

EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN SORGO SENSIBLE AL FOTOPERÍODO EN ASOCIO CON MAÍZ EN EL SALVADOR¹

José Wilfredo Castaneda Chávez², Stephen C. Mason³, Quirino Argueta Portillo², Rolando Ventura Elías², Máximo Hernández Valle², René Clará Valencia²

RESUMEN

Eficiencia del uso de nitrógeno en sorgo sensible al fotoperíodo en asocio con maíz en El Salvador. En El Salvador se llevó a cabo un estudio durante los años 2001 y 2002 en Izalco y Santa Cruz Porrillo, con las variedades de sorgo: 86-EO-226, 85-SCP-805, ES-790, Santa Cruz, Limay y Yalaguina bajo 0, 47, 95 y 142 kg de N/ha. El rendimiento del grano y del rastrojo, la concentración y la extracción de nitrógeno (N), y el uso eficiente del N en el grano y en la biomasa (UEN) fueron determinados. Las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-EO-226 produjeron de 1,8 a 2,9 t/ha más grano que las variedades Santa Cruz y Yalaguina, con poca diferencia en el rendimiento del rastrojo. La aplicación de N aumentó el rendimiento cuadráticamente, se obtuvo más del 67% del aumento cuando la aplicación de N fue de 47 kg de N/ha. El UEN del grano disminuyó con el aumento de N, pero en general las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-EO-226 dieron un UEN del grano mayor a 50 kg de materia seca del grano/kg de N extraído, mientras que Santa Cruz y Yalaguina mostraron UEN entre 20 y 30 kg de materia seca del grano/kg N extraído. Estos resultados indicaron que pueden aumentar el rendimiento del grano y del rastrojo, y el UEN del grano, en las variedades sensibles al fotoperíodo.

Palabras clave: Sorgo, nitrógeno, eficiencia del uso de nitrógeno, rendimiento de grano, rendimiento de rastrojo.

ABSTRACT

Nitrogen use efficiency of photoperiod sensitive sorghum varieties in El Salvador. A two-year study was conducted in Izalco and Santa Cruz Porrillo, El Salvador, in 2001 and 2002. The photosensitive varieties 86-EO-226, 85-SCP-805, ES-Santa Cruz, Limay and Yalaguina were grown at N rates of zero, 47, 95 and 142 kg N/ha. Grain and stover yield, N concentration and N uptake were determined, and biomass and grain NUE calculated. The improved varieties 85-SCP-805, ES-790 and 86-EO-226 produced 1.8 to 2.9 Mt/ha more grain than Santa Cruz and Yalaguina with only small stover yield differences of 1.4 Mt/ha or less. Nitrogen application increased grain and stover yield quadratically, with 47 kg N/ha rate accounting for over 67% of yield increase. Grain NUE decreased linearly with increasing N rates, but in general the varieties 85-SCP-805, ES-790 and 86-EO-226 had grain NUE greater than 50 kg grain dry matter/kg N uptake, while the varieties Santa Cruz and Yalaguina had grain NUE between 20 and 30 kg grain dry matter/kg N uptake. The results indicate that plant breeding and N fertilizer management can increase grain and stover yield, and grain NUE of photoperiod sensitive sorghum varieties in Central America.

Key words: Sorghum, nitrogen, nitrogen use efficiency, grain yield, stover yield.



INTRODUCCIÓN

En El Salvador, aproximadamente 80% de las 88.000 ha de sorgo para grano son sembradas con va-

riedades sensibles al fotoperíodo (maicillo criollo) en asocio con el cultivo de maíz (DGEA 2004). El 65% de este sorgo es sembrado por agricultores de bajos recursos económicos, en suelos con pendientes de más del

¹ Recibido: 8 de setiembre, 2005. Aceptado: 1 de febrero, 2006. Contribución del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, San Andrés, El Salvador y el Departamento de Agronomía y Horticultura, División de Investigación Agrícola, Universidad de Nebraska, Lincoln, NE 68583-0915 EEUU (boletín número 14658) con Apoyo de INTSORMIL, Proyecto DAN 1254-G-0021 Financiado por USAID, Washington, D.C. USA.

² Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), Km 332 Carretera a Santa Ana, San Andrés, La Libertad, El Salvador.

