

Concentración de nutrimentos en hojas de la planta de sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) y su relación con el diagnóstico de suficiencia nutricional

Nutrient concentration in sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) leaves and its relation to the nutritional sufficiency diagnosis

F. Quintero¹ y E. Casanova²

Resumen

Debido a la limitada investigación producida en el país en fertilización del cultivo de sorgo, se pretende con este trabajo evaluar diferentes niveles de N y P bajo las condiciones agroecológicas del estado Guárico, Venezuela. El experimento se realizó en la Finca Lairen II del Municipio Autónomo Chaguaramas en El Sombrero, estado Guárico, Venezuela. El híbrido de sorgo usado fue Chaguaramas III. Se evaluaron 9 tratamientos en un diseño factorial 3² con tres repeticiones y 27 unidades experimentales resultantes de la combinación de los siguientes factores: Nitrógeno (N) (0, 60 y 120 kgN/ha); Fósforo (P) (0, 60 y 120 kgP₂O₅/ha). Se determinaron las siguientes variables: contenido foliar de N, P y K en la hoja índice a los 60 días después de la emergencia (DDE) en cada unidad experimental y los rendimientos en grano al momento de la cosecha expresados en kg/ha. Los resultados obtenidos permitieron determinar que la fertilización nitrogenada y fosfatada tuvo un efecto altamente significativo (P<0,01) sobre el contenido de N y P en la hoja índice. El aumento de 1 % en el valor de la concentración de N en la hoja índice en el estado de mitad de floración, permitió aumentar el rendimiento del sorgo en 2940 kg/ha. Usando el rendimiento absoluto en grano (kg/ha) y el rendimiento relativo (% del máximo), se consideró acertado definir los siguientes valores de suficiencia : < 2,3% (bajo); 2,3 a 3,0% (suficiente) y > 3% (alto).

Palabras clave: nutrimentos, hojas, niveles críticos, sorgo, *Sorghum bicolor*

Abstract

Due to the lack of research on sorghum fertilization, it was considered as an objective of this research, to conduct studies with N and P levels and the effect on nutrient concentration in sorghum leaves and the relation with the nutritional sufficiency diagnosis. The experiment was carried out at the farm "Lairen

Recibido el 04-11-1999 • Aceptado el 31-01-2000

1. PEQUIVEN, Unidad de Negocios de Fertilizantes, Valle de La Pascua, Estado Guárico.

2. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay AP 4579, Aragua, Venezuela. *Enviar correspondencia a Eduardo Casanova

II" of Chaguaramas, El Sombrero, Guarico state, Venezuela. Nine treatments were evaluated as a result of the following factors: Nitrogen (N) (0, 60 and 120 kg N/ha), phosphorus (P) (0, 60, and 120 kg P₂O₅/ha). A randomized factorial design 3² was used. A total of 9 treatments and 3 replications produced 27 experimental units. The following variables were measured: N, P and K concentration in the index leaf at 60 days after emergency in each experimental unit and grain yield at harvest time. The results showed that N fertilization had a highly significant effect on N concentration in the index leaf. P fertilization had a significant effect on N and P concentration. The increment of 0.1% in the N concentration in the index leaf at flowering produced an increment in grain yield of 1099 kg/ha. Using the absolute yield (kg/ha) and the relative yield (% of the maximum yield), it was considered valid to express the following sufficiency N concentration values: < 2.3% (low), from 2.3 to 3.0% (enough) and > 3% (high).

Key words: nutrients, leaves, critical levels, sorghum, *Sorghum bicolor*

Introducción

Al igual que en los análisis de suelo, en los análisis de planta se requiere la calibración de los niveles de suficiencia nutricional para cada especie en particular. En las plantas de sorgo, el uso de los análisis de tejido como herramienta para el diagnóstico del estado nutricional debe considerar la relación entre los contenidos foliares y los valores óptimos de producción en función del destino de la misma (grano, forraje, doble propósito u obtención de metanol). En los trabajos reportados en la literatura, se presentan relaciones de tipo estadístico entre los contenidos foliares y el valor de la producción, las cuales se intentan relacionar con los factores edafoclimáticos y con la naturaleza de los genotipos evaluados, para entender mejor el estado nutricional, definir los órganos y fechas más adecuados para el muestreo, así como los niveles que representan adecuadas condiciones nutricionales.

