

PREDICCIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO MEDIANTE EL NuMaSS

PARA EL MAÍZ EN YARITAGUA, ESTADO YARACUY

(Nitrogen dose Prediction by NuMaSS for corn in Yaritagua, Yaracuy state)

Aymara A. Sánchez¹; Rodolfo Delgado²; Javier Lorbes¹, Carmen Rivero³, Marianela León⁴ y Argenis Rivero⁴

¹Decanato de Agronomía, UCLA – Cabudare, Lara. Venezuela.

aymaras@ucla.edu.ve.

²INIA-CENIAP. Maracay, Aragua. Venezuela.

³UCV, Facultad de Agronomía. Maracay, Aragua. Venezuela.

⁴INIA. Estación Experimental Local Yaritagua, Yaritagua, Yaracuy. Venezuela

Recibido: 04/03/2015 / Aceptado: 24/04/2015

RESUMEN

Normalmente, la estimación de las dosis de nitrógeno (N) para maíz se realiza sin consideración de parámetros de disponibilidad del elemento en el suelo. La finalidad de esta investigación fue evaluar un programa computarizado basado en el conocimiento de expertos, en la predicción de dosis de N para el cultivo. Se condujeron experimentos en la Estación Experimental Yaritagua, INIA, localidad Yaritagua, municipio Peña, estado Yaracuy, Venezuela. El primer año del estudio se creó un gradiente de N en el suelo mediante la aplicación antes de la siembra de 0, 150, 300 y 450 kg N ha⁻¹ en forma de úrea, según un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, y en el segundo año del estudio, se evaluó la respuesta del maíz a la aplicación de dosis crecientes de N (0, 45, 95, 120, 160 y 240 kg N ha⁻¹), de acuerdo con un arreglo de tratamiento en parcelas divididas con tres repeticiones. Se realizó análisis de regresión entre las dosis de N estimadas por el programa y las dosis de N obtenidas de campo. El NuMaSS tiene uso potencial para evaluar el N absorbido por el cultivo en función de la disponibilidad de este nutriente en el suelo. El sistema estimó dosis de N razonables para el maíz en condiciones variables de N mineral en el suelo y resultaron diferentes a las derivadas del ensayo en campo.

Palabras clave: Sistema experto, dosis, nitrógeno.

SUMMARY

Normally, the dose N corn estimated is performed regardless of parameters availability of the element in the soil. The purpose of this research was to evaluate a computer program based on expert's knowledge, in predicting dose N for the culture. Experiments were conducted at the Experimental Station Yaritagua, INIA, Yaritagua, Peña municipality, Yaracuy state, Venezuela. The first year of study a N gradient was created on the ground by applying before sowing 0, 150, 300 and 450 kg N ha⁻¹ as urea, according to a block design with four replications per treatment; in the second year, maize response was assessed to the application of increasing N doses (0, 45, 95, 120, 160 and 240 kg N ha⁻¹), according with an arrangement treatment in split plot with three replications. Regression analysis between N rates estimated by the program and doses of N obtained from the field was conducted. The NuMaSS has a potential use to evaluate the N absorbed by the crop depending on the availability of this nutrient in the soil. The system estimated reasonable dose of N for maize in varying conditions of mineral N in the soil and they were different from those derived from field testing.

Keywords: expert system, dose, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importante en el sector agrícola en Venezuela sin embargo ha experimentado reducción con respecto a la cosecha del 2009 y 2010 (Mosquera, 2012). Esta situación puede ser atribuida a factores de clima, al deterioro de las condiciones físicas y químicas de los suelo, y a un manejo inadecuado de la fertilización.

En particular, las dosis de nitrógeno actualmente recomendadas en regiones maiceras del país son altamente empíricas y provienen de curvas de respuestas al elemento, de carácter puntual, lo que limitante la extrapolación de los resultados (López *et al.*, 2010). Es necesario mejorar las recomendaciones de fertilización nitrogenada en condiciones agronómicas específicas, para ello el uso de programas informáticos que utilizan la inteligencia artificial como los sistemas expertos (SE), pueden proporcionar soluciones a esta problemática en un ámbito específico (Corona *et al.*, 2000).

