.

Incidencia de la deficiencia de S

Los suelos particularmente susceptibles a la deficiencia de S son los siguientes:

- Suelos que contienen alofana (Andisoles).
- Suelos con bajo contenido de materia orgánica.
- Suelos altamente meteorizados que contienen grandes cantidades de óxidos de Fe.
- Suelos arenosos fácilmente lixiviables.

Efectos de la inundación en la disponibilidad y absorción de S

El S en el suelo se encuentra en cuatro formas principales: S unido al carbono, ésteres de S, SO_4^{2-} adsorbidos y SO_4^{2-} en la solución del suelo. Las plantas absorben el S en forma de SO_4^{2-} de la solución del suelo. La reducción de SO_4^{2-} a S elemental y la formación de sulfuros ocurren después de la reducción del Fe en los suelos inundados. La disponibilidad de S disminuye a medida que se desarrollan los procesos de reducción en el suelo. En suelos neutros y alcalinos, concentraciones muy altas de SO_4^{2-} pueden reducirse a cero seis semanas después de la inundación.

La reducción del SO_4^{2-} en suelos inundados afecta el crecimiento de arroz en tres formas:

- El S se vuelve deficiente.
- El Fe, Zn y Cu se inmovilizan.
- Puede presentarse toxicidad de H_2S en suelos que contienen pequeñas cantidades de Fe.

Absorción y remoción de S por el cultivo

La remoción de S por el arroz es de 1-3 kg de S t^{-1} de grano, con un promedio de 1.8. Un cultivo con un rendimiento de 6 t ha^{-1} de grano absorbe ~11 kg de S ha^{-1}, de los cuales el 40-50% se mantienen en la paja a la madurez.

Si solamente se saca el grano y se retorna la paja al lote, se remueven ~1 kg de S t^{-1} de grano. Un 40-60% de S contenido en la paja se pierde con la quema, las pérdidas son mayores cuando se quema la paja en montones grandes a muy alta temperatura.

Tabla 2. Fuentes de S para arroz.

Nombres	Fórmula	Contenido	Comentarios
Sulfato de amonio	$(NH_4)_2SO_4$	24% S	Acción rápida
Superfosfato simple	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + CaSO_4 \cdot 2H_2O$	12% S, 7-9% P, 13-20% Ca	Soluble, acción rápida
Sulfato de potasio	K_2SO_4	18% S	Acción rápida
Sulfato de magnesio (Sal Epsom)	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	13% S, 10% Mg	Acción muy rápida
Kieserita	$MgSO_4 \cdot H_2O$	23% S, 17% Mg	Acción rápida
Langbeinita	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4$	18% K, 11% Mg, 22% S	Acción rápida
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	17% S	Acción lenta
S elemental	S	97% S	Acción lenta
Urea recubierta con S	$CO(NH_2)_2$ + S	6-30% S, 30-40% N	Acción lenta

Estrategias preventivas para el manejo de S

En la mayoría de los suelos de zonas bajas, el suplemento de S nativo del suelo o el suministrado con los fertilizantes son similares o exceden a la cantidad de S removido en el grano de arroz. La concentración de S en el agua de lluvia varia ampliamente y generalmente disminuye mientras más lejos se encuentre el sitio del océano o de zonas industriales. En Asia, la deposición anual de S del agua de lluvia varía de 2 hasta 50 kg de S ha^{-1}. En general, el agua de irrigación proporciona de 10-30 kg de S ha^{-1} por cultivo en forma de sulfatos.

La deficiencia de S se corrige o se previene fácilmente usando fertilizantes que contengan S **(Tabla 2)**. A continuación se discuten medidas generales para prevenir la deficiencia de S:

Fuentes naturales: Estimar el suplemento de S de la atmósfera.

Vivero: Aplicar S a las cama del vivero de arroz utilizando fertilizantes que contengan S (sulfato de amonio, superfosfato simple).

Manejo de los fertilizantes: Reponer el S que fue removido del lote aplicando fertilizantes nitrogenados y fosfatados que contengan S [sulfato de amonio (24% de S)], [superfosfato simple (12% de S)]. Calcular la efectividad económica de S incorporado con la urea recubierta con S o en los fertilizantes compuestos o fórmulas físicas que contengan S.

Manejo de la paja: Incorporar la paja en lugar de removerla del lote o quemarla completamente en el sitio. Alrededor de 40-60% de S en la paja se pierde con la quema.

Manejo del suelo: Manejar el suelo para promover la absorción de S de la siguiente manera:

- Mantener suficiente percolación (~5 mm por día), para evitar la excesiva reducción del suelo.
- Labrar el suelo en seco después de la cosecha, para incrementar la tasa de oxidación del sulfuro durante el periodo de descanso.