Lockman (8) publicó rangos de

suficiencia para N, P, K, Ca y Mg y algunos micronutrientes en varios estados de crecimiento del sorgo granero, a partir de la información generada en varios experimentos de campo. El cuadro 1 presenta los intervalos de valores indicativos de una adecuada concentración de N, P y K en el tejido en muestras de hoja joven completamente desarrollada a los 45 días después de la emergencia (DDE) y tercera hoja de la planta a los 60, 74 y 86 DDE.

En otros trabajos realizados en nutrición mineral del sorgo, se presentan coincidencias y variaciones con la propuesta de Lockman (8). En el caso del Mg, el rango de suficiencia determinado por este autor para muestras de la tercera hoja en el estado de floración (0,2 a 0,5%), coincide con Jones (6), respecto a que el sorgo responde a la fertilización con Mg, cuando la concentración en la cuarta hoja, es inferior al 0,2% en la fase final de la polinización. Por otro lado, Hipp y

Cuadro 1. Intervalos de suficiencia nutricional en sorgo en diversos estados de crecimiento (Fuente: Lockman, 1972).

Edad* (DDE)	Tipo de muestra	N%	P%	K%
45	Hoja joven desarrollada	3,5 - 4,2	0,2 - 0,6	2,0- 3,0
60	Tercera hoja	3,3 - 4,0	0,2 - 0,35	1,4- 1,7
74	Tercera hoja	3,3 - 4,0	0,15 - 0,25	1,0- 1,5
86	Tercera hoja	3,0 - 4,0	0,15 - 0,25	1,0- 1,5

* Días después de la emergencia

Gerard (5) encontraron que una concentración promedio de N de 2,3% en todas las hojas en el estado de floración fue asociado con un alto rendimiento en grano, mientras que en el mismo estado de crecimiento, los valores determinados por Lockman (8) para la tercera hoja, van desde 3,3 a 4,0%. Los autores consideran que la diferencia sería consecuencia de la dilución que resulta de mezclar las hojas viejas de menor contenido de N con las hojas jóvenes.

Brawley y Hossner (2) reportaron una relación lineal entre el rendimiento en grano y los contenidos de N y P en la segunda hoja. En un rango de 1,7 a 3,5%, el rendimiento en grano se incremento en 1,6 t/ha por cada incremento de 1% en la concentración de N de la hoja y en 1.14 t/ha por cada incremento de 0,1% en la concentración de P en la hoja.

Solórzano (11) y González (4), al comparar los valores de concentración de nutrimentos que fueron determinados en diversas fechas de muestreo en experimentos efectuados en Chaguaramas, estado Guárico y en Portuguesa, encontraron que a pesar de mostrar las plantas, signos visuales

de buen color y desarrollo, las concentraciones de N a medida que avanzaba el ciclo, fueron cada vez inferiores a los niveles de suficiencia descritos por Lockman (8), no así los niveles de P y K, lo que podría indicar una situación de inadecuada nutrición nitrogenada o unos valores de suficiencia no adaptados a los cultivares venezolanos. El decrecimiento en la concentración de nutrimentos en la planta (particularmente en hojas y tallos) de sorgo granero, a medida que avanza el ciclo del cultivo, no solo ha sido reportado para el N, sino también para P y en Ca y Mg.