³ University of Nebraska, P.O. Box 630915, Lincoln, NE 68583-0915. Correo electrónico: Castaneda: jowilcas1@yahoo.com; Mason: smason1@unl.edu; Argueta: quirinoargueta@yahoo.com; Hernández: maxhernandezv@yahoo.com; Clará: reneclará@yahoo.com

15%, erosionados, poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica y fertilización natural. Hasta la fecha, no se han reportado trabajos en Centro América que traten sobre la respuesta al N y el uso eficiente del N (UEN) en las variedades de sorgo sensibles al fotoperíodo, aunque en Nicaragua, García *et al.* (2003) han reportado respuestas acerca de las variedades fotoinsensibles. En África varios estudios sobre la respuesta al UEN a la aplicación de N y P se han reportado en sorgos sensibles al fotoperíodo (Bationo and Vlek, 1998; Pandey *et al.* 2001) y diferencias varietales del UEN han sido documentadas (Maranville *et al.* 2001).

Estudios en otras partes del mundo han demostrado que existen diferencias en el UEN entre las variedades de sorgo (Youngquist *et al.* 1992). Las diferencias en el uso eficiente del N entre varios genotipos han sido atribuidas a la gran cobertura de las hojas, con dos a diez menos hojas, 120 a 150 cm² más grandes, 3 a 33 μ m más gruesas, y con 219 a 452 μ m más área transversal en el floema que le facilita movilizar el N rápidamente de un espacio a otro (Gardner *et al.* 1994); al aumento en el uso eficiente de la radiación por parte de la cobertura de las hojas (Muchow y Sinclair 1994); y a la habilidad para mantener la eficiencia fotosintética bajo estrés debido a la gran actividad de la enzima carboxilasa fosfoenilpiruvato (Maranville y Madhavan 2002). La extracción del N es mayor cuando se incrementa el rendimiento y la concentración de N en varias partes de la planta (Roy y Wright 1973; 1974; Maranville *et al.* 1980; García *et al.* 2003). Los rendimientos del grano de sorgo y del rastrojo se elevan con la aplicación de N, aunque la magnitud en la respuesta está influenciada por el nivel del rendimiento (Pineda y Vanegas, Sin fecha), por los cultivos anteriores (Peterson y Varvel 1989) y por el estado de N en el suelo (Bagayoko *et al.* 1992). El uso eficiente del N generalmente declina cuando suben los niveles de N (Buah *et al.* 1998).

Los principales objetivos de este estudio fueron: (1) determinar las respuestas del rendimiento del grano y del rastrojo a las aplicaciones de N en las variedades sensibles al fotoperíodo cuando se siembran en asociación con el maíz, y (2) identificar las variedades con uso eficiente del N del grano y la biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de investigación se llevaron a cabo en El Salvador durante los años 2001 y 2002 en las regiones de Izalco (13147' N; a 390 m de altura) y Santa Cruz Porrillo (13126,4' N, a 30 m de altura). En Izalco, el suelo presentó una textura arcillo arenosa con un

contenido de materia orgánica de 2,6%, pH de 5,2 y con niveles de P de 10 ppm, y de K de 359 ppm (CENTA 2002). El suelo de Santa Cruz Porrillo tenía una textura arcillosa con un contenido de materia orgánica del 2,2%, pH de 6,3 y con niveles de P y K de 41 y 151 ppm respectivamente. Izalco posee una temperatura promedio anual de 24 °C y Santa Cruz Porrillo de aproximadamente 28 °C (DGEA 2004). La precipitación en Izalco fue de 1.359 mm de mayo a diciembre en el 2001 y 1.784 mm en el 2002. Santa Cruz Porrillo recibió 1374 mm en el año 2001 y 1957 mm en el 2002. En el año 2001 en Izalco, durante el mes de septiembre cayeron más de 300 mm de precipitación, mientras que en Santa Cruz Porrillo se registraron más de 300 mm en agosto y octubre. Las épocas de lluvias durante el año 2002 fueron más intensas en ambas localidades, recibiendo Izalco, durante julio, agosto y septiembre más de 300 mm por mes, mientras que Santa Cruz Porrillo recibió más de 300 mm por mes durante mayo, junio, julio y septiembre.

Este estudio se realizó en asociación con maíz, por lo que a comienzos de junio, se sembró el híbrido de maíz HS-5G con una densidad de población de 62.500 plantas por ha y en surcos distanciados a 0,8 m. Antes de la siembra se aplicaron 2 l/ha de Paraquat (1,1'-dimetil-4-4' bipiridium) como herbicida pre-siembra para el control inicial de las malezas. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante en cada postura con aplicación total de 31 kg de N/ha y 17 kg de P/ha. Una vez establecido el cultivo se controlaron las malezas manualmente. El cultivo de maíz se cosechó una vez alcanzada su madurez fisiológica (110 días después de la siembra), el grano fué pesado y su peso corregido posteriormente a un contenido de humedad del 13%.