Dentro de los SE desarrollados se puede señalar el NuMaSS (Nutrient Management Support System) (Osmond *et al.*, 2004), que diagnostica deficiencias de N, P y acidez del suelo, formula recomendaciones genéricas de fertilización y enmiendas con el uso de los

valores prefijados en el sistema o con información a nivel de finca.

Se propone el uso del programa NuMaSS para verificar la capacidad de predecir dosis de N para el cultivo de maíz, en las condiciones edafoclimáticas del valle medio del Río Yaracuy, para determinar su utilidad como sistema de recomendación de fertilización nitrogenada para el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Local del INIA, situada en Yaritagua, valle medio del Río Yaracuy, estado Yaracuy (10° 05' N y 69° 07' W), a una altura de 320 msnm. El clima de la zona corresponde a bosque seco tropical. La precipitación media anual es 1038,3 mm y durante el ciclo del cultivo fue 658,1 mm; mientras que la temperatura media anual es 26,8°C, según registros generados por la estación agrometeorológica ubicada en la Estación. El suelo del área experimental pertenece al orden alfisol clasificado taxonómicamente Oxic Haplustalfs, franco fino, caolinítico, no ácido, isohipertérmico, perteneciente a la serie Uribeque.

Determinación de la recomendación de fertilizante nitrogenado por el NuMaSS

La cantidad adicional de N requerida para producir un determinado rendimiento, calculada por el NuMaSS 2.2 (<http://www.soil.ncsu.edu/scripts/numass/download.php>), está basada en la cantidad total de N requerido por el cultivo, la capacidad que tiene el suelo de suplir N y un ajuste de la eficiencia del uso del fertilizante por el cultivo (Osmond *et al.*, 2004).

La evaluación del NuMaSS para determinar la dosis de N se ejecutó en condiciones variables de disponibilidad de N mineral en el suelo. Para lo cual, en el primer año (2009) se creó el gradiente de N en el suelo. Se utilizó un diseño de experimento en bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de N (0, 150, 300 y 450 kg ha⁻¹) aplicadas en forma de urea, al voleo e incorporada una semana antes de la siembra

del cultivo con un pase de rastra.

Para el segundo año, se evaluaron dosis crecientes de N que incluyeron: una dosis estimada por el NuMaSS (95 kg N ha^{-1}), en las parcelas donde inicialmente se habían aplicado 150 kg N ha^{-1} (1^{er} año), la dosis de N recomendada para la localidad en estudio (120 kg ha^{-1}) (INIA, 2005) y la dosis de N recomendada por el ente financiador, el Fondo para el Desarrollo Agrario Socialista (FONDAS) (160 kg ha^{-1}). El experimento siguió un diseño en parcelas divididas con tres repeticiones, en bloques al azar. Las parcelas principales se correspondieron con las dosis de N aplicados en el establecimiento del gradiente en el primer año del estudio y las subparcelas a las dosis de N ($0, 40, 95, 120, 160$ y 240 kg N ha^{-1}) aplicadas en el 2^{do} año. Las dosis de N se aplicaron en forma de urea, 1/3 a la siembra en forma manual y 2/3 a los 28-30 días después de la siembra. Todas las parcelas fueron fertilizadas con $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ y 60 kg ha^{-1} de K_2O al momento de la siembra. El maíz (DK 357) se sembró en forma mecanizada con una densidad 60.000 plantas ha^{-1} .

La determinación del requerimiento de N por el cultivo relacionada con un rendimiento esperado, se obtuvo de la información suministrada por el representante FONDAS para la zona y año agrícola 2010 (López, 2012, Comunicación Personal) y su contenido de N promedio en grano y materia seca en proporción con el rendimiento esperado.