Myers *et al.* (10), en una serie de experimentos con sorgo, introdujeron otros criterios en la interpretación de los contenidos de N y P en la planta en diferentes etapas del cultivo, encontrando una estrecha relación entre las concentraciones de N y P en el tejido y el total de unidades de calor (grado-día). La concentración de N en las hojas, tallos y rebrotes disminuye rápidamente desde la emergencia hasta que se han acumulado 2000 unidades grado-día. Después de este evento, el contenido de N en las hojas verdes permanece casi constante. El

contenido de P en las hojas, también tuvo una rápida declinación hasta que se acumularon 2000 unidades de calor, para permanecer después casi constante.

Se han presentado otras contribuciones que intentan relacionar la presencia de una concentración crítica de N y P en el tejido, que se pueda asociar con el mantenimiento

óptimo de la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo (3, 9).

Dada la limitada investigación producida en el país en la fertilización en sorgo y su relación con el diagnóstico de suficiencia nutricional, se planteó como objetivo de este trabajo realizar estudios de este tipo en las condiciones agroecológicas del estado Guárico.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Finca Lairen II, del Municipio Autónomo Chaguaramas, en El Sombrero, estado Guárico, Venezuela. El híbrido de sorgo usado fue el Chaguaramas III. El suelo fue descrito usando el manual de levantamiento de suelos (13).

Cada parcela estuvo conformada por 4 hilos de 6 m de largo, con una separación de 70 cm entre hileras para un área total de 16,8 m².

Se evaluaron 9 tratamientos resultantes de la combinación de los siguientes factores: Nitrógeno (N) (0, 60 y 120 kgN/ha); Fósforo (P) (0, 60 y 120 kgP₂O₅/ha). La aplicación de potasio fue realizada con una dosis constante de 30 kgK₂O/ha en todas las parcelas, dado los niveles adecuados de este elemento nutritivo en el suelo. Los elementos fueron aplicados en forma de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. Se usó un diseño factorial del tipo 3² para un total de 9 tratamientos con tres repeticiones, es decir 27 unidades experimentales. Se determinaron las siguientes variables: contenido foliar de N, P y K en la hoja índice a los 60

DDE (días después de la emergencia) en cada unidad experimental y los rendimientos en grano al momento de la cosecha expresados en kg/ha. Para esta determinación se realizó el muestreo de la tercera hoja (contada en forma descendente a partir de la hoja bandera), a nivel de la lígula, en diez plantas tomadas al azar en el hilo 3. Las hojas fueron separadas, lavadas con agua destilada y secadas en una estufa a temperatura de 70°C hasta la obtención de un peso constante. El material seco fue procesado en un molino Thomas Wiley N° 4 con malla de 1 mm con el fin de dejar las muestras de tejido en las condiciones requeridas para el análisis de laboratorio, mediante los siguientes métodos: N por el método de Nessler, P por Vanadato-Molibdato, K por extracto leído en fotómetro de llama (15). Una vez realizado el análisis de plantas, se procedió al cálculo de las cantidades de nutrimentos expresados en porcentaje.

La preparación del suelo consistió en un pase de big rome y tres de rastra y la siembra se realizó con una distancia entre hilos de 70 cm y una

densidad de 15 plantas por metro lineal para una población final equivalente a 215.000 plantas/ha. Los tratamientos de fertilizantes fueron aplicados al voleo. Por los niveles de arcilla del suelo toda la fertilización fue aplicada a la siembra y sin aplicación de reabono con nitrógeno. El control de malezas se realizó mediante la aplicación de una mezcla de herbicidas

postemergente (2kg/ha de atrazina + 3 L/ha de pendimethalina) y el control de plagas se aplicó al gusano cortador, *Agrotis repleta* en las etapas iniciales y de la mosquita del sorgo en la floración.

Se realizaron las pruebas estadísticas de varianza y pruebas de medias para detectar la significancia de la diferencia entre los tratamientos.

Resultados y discusión

El muestreo de suelo realizado con fines de fertilidad produjo los resultados señalados en el cuadro 2. Los bajos niveles de materia orgánica y P aprovechable justificaron las dosis de N y P aplicadas como tratamiento. Igualmente, dado los buenos valores de K aprovechable se aplicó una dosis de mantenimiento máxima de 60 kg K₂O/ha. La descripción de la calicata realizada en el sitio del experimento permitió clasificar al suelo como Typic Chromustert, un Vertisol muy frecuente en los suelos de colina del oriente del estado Guárico.