Inmediatamente finalizada la polinización del maíz, fue sembrado el ensayo de sorgo en un surco por calle de maíz. El diseño experimental para este estudio consistió en bloques completamente al azar, con parcelas divididas y tres repeticiones. Cada parcela tenía cuatro surcos de 5 m de largo, con una área total de 16 m². Las parcelas completas estuvieron representadas por seis variedades: 86-E0-226, 85-SCP-805 y ES-790 provenientes de El Salvador, y Santa Cruz, Limay y Yalaguina provenientes de Nicaragua. Las sub-parcelas fueron los cuatro niveles de fertilizantes 0, 47, 95 y 142 kg de N/ha. Cada sub-parcela tenía 4 surcos de 5 m de largo, con una área total de 16 m². Las aplicaciones de N en el cultivo de sorgo fueron espaciadas, la primera aplicación de 47 kg/ha en forma de sulfato de amonio se hizo 30 días después de la siembra y el resto del N se aplicó en dosis de 95 y 142 kg/ha 60 días después de la siembra. El fertilizante nitrogenado fue aplicado e incorporado al lado de las posturas.

Cuatro a cinco granos de sorgo fueron sembrados por punto de siembra en los surcos, una vez terminada la floración en el maíz. Las semillas fueron previamente tratadas con imidacloprid [3-[(6-cloro-3-piridinil)metil]2-tiazolidinilideno] a una dosis de 190 g/kg de semilla. El sorgo fue raleado 15 días después de sembrado, dejando solamente cuatro plantas por postura. Las posturas fueron espaciadas 0,8m x 0,4m obteniendo así una densidad de población de 125.000 plantas/ha. Para controlar los insectos en el suelo, se aplicó el insecticida granulado Foxim [(((dietoxifosfinotiol)oxi)imino)benzeno] al mismo tiempo que se iba sembrando el sorgo, utilizando una dosis de 20 kg/ha.

Una vez alcanzada la madurez fisiológica (140 días después de la siembra), el grano y el rastrojo del sorgo fueron cosechados en una superficie de 4 m en los dos surcos centrales. Una muestra por parcela del grano y del rastrojo fueron tomadas para determinar el contenido de humedad, y el rendimiento del grano ajustado posteriormente al 13% de humedad. Los tratamientos fueron combinados por repeticiones y la concentración de N en el grano y el rastrojo analizadas en el laboratorio, lo cual permitió calcular la extracción del N, el UEN del grano y la biomasa (Maranville *et al.* 1980) y el porcentaje de fertilizante nitrogenado recuperado por las plantas. El UEN de la biomasa se expresó en peso en kg de planta seca producida por kg de N extraído por la planta; el UEN del grano se expresó como el peso del kg de grano seco producido por kg de N extraído por la planta. El porcentaje de fertilizante nitrogenado recuperado fue calculado como el peso en kg del N en la planta que fue fertilizada, menos el peso en kg de N en las plantas sin aplicación de fertilizante nitrogenado, dividido por el nivel de fertilizante nitrogenado aplicado y multiplicado por 100.

El factor ambiente fue considerado como la combinación año x localidad. El análisis de varianza se llevó a cabo utilizando el programa de SAS (Littell *et al.* 1996) para analizar los datos del rendimiento del grano y del rastrojo. Los contrastes ortogonales fueron utilizados para determinar la configuración de la respuesta presente en los diferentes niveles de N. Las ecuaciones y las gráficas de las regresiones fueron calculadas para las respuestas al N. Las diferencias mínimas significativas (DMS) con base en la probabilidad de $P \leq 0,05$ fueron utilizadas para distinguir las diferencias entre las variedades. Como las repeticiones se combinaron para efectuar los análisis en el laboratorio, en el análisis de varianza para la concentración, extracción y el uso eficiente del N se consideraron los ambientes como repetición, y los otros procedimientos fueron los mismos que se utilizaron para el análisis del rendimiento del grano y del rastrojo. Las correlaciones de Pierson fueron calculadas para determinar la relación entre los parámetros.

