

Concentración de nutrimentos durante el ciclo del cultivo del sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench como respuesta a la fertilización con nitrógeno y fósforo en un suelo del estado Guárico, Venezuela

Nutrient concentration during the stages of growth of sorghum as a response to nitrogen and phosphorus fertilization in Guarico state, Venezuela

F. Quintero¹ y E. Casanova²

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la concentración de nutrimentos en los diferentes estados de crecimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como respuesta a la fertilización bajo las condiciones agroecológicas del estado Guárico. El experimento se realizó en la Finca Lairen II del Municipio Autónomo Chaguaramas en El Sombrero, estado Guárico. El cultivar de sorgo usado fue el híbrido Chaguaramas III. Se evaluaron 9 tratamientos resultantes de la combinación de los siguientes factores: Nitrógeno (0, 60 y 120 kg N/ha); Fósforo (0, 60 y 120 kg P₂O₅/ha). Debido a los adecuados niveles de K en el suelo se aplicó una dosis constante de este elemento a todos los tratamientos. Se usó un diseño factorial del tipo 3² para 9 tratamientos con tres repeticiones para un total de 27 unidades experimentales. Se determinaron las siguientes variables: la materia seca total y por hojas, tallos y panícula de la planta (expresada en kg/ha), en muestreos efectuados a los 26, 36, 47, 56, 69 y 90 días después de la emergencia (DDE). Una submuestra del material vegetal fue analizado para determinar la concentración de nutrimentos en las diferentes partes de la planta en kg/ha. Los resultados demuestran la disminución progresiva de la concentración foliar de los nutrimentos a medida que avanza el ciclo del cultivo. La cantidad de N acumulado en las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg N/ha tuvo un incremento de 51.86 y 46.28 %, respectivamente, respecto al valor observado en las plantas no fertilizadas. La acumulación de fósforo en las plantas presentó una gran dependencia de la fertilización nitrogenada ya que la aplicación de 120 kg N/ha marcó una diferencia apreciable respecto a los otros tratamientos, desde el muestreo efectuado a los 36 DDE y se fue ampliando hasta el muestreo final efectuado a los 90 DDE.

Palabras clave: sorgo, concentración de nutrimentos, fertilización, nitrógeno, fósforo

Recibido el 4-11-1999 • Aceptado el 21-7-2000

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

2. Autor para correspondencia. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay Apto. 4579, Aragua, Venezuela. email: casanova@pdvsa.com

Abstract

The objective of this research was to conduct studies on the nutrient concentration in sorghum as response to nitrogen and phosphorus fertilization. The experiment was carried out at the "Lairen II" farm of Chaguaramas, El Sombrero, Guarico state. 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). Due to the adequate levels of K in the soil a constant rate was applied to all treatments. A randomized factorial design 3² was used with 9 treatments and 3 replications and a total of 27 experimental units. The variables measured were: total dry matter and leaves, stem and panicles (kg/ha) and samples were taken at 26, 36, 47, 56, 69 and 90 days after seed emergency. Subsamples of the nutrient concentration in vegetal material were measured in terms of kg/ha. Results showed a progressive decrease of foliar concentration of nutrients during the crop cycle. The accumulation of nitrogen in the fertilized plants with 60 and 120 kgN/ha had an increment of 51.86 and 46.28 % compared to the non fertilized plants. The phosphorus accumulation showed a high dependency on the N fertilization and there was a highly significant difference at the rate of 120 kgN/ha compared to the rest of the treatments in the samples from 36 DDE until the 90 DDE.

Key words: *Sorghum*, nutrient concentration, fertilization, nitrogen, phosphorus

Introducción

El sorgo granifero es un cultivo de mucha importancia en el oriente del estado Guárico ya que es usado con doble propósito: cosecha del grano para la agroindustria y restos de cosecha para la alimentación animal en la época crítica por déficit de humedad y de poca producción forrajera. En consecuencia es importante conocer los niveles de concentración de nutrimentos en la planta de sorgo como respuesta a la fertilización y así conocer las cantidades de nutrimentos que se exportan del sistema de producción, al ser usados los restos de cosecha en la alimentación animal (13).