Efecto sobre la concentración de nitrógeno. El análisis estadístico permitió determinar que la fertilización nitrogenada tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0,01$) sobre

el contenido de N en la hoja índice (cuadro 3). En las plantas no fertilizadas y en las fertilizadas con 60 kgN/ha, los valores promedios observados fueron 1,40 y 1,81 %, significativamente menores al valor de 2,07% observado en la hoja índice de las plantas fertilizadas con 120 kgN/ha. También la fertilización fosfatada tuvo un efecto altamente significativo sobre la variación en la concentración de N en la hoja índice. Las plantas no fertilizadas, presentaron la menor concentración de N en la hoja índice (1,40%), inferior de manera significativa al valor de 1,60 y 1,63% observado en las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg P₂O₅/ha. Se observa en el cuadro 3 que a pesar de la respuesta a la fertilización nitrogenada

Cuadro 2. Características del suelo de Agrícola Chaguaramas donde se realizó el experimento.

Textura	P Aprov.* mg/kg	K Aprov.* mg/kg	Materia orgánica* (%)	pH (1 :2,5 agua)
Arcilloso	7 (bajo)	152 (alto)	1.83 (bajo)	6.5

*P y K aprovechables extraído por el método de Bray I y determinado colorimétricamente (vanadato-molibdato) y en fotómetro de llamas, respectivamente.

Cuadro 3. Contenido de nitrógeno y fósforo en la hoja índice a mitad de floración en relación a los tratamientos de fertilización y a los rendimientos promedios obtenidos*.

Tratamiento	N Foliar (%)	P Foliar (%)	Rendimiento (kg/ha)
N_0P_0	1,40 ^f	0,310 ^d	1,155 ^f
N_0P_{160}	1,60 ^e	0,313 ^d	1,612 ^d
N_0P_{120}	1,63 ^e	0,320 ^{bc}	2,403 ^c
$N_{60}P_0$	1,81 ^d	0,330 ^{bc}	2,403 ^c
$N_{60}P_{60}$	1,80 ^d	0,325 ^c	2,392 ^c
$N_{60}P_{120}$	1,80 ^d	0,333 ^{bc}	2,400 ^c
$N_{120}P_0$	2,07 ^c	0,340 ^b	3,155 ^b
$N_{120}P_{60}$	2,25 ^{ab}	0,360 ^a	3,816 ^{ab}
$N_{120}P_{120}$	2,38 ^a	0,365 ^a	4,095 ^a

* Letras diferentes en la columna indican diferencias altamente significativas al 5 % de probabilidad

y fosfatada, los valores de la concentración de N en las plantas mejor fertilizadas resultaron inferiores a los observados en otros experimentos en la zona con el cultivar Chaguaramas III pero en un suelo Haplustalf. Las concentraciones determinadas por Solorzano (12) en las plantas de sorgo fertilizadas con 300 kg de 12-24-12/ha más 100 kg de urea/ha se corresponden con un nivel de suficiencia en la concentración de N (3 a 4%, Cuadro 1), en la cual hay la probabilidad de lograr más del 65% del rendimiento máximo.

Efecto sobre la concentración de fósforo. El valor observado en las plantas sin fertilización fosfatada y con 60 kg P_2O_5 /ha fue de 0,310 y 0,313%, respectivamente, inferior de manera significativa al valor de 0,320% en las plantas fertilizadas con 120 kg P_2O_5 /ha (cuadro 3). Estos valores se encuentran en el intervalo de suficiencia óptima descrito por Lockman (8) (cuadro 1). Debido a la baja concentración de N y a una

