



RESPUESTA VEGETATIVA DE PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) A LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOST Y FERTIRRIEGO †

[VEGETATIVE RESPONSE OF PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) TO THE APPLICATION OF VERMICOMPOST AND FERTIGATION]

Yiruba Morales-Ayala¹, Luis Fernando Ceja-Torres^{1*},
Carlos Méndez-Inocencio¹, Teodoro Silva-García¹, José Venegas-González¹
and Joel Pineda-Pineda²

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Michoacán. Justo Sierra No. 28
Jiquilpan, Michoacán, México. C.P. 59510. Email: lfceja@ipn.mx.

²Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-
Texcoco Km. 38.5, Texcoco, México C.P. 56230.

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The pitahaya (*Hylocereus* spp.) in Mexico it is an endemic fruit with great adaptation to different environments and like a cactus requires little water. In Santiago Tangamandapio, Michoacan, Mexico, is a backyard crop and its intensive production is of recent introduction. The pitahaya, for its nutritional requirements can be adapted to conventional and organic management with fertilizers, however, the nutrition of the crop has been little investigated.

Objective. The aim of this study was to evaluate the vegetative growth of pitahaya, in response to the application of vermicompost and fertigation. **Methodology.** Two experiments were established with species of *Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*. For each species a design randomized with eight treatments and 10 replications was used. The eight treatments were vermicompost doses (0, 50, 100 and 150 t ha⁻¹) with and without fertilization (200 mg·L⁻¹ of N, P and K) in drip irrigation. The variables evaluated were the number of outbreaks and the total length of stems, assessed monthly, and the nutritional content of stem compound samples eight months after the plantation was established.

Results. The plants with fertigation + 50 t ha⁻¹ of vermicompost, and fertigation + 150 t ha⁻¹ of vermicompost stimulated the highest production of shoots and stem elongation. In addition, the application combined of vermicompost and inorganic fertilizer had higher concentrations of potassium, calcium and nitrogen in stems.

Implications. This study evaluated the vegetative stage, it continues with the study in stages of flower and fruit development; to have a complete knowledge of the management of these cultivars, in organic and conventional nutrition systems. **Conclusion.** Both species respond to the application of organic amendments and fertigation.

Key words: Vermicompost; fertigation; *Hylocereus undatus*; *H. ocamponis*.

RESUMEN

Antecedentes. La pitahaya (*Hylocereus* spp.) en México es una fruta endémica con gran adaptación a diversos ambientes y como una cactácea requiere poca agua. En Santiago Tangamandapio, Michoacán, México, es un cultivo de traspatio y su producción intensiva es de reciente introducción. La pitahaya, por sus requerimientos nutrimentales puede ser adaptada a un manejo orgánico y convencional con fertilizantes, sin embargo, la nutrición del cultivo ha sido poco investigada. **Objetivo.** El objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo vegetativo de pitahaya, en respuesta a la aplicación de vermicompost y fertirriego. **Metodología.** Se establecieron dos experimentos con las especies *Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*. Para cada especie se usó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y 10 repeticiones. Los ocho tratamientos fueron las dosis de vermicompost (0, 50, 100 y 150 t ha⁻¹) con y sin fertilización (200 mg·L⁻¹ de N, P y K) en riego por goteo. Las variables evaluadas fueron el número de brotes y la longitud total de tallos, evaluados mensualmente, y el contenido nutrimental de muestras compuestas de tallo a ocho meses de que la plantación fue establecida. **Resultados.** Las plantas con fertirriego + 50 t ha⁻¹ de vermicompost, y fertirriego + 150 t ha⁻¹ de vermicompost estimularon la mayor producción de brotes y elongación de los tallos. Asimismo, la aplicación combinada de vermicompost y fertilizante inorgánico, tuvieron mayores concentraciones de potasio, calcio y nitrógeno en los tallos. **Implicaciones.** Este estudio evaluó la etapa vegetativa, se continúa con el estudio en las etapas de desarrollo de flor y fruto; para tener el conocimiento completo del manejo de estos cultivares, en los sistemas de nutrición orgánico y convencional. **Conclusión.** Ambas especies responden a la aplicación de enmiendas orgánicas y fertirriego.

Palabras clave: Vermicompost; fertirriego; *Hylocereus undatus*; *H. ocamponis*.

† Submitted May 27, 2019 – Accepted July 24, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

INTRODUCCIÓN

Las pitahayas son plantas silvestres epífitas que forman parte del orden Cactales, la familia Cactaceae, la subfamilia Cereoidae, la tribu Hylocereeae, la subtribu Hylocereinae y los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus* (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991). Dentro de las cactáceas con gran potencial productivo y económico se encuentra el género *Hylocereus*, el cual agrupa especies que presentan diversos hábitos de crecimiento. Su cultivo en México es una actividad económica redituable en regiones rurales donde las condiciones climáticas y edáficas no son favorables para otros cultivos, debido a la escasez de agua y a las características edáficas de pedregosidad y baja capacidad nutrimental (Montesinos *et al.*, 2015). La pitahaya se desarrolla de 0 a 2000 msnm, aunque crece mejor entre los 1000 y 2000 msnm, con precipitaciones mínimas de 470 mm, temperaturas de 18 a 26 °C y en suelos con pH de 5 a 8.5 (Cruz, 1994). Su capacidad de adaptación a distintas condiciones ecológicas; desde climas subtropicales hasta climas semiáridos, en suelos pobres y pedregosos, hasta suelos con alto contenido de materia orgánica (OIRSA, 2000; Gunasena *et al.*, 2006; Muchajib y Muchajib, 2012); lo hacen un cultivo aceptable para regiones con esas características. Sin embargo, no se cuenta con la experiencia tradicional en su manejo, por lo que se requieren investigaciones que permitan mejorar la producción y la calidad de la fruta, sobre todo considerando las perspectivas del mercado nacional e internacional.

La nutrición del cultivo ha sido poco investigada, aunque se ha documentado que la pitahaya responde positivamente a las aplicaciones orgánicas, así como a la fertilización inorgánica (Natividad, 1995). En Bangladesh, por ejemplo, la aplicación de N, P y K como fertilizante inorgánico más estiércol vacuno, mejoraron los rendimientos de la fruta de pitahaya (Chakma *et al.*, 2014). En otra cactácea como *Opuntia ficus-indica*, aplicaciones de 100 t ha⁻¹ de estiércol de bovino, produjeron en los cladodios tiernos, mayor concentración de Mn, Cu, Zn, Fe, P y K, y en el suelo incrementaron el contenido mineral y de materia orgánica (Zúñiga-Tarango *et al.*, 2009). También en *O. ficus-indica* se reflejó mayor concentración de Zn y B en los cladodios, al aplicar estiércol de bovino más fertilizante 17N-17P-17K (Santiago-Lorenzo *et al.*, 2016).

Por lo anteriormente citado, el objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo y la nutrición del cultivo de esquejes de pitahaya (*Hylocereus undatus* e *H. ocamponis*) en respuesta al uso de vermicompost y fertirriego, en Santiago Tangamandapio, Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

Los experimentos se establecieron en campo en el mes de mayo de 2016 en el Rancho Alicia, ubicado en el municipio de Santiago Tangamandapio, Michoacán, México, entre las coordenadas 19° 47' de latitud norte y 102° 21' de longitud oeste. A una altura de 1600 msnm, con clima semicálido y lluvias en verano (INEGI, 2009).

Caracterización del suelo y el vermicompost

Las características físicas y fisicoquímicas del suelo y el vermicompost, se muestran en la Tabla 1, y fueron realizadas con base en los estándares y metodologías de la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000 y la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, respectivamente.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizaron 160 esquejes de 30 cm de longitud; 80 de la especie *Hylocereus undatus* (pulpa blanca) y 80 de *Hylocereus ocamponis* (pulpa roja), a partir de plantas clones de 2.5 años de edad, establecidas en el mismo sitio, y originalmente donadas por la Universidad Autónoma Chapingo. Durante esta etapa experimental, no se utilizó maya sombra ni tutores para las plantas. Se utilizó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y diez repeticiones, distribuidos en cuatro hileras (dos para cada especie), con separación de 1 m entre plantas y 2 m entre hileras, como cultivo único; cada hilera constó de 40 plantas. Los tratamientos fueron: testigo sin fertilización o abono (T), vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), vermicompost 100 t ha⁻¹ (V-100), vermicompost 150 t ha⁻¹ (V-150); estos cuatro tratamientos se regaron con 5 litros de agua por planta cada 7 días, mediante un sistema de riego por goteo. En los siguientes tratamientos se aplicó fertirriego con 200 mg·L⁻¹ de N, P y K (F), fertirriego + vermicompost 50 t ha⁻¹ (F+V-50), fertirriego + vermicompost 100 t ha⁻¹ (F+V-100), y fertirriego + vermicompost 150 t ha⁻¹ (F+V-150). El fertirriego se hizo con fertilizante de la marca Ultrasol, lote: 25072016, con la fórmula 18-18-18 de N, K y P con alta solubilidad.

Parámetros evaluados

Para registrar el desarrollo vegetativo y crecimiento de ambas especies de pitahaya, se tomaron los datos de las variables de respuesta durante 13 meses después de la plantación. Se consideró el número de brotes de tallos por planta y la longitud total de los tallos (suma total de la longitud de todos los brotes en una planta).

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo del sitio experimental y el vermicompost.

| Parámetros | Suelo | NOM-021-RECNAT-2000 | Vermicompost | NMX-FF-109-SCFI-2007 |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|--------------|-----------------------|
| Textura (%) | Arcilla 54 Arena 24 Limo 22 | Arcillosa | ND | |
| pH | 5.6 | 5.1-6.5 (Moderadamente ácido) <1 | 8.6 | 5.5-8.5 |
| CE (dS m ⁻¹) | 0.22 | (Efectos despreciables de la salinidad) 3.6-6.0 (Alto) 1.0-1.19 (Suelos arcillosos) | 2.5 | <4 dS m ⁻¹ |
| MO (%) | 4.95 | 25-40 (Alta) | 24 | 20%-50% (base seca) |
| Da (g cm ³) | 1.04 | | ND | |
| CIC (Cmol(+)-Kg ⁻¹) | 25.67 | | ND | |

pH=Potencial de Hidrógeno, CE=Conductividad eléctrica, MO=Materia orgánica, Da=Densidad aparente, CIC=Capacidad de Intercambio Catiónico, ND=No determinada.

También se analizó el estado nutricional del cultivo a los ocho meses después de la plantación. Para el análisis de tejido vegetal, se colectó una muestra de tejido de cladodio completamente desarrollado. Para la determinación de todos los nutrientes, se usaron 0.5 g de materia seca, donde se realizó una digestión húmeda con una mezcla de solución diácida (ácido sulfúrico y ácido perclórico en relación 4:1) se agregaron 6 ml de agua oxigenada al 30 %; posterior a la digestión se aforó a 50 ml con agua destilada. La determinación del contenido de nitrógeno se hizo por el método de microkjeldahl (Chapman y Pratt, 1973). El contenido de P por el método de molibdo vanadato amarillo (Chapman y Pratt, 1973) leyendo la absorbancia a 420 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20 de Bausch & Lomb. El contenido de K y Na se determinó por flamaometría (Chapman y Pratt, 1973), para lo cual se usó un fotómetro de flama Corning 400. Las concentraciones de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, en un espectrofotómetro de Pye Unicam SP9 de Phillips.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de las variables en estudio se sometieron a un análisis de varianza (ANVA), mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) ver. 9.0, y se realizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$) para comparar las medias. También se realizó un análisis factorial entre los tratamientos de vermicompost y el factor tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de brotes y longitud total de tallos en pitahaya de pulpa roja y pulpa blanca

A partir del noveno mes (febrero de 2017) de establecidos los experimentos, se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los distintos tratamientos en el número de brotes (Tabla 2). Para *H. ocamponis*, los resultados mostraron que bajo este sistema de riegos semanales no hubo diferencias entre el tratamiento testigo y solo fertirriego. Cuando se usó solo manejo orgánico con vermicompost, el mejor tratamiento fue V-100, que superó aún al tratamiento con solo fertirriego (F). También se obtuvo que el fertirriego más vermicompost (F+V-50), fue el único que superó al tratamiento con solo vermicompost (V-100). Los mejores tratamientos a 13 meses después de la plantación fueron F+V-50, F+V-150 y V-100, de acuerdo con el número de brotes (Tabla 2), y al menos F+V-50 duplicó el número de brotes, con respecto al testigo y al fertirriego con NPK.

En el cultivo de pitahaya de pulpa blanca (*H. undatus*), el tratamiento con solo fertirriego superó al tratamiento testigo con solo riego, en número de brotes. En esta especie no hubo diferencias de los tratamientos que solo fueron manejados con vermicompost, con respecto del testigo. Los tratamientos V-50 y V-150 fueron estadísticamente iguales que solo fertirriego. La mejor respuesta en número de brotes de *H. undatus* fue con F+V-50 y F+V-150. Para esta especie, la combinación del fertirriego y la aplicación de vermicompost, tuvo un efecto positivo sobre la

producción de brotes a los 13 meses después de la plantación (Tabla 3).

Para la variable longitud total de tallos en pitahaya *H. ocamponis*, a los 13 meses después de la plantación, no hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento testigo con solo riego (T), el fertirriego (F) y la aplicación de solo vermicompost; incluso los tratamientos de fertirriego más vermicompost, fueron estadísticamente iguales que el testigo con solo riego, aun cuando F+V-50 y F+V-150 expresaron los valores más altos en longitud total de tallos y presentaron diferencias estadísticas en comparación con solo fertirriego (Tabla 4).

En pitahaya *H. undatus*, las respuestas fueron diferentes con respecto a la longitud total de tallos. En este caso se presentaron diferencias estadísticas entre el fertirriego (F) y el tratamiento testigo (T); este último, con igual significancia estadística que V-50, V-100 y V-150. Los tratamientos con la combinación vermicompost más fertirriego, superaron al testigo y a los que involucraron únicamente vermicompost, y solo el tratamiento F+V-50 superó al tratamiento con solo fertirriego (Tabla 5). Cabe señalar que la longitud total de tallos en las plantas tratadas con F+V-50, fue de 237

cm más que la longitud de los tallos de las plantas testigo.

De los resultados obtenidos en el número de brotes y la longitud total de tallos, fue notoria la diferencia en la respuesta de las plantas de pitahaya *H. ocamponis* e *H. undatus*. Estas diferencias pueden ser tomadas en cuenta para definir un manejo específico, determinado con las características de origen natural y morfológico de cada especie (Ortiz, 1995).

A los 13 meses de evaluación del desarrollo y crecimiento de la pitahaya *H. undatus* e *H. ocamponis*, bajo las condiciones de suelos de arcilla montmorillonita del sitio experimental, hubo respuesta favorable al manejo establecido. Los datos son promisorios, tanto por la respuesta al manejo orgánico, como al convencional con uso de fertilizantes y riego por goteo. Los tratamientos que estimularon mayor crecimiento y desarrollo de la pitahaya en ambas especies fueron la combinación de sustrato orgánico y fertirriego en los tratamientos F+V-50 y F+V-150. Pero de manera consistente el tratamiento F+V-50 presentó mejor respuesta cuantitativa, qué considerando costos y eficiencia de recurso, es el tratamiento más viable en la etapa vegetativa para

Tabla 2. Número de brotes de tallo en plantas de pitahaya (pulpa roja), en respuesta a vermicompost y/o fertirriego.

| Tratamientos [±] | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---------------------------|---------|--------|---------|---------|----------|
| T | 6.4 cd | 6.4 c | 6.4 c | 9.0 c | 12.0 dc* |
| F | 3.8 d | 4.6 c | 5.4 c | 12.8 bc | 12.8 c |
| V-50 | 6.8 cd | 6.8 c | 6.8 c | 10.8 c | 11.0 dc |
| V-100 | 11.0 bc | 12.2 b | 13.2 b | 17.6 ab | 19.0 b |
| V-150 | 4.8 d | 4.8 c | 5.0 c | 7.8 c | 8.4 d |
| F+V-50 | 13.8 ab | 12.0 b | 14.8 ab | 22.8 a | 23.6 a |
| F+V-100 | 6.2 d | 6.4 c | 7.8 c | 11.6 c | 13.2 c |
| F+V-150 | 17.0 a | 18.0 a | 19.0 a | 18.8 a | 19.8 ab |

La plantación fue establecida en Mayo 2016, los datos presentados son del 2017. *Medias con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.01$); [±]Testigo sin fertilización (T), Fertirriego con 100 ppm de NPK (F), Vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), 100 t ha⁻¹ (V-100), 150 t ha⁻¹ (V-150).

Tabla 3. Número de brotes de tallos en plantas de pitahaya (pulpa blanca), en respuesta a vermicompost y/o fertirriego.

| Tratamientos [±] | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---------------------------|---------|--------|--------|---------|----------|
| T | 3.6 bc | 4.6 b | 4.6 b | 5.6 d | 9.4 d* |
| F | 2.6 c | 5.6 b | 5.6 b | 10.4 bc | 14.8 bc |
| V-50 | 4.0 bc | 4.0 b | 6.8 b | 8.0 cd | 11.8 cd |
| V-100 | 5.4 bc | 5.6 b | 5.6 b | 6.2 d | 8.2 d |
| V-150 | 5.8 b | 6.8 b | 7.0 b | 7.4 cd | 11.0 cd |
| F+V-50 | 10.4 a | 11.4 a | 11.6 a | 12.4 ab | 19.8 a |
| F+V-100 | 4.2 bc | 5.6 b | 6.4 b | 9.2 bcd | 12.4 bcd |
| F+V-150 | 10.2 a | 12.2 a | 13.4 a | 14.6 a | 16.8 ab |

La plantación fue establecida en Mayo 2016, los datos presentados son del 2017. *Medias con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.01$); [±]Testigo sin fertilización (T), Fertirriego con 100 ppm de NPK (F), Vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), 100 t ha⁻¹ (V-100), 150 t ha⁻¹ (V-150).

Tabla 4. Longitud total de tallos (cm) en plantas de pitahaya (pulpa roja), en respuesta a vermicompost y/o fertirriego.

| Tratamientos [±] | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| T | 140.6 c | 141.6 bc | 183.0 bc | 303.0 abc | 334.5 ab* |
| F | 127.8 cd | 129.4 bc | 191.2 bc | 269.4 bcd | 281.8 bc |
| V-50 | 102.6 d | 147.2 b | 185.4 bc | 236.2 bcd | 288.8 b |
| V-100 | 197.8 b | 217.0 a | 244.8 ab | 325.2 ab | 332.2 ab |
| V-150 | 105.0 d | 105.0 c | 130.4 c | 190.0 d | 192.7 c |
| F+V-50 | 236.4 a | 236.4 a | 242.6 ab | 378.4 ab | 402.6 a |
| F+V-100 | 156.3 c | 159.3 b | 194.4 abc | 225.6 cd | 335.6 ab |
| F+V-150 | 193.8 b | 203.8 a | 265.2 a | 383.4 a | 414.8 a |

La plantación fue establecida en Mayo 2016, los datos presentados son del 2017. *Medias con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.01$); [±]Testigo sin fertilización (T), Fertirriego con 100 ppm de NPK (F), Vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), 100 t ha⁻¹ (V-100), 150 t ha⁻¹ (V-150).

Tabla 5. Longitud total de tallos (cm) en plantas de pitahaya (pulpa blanca), en respuesta a vermicompost y/o fertirriego.

| Tratamientos [±] | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| T | 86.0 de | 86.0 de | 91.6 e | 98.1 g | 147.8 c* |
| F | 110.5 cd | 110.5 cd | 117.1 de | 207.0 cd | 271.7 b |
| V-50 | 77.0 e | 77.9 e | 127.6 de | 182.5 ed | 187.2 c |
| V-100 | 90.6 de | 92.2 de | 94.8 e | 130.4 fg | 167.6 c |
| V-150 | 135.9 bc | 137.8 bc | 141.6 cd | 156.0 ef | 177.1 c |
| F+V-50 | 195.6 a | 199.6 a | 249.4 a | 317.3 a | 384.8 a |
| F+V-100 | 94.5 de | 99.6 de | 178.0 bc | 263.2 b | 268.1 b |
| F+V-150 | 160.6 b | 163.8 b | 187.6 b | 240.8 bc | 265.2 b |

La plantación fue establecida en Mayo 2016, los datos presentados son del 2017. *Medias con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.01$); [±]Testigo sin fertilización (T), Fertirriego con 100 ppm de NPK (F), Vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), 100 t ha⁻¹ (V-100), 150 t ha⁻¹ (V-150).

ambas especies, en un manejo convencional. Resultados similares, en número y longitud de brotes, se lograron con la aplicación de materiales orgánicos (desechos de hormiga arriera, estiércol de vaca y estiércol de cabra) y riegos de auxilio, en la especie *H. undatus*, en comparación con el riego a base de agua (Salais, 2011). Es conveniente realizar más estudios considerando dosis más bajas de vermicompost, sobre el efecto en la inducción de floración, en la composición del fruto y en la disponibilidad de nutrimentos. En este trabajo, el tratamiento F+V-50 fue la dosis más baja de vermicompost con 5 kg por planta, aunque algunos productores de pitahaya en Colombia aplican 6 libras de gallinaza por planta (OIRSA, 2000), que es un producto con mayor contenido de nitrógeno. En un manejo orgánico, es necesaria la adición de una fuente extra de nitrógeno, como harina de pescado, gallinaza, entre otras. Aun cuando hay pocas investigaciones sobre la nutrición de la pitahaya, es un hecho que el efecto en el crecimiento y desarrollo de estas plantas, se adjudica a la disponibilidad de macro y micronutrimentos disponibles en el suelo; lo cual coincide con reportes de varios investigadores (Raveh *et al.*, 1993; Mizrahi y Nerd, 1999; Nobel y De la Barrera, 2002; Le Bellec *et al.*, 2006; Pohlan *et al.*, 2007), quienes concluyeron

que la pitahaya presenta adaptaciones más rápidas, muestra mayor desarrollo de brotes e incrementa la materia seca aérea con la aplicación de fertilizaciones equilibradas; formadas por materia orgánica en descomposición, ya sea de estiércol o gallinaza y compuestos químicos de N, P y K. También se ha documentado que la aplicación sola o combinada de fertilizante orgánico e inorgánico, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo e incrementa los rendimientos de los cultivos (López-Mtz *et al.*, 2001; Flores-Aguilar *et al.*, 2012; Jácome *et al.*, 2013; Zano *et al.*, 2018). Por otro lado al correr un análisis estadístico factorial, considerando los factores vermicompost en sus diferentes dosis y el tiempo durante los meses de febrero a junio, sobre el crecimiento y desarrollo de ambas especies, se pudo observar una interacción significativa ($p \leq 0.0001$) en pitahaya de pulpa blanca y pulpa roja ($p \leq 0.0277$) entre ambos factores; de tal manera que a medida que transcurrió el tiempo en esos meses, la longitud total de los tallos fue aumentando paulatinamente en ambas especies, aún más que en el tratamiento testigo. Sin embargo, respecto al número de brotes de tallo, la interacción solo fue significativa ($p \leq 0.0012$) en la pitahaya de pulpa blanca. Considerando que el vermicompost tiene una influencia muy marcada en la

estructura del suelo, sobre todo en el tipo de suelos arcillosos montmorilloníticos clasificados como vertisoles, se reduce la densidad aparente (Sánchez-Hernández *et al.*, 2006), consecuentemente aumenta la aireación, la capacidad de retención de agua por la formación de macro-agregados (Bravo-Garza *et al.*, 2009, 2010), así como el mejoramiento de las condiciones necesarias para la proliferación de microorganismos benéficos, como las bacterias, hongos y los actinomicetes (Colín-Navarro *et al.*, 2019). Aunado a lo anterior, se debe considerar que el vermicompost continúa su proceso humificativo en el lugar de su aplicación, generando sustancias húmicas que son responsables del crecimiento de las plantas (Lim *et al.*, 2015), lo que pudo favorecer en esta etapa vegetativa, al mayor crecimiento de tallos y mayor número de brotes.

Contenido nutrimental de tallos de pitahaya de pulpa roja y pulpa blanca

Los tallos de las plantas de *H. ocamponis* e *H. undatus* fueron analizados en su concentración de macro y micronutrientes. De manera general, se observó mayor concentración de los macronutrientes P y K en tallos de *H. undatus*, en los tratamientos con vermicompost solo y en vermicompost más fertirriego, en comparación con el testigo con solo riego. Se observa un incremento en la concentración de K en tallo de ambas especies conforme aumentó el contenido de vermicompost, lo que está relacionado

con el mayor aporte de sales. La concentración de N fue mayor en los tratamientos con solo vermicompost, sobre todo en tallos de *H. ocamponis*. El Ca también se incrementó con la incorporación de vermicompost más fertirriego. Sin embargo, para el caso de Mg, en todos los tratamientos donde se utilizó vermicompost, la concentración fue menor que la del testigo con solo riego y solo fertirriego con NPK (Tabla 6). Estos resultados concuerdan con Juárez-Cruz *et al.* (2012), al determinar altos contenidos de K y Zn en *H. undatus*; además Granados y Castañeda (1996) han señalado que entre los principales macronutrientes de las cactáceas se encuentran el calcio y el potasio, aunque al determinarse el contenido nutrimental de las plantas, la edad o su estado fenológico puede ser un factor de variación (Guzmán y Chávez, 2007). De igual forma, la incorporación de vermicompost de estiércol bovino en plantas de menta (*Mentha piperita* L.), incrementó la concentración de NO_3^- y K^+ en los tallos de las hojas (Romero *et al.*, 2013). Otro elemento sobresaliente fue el nitrógeno, elemento importante para el crecimiento, porque favorece el desarrollo de los tallos de pitahaya (López y Guido, 1998; Nobel y De la Barrera, 2002). Es importante señalar, que las concentraciones de calcio, potasio, nitrógeno, fósforo, magnesio, hierro, cobre y zinc determinadas en el tallo de la pitahaya, son similares con otras plantas superiores (Jones *et al.*, 1991); lo cual se puede relacionar con la capacidad de almacenamiento de nutrientes que poseen las cactáceas, aun cuando éstas poseen diferentes hábitos de crecimiento radicular (Gibson y Nobel, 1986).

Tabla 6. Composición mineral de tallos maduros de pitahaya (pulpa roja y pulpa blanca), en base seca.

| Trat [±] | <i>H. ocamponis</i> | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|----------|----------|--------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | P (%) | K (%) | N (%) | Ca (%) | Mg (%) | Fe (mg kg ⁻¹) | Cu (mg kg ⁻¹) | Zn (mg kg ⁻¹) |
| T | 0.18 b | 0.96 c | 1.01 c | 1.84 e | 0.71 a | 92.55 f | 29.93 b | 25.71 f* |
| F | 0.33 ab | 1.73 bcd | 1.79 a | 2.15 c | 0.75 a | 169.75 a | 9.86 d | 26.36 ef |
| V-50 | 0.18 b | 1.10 c | 1.46 abc | 1.85 e | 0.15 b | 113.55 d | 26.56 b | 35.86 a |
| V-100 | 0.35 ab | 1.88 bcd | 1.74 a | 2.67 a | 0.15 b | 123.95 c | 9.50 d | 27.63 def |
| V-150 | 0.22 b | 3.02 a | 1.61 ab | 1.10 g | 0.12 b | 91.58 f | 20.40 c | 27.36 def |
| F+V-50 | 0.49 a | 2.64 ab | 1.26 bc | 1.62 f | 0.14 b | 103.70 e | 16.53 cd | 30.20 bcd |
| F+V-100 | 0.32 ab | 1.76 bcd | 1.39 abc | 2.19 b | 0.18 b | 104.01 e | 16.66 cd | 31.90 b |
| F+V-150 | 0.35 ab | 1.90 bcd | 1.63 ab | 2.11 d | 0.15 b | 133.01 b | 41.36 ab | 29.63 bcd |
| Trat [±] | <i>H. undatus</i> | | | | | | | |
| | P (%) | K (%) | N (%) | Ca (%) | Mg (%) | Fe (mg kg ⁻¹) | Cu (mg kg ⁻¹) | Zn (mg kg ⁻¹) |
| T | 0.29 d | 1.53 d | 1.01 bcd | 1.26 f | 0.56 a | 88.40 c | 21.50 b | 21.05 c |
| F | 0.32 cd | 1.71 d | 1.43 a | 2.22 b | 0.12 cde | 87.60 c | 33.15 a | 21.10 c |
| V-50 | 0.21 e | 1.12 e | 0.78 cd | 1.18 g | 0.09 f | 86.68 cd | 33.18 a | 25.83 b |
| V-100 | 0.43 a | 2.37 b | 0.65 d | 2.11 d | 0.14 bcd | 74.02 d | 15.43 c | 25.45 b |
| V-150 | 0.39 ab | 2.09 bc | 1.10 abc | 1.10 h | 0.12 cde | 121.20 a | 13.53 cd | 24.65 b |
| F+V-50 | 0.39 ab | 2.11 bc | 1.25 ab | 1.74 e | 0.14 bcd | 74.25 d | 13.70 cd | 30.75 a |
| F+V-100 | 0.38 b | 2.04 c | 1.01 bcd | 2.35 a | 0.15 bc | 103.95 b | 19.73 b | 26.30 b |
| F+V-150 | 0.35 bc | 4.40 a | 1.35 ab | 2.12 c | 0.16 b | 108.85 b | 21.50 b | 29.00 a |

Análisis a nueve meses de la plantación. *Medias con la misma letra por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.01$); [±]Testigo sin fertilización (T), Fertirriego con 100 ppm de NPK (F), Vermicompost 50 t ha⁻¹ (V-50), 100 t ha⁻¹ (V-100), 150 t ha⁻¹ (V-150).

CONCLUSIONES

La pitahaya (*H. undatus*) y (*H. ocamponis*) responden favorablemente a la aplicación combinada de “vermicompost” y fertirriego en suelo vertisol. Se incrementó la concentración de potasio, calcio y nitrógeno en los tallos y se favoreció el crecimiento vegetativo de ambas especies; al generarse mayor número y longitud de brotes. Se recomienda el fertirriego con 200 mg·L⁻¹ de N, P y K + 50 t ha⁻¹ de vermicompost (5 kg por planta) que corresponde a la menor cantidad de abono orgánico. Hubo interacción significativa entre los factores vermicompost y tiempo, de tal manera que la longitud total de los tallos fue aumentando paulatinamente en ambas especies, aún más que en el tratamiento testigo.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Michoacán, y a la Universidad Autónoma Chapingo (Departamento de Suelos), por haber permitido realizar en sus instalaciones la presente investigación.

Financiamiento. Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Michoacán, mediante los proyectos SIP 2017 y 2018. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca proporcionada a la autora del presente artículo y a la beca BEIFI otorgada por el IPN.

Conflicto de intereses. Se declara que los autores no presentan conflictos de interés, relacionados con esta publicación.

Cumplimiento de las normas éticas. Se cumplieron todos los estándares éticos.

Disponibilidad de datos. Los datos están disponibles con el autor para correspondencia, Luis Fernando Ceja Torres (lfceja@ipn.mx) previa solicitud razonable.

REFERENCIAS

- Bravo, H., Sánchez-Mejorada, H. 1991. Las cactáceas de México. Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 643 p.
- Bravo-Garza, M.R., Bryan, R.B., Voroney, P. 2009. Influence of wetting and drying cycles and maize residue addition on the formation of water stable aggregates in Vertisols. *Geoderma*. 151: 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.03.022>
- Bravo-Garza, M.R., Voroney, P., Bryan, R.B. 2010. Particulate organic matter in water stable aggregates formed after the addition of ¹⁴C labeled maize residues and wetting and drying cycles in Vertisols. *Soil Biology and*

- Biochemistry*. 42: 953-959. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.02.012>
- Chakma, S.P., Harunor, R.A.S.M., Roy, S., Islam, M. 2014. Effect of NPK doses on the yield of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* [F.A.C. Weber] Britton & Rose) in Chittagong hill tracts. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 14: 521-526. DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.2014.14.06.12346
- Colín-Navarro, V., Domínguez-Vara, I.A., Olivares-Pérez, J., Castelán-Ortega, O.A., García-Martínez, A., Avilés-Nova, F. 2019. Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia*. 53: 161-173.
- Cruz, H.P. 1994. Situación actual de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en México. Memoria del primer encuentro nacional del cultivo de la pitahaya. San Marcos, Nicaragua.
- Flores-Aguilar, J.J., Vázquez-Rosales, R., Solano-Vergara, J.J., Aguirre-Flores, V., Flores-Pérez, F.I., Bahena-Galindo, M.E., Flores-Aguilar, J.J., Oliver-Guadarrama, R., Granjeno-Colín, A.E., Orihuela-Trujillo, A. 2012. Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*. 30: 213-220.
- Gibson, C.A., Novel, S. 1986. *The Cactus Primer*. Cambridge, Mass. Harvard University Press. 286 p.
- Granados, D.S., Castañeda, P.A.D. 1996. El nopal, historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas. México, D.F. 227 p.
- Gunasena, H.P.M., Pushpakumara, D.K.N.G., Kariyawasam, M. 2006. Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. Chapter 4. In: *Dragon Fruit Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose - a fruit for the future. Edit. World Agroforestry Center., New Delhi, India, pp. 110–142.
- Guzmán, L.D., Chávez, J. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia Ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 73: 41-45.
- INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Tangamandapio, Michoacán de Ocampo, Clave geoestadística 16084. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16084.pdf 04/12/2018.

- Jácome, B.A.R. Peñarete, M.W., Daza, T.M.C. 2013. Fertilización orgánica e inorgánica en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. 12: 59-67.
- Jones, J.B., Wolf, B., Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens, Georgia, EE.UU.: Micro-Macro Publishing, Inc. 213 p.
- Juárez-Cruz, A., Livera-Muñoz, M., Sosa-Montes, E., Goytia-Jiménez, M. A., González-Hernández, V.A., Bárcena-Gama, R. 2012. Composición química de tallos inmaduros de *Acanthocereus* spp. e *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose. Revista Fitotecnia Mexicana. 35: 171-175.
- Le Bellec, F.F., Vaillant, E. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. Fruits 61: 237-250. DOI: 10.1051/fruits:2006021
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., Shak, K.P.Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. Journal of the Science of Food and Agriculture. 95: 1143-1156. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6849>
- López, T.O., Guido, M.A. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agronomía Mesoamericana. 9: 66-71.
- López-Mtz, J.D., Díaz, E.A., Martínez, R.E., Valdez, C.R.D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoamericana. 19: 293-299.
- Mizrahi, Y., Nerd, A. 1999. Climbing and Columnar Cacti: New Arid Land Fruit Crops. pp. 358-366 In: J. Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Montesinos, C.J.A., Rodríguez-Larramendi, L., Ortiz-Pérez, R., Fonseca-Flores, M.A., Ruiz, H.G., Guevara-Hernández, F. 2015. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. Cultivos Tropicales. 36: 67-76.
- Muchajib, S., Muchajib, U. 2012. Application of fertilizer for pitaya (*Hylocereus undatus*) under clay soil condition. Acta Horticulturae. (ISHS), 928: 151-154. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.92.8.17>
- Natividad, R. 1995. El cultivo de pitahayas y sus perspectivas de desarrollo en México. Tabasco, México. 29 pp.
- Nobel, P.S., De la Barrera, E. 2002. Stem water relations and net CO₂ uptake for a hemiepiphytic cactus during short-term drought. Environmental and Experimental Botany. 48: 129-137. [http://dx.doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00016-3)
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>
- NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta) – Especificaciones y métodos de prueba. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- OIRSA. 2000. Manual técnico buenas prácticas de cultivo en pitahaya. Manual técnico del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Nicaragua. 54 p.
- Ortíz, H.Y.D. 1995. Avances en el conocimiento ecofisiológico de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*), Tesis de doctorado, Programa de Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Pohlan, H.A.J., Moya, G., Salazar, C.D.J., Marroquin, F.A., Janconese, M.J.J., Leyva, G.A., Guzmán C., Toledo, T.C., Gómez, A.R. 2007. Fruticultura orgánica en el trópico: situación y ejemplo de Mesoamérica. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. 108: 125-150.
- Raveh, E., Weiss, J., Nerd, A., Mizrahi, Y. 1993. Pitayas (Genus *Hylocereus*): A new fruit crop for the Negev Desert of Israel. pp. 491-495. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.), New crops. Wiley, New York. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits:2006021>
- Romero, F.J.C., Rodríguez, M.M.N., Gutiérrez, C.M.C., Sánchez, E.J. 2013. Vermicompost como sustrato en la producción de menta (*Mentha piperita* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5: 889-899.
- Salais, L.O. 2011. Evaluación de materiales orgánicos como fuente de fertilización para la pitahaya (*Hylocereus* spp.). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca. 71 p.

- Sánchez-Hernández, R., Palma-López, D.J., Hidalgo-Moreno, M.D. Ordaz-Chaparro, V., Benedicto-Valdés, G.S. 2006. Regeneración estructural de un suelo arcilloso por aportes de Vermicompost en la Chontalpa, Tabasco, México. Universidad y Ciencia. 22: 13-26.
- Santiago-Lorenzo, M.R., López-Jiménez, A., Saucedo-Veloz, C., Cortés-Flores, J.I., Jaén-Contreras, D., Suárez-Espinoza, J. 2016. Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica. Revista Fitotecnia Mexicana. 39: 403-407.
- Zanor, G.A., López-Perez, M.E., Martínez-Yañez, R., Ramírez-Santoyo, L.F., Gutiérrez-Vargas, S., León-Galván, M.F. 2018. Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. Ingeniería, Investigación y Tecnología. 19: 1-10. <http://dx.doi.org/10.22201/ii.25940732e.2018.19n4.036>
- Zuñiga-Tarango, R., Orona-Castillo, I., Vázquez-Vázquez, C., Murillo-Amador, B., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J.D., García-Hernández, J.L., Rueda-Puente, E. 2009. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. en diferentes tratamientos de fertilización. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 11: 53-68.