En el 2003, en 40 fincas se efectuaron pruebas de rendimiento en la variedad fotosensible 85-SCP-805 y en una variedad local con aplicaciones de N de cero y 47 kg de N/ha. Para este ensayo, el análisis de varianza se condujo utilizando las fincas como repetición. Además, de este estudio, otros ensayos se llevaron a cabo en 400 fincas en el 2003 y en 141 fincas en el 2004 utilizando las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-E0-226 en competencia con las variedades locales como testigos, pero sin aplicación de fertilizante nitrogenado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del grano y del rastrojo

Los rendimientos de maíz difirieron entre ambientes, con 6,9 y 4,6 t/ha en la región de Izalco en el año 2001 y año 2002, y con 4,4 y 5,9 t/ha en Santa Cruz Porrillo en los años 2001 y 2002. El análisis de varianza indicó que las diferencias en el rendimiento del sorgo para grano fueron debidas principalmente a la interacción ambiente x variedad y a los efectos principales de los niveles de N; mientras que el rendimiento del rastrojo respondió más a la interacción ambiente x niveles de N y a los efectos principales de las variedades.

La variedad 85-SCP-805 produjo el rendimiento más alto en todos los ambientes, rindiendo aproximadamente 300% más que las variedades de más bajo rendimiento Santa Cruz y Yalaguina (Cuadro 1). Limay y ES-790 rindieron más de 5 t/ha en Santa Cruz Porrillo en el 2002, pero entre 2,9 a 3,5 t/ha en los otros ambientes. Las diferencias en el rendimiento del rastrojo entre las variedades fueron mucho más pequeñas que para el rendimiento del grano. Limay y Santa Cruz produjeron 16% más rastrojo que la variedad 85-SCP-805, la cual produjo el rendimiento más bajo. Estos resultados son consistentes si se considera que 85-SCP-805 es una variedad mejorada, sensible al fotoperíodo y con menos altura y mayor índice de cosecha que las variedades tradicionales.

El rendimiento del grano y del rastrojo aumentaron cuadráticamente con el aumento en las dosis de N, aunque la respuesta varió a través de los ambientes (Muchow 1990; Muchow y Davis 1988), especialmente en el rendimiento del rastrojo (Rego *et al.* 1998) (Figura 1). Más del 67% del aumento en el rendimiento en el grano ocurrió con la dosis de fertilizante más bajo, 47 kg de N/ha. En general, la misma relación se produjo con el rendimiento del rastrojo, con la excepción de que en Izalco, en el año 2001 la aplicación de 47 kg/ha produjo el rendimiento más alto de rastrojo, pero declinó con niveles más altos de N. Estos datos sugirieron que

Cuadro 1. Rendimiento del grano y del rastrojo, y extracción de N en seis variedades de sorgo sensibles al fotoperíodo en Santa Cruz Porrillo y Izalco, El Salvador en el 2001 y el 2002.

Variedad	Rendimiento del grano					Rendimiento del rastrojo	Extracción de N	
	Izalco		Santa Cruz Porrillo		Promedio		Grano	Rastrojo
	2001	2002	2001	2002				
86-EO-226	3,7	3,1	2,5	4,3	3,4	5,7	41	37
Santa Cruz	1,6	1,1	1,5	2,4	1,6	7,1	26	56
85-SCP-805	3,9	4,1	3,0	6,4	4,3	6,1	54	36
Limay	2,3	3,1	2,1	5,1	3,1	7,1	45	49
ES-790	3,7	3,6	2,9	5,3	3,9	6,2	48	39
Yalaguina	1,1	1,0	1,7	1,8	1,4	6,5	22	44
D.M.S. (0,05)	0,97	1,05	0,55	2,15	1,51	2,38	15,8	15,7

D.M.S. Indica Diferencia Mínima Significativa.