relativamente alta concentración de P, la relación de concentración foliar N/P resultó inferior a los valores reportados en la literatura para cultivares de zonas templadas (6). En base a estos resultados, es conveniente realizar investigaciones adicionales para determinar si las características de crecimiento de los híbridos de sorgo más sembrados en la zona oriental del Guárico, que le permitan una buena producción de grano y follaje en suelos ácidos con bajo contenido de P, son acompañados de cualidades intrínsecas del genotipo que limitan el logro de concentraciones más altas de N en las condiciones tropicales, o si las menores concentraciones observadas son consecuencia de una baja eficiencia de recuperación del fertilizante. Este último aspecto debe ser evaluado bajo la premisa que para lograr rendimientos en grano superiores a 6.000 kg/ha y más de 5.000 kg de materia seca/ha de follaje, estos cultivares podrían exigir una menor concentración crítica de N y una mayor

de P en las hojas superiores, que los cultivares de zona templada, independientemente de la mayor senescencia en las hojas inferiores que pudieran presentar los cultivares tropicales.

Dado que la fertilización potásica fue uniforme en todas las parcelas, todos los valores de la concentración de K de la hoja índice se correspondieron con los niveles de suficiencia presentados en la literatura (8).

Propuesta para el establecimiento de niveles de suficiencia.

El conocimiento de índices cuantitativos que permitan caracterizar las deficiencias nutricionales ha conducido en el caso del sorgo, a la definición de órganos y épocas de muestreo en los cuales sería posible establecer esos índices de una manera confiable (1, 7, 8). En este trabajo se realizó el muestreo de la tercera hoja con el fin de determinar en ella la concentración foliar de N, P y K, y conocer además la relación de dichos valores con los niveles de fertilización aplicados y con el rendimiento obtenido.

En virtud de las diferencias observadas entre los valores determinados en este trabajo y los correspondientes al rango de suficiencia propuesto por Lockman (8) y Jones *et al.* (7), se procedió al establecimiento de valores de referencia ajustados a las condiciones del experimento y que pudieran emplearse de manera tentativa en las interpretaciones que se efectúan en investigación y asistencia técnica. A tal fin se procedió a establecer de manera gráfica la relación existente entre el

rendimiento absoluto (kg grano/ha), rendimiento relativo (% de rendimiento máximo) y los valores de concentración foliar de cada nutrimento.

Las figuras 1, 2 y 3 muestran la distribución de los pares ordenados correspondientes a la relación N y rendimiento, P y rendimiento y K y rendimiento y se puede observar que la distribución de las observaciones es más dispersa en el caso de las relaciones P y rendimiento y potasio y rendimiento, en los cuales se presenta una baja correlación ($r = 0,65$ y $0,54$). En el caso del N, hay una mejor relación entre el rendimiento y el contenido de N en la hoja índice ($r = 0,87$). En este sentido, se realizó la determinación de un modelo de regresión entre el rendimiento y los valores correspondientes al contenido nutricional de N, P y K en el cual resultó significativo el coeficiente correspondiente al N. En función de lo anterior, se estableció un modelo lineal entre el rendimiento y los valores de la concentración de N ya que no fue significativo el componente cuadrático del modelo de regresión. La pendiente de dicho modelo permite indicar que en un rango de rendimiento entre 1.155 y 4.095 kg/ha, el aumento de 1% en el valor de la concentración de N en la hoja índice al estado de mitad floración, permitió aumentar el rendimiento del sorgo en 2.940 kg de grano /ha (figura 1, cuadro 3). La ausencia de puntos de inflexión, dado el carácter lineal del modelo, impidió la determinación del valor crítico a partir del modelo. Por tal motivo, se procedió a separar un conjunto de puntos, por medio de un eje de

