

Enmiendas orgánicas en el crecimiento de *Stevia rebaudiana* en Tabasco

Salomé Gayosso-Rodríguez¹
Rufo Sánchez-Hernández¹
Maximiano Antonio Estrada-Botello^{1§}
Alejandra Lázaro-Díaz²

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, Ra. La Huasteca 2^{da.} sección, Centro, Tabasco, México. Tel. 9933581585. CP 86280 (salome.gayosso@ujat.mx; rusaher@hotmail.com). ²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca. Ignacio Zaragoza s/n, Lomas de Ocuilzapotlan Uno, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México. CP. 86270. (alelazar97@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: eabmax@hotmail.com.

Resumen

El cultivo de *Stevia rebaudiana* Bertoni es una alternativa para la sustitución de algunos edulcorantes por su rendimiento y periodos cortos de crecimiento. Sin embargo, antes de proponer esta especie en las zonas tropicales es necesario generar información del manejo agronómico en condiciones edafoclimáticas particulares. El objetivo fue evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas en el crecimiento de *Stevia rebaudiana* en Tabasco, México. El experimento se estableció en camas elevadas a cielo abierto, bajo un sistema de riego por cintillas y acolchado en agosto de 2019. El diseño fue completamente al azar con tres repeticiones, en el que se evaluaron tres materiales orgánicos como enmiendas orgánicas: estiércol ovino, estiércol bovino y lombricomposta y un fertilizante químico, como testigo. Se determinó la sobrevivencia al trasplante y se midieron variables de crecimiento: porcentaje de sobrevivencia, altura de la planta, número de brotes, longitud de raíz, peso seco de hojas, tallo y raíz, así como la concentración nutrimental foliar. Los resultados indicaron que las plantas cultivadas con LC fue el mejor tratamiento al obtener los valores superiores en todas las variables evaluadas: 98.9% de sobrevivencia al trasplante, 40 cm de altura de planta 17.7 de longitud de raíz, 11.49 g de biomasa seca total. No se encontraron diferencias estadísticas en la concentración nutrimental foliar para los macroelementos. De acuerdo con los hallazgos se concluye que el uso de la lombricomposta como enmienda orgánica mejora el crecimiento del cultivo de estevia.

Palabras claves: estiércol, fertilizantes, lombricomposta, planta medicinal.

Recibido: febrero de 2023

Aceptado: abril de 2023

Introducción

A la familia Asteráceae (Compositae) pertenecen más de 100 especies del género *Stevia* distribuidas en América (Díaz-Gutiérrez *et al.*, 2020b), en la que se incluye a *Stevia rebaudiana* Bertoni, planta perenne originaria de la región oriental de Paraguay. Su cultivo se ha incrementado en países como China, Japón, Estados Unidos de América, Indonesia, Brasil y Canadá, entre otros, es valorada por tener de 250 a 300 veces más endulzante que la sacarosa de la caña de azúcar debido al contenido de glucósidos de esteviol en sus hojas (Rahayu *et al.*, 2020).

En México se introdujo hace una década y su cultivo está documentado en investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en los estados de Yucatán y Nayarit. Sin embargo, para proponer su cultivo en algunos estados del país, exige generar conocimientos que permitan comprender la adaptación y el manejo del cultivo en cada zona en particular ya que la cantidad de los glucósidos endulzantes varía de acuerdo con las condiciones ambientales de la región de siembra del cultivo (Aghighi *et al.*, 2018).

La estevia es una planta que requiere temperaturas de 18 a 30 °C para su crecimiento y precipitaciones de 1 000 a 1 400 mm anuales, se puede producir en terrenos con pendiente aproximada de 30%, suelos arcillosos y en alturas de 500 a 1 500 msnm (Alva *et al.*, 2017; Rojas *et al.*, 2018). Por ello, Tabasco, México, puede ser una opción para su implementación, al tener un clima que se caracteriza por una precipitación de 1 926 a 3 437 mm por año y una temperatura media anual de 22 a 29 °C (INEGI, 2018).