Tratamiento de la deficiencia de S

Los requerimientos de fuentes inorgánicas y orgánicas de S dependen del contenido de S del suelo y del ingreso de S de otras fuentes como el riego y la atmósfera. Si se identifica la presencia de deficiencia de S durante el crecimiento temprano, la respuesta a la aplicación de S es rápida y la recuperación puede ocurrir a los 5 días de la aplicación.

La deficiencia de S debe tratarse de la siguiente manera:

- En suelos con alto contenido de S y con aporte de agua que contiene abundante S (sitios cercanos a centros industriales o urbanos) no necesitan S. Se debe poner mayor énfasis a las medidas preventivas presentadas anteriormente.
- Aplicar 10 kg de S ha^{-1} en lugares en donde se presenta una moderada deficiencia de S.
- En suelos con severas deficiencias de S se debe aplicar de 20-40 kg de S ha^{-1} que son suficientes para lograr altos rendimientos.
- La aplicación de 15-20 kg de S ha^{-1} tiene un efecto residual que puede suplementar el S necesario para los dos siguientes cultivos de arroz.
- Generalmente el S añadido es parte de los fertilizantes aplicados para corregir las deficiencias de otros nutrientes. Las fuentes de S solubles en agua, como la langbeinita o la kieserita, son las más eficientes para tratar la deficiencia de S en cultivos en crecimiento. Se deben usar fuentes de S de lenta acción (yeso, S elemental) si existe el potencial de alta lixiviación.

Información más detallada sobre el manejo de nutrientes y el diseño de recomendaciones de fertilización en arroz, incluyendo la bibliografía de este artículo, se encuentra en las publicaciones descritas en la página 13.

TABLA DE COMPARACION DE COLORES PARA EL MANEJO EFECTIVO DEL NITROGENO EN ARROZ

C. Witt, J. M. C. A. Pasuquin, R. Mutters y R. J. Buresh*

Los productores de arroz en Asia generalmente aplican nitrógeno (N) al cultivo en varias fracciones, pero el número de fracciones, la cantidad de N a aplicarse por fracción y el calendario de fraccionamiento varían sustancialmente. La aparente flexibilidad de los productores de arroz para ajustar el calendario de aplicaciones fraccionadas y la cantidad de N a aplicarse ofrece la posibilidad de sincronizar la aplicación de fertilizantes nitrogenados con la demanda de N en tiempo real.

El adecuado manejo de N y la fertilización balanceada son los componentes claves en la denominada estrategia de manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) desarrollado por el Instituto Internacional de Investigación de arroz (IRRI por sus siglas en inglés) en colaboración con los Sistemas Nacionales de Investigación y Extensión Agrícolas en Asia. Los estudios de campo en las principales áreas de arroz irrigado han demostrado incrementos significativos de rendimiento y rentabilidad con MNSE, en comparación con las típicas prácticas de manejo de los productores (Dobermann et al., 2004). Estos estudios revelaron que el mal manejo del N por los agricultores es uno de los principales limitantes para incrementar el rendimiento de arroz **(Figura 1)**. El mejor manejo de N permitió una mayor respuesta en rendimiento a las aplicaciones de este nutriente, diferencia de las prácticas comunes de las fincas, y además, las respuestas en rendimiento a la fertilización con fósforo (P) y con potasio (K) a menudo solo ocurrieron después que los rendimientos incrementaron a través del mejor manejo de N con el MNSE. La Tabla de Comparación de Colores (TCC) en las hojas es una herramienta efectiva y barata que puede ayudar a los agricultores en mejorar el manejo de N. Se están realizando esfuerzos coordinados para promover esta técnica a mayor escala entre los productores de arroz de Asia.

Desde 1990 se han diseñado y distribuido numerosas TCC a los agricultores en varios países de Asia. La TCC más utilizada fue desarrollada por el IRRI en colaboración con el Instituto de Investigación de Arroz de las Filipinas (Balasubramanian et al., 1998). Basándose en el éxito de la TCC y por el incremento en la demanda por calidad y bajo costo en Asia, se utilizó la técnica desarrollada por el Servicio Cooperativo de Extensión de la Universidad de California para mejorar y estandarizar los colores en la TCC. Esta técnica utiliza paneles plásticos que cubren un rango de

