

Original

Respuesta del sorghum bicolor a la fertilización orgánica y mineral en la comuna xangongo, provincia Cunene, Angola.

Response of sorghum bicolor to organic and mineral fertilization in the comuna xangongo, Cunene province, Angola.

MSc. Ramón Santiesteban Santos. Profesor Auxiliar. Ingeniero Agrónomo. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, provincia Granma, Cuba. [ramonss6018@gmail.com] .

MSc. Tania Lambert García. Profesora Auxiliar. Ingeniera Agrónomo. Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, provincia Granma, Cuba. [tlambertg@gmail.com] .

Ing. Arístides Flávio António José. Ingeniero Agrónomo. Instituto Superior Politécnico de Cunene (ISP-Cunene), provincia Cunene, Angola. [ramonss6018@gmail.com] .

Dr.C. Orlando Salustiano González Paneque. Profesor Titular. Ingeniero Agrónomo. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, provincia Granma, Cuba. [ogonzalezp@udg.co.cu] .

Recibido: 18 de diciembre 2020 | **Aceptado:** 12 de marzo 2021

Resumen

Durante los meses de junio a noviembre de 2018, se realizó la investigación en las riberas del río Cunene en la Comuna Xangongo, para evaluar la respuesta de la variedad local de *Sorghum bicolor* rojo a la fertilización orgánica y mineral, en un suelo de textura arenosa y baja fertilidad, la preparación se realizó con tridente y azadón, se formaron surcos separados a 0,70 m y 0,15 m entre plantas. Los tratamientos empleados fueron: T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha⁻¹), T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha⁻¹), T3 (fertilización mineral: fórmula 24-12-24 a 0,75 t.ha⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha⁻¹) a los 30 días después de la germinación. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones en parcelas de 44,8 m². Fueron evaluadas las variables: emisión de la hoja bandera (días), diámetro y longitud de la hoja bandera (cm), número de hojas y nudos por planta, altura y diámetro de las plantas (cm), longitud de la panícula (cm), número de mazorcas y semillas por panícula, masa de 100 semillas (g) y el rendimiento del grano (t.ha⁻¹). Los resultados se procesaron mediante el paquete estadístico (InfoStat) y la prueba de Duncan para p≤0,05. Se realizó una valoración económica en los tratamientos utilizados. El tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula 24-12-

24 a 0,75 t.ha⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea al 46% N de 50 kg.ha⁻¹), alcanzó los mayores resultados para los indicadores fenológicos, productivos y económicos, con una ganancia de 398 100.00 Kz.ha.

Palabras clave: sorghum bicolor; estiércol; fertilizante orgánico; fertilizante mineral.

Abstract

During the months of June to November 2018, the investigation was carried out on the banks of the Cunene River in the Commune of Xangongo, to evaluate the response of the local variety of *Sorghum bicolor* red to organic and mineral fertilization, in texture sandy soil low fertility and its preparation was carried out with pitchfork and hoe, furrows separated at 0,70 m and 0,15 m between plants were formed. The treatments used were: T1 (organic fertilization: bovine manure 20 t.ha⁻¹), T2 (organic fertilization: goat manure 20 t.ha⁻¹), T3 (mineral fertilization: formula 24-12-24 at 0,75 t.ha⁻¹ and second fertilization based on urea 46% N of 50 kg.ha⁻¹) 30 days after germination. A completely randomized experimental design was used, with three treatments and five repetitions in plots of 44,8 m². The variables were evaluated: emission of the flag leaf (days), diameter and length of the flag leaf (cm), number of leaves and nodes per plant, height and diameter of the plants (cm), panicle length (cm), number of ears and seeds per panicle, mass of 100 seeds (g) and grain yield t.ha⁻¹. The results were processed using the statistical package (InfoStat) and Duncan's test for p≤0.05. An economic valuation of the treatments used was carried out treatment T3 (mineral fertilization: formula 24-12-24 at 0,75 t.ha⁻¹ and second fertilization based on urea 46% N of 50 kg.ha⁻¹), responded with the best results for the phenological indicators, productive and economic, with a profit of 398 100.00 Kz.ha.

Keywords: sorghum bicolor; manure; organic fertilizer; mineral fertilizer.