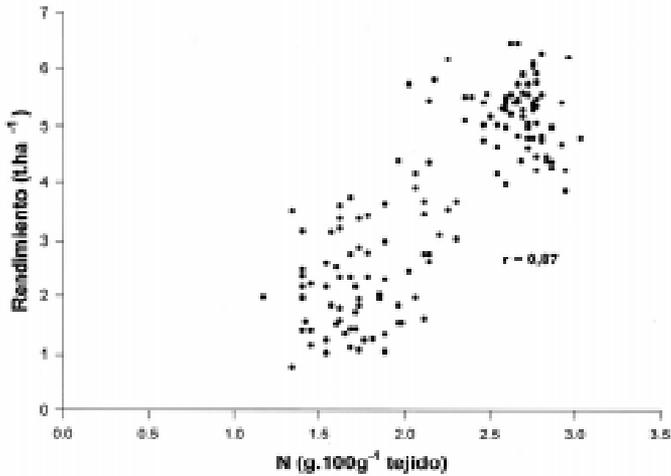


Figura 1. Relación entre la concentración de nitrógeno y el rendimiento.

coordenadas que permite separar cuadrantes de manera de ubicar la mayor cantidad de puntos en los cuadrantes inferior izquierdo y superior derecho (figura 4), los cuales

representan una situación de bajos contenidos de N y bajos rendimientos en el primer caso y mayores rendimientos y contenidos de N en el segundo caso. El punto en el cual se

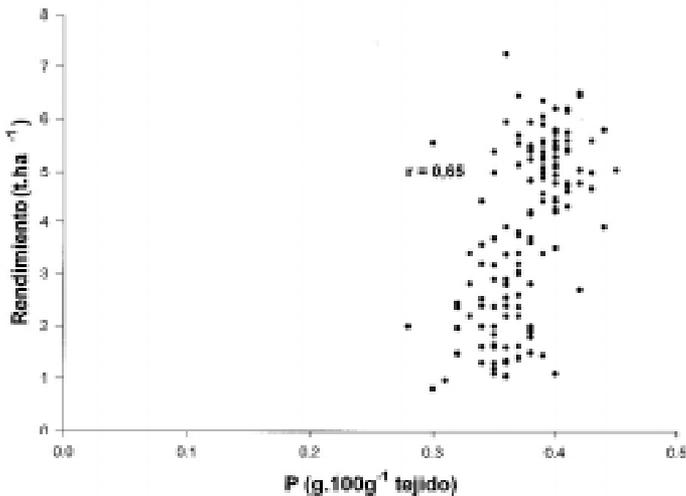


Figura 2. Relación entre el contenido de fósforo en la hoja índice y el rendimiento en grano del sorgo.

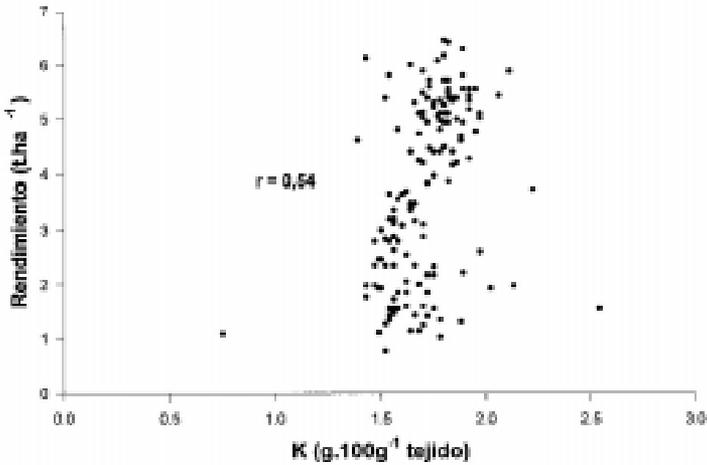


Figura 3. Relación entre el contenido de potasio en la hoja índice y el rendimiento en grano del sorgo.

cruzan los respectivos ejes se constituye en el valor crítico, definiendo a este como aquel valor de la concentración de un nutrimento dado, por debajo del cual es posible encontrar bajos rendimientos del

cultivo bajo evaluación (14).