Con respecto a investigaciones realizadas, se han encontrado diferentes resultados de variables fenológicas, de producción y de contenido nutrimental de estevia bajo diferentes condiciones de investigación. Por ejemplo, Cauich *et al.* (2018) encontraron una longitud de raíz y altura de 11.14 y 42.86 cm, respectivamente, en estevia cultivada con diferentes láminas de riego con una mezcla de tierra negra y henequén. Para este último parámetro, otros autores reportaron una altura de 94.3 cm en un suelo franco (Karimi *et al.*, 2019), en estrés salino se indica una altura de 48 cm (Sheikhalipour *et al.*, 2021) y 43 cm (Aghighi *et al.*, 2019) y en tierra negra combinada con humus de lombriz bajo condiciones de invernadero, una altura de 47 cm (González *et al.*, 2019).

Además, Díaz-Gutiérrez *et al.* (2020a) recomiendan la aplicación de fertilizantes organominerales para aumentar la productividad de *S. rebaudiana*, como un sistema de manejo de cultivos eficiente sustentable que disminuya la dependencia del fertilizante mineral, debido a que su costo aumenta año con año, por ello una alternativa que se presenta es el uso de enmiendas orgánicas. En relación con esto, Velázquez *et al.* (2017) reportan que la aplicación de 60 t ha⁻¹ de estiércol bovino en el cultivo de estevia incrementó el rendimiento de biomasa seca de tallos y hojas; mientras que, Villalba *et al.* (2018) reportan un aumento en el número de brotes (9) brotes y biomasa seca (19 g) en la producción de estevia con lombricomposta, comparada con la utilización de gallinaza.

Con respecto al estado nutrimental de estevia, Aghighi *et al.* (2019) reportan una concentración similar en de Na⁺ en hojas y tallos y diferencias en el contenido de K⁺; por su parte, Yu-Ming *et al.* (2021) encontraron mayores concentraciones de N respecto al contenido K. En este sentido Aghighi *et al.* (2018) mencionan que en el cultivo de estevia los micronutrientes juegan un rol importante en el desarrollo y crecimiento de las plantas, así como la dosis y la época de aplicación

de la fertilización al afectar la acumulación de la biomasa de la planta de estevia. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de enmiendas orgánicas en el crecimiento de *Stevia rebaudiana* en Tabasco, México.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El trabajo se desarrolló en el sector productivo del Campus Zona Olmeca perteneciente al Instituto Tecnológico Nacional de México ubicado en Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, en las coordenadas 18° 07' 7.75" y 18° 09' 39" latitud norte y 92° 52' 24" y 92° 50' 55" longitud oeste. El área de estudio presenta un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 27 °C y precipitación de 1926 mm anuales (INEGI, 2018).

Manejo del cultivo

Se utilizaron esquejes de *Stevia rebaudiana* variedad Morita II enraizados en turba comercial durante 30 días, los esquejes se obtuvieron en Tekax, Yucatán, México. La variedad Morita II es una variedad japonesa, tiene mayores rendimientos de hoja seca y calidad de producto que otras variedades incluyendo la criolla (Herrera *et al.*, 2012), además tiene menor contenido de esteviósidos que ocasionan el sabor amargo de la hoja y tiene mayor cantidad de rebaudiósido A, producto demandado por la industria (Ramírez *et al.*, 2011).

El cultivo se estableció en periodo otoño-invierno (agosto 2020), en camas de cultivo con las siguientes dimensiones: 0.7 m de ancho, 25 cm de largo y 0.3 m de altura. El suelo utilizado fue en llanura de aluvial (Palma-López *et al.*, 2007), la composición del suelo se muestra en el (Cuadro 1). Las camas de cultivo se cubrieron con acolchado plástico color plata.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo en el sector productivo del Campus Zona Olmeca del Instituto Tecnológico de México en Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco.

Clase textural	CC	PMP	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (%)	P-Bray	Ca	Mg	K
	(%)					(ppm)			
Arcilla	26.7	15.9	7.95	0.47	2.37	18.9	4.864	0.378	0.246

El riego fue por goteo, se dio un riego al momento del trasplante de 0.5 L día⁻¹ y eventualmente se dieron riegos de auxilio según el requerimiento del cultivo, ya que la mayor parte de los requerimientos hídricos de la planta fue cubierta con la precipitación. La siembra se realizó con un arreglo tres bolillos con distancia de 30 cm entre plantas y 20 cm entre hileras y al momento del trasplante se realizó un despunte para homogenizar las plantas.

Tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron: estiércol bovino (EB), estiércol ovino (EO), lombricomposta (LC) y fertilizante químico (FQ: testigo) con urea: 46-0-0, el análisis nutrimental de los tratamientos se reporta en base materia seca (Cuadro 2). Los estiércoles se colectaron en los corrales de la región y se expusieron al sol para uniformizar la humedad, la lombricomposta se obtuvo de la microempresa 'Rancho Alegre' del municipio de Comalcalco, Tabasco.

Cuadro 2. Análisis químico nutrimental de las enmiendas orgánicas utilizadas en el crecimiento de *S. rebaudiana*.

Determinación	Método	Enmiendas orgánicas		
		Bovino	Ovino	Lombricomposta
pH	NMX-FF-109-SCFI-2007	7.41	5.5	6.43
CE (dS m ⁻¹)	NMX-FF-109-SCFI-2007	3.5	17.07	1.14
NT (%)	Dumas	1.89	4.13	1.25
P (%)	Digestión en microondas/ICP	0.24	2.44	3.76
K (%)	Digestión en microondas/ICP	1.16	4.16	0.31
Ca (%)	Digestión en microondas/ICP	2.79	4.69	0.77
Mg (%)	Digestión en microondas/ICP	0.53	1.18	0.41
Na (%)	Digestión en microondas/ICP	0.1	1.97	0.06
S (%)	Digestión en microondas/Turbidimetría	0.33	2.45	-
Fe (ppm)	Digestión en microondas/ICP	27 250	9 393	8 080
Cu (ppm)	Digestión en microondas/ICP	47.83	66.94	26.27
Mn (ppm)	Digestión en microondas/ICP	593	518	5.7
Zn (ppm)	Digestión en microondas/ICP	298	498	137.1

Para calcular la dosis de las enmiendas orgánicas se consideró el análisis de suelo (Cuadro 1) y la cantidad de estiércol utilizado a partir de la dosis de 180 kg ha⁻¹ de N (Casaccia y Álvarez, 2006), se determinó mediante la ecuación: $DF = \frac{DN - SNS}{\% NA}$. Donde: DF= dosis de fertilizante; DN= demanda de nutriente; SNS= suministro de nutriente por el suelo; %NA= porcentaje del nutriente en el abono; con la que se obtuvo EB= 857 g m⁻², EO= 392 g m⁻² y LC= 1280 g m⁻².

Las enmiendas orgánicas se aplicaron al 100% al momento del trasplante, mientras que para la fertilización química se aplicó 50% en el trasplante y 50% restante 30 días después del trasplante (ddt). Siete días después de la siembra se realizó una poda de formación eliminando la yema apical y 20 ddt se realizó la poda de formación.

Variables de crecimiento

El porcentaje de sobrevivencia al trasplante se determinó a los cuatro días después del trasplante, en el que se consideró el efecto orilla. Las variables de crecimiento evaluadas fueron la altura de la planta (cm), número de brotes a los 30 y 45 ddt. A los 60 ddt se midió longitud de raíces (cm) y biomasa seca de hojas, tallos y raíces se pesaron en una balanza digital (Ohaus, Pioneer) en gramos. Para la determinación de biomasa seca se separaron hojas, tallos y raíces de las plantas previamente lavadas con agua destilada, se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado (Lumistell, serie HTP-42) hasta peso constante.

Concentración nutrimental foliar

A los 60 ddt se realizó el muestro para el análisis químico foliar. Se determinó NT por el método micro-Kjeldahl modificado para incluir nitratos, P por colorimetría con molibdato y vanato de amonio, K y Na por emisión atómica y Mg, Na, Fe, Mn, Cu y Zn por absorción atómica con un equipo de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 100[®].

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones, como unidad experimental se usaron cuatro plantas. Los datos en porcentajes se normalizaron con la raíz cuadrada del arcoseno y los datos obtenidos se analizaron mediante un Andeva, las variables con significancia se sometieron a una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el programa estadístico de Statical Analysis Software versión 9.1 (SAS, 2003).

Resultados y discusión

Porcentaje de sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia de estevia fue mayor al 81% en todos los tratamientos; sin embargo, la lombricomposta (LC) presentó la máxima sobrevivencia con 98.9%, mientras que el estiércol ovino (EO) obtuvo el menor porcentaje con 81.5% (Figura 1), lo que significa que los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), mientras que el tratamiento fertilizante químico (FQ; testigo) fue estadísticamente igual a los tratamientos LC y EB (Figura 1).