Introducción

El empleo de nuevos sistemas agrícolas y tecnologías es de gran importancia para los agricultores, por lo que indica la mejora en la productividad de las cosechas y más ingresos (FAOSTAT, 2014). Según Xiang *et al.* (2012), el aumento de la producción agrícola en el mundo se asoció con el incremento en el uso de los fertilizantes; sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos resultó en el aumento de la contaminación, la disminución de la biodiversidad en las regiones agrícolas, la degradación de los agroecosistemas y el aumento en los costos de producción.

Estudios llevados a cabo por FAOSTAT (2014), exponen que la agricultura en Angola se caracteriza, actualmente, porque los cultivos no expresan todo su potencial productivo y el país gasta recursos económicos en la importación de insumos, y las inversiones en el sector

agropecuarios presentan un retorno de mediano a largo plazo; además, existe la necesidad de optimizar los sistemas productivos que condicionan la productividad, como la selección de variedades, el manejo de los fertilizantes, la conservación de los suelos y el control de las plagas y enfermedades, y el sorgo constituye la base alimentaria de más de 500 millones de personas en más de 30 países y se produce mucho menos que sus ofertas potenciales, donde el siglo XX fue el siglo del trigo (*Triticum* sp.), el arroz (*Oryza sativa*, L.) y el maíz (*Zea mays*, L.), y el siglo XXI podría ser el siglo del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

Según Wong *et al.* (2009), el cultivo del sorgo es el quinto cereal más importante del mundo; por otra parte, Tardin (2012), planteó que se trata de un cultivo de origen africano y se le atribuyen varios usos, entre los que se destacan la alimentación humana, la producción de almidón y alcohol, la alimentación animal como forraje y para la protección de los suelos como cobertura; además, puede crecer en una amplia diversidad de tipos de suelos con una disponibilidad limitada de nutrientes.

En África, según Diez y Sardiña (2013), el sorgo es una fuente importante de alimento humano y debido a su valor nutricional se cultiva tanto en regiones húmedas, como secas y posee alta resistencia al calor, alta precocidad y bajo costo, donde en Angola el sistema de siembra más utilizado es el local (monocultivo) y se adapta bien al clima semiárido por ser un cultivo tolerante al calor en regiones con precipitaciones entre 150 y 600 mm por año y crece bien en suelos arenosos, ácidos pobres y salinos.

Los datos aportados por el Instituto Nacional de Cereales (INCER) en el año 2016, indicaron que en Angola se produjo 1,8 millones de toneladas de diversos cereales, como maíz, sorgo, arroz y trigo, frente a las 4,5 millones de toneladas necesarias para el consumo nacional. Por otro lado, Tunga (2017), planteó que es muy importante incrementar la producción de sorgo para aumentar la fabricación de piensos como alimento para aves rústicas, produciendo en el período de lluvia cantidades para sustentar a las provincias del sur de Angola que lo poseen como base alimentaria y existen bajas precipitaciones, donde las provincias de Cunene, Huíla y Namibe presentan problemas con la sequía, hecho que provoca que la producción en estas regiones haya descendido de forma significativa; por lo que se pretende que la zona norte se convierta en el soporte de la producción de estos cereales y las limitaciones nutricionales del cultivo se cumplen con la fertilización química, existiendo la necesidad de explorar alternativas que permitan incrementar la producción agrícola sin impactos negativos en el medio ambiente. Teniendo en cuenta las necesidades nutricionales del cultivo del sorgo, autores como Ferrari, Rivoltella y Casado (2012), plantearon que se requiere del aporte de abundantes cantidades de

nutrientes para su desarrollo, porque la baja fertilidad del suelo es uno de los factores que puede limitar la producción.

Existe la necesidad de aumentar la producción de sorgo, para lo cual pueden ser empleadas diferentes fuentes nutricionales y es por ello, que en la presente investigación nos proponemos como objetivo evaluar la respuesta del *Sorghum bicolor* a la fertilización orgánica y mineral en la Comuna Xangongo, municipio de Ombadja, provincia Cunene.

Población y muestra

El experimento se llevó a cabo en los meses de junio a noviembre de 2018, en el barrio Comandante Vidigal, en la huerta del productor Evaristo Luís, colindando al Sur con la finca del señor Cristino Ndeitunga, al Norte y al Este con el río Cunene y al Oeste con una empresa China que se dedica a la fabricación de alquitrán.

El área se encuentra ubicada en la Comuna Xangongo, sede del municipio de Ombadja, provincia Cunene, en las coordenadas geográficas 16° 45´ 00 Latitud Sur y 14° 59´ 00 Longitud Este, con una altitud de 1107 msnm (CARTA NATAL.ES/CIUDADES/ANGOLA, 2019).

