

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

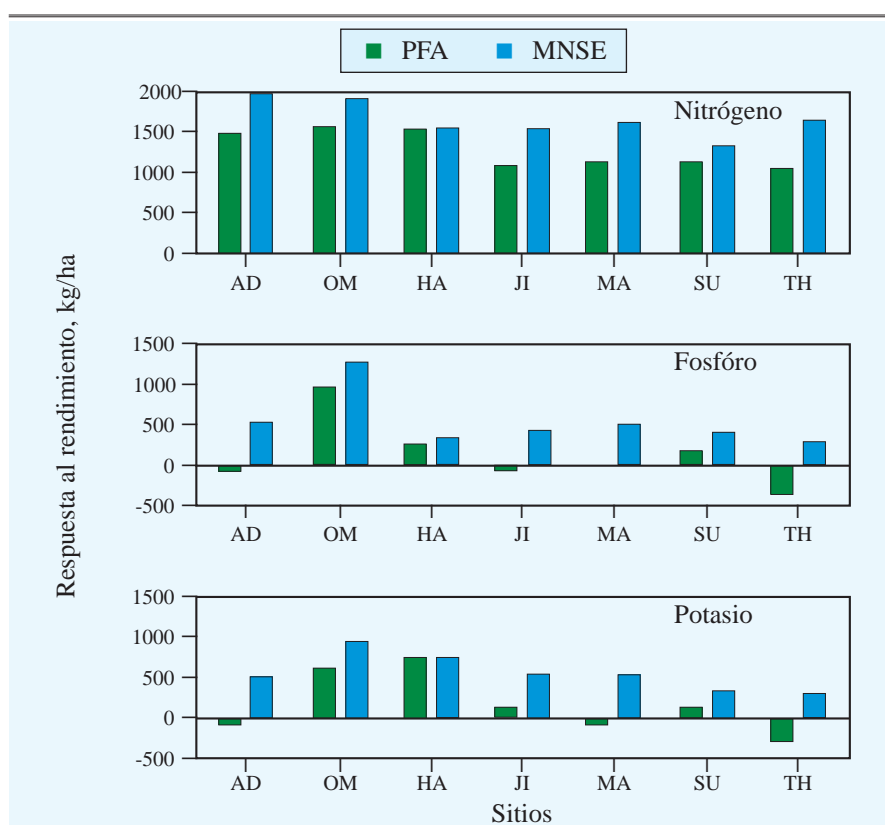


Figura 1. Respuesta en rendimiento a la aplicación de N, P y K siguiendo la práctica de fertilización del agricultor (PFA) y la estrategia de MNSE en 179 fincas en siete sitios representativos de arroz irrigado en Asia, 1997-1999. AD = Adutharai (Tamil Nadu, India), OM = Omon (Cantho, Vietnam), HA = 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.

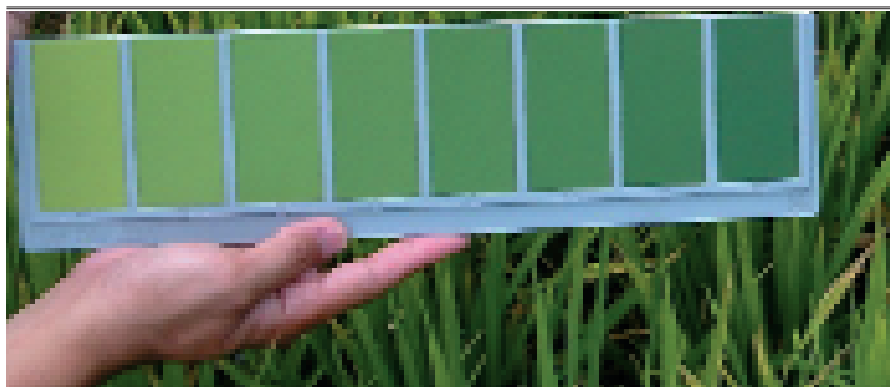


Figura 2. Tabla de comparación de colores para arroz desarrollada por el Servicio Cooperativo de Extensión de la Universidad de California (UCCE, por sus siglas en inglés).

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 sensibilidad 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

