



Efecto residual de la adición de dos abonos orgánicos en un Andisol y un Ultisol sobre la concentración de macronutrientes en sorgo (*Sorghum Bicolor*), bajo invernadero¹

*Residual effect of the addition of two organic fertilizers in an Andisol and a Ultisol on the concentration of macronutrients in sorghum (*Sorghum Bicolor*), under greenhouse¹*

Wuellins Durango Cabanilla¹

wuellins@yahoo.es

Lidieth Uribe Lorio²

lidieth.uribe@ucr.ac.cr

Carlos Henríquez Henríquez²

carlos.heriquez@ucr.ac.cr

Rafael Mata Chinchilla²

rafael.mata@ucr.ac.cr

¹Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), E.E.T-Pichilingue, Quevedo- Ecuador

²Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) Universidad de Costa Rica, San José

Artículo recibido en junio de 2016, arbitrado en julio de 2016 y publicado en enero de 2017

RESUMEN

En este trabajo después de incubar durante 90 días, suelo tomado del horizonte A, de un Andisol y un Ultisol con los abonos orgánicos (compost y vermicompost), se determinó el efecto residual sobre el peso seco y la concentración de macro nutrientes en (*Sorghum bicolor*). Los datos fueron sometidos a un diseño completamente al azar y las medias se analizaron mediante Tukey ($p < 0,05$). Los resultados mostraron que el peso seco de la biomasa aérea del sorgo sembrado en el Andisol se incrementó significativamente con la aplicación de 2 t ha⁻¹ de los dos abonos orgánicos. En tanto que el peso seco de la biomasa aérea del sorgo sembrado en el Ultisol se incrementó significativamente con la aplicación de vermicompost, con las dosis de 10 t ha⁻¹ y 15 t ha⁻¹. En cuanto a la concentración de macronutrientes en el sorgo, en el Andisol, se tuvo incrementos a partir de la dosis de 2 t ha⁻¹ de los dos abonos orgánicos, mientras que en el Ultisol aumentó con las dosis de 10 y 15 t ha⁻¹ de vermicompost. Además se determinó correlación positiva entre el peso seco de la biomasa aérea con los contenidos de macronutrientes. Por las respuestas encontradas tanto por las plantas en los suelos y por los abonos orgánicos en cada suelo, es importante considerar que no se debe generalizar el uso de un mismo abono orgánico para todos los suelos.

Palabras clave: Suelo; abonos orgánicos; concentración macronutrientes

ABSTRACT

In this work after incubation for 90 days, soil taken from the horizon A, an Andisol and an Ultisol with organic fertilizers (compost and vermicompost), the residual effect on the dry weight and the concentration of macro nutrients in (*Sorghum bicolor*). The data were subjected to a completely randomized design and the means were analyzed by Tukey ($p < 0.05$). The results showed that the dry weight of the aerial biomass of the sorghum planted in the Andisol was significantly increased with the application of 2 t ha⁻¹ of the two organic fertilizers. While the dry weight of the aerial biomass of the sorghum planted in the Ultisol was significantly increased with the application of vermicompost, with the doses of 10 t ha⁻¹ and 15 t ha⁻¹. Regarding the concentration of macronutrients in sorghum, in Andisol, there were increases from the dose of 2 t ha⁻¹ of the two organic fertilizers, while in the Ultisol it increased with the doses of 10 and 15 t ha⁻¹ of vermicompost. In addition, a positive correlation was determined between the dry weight of the aerial biomass and the macronutrient contents. Because of the responses found both by the plants in the soils and by the organic fertilizers in each soil, it is important to consider that the use of the same organic fertilizer for all soils should not be generalized.

Key words: Ground; Organic fertilizers; macronutrients concentration

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de los suelos cultivados, hace que tiendan a disminuir su capacidad de proveer los nutrientes en niveles adecuados para mantener altas producciones en los mismos, por ello una de las formas de incrementar la productividad o los rendimientos es mantener o mejorar la fertilidad de los suelos, a través de la fertilización.

Las prácticas agronómicas de fertilización hacen referencia a las técnicas que permitan restablecer, conservar o incrementar la fertilidad del suelo desde el punto de vista físico, químico y biológico (Bertsch, 2003) para que las plantas cultivadas tengan los aportes de nutrientes necesarios para que desarrollen su máximo potencial de producción. El abastecimiento de nutrientes se realiza a través de fuentes minerales (fertilizantes sintéticos) y abonos orgánicos (estiércoles, restos de cosecha, compost y vermicompost, entre otros) que mediante la mineralización liberan nutrientes que son absorbidos por las plantas o fijados temporalmente en la biomasa microbiana, procesos se dan de manera simultánea, pero dependiendo del tipo de material, grado de descomposición y de las condiciones climáticas (Soto, 2003).