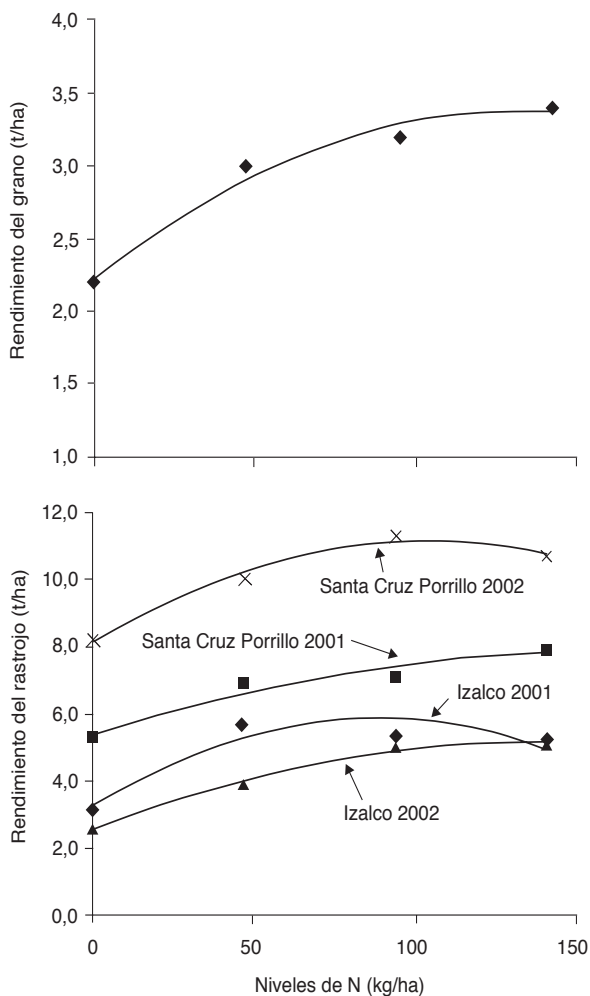


Figura 1. Respuestas en el rendimiento del grano y del rastrojo en las variedades sensibles al fotoperíodo a la aplicación de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz Porrillo y Izalco, El Salvador en el 2001 y 2002.

la aplicación de fertilizante de 47 kg de N/ha es una recomendación lógica para la mayoría de los agricultores, porque la adquisición del fertilizante en Centro América es muy costosa. Se recomiendan en el futuro, estudios con dosis de N entre cero y 47 kg/ha para clarificar la dosis de N más económica.

Concentración y extracción de N

El análisis de varianza indicó que la concentración de N tanto para el grano como para el rastrojo estuvo influenciada por un efecto lineal de los niveles de N, sin encontrarse diferencias o interacciones entre las variedades. En todas las variedades, la aplicación de 142 kg de N/ha aumentó la concentración de N en ambos, el grano y el rastrojo (Figura 2), incrementando potencialmente el

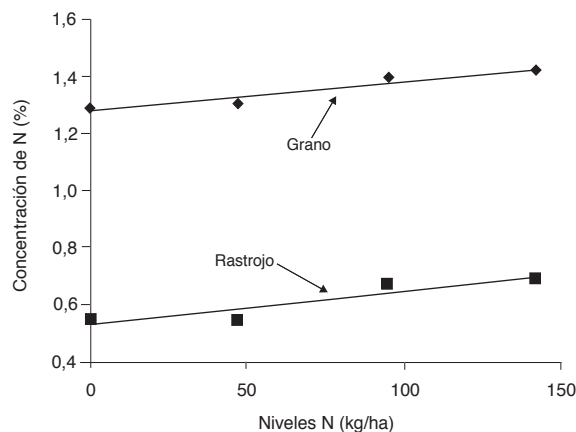


Figura 2. Respuestas a la concentración del nitrógeno (N) en el grano y el rastrojo en las variedades sensibles al fotoperíodo a la aplicación de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz Porrillo y Izalco, El Salvador en el 2001 y 2002.

valor nutritivo para el consumo humano y animal debido al aumento en el contenido de proteína (Mason y D'Croz-Mason 2002). La extracción del N por el grano y el rastrojo aumentó cuadráticamente con el incremento en los niveles de aplicación del N (Figura 3) sucediendo lo mismo con el rendimiento del grano y el rastrojo (Figura 1), lo cual fue previamente reportado por García *et al.* (2003) en Nicaragua, utilizando variedades insensibles al fotoperíodo.

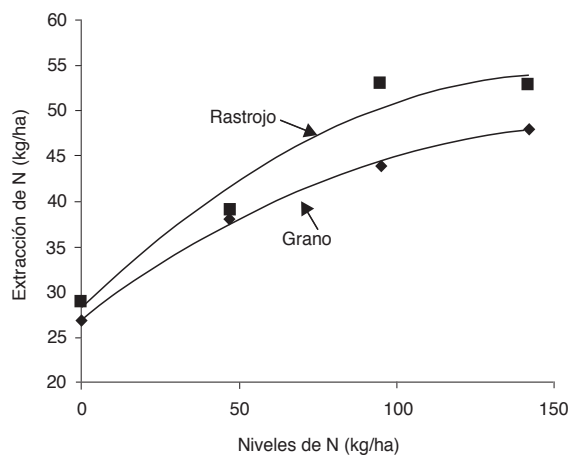


Figura 3. Respuestas a la extracción de nitrógeno (N) por el grano y el rastrojo en las variedades sensibles al fotoperíodo a la aplicación de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz Porrillo y Izalco, El Salvador en el 2001 y 2002.