Las condiciones climáticas del área experimental corresponden a una zona ecológica con poca vegetación, árboles y arbustos tropicales semiáridos con precipitaciones promedio de 400-600 mm, la temperatura promedio anual de 22,7°C y el régimen de lluvias se caracteriza por presentar una estación de seca en los meses de mayo a octubre y una húmeda de noviembre a abril (Ministerio de la Agricultura de Angola, 2019).

Materiales y métodos

Fueron empleadas semillas de la variedad local de *Sorghum bicolor* rojo, provenientes de una tienda autorizada y dedicada a la ventas de semillas localizada en la República de Namibia, constituyendo la variedad más utilizadas por los productores del municipio de Ombadja, debido a la adaptación a las condiciones locales y los buenos resultados productivos.

La prueba de germinación de las semillas se realizó diez días antes de la siembra, siendo colocadas durante 24 horas en agua y se obtuvo un 99% de germinación, lo que indica la buena calidad y encontrarse aptas para la siembra; siendo colocadas en un reservorio con agua ocho horas antes de la siembra para reducir el tiempo de germinación. El día anterior a la siembra se realizó un riego, lo que permitió la incorporación de los fertilizantes al suelo facilitándose condiciones a las semillas.

Se estableció la distancia de siembra de 15 x 70 cm para una norma de 95 238 plantas por hectárea y 426 plantas por tratamiento, y la siembra se realizó en el centro del surco, depositando dos semillas por hueco a una profundidad de 3 a 5 cm, cubiertas con una pequeña

capa de suelo y posteriormente se realizó el riego. Se consideraron germinados los tratamientos cuando uno de estos alcanzó más del 85% de germinación, lo cual se obtuvo a los siete días después de la siembra y a los diez días después de la germinación se realizó un raleado dejando el número de plantas establecidas anteriormente para cada tratamiento.

El suelo empleado corresponde a la serie de sabanas con textura arenosa y baja fertilidad (Ministerio de la Agricultura de Angola, 2019), ubicado en las riberas del río Cunene y la preparación se realizó manual con el uso de tridente y azadón, permitiendo la correcta preparación según las condiciones locales y facilitando la construcción de los surcos y parcelas para cada tratamiento.

La materia orgánica empleada se obtuvo de los campos de productores dedicados a la cría de ganado mayor y de cabras, cercanos al área donde se realizó la investigación, las cuales fueron descompuestas al ser depositados, por separados, en un área durante un periodo de tiempo no mayor a los 45 días; aunque no fue posible realizar en el laboratorio un análisis de su calidad, fueron sometidos a una evaluación visual y de contacto con la finalidad de comprobar si cumplían con las condiciones para ser empleados, donde se analizó el estado de descomposición, la humedad, el olor, el color y la temperatura, según la metodología del Ministerio de la Agricultura de Cuba (2015).

Los fertilizantes minerales utilizados (fórmula completa 12-24-12) y la urea (46% de nitrógeno), fueron adquiridos en un establecimiento en la República de Namibia (provincia de Oshikango) y tanto los fertilizantes orgánicos como de fórmula completa se aplicaron tres días antes de la siembra. Inicialmente, se dividieron los surcos de manera longitudinal y luego se aplicó la cantidad de fertilizantes en correspondencia con cada tratamiento evaluado, calculado en base al área de las parcelas y las dosis establecidas mezclados con el suelo para evitar el contacto directo con las semillas.

La aplicación de urea se realizó 28 días después de la germinación, a ambos lados de las hileras de plantas, cubierta con un azadón y luego se realizó un riego para su incorporación más eficiente con el empleo de una regadera de diez litros de capacidad con chorro de ducha, el agua utilizada provenía del río Cunene, trasladada a un tanque con una motobomba y mangueras, depositada cerca de la zona donde se realizó la investigación y se utilizó una frecuencia de riego diaria durante los primeros diez días y posteriormente, se extendió a los seis días después del período de maduración del grano. Fueron realizadas dos limpiezas con azadas y tres podas, manteniendo el experimento libre de plantas arvenses y para el control de la langosta medidora (*Mocis latipes*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y el gusano

barrenador del tallo (*Diatrea lineolata*), y se aplicaron dos tratamientos con el plaguicida Malasol a razón de 250 ml/ha.

