



PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE SORGO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

PRODUCTION OF HYDROPONIC SORGHUM FORAGE WITH ORGANIC FERTILIZATION

Felipe Santiago Céspedes Ricardi¹, Wilfrido Daniel Lugo Pereira^{2*}  y Ruben Alejandro Ovelar Centurión²

¹ Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

² Profesor, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción Paraguay.

*Autor por correspondencia: wdlugo.26@hotmail.com

RESUMEN

El experimento fue establecido en la Facultad de Ciencias Agrarias, departamento de Concepción en el mes de octubre de 2017, con el objetivo de estudiar la producción de forraje hidropónico de sorgo con fertilización orgánica. Se utilizaron cinco tratamientos y cuatro repeticiones, distribuidos en bloques completos al azar, con una dimensión de 1 metro cuadrado para cada unidad experimental. Los tratamientos fueron de la siguiente manera T1: 0, T2: 200, T3: 300, T4: 400 y T5: 500 gramos de humus de lombriz por cada 2 litros de agua. Se utilizó 2,2 kilogramos de semilla por metro cuadrado. Se determinó la altura de planta, el diámetro del tallo, el rendimiento de biomasa total y la masa verde y seca de raíz y de tallos/hojas. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y las medias comparadas por el test de Tukey al 5%. Se obtuvo diferencias significativas a nivel estadístico para las determinaciones de diámetro del tallo, masa verde y seca hojas/tallos y rendimiento de biomasa total. Para la biomasa total, el mejor resultado se logró con el T5, con 8161,53 g de biomasa por cada 2,2 kilogramos de sorgo utilizado.

Palabras clave: Forraje hidropónico, biomasa, sorgo.

ABSTRACT

The experiment was conducted at the Faculty of Agricultural Sciences, Concepción department, in October 2017, with the objective of studying the production of hydroponic sorghum forage with organic fertilization. Five treatments and four replicates were used, arranged in a randomized complete block design, with an experimental unit size of 1 square meter. The treatments were as follows: T1: 0, T2: 200, T3: 300, T4: 400, and T5: 500 grams of vermicompost per 2 liters of water. A seeding rate of 2,2 kilograms per square meter was used. Plant height, stem diameter, total biomass yield, and fresh and dry mass of roots and stems/leaves were evaluated. The data obtained were subjected to analysis of variance, and means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. Statistically significant differences were found for stem diameter, fresh and dry mass of stems/leaves, and total biomass yield. The highest total biomass yield was achieved with T5, reaching 8,161.53 g of biomass per 2,2 kg of sorghum used.

Keywords: Hydroponic forage, biomass, sorghum.

INTRODUCCIÓN

Los forrajes son cada vez más escasos para alimentar a los animales de distintos tipos de explotación. Las condiciones climáticas adversas como sequías, heladas que limitan la producción de forraje. Una manera de enfrentar este problema natural es a través de la producción de forraje verde hidropónico dentro de cubiertas rústicas, de bajo costo, que permitan sostener una producción intensiva de forraje fresco para los animales, tanto en condiciones extremas de frío o sequías prolongadas tal como viene ocurriendo actualmente, además que se obtiene la misma cantidad y calidad de forraje verde hidropónico todo el año en volúmenes constantes y a precios razonables (Burdissó, 2006 citado por Vargas, 2015).

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) de sorgo (*Sorghum bicolor*), pueden producirse durante todo el año para el suministro a animales en cualquier estado de desarrollo (post parto, pre parto, gestación, lactación, destete y engorde).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de forraje hidropónico de sorgo con fertilización orgánica. Para lograr este objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos, medir la altura de las plántulas, medir el diámetro de las plántulas, determinar masa fresca y seca de la biomasa total y ganada, determinar proteína bruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es del tipo experimental cuantitativo. El experimento se realizó en la Granja Didáctica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNC, situada a la altura del km 2 de la Ruta V Gral. Bernardino Caballero.

El tipo climático de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 26°C y 14°C con máximas pueden que pueden llegar 45°C en estaciones de verano y mínimas de hasta 4°C en estaciones de invierno, con leves incidencias de heladas. La precipitación media anual es de 1400 mm (DMH - DINAC, 2016).