Por ello, para mejorar la productividad de los cultivos mediante la fertilización, es importante conocer el tipo de suelo, para determinar sus propiedades nutricionales y estimar las dosis requeridas, las cuales posiblemente serán menores en suelos que son nutricionalmente de buena fertilidad como en el caso de los Andisoles o mayores en suelos cuyas condiciones nativas de nutrientes son deficientes como en los Ultisoles (Bertsch 1998, Gisbert 2002, Porta et al. 2003).

Los principales beneficios de los abonos orgánicos sobre el suelo, aunque no se miden regularmente, son de tipo físico como el mejoramiento de la estabilidad estructural, densidad aparente y la regulación del balance hídrico; de tipo químico como la retención y

suplemento de nutrientes, formación de quelatos, regulación del pH y aumento en el poder buffer y de tipo biológico la proliferación de microorganismos benéficos y la supresión o reducción en la susceptibilidad a ciertas enfermedades (Bertsch 2003, Molina 2012).

El aprovechamiento de los residuos orgánicos a través del compost y el vermicompost y su posterior aplicación al suelo se considera una buena práctica de gestión en cualquier sistema de producción agrícola para reducir el uso de fertilizantes minerales, ya que estimulan el crecimiento y la actividad microbiana del suelo, la mineralización de los nutrientes, el aumento de la fertilidad y la calidad del suelo (Cerrato et al. 2007, Ferreras et al. 2009, Tejada y González, 2009, Treonis et al. 2010).

La producción de biomasa en las plantas puede estimarse como un indicador de la condición nutricional del suelo o sustrato donde éstas se desarrollan, también como un instrumento para conocer la concentración de elementos absorbidos por las plantas (Bertsch 1998).

En base a lo citado anteriormente en este trabajo se evaluó el efecto residual de dos abonos orgánicos sobre la concentración de macronutrientes en un cultivo indicador (*Sorghum bicolor*) en un Andisol y en un Ultisol de Costa Rica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Los suelos utilizados en el estudio fueron del horizonte superficial de un Andisol de la zona de Tierra Blanca (09°56.256' N y -83°53.717' W) y un Ultisol (09°79.820' N y -83° 86.324' W) procedente de Orosi, ambos sitios de la provincia de Cartago, Costa Rica. La recolección de los suelos se realizó al azar a una profundidad de 0-10 cm, colectando aproximadamente 200 kg de cada suelo, los cuales fueron llevados al invernadero de

Suelos y Foliare del CIA, donde se secaron al aire y posteriormente se pasaron por un tamiz de 2mm. Se pesó 2 kg de cada suelo, se mezclaron con el compost y vermicompost con las dosis evaluadas (0, 2, 5, 10, 15 t ha⁻¹) para cada abono orgánico y se colocaron en bandejas plásticas sin perforaciones para evitar pérdidas de la mezcla, obteniéndose 20 tratamientos (cuadro 1), que se incubaron durante 90 días en el laboratorio de Microbiología del CIA, manteniéndose la humedad a capacidad de campo la cual se estimó mediante el método de la humedad gravimétrica (Forsythe 1975).

El vermicompost utilizado en el estudio fue producido a partir de estiércol vacuno proveniente del módulo lechero ubicado en el Recinto de Turrialba de la UCR, mientras que el compost fue producido a partir de broza de

café proveniente de la Asociación de caficultores Coopelibertad de Heredia, de los cuales se colectó una muestra compuesta de un 1 kg que se llevó al laboratorio de Suelos y Foliare del (CIA), para los respectivos análisis químicos.

Como planta indicadora se utilizó sorgo (*Sorghum bicolor*) que fue sembrada en macetas de 1 kg, colocándose 20 semillas (90% de germinación) en cada una y ocho días después de su germinación se ralearon a 15 plantas que se mantuvieron durante 30 días.