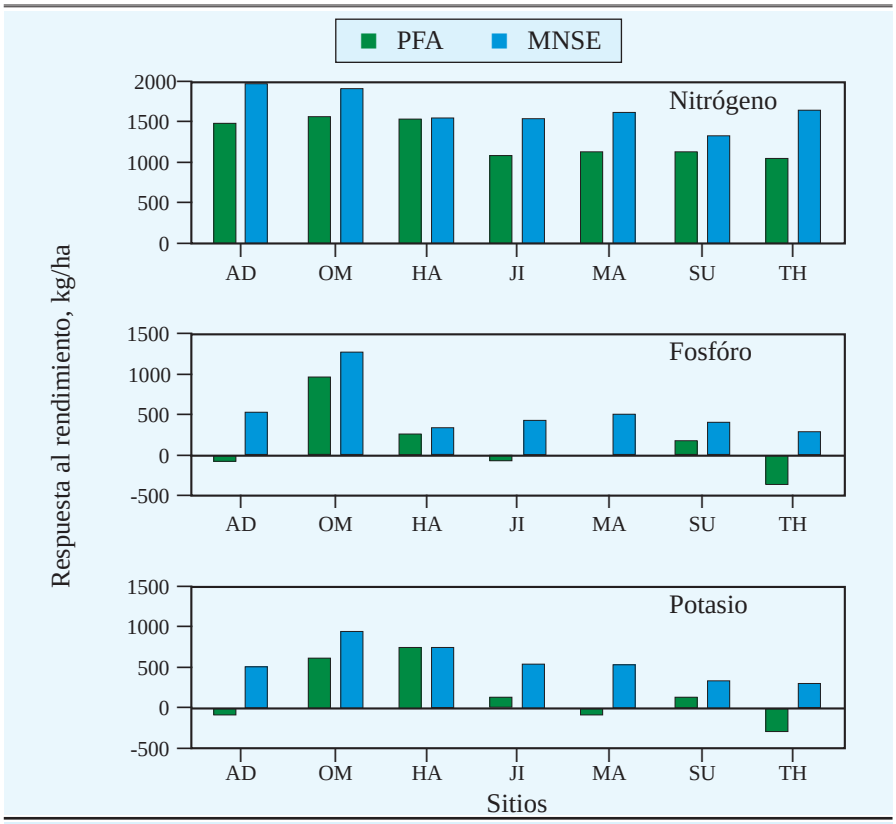


Figura 1. Respuesta en rendimiento a la aplicación de N, P y K siguiendo la práctica de fertilización del agricultor (PFA) y la estrategia de MNSE en 179 fincas en siete sitios representativos de arroz irrigado en Asia, 1997-1999. AD = Adutharai (Tamil Nadu, India), OM = Omon (Cantho, Vietnam), HA = Hanoi (Vietnam), JI = Jinhua (Zhejiang, China), MA = Maligaya (Nueva Ecija, Philippines), SU = Sukamandi (West Java, Indonesia), TH = Thanjavur (Tamil Nadu, India).

* **Tomado de: Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, R. Mutters, and R.J. Buresh. 2005. New leaf color chart for effective nitrogen management in rice. Better Crops 89(1):36-39.**

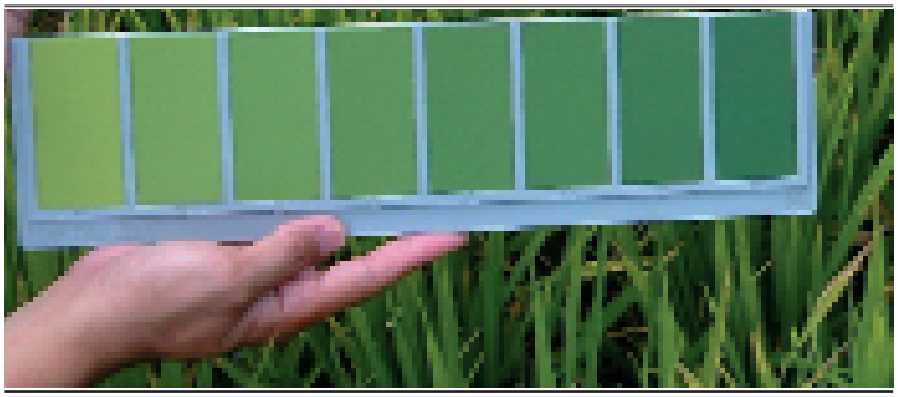


Figura 2. Tabla de comparación de colores para arroz desarrollada por el Servicio Cooperativo de Extensión de la Universidad de California (UCCE, por sus siglas en inglés).

tintes de color verde que van desde el verde amarillento al verde oscuro y que concuerdan con el rango de colores que las hojas de arroz presentan desde la deficiencia hasta el contenido excesivo de N. Esta técnica se utilizó para desarrollar una TCC para las variedades de arroz de California **(Figura 2)**. Un análisis sistemático usando un espectrómetro Minolta CM 3700-d demostró que los colores de las TCC disponibles en Asia no coincidían con los colores de las hojas de arroz (Witt y Pasuquin, sin publicar).

Para desarrollar un prototipo ideal de una TCC, en el año 2001, se realizaron mediciones de reflectancia espectral, por dos ciclos en las hojas de plantas de arroz de experimentos de campo que evaluaron tres niveles diferentes de N en diez variedades modernas de arroz (Witt et al., 2004). Un patrón de reflectancia describe la composición de la luz que se refleja de una hoja de arroz a través de todo el espectro de ondas de luz, desde el azul (400 nm) sobre el verde (550 nm) hasta el infrarrojo (700 nm).