El diseño aplicado fue el de bloques completos al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, el fertilizante utilizado fue el humus de lombriz líquido en diferentes dosis, que fueron las siguientes: Testigo (sin aplicación de humus), 200, 300, 400 y 500 gramos por cada 2 litros de agua, según las metodologías aplicadas por Ovelar y Lugo (2014).

Se utilizaron semillas híbridas Pioneer 83G15 certificadas por el SENAVE para el

experimento, la densidad de siembra fue de 2,2 kg/m² teniendo en cuenta lo sugerido por Villavicencio (2014). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 1 m × 1 m (1 m²). La base del sistema estaba constituida por una carpeta negra colocada en el suelo y las unidades experimentales fueron separadas entre sí mediante tejuelones cerámicos. Encima se colocó pasto seco que sirvió para mantener la humedad al realizar el riego y de esa manera lograr la germinación y crecimiento en un lapso de 15 días.

La aplicación de las dosis de fertilizantes orgánicos se realizó a partir de los 4 días después de la siembra hasta el día 14. Se colocó un sistema de riego por aspersión, que se activó dos veces al día para el regadío. Se utilizó el procedimiento y metodología de Carballo (2000) adaptado a las condiciones del experimento: 1. Pesaje, 2. Prelavado de las semillas; 3. Lavado de semilla en agua y posterior desinfección en una solución de hipoclorito de sodio al 1%; 4. Remojo de semillas en agua por un periodo de tiempo de 24 horas; 5. Oreo de semillas colocadas sobre bolsas limpias extendidas por un lapso de 24 horas; 6. Traslado de las semillas sobre la carpeta negra; 7. Germinación (las bandejas fueron cubiertas con pasto seco); 8. Producción: Una vez pasado el tiempo de germinación, se retiró el pasto seco que cubría las semillas, en este momento se iniciaron los riegos con los diferentes tratamientos y 9. Cosecha: realizada a los 15 días después de la siembra.

Para la obtención de los datos fueron evaluadas las siguientes determinaciones:

Altura de planta: Se seleccionaron 10 plantas al azar de cada tratamiento, se utilizó una cinta métrica para medir la altura de las plántulas a los 15 días previamente a la cosecha desde la apertura del cuello hasta el ápice de las plantas. Los resultados se expresaron en centímetros (cm).

Diámetro del tallo: Se utilizaron las plantas que fueron medidas para determinar la altura, en este caso se midió con un paquímetro digital en la apertura del cuello y fue expresado en milímetros (mm).

Rendimiento de biomasa total: Se realizó la cosecha del total de las plantas emergidas en las bandejas, se pesó la biomasa fresca y después se dejó 72 horas en la estufa para su secado, a continuación, fueron pesadas con la ayuda de una balanza electrónica para la obtención del rendimiento. Los datos fueron expresados en kilogramos por m² (kg/m²).

Masa verde y seca de raíz y de tallos/hojas: Posterior al pesaje de masa fresca para el rendimiento, se realizó la separación de la parte aérea (tallos/hojas) y la parte radicular, las cuales fueron también pesadas por separado, en su estado verde (masa verde) y luego del secado (masa seca). Los resultados fueron expresados en gramos por m^2 (g/m^2).

Todos los datos fueron estudiados y evaluados estadísticamente, para el efecto se recurrió al análisis de varianza (ANOVA), para verificar si existió o no diferencia significativa entre los tratamientos y las medias que presentaron diferencias significativas fueron comparadas entre sí con el test de Tukey al 5% de probabilidad para categorizar los tratamientos en estudio y el análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de la planta

Se presenta en la figura 1, las medias de altura de la planta, que fueron obtenidas en la determinación señalada. En el análisis de regresión efectuado, se detectó el efecto lineal creciente de humus de lombriz líquido sobre la altura de las plántulas de sorgo.