La cosecha se realizó manualmente a los 116 días después de la germinación, cuando las plantas adquirieron el color amarillo a marrón con la pérdida de hojas, y las mazorcas y las semillas un color rojo y textura dura; lo que indicó, que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica y las plantas restantes se cosecharon luego de retirar las que formaban parte de las muestras y fueron expuestas al sol durante tres días para facilitar la separación de las mazorcas y las semillas, luego se adicionó al peso del rendimiento de las muestras evaluadas y fueron cuantificados los rendimientos ($t\cdot ha^{-1}$) en cada tratamiento.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones, construidas tres parcelas, una para cada tratamiento, con dimensiones de 8,0 m de largo y 5,6 m de ancho, y un área de 44,8 m^2 para cada una, con ocho surcos separados a 0,70 m. En el experimento se establecieron los tratamientos siguientes:

T1: fertilización orgánica: estiércol bovino 20 $t\cdot ha^{-1}$.

T2: fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 $t\cdot ha^{-1}$.

T3: fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 $t\cdot ha^{-1}$ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 $kg\cdot ha^{-1}$.

Para realizar el muestreo, se establecieron cinco puntos en cada tratamiento, los cuales constituyeron las repeticiones donde se realizaron las evaluaciones, correspondiendo a los seis surcos centrales, cuatro muestras en los surcos laterales (dos a cada lado) y una en el centro de los dos surcos centrales de las parcelas y en cada muestra o repetición fueron identificadas diez plantas para ser evaluadas, hasta la cosecha en los punto de muestreos seleccionados.

Evaluaciones realizadas en las plantas identificadas en las muestras.

- Emisión de la hoja bandera (días): se registró cuando se observó visualmente su emisión en más del 50% de las plantas en cada tratamiento.
- Longitud de la hoja bandera (cm): se midió desde la inserción en el tallo hasta la parte más distante con el empleo de la cinta métrica.
- Diámetro de la hoja bandera (cm): se midió en la parte central de la hoja con el empleo de la cinta métrica.
- Número de hojas y nudos por planta: se contabilizó el número de hojas y nudos en las plantas previamente identificadas en cada punto de muestreo.
- Altura de la planta (cm): se realizó al diferenciar la hoja bandera, midiendo desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja bandera con el empleo de la cinta métrica.

- Diámetro del tallo (cm): se midió la parte central del tallo con el empleo del pie de rey.
- Longitud de la panícula (cm): se midió desde la base de inserción de la panícula con el tallo hasta su extremo con el empleo de la regla milimetrada.
- Número de mazorcas por panícula: se contó el número de mazorcas por panícula que contenía cada planta.
- Número de semillas por mazorca: se contó el número de semillas que contenía cada mazorca.
- Masa de 100 semillas (g): se tomaron tres submuestras de 100 semillas en cada repetición de los tratamientos y pesadas con el empleo de la balanza analítica.
- Rendimiento del grano ($t.ha^{-1}$): se contabilizó el peso de las muestras evaluadas en cada tratamiento con el empleo de la balanza analítica.

Los resultados obtenidos se agruparon en una base de datos en el programa Excel y fueron procesadas mediante el paquete estadístico (InfoStat) y los efectos de los tratamientos en las variables se determinaron mediante el análisis de varianza simple y para la comparación de medias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan $p \leq 0.05$.

La valoración económica se realizó tomando en cuenta los gastos incurridos en el experimento hasta las ganancias productivas, evaluando los siguientes indicadores:

- Costo de producción en Kuanza angolanas (Kz)

$$C_p = \sum C$$

Dónde: $\sum C$: suma de los costos, C_p : costo de producción (Kz.ha) y C : costo.

- Valor de la producción (Kz)

$$V_p = R \times P_v$$

Dónde: V_p : valor de la producción (Kz.ha), R : rendimiento ($t.ha^{-1}$) y P_v : precio de venta (Kz).

- Ganancias (Kz)

$$G = V_p - C_p$$

Análisis de los resultados

Evaluación de la aparición, diámetro y longitud de la hoja bandera.

En la aparición de la hoja bandera, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a $0,75 t.ha^{-1}$ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de $50 kg.ha^{-1}$) y los tratamientos T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino $20 t.ha^{-1}$) y T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra $20 t.ha^{-1}$), donde en el tratamiento T3 la hoja bandera apareció a los 43 días después de la germinación, con diferencias de dos días con relación al tratamiento T2 y de cuatro días con el tratamiento T1.