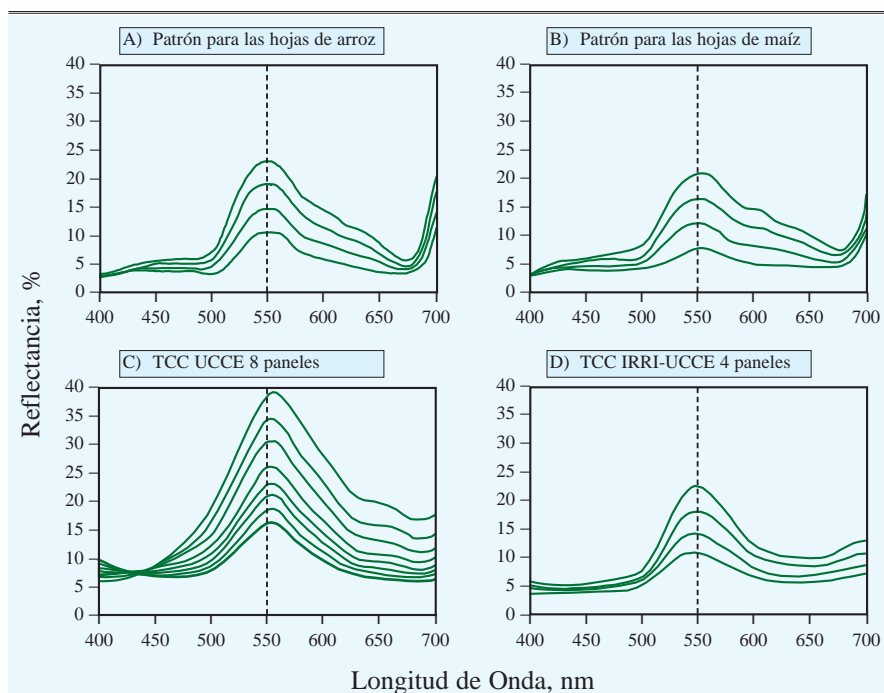


Figura 3. Patrones de reflectancia espectral para una TCC teórica basados en las medidas reales de reflectancia de hojas de las principales variedades de arroz en Asia (A) y una variedad de maíz (B). Patrones actuales de reflectancia para la TCC desarrollada por el UCCE para las variedades de arroz de 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.

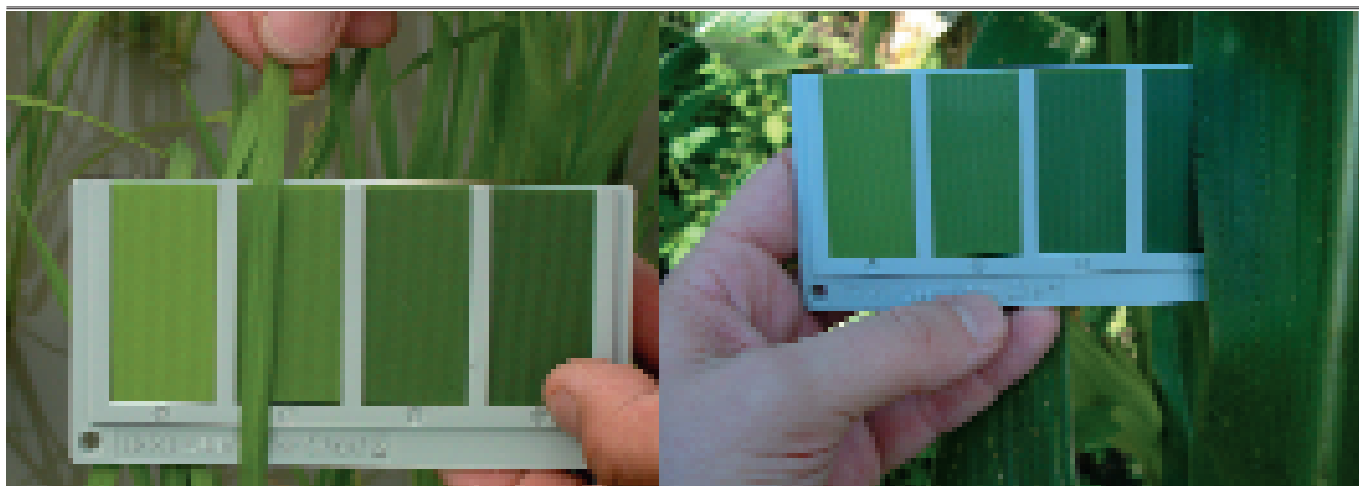


Figura 4. Nueva TCC de 4 paneles desarrollada por el IRRI en colaboración con el UCCE para arroz (izquierda). La misma tabla podría ser una herramienta útil en maíz (derecha).

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.

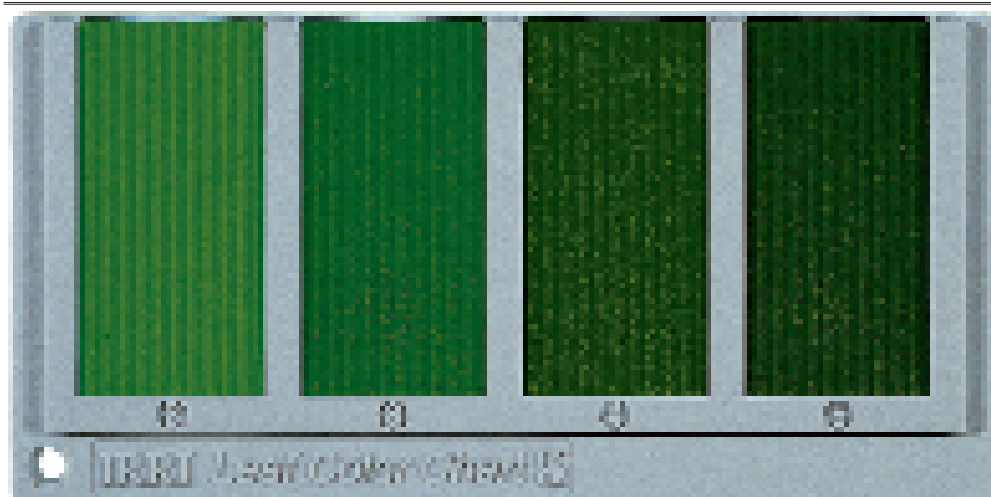
La nueva TCC se puede usar en todas las variedades modernas de arroz de altos rendimientos de Asia, pero las lecturas de la tabla deben ajustarse a las condiciones locales. Se ha logrado gran progreso en los últimos años en la evaluación del uso de TCC en fincas de agricultores para mejorar la efectividad 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 aplicar 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 establecimiento 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.



Tamaño real de la nueva TCC de 4 paneles.

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](http://www.cropsscience.org.au/icsc2004). ↘