Basándose en el patrón de colores obtenido **(Figura 3A)**, se trabajó con las industrias de pigmentos y plásticos en Las Filipinas y se desarrolló una tabla estandarizada que capture el rango de colores de relevancia en las hojas de arroz en Asia. La nueva TCC de 4 paneles se presenta en la **Figura 4**. Se escogieron solamente 4 paneles de colores para esta TCC considerando que cualquier color fuera de este rango no es deseable para las variedades modernas de arroz de altos rendimientos de Asia, debido a que indicarían extrema deficiencia o suplemento excesivo de N.

Se evaluó la calidad de la TCC de 4 paneles usando las mediciones de reflectancia espectral (RE) **(Figura 3)**. En este análisis se compararon los patrones de RE de hojas de arroz y de maíz con aquellos de las dos TCC desarrollados por el UCCE y el IRRI. Reconociendo las limitaciones técnicas en la manufactura del plástico, las TCC lograron una respetable equivalencia con los patrones reales de RE de las hojas de arroz y maíz **(Figura 3CD vs 3AB)**. Los patrones típicos de RE de las hojas de arroz y maíz fueron similares **(Figura 3AB)** con la mayor reflectancia y sensitividad a 550 nm (verde). Por lo tanto, las hojas con diversos contenidos de N se diferenciarán apreciablemente a este ancho de banda, mientras que la diferencia en reflectancia se reduce hacia ambos lados del espectro. Los colores en los paneles de las dos tablas tuvieron su mayor reflectancia a los 550 nm y con esto se alcanzó a cumplir con esta condición. Además, los paneles plásticos mostraron una reflectancia equidistante entre paneles de

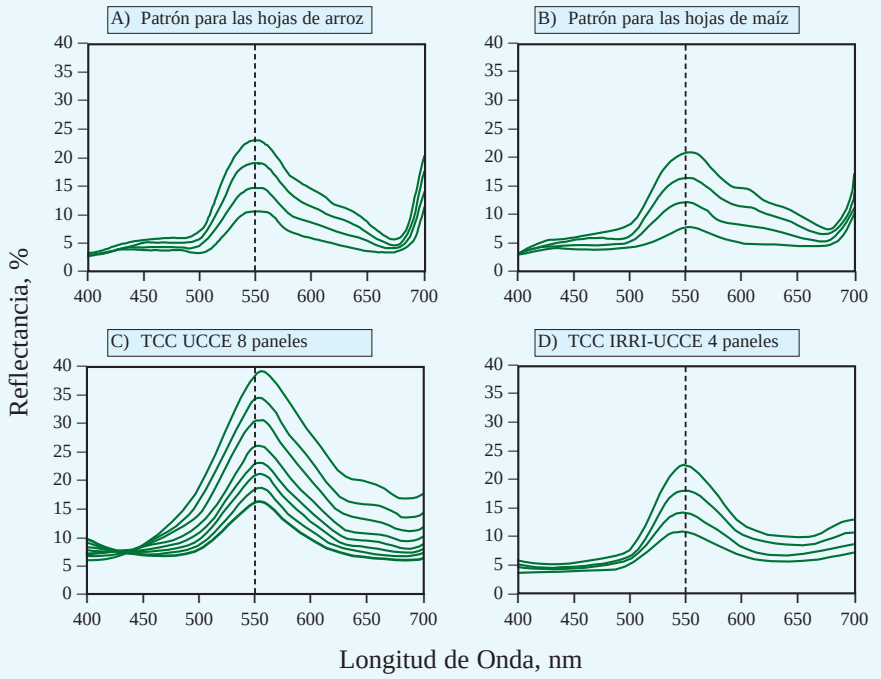


Figura 3. Patrones de reflectancia espectral para una TCC teórica basados en las medidas reales de reflectancia de hojas de las principales variedades de arroz en Asia (A) y una variedad de maíz (B). Patrones actuales de reflectancia para la TCC desarrollada por el UCCE para las variedades de arroz de California (C) y para la TCC desarrollada por el IRRI-UCCE para las variedades de arroz de Asia (D). La línea entrecortada a los 550 nm (verde) refleja la máxima reflectancia para las hojas de arroz y maíz en el espectro visible. La línea superior de cada tabla representa el verde más claro, mientras que la línea más baja representa el verde más oscuro.