En el diámetro de la hoja bandera, el tratamiento T3, expresó el mayor diámetro, difiriendo estadísticamente de los tratamientos T1 y T2, en 2,0 y 2,1 cm, respectivamente, sin existir diferencias significativas entre estos. De igual manera, los resultados se comportaron al evaluar la longitud, donde el tratamiento T3 obtuvo el mayor valor (76,4 cm), existiendo diferencias significativas con los tratamientos T1 y T2, los cuales no difirieron entre sí (Figura 1).

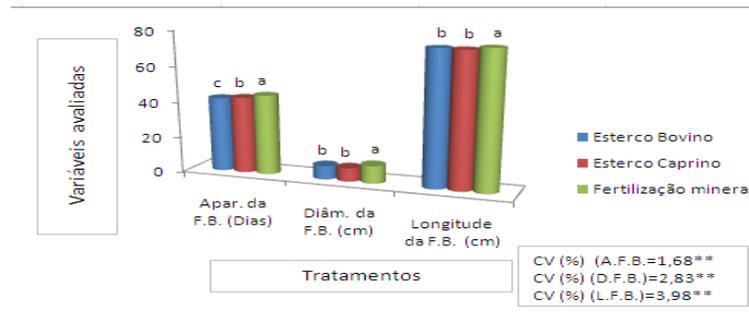


Figura 1. Evaluación de la aparición, longitud y diámetro de la hoja bandera en el cultivo del sorgo con la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales.

Medias con letras iguales no difieren significativamente entre sí según la prueba de Duncan $p \leq 0.05$

Como se puede observar, el tratamiento con el fertilizante mineral (T3), mostró los mayores valores, siendo de interés evaluar esta variable fenológica en el cultivo del sorgo y los resultados obtenidos podrían estar asociados a la diferencia existente entre la fertilización mineral y la orgánica, en cuanto a la rápida disponibilidad para las plantas de los macronutrientes esenciales que mejoran la eficiencia del cultivo, a diferencia de los fertilizantes orgánicos que no estarán disponibles en su totalidad hasta un tiempo después de su aplicación. Evaluación del número de hojas y nudos por planta.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a $0,75 \text{ t.ha}^{-1}$ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha^{-1}), alcanzó los mayores resultados, con una diferencia de 0,6 nudo e igual número de hojas por planta en relación al tratamiento T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha^{-1}) y 1,7 hojas y nudos en relación al tratamiento T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha^{-1}), observándose para todos los tratamientos resultados similares en ambas variables (Tabla 1).

Tratamientos	Número de hojas por planta	Número de nudos por planta
T1: fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha ⁻¹	7,5 c	7,5 c
T2: fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha ⁻¹	8,6 b	8,6 b
T3: fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha ⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha ⁻¹	9,2 a	9,2 a
CV (%)	6,25	6,25

Tabla 1. Evaluación del número de hojas y nudos por planta en el cultivo del sorgo con la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales.

Medias con letras iguales no difieren significativamente entre si según la prueba de Duncan para $p \leq 0.05$

Estos resultados se encuentran estrechamente ligados a que el número de hojas y de nudos por planta es una característica intrínseca al cultivo, propia de la familia de las gramíneas que emiten una hoja en cada nudo de sus tallos.

Respuesta del diámetro y la altura del tallo.

En lo referente al diámetro del tallo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos y en la variable altura del tallo, al igual que en los anteriormente evaluadas, el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha⁻¹), mostró los mayores valores, encontrándose diferencias significativas con los tratamientos T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha⁻¹) y T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha⁻¹), con diferencias de 6,2 y 2,4 cm, respectivamente, seguido del tratamiento T2 y éste a su vez expresó diferencias con respecto al tratamiento T1, como se muestra en la tabla 2.

Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)	Altura del tallo (cm)
T1: fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha ⁻¹	2,3 a	112,9 c
T2: fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha ⁻¹	2,3 a	116,7 b
T3: fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha ⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha ⁻¹	2,5 a	119,1 a
CV (%)	1,3 n.s	1,70 **

Tabla 2. Respuesta del diámetro y la altura del tallo a la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales en el cultivo del sorgo.

Medias con letras iguales no difieren significativamente entre si según la prueba de Duncan para $p \leq 0.05$

La altura alcanzada por las plantas es una característica de cada variedad, aunque también es posible la influencia de algunos factores ambientales y en el cultivo del sorgo se forma el tallo a

partir de los nudos y entrenudos, y su altura puede alcanzar hasta los 4,0 metros, dependiendo del número de nudos, que será igual al número de hojas producidas hasta la madurez de la planta y la altura también depende de la longitud de los entrenudos. Los valores encontrados en la presente investigación se encuentran en el orden de los señalados por Unser *et al.* (2016), al investigar y señalar que la altura de las plantas de sorgo fue de 44,07 cm a los 30 días y de 113,25 cm a los 60 días después de la germinación.