La relación entre las dosis de humus y la altura sigue un modelo de ecuación $y = ax + b$; es decir, que presenta un crecimiento lineal y que a medida que aumentan los valores en el eje X, aumentan también los valores del eje Y en forma creciente. La ecuación de regresión correspondiente es $y = 0,0123x + 17,006$, es decir, por cada gramo de humus aplicado existe una ganancia de altura de 0,0123 cm.

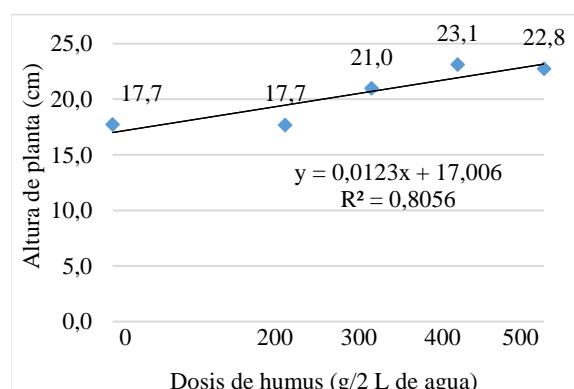


Figura 1. Altura del sorgo por efecto de diferentes dosis de fertilizante orgánico, Concepción Paraguay 2018.

Según FAO (2005) indica, el germinado de sorgo puede ser sembrado en cualquier material (plástico, metal, cartón), así obtener un

crecimiento de 20 cm de altura de la planta, a una edad máxima de 16 días, en este trabajo se utilizó el plástico obteniendo así 23,1 cm de altura a los 15 días

Diámetro del tallo

Se presenta en la figura 2, las medias del diámetro del tallo, que fueron obtenidos en la determinación señalada. El análisis de varianza en esta determinación indica que no se encontraron diferencias significativas a nivel estadístico entre los diferentes tratamientos utilizados que corresponden a diferentes dosis de fertilizantes orgánicos (humus de lombriz líquido).

Los resultados obtenidos en este experimento fueron inferiores a los de González y García (2015), quienes aplicando tres tipos de fertilizantes obtuvieron un promedio de 2,53 mm para el diámetro de tallo de sorgo a los 12 días después de la siembra.

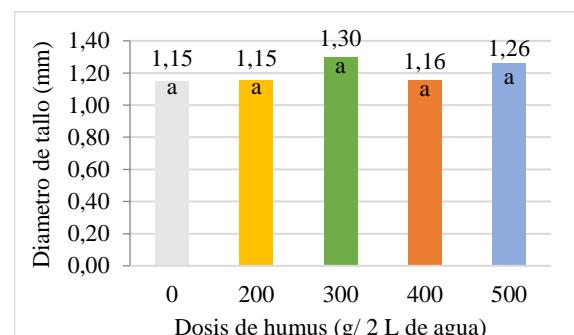


Figura 2. Diámetro del tallo del sorgo por efecto de diferentes dosis de fertilizante orgánico, Concepción Paraguay 2018.

Estos resultados pueden darse por varias causas, tal como lo describen Wall y Ross (1975) citado por Suárez y Zeledón (2003), quienes mencionan que el diámetro del tallo se puede ver influenciado por varios factores genéticos y la nutrición de las mismas.

Rendimiento de biomasa total

Se presenta en la figura 5, las medias del rendimiento de biomasa total, que fueron obtenidas en la determinación señalada, además de los resultados del Test de Tukey al 5% practicado.

Al efectuar la comparación de medias se distingue que se obtuvo diferencias altamente significativas a nivel estadísticos entre los tratamientos evaluados, los T1, T2, T3 y T4 son iguales entre sí, sin embargo, el T5 fue el que mejor resultado obtuvo en forma agronómica con un total de 8161,53 gr de biomasa total.

De acuerdo con Tarrillo (2007) citado por Rodríguez y Fabián (2007), y Elizondo (2005), se puede obtener de 1 kg de semilla 6 a 9 kg de biomasa total; sin embargo, en este trabajo no se logró alcanzar esos rendimientos; no obstante, coincide con lo establecido por Valdivia (1997) y, Sneath y McIntosh (2003) citado por Rodríguez y Fabián (2007), quienes indican que se puede considerar un buen rendimiento en forrajes bajo sistemas hidropónicos cuando la relación se mantiene en 1:5.