Luego de la siembra a fin de mantener la humedad a capacidad de campo se aplicó riego agregando 100 mL de agua destilada en cada maceta cada dos días en los tratamientos que contenían el Andisol y cada tres días en las del Ultisol.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el estudio.

| TRATAMIENTO IDENTIFICACIÓN | | SIGNIFICADO | | |
|----------------------------|------|-------------|--------------|-----------------------|
| | | Suelo | Enmienda | Dosis |
| 1 | ACD0 | Andisol | Compost | 0 t ha ⁻¹ |
| 2 | ACD1 | Andisol | Compost | 2 t ha ⁻¹ |
| 3 | ACD2 | Andisol | Compost | 5 t ha ⁻¹ |
| 4 | ACD3 | Andisol | Compost | 10 t ha ⁻¹ |
| 5 | ACD4 | Andisol | Compost | 15 t ha ⁻¹ |
| 6 | AVD0 | Andisol | Vermicompost | 0 t ha ⁻¹ |
| 7 | AVD1 | Andisol | Vermicompost | 2 t ha ⁻¹ |
| 8 | AVD2 | Andisol | Vermicompost | 5 t ha ⁻¹ |
| 9 | AVD3 | Andisol | Vermicompost | 10 t ha ⁻¹ |
| 10 | AVD4 | Andisol | Vermicompost | 15 t ha ⁻¹ |
| 11 | UCD0 | Ultisol | Compost | 0 t ha ⁻¹ |
| 12 | UCD1 | Ultisol | Compost | 2 t ha ⁻¹ |
| 13 | UCD2 | Ultisol | Compost | 5 t ha ⁻¹ |
| 14 | UCD3 | Ultisol | Compost | 10 t ha ⁻¹ |
| 15 | UCD4 | Ultisol | Compost | 15 t ha ⁻¹ |
| 16 | UVD0 | Ultisol | Vermicompost | 0 t ha ⁻¹ |
| 17 | UVD1 | Ultisol | Vermicompost | 2 t ha ⁻¹ |
| 18 | UVD2 | Ultisol | Vermicompost | 5 t ha ⁻¹ |
| 19 | UVD3 | Ultisol | Vermicompost | 10 t ha ⁻¹ |
| 20 | UVD4 | Ultisol | Vermicompost | 15 ha ⁻¹ |

Peso seco de la biomasa aérea del sorgo

El peso fresco y seco de las plantas de sorgo se determinó 30 días después de la siembra donde se cosecharon las plantas cortándolas a un centímetro de la superficie, éstas se lavaron con agua corriente y luego con agua destilada para eliminar impurezas, fueron pesadas, secadas en estufa a 70oC durante 48 horas y nuevamente pesadas.

Concentración de nutrimentos en el sorgo

El contenido de nutrimentos del sorgo se determinó por medio del análisis foliar siguiendo la metodología utilizada en el laboratorio de Suelos y Foliar del CIA, que consiste en la digestión total de la muestra con ácido nítrico (HNO3) y la medición de los elementos P, Ca, Mg, K, S, , por Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma (ICP). El N se determinó por combustión seca en un autoanalizador.

El contenido de nutrimentos en el tejido aéreo del sorgo se relacionó con el peso seco (biomasa) para estimar la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para el ensayo se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 repeticiones por tratamiento teniendo un

total de 20 tratamientos, (cuadro 1), La unidad experimental consistió en una maceta de plástico con capacidad para 1 kg de suelo tratado con el abono y la dosis correspondiente, los cuales fueron incubados durante 90 días. Para establecer diferencias entre los tratamientos se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias entre medias se analizaron mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2, se presentan los resultados de los análisis químicos de los abonos orgánicos usados en la investigación, donde se observa que el vermicompost tiene mayores contenidos de nutrimentos en relación al compost.

El análisis de valor de pH del compost de broza de café (9,9) indica que es más alcalino que el vermicompost de estiércol (7,3) valores que son parecidos a los reportados en investigaciones sobre calidad de abonos orgánicos en Costa Rica por Elizondo (2003) que reportó un valor de pH de 9,07 en un compost hecho a base de broza de café, mientras que para vermicompost a base de estiércol Durán (2000) mencionó un valor de pH de 7,85.

Cuadro 2. Características químicas de los abonos orgánicos utilizados

| Tipo de enmienda | % | | | | | | Mg kg ⁻¹ | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| | N | P | Ca | Mg | K | S | Fe | Cu | Zn | Mn | B |
| Compost de broza de café | 1,03 | 0,25 | 0,96 | 0,59 | 2,30 | 0,17 | 34229 | 78 | 61 | 691 | 110 |
| Vermicompost | 2,90 | 2,52 | 4,18 | 1,37 | 1,07 | 0,75 | 4486 | 295 | 740 | 756 | 30 |

| Tipo de enmienda | H ₂ O pH | dS m ⁻¹ CE | % | | Relación C/N |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|-----|-------|--------------|
| | | | Hum | C | |
| Compost de broza de café | 9,9 | 6,4 | 11 | 10,49 | 10,2 |
| Vermicompost | 7,3 | 28,1 | 16 | 28,85 | 9,9 |

El contenido de macronutrientes N, P, Ca, Mg, K del compost de broza de café tienen similares valores a los reportados por Salas (1997) y menores contenidos a los reportados en Colombia por Ruiz et al. (2007). De igual manera, los contenidos micronutrientes son similares a los reportados por Salas (1997) y superiores a los encontrados por Ruiz et al. (2007).