Según Diez y Sardiña (2013), el cultivo del sorgo es considerado una planta de clima cálido que responde a temperaturas altas y las óptimas para su desarrollo se encuentran entre los 29 y 30°C, y esto se debe a que presentan un buen crecimiento del sistema radical y una cobertura cerosa en los tallos y las hojas, que lo convierten en un cultivo muy eficiente para tales condiciones.

Respuesta de las variables productivas en el número de mazorcas, número de semillas y la longitud de la panícula.

En lo referente al número de mazorcas por panícula, el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha⁻¹), superó a los tratamientos T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha⁻¹) y T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha⁻¹), con 2,3 y 4,8 mazorcas, respectivamente. Mientras, que en la variable número de semillas por panícula se obtuvieron entre 94 y 417 semillas y la longitud de la panícula logró superar los 2,9 y 5,6 cm en los tratamientos T2 y T1, respectivamente (Tabla 3), existiendo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T3 obtuvo los mayores resultados, seguido del tratamiento T2 y en el tratamiento T1 se obtuvieron los valores más bajos en las variables número de mazorcas y el número de semillas por panícula.

Tratamientos	Número de mazorcas por panícula	Número de semillas por panícula	Longitud de la panícula (cm)
T1: fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha ⁻¹	11,4 c	1862 c	23,4 c
T2: fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha ⁻¹	13,9 b	2185 b	26,1 b
T3: fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha ⁻¹ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha ⁻¹	16,2 a	2279 a	29,0 a
CV%	7,91 *	3,90 *	3,98 *

Tabla 3. Respuesta a la fertilización orgánica y mineral en el número de mazorcas, número de semillas y longitud de la panícula en el cultivo del sorgo.

Medias con letras iguales no difieren significativamente entre si según la prueba de Duncan para $p \leq 0.05$

Los resultados obtenidos se pueden encontrar relacionados con las condiciones del suelo y el clima de la localidad; destacándose que a pesar de no haber sido estudiados estos factores, se conoce que el experimento se desarrolló en presencia de un suelo de sabana, textura arenosa y baja fertilidad, según la clasificación de suelos descrita por el Ministerio de la Agricultura de Angola (2019), caracterizado por presentar bajo contenido de nutrientes, debido a su ubicación geográfica en las riberas del río Cunene y una pendiente superior al 5%, que lo convierte en un suelo lavado y con pérdidas de la fertilidad por la erosión.

Según Maqueira *et al.* (2016), el sorgo es considerado un cultivo muy eficiente, destacándose que el período crítico en el crecimiento del mismo se encuentra desde el momento en que aparece la hoja bandera hasta el final de la etapa lechosa en la madurez; por lo tanto, las condiciones en que se encontró el cultivo en este período es un factor determinante para su crecimiento y desarrollo donde el rendimiento dependerá fundamentalmente de ello.

Comportamiento de la masa de 100 semillas y el rendimiento en el cultivo del sorgo.

Como se muestra en la figura 2, los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable masa de 100 semillas, indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. La respuesta encontrada puede estar relacionada con lo expuesto por Suárez y Zeledón (2003), al plantear que el sorgo se adapta a una amplia variedad de ambientes y produce granos en condiciones desfavorables para la mayoría de los demás cereales; debido a su resistencia a la sequía, considerándose el cultivo más adecuado para las regiones áridas, similares a las condiciones del lugar donde se realizó la presente investigación.

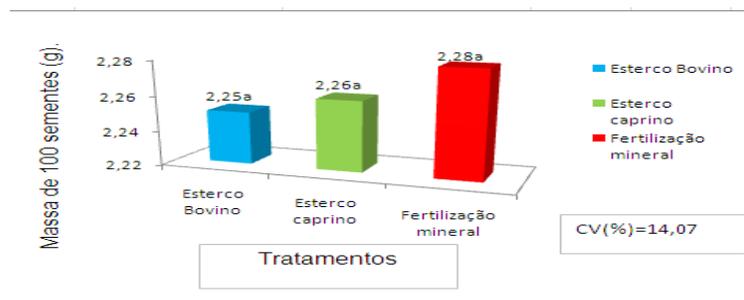


Figura 2. Comportamiento de la masa de 100 semillas a la fertilización orgánica y mineral en el cultivo del sorgo.