Realizando dicho procedimiento usando el rendimiento absoluto en grano (kg/ha) y el rendimiento relativo (% del máximo), se encontró un buen ajuste en los valores determinados,

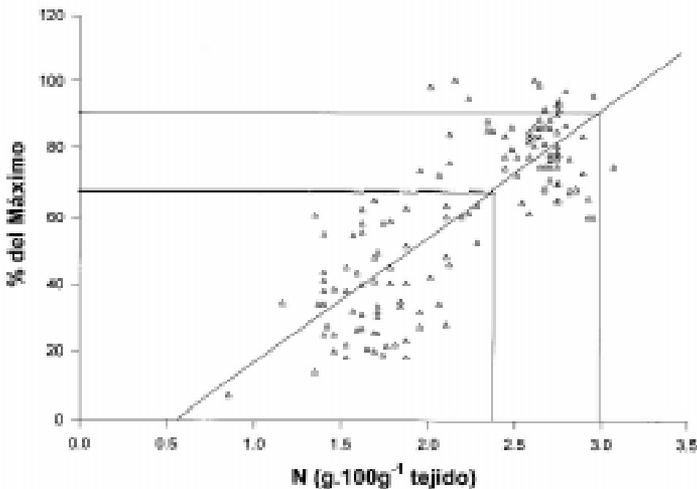


Figura 4. Establecimiento del nivel crítico de nitrógeno. Hoja índice - Estado de mitad de floración.

obteniendo un valor crítico de la concentración de N de 2,3%. Por debajo de este valor es posible encontrar rendimientos inferiores a un 65% del máximo, por lo cual se puede indicar que la determinación de dicho valor se acerca a la definición establecida para valor crítico. Por otra parte, los rendimientos por encima de dicho valor fueron superiores a 3.800 kg/ha, los cuales se consideran buenos rendimientos para la zona de estudio. Si se aplica el criterio de valor crítico en el cual se logra un rendimiento igual al 90% del máximo, resultaría un valor crítico de 3,0%, lo cual estaría definiendo un valor por encima del cual se logran los más altos rendimientos del cultivar Chaguaramas III. Por tal motivo se consideró acertado definir los siguientes valores de suficiencia : < 2,3%, bajo; 2,3 a 3,0 %, suficiente; > 3,0%, alto.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo permiten establecer las siguientes conclusiones:

El análisis estadístico permitió determinar que la fertilización nitrogenada y fosfatada tuvo un efecto significativo sobre el contenido de N en la hoja índice. A pesar de la respuesta a la fertilización nitrogenada y fosfatada, los valores de la concentración de N en las plantas mejor fertilizadas resultaron inferiores a los observados en otros experimentos en la zona con el cultivar Chaguaramas III.

La fertilización fosfatada tuvo un efecto altamente significativo sobre la

En cuanto a los elementos P y K, la gran dispersión de los valores y el bajo coeficiente de correlación, no permitió el establecimiento de niveles críticos por ninguno de los métodos. De todas formas se observó una tendencia a un aumento lineal del rendimiento, con el aumento en la concentración del P, aún cuando toda la franja de valores se encuentran en el rango de valores óptimos.

Las implicaciones prácticas de esta investigación son el definir sobre las condiciones en que se realizó la experimentación, las dosis de fertilización nitrogenada y fosfatada para niveles nutricionales adecuados en las plantas de sorgo y el haber propuesto niveles de suficiencia para el nitrógeno relacionados con el criterio de nivel crítico en el cual se logra un rendimiento igual al 90 % del máximo.

concentración de P en la hoja índice. Estos valores se encuentran en el intervalo de suficiencia óptima.

En un rango de rendimiento entre 1.000 y 4.000 kg/ha, el aumento de 1 % en el valor de la concentración de N en la hoja índice al estado de mitad floración, permitió aumentar el rendimiento del sorgo en 2.940 kg de grano /ha.