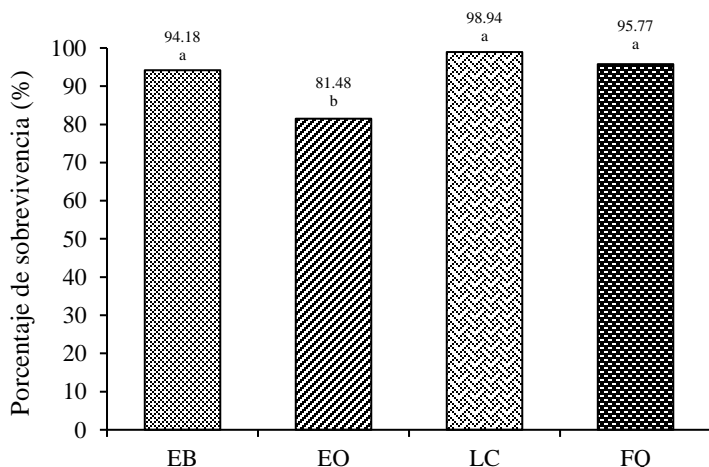


Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia al trasplante de *Stevia rebaudiana* Bertoni var. Morita II, establecidas con diferentes enmiendas orgánicas. EB= estiércol bovino, EO= estiércol ovino; LC= lombricomposta; FQ= fertilizante químico. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Las diferencias en el porcentaje de sobrevivencia de las plantas establecidas con lombricomposta se vieron favorecidas porque la LC reduce la relación C: N, la fitotoxicidad de los residuos orgánicos y tiene baja conductividad eléctrica; esto se puede observar con el análisis químico de cada tratamiento (Cuadro 2); asimismo, Guerrero *et al.* (2012) mencionan que la LC es un producto estable que evita riesgos en el sistema suelo-planta asociado con la oxidación del suelo.

Por otra parte, el estiércol ovino utilizado sin proceso previo de descomposición posiblemente afectó la sobrevivencia de las plantas al elevar la actividad microbiana del suelo y facilitar el desdoblamiento de sustancias orgánicas nitrogenadas que generan nitrógeno amoniacal, que puede ocasionar la quemadura de las raíces. Es importante mencionar que las condiciones climatológicas pudieron afectar la sobrevivencia de las plantas, porque las precipitaciones fueron superiores a los 300 mm mensuales y temperaturas mayores a los 26 °C (CONAGUA, 2020), factores ambientales que contribuyen al desarrollo y crecimiento de estevia.

Altura de planta

Se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la altura de planta entre los tratamientos a los 30, 45 y 60 ddt (Figura 2). Las plantas cultivadas con LC presentaron el mayor crecimiento en las tres fechas evaluadas con 14.75, 23.767 y 40 cm respectivamente, y superó al testigo (FQ) en 34.1, 57.8 y 116.2%, quien presentó una altura de 11, 15 y 18.5 cm, respectivamente.