La capacidad que tiene el suelo de suplir N está apoyada en el N proveniente de la mineralización de la materia orgánica (N-suelo), los residuos (N-residuos) y el estiércol (N-estiércol). Para la determinación del N-suelo y el N-residuos, el programa seleccionó el método uno, para lo cual se requiere el rendimiento en grano, producción vegetativa y su respectiva concentración de N (%) del cultivo sin fertilizar. Información determinada al momento que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, para los tratamientos con cero aplicaciones de N, en el estudio de respuesta del cultivo a la aplicación de dosis crecientes de N (2^{do} año). Para ello se cuantificó el peso fresco de 10 plantas por tratamiento, secadas a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 horas. La determinación de la concentración de N en el material vegetal se realizó mediante el método Kjeldahl con el uso de H_2SO_4 y H_2O_2 (Malavolta *et al.*, 1997).

Análisis estadísticos

El desempeño del programa NuMaSS se evaluó a través del análisis de regresión (SAS Institute Inc., 1999), entre las dosis de N estimadas por el programa y las dosis de N observada en campo, obtenidas mediante la primera derivada de la función cuadrática del estudio de respuesta del cultivo a la aplicación del elemento (2^{do} año) en cada una de las parcelas principales (12 unidades experimentales).

Se utilizó la prueba de F desarrollada por Dent y Blackie (1979) descrita por Haefner (1996). Para visualizar de manera gráfica se recurrió a la línea de regresión con pendiente 1 e intercepto 0 (1:1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para un rendimiento en grano esperado de 5128 kg ha⁻¹, con su contenido promedio de N en grano y parte vegetativa, el programa predijo un requerimiento de 127 kg N ha⁻¹ (Cuadro 1), la cantidad que está dentro del rango (70 a 170 kg N ha⁻¹) de absorción por el maíz sometido a diferentes fertilización con N en Venezuela (Delgado *et al.*, 2004).

El N disponible para el cultivo predicho por el NuMaSS como la suma del N-suelo y N-residuos varió desde 88 hasta 96 kg ha⁻¹ para las parcelas principales con cero aplicaciones de N y aumentó desde 116 hasta 130 kg ha⁻¹ para las parcelas con aplicaciones altas de N (300 y 450 kg ha⁻¹) (Cuadro 1). Estas diferencias entre los escenarios de N evaluados reflejó la disponibilidad del elemento en condiciones iniciales variables en el suelo.

Cuadro 1. Predicción del N requerido como fertilizante, en función del requerimiento de N del cultivo y el disponible para la planta, según método uno del NuMaSS.

Variables	Condición variables de N inicial en el suelo											
	Bloque I				Bloque II				Bloque III			
	0	150	300	450	0	150	300	450	0	150	300	450
	Kg ha ⁻¹											
Requerimiento N del cultivo	127											
N-Suelo	83	86	103	101	82	86	109	124	78	99	111	113
N- Residuos (MS Total)	13	13	14	15	13	12	14	19	10	12	15	17
N disponible para el cultivo	96	99	116	116	95	98	123	143	88	111	126	130
Eficiencia Fertilizante (%)	24											
Fertilizante N Necesario	126	116	44	45	130	122	16	0	161	86	6	0

El fertilizante nitrogenado necesario para alcanzar el rendimiento esperado en la zona fue desde 0 hasta 161 kg ha⁻¹ (Cuadro 1). Para los escenarios con menor condición de N residual en el suelo (0 y 150 kg N ha⁻¹) las dosis fueron estimadas desde 86 hasta 161 kg N ha⁻¹ y disminuyeron en condiciones de mayor N residual. El programa generó dosis acorde con el requerimiento de N por el cultivo y la disponibilidad de N para el cultivo.

En la Figura 1 se aprecia que aunque existe diferencia entre las dosis estimadas y observadas, hubo un ajuste lineal con coeficiente de determinación de 0,65 (P<0,05).