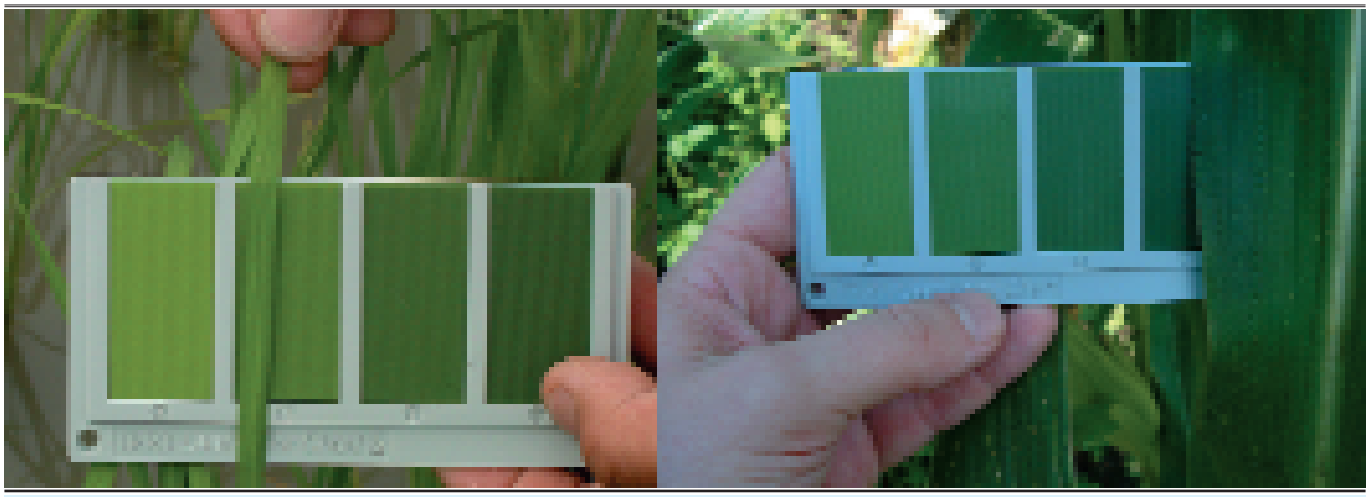


Figura 4. Nueva TCC de 4 paneles desarrollada por el IRRI en colaboración con el UCCE para arroz (izquierda). La misma tabla podría ser una herramienta útil en maíz (derecha).

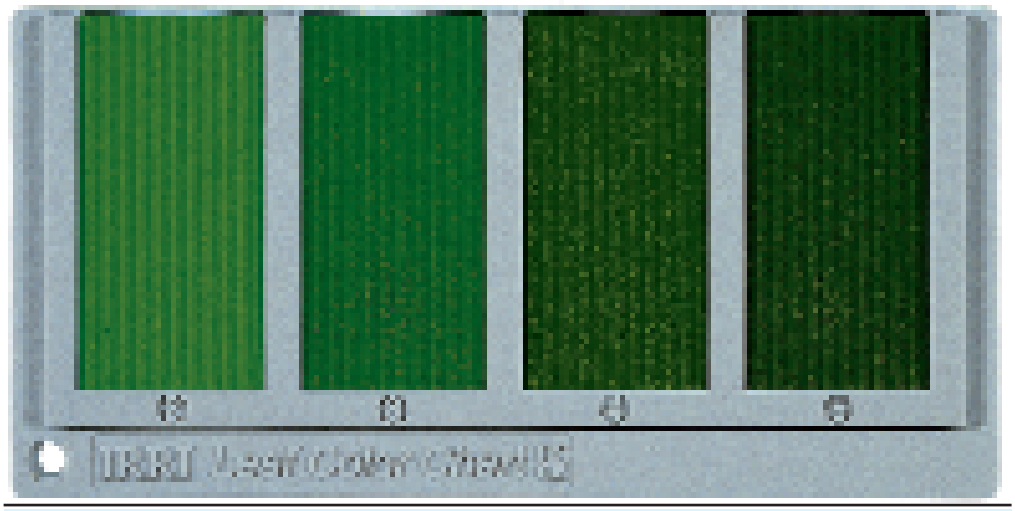
colores a 550 nm **(Figura 3CD)**, lo que significa que el cambio de color fue consistente de panel a panel. Esto confirmó la impresión visual de que los colores de los paneles vecinos pueden ser fácilmente distinguidos en ambas tablas **(Figura 2 y 4)**. La comparación mostrada en la **Figura 3** demostró también que la nueva tabla con 4 paneles puede ser más apropiada para las variedades del arroz de Asia que la TCC desarrollada para las variedades de arroz de California.

La nueva TCC se puede usar en todas las variedades modernas de arroz de altos rendimientos de Asia, pero las lecturas de la tabla deben ajustarse a las condiciones locales. Se ha logrado gran progreso en los últimos años en la evaluación del uso de TCC en fincas de agricultores para mejorar la efectividad del manejo de N. Las guías generales para el uso de la TCC se presentan con mayor detalle en la publicación "Arroz: desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes" (Fairhurst y Witt, 2002).