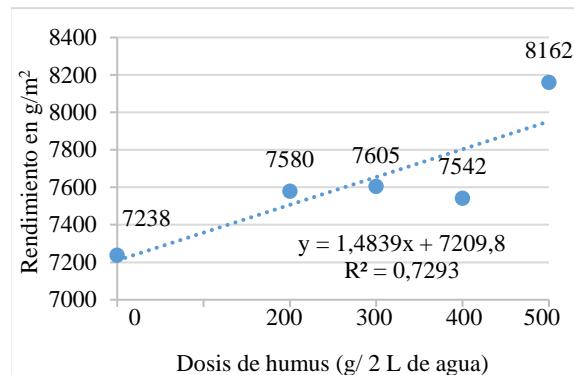


Figura 5. Rendimiento de biomasa total del sorgo por efecto de diferentes dosis de fertilizante orgánico, Concepción Paraguay 2018.

Se puede destacar que producción de FVH por kilogramo de semillas que fue de 3.709,78 g/kg de semilla de sorgo respectivamente; que prácticamente llegó a una relación de 1:4 en el rendimiento.

Por lo tanto, podemos decir que los resultados están dentro de los parámetros, ya que en el experimento se obtuvo 3,7 y 3,4 kg de sorgo respectivamente, con la aplicación de la solución nutritiva orgánica.

Masa verde y seca de raíz

Se presenta en la figura 3, las medias de masa fresca y seca de raíz, que fueron obtenidas en la determinación señalada, además de los resultados del Test de Tukey al 5% practicado. Se observa que no hubo diferencias significativas a nivel estadístico, sin embargo, la dosis de 500 g/ 2 L de agua presentó agronómicamente mejor resultado con 4891,96 g/kg de sorgo utilizado.

Romo (2010), encontró que el mayor rendimiento de FVH fue de 57,3% (3,613 kg/700 g de semilla); porcentaje mayor a lo obtenido en este trabajo, que extrapolando los datos a la misma densidad de 700 gr de semilla se obtendría 3,426,47 kg/700 g de semilla. Sin embargo, la diferencia es mínima lo que podría

considerarse que el trabajo realizado se adecua a los resultados de otros autores.

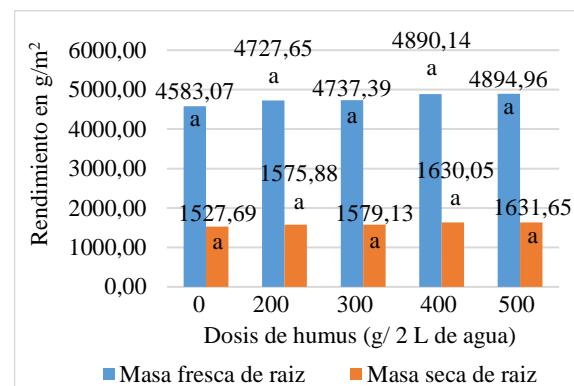


Figura 3. Masa verde y seca de raíz del sorgo por efecto de diferentes dosis de fertilizante orgánico, Concepción Paraguay 2018.

Masa verde y seca de tallos/hojas

Se presenta en la figura 4, las medias de masa fresca y seca de tallos/hojas, que fueron obtenidas en la determinación señalada. En el análisis de regresión efectuado se detectó el efecto lineal creciente de humus de lombriz líquido sobre la masa verde y seca de tallos/hojas de sorgo. La relación entre las dosis de humus y la masa verde y seca de tallos/hojas sigue un modelo de ecuación $y = ax + b$; es decir, que presenta un crecimiento lineal y que a medida que aumentan los valores en el eje X, aumentan también los valores del eje Y en forma creciente.