Distintos autores han evaluado los patrones de absorción y acumulación de nitrógeno de varios cultivares de sorgo y han encontrado que generalmente ocurre mayor variación en la tasa de absorción en el período de máximo crecimiento, que en el patrón general de

acumulación, el cual tiende a mantenerse con un lento crecimiento al principio, que se hace más rápido en la fase logarítmica de crecimiento y tiende a disminuir cuando el cultivo se aproxima a la madurez (1, 3, 5, 6, 10, 15).

En el caso del fósforo la acumulación es de menor cuantía en comparación con el nitrógeno. Roy y Wright (12) observaron en la fertilización con N-P-K del híbrido de sorgo CSH-1, un incremento rápido y lineal en la acumulación de fósforo desde el día 35 hasta el 80 en el cual comienza a disminuir hasta la madurez del cultivo. En este trabajo, la tasa de acumulación de fósforo en las etapas iniciales fue de 0,14 y 0,07 kg/ha/día en las plantas con y sin fertilización fosforada, respectivamente, mientras que la tasa máxima de acumulación alcanzó un valor de 1,69

kg/ha/día durante los días 84 y 91 en las plantas fertilizadas con P y de 0,81 kg/ha/día en las plantas no fertilizadas.

Al momento de la cosecha las plantas de sorgo poseían la mayor cantidad de P acumulado en la panoja, siendo más notorio en los híbridos que en las variedades (2, 8, 9).

En cuanto al potasio su acumulación por las plantas de sorgo ocurre más rápidamente que la acumulación de N y P durante la etapa inicial de crecimiento (5). Roy y Wright (12) observaron comparativamente en plantas fertilizadas con y sin potasio, tasas de acumulación de 1,03 y 0,64 y de 2,02 y 1,17 kg/ha/día, respectivamente a los 21 y 35 días después de la emergencia. En virtud de ello, 50 al 60 % del total de potasio se había acumulado antes del panojamiento, almacenándose la mayor cantidad en las partes vegetativas (80 %) al momento de la cosecha.

En la relación entre rendimientos y absorción de nutrimentos, Locke y Hons (6) observaron que a medida que aumentan los rendimientos en grano, son mayores las cantidades de N y P que se acumulan en los granos, por lo tanto los genotipos de alto rendimiento y alto índice de cosecha, también presentan una alta demanda de N y P. El potasio se acumula mayormente en los tallos y a diferencia del N y el P, hay una relación menos estrecha entre los rendimientos obtenidos y la cantidad de K acumulado en la planta.

En cuanto al efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada sobre la concentración de N y P, hay varios factores que afectan esa relación entre ellas la densidad de siembra. Solórzano

(13) encontró concentraciones promedio de N más bajas en muestras de tallos y hojas del híbrido Chaguaramas creciendo en poblaciones de 320.000 y 390.000 plantas /ha, en comparación a una población de 200.000 plantas /ha. Por otro lado, este mismo autor, encontró en plantas de sorgo que recibieron sólo fertilización nitrogenada, contenidos foliares de P más bajos que las plantas de tratamientos que recibieron 300 kg/ha de 12-24-12. Además, el grado de evolución del suelo también tiene relación con los niveles de P foliares: plantas en un suelo Ultisol con 60% de saturación con aluminio presentaron concentraciones foliares promedio de N, P y K al momento de la floración de 1,60%, 0,11% y 1,19%, respectivamente, mientras que en otro suelo con una saturación de aluminio de 40%, las concentraciones fueron de 1,61%, 0,15% y 1,25%, respectivamente.

En sorgo existen pocos trabajos en los que se estudia la relación entre el contenido foliar de potasio y el nivel de fertilización potásica y una de las razones es la escasa relación entre los contenidos foliares de K y el nivel de K en el suelo (11).