Con respecto al vermicompost, los macronutrientes N, P, Ca, Mg, K, son mayores a los contenidos reportados por Alvarado y Briceño (2002); Durán (2000) y Cerrato et al. (2007), del mismo modo los contenidos de micronutrientes resultaron superiores a los reportados a los autores antes citados.

Los resultados de las concentraciones totales de nutrientes de los abonos orgánicos analizados, se encuentran sobre los niveles de N y P aceptables en abonos orgánicos comerciables, donde se indican

que son adecuados aquellos productos con valores superiores a 2% en el caso del N y un rango óptimo de P de 0,15 - 1,5%, también mencionan que la relación C/N debe ser menor a 20 (Paul y Clark 1996).

Peso seco de la biomasa aérea del sorgo

El efecto de la aplicación de los abonos orgánicos sobre el peso seco del tejido aéreo de las plantas de sorgo expresado en g maceta⁻¹, se presenta en la figura 1, donde se observa que las plantas sembradas en el Andisol tuvieron un peso significativamente mayor que las plantadas en el Ultisol (p<0,05). Las diferencias se deben en gran medida al suelo utilizado, se puede apreciar que el sorgo crecido en el Andisol al que no se aplicó abono tuvo un peso seco de 1,93 y 1,71 g maceta⁻¹, mientras que en los del Ultisol sus pesos fueron de 0,12 y 0,13 g maceta⁻¹.

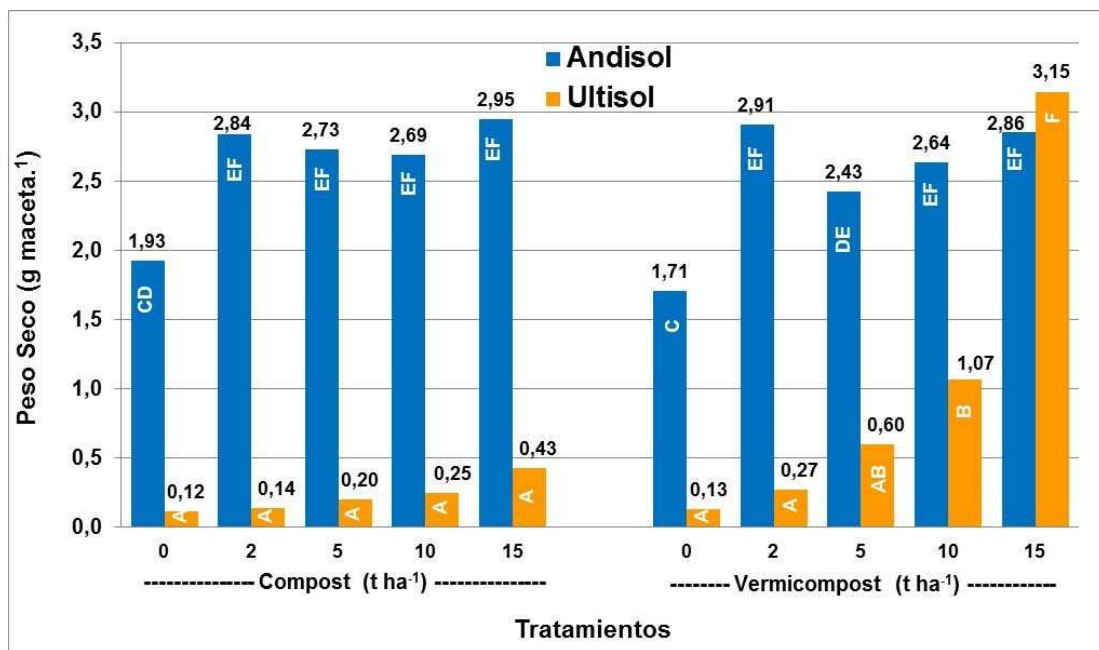


Figura 1. Efecto de dos abonos orgánicos sobre el peso seco de la biomasa aérea de plantas de sorgo (g maceta⁻¹) en un Andisol y un Ultisol en invernadero. Costa Rica 2013.

Estas diferencias se pueden atribuir a la mayor disponibilidad de nutrientes presentes en el Andisol en relación al Ultisol, como lo mencionan Bertsch (1998) y Alvarado et al. (2001), los Andisoles son suelos considerados moderadamente fértiles al tener la ventaja de renovarse por la caída de nuevas cenizas y por ende mantener adecuados niveles de nutrientes para el desarrollo de los cultivos, poseen además buenas propiedades físicas, mientras que los Ultisoles son suelos, fuertemente meteorizados y lixiviados, con baja saturación de bases por lo que presentan problemas nutricionales que limitan el crecimiento de los cultivos (Bertsch 1998, Gisbert 2002, Porta et al. 2003).

Con la aplicación de 2 t ha⁻¹ tanto de compost o vermicompost en el Andisol se incrementó significativamente el peso seco de las plantas de sorgo respecto al tratamiento control. La aplicación de dosis superiores no aumentó estadísticamente la biomasa de la planta. Los resultados indican que para este suelo la dosis de 2 t ha⁻¹ de los abonos tanto compost como vermicompost fue suficiente para afectar de manera positiva el desarrollo del sorgo, ya que las dosis superiores fueron significativamente iguales a esta dosis.

En el Ultisol, la aplicación de compost no afectó significativamente el peso seco de las plantas de sorgo, sin embargo, se observó una tendencia de incremento con el aumento de las dosis (figura 1), en los tratamientos donde no se aplicó compost (0 t ha⁻¹) se obtuvo el menor peso seco (0,12 g maceta⁻¹) mientras que con la

dosis más alta (15 t ha⁻¹) se presentó el mayor peso seco (0,43 g maceta⁻¹) lo cual representa un incremento de 3,6 veces el valor de peso seco.

A diferencia de lo observado para el compost, se tuvo respuesta positiva a la aplicación de vermicompost, siendo el peso seco significativamente superior con las dosis de 10 t ha⁻¹ y 15 t ha⁻¹, lo que indica que en estos tratamientos el peso seco incrementó su valor en 8,2 y 24,2 veces en relación al tratamiento sin aplicación de abonos. Cabe resaltar que el efecto del incremento en el peso seco obtenido con la dosis de 15 t ha⁻¹ de vermicompost en este suelo, igualó al peso seco observado para el sorgo cultivado en el suelo Andisol al que se adicionó abono orgánico.

El efecto de la aplicación de los distintos tratamientos sobre el crecimiento de la planta de sorgo se observa en la figura 2, donde se puede apreciar las pocas diferencias de crecimiento presentadas por los tratamientos sin y con abonos orgánicos en el Andisol, posiblemente debido a las buenas condiciones físicas y químicas de este tipo de suelos. También se evidencia el claro efecto que tuvo el vermicompost sobre el crecimiento de las plantas con las dosis más altas, quizá debido a las mejores propiedades de este tipo de abono orgánico en relación al compost.

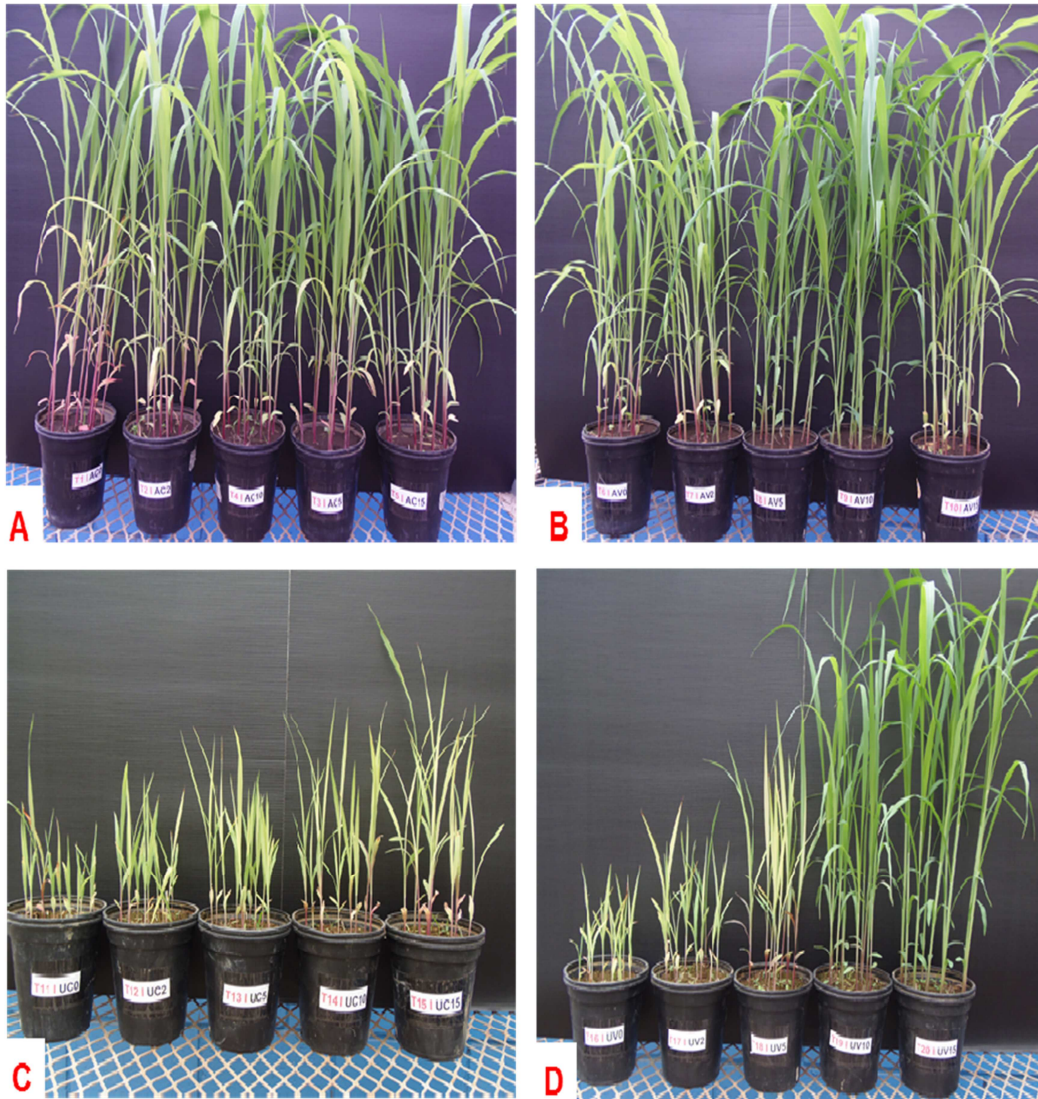


Figura 2. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en el crecimiento de las plantas de sorgo al final del experimento (30 dds). (A) Andisol con compost. (B) Andisol con vermicompost. (C) Ultisol con compost. (D) Ultisol con vermicompost.

Concentración de nutrimentos en el sorgo

La concentración de N, P, K, Ca, Mg, K y S en el tejido aéreo de las plantas de sorgo a los 30 dds y la diferencia estadística ($p < 0,05$) los encontrados en el Ultisol. Además cuando se aplicó vermicompost la concentración de

entre medias se presentan en el cuadro 3, donde se aprecia que en el Andisol los contenidos de estos nutrimentos fueron superiores a los contenidos de estos nutrimentos en el tejido fue mayor que con la aplicación de compost.

Cuadro 3. Efecto residual de la aplicación de dos abonos orgánicos sobre la concentración de macronutrientes de la parte aérea de plantas de sorgo, en un Andisol y Ultisol, en invernadero. Costa Rica 2013.

| TRATAMIENTOS | | N | | P | | Ca | | Mg | | K | | S | |
|-----------------------|-------|-------------------------|----------|-----------|--------|-----------|----------|-----------|--------|------------|-----|----------|-----|
| | | Mg maceta ⁻¹ | | | | | | | | | | | |
| 1 | ACD 0 | 23,8 7 | BCD | 3,6 6 | B | 5,58 | CD | 3,66 | C | 63,72 | C | 1,9 3 | BCD |
| 2 | ACD 1 | 38,3 5 | EF | 5,6 8 | C D | 8,18 | EFG | 5,40 | D | 98,55 | D | 2,8 4 | EF |
| 3 | ACD 2 | 36,2 8 | CDE F | 6,0 0 | D | 8,52 | EFG | 5,18 | D | 104,7 4 | DE | 2,7 3 | DEF |
| 4 | ACD 3 | 37,3 9 | DEF | 5,6 5 | C D | 6,73 | DE | 4,58 | C D | 104,1 1 | DE | 2,4 2 | CDE |
| 5 | ACD 4 | 43,7 0 | EFG | 6,7 9 | D | 7,68 | DEF | 5,32 | D | 122,2 4 | EF | 2,9 5 | EF |
| 6 | AVD 0 | 22,7 5 | BC | 4,1 1 | B C | 5,47 | CD | 3,25 | B C | 61,39 | C | 1,5 4 | B |
| 7 | AVD 1 | 48,0 2 | FG | 6,9 9 | D | 10,1 9 | GH | 7,57 | E | 119,3 1 | DEF | 3,4 9 | F |
| 8 | AVD 2 | 53,4 1 | G | 6,8 0 | D | 9,47 | FGH | 7,77 | E | 99,04 | DE | 3,4 0 | F |
| 9 | AVD 3 | 72,0 7 | H | 11,6 2 | E | 11,6 2 | HI | 10,8 3 | F | 121,1 8 | DEF | 5,0 2 | G |
| 10 | AVD 4 | 104,6 8 | I | 12,3 0 | E | 13,4 4 | I | 13,7 3 | G | 129,2 7 | F | 5,7 2 | GH |
| 11 | UCD 0 | 3,5 4 | A | 0,2 4 | A | 0,56 | A | 0,30 | A | 1,54 | A | 0,0 9 | A |
| 12 | UCD 1 | 4,5 5 | A | 0,2 9 | A | 0,72 | A | 0,37 | A | 2,12 | A | 0,1 3 | A |
| 13 | UCD 2 | 5,8 2 | A | 0,3 0 | A | 0,96 | AB | 0,46 | A | 3,54 | A | 0,1 6 | A |
| 14 | UCD 3 | 7,1 5 | A | 0,3 3 | A | 1,31 | AB | 0,61 | A | 5,60 | AB | 0,2 3 | A |
| 15 | UCD 4 | 9,7 2 | AB | 0,4 3 | A B | 2,06 | AB | 0,95 | A | 10,66 | AB | 0,3 9 | A |
| 16 | UVD 0 | 3,9 4 | A | 0,2 5 | A | 0,68 | A | 0,36 | A | 1,69 | A | 0,1 1 | A |
| 17 | UVD 1 | 7,3 2 | A | 0,4 1 | A | 1,57 | AB | 0,79 | A | 4,19 | A | 0,2 5 | A |
| 18 | UVD 2 | 14,1 0 | AB | 0,4 8 | A | 3,33 | BC | 1,73 | A B | 11,13 | AB | 0,6 6 | A |
| 19 | UVD 3 | 30,2 5 | CDE | 0,9 6 | A | 7,88 | DEF G | 4,05 | C D | 28,76 | B | 1,6 0 | BC |
| 20 | UVD 4 | 116,2 4 | I | 5,9 9 | D | 18,9 | J | 14,1 8 | G | 117,5 | DEF | 5,9 9 | H |
| Mínimo | | 3,54 | | 0,24 | | 0,56 | | 0,30 | | 1,5 4 | | 0,09 | |
| Máximo | | 116,24 | | 12,30 | | 18,90 | | 14,18 | | 129,27 | | 5,99 | |
| Promedio | | 34,16 | | 3,96 | | 6,24 | | 4,55 | | 60,51 | | 2,08 | |
| CV | | 15,86 | | 17,00 | | 15,16 | | 16,18 | | 14,64 | | 16,00 | |
| Tukey 0,05 DMS | | 14,19187 | | 1,75885 | | 2,48049 | | 1,9298 | | 23,22271 | | 0,87259 | |

Con relación a la concentración de N, P y S, se puede observar un incremento en la concentración de estos elementos en las

plantas, con el aumento de las dosis de los abonos orgánicos.

Cuando se adicionó compost al suelo Andisol se observó un contenido

significativamente mayor de estos elementos en las dosis de 2 t ha⁻¹ con respecto al control, mientras que un incremento en las dosis no afectó de manera significativa la concentración de estos macronutrientes en comparación con la dosis de 2 t ha⁻¹, sin embargo se presenta una tendencia al aumento. La aplicación de vermicompost tuvo un efecto significativo en el incremento de la concentración de estos nutrientes siendo en las mayores dosis, donde se presentaron los contenidos más altos.

CONCLUSIONES

La aplicación de 2 t ha⁻¹ de compost o vermicompost en el suelo Andisol afectó de manera positiva el incremento del peso seco de la biomasa aérea del sorgo.

El peso de la biomasa seca del sorgo en el suelo Ultisol, se incrementó significativamente en respuesta al aumento de las dosis de vermicompost, destacándose el peso obtenido con la dosis más alta (15 t ha⁻¹), la cual además fue estadísticamente similar a las del sorgo cultivado en el suelo Andisol con adición de abono orgánico.

En términos generales la concentración de nutrientes en las plantas de sorgo en el suelo Andisol se incrementó con la aplicación de compost hasta 2 t ha⁻¹ y con el vermicompost tuvo incremento creciente hasta las dosis mayores, mientras que en el suelo Ultisol aumentaron con las dosis mayores (10 y 15 t ha⁻¹) de vermicompost.