Uso eficiente del N (UEN)

El uso eficiente del N en la biomasa fue similar para todas las variedades utilizadas en este estudio, pero declinó con el aumento en las dosis de N (Figura 4) confirmando los resultados previamente reportados por Maranville *et al.* (1980); Zwiefel *et al.* (1987) y Youngquist *et al.* (1994). La disminución en el UEN con la aplicación de 47 kg de N/ha fue muy pequeña, lo cual fue similar a los resultados reportados por Maranville *et al.* (2001) en África, debido principalmente al aumento en el rendimiento del grano y del rastrojo (Figura 1). Los efectos de la interacción variedad x N para el UEN en el grano fueron notorios, exhibiendo las variedades tres respuestas diferentes. Las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-E0-226 tuvieron un alto UEN en el grano, el cual declinó en proporción de 0,10 grano/kg N para cada kg/ha de N aplicado (Figura 4). Las variedades Santa Cruz y Yalaguina mostraron bajos UEN's en el grano los cuales permanecieron casi constantes con el aumento en los niveles de N. La variedad Limay aumentó 0,08 kg grano/kg N para cada kg/ha de

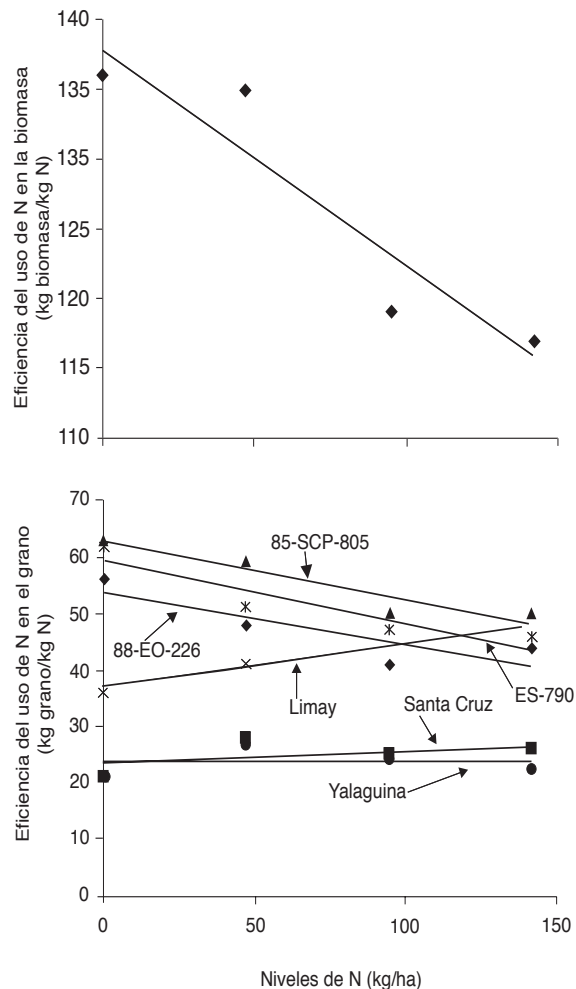


Figura 4. Uso eficiente del nitrógeno en el grano y la biomasa en las variedades sensibles al fotoperíodo y la respuesta a cuatro niveles de fertilizante nitrogenado en Santa Cruz Porrillo y Izalco, El Salvador en el 2001 y 2002.

N el UEN en el grano, a medida que se aumentaron las dosis de N, obteniéndose valores intermedios para el UEN del grano con niveles de 0 y 47 kg de N/ha, y valores similares del UEN del grano a niveles más altos de N al compararla con las variedades 85-SCP-805 y 86-E0-226. Aparentemente, esta variedad se adapta mejor a la alta fertilidad de N, que a las situaciones con baja fertilidad, predominantes en Centro América. Este resultado fue inesperado, ya que se ha demostrado que el UEN en el grano declina con el aumento en los niveles de N (Buah *et al.* 1998; Maranville *et al.* 1980; Youngquist *et al.* 1994). Este es el primer documento que muestra las diferencias del UEN entre las variedades sensibles al fotoperíodo en Centro América, lo cual indica que con el fitomejoramiento se pueden desarrollar variedades con alto rendimiento del grano, y con UENs en el grano que respondan a la aplicación de N.

Además, que las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-EO-226 debieran ser promovidas como nuevas y superiores variedades mejoradas, las cuales al aplicárseles 47 kg/ha de fertilizante nitrogenado aumentan grandemente los rendimientos del grano y del rastrojo (Figura 1) con una pequeña disminución en el UEN del grano (Figura 4).