Usando el rendimiento absoluto en grano (kg/ha) y el rendimiento relativo (% del máximo), se encontró un buen ajuste en los valores determinados, obteniendo por métodos gráficos un valor crítico de la concentración de N de 2,3%. Al aplicar

el criterio de valor crítico en el cual se logra un rendimiento igual al 90% del máximo, resultaría un valor crítico de N en la hoja índice de 3,0%. Por tal motivo se consideró acertado definir los siguientes valores de suficiencia : <

2,3% (bajo); 2,3 a 3,0% (suficiente) y > 3% (alto). En cuanto a los elementos P y K, la gran dispersión de los valores y el bajo coeficiente de correlación, no permitió el establecimiento de niveles críticos por ninguno de los métodos.

Recomendaciones

En base a estos resultados, se sugiere que es conveniente realizar investigaciones adicionales para determinar si las características de crecimiento de los híbridos de sorgo más sembrados en la zona oriental del Guárico, que le permitan una buena producción de grano y follaje en suelos ácidos con bajo contenido de P, son acompañados de cualidades intrínsecas del genotipo que limitan el logro de concentraciones más altas de N en las

condiciones tropicales, o si las menores concentraciones observadas son consecuencia de una baja eficiencia de recuperación del fertilizante. Por otro lado, los valores críticos sugeridos deben ser validados en evaluaciones comerciales donde se puede medir con mayor eficiencia las relaciones entre los niveles nutricionales en la hoja índice y los rendimientos de follaje y grano obtenido

Literatura citada

1. Alves, A. C., J. L. Brauner, E. P. Zonta., D. S. Cordero y L. A. Correa. 1986. Diagnosis of foliar potassium in sweet sorghum, identification of the best plant organs and growth stages for sampling. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 21 (7): 685-690.
2. Broward, H. and L. R. Hossner. 1976. Nutrient content of leaves and grain as influenced by long-term crop rotation and fertilizer treatment. *Agronomy Journal*, 68 (2):277-281.
3. Dzib, E.R. 1990. Respuesta del sorgo al nitrógeno y su efecto en el área foliar. XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Memorias, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, p 270.
4. González, R. 1998. Fecha de siembra y fertilización sobre el comportamiento de dos cultivares comerciales de sorgo granífero en Portuguesa, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 15 : 583-593.
5. Hipp, B. W. and C. I. Gerard. 1971. Influence of previous crops and nitrogen mineralization on crop response to applied nitrogen. *Agronomy Journal*, 63:583-686.
6. Jones, C. A. 1983. A survey of the variability in tissue nitrogen and phosphorus concentrations in maize and sorghum. *Field Crops Research*, 6:133-147.
7. Jones, J., J. Benton, B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook. I. Methods of plant analysis and interpretation.* Micro-Macro Publishing, Inc. 275 p.
8. Lockman, R. B. 1972. Mineral composition of grain sorghum plant samples, Part III: Suggested nutrient sufficiency limits at various stages of growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 3:295-303.

9. Laffite, H. R. and R. S. Loomis. 1988. Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. *Agronomy Journal* 80: 492-498.
10. Myers, R. J, M. A. Foale, M.A., F. W. Smith, and D. Ratcliff. 1987. Tissue concentration of nitrogen and phosphorus in grain sorghum. *Field Crop Research*, 17:389-403.
11. Solórzano, P. R. 1982. Efecto de los niveles de nitrógeno y poblaciones sobre el rendimiento de sorgo granífero y sobre la acumulación y distribución de nitrógeno en la planta. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 12(3-4): 301-312.
12. Solórzano, P. R. 1983. Evaluación de sistemas de abonamiento en sorgo granífero. Informe Técnico, Vicepresidencia de Desarrollo Agrícola PROTINAL.
13. Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy*. U.S. Depart. Agric. Handbook. 436, Washington D.C., United States.
14. Tisdale, S. L., L. N. Nelson, J. D. Beaton, and J.L. Havlin. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. MacMillan Publishing Company, New York, USA. 634 p.
15. Universidad Central de Venezuela. 1993. *Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el Laboratorio General del Instituto de Edafología*. Cuadernos Agronomía. Año 1(6): 1-89.