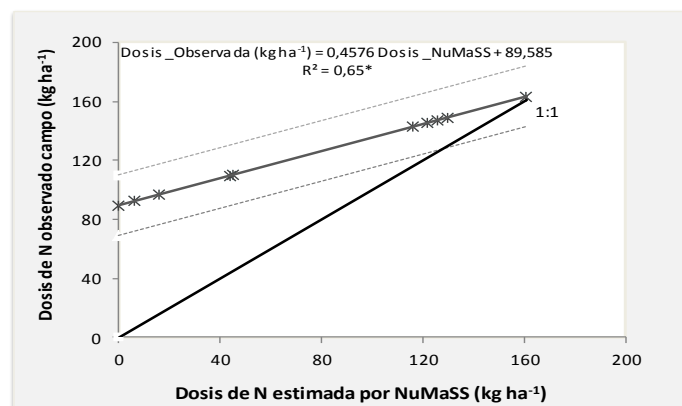


Figura 1. Relación entre la dosis de N predicha por el NuMaSS y dosis observadas obtenida de la respuesta del maíz a la aplicación de dosis crecientes del elemento.

Por otra parte, del análisis del modelo de regresión se observa que la línea 1:1 casi no cae dentro del intervalo de confianza, lo que denota una tendencia del NuMaSS a subestimar esas dosis con mayor énfasis en el rango de 0 a 50 kg ha⁻¹. Tendencia que fue confirmada mediante el estimador estadístico F, debido a que las dosis estimadas por el NuMaSS se alejan de las observadas en campo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El NuMaSS tiene un uso potencial para evaluar el N absorbido por el cultivo en función del N en suelo disponible para la planta, en condiciones donde el cultivo previo no se fertilice.

Las dosis generadas por el programa en condiciones variables de N inicial resultaron diferentes a las dosis de N derivadas del ensayo en campo, lo cual limita su utilidad como técnica de recomendación para maíz.

El NuMaSS debe ser evaluado en condiciones donde el cultivo anterior (el maíz) se fertilice.

AGRADECIMIENTO

Al CDCHT de la UCLA por financiar esta investigación, al Personal Técnico y Obrero de Estación Experimental Yaritagua del INIA para lograr el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corona, T., Almaguer, G. y Maldonado, R. 2000. Sistema Computarizado Experto en diagnóstico nutrimental en naranjo. *Terra* 18 (2): 173-178.
- Delgado, R., Núñez, M. y Velásquez, L. 2004. Acumulación de materia seca, absorción de nitrógeno, fósforo y potasio por el maíz en diferentes condiciones de manejo de la fertilización nitrogenada. *Agronomía Trop.* 54(4):371-389.
- Haefner, J. 1996. Modeling biological systems: Principles and applications. Chapman & Hall. N.Y. USA.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2005. Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Serie manuales de Cultivo INIA 4. 1ª edición. (Versión Preliminar en CD). Maracay, Venezuela.

López, M., Rodríguez, B. y España, M. 2010. Tecnología generada por el INIA para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo. *Agronomía Trop.* 60(4):315-321.

Malavolta, E., Vitti, G., De Oliveira, S. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Associação Brasileira para pesquisa potassa e do fosfato. Piracicaba. Brazil, 236p.

Mosquera, C. 2012. Producción de maíz, sorgo y café ha bajado cerca de 50% en 2012. Corresponsal Agronota. Consulta en línea:
<http://agronota.com/2012/09/produccion-de-maiz-sorgo-y-cafe-ha-bajado-cerca-de-50-en-2012.> [15/12/2012].

Osmond, D., Smyth, T., Yost, R., Hoag, D., Reid, W., Branch, X. y Li, H. 2004. Nutrient Management Support System [NuMass], version 2.1 soil Management Collaborative Research Support Program, North Carolina State University, Raleigh, NC. USA.

SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc