

La solución nutritiva, vermicomposta y micorrizas sobre el rendimiento y calidad de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'

The nutritive solution, vermicompost and mycorrhizae on the yield and quality of *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'

Cárdenas-Hidalgo D¹, Urbina-Sánchez E^{1*}, Valdez-Aguilar LA², Alejo-Santiago G³, Vázquez-García LM¹, Reyes-Alemán JC¹

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México. Carretera Tenancingo - Villa Guerrero Km. 1.5, 52400 Tenancingo, Méx.

² Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Calz Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah.

³ Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela. Km. 9.0 Xalisco. Nayarit. CP 63780.

RESUMEN

Lilium es de los cultivos más importantes en el Estado de México, sus altos volúmenes de producción, asociados al uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos, incrementan salinidad y alteran las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de las concentraciones de amonio en la solución nutritiva, el suministro de vermicomposta y micorrizas, así como sus interacciones, sobre el crecimiento y calidad de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'. Se plantaron bulbos en cajas con suelo franco arenoso, con o sin vermicomposta y con o sin micorrizas. Los riegos se realizaron con la solución de Steiner a 0.24 atm con tres relaciones de nitrato:amonio 100:0 %, 92.5:7.5 % y 87.5:12.5 %, y se compararon con fertilización convencional. Se conformó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2x2, los factores fueron amonio, vermicomposta y micorrizas. La solución nutritiva con 12.5 % de amonio incrementó altura de planta, peso seco, la concentración de K en hoja, y adelantó la floración y punto de corte. El aporte de vermicomposta y micorrizas no afectaron las variables de calidad. La vermicomposta al 5 % incrementó la concentración de nitrógeno y potasio en hojas.

Palabras clave: nutrición vegetal, amonio, nitratos, micorrizas, vermicomposta.

ABSTRACT

Lilium is one of the most important crops in the State of Mexico. Its high production volumes, associated with the use of large amounts of chemical fertilizers, increases soil salinity and alter its physical-chemical and biological properties. The objective was to evaluate the effect of ammonium concentrations in the nutrient solution, vermicompost and mycorrhizae supplies, as well as their interactions, on the growth and quality of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'. Bulbs were planted in boxes with sandy loam soil, with or without vermicompost and/or mycorrhizae. Irrigation was carried out with Steiner's solution at 0.24 atm with three nitrate:ammonium ratios of 100:0 %, 92.5:7.5 %

and 87.5:12.5 %, comparing with conventional fertilization. A completely randomized design was conformed with a 4x2x2 factorial arrangement, the factors were ammonium, vermicompost and mycorrhizae. The nutritive solution with 12.5 % ammonium increased plant height, dry weight, the K concentration in leaf, and advanced flowering and cut-off point. The contribution of vermicompost and mycorrhizae to the soil did not show significant differences in the quality variables. Vermicompost at 5 % increased the concentration of nitrogen and potassium in leaves.

Key words: plant nutrition, ammonium, mycorrhizae, nitrates, vermicompost.

INTRODUCCIÓN

El *Lilium* es una flor muy apreciada por su belleza, amplia gama de colores y por su variada utilidad en ramos, floreros, composiciones florales y jardines, características que han hecho que se incremente su demanda en el mercado. Es uno de los cultivos florícolas más importantes en el Estado de México, porque genera grandes volúmenes de producción. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020) reporta en el cierre de la producción agrícola 2020 que el valor de la producción de *Lilium* a nivel nacional fue de \$ 169,119,238 en una superficie cosechada de 270.18 Ha, el corredor florícola del Estado de México aportó 75.06 % del valor de producción, \$ 126,945,612 respecto del total nacional.

Los altos volúmenes de producción de *Lilium* pueden estar asociados al uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos que provocan el incremento de la salinidad del suelo alterando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La materia orgánica es un indicador clave de la calidad del suelo, el uso de vermicomposta como abono orgánico mejora las características del suelo, es un sustrato que no contamina, contiene sustancias reguladoras de crecimiento, tiene gran capacidad de intercambio catiónico (CIC), alto contenido de ácidos húmicos, mayor capacidad de retención de humedad y proporciona aireación y drenaje al suelo debido a su porosidad (Rodríguez *et al.*, 2007).