Medias con letras iguales no difieren significativamente entre si según la prueba de Duncan para $p \leq 0.05$

Al evaluar el rendimiento, se mantuvo la tendencia anterior en los tratamientos con valores significativos, los cuales fueron $3,93 \text{ t.ha}^{-1}$, para el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a $0,75 \text{ t.ha}^{-1}$ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha^{-1}), con diferencias de 1,17 y $1,43 \text{ t.ha}^{-1}$, con respecto a los tratamientos T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha^{-1}) y T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha^{-1}), respectivamente, como se muestra en la figura 3.

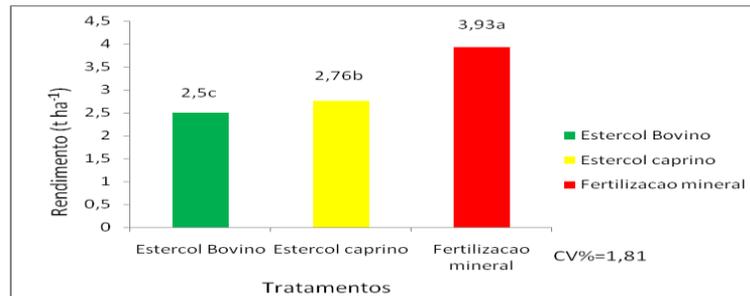


Figura 3. Comportamiento a la aplicación de la fertilización orgánica y mineral en el rendimiento del sorgo.

Medias con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Duncan para $p \leq 0.05$

Espinosa *et al.* (2014), encontraron respuesta a la fertilización orgánica en el cultivo del sorgo, con aumento en el rendimiento de hasta un 10% al emplear el fertilizante orgánico gallinaza.

Valoración económica.

Los resultados indican, que en los tratamientos empleados se obtuvieron ganancias, donde en el tratamiento T3 (fertilización mineral: fórmula completa 24-12-24 a $0,75 \text{ t.ha}^{-1}$ y una segunda fertilización a base de urea 46% N de 50 kg.ha^{-1}), se lograron los mayores valores productivos y económicos; cabe señalar, que los costos de producción incurridos en este tratamiento fueron mayores, los que a su vez se compensan con el aumento de los ingresos, con una ganancia de 398 100.00 Kz.ha, con respecto a los tratamientos T2 (fertilización orgánica: estiércol de cabra 20 t.ha^{-1}) y T1 (fertilización orgánica: estiércol bovino 20 t.ha^{-1}), al obtener 205 000.00 Kz.ha y 239 200.00 Kz.ha, respectivamente, como se muestra en la tabla 4.

Tratamientos	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Valor de la tonelada de granos (Kz.t)	Costo de producci3n (Kz.ha)	Valor de la producci3n (Kz.ha)	Ganancias (Kz.ha)	Diferencia (Kz.ha)
T1: esti3rcol bovino 20 t.ha ⁻¹	3,50	170 000.00	390 000.00	595 000.00	205 000.00	193 100.00
T2: esti3rcol de cabra 20 t.ha ⁻¹	3,76	170 000.00	400 000.00	639 200.00	239 200.00	158 900.00
T3: f3rmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha ⁻¹ y una segunda fertilizaci3n a base de urea 46% N de 50 kg.ha ⁻¹	4,93	170 000.00	440 000.00	838 100.00	398 100.00	-----

Tabla 4. Valoraci3n econ3mica de la producci3n en el cultivo del sorgo con la aplicaci3n de fertilizantes org3nicos e inorg3nicos.

Los resultados econ3micos demuestran que es factible producir sorgo en esta localidad y el tratamiento con el empleo del fertilizante mineral (T3), posee supremac3a en el rendimiento en relaci3n a los tratamientos con fertilizantes org3nicos (T1 y T2), los cuales tambi3n rindieron productivamente y con beneficios para el productor.

Conclusiones

1. En el tratamiento T3 (fertilizaci3n mineral: f3rmula completa 24-12-24 a 0,75 t.h⁻¹ y una segunda fertilizaci3n a base de urea 46% N de 50 kg.ha⁻¹), se obtuvieron los mayores valores en las variables evaluadas.
2. La valoraci3n econ3mica mostr3 que se obtuvieron ganancias en los tratamientos, pero el tratamiento T3 (fertilizaci3n mineral: f3rmula completa 24-12-24 a 0,75 t.ha⁻¹ y una segunda fertilizaci3n a base de urea 46% N de 50 kg.ha⁻¹), alcanz3 los mayores resultados con 398,100.00 Kz.ha.