En promedio, la recuperación del fertilizante nitrogenado declinó del 47 al 31% a medida que la dosis de N se incrementó de 47 a 142 kg/ha. Sin embargo, con las variedades ES-790 (58%), Santa Cruz (50%) y 85-SCP-805 (46%) se obtuvieron altos porcentajes de recuperación del fertilizante nitrogenado, los cuales indicaron que estas variedades fueron efectivas en su extracción del fertilizante nitrogenado del suelo, mientras que las otras variedades mostraron bajos porcentajes de recuperación del 25 al 33% y no recuperaron el fertilizante nitrogenado del suelo de una manera eficiente.

Correlaciones

El uso eficiente del N por la biomasa estuvo alta y negativamente asociado con el N del rastrojo, mientras que el UEN del grano estuvo relacionado con la concentración del N (Cuadro 2). La extracción de N por el rastrojo estuvo altamente correlacionada con ambos el rendimiento del rastrojo y del grano, mientras que la extracción de N por el grano estuvo altamente correlacionado con el rendimiento del grano, pero no con la concentración de N (Muchow 1990). Estos resultados sugirieron que el rendimiento del grano es el factor clave relacionado con el UEN del grano. En este estudio, el rendimiento del grano y la concentración de N en el grano estuvieron asociados negativamente lo cual ha sido reportado (Mason y D'Croz-Mason 2002) mientras que lo opuesto se encontró para el rastrojo.

Estudios de validación en el campo de los agricultores

En estudios de validación en el campo de los agricultores llevados a cabo en el 2003 y utilizando 40 granjas se encontró que la variedad 85-SCP-805 produjo 130 kg/ha más grano que la variedad local y sin aplicación de N (3.200 contra 3.070 kg/ha). Cuando se aplicaron 47 kg de N/ha se incrementó el rendimiento del grano en la variedad 85-SCP-805 en aproximadamente 700 kg/ha con un rendimiento total de 3900 kg/ha, mientras que la variedad local tuvo un incremento de 330 kg/ha y un rendimiento de 3.400 kg/ha. En otros experimentos conducidos por las organizaciones no gubernamentales (ONG) en 400 granjas en el 2003, y en 141 granjas en el 2004 sin la aplicación de fertilizante nitrogenado, se encontró que las variedades 85-SCP-805 y ES-790 aumentaron los rendimientos del grano de 450 a 630 kg/ha al compararlas con las mejores variedades locales usadas por los agricultores.

CONCLUSIONES

Estos resultados sugieren que las variedades 85-SCP-805, ES-790 y 86-EO-226 y la aplicación de 47 kg de N/ha pueden ser promovidas conjuntamente para lograr un aumento en el rendimiento del grano y el potencial de bienestar económico en áreas donde el cultivo de sorgo para grano sensible al fotoperíodo es sembrado en asociación con el cultivo de maíz.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente la ayuda del Ing. Rafael Obando Solís del programa INTA, Managua,

Cuadro 2. Correlaciones de Pierson para el rendimiento del grano y los parámetros de eficiencia del N en las variedades sensibles al fotoperíodo en Santa Cruz e Izalco, El Salvador en el 2001 y 2002.

	Rendimiento		Concentración de N		Extracción de N		Uso Eficiente del N por la Biomasa
	Grano	Rastrojo	Grano	Rastrojo	Grano	Rastrojo	
Rendimiento del Rastrojo	0,43**						
Concentración de N en el Grano	-0,22*	0,54**					
Concentración de N en el Rastrojo	0,18	0,65**	0,68**				
Extracción de N en el Grano	0,96**	0,57**	0,05	0,37**			
Extracción de N en el Rastrojo	0,31**	0,90**	0,65**	0,89**	0,50**		
Uso Eficiente del N de la Biomasa	-0,37**	-0,57**	-0,58**	-0,90**	-0,53**	-0,77**	
Uso Eficiente del N del Grano	0,25*	-0,59**	-0,89**	-0,76**	0,02	-0,69**	0,61**

* y ** denotan significancia a una probabilidad de $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$.

Nicaragua por proveernos con semillas de las variedades Santa Cruz, Limay y Yalaguina, y a la asistencia del Dr. Max Clegg en la preparación de las gráficas. También agradecemos a las organizaciones no gubernamentales (ONG) Ramírez Consultores, ESBESA, Consorcio, PRODESO y CENTA de Guacotecti por conducir los ensayos en las granjas.