*Autor para correspondencia: Elizabeth Urbina Sánchez
Correo electrónico: elizaurbina@yahoo.com

Recibido: 7 de abril 2021

Aceptado: 9 de mayo de 2022



De acuerdo con Bolduc y Hijri (2011) y Leos *et al.* (2022) mencionan, las micorrizas aumentan la resistencia de las plantas a los patógenos, el estrés abiótico, según Azcón y El-Atrash (1997) se aumenta la actividad fisiológica vegetal, se producen hormonas y antibióticos que provocan cambios morfológicos en la planta, a lo que se le atribuye un aumento en el área radical y una mayor eficiencia en la absorción de NO_3^- , PO_4^{2-} , K^+ , Ca^{++} . La simbiosis micorrízica puede mejorar el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, reducir la necesidad de fertilizantes a base de fosfato. Según Reyes *et al.* (2021) la aplicación de micorrizas (*Glomus cubense*) aumentó la germinación y el peso fresco en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Leos *et al.* (2022) indicaron que los hongos micorrízicos promueven la emergencia de plántula de *Capsicum annum*. Arenas-Julio *et al.* (2021) señalaron, la fertilización nitrogenada incrementa la biomasa total y el rendimiento de los cultivos. El nitrógeno se absorbe principalmente como nitrato (NO_3^-) y, en menor medida, como amonio (NH_4^+) (Antúnez *et al.*, 2014). Marino y Morán (2019) mencionaron que el amonio provoca tolerancia a la salinidad, acidifica la zona de la rizósfera que permite la disponibilidad de nutrientes e incrementa la acumulación de antioxidantes en los cultivos. Antúnez *et al.* (2014), Liu y von Wirén (2017) y Marino y Morán (2019) señalaron que el amonio puede ser tóxico para las plantas al acumularse excesivamente en el citosol de la célula, esto provoca inhibición del crecimiento de raíces y brotes, asociadas con la clorosis de las hojas y desequilibrios iónicos. Según Antúnez *et al.* (2014) las mayores tasas de crecimiento vegetal y de rendimiento de cultivos se obtienen con una relación adecuada de $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$. Antúnez *et al.* (2014) encontró que con 30 % de NH_4^+ en la solución nutritiva se incrementó la tasa de crecimiento en plantas de crisantemo. Mantovani *et al.* (2018) reporta que con una relación 40% y 50% de NH_4^+ favoreció el crecimiento en plantas de *Phalaenopsis* y *Dendrobium*. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las concentraciones de amonio en la solución nutritiva, el uso de materia orgánica y micorrizas, así como sus interacciones sobre el crecimiento y calidad de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La investigación se realizó entre marzo y junio de 2019 bajo un invernadero del Área de Producción del Centro Universitario UAEM Tenancingo, ubicado a 18° 58' 122" N y 99° 36' 697" O, a una altitud de 2055 m (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005). Con un higrómetro se estimaron los promedios de la temperatura (22.2 °C) y la humedad relativa (52.6 %) y la intensidad luminosa promedio de 193 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, se midió con un fotómetro durante el ciclo de cultivo.

Material vegetal

El material vegetativo se obtuvo en la Empresa Flores de Bulbos Importados, en el municipio de Villa Guerrero. Se utilizaron bulbos de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' cal.

14/16, producido en Holanda. Con flores de color rosado, de 3 a 5 botones, un periodo de crecimiento de 90-100 días y una altura de planta de 130-140 cm (<https://www.vws-flowerbulbs.nl/bombilla/2221/indian-summerset>).

Establecimiento del cultivo

La plantación de los bulbos se realizó en 48 cajas de 59.5 cm de largo, 39.5 cm de ancho y una profundidad de 21.5 cm. Se llenaron con 35.5 kg de suelo cernido con malla de 0.5 cm y 4 kg de arena de tezontle, de las 48 cajas a 24 cajas se les adicionó 1.77 kg de vermicomposta y a las otras 24 no se les adicionó. En 12 cajas con vermicomposta y 12 sin vermicomposta se les aplicó micorrizas.

El suelo de textura franco-arenosa y fertilidad baja tenía una concentración de 0.35 % de N total con 508.2, 490.6, 204.6, 730.4, 24.2, 37.4, 347.6 y 426.8 $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y Na, respectivamente; pH de 6.1, conductividad eléctrica de 63.2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, materia orgánica de 0.2 % y CIC de 6.34 $\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$ [Laboratorio de Suelos Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX, 2020)]. La capacidad de campo del suelo fue 12 % y en la mezcla de suelo+vermicomposta fue de 14 %. Se plantaron seis bulbos por caja, previamente desinfectados en una solución de Benlate (1 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), a una profundidad de 8 cm y a una distancia entre planta e hilera de 10 cm; la mitad de los bulbos se inocularon con hongos endomicorrízicos de *Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. intraradices*, *E. columbiana* (PHC Hortic Plus®), se emplearon 7 g (50.75 esporas), los cuales se dividieron en dos franjas en el suelo de las cajas y se distribuyeron 3.5 g en el fondo del surco, que se abrió para depositar los bulbos. Se colocó una malla sombra de 50 % desde trasplante hasta corte. Se instalaron varillas de 1.5 m de alto como postes para sostener una malla de nylon para tutoreo con cuadros de 12.5 cm x 12.5 cm, 24 días después del trasplante (DDT).

Riegos

Los riegos del cultivo se llevaron a cabo cada tres días a capacidad de contenedor, con una solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984) a una presión osmótica de 0.24 atm, la cual se modificó con respecto a la relación nitrato:amonio (100:0, 92.5:7.5 y 87.5:12.5 % $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$) y se ajustaron a un pH de 5.5 a 6 y una conductividad eléctrica de 0.66 dS m^{-1} y se compararon con la fertilización convencional, en la que se hizo una aplicación con fertilizante granulado 16-16-16 (10 g por caja) un mes después de la plantación, posteriormente se hicieron únicamente dos fertirriegos, el primero mes y medio después de la plantación con fertilizantes solubles 18-46-0 y 19-19-19 (25 g de cada uno en 10 L de agua) y el segundo dos meses y medio después de la plantación con los mismos fertilizantes solubles (25 g de cada uno en 15 L de agua), los riegos normales se hicieron cada tres días solo con agua de riego a capacidad de contenedor. El agua contenía 1.4, 0.15, 1.3, 7.8, 18.2, 0.75, 0.04, 5.7, 153.21, 1.56, y 1 mg L^{-1} de NO_3^- , P, K, Ca, Mg, Br, Mn, Zn, Na, HCO_3^- , Cl y SO_4^{2-} , respectivamente (ICAMEX, 2019).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue uno completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores a evaluar fueron: nutrición del cultivo con la solución nutritiva de Steiner a 0.24 atm y tres relaciones de nitrato:amonio ($\text{NO}_3:\text{A}$) 100:0 % (A1), 92.5:7.5 % (A2) y 87.5:12.5 % (A3) respectivamente, y se comparó con la fertilización convencional (Testigo, T). Se evaluó el efecto con micorrizas (CM) y sin micorrizas (SM), y el efecto con vermicomposta (CV) y sin vermicomposta (SV), se conformó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2x2, en el que los factores fueron amonio, vermicomposta y micorrizas, lo que originó 16 tratamientos con tres repeticiones, cada uno con seis unidades experimentales.

El análisis de las variables se realizó con el paquete estadístico SAS, Statistical Analysis System Versión 9.1 (SAS Institute, 2004), la comparación de medias de los tratamientos se hizo con la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0.05$) y la comparación de medias de interacciones con la prueba Sheffé ($\alpha \leq 0.05$).

Variables de calidad y concentración de nutrimentos

La altura total de la planta (HPT), altura al ápice (HPA) y longitud de inflorescencia (LINF) se midieron con flexómetro hecho en México Truper® (cm) de su base al extremo superior. El ancho de botón floral (ABF) se midió en la parte media y su longitud LBF desde la base hasta la punta, en mm, con un vernier digital (Truper®, país). El peso fresco y seco de planta (PFTP, PSTP), tallo (PFT, PST), inflorescencia (PFINF, PSINF) de hoja (PFH, PSH) y bulbo (PFB, PSB) se midieron con una báscula digital con una precisión de 0.01 g (Ohaus®, EUA), las muestras se colocaron en bolsas de papel introduciéndolas en una estufa de aire forzado a 72° C hasta obtener un peso constante.

Contenido de macronutrimentos N, P, K, Ca y Mg se determinó en las hojas de los tallos florales. El nitrógeno total se determinó mediante una digestión ácida por el método Kjeldahl en su versión micro (< 100 mg). El resto de los macronutrimentos se extrajeron mediante una digestión húmeda, con una mezcla en una proporción 2:1 de H_2SO_4 y HClO_4 (CSTPA, 1980) y su cuantificación se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica Varian® (Palo Alto, California, EUA) para el caso de K, Ca, y Mg, mientras que la concentración de P se hizo por el método colorimétrico con un espectrofotómetro Hach DR 2800® (Ames, Iowa, EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el factor fertilización (Tabla 1) no se detectaron diferencias significativas en las variables contenido de calcio en hoja, en contraste con fósforo que presentó diferencia altamente significativa, mientras que el contenido de potasio y magnesio presentaron diferencia significativa por efecto de la solución nutritiva y la fertilización convencional o testigo.

El nitrógeno y calcio, éstos se mantienen dentro del rango de suficiencia que va de 2.00 a 4.00 % en nitrógeno y de 0.20 a 2.20 % para calcio (Tabla 1; Mills y Benton, 1996). El fósforo y potasio son altos de acuerdo a los rangos de

suficiencia registrados (Tabla 1). Mills y Benton (1996) indican que los niveles de suficiencia están entre 0.19 a 0.31 % en fósforo y entre 1.49 a 3.91 % en potasio. El contenido de magnesio es bajo, entre 0.19 a 0.30 % (Mills y Benton, 1996). Las soluciones utilizadas en la investigación contribuyen a una buena nutrición de macronutrimentos ya que no se presentaron deficiencias o anomalías en el cultivo y tampoco toxicidad con los rangos de valores presentados, a excepción del magnesio (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del amonio, vermicomposta y micorrizas sobre el contenido de macronutrimentos en hoja de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' cultivada en suelo.

Table 1. Effect of ammonium, vermicompost and mycorrhiza on macronutrients content in *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' grown in soil.

FACTOR	Concentración				
	N --- % ---	P --- % ---	K --- % ---	Ca --- % ---	Mg --- % ---
Amonio					
0%	2.10 a	0.61 a**	4.79 b*	1.31 a	0.16 a*
7.5%	2.03 a	0.55 a	4.81 b	1.37 a	0.16 a
12.5%	2.55 a	0.27 b	5.13 a	1.26 a	0.13 b
Testigo	2.35 a	0.29 b	5.13 a	1.35 a	0.13 b
Vermicomposta					
(sin)	2.01 b*	0.42 a	4.40 b**	1.31 a	0.15 a
(con)	2.50 a	0.44 a	5.53 a	1.33 a	0.14 a
Micorrizas					
(sin)	2.38 a	0.44 a	5.01 a	1.33 a	0.15 a
(con)	2.13 a	0.43 a	4.92 a	1.31 a	0.14 a
Interacción					
A*V	NS	NS	NS	NS	NS
A*M	NS	NS	NS	NS	NS
V*M	NS	NS	NS	NS	NS
A*V*M	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	13.26	20.36	6.84	19.85	17.88

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, (Duncan; $P \leq 0.05$). N = nitrógeno, P = fósforo, K = potasio, Ca = calcio, Mg = magnesio.

† Different letters in the same column indicate significant differences (Duncan; $P \leq 0.05$). N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium, Ca = calcium, Mg = magnesium.

El alto contenido de fósforo en hojas registrado en los factores evaluados y principalmente en la solución a la cual no se le suministró amonio (A1) y 7.5 % de amonio (A2) puede deberse a que la aplicación de amonio en la solución nutritiva acidifica la rizósfera (Marschner, 1995). Al aumentar la acidez del suelo se incrementa la actividad del hierro y del aluminio, en esta forma los fosfatos solubles quedan fijados como compuestos complejos e insolubles de hierro y aluminio (Sanguino, 1961), por lo tanto, se disminuye la cantidad de fósforo disponible para las plantas con alto nivel de amonio. Caso contrario ocurre en un sistema hidropónico que reportó Parra *et al.* (2012), en donde al aplicar una mayor concentración de amonio (15 %) con la solución nutritiva de

Steiner hubo una mayor absorción de fósforo en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

La solución A3 es la más equilibrada ya que los valores de contenido de macronutrientes en hoja presentados en la investigación, se mantienen en los rangos de suficiencia que reportan Mills y Benton (1996), solo magnesio quedó con una diferencia de 0.06 por debajo de los niveles de suficiencia y potasio con una diferencia de 1.22 % por arriba de los niveles, debido a esto se recomienda disminuir los niveles de potasio y aumentar los de magnesio para ajustar la solución nutritiva en relación a los rangos de suficiencia para el cultivo de *Lilium hybrida*. A pesar de que los valores de concentración de potasio superaron los niveles de suficiencia, no se presentaron daños por toxicidad y se obtuvieron plantas de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' con una altura de hasta 91 cm, siendo esta considerada un parámetro de calidad. Por su parte Xu *et al.* (2002) concluyeron que el NH_4^+ en una concentración de 15 al 30 % del N total en la solución nutritiva aumenta el rendimiento de pimiento dulce (*Capsicum annum* L. cv. Hazera 1195), así como la eficiencia del uso de K.

Szczerba *et al.* (2006) explican que la absorción de potasio en las plantas se da por dos sistemas de transporte de membrana distintos: el sistema de transporte de alta afinidad funciona a concentraciones externas bajas (<1 mM) de K^+ y el flujo se da hacia dentro de la célula en contra de un gradiente electroquímico, mediante el uso de un mecanismo de transporte paralelo K^+/H^+ , y en el sistema de transporte de baja afinidad dominan concentraciones externas más altas (>1 mM) de K^+ , a través de la actividad de los canales de potasio. Los resultados expuestos (Tabla 1) sobre el contenido alto de potasio en hojas de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' podrían ser explicados por lo dicho anteriormente, ya que el transporte de K^+ a una alta concentración en la parte externa de la célula, es limitante del transporte de NH_4^+ y contribuye a disminuir su toxicidad a niveles altos de K^+ . Probablemente los resultados se deben a la concentración de potasio en la solución nutritiva utilizada (2.33 mM) que rebasa lo expuesto por Szczerba *et al.* (2006), en este caso el amonio está siendo absorbido a través de canales que limitan la absorción de amonio y por la tanto su toxicidad. La similitud del K^+ con el NH_4^+ , en cuanto a su valencia y diámetro del ion hidratado, puede estar impidiendo la absorción de amonio debido a la alta concentración de potasio.

Marschner (1995) y Parra *et al.* (2012) encontraron que al aumentar el suministro de amonio en 15 % en la solución nutritiva de Steiner se disminuyó la concentración de magnesio a 0.2 % en tallos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), resultados similares se encontraron en las hojas de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset', al utilizar una solución con 12.5 % de amonio (Tabla 1).

Britto y Kronzucker *et al.* (2002) mencionaron que uno de los efectos dañinos que puede ocasionar el suministro de niveles altos de NH_4^+ en la planta es la inhibición de la absorción de cationes como el magnesio. Marschner (1995) citó que la absorción del magnesio puede estar fuertemente abatida por cationes como el amonio. Urbina *et al.* (2020)

reportaron que la concentración de Mg en la hoja de chile huacle (*Capsicum annum* L.) disminuyó por efecto del NH_4^+ .

Con respecto al factor aporte de vermicomposta en el suelo, se observa que no existieron diferencias significativas para las variables contenido de fósforo, calcio y magnesio en hoja, sin embargo, la aplicación de vermicomposta tuvo efecto altamente significativo sobre el contenido de potasio y efecto significativo en nitrógeno. Velasco *et al.* (2001) tuvieron resultados similares en cuanto a la adición de vermicomposta en plantas de tomate de cáscara (*Physalis spp.*) var. Rendidora con relación al contenido de nitrógeno con 2 %. De acuerdo con los rangos de suficiencia de macronutrientes reportados por Mills y Benton (1996) en *Lilium hybrida*, se destaca que los valores registrados sobre la variable contenido de potasio variaron de 4.40 a 5.53 (Tabla 1), los cuales son altos ya que exceden el rango de suficiencia que es de 1.49-3.91, en cuanto al nitrógeno los valores obtenidos variaron de 2.01 a 2.50 mismos que se mantienen dentro de la suficiencia de 2-4, de esto se asume que la vermicomposta aplicada al 5 % en el cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' provee el contenido de nitrógeno suficiente para un buen crecimiento de la planta. El contenido de magnesio es bajo mientras que la concentración de fósforo es alta, y los niveles de calcio se mantuvieron dentro del rango suficiencia de 0.20-2.20, en hojas de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset', conforme a los niveles de suficiencia reportados por Mills y Benton (1996). Cabe señalar que, en todos los factores estudiados, fertilización, vermicomposta y micorrizas, los niveles de concentración de nutrientes mantienen la misma tendencia.

Cuando se fertilizó el cultivo de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' con vermicomposta se elevó la concentración de nitrógeno y potasio en hojas, con respecto a las plantas que no se les aportó materia orgánica. No así en el contenido de fósforo donde no existieron diferencias significativas por efecto del uso de vermicomposta (Tabla 1), resultados similares fueron mostrados por Manjarrez *et al.* (1999) quienes tampoco obtuvieron diferencias por el contenido de fósforo en hoja de chile serrano (*Capsicum annum* L.).

En el factor aplicación de micorrizas (Tabla 1) se destaca que no se obtuvo diferencias significativas sobre el contenido macronutrientes evaluados en hojas de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'. La aplicación de micorrizas no afectó la absorción de N, P, K, Ca y Mg; contrario a lo reportado por Azcón y El-Atrash (1997) quienes indicaron que las micorrizas mejoran la producción de hormonas y antibióticos que contribuyen al aumento del área de la raíz y por lo tanto a una mayor eficiencia en la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Bolduc y Hijri (2011) señalaron que el micelio producido por las micorrizas genera una extensa red de hifas que permite mayor absorción de nutrientes. Por su parte Sylvia *et al.* (1993) dicen que las micorrizas modifican el pH de la rizósfera mejorando con ello la absorción nutrimental. En cuanto al fósforo quizá no hubo efecto en la absorción de este elemento en *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' debido al alto suministro de fósforo en la solución, Sylvia *et al.* (1993) advierte que cuando existen alrededor de 10 mg/Kg⁻¹ de P ex-

traíble en el suelo se afectan la funcionalidad de los hongos y sus beneficios.

El factor fertilización afectó la variable altura de planta al ápice, la mayor diferencia se presenta entre la solución con 12.5 % amonio y la solución con 0 % amonio con 3.37 cm (Tabla 2). Se enfatiza que la mayor altura de planta al ápice se obtiene cuando se usa 12.5 % de amonio en la solución evaluada. Álvarez *et al.* (2008) al suministrar una solución nutritiva de 0.72 atm a plantas de *Lilium* cv. Vermeer cultivadas en hidroponia, reportaron que la altura del tallo fue de 94.3 cm, mientras que en esta investigación se obtuvo una altura de tallo de 91.15 cm con la solución nutritiva a 12.5 % de amonio aplicada en suelo. Una relación adecuada de NO_3^- y NH_4^+ en una solución nutritiva incrementa el crecimiento en relación con la altura de planta, biomasa y el rendimiento de los cultivos (Chang *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2017).

Tabla 2. Efecto del amonio, vermicomposta y micorrizas sobre la altura de tallo y longitud de flor de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' cultivada en suelo.

Table 2. Effect of ammonium, vermicompost and mycorrhiza on stem height and flower length of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' grown in soil.

FACTOR	Variables de calidad de <i>Lilium</i>				
	HPT --- cm ---	HPA --- cm ---	LINF --- cm ---	ABF --- mm ---	LBF --- mm ---
Amonio					
0%	88.13 a	71.45 b	16.69 a	23.56 a	80.41 a
7.5%	88.79 a	72.32 a	16.48 a	22.92 a	78.18 a
12.5%	91.15 a	74.82 a	16.37 a	22.54 a	80.63 a
Testigo	88.72 a	71.73 b	17.01 a	23.18 a	81.39 a
Vermicomposta					
(sin)	97.33 a**	78.68 a**	18.67 a**	25.14 a**	85.98 a**
(con)	81.07 b	66.48 b	14.60 b	20.96 b	74.32 b
Micorrizas					
(sin)	90.43 a†	73.65 a†	16.81 a	23.23 a	80.96 a
(con)	87.96 b	71.51 b	16.47 a	22.87 a	79.34 a
Interacción					
A*V	NS	NS	NS	NS	NS
A*M	*	*	NS	NS	NS
V*M	NS	NS	NS	NS	NS
A*V*M	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	4.28	4.35	10.27	5.84	7.64

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, (Duncan; $P \leq 0.05$). HPT = altura de planta total, HPA altura de planta al ápice, LINF = largo de inflorescencia, ABF = ancho de botón floral, LBF = largo de botón floral.

† Different letters in the same column indicate significant differences, (Duncan; $P \leq 0.05$). HPT = total plant height, HPA plant height at apex, LINF = inflorescence length, ABF = flower bud width, LBF = flower bud length.

Con relación a la aplicación de vermicomposta, Domínguez *et al.* (2010) refirieron que ésta puede aumentar el crecimiento y desarrollo vegetal debido a que mejora las

propiedades físicas y químicas de los suelos, aporta microorganismos benéficos que incrementan la disponibilidad de nutrimentos, aumenta la actividad enzimática y la producción de fitohormonas. Como se sabe, el humus de lombriz tiene efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo en diversas especies vegetales, contrario a lo ocurrido en esta investigación; cuando se aplicó materia orgánica al cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' se registró un menor crecimiento (Tabla 2). A pesar de que las plantas tratadas con vermicomposta mostraron una mayor concentración de nitrógeno y potasio en hojas (Tabla 1), éstas no presentaron un incremento en el crecimiento. En las plantas donde no se utilizó vermicomposta se tuvo mayor altura de planta total con una diferencia de 16.29 cm, la altura de planta al ápice tuvo una diferencia de 12.2 cm, la longitud de la inflorescencia tuvo una diferencia de 4.07 cm, mientras que la variable ancho de botón floral mostró una diferencia de 4.18 mm, y la longitud de botón floral tuvo una diferencia de 13.66 mm (Tabla 2). Dichos resultados pudieron deberse a lo citado por Zaller (2007) quien menciona que la respuesta de las plantas a la vermicomposta es variable, de acuerdo a la especie vegetal y la variedad en la que se suministre. Por su parte Rodda *et al.* (2006) y Roberts *et al.* (2007) señalaron que el efecto de la vermicomposta sobre las plantas también va a depender del proceso de producción de ésta, el material de origen y el tiempo de almacenamiento.

Atiyeh *et al.* (2000) concluyeron que la respuesta de las plantas de tomate a la vermicomposta va a depender de su concentración en el medio de cultivo, ellos probaron diferentes concentraciones de vermicomposta para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cuando utilizaron 100 % de vermicomposta el rendimiento del cultivo disminuyó mientras que cuando utilizaron proporciones de 10 % y hasta 40 % mejoró el rendimiento. Los mismos autores señalaron que el suministro de vermicomposta en las plantas dan una respuesta típica hormonal, a menor concentración existe un mayor crecimiento de la planta y a mayor concentración se presenta una disminución del mismo. Por su parte Roberts *et al.* (2007) encontraron que el rendimiento, número y peso de frutos no se vieron afectados por la presencia de vermicomposta; con sus resultados rebatieron que los beneficios reportados por la vermicomposta en la producción hortícola son exagerados. Bachman y Metzger (2008) reportaron que la incorporación de vermicomposta en el sustrato a una concentración de 20 % mejoró el peso de brotes y raíces, área foliar y proporciones brote: raíz de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y caléndula francesa (*Tagetes patula nana*), sin embargo, la vermicomposta tuvo poca influencia sobre el crecimiento de plántulas de pimienta.

Las plantas de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' a las que no se les inoculó con micorrizas tuvieron un incremento en la altura de planta total (2.47 cm) y altura de planta al ápice (2.14 cm), más que las plantas que si fueron inoculadas. Azcón y El-Atrash (1997) mencionaron que las micorrizas producen hormonas y antibióticos que promueven el crecimiento de la raíz, lo que provoca una mayor eficiencia en la absorción de

nutrimentos y por lo tanto mejora el crecimiento de las plantas, caso contrario ocurrió en esta investigación, en donde no hubo respuesta de las plantas de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' a la inoculación de micorrizas y sus beneficios, esto alude a que la planta absorbió fósforo directamente de la solución nutritiva, a pesar de que ésta tiene una concentración de 0.24 atm, su contenido de fósforo puede ser alto para el caso de *Lilium*, esto sugiere que los niveles de fósforo en la solución nutritiva se pueden reducir aún más, con el propósito de promover los beneficios de la micorriza; Smith *et al.* (2011) propuso que la aplicación excesiva de fósforo puede alterar la colonización de las micorrizas en las raíces y en el suelo. Sylvia *et al.* (1993) mencionaron que concentraciones de 10 mg·Kg⁻¹ de P extraíble en el suelo afectan la funcionalidad de los hongos y los beneficios que aportan a las plantas. En general Rubí *et al.* (2009) dijo que la aplicación excesiva de fertilizantes puede evitar el crecimiento de las micorrizas.

En la Figura 1 se observa el efecto interactivo de los factores amonio x micorrizas sobre la variable altura de planta al ápice, se destaca que con el suministro de 0 % y 12.5 % de amonio en la solución nutritiva y sin aplicación de micorrizas se tiene la mayor altura de planta al ápice. También se distingue que no hubo diferencias significativas respecto a las plantas que son regadas con 7.5 % y 12.5 % de amonio y con la inoculación de micorrizas. En estos resultados se observa que en la mayoría de los tratamientos el suministro de amonio incrementó la altura del tallo al ápice en *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'. En la misma figura se destaca que con 7.5 % de amonio y sin micorrizas y el Testigo no mejoraron la longitud de tallo al ápice. Las plantas sin amonio y con la inoculación de micorrizas tuvieron la menor longitud de tallo al ápice. El testigo con y sin micorrizas no mejora la calidad de los tallos de corte de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'.

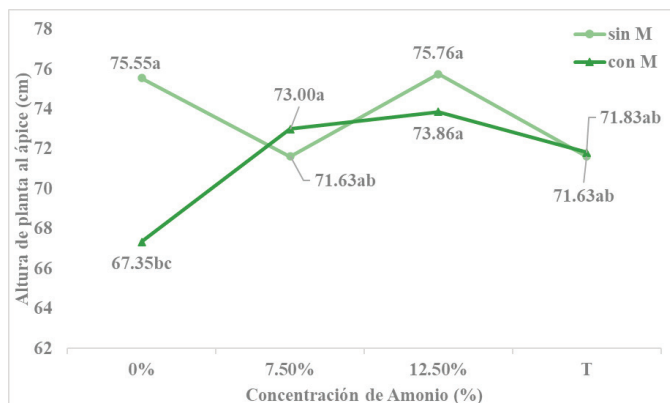


Figura 1. Efecto de la interacción amonio x micorrizas sobre la variable altura de planta al ápice (cm) en el cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

Figure 1. Effect of the ammonium x mycorrhiza