Referencias bibliográficas

- CARTA NATAL.ES/CIUDADES/ANGOLA. (2019). Coordenadas geográficas y zona horaria. Ciudades de Angola. Consultado: 20 de julio de 2019. Disponible en: <http://www.google.com/Cartas-natal.es/ciudades/Angola>.
- Diez, M. y Sardiña, C. (2013). Ensayo comparativo de materiales de sorgo para silo en ambientes con y sin limitantes edáfica. Instituto de Tecnología Agropecuaria. Memoria Técnica 2011- 2012. Artículo sin Referato. Pp. 135-138.
- Espinosa, M.; Ramírez, B.; Castro, M.P.; Rivera, O.E.; Andrade, L. y Belmonte, F. (2014). Fertilización orgánica y prácticas de conservación sobre el rendimiento de sorgo de temporal. Área Temática 5: Impacto de la ganadería y la agricultura en los sistemas terrestres. Campo Experimental Río Bravo (CIRNE-INIFAP). Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias–UAT, Tamaulipas, México. Pp. 677-680.
- FAOSTAT. (2014). Produção de cereais em Angola. Rede de Cooperação da Fileira das Tecnologias e Serviços do Agronegócio. Estudo de caracterização da fileira. Market Research e intelligence Angola. Agronegócio. Pdf.
- Ferrari, M.; Rivoltella, L.A. y Casado, J.M. (2012). Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización nitrogenada en sorgo granífero. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16-20 de abril de 2012, Mar del Plata, Argentina. Resumen en: International Plant Nutrition Institute.: <http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/6.pdf>. Consultado 20 de enero de 2020.
- Instituto Nacional de Cereais (INCER). (2016). Ano agrícola em Angola garante 70% das necessidades de cereais. Diario de Noticia. Information for Poultry-Neb. Grain Sorghum Devp., Util. and Mkt. Board. 1995 edition. <http://digitalcommons.unl.edu/intormilpubs/46.15:53>. POR LUSA. Consultado 3 de Jhuno de 2020.
- Maqueira, L.A.; Torres de la Noval, W.; Pérez, S.A.; Roján, H.O. y Morejón, R. (2016). Comportamiento del crecimiento y rendimiento agrícola de dos cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en la época poco lluviosa en la localidad de los Palacios. Cultivos Tropicales; Vol. 37, Nº. 3, pp. 103-108.
- Ministerio de la Agricultura de Cuba. (2015). Guía técnica para el manejo de los abonos orgánicos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Centro de Información y Documentación. MINAGRI, La Habana, Cuba.

- Ministerio de la Agricultura de Angola. (2019). Caracterização da provincia do Cunene. Informação do Departamento Provincial do Instituto de Desenvolvimento Forestal de Cunene, Angola.
- Suárez, M.M. y Zeledón, J.L. (2003). Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional Agraria (UNA). Nicaragua.
- Tardin, F. (2012). A cultura do sorgo: Sistema de produção e potencialidades de uso no MT". EMBRAPA. Milho e Sorgo. Flavio.tardin@embrapa.br Embrapa/2012. Brasil. Pdf.
- Tunga, D. (2017). Huíla: Norte do país passa a centro produtor de Massango e Massambala. Agencia Angolana Press. Angola.
- Unser, D.; Henrique, D.; de Oliveira, K.; Pérez, K.E. e Alex, L. (2016). Crescimento foliar e radicular com produção de massa verde e massa seca na cultura do sorgo. A mais da x Seagro–Agronomía-Fag. 13 e 14 de Junho de 2016. Cascavel-PR-Brasil. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35210/1/Cultivares>. Pdf. Consultado: 14 de Outubro de 2019.
- Wong J.; Lau, T.; Cai, N.; Singh, J.; Pedersen, J. and Vensel, W. (2009). Digestibility of protein and starch from sorghum (*Sorghum bicolor*) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. Journal Cereal Sciences; Vol. 49, pp. 73-82.
- Xiang, W.; Zhao, L.; Xu, X.; Qin, Y. and Yu, G. (2012). Mutual information flow between beneficial microorganism and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. American Journal of Plant Sciences; Vol. 3, Nº 8, pp. 1115-1120.