En relación a la acumulación de nutrimentos en la planta de sorgo, Solórzano (13) encontró que las mayores tasas de acumulación de N en el híbrido Savanna 3 ocurrieron en el período de 32 a 42 días después de la emergencia, con un valor máximo de 5.6 kgN/ha/día con la aplicación de 130 kgN/ha. En las plantas que no recibieron N la tasa de acumulación fue 1.5 kgN/ha/día. Al momento de la cosecha, la distribución total en panículas, hojas, tallos y hojas viejas en el tratamiento con 130 kgN/ha fue

de 72, 12, 10 y 6 %, respectivamente. En el caso del P, la tasa de acumulación en las etapas iniciales fue de 0,14 y 0,07 kg/ha/día en las plantas con y sin fertilización fosforada, respectivamente, mientras que la tasa máxima de acumulación alcanzó 1.69 kg/ha/día bajo fertilización fosforada y de 0,81 kg/ha/día en las no fertilizadas. Al momento de la cosecha las plantas de sorgo poseen la mayor cantidad de P acumulado en la panoja. La acumulación de potasio en el sorgo ocurre más rápidamente durante la etapa inicial de crecimiento, que la acumulación de N y P. El 50 al 60 % del total de potasio se acumula en la planta antes del panojamiento, almacenándose la mayor cantidad en las partes vegetativas (13).

A medida que aumenta el rendimiento en grano, son mayores las cantidades de N y P que se acumulan en los granos, lo cual permite concluir que los genotipos de alto rendimiento y alto índice de cosecha (relación panícula/planta entera), también presentan una alta demanda de N y P por los granos. El K se acumula mayormente en los tallos y a diferencia del N y el P, hay una relación menos estrecha entre los rendimientos obtenidos y la cantidad de K acumulado (13).

El objetivo del presente trabajo es estudiar la concentración de nutrientes en los diferentes estados de crecimiento del sorgo como respuesta a la fertilización 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. El cultivar de sorgo usado fue el híbrido Chaguaramas III. El suelo fue descrito usando el manual de levantamiento de suelos (Soil Survey Staff, 14). El análisis de suelo incluyó la textura por el método de la pipeta, fósforo y potasio aprovechables extraídos por Bray I y medidos colorimétricamente por el método vanadato – molibdato y fotometría de llama, respectivamente, el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black y el pH del suelo en una relación suelo: agua de 1:2.5.

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 nutrientes 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 para un total de 27 unidades experimentales. Se determinaron las siguientes variables: materia seca total en hojas, tallos y panículas en la parte aérea de la planta (expresada en kg/ha), en muestreos efectuados a los 26, 36, 47, 56, 69 y 90 días después de la emergencia (DDE),

fue separado el material vegetal correspondiente a las distintas partes de la planta, lavado con agua destilada y secado 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 No 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, (4), P por Vanadato-Molibdato, (4), K por extracto leído en fotómetro de llama. Una vez realizado el análisis de tejido, se procedió al cálculo de las cantidades de nutrimentos removidos en cada época de muestreo, las cuales fueron expresadas en kg de nutrimentos por ha.

La preparación del suelo consistió en un pase de big rone 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 fertilizantes fueron aplicados al voleo. Por los altos 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 (penimetalina 2 L/ha y atrazina (1 kg/ha) y el control de plagas con clorpirifos (750 cc/ha) para el gusano cortador en las etapas iniciales y la mosquita del sorgo en la floración.

Para determinar la biomasa aérea se cosecharon las plantas que ocupaban una sección de un metro de longitud escogidas al azar, en el hilo central de cada una de las repeticiones y de cada tratamiento. El material fue separado en hojas verdes y senescentes, tallos, panícula y la materia seca total de acuerdo al estado de crecimiento del cultivo y fecha de muestreo y determinado su contenido de humedad en estufa para expresar los resultados en base a peso seco. Se realizaron las pruebas estadísticas de varianza y pruebas de medias (Duncan) para detectar la significancia de la diferencia entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Los suelos. El muestreo de suelo realizado con fines de fertilidad produjo los resultados señalados en el cuadro 1. Los bajos niveles de materia orgánica y P aprovechable justificaron las dosis de N y P aplicadas como tratamiento. Igualmente, dado los adecuados valores de K aprovechables se aplicó una dosis de mantenimiento máxima de 60 kg K_2O /ha. La descripción de la calicata realizada en el sitio del experimento permitió clasificar al suelo como Typic

Chromustert, (14) un Vertisol muy frecuente en los suelos de colina del oriente del estado Guárico.