LITERATURA CITADA

- BAGAYOKO, M.; MASON, S.C.; SABATA, R.J. 1992. Effects of previous cropping systems on soil nitrogen and grain sorghum yield. *Agronomy Journal* 84: 862 - 868.
- BATIONO, A.; VLEK, P.L.G. 1998. The role of nitrogen fertilizers applied to food crops in the sudano-Sahelian zone of West Africa, p. 43 -51. *In*: Renard, G.; Neef, A.; Becker, K.; Von Oppen, M. eds. Soil fertility management in West African land use systems. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany. 599 p.
- BUAH, S.S.; MARANVILLE, J.W.; TRAORE, A.; BRAMEL-COX, P.J. 1998. Response of nitrogen use efficient sorghums to nitrogen fertilizer. *Journal of Plant Nutrition* 21: 2303 - 2318.
- CENTA. 2002. Análisis de suelos de los Centros de Desarrollo Tecnológico de Izalco y Santa Cruz Porrillo. Laboratorio de Suelos CENTA-MAG, San Andrés, El Salvador. 7 p.
- DGEA. 2004. Anuarios de estadística agropecuarias 2003. Dirección General de Economía Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San Salvador, El Salvador. 989.
- GARCÍA, L.; TÉLLEZ, O.; MASON, S. 2003. Determinación del uso eficiente de nitrógeno en cuatro variedades de sorgo para grano en la zona del Pacífico de Nicaragua. *La Calera* 3: 36 - 42.
- GARDNER, J.C.; MARANVILLE, J.W.; PAPARAZZI, E.T. 1994. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. *Crop Science* 34: 728 - 733.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary, North Carolina. USA. 633 p.
- MARANVILLE, J.W.; MADHAVAN, S. 2002. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency of sorghum. *Plant and Soil* 245: 25 - 34.
- MARANVILLE, J.W.; CLARK, R.B.; ROSS, W.M. 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. *Journal of Plant Nutrition* 2: 577 - 589.
- MARANVILLE, J.W.; PANDY, R.K.; SIRIFI, S. 2001. Comparison of nitrogen use efficiency of a newly developed sorghum hybrid and two improved cultivars in the Sahel of West Africa. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 1519-1536.
- MASON, S.C.; D'CROZ-MASON, N.E. 2002. Agronomic practices influence maize grain quality. *Journal of Crop Production* 5: 75 - 91.
- MUCHOW, R.C. 1990. Effect of nitrogen on partitioning and yield in grain sorghum under differing environmental conditions in the semi-arid tropics. *Field Crops Research* 25: 265 - 278.
- MUCHOW, R.C.; DAVIS, R. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in semi-arid tropical environment. I. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crops Research* 18: 17 - 30.
- MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Science* 34: 721 - 727.
- PANDY, R.K.; MARNAVILLE, J.W.; BAKO, Y. 2001. Nitrogen fertilizer response and use efficiency for three cereal crops in Niger. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32:1465-1482.
- PETERSON, T.A.; VARVEL, G.E. 1989. Crop yield as affected by rotation and N rate. II. Grain sorghum. *Agronomy Journal* 81: 731 - 734.
- PINEDA, L.; VANEGAS, J. A. S.F. Cultivo del sorgo, Guía tecnológica 5, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Managua, Nicaragua. 15 p.
- REGO, T.J.; MONTEITH, J.L.; SINGH, P.; LEE, K.K.; RAO, V.N.; SRIRAMA, Y.V. 1998. Response to fertilizer nitrogen and water of post-rainy season sorghum on a vertisol. I. Biomass and light interception. *Journal of Agricultural Science* 131: 417 - 428.
- ROY, R.N.; WRIGHT, B.C. 1973. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility: I. Dry matter accumulation patterns, yield and N content of grain. *Agronomy Journal* 65: 709 - 711.
- ROY, R.N.; WRIGHT, B.C. 1974. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility: II. N, P, and K uptake patterns by various plant parts. *Agronomy Journal* 66: 5 - 10.
- YOUNGQUIST, J.B.; BRAMEL COX, P.; MARANVILLE, J.W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen use efficient genotypes in sorghum. *Crop Science* 32: 1310 - 1313.
- ZWEIFEL, T.R.; MARANVILLE, J.W.; ROSS, W.M.; CLARK, R.B. 1987. Nitrogen and irrigation influence on grain sorghum nitrogen efficiency. *Agronomy Journal* 79: 419 - 422.