El principio general del uso de la TCC es que se debe mantener un color crítico en las hojas para obtener un crecimiento óptimo y la TCC indica cuando se debe aplica N para evitar la deficiencia. El color crítico de las hojas depende del material genético (variedades o híbridos) y del método de establecimiento del cultivo (densidad de la siembra). Existen dos estrategias para el uso de la TCC. La primera es el método de fraccionamiento fijo que proporciona una recomendación para cubrir el requerimiento total de N (kg/ha) y un plan de fraccionamiento con un calendario de aplicaciones de acuerdo a la etapa de crecimiento, temporada, variedad y método de estableciendo del cultivo. La TCC se usa en las etapas críticas de crecimiento para determinar si la dosis de N recomendada necesita ser ajustada, con mayor o menor cantidad, basándose en el color de la hoja. La segunda estrategia es la técnica de tiempo real. Con esta técnica se aplica una cantidad predeterminada de N cuando el color de las hojas cae por debajo del valor del color crítico de las lecturas de la TCC. Se han desarrollado procedimientos locales para el uso de la TCC en los principales dominios de recomendación de arroz irrigado en Asia.

Desde su introducción en Diciembre del 2003, se han producido y distribuido más de 250 000 unidades de la TCC de 4 paneles a productores de arroz de Bangladesh, China, India, Indonesia, Myanmar, Las Filipinas, Tailandia y Vietnam.

Continua en la página No. 14



Tamaño real de la nueva TCC de 4 paneles.

NUEVAS PUBLICACIONES

Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes

Manual y Guía de Campo

Estas publicaciones contienen información que permite desarrollar estrategias de manejo nutricional del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Esto se logra a través de una discusión detallada, en lenguaje simple, de la información básica de la función de los nutrientes y las posibles causas de las deficiencias, de las formas de estimar la remoción de nutrientes en el grano y en la paja y el aporte de nutrientes nativos del suelo y de las fuentes externas como los fertilizantes. Esto ayuda a los investigadores, extensionistas y consultores a evaluar las cantidades de nutrientes retirados del lote bajo diferentes sistemas de manejo, para con esta información diseñar las recomendaciones de fertilización para los agricultores en cada zona particular.

En la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales las fincas de arroz son pequeñas, los nutrientes se manejan a mano y los agricultores no tienen acceso a formas de manejo de nutrientes, como el análisis de suelos y el foliar, que demandan más recursos. Por esta razón, en estas publicaciones se describe una nueva estrategia para calcular las recomendaciones de N, P y K, mediante el denominado manejo de nutrientes por sitio específico.

Los conceptos de manejo de nutrientes por sitio específico se han desarrollado en años recientes como una alternativa al uso de las recomendaciones generales de fertilización en áreas grandes. Estas nuevas técnicas buscan una mayor eficiencia del uso de los fertilizantes a través de la fertilización balanceada del arroz. La fertilización balanceada incrementa la rentabilidad de los agricultores, resulta en mayores rendimientos por unidad de fertilizante aplicado y protege el ambiente evitando el excesivo uso de fertilizantes, particularmente nitrógeno. Las estrategias de manejo por sitio específico se han evaluado exitosamente en un amplió rango de lotes de agricultores en Asia y están listas para validación y adaptación a más amplia escala en otras áreas del mundo.

El Manual de Escritorio contiene una discusión amplia y más profunda de todos los factores de manejo relacionados con la nutrición, mientras que la Guía de Campo contiene una discusión concisa y muy práctica de los mismo conceptos, sin embargo, por su tamaño puede transportarse fácilmente al campo como herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores. Estas dos publicaciones fueron escritas originalmente en inglés, en un proyecto conjunto entre PPI, oficina de Singapur, y el IRRI. La traducción de estas publicaciones por INPOFOS tiene como objetivo principal contribuir al desarrollo tecnológico del cultivo del arroz en América Latina.

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

ANALISIS COMPARATIVO DE FUENTES DE CALCIO EN MELON GALIA EN INVERNADERO

Faria, E.C., O.A. Carrijo, and C.L. Moretti. 2004. Comparative analysis of calcium sources in greenhouse 'Galia' muskmelon. Hortic. Bras. 22 (3):557-561.