Concentración de nitrógeno y potasio en diferentes partes de la planta. Los resultados obtenidos confirman la tendencias generales reportadas en otros estudios (3, 8, 9, 12) con respecto a la disminución progresiva de la concentración foliar de los nutrimentos a medida que avanza el ciclo de crecimiento del cultivo. De manera general, la figura

Cuadro 1. Características del suelo de Agrícola Chaguaramas donde se realizó el experimento.

Textura	P aprovechable mg/kg	K aprovechable mg/kg	Materia orgánica (%)	pH (1 :2.5 agua)
Arcilloso	7	152	1,83	6,5

1a y 1b, muestra la concentración de N y K, con valores altos en el primer muestreo, reduciéndose drásticamente la concentración de N en las hojas, a partir de los 36 DDE mientras que la concentración de N en tallos y de K en hojas y tallos presenta una suave declinación hasta los 47 DDE, para posteriormente presentar una fuerte reducción hasta los 56 DDE. A partir de ésta etapa que se corresponde con el inicio de floración, hay una menor variación en las concentraciones de N y K en los tallos, desde el estado de grano lechoso (69 DDE), hasta el estado de madurez fisiológica (90 DDE).

Al hacer la recopilación de resultados procedentes de varios experimentos (3) se deduce que en el estado II (20 DDE) de crecimiento, la concentración de N en las hojas presentaba un amplio rango de variación, con valores desde 1,7 a 4,8 %, en tanto que fue más estrecho el rango de variación observado en la fase final de maduración fisiológica del grano, en la cual dicho intervalo estaba comprendido entre 0,99 y 1,68 %. Esta última variación se corresponde con lo observado en el presente experimento. También dicho autor, presenta una concentración promedio de N en los granos de 1,67 %, dentro del intervalo comprendido entre 1,02 y 3,20 %. La tendencia en la concentración promedio final de la panícula en el presente estudio, se

corresponde con el límite inferior del citado intervalo (figura 1a). Por otra parte, la concentración de N en la panícula, presenta su pico máximo a los 56 DDE, lo cual estaría indicando que el movimiento de N a la panícula, precede al transporte de P y carbohidratos, que tienen su máximo a los 69 DDE. La utilización de N en la formación de cadenas de aminoácidos y en la producción de proteínas estructurales, como paso previo para la acumulación de carbohidratos en granos, explicaría dicho proceso (5). El N conforma principalmente el tejido fotosintético y la materia orgánica y es la razón de una alta demanda en crecimiento y su suplencia se traduce en más y mayor crecimiento vegetal, a diferencia del P el cual tiene una función importante en la formación de granos.

Concentración de fósforo en diferentes partes de la planta. La concentración de P presenta una menor variación en las hojas y en los tallos, pero se puede observar un incremento notable en la panícula, desde el estado de inicio de floración al estado de grano lechoso, lo cual está asociado con el proceso de transporte a los órganos reproductivos (figura 1c). Es de destacar que en el presente experimento, el aumento de la concentración de P en la panícula a los 69 DDE, fue precedido por un alto valor de la concentración de P en las

hojas verdes a los 56 DDE, lo cual muestra la tendencia que en el proceso de transporte de P al tercio superior de la planta en prefloración, hay una acumulación previa en las hojas superiores, antes de iniciarse el de llenado de granos.

Al comparar los niveles de referencia citados en la literatura (1, 7) se observó que las tendencias de los elementos P y K se mantuvieron dentro del rango adecuado (0,2 – 0,35 % y 1,4 a 1,7 %, respectivamente) durante todo el ciclo del cultivo, mientras que la concentración de N fue inferior a los niveles de suficiencia (3,3 a 4,0 %) por lo cual se considera necesario adecuar los niveles críticos para el elemento N a las condiciones locales.