Los resultados obtenidos mostraron que el sorgo tuvo un comportamiento diferente en cada orden de suelo, mostrando un mayor crecimiento en el Andisol. También en este orden de suelo las plantas mostraron respuesta a la aplicación sobre 2 t ha⁻¹ de los abonos orgánicos (compost y vermicompost). En el Ultisol, no se observó respuesta de crecimiento de las plantas a las dosis de compost, mientras que con las dosis más altas de vermicompost tuvieron un crecimiento significativo.

En el suelo Ultisol, la aplicación de compost no afectó la concentración de nutrientes en la planta, mientras que con el uso de vermicompost se observó un contenido significativamente mayor de nutrientes en las dosis más altas. Lo que tiene relación con lo citado por Durán y Henríquez (2010), quienes reportaron que el uso vermicompost incrementó los contenidos de nutrientes (P, K, Ca, Mg) y la biomasa en plantas de sorgo.

Los resultados indican que la respuesta del sorgo a los abonos orgánicos dependió del tipo de abono y suelo utilizado.

Agradecimientos

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador por el financiamiento y permiso para mis estudios de maestría.

A la MSc. Floria Bertsch, por permitirme realizar los análisis químicos en el laboratorio de Suelos y Foliar del CIA, a los proyectos: VI-733-BO-507 "Determinación de la actividad enzimática en el suelo" y VI-733- A1-821 "Laboratorio de Microbiología Agrícola y Venta de Servicios" de la Universidad de Costa Rica, por el cofinanciamiento de esta investigación.

REFERENCIAS

- Alvarado A., Bertsch F., Bornemisza E., Cabalceta G., Forsythe W., Henríquez C., Mata R., Molina E., Salas R. (2001). Suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 111 p
- Alvarado G., Briceño J. (2002). Análisis químico de materiales orgánicos de uso agrícola, pp. 89-100. In: *Materia orgánica: características y uso de insumos orgánicos en suelos de Costa Rica*. J. Briceño., J.

- Chaverri., G. Alvarado., A. Gadea. (eds.) 1ª ed. Heredia EUNA.
- Bertsch F. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
- Bertsch F. (2003). Abonos orgánicos: manejo de la fracción orgánica y de los aspectos biológicos del suelo, p. 112-132. In: G. Meléndez, E. Molina (eds.) Fertilizantes: características y manejo. ACCS, Costa Rica.
- Cerrato M., Leblanc H., Kameko C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3(2):183-197.
- Durán L. 2000. Calidad de vermicompost producido con *Eisenia foetida* a partir de cinco sustratos orgánicos. Tesis, Lic., Ing. Agr., énfasis en Fitotecnia, Sede Universitaria del Atlántico en Turrialba. Universidad de Costa Rica. 76p.
- Durán L., y Henríquez C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 85-93.
- Elizondo D. (2003). Evaluación en la producción de compost y vermicompost a partir de pupa de café proveniente del despulpado en seco, usando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tesis, Mag. Sc., Heredia, CR. Universidad Nacional. 68 p.
- Ferreras L., Toresani S., Bonel B., Fernández E., Bacigaluppo S., Faggioli V., Beltrán C. (2009). Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *Cl. Suelo (AR)* 27(1): 103-114.
- Forsythe W. (1975). Física de Suelos. Manual de Laboratorio. IICA. San José, Costa Rica, pp.17-27.
- GISBERT J. 2002. Taxonomía de suelos. *Soil Taxonomy-* 99. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, pp. 159-216.
- Molina E. (2012). Características y manejo de los fertilizantes, pp. 141-162. In: *Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales*. A. Alvarado., J. Raigosa. (eds.) 1 ed. San José CR. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Paul E., y Clark F. (1996). *Soil Microbiology and Biochemistry*. Second edition Academic Press. 340p.
- Porta J.; López-Acevedo M., y Roquero C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3era. Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 505-520.
- Ruiz C., Russián T., Tua D. (2007). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Tropical* 57(1): 7-14
- Salas E. (1997). Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos: calibración en campo. Tesis, Mag. Sc., San José. Universidad de Costa Rica. 85p.
- Soto, G. (2003). Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. In: *Taller, Abonos Orgánicos/CATIE/GTZ/UCR/CANIAN*. G. Meléndez., G. Soto. (Eds.) 3 y 4 de marzo, 2003.
- Tejada, M., González J. (2009). Application of two vermicompost on rice crop: Effects on soil biological properties and rice quality and yield. *Agronomy Journal* 101(2):336-344.
- Treonis A., Austin E., Buyer J., Maul J., Spicer L., Zasada I., (2010). Effects of organic amendment and tillage on soil microorganisms. *Applied Soil Ecology*.46: 103-110