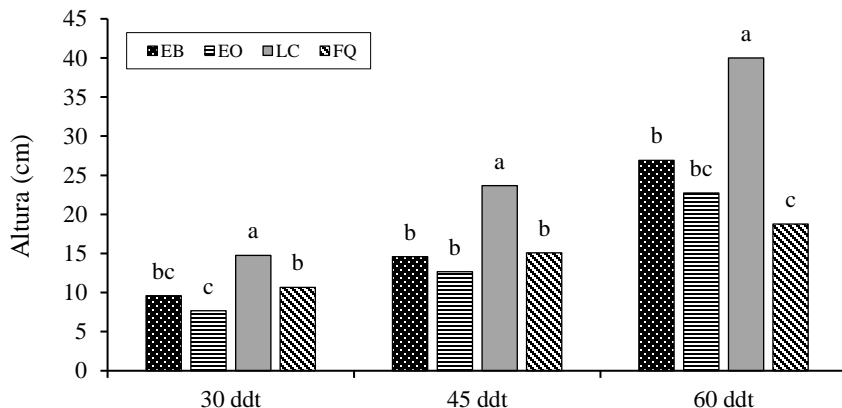


Figura 2. Altura de planta de *Stevia rebaudiana* Bertoni var. Morita con diferentes enmiendas orgánicas, a los 30, 45 y 60 días después del trasplante. EB= estiércol bovino; EO= estiércol ovino; LC= lombricomposta; FQ= fertilizante químico. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Nuestros resultados de altura fueron menores a los reportados por González *et al.* (2019); Karimi *et al.* (2019); Sheikhalipour *et al.* (2021) en otros sistemas de cultivo. Sin embargo, los resultados de este experimento coinciden con lo reportado por Aghighi *et al.* (2019) y con Romero *et al.* (2017) quienes mencionan que a mayor proporción de lombricomposta en plantas de *Stevia pilosa* Lag. Y *Stevia tomentosa* H. B. K., se mejora el crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad nutrimental.

Al respecto, Domínguez *et al.* (2010) mencionan que el aumento en el crecimiento y la productividad de cultivos hortícolas abonadas con lombricomposta se debe a que este material mejora la estructura física y química del suelo y favorece otros mecanismos biológicos que estimulan el crecimiento vegetal, como la producción de ácidos húmicos, enzimas libres y sustancias reguladoras del crecimiento vegetal.

Número de brotes

En número de brotes no hubo diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos a los 30 ddt, todos los tratamientos produjeron en promedio 5.1 brotes por planta (Cuadro 3). A los 45 días de cultivo, el tratamiento LC presentó el mayor número de brotes por planta (23.1) superando al resto de los tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por Villalba *et al.* (2018) quienes señalan que la lombricomposta crea mejores condiciones para el crecimiento de estevia produciendo tres veces más brotes que la gallinaza; por otra parte, Avilés *et al.* (2019) mencionan que plantas de *Leucaena leucocephala* cultivadas con lombricomposta presentaron 18.3% más brotes que el testigo (sin lombricomposta). Además, González *et al.* (2019) encontraron mayor número de ramas (33.8) por planta, a la edad de 60 días en condiciones de invernadero cultivadas en tierra negra con lombricomposta.

Cuadro 3. Número de brotes y longitud de raíz de *Stevia rebaudiana* Bertoni var. Morita cultivada con diferentes enmiendas orgánicas.

Tratamientos	Número de brotes		Longitud de raíz
	15 ddt	45 ddt	60 ddt
EB	5 ab	11.8 b	15 b
EO	5.2 ab	10.6 b	14.6 b
LC	6 a	23.1 a	17.7 a
FQ	4.4 ab	12.4 b	14.5 b
CV	40.73	43.18	18.51

EB= estiércol bovino; EO= estiércol ovino; LC= lombricomposta; FQ= fertilizante químico; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Longitud de raíz

El uso de la lombricomposta favoreció el crecimiento de las raíces de la planta (60 ddt) al presentar la mayor longitud con 17.7 cm, comparado con los tratamientos EB, EO y FQ (testigo) con menor longitud de 15, 14.6 y 14.5 cm respectivamente, Cuadro 3. En relación a esto, Salazar *et al.* (2018) reportan que la lombricomposta modifica las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, lo que afectan positivamente las variables agronómicas del cultivo de *Stevia rebaudiana*, estos resultados coinciden con Liu *et al.* (2011) quienes reportan que a partir de los 60 ddt, hay un mayor vigor de las raíces de *Stevia rebaudiana* en plantas crecidas con residuos orgánicos comparadas con plantas fertilizadas químicamente, también Campos *et al.* (2020) reportan que el uso de enmiendas orgánicas al suelo favorecen el crecimiento radicular de las plantas, al mejorar la estructura del suelo, aumento de la actividad microbiana, la absorción de nutrientes y la retención de humedad.

Por otra parte, Gayosso *et al.* (2021) mencionan que las raíces de las plantas en contenedor se distribuyen de acuerdo con las características físicas del sustrato, como la porosidad y en consecuencia la distribución del agua. Es posible que el uso de lombricomposta como enmienda orgánica haya mejorado las propiedades físicas, así como la disponibilidad hídrica y la actividad biológica del suelo (Cauich *et al.*, 2018; Salazar *et al.*, 2018) lo que se vio reflejado en un incremento del sistema radical.