Efecto de los tratamientos de fertilización sobre la acumulación de nitrógeno. Durante todos los muestreos realizados, hubo significancia ($P < 5\%$) del efecto de la fertilización nitrogenada sobre la cantidad de N acumulado en la planta. La figura 2 muestra los patrones de acumulación de N en las plantas sin fertilización nitrogenada y en las fertilizadas con 60 y 120 kg N/ha. En los muestreos iniciales (27 y 36 DDE) no se ha iniciado de manera intensiva el proceso de acumulación de N y en consecuencia se presentan escasas diferencias en las cantidades acumuladas en la parte aérea de la planta.

En el cuadro 2 se observa que a los 26 DDE en las plantas no fertilizadas se habían acumulado 2,38 ; 8,13 y 10,51 kg N/ha en las tallos, hojas y planta entera, respectivamente, en tanto que en las plantas fertilizadas con 60 kg N/ha, dichos valores fueron

3,61 ; 10,06 y 13,67 kg N/ha y en la fertilización con 120 kg N/ha fueron 3,46 ; 11,25 y 14,71 kg N/ha, respectivamente. A pesar de la tendencia general a una mayor cantidad de N acumulado en las plantas fertilizadas, solo la diferencia propiciada en la cantidad de N acumulado en los tallos tuvo significación estadística, encontrándose que la cantidad de N acumulado en las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg N/ha tuvo un incremento de 51,86 y 46,28 %, respectivamente, respecto al valor observado en las plantas no fertilizadas, lo cual es otro indicador de que a pesar del escaso valor absoluto de las cantidades de N acumulado en la parte aérea de la planta en éste estado de crecimiento, las diferencias observadas son de un importante valor comparativo.

Efecto de la fertilización sobre la acumulación de fósforo. La acumulación de P en las plantas de sorgo bajo evaluación, presentó una gran dependencia de la fertilización nitrogenada. En la figura 3, se muestra como la aplicación de 120 kg N/ha marcó una diferencia apreciable, respecto a los otros tratamientos, desde el muestreo efectuado a los 36 DDE y se fue ampliando hasta el muestreo final efectuado a los 90 DDE.

En relación al efecto directo de la aplicación de fertilizante fosforado sobre la acumulación de P en la planta, se observó que durante la mayor parte del ciclo no hubo variaciones significativas, a diferencia de lo ocurrido con la fertilización nitrogenada. Solo se presentó un efecto estadístico significativo en el muestreo efectuado

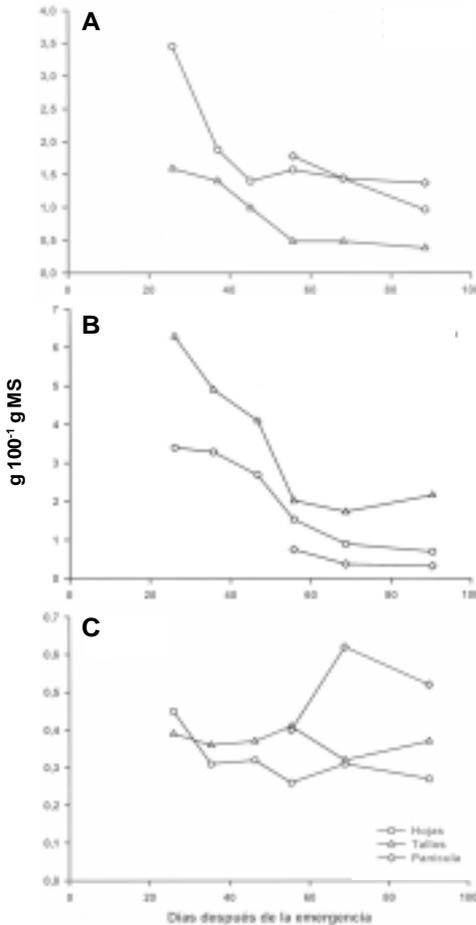


Figura 1. Patrón de variación de la concentración foliar de nitrógeno (A), potasio (B) y fósforo (C) en los órganos de la parte aérea de la planta de sorgo (cv. Chaguaramas 3).

a los 36 DDE, donde se observaron valores de 2,43 y 2,37 kgP/ha en las hojas de las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg P₂O₅/ha, respecto a un valor de 1,59 kgP/ha en las plantas no fertilizadas.

A los 56 DDE, se presentó un efecto altamente significativo de la fertilización fosforada, sobre la cantidad de P acumulado en las hojas senes-

centes, variando desde un valor de 1,56 kg P/ha en las plantas sin fertilización fosforada, a valores de 1,62 y 1,83 kg P/ha en las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg P₂O₅/ha (figura 4).

Efecto de la fertilización sobre la acumulación de potasio. La acumulación de K en las plantas de sorgo, fue afectada de manera general por la fertilización nitrogenada du-

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de fertilización nitrogenada sobre la cantidad de nitrógeno acumulado en la planta (kg/ha) en diferentes fechas de muestreo, promedio sobre la fertilización con fósforo de 0, 60 y 120 kg P/ha y sobre tres repeticiones.

Fecha de Muestreo (DDE)	Parte de la Planta	N acumulado por tratamiento (kg/ha)		
		N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀
26	Hojas	8,13	10,06	11,25
	Tallos	2,38	3,61	3,46
	Total	10,51	13,67	14,71
36	Hojas	9,03	10,93	15,09
	Tallos	5,34	8,27	11,09
	Total	14,37	19,20	50,18
47	Hojas	17,14	20,54	24,54
	Tallos	14,03	17,56	24,81
	Total	45,40	52,93	66,13
56	Hojas V*	24,71	26,89	28,18
	Hojas S**	5,51	6,19	6,82
	Tallos	10,54	12,36	10,41
	Panicula	7,67	10,83	15,90
	Total	45,40	52,93	66,13
69	Hojas V	24,71	26,89	28,18
	Hojas S	3,37	3,65	4,63
	Tallos	10,98	14,10	13,75
	Panicula	35,26	41,28	57,19
	Total	74,31	85,90	104,29
90	Hojas V	18,10	15,85	15,56
	Hojas S	4,91	6,46	7,54
	Tallos	9,89	11,91	12,97
	Panicula	39,68	45,77	62,76
	Total	72,58	79,99	102,58

V* = Hojas Verdes ; S** = Hojas Senescentes

rante todo el ciclo del cultivo y al igual que sucede con el N y P acumulado, la diferencia se hace manifiesta a partir de los 36 DDE (figura 5).

Por otro lado, la fertilización fosforada tuvo un efecto estadístico significativo sobre la cantidad de K acumulado en los tallos y sobre el total acumulado en la planta entera en el muestreo efectuado a los 26 DDE. La fertilización fosforada en ese estado de crecimiento, permitió un incre-

mento en la cantidad de K acumulado en los tallos, desde un valor de 9.24 kg K/ha, en las plantas sin fertilización fosforada, hasta valores de 13,10 y 14,42 kg K/ha en las plantas fertilizadas con 60 y 120 kg P₂O₅/ha (cuadro 3).

A manera de síntesis se presenta en el cuadro 4, una relación de las cantidades de N, P y K removidas por las plantas de sorgo a varios niveles de rendimiento, considerando los

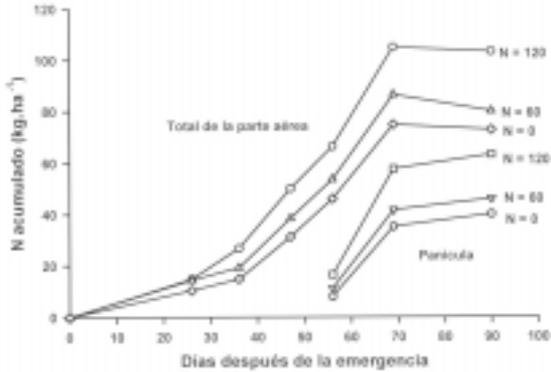


Figura 2. Acumulación de nitrógeno en función de la fertilización nitrogenada y la edad de la planta.

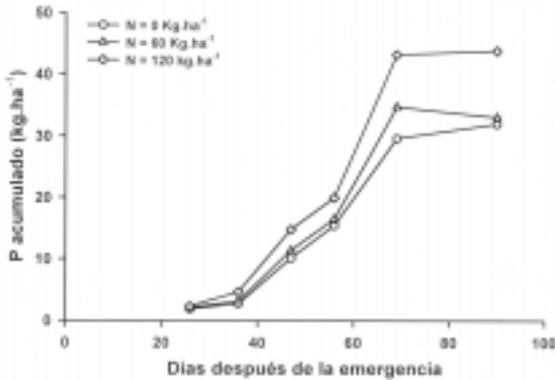


Figura 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la acumulación de fósforo en la parte aérea de la planta.

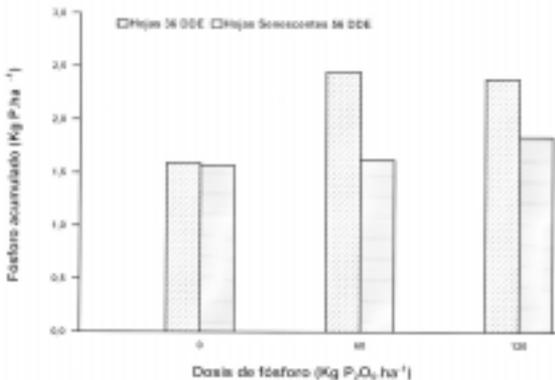


Figura 4. Efecto de la fertilización fosforada sobre la cantidad de fósforo acumulado en las hojas.

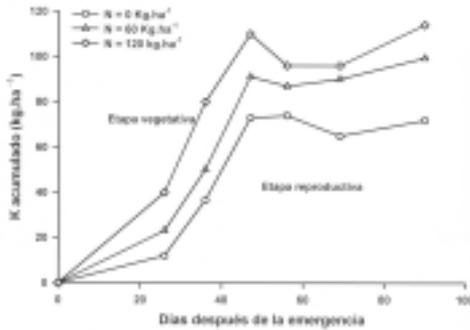


Figura 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la acumulación del potasio.

resultados obtenidos en este experimento. Se puede observar que hay una relación particularmente estrecha entre los niveles de rendimiento en grano y follaje respecto a las cantidades removidas de N y P.

La implicación práctica de ésta investigación se basa en que el sistema de producción de ganadería con agricultura complementaria es de gran importancia en el estado Guárico ya que el grano de sorgo es vendido a la agroindustria como materia prima para la producción de alimentos concentrados y los restos de cosecha

son consumidos por el ganado en pastoreo en la época seca. Dado que los suelos donde se produce sorgo en el estado Guárico tienen limitaciones nutricionales de nitrógeno y fósforo, la fertilización es una práctica necesaria para lograr buenos rendimientos. Por otro lado, dada la cantidad de residuos removidos en el proceso de pastoreo, es importante conocer la cantidad de nutrimentos que se estarían exportando del sistema así como su concentración en los diferentes estadios de crecimiento del cultivo, como respuesta a prácticas de fertilización.

Conclusiones

La aplicación práctica de los resultados obtenidos permiten demostrar la remoción de N, P y K por las plantas de sorgo durante su ciclo de crecimiento y reproductivo como respuesta a la fertilización y que pudieran ser, después de un proceso

de validación, valores referenciales para el sistema de producción de sorgo y ganadería en el cual se usan los restos de cosecha para la alimentación animal en época de sequía en los suelos de colinas del oriente del Guárico.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de fertilización fosforada sobre la cantidad de potasio acumulado en la planta (kg/ha) en diferentes fechas de muestreo, promedio sobre la fertilización con nitrógeno de 0, 60 y 120 kg N/ha y sobre tres repeticiones.

Fecha de Muestreo (DDE)	Parte de la Planta	K acumulado por tratamiento (kg/ha)		
		P ₀	P ₆₀	P ₁₂₀
26	Hojas	1,00	1,13	1,23
	Tallos	9,24	13,10	14,42
	Total	10,24	14,23	15,65
36	Hojas	13,69	19,73	20,79
	Tallos	26,23	28,30	29,76
	Total	39,91	48,03	50,54
47	Hojas	32,99	41,56	41,57
	Tallos	53,13	55,44	44,86
	Total	86,12	97,00	86,43
56	Hojas V*	26,23	28,20	25,51
	Hojas S**	5,85	6,52	6,49
	Tallos	46,04	49,65	47,52
	Panicula	4,16	3,63	4,93
	Total	82,28	88,00	84,44
69	Hojas V	16,08	16,58	14,83
	Hojas S	5,94	6,34	6,27
	Tallos	42,16	59,95	48,40
	Panicula	9,72	11,24	13,65
	Total	73,91	94,16	83,16
90	Hojas V	11,18	14,71	13,77
	Hojas S	4,75	4,04	4,59
	Tallos	58,06	61,58	76,05
	Panicula	9,47	11,09	14,93
	Total	83,45	91,42	109,34

V* = Hojas Verdes ; S** = Hojas Senescentes

Cuadro 4. Remoción de nitrógeno, fósforo y potasio acumulados a la cosecha (kg/ha) a varios niveles de rendimiento en grano y follaje.

Rendimiento en grano, kg/ha	Grano			Follaje		
	N	P	K	N	P	K
2.541*	40	17	10	23	15	61
3.212**	45	18	11	34	15	88
4.037***	63	24	15	40	19	98

*aplicación de 60 kg N/ha; 60 kg P₂O₅/ha; 30 kg K₂O/ha

** aplicación de 60 kg N/ha; 120 kg P₂O₅/ha; 30 kg K₂O/ha

*** aplicación de 120 kg N/ha; 120 kg P₂O₅/ha; 30 kg K₂O/ha

Literatura citada

1. 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.
2. Hones, F. M., R. F. Moresco, R. P. Wiedenfeld, y J. T. Cothren. 1986. Applied nitrogen and phosphorus effects on yield and nutrient uptake by high-energy sorghum produced for grain and biomass. *Agronomy Journal* 76:1069-1078.
3. 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.
4. Jones, J., J. Benton, B. Wolf, y H. A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook. I. Methods of plant analysis and interpretation*. Micro-Macro Publishing, Inc. 275 p.
5. Laffite, H. R. y R. S. Loomis. 1988. Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. *Agronomy Journal* 80: 492-498.
6. Locke, M. A. y F. M. Hons. 1988. Fertilizer placement effects on seasonal nitrogen accumulation and yield of no-tillage and conventional tillage sorghum. *Agronomy Journal* 80: 180-185.
7. 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.
8. Myers, R. J, M. A. Foale, F. W. Smith, y D. Ratcliff. 1987. Tissue concentration of nitrogen and phosphorus in grain sorghum. *Field Crop Research*. 17:389-403.
9. Myers, R. J. y C. J. Asher. 1982. Mineral nutrition of grain sorghum macronutrients. En *ICRISAT Sorghum in the Eighties, Proceedings of the International Symposium on Sorghum*, Patancheru, India, p 161-177
10. Pat, U.R., U. C. Upadhyay, S. P. Sing, y N. K. Unrani. 1982. Mineral nutrition and fertilizer response of grain sorghum in India. A review over the last 25 years. *Fertilizer Research* 3: 141-159.
11. Ramírez, R., T. Rodríguez, A. Millan, C. Hernandez, E. Guzman, y J. Tenias. 1989. Relación entre el requerimiento de fertilizante potásico por el sorgo y el potasio asimilable del suelo. *Agronomía Tropical*. 39 (1-3): 179-193.
12. Roy, R. N. y B. C. Wright. 1974. 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.
13. 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.
14. Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy*. U.S. Depart. Agric. Handbook. 436. Washington D.C., United States.
15. Vanderlip, R. L. 1979. How a sorghum plant develops. Cooperative Extension Service, Kansas State University. *Crop and Soils*. 20 p.