Se cultivó melón Galia, híbrido de Galileo, en macetas dentro de un invernadero en Embrapa Hortalizas en Brasilia, Brasil, desde Septiembre a Diciembre 2001. Se evaluaron cinco tratamientos (encalado y encalado más fertigación con nitrato de calcio, calcio buferizado, quelatos de calcio y cloruro de calcio), junto a un control sin calcio (Ca). El diseño del experimento fue de bloques al azar con 6 tratamientos, 4 replicaciones y 6 plantas por tratamiento. En general las aplicaciones de Ca incrementaron el rendimiento de frutas para mercado (kg m^{-2}) en un 26% y el número de frutos en un 21%. Estos resultados indican la necesidad de fertilización con Ca en suelos con una saturación de bases menor al 70%. El encalado más la fertigación con Ca incrementó el rendimiento y el número de frutos para el mercado en 30% y 27%, respectivamente indicando que la fertigación con Ca es más efectiva que el encalado. La fertigación con nitrato de Ca y cloruro de Ca presentó la mayor rentabilidad. No se observo ningún efecto significativo en el peso promedio de la fruta. Los tratamientos no produjeron efectos significativos en el grosor de la pulpa, contenido de sólidos solubles (Brix), acidez total titulable (ATT) y la relación Brix/ATT. En conclusión, el Ca debe aplicarse al melón cultivado en invernadero en suelos que tienen una saturación de bases menor al 70%. El encalado más la fertigación de Ca fue más rentable que solamente el encalado. La fertigación con nitrato de Ca o cloruro de Ca fue más rentable que el encalado más los otros tratamientos de Ca (encalado y encalado con fertigación con Ca buferizado y quelatos de Ca).

CORRECCION DE LA DEFICIENCIA DE HIERRO EN MAIZ CON LA APLICACION DE SULFATO DE HIERRO AL SURCO DE SIEMBRA

Godsey, C.B., J.P. Schimidt, A.J. Schlegel, R.K. Taylor, C.R. Thompson, and R.J. Gehl. 2003. Corresting Iron Deficiency in Corn with Seed Row-Applied Iron Sulfate. Agron. J. 95 (1):160-166.

El maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelos calcáreos, con alto pH, es susceptible a la deficiencia de Fe, condición que puede reducir en 20% el rendimiento del grano. El objetivo de este estudio fue evaluar varios tratamientos con $FeSO_4$ que puedan ser usados con tecnologías de agricultura de precisión para controlar la deficiencia de Fe en maíz irrigado. Se seleccionaron tres sitios en 1999 y cuatro en 2000 (basándose en su historia de deficiencia de Fe) para conducir estudios de parcelas pequeñas (3 por 12.2 m) en el oeste de Kansas. En 1999, se evaluaron cinco tratamientos, incluyendo cuatro dosis de $FeSO_4 \cdot H_2O$ (0-81 kg ha^{-1} del producto) aplicados en el surco de siembra y un tratamiento foliar (quelato de Fe).

Tabla de comparación de colores...

Se está evaluando la posibilidad de usar la TCC para el manejo de N en el maíz en un proyecto conjunto entre la Agencia Indonesia para la Investigación en Agricultura y el programa de PPI/PPIC-IPI del Sureste Asiático.

El Dr. Witt es el Director, del programa PPI/PPIC-IPI en el Sureste Asiático localizado en Singapur (cwitt@ppi-ppic-ipi.org). La Srta. Pasuquin es Agrónoma, PPI/PPIC-IPI Programa del Sureste Asiático (jpasuquin@ppi-ppic-ipi.org). El Dr. Mutters es el Consultor del Servicio Cooperativo de Extensión, Oroville, California (rgmutters@ucdavis.edu). El Dr. Buresh es el Científico de Suelos en el IRRI, Los Baños, Filipinas (r.buresh@cgiar.org).

Reconocimiento

Al Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI), la Agencia Sueca para el Desarrollo y Cooperación (SDC), al PPI/PPIC, y al Instituto Internacional de la Potasa (IPI) por el aporte financiero para este proyecto.

Bibliografía

Balasubramanian V., J. K. Ladha, G. L. Denning. (eds.). 1998. Resource management in rice systems: Nutrients. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 600 p.

Dobermann, A., C. Witt, and D. Dawe. (eds.). 2004. Increasing productivity of intensive rice systems through site-specific nutrient management. Enfield, NH (USA) and Los Baños (Philippines): Science Publishers, Inc., and International Rice Research Institute (IRRI). 410 p.

Singh B., Y. Singh, J.K. Ladha, K.F. Bronson, V. Balasubramanian, J. Singh, and C.S. Khind. 2002. Agron. J. 94:821-829.

Fairhurst, T. and C. Witt (eds.). 2002. Rice: a practical guide for nutrient management. Singapore: Potash & Phosphate Institute/Potash & Phosphate Institute of Canada; and Los Baños: International Rice Research Institute. 89 p.

Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, and R. Mutters. 2004. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 Sep . 1 Oct 2004. www.cropscience.org.au/icsc2004.

En el 2000 se incluyeron dos tratamientos adicionales de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (85 kg ha^{-1} del producto) y $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ líquido (91 kg ha^{-1} del producto) aplicados en el surco de siembra. El rendimiento de grano se incrementó linealmente cuando se incrementaron las dosis de $FeSO_4 \cdot H_2O$ en cuatro de los siete sitios-año, el incremento fue de 0.02 Mg ha^{-1} por cada kilogramo por hectárea de $FeSO_4 \cdot H_2O$ aplicado. Basándose en las respuestas de rendimiento observadas en este estudio, el tratamiento con 81 kg ha^{-1} de $FeSO_4 \cdot H_2O$ fue el más consistente para corregir la deficiencia de Fe en maíz. Si el rendimiento promedio obtenido en este estudio puede lograrse en 15% de un lote individual de maíz, el retorno esperado es de \$3.00 ha^{-1} en todo el campo. La tecnología de agricultura de precisión permiten la aplicación de $FeSO_4 \cdot H_2O$ solamente en las áreas susceptibles a la deficiencia de Fe. El empleo de esta tecnología permite una solución práctica a la heterogeneidad espacial de la deficiencia de Fe en los lotes de maíz irrigado e incrementa la probabilidad de la respuesta del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes.

LA CALIDAD DE LA SANDIA EN FUNCION DE FUENTES Y DOSIS DE POTASIO

Grangeiro, L.C., and A.B. Cecilio Filho. 2004. Quality of watermelon fruits as a function of sources and doses of potassium. Hortic. Bras. 22 (3): 647-650.

Se condujeron dos experimentos de campo en Borborema, en el estado de Sao Paulo, desde Octubre a Diciembre del 2001 y desde Febrero a Abril del 2002, para evaluar la calidad del fruto de sandia, híbrido Tide, en respuesta a fuentes y dosis de potasio (K). El diseño experimental fue de bloques completos al azar en un esquema factorial 3x4 con tres replicaciones. Los tratamientos consistieron en tres fuentes de potasio (cloruro, nitrato y sulfato) y cuatro dosis de potasio (50; 100; 200 y 300 kg ha^{-1} de K_2O). Se evaluaron el total de sólidos solubles (TSS), la acidez total titulable (ATT) y la relación TSS/ATT. La cantidad de sólidos solubles fueron influenciados por la época de cultivo con valores mayores en la época de Febrero a Abril. La acidez total titulable incrementó y el rango de TSS/ATT se redujo cuando se incrementaron las dosis de K.

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. VIII Congreso Nacional de Maíz

Organiza : AIANBA
Lugar y Fecha : Rosario-Santa Fe-Argentina
Noviembre 16-18, 2005
Información : AIANBA
Dorrego 277, Piso 1 (2700)
Pergamino
Telef. 02 477-429310
aianba@bbt11.com.ar
www.aianba.org.ar

2. X Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

Organiza : Universidad de Chile
Lugar y Fecha : Santiago-Chile
Noviembre 17-18, 2005
Información : Campus Antumapu
Universidad de Chile
www.xcncs.uchile.cl

3. XIV Congreso Mundial de Fertilizantes

Organiza : Instituto de la Nutrición de Plantas y la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Chiang Mai-Thailand
Enero 22-27, 2006
Información : pitaya@ldd.go.th
www.pb.fal.de/en/iindex.htm
www.ldd.go.th/wfc14th/

4. IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

Organiza : Sociedad Boliviana de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Tarija-Bolivia
Marzo 8-11, 2006
Información : Universidad Autonoma Juan Misael Caracho
www.uajms.edu.bo/congreso_suelos/

5. IV Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental

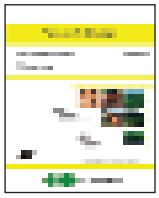
Organiza : Sociedad Iberoamericana de Física y Química
Lugar y Fecha : Cáceres-España
Mayo 22-26, 2006
Información : SIFyQA
jgallardo@usal.es
www.sifyqa.org.es

6. XVIII 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
18wcss@soils.org
www.18wcss.org

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo en dólares



- **NUEVO: Manual de Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes:** Esta publicación contiene información que permite desarrollar estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. $ 25.00

- **NUEVA: Guía Practica para el Manejo de Nutrientes en Arroz:** Contiene una discusión concisa y muy práctica de las estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Excelente herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores. $ 15.00

- **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 plántas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido. $ 20,00

- **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

- **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

- **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

- **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 deficiencias nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategía de prevensión o recuperación. $ 8.00

- **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

- **Manual de Nutrición y Fertilización del Café.** Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del cafeto como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos. $ 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

- **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

- **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

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.: 211-3383 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@corpmisti.com.pe. Lima, Perú.
Molinos & Cía S. A. Fertilizantes. Ing. Julio Zavala, Av. de Los Ingenieros No. 154, Urb. Ind. Sta. Raquel 2da. Etapa - Ate. Telf.: 349-0920 Fax.: 348-0615. E-mail: juliozm@molicom.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).