Biomasa seca

A los 60 ddt, la producción de biomasa seca de hojas en los tratamientos con enmiendas orgánicas, no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre sí, comparados con el testigo (Cuadro 4). Sin embargo, la biomasa seca total de las plantas con lombricomposta, estiércol bovino y ovino, fueron superiores a la biomasa de las plantas cultivadas con fertilizantes químicos (FQ). La producción de biomasa seca con enmiendas orgánicas, coinciden con los resultados obtenidos por Liu *et al.* (2011) a los 80 ddt, donde la biomasa seca por planta en estevia fue superior con abonos orgánicos que con fertilizantes químicos; por otra parte, Velázquez *et al.* (2017) mencionan que la aplicación de estiércol bovino en estevia fue significativamente superior al testigo en producción de biomasa seca de hoja por planta.

Cuadro 4. Biomasa seca de hoja, tallo y raíz de *Stevia rebadiana* Bertoni var. Morita II a los 60 días después del trasplante cultivada con diferentes enmiendas orgánicas.

Tratamientos	Hoja	Tallo	Raíz	Biomasa total
EB	5 a	3 a	1 a	9 ab
EO	4 ab	2 a	1.5 a	7.5 ab
LC	6.16 a	3.33 a	2 a	11.49 a
FQ	2 b	1.33 a	0.83 a	4.16 b
CV	24.62	36.45	47.18	30.01

EB= estiércol bovino; EO= estiércol ovino; LC= lombricomposta; FQ= fertilizante químico; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Concentración nutrimental foliar

Para N, P, K, Ca, Mg, Na y Mn no se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en concentración nutrimental foliar analizados a los 60 días después del trasplante (Cuadro 5). Con respecto al N se debe a que se aplicó la misma cantidad en todos tratamientos; sin embargo, si hubo diferencias estadísticas en el contenido de Cu, Fe y Zn (Cuadro 2); no obstante, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Yu-Ming *et al.* (2021), las diferencias pueden deberse a que el experimento fue conducido bajo otras condiciones de cultivo.

Cuadro 5. Concentración de nutrimental foliar en *Stevia rebadiana* Bertoni var. Morita II a los 60 días después del trasplante cultivada con diferentes enmiendas orgánicas.

Nutrimento	EB	EO	LC	FQ	CV
N (%)	3.133 a	2.906 a	2.37 a	3.106 a	16.49
P (g kg ⁻¹)	3.853 a	4.58 a	3.523 a	2.74 a	20.69
K (g kg ⁻¹)	8.285 a	8.754 a	8.306 a	8.561 a	10.39
Ca (g kg ⁻¹)	0.675 a	0.589 a	0.615 a	0.817 a	13.34
Mg (g kg ⁻¹)	0.22 a	0.205 a	0.22 a	0.24 a	16.44
Na (g kg ⁻¹)	0.075 a	0.072 a	0.095 a	0.075 a	41.16
Cu (mg kg ⁻¹)	10.696 a	9.123 a	5.15 b	6.433 b	35.38

Nutrimiento	EB	EO	LC	FQ	CV
Fe (mg kg ⁻¹)	713.97 b	786.63 b	1205.35 a	523.2 b	33.62
Mn (mg kg ⁻¹)	83.68 a	72.38 a	74.82 a	84.09 a	18.04
Zn (mg kg ⁻¹)	41.550 a	36.93 a	32.943 a	4.340 b	37.77

EB= estiércol bovino; EO= estiércol ovino; LC= lombricomposta; FQ= fertilizante químico; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Las concentraciones de los macronutrientes en la biomasa seca en algunos casos no se relacionan con las cantidades presentes en las enmiendas orgánicas. Por ejemplo, para Cu en los tratamientos EB y EO no presentaron diferencias significativas entre sí, a pesar de que el EO contiene 28.5% más de Cu que EB. Con respecto al Fe, el estiércol bovino contiene la mayor concentración y en el análisis nutrimental de la planta la LC reflejó las concentraciones más altas. Para Zn, el estiércol ovino mostró la mayor concentración; no obstante, en el análisis nutrimental no hubo diferencias estadísticamente significativas con los otros abonos, aunque el FQ fue estadísticamente diferente, con menor cantidad de este elemento.

Conclusiones

El establecimiento de *Stevia rebaudiana* Bertoni en campo cultivada con la enmienda de lombricomposta favoreció la sobrevivencia de la planta, mostró mayor altura, número de brotes y crecimiento radical, lo que significó un incremento de biomasa seca total, superando al rendimiento de la fertilización convencional y otras enmiendas evaluadas. Esto indica que el uso de abonos orgánicos mejora el desarrollo y crecimiento de *Stevia rebaudiana* Bertoni Variedad Morita II. En las condiciones del trópico húmedo.

Agradecimientos

Se agradece al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento de proyecto 'Producción y manejo agronómico de *Stevia Rebaudiana* en Tabasco, México'.

Literatura citada

- Aghighi, S. M.; Omid, H. and Jalal, S. T. 2018. Plant growth and steviol glycosides as affected by foliar application of selenium, boron, and iron under NaCl stress in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Industrial crops and products*. 125:408-415. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.029>.
- Aghighi, S. M.; Omid, H. and Jalal, S. T. 2019. *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and ion content in root and shoot. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 18(4):355-360. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.001>.
- Alva, W.; Obregón, R. y Ruiz, S. 2017. Efecto del estiércol de cuy en el cultivo de stevia (*Stevia rebaudiana*) en suelos degradados. *Investigación y Amazonía, Tingo María, Perú.* 7(4):10-13. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/140/123>.
- Avilés, N. F.; Ríos, G. L. M.; Olivares, P. J. y Osorio, M. T. G. 2019. Uso del lombricompost para el desarrollo de *Leucaena leucocephala* en un sistema silvopastoril en el sur del Estado de México. *Rev. Mex. Agroec.* 6(suplemento 2):1259-1264. <https://www.redalyc.org/journal/837/83757427008/83757427008.pdf>.

- Campos, M. J. L.; Álvarez, S. M. E.; Maldonado, T. R. y Almaguer, V. G. 2020. Aplicación de abonos orgánicos en el rendimiento y desarrollo radicular en el cultivo de aguacate. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 11(2):263-274. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2301>.
- Casaccia, J. y Álvarez, E. 2006. Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del ka'a he'e (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Paraguay. Manual técnico 8. Caacupé Ministerio De Agricultura y Ganadería, Dirección de Investigación Instituto Agronómico Nacional Agrícola. Asunción-Paraguay. 43 p.
- Cauich, C. R.; Pérez, A. G.; Lozano, M. G. C.; Garruña, R. H. y Ruíz, E. S. 2018. Productividad de *Stevia rebaudiana* Bertoni con diferentes láminas de riego e inoculantes microbianos. Nova Sci. 10(20):30-46. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1166>.
- CONAGUA. 2020. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- Díaz-Gutiérrez, C.; Hurtado, A.; Ortíz, A.; Poschenrieder, C.; Arroyave, C. and Peláez, C. 2020a. Increase in steviol glycosides production from *Stevia rebaudiana* Bertoni under organo-mineral fertilization. Industrial crops and products. 147:112220. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112220>.
- Díaz-Gutiérrez, C.; Trillos, A. T.; Villa, V.; Silva, Z.; Acevedo, L.; Arroyave, C.; Poschenrieder, C. and Peláez, C. 2020b. Altitude and fertilization type: concentration of nutrients and production of biomass in *Stevia rebaudiana* Bertoni. J. Plant Nutr. 44(3):322-336. Doi:10.1080/01904167.2020.1822402.
- Domínguez, J.; Lazcano, C. y Gómez-Brandon, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas: aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zool. Mex. 26(2):359-371. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500027&lng=es&tlng=es.
- Gayosso, R. S.; Castorena, M. D. G.; Estrada, M. A. B. y Hernández, R. S. 2021. Características micromorfológicas de sustratos orgánicos y su relación con retención de agua y crecimiento radical. Agrociencia. 55(3):195-208. Doi: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i3.2413>.
- González, M.; Daquinta, M.; Danilo, P.; Portal, N.; Mosqueda, O.; Andújar, I. y González, L. 2019. Efecto de la poda en la producción de biomasa y contenido de esteviolglicósidos de *Stevia rebaudiana* Bertoni var. Morita II. Biotecnología vegetal. 19(3):155-164. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207486472019000300155&lng=es&tlng=es.
- Guerrero, O. P. L.; Quintero, R. L.; Espinoza, V. H.; Benedicto, G. S. V. y Sánchez, M. D. J. C. 2012. Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de *Lupinus*. Terra Latinoam. 30(4):355-362. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325814007>.
- Herrera, C. F.; Gómez, J. R. y González, R. C. 2012. El cultivo de *Stevia (Stevia rebaudiana)* Bertoni en condiciones agroambientales de Nayarit, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Nayarit, México. 43 p.
- INEGI. 2018. Anuario estadístico y geográfico del estado de Tabasco. México. 23-28 pp. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825095123>.
- Karimi, M.; Ahmadi, A.; Hashemi, J.; Abbasi, A.; Tavarini, S.; Pompeiano, A.; Guglielminetti, L. and Angelini, L. G. 2019. Plant growth retardants (PGRs) affect growth and secondary metabolite biosynthesis in *Stevia rebaudiana* Bertoni under drought stress. South Afr. J. Bot. 121:394-401. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.028>.

- Liu, X.; Ren, G. and Shi, Y. 2011. The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Energy Procedia. 5:1200-1204. Doi:10.1016/j.egypro.2011.03.210.
- Palma-López, D. J.; Cisneros, J. D.; Moreno, C. E. y Rincón-Ramírez, J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 200 p.
- Rahayu, R. I.; Intan, B. M. and Lestari, K. 2020. A Comprehensive review of *Stevia rebaudiana* Bertoni effects on human health and its mechanism. J. Adv. Pharm. Ed. Res. 10(2):91-95. <https://japer.in/article/a-comprehensive-review-of-stevia-rebaudiana-bertoni-effects-on-human-health-and-its-mechanism>.
- Ramírez J. G.; Avilés, B. W. I.; Moguel, O. Y. B.; Góngoram, G. S. F. y May, L. C. 2011. Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), un cultivo con un potencial productivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicación especial núm. 4. Mérida, Yucatán México. 84 p.
- Rojas, E.; Bermúdez, V.; Motlaghzadeh, Y.; Mathew, J.; Fidilio, E.; Faria, J.; Rojas, J. and Bravo, M. C. 2018. *Stevia rebaudiana* Bertoni and its effects in human disease: Emphasizing its role in inflammation, atherosclerosis and metabolic syndrome. Current Nutr. Reports. 7(3):161-170. <https://doi.org/10.1007/s13668-018-0228-z>.
- Romero, F. J. C.; Rodríguez, M. D. L. N.; Escalante, E. A. S.; Gutiérrez, C. M. D. C.; Peña, V. C. B.; Cueto, W. J. A. y Burguete, H. E. 2017. Dinámica de crecimiento de stevia cultivada en sustratos orgánicos en invernadero. Rev. Fitotec. Mex. 40(3):341-350. <https://www.redalyc.org/journal/610/61050549010/html/>.
- Salazar, R. M. T.; Hernández, M. F.; Rangel, P. P.; Castruita, M. Á. S. y Mata, J. S. 2018. Caracterización de sustratos orgánicos en la producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Avances en Investigación Agropecuaria. 22(3):45-56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83758178003>.
- SAS Institute. 2003. Statistical Analysis System. SAS Release 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Sheikhalipour, M.; Esmailpour, B.; Gohari, G.; Haghighi, M.; Jafari, H.; Farhadi, H.; Kulak, M. y Kalisz, A. 2021. Salt stress mitigation via the foliar application of chitosan-functionalized selenium and anatase titanium dioxide nanoparticles in stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Molecules. 26(13):4090. <https://doi.org/10.3390/molecules2613409>.
- Velázquez, D. J. A.; Espínola, H. N. R.; Agüero, M. A. F.; Britez, G. D. V.; Duarte, N. D. L. y Serafini, J. D. A. 2017. Efecto de diferentes dosis de estiércol bovino en el cultivo orgánico de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni bajo sistema de riego por goteo. Investigación agraria. 18(2):101-110. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/376/307>.
- Villalba, M. C. J.; López, R. R. M.; Trinidad, S. A.; Quevedo, N. A. y Muratalla, L. A. 2018. Glucósidos en respuesta a dos fuentes de nutrición en *Stevia rebaudiana* Bertoni. Terra Latinoam. 36(4):411-421. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.318>.
- Yu-Ming, S.; Xiao-Lei, H.; Ting, Z.; Yong-Heng, Y.; Xiao-Fang, C.; Xiao-Yang, X. and Hai-Yan, Y. 2021. Potassium deficiency inhibits steviol glycosides synthesis by limiting leaf sugar metabolism in stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) plants. J. Int. Agric. 20(11):2932-2943. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63472-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63472-4).