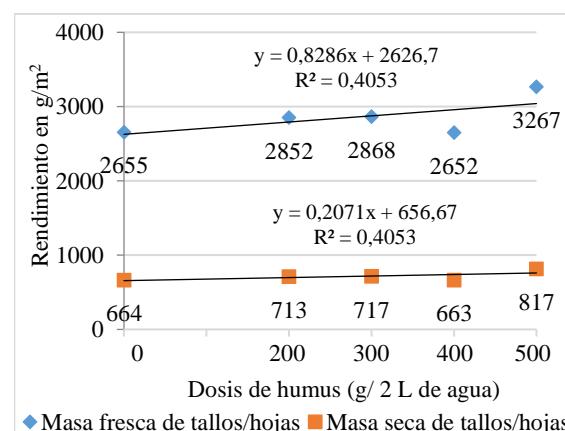


Figura 4. Masa verde y seca de tallos/hojas del sorgo por efecto de diferentes dosis de fertilizante orgánico, Concepción Paraguay 2018.

Para la masa verde de tallos/hojas se encontró una media de 2858,69 g/kg de sorgo, de acuerdo con estos resultados, cuando las

dosis se incrementan se obtienen mejores resultados.

Los resultados muestran que la producción de forraje verde hidropónico supera a la producción de forraje bajo condiciones de campo con una relación para kg MS/m² de 1:3 para el sorgo.

Según Tarrillo (2007) citado por Rodríguez y Fabián (2007), de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad y Valdivia (1997) indica que se puede considerar un buen rendimiento en forraje bajo sistemas hidropónicos cuando la relación se mantiene en una relación de 1:5.

CONCLUSIONES

Se obtuvo mejores resultados en las determinaciones de diámetro de tallo, masa verde y seca de raíz, masa verde y seca de tallos/hojas y biomasa total con la dosis de 500 g de fertilizante orgánico diluida en dos litros de agua, lo que indica, que la cantidad aplicada es óptima para la producción de forraje verde hidropónico de sorgo en condiciones rústicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carballo, R. (2000). *Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal*. Sinaloa, MX. <https://www.scribd.com/document/315612643/Manual-de-Procedimientos-Para-Germinar-Granos-Para-Alimentacion-Animal>
- DMH - DINAC (Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). (2016). *Estación experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción*.
- Elizondo, J. (2005). Forraje verde hidropónico. Una alternativa para la alimentación animal. *Revista ECAGinforma*, 32, 36–39. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/aa4a0660-4199-4bcd-95ba-ffb79dea9f8c/content>
- FAO. (2005). *Manual técnic: La Huerta popular*. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/4/ah501s/ah501s.pdf>
- González D., J. E., & García R., M. A. (2015). *Evaluación de tres tipos de fertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico de sorgo (Sorghum bicolor L.) en invernadero no convencional, La Trinidad, Estelí*. Trabajo de Graduación (Ing. Zootecnia; Ing. Agronómica). Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal.
- Ovelar, R. A., & Lugo, W. D. (2014). *Congreso Nacional de Ciencias Agrarias* (3ra: ago. 20 - 22; San Lorenzo, Paraguay). Trabajos presentados como artículo científico. San Lorenzo, Paraguay: FCA-UNA.
- Rodríguez, V., & Fabián, C. (2007). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 233–240. <https://doi.org/10.15517/AM.V19I2.5005>
- Romo R., E. (2010). *Evaluación de diferentes materiales de plástico en substitución de charolas convencionales utilizadas en la obtención de forraje verde hidropónico*. Tesis (Méd. Vet. Zoot.). Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Suárez M., M. M., & Zeledón A., J. L. (2003). *Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (Sorghum bicolor [L.] Moench) en el Municipio de San Ramón-Matagalpa*. Trabajo de diploma. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Departamento de Producción Vegetal.
- Valdivia, E. (1997). *Producción de forraje verde hidropónico*. Conferencia internacional de Hidroponía Comercial. Lima – Perú.
- Vargas T., A. (2015). *Rendimiento de sorgo (Sorghum bicolor) y cebada (Hordeum vulgare) bajo tres densidades de siembra como forraje verde hidropónico* [Tesis]. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.
- Villavicencio P., A. (2014). *Producción de forraje hidropónico*. Boletín INIA No. 285. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/dadbdd8d-c910-45c5-a0f5-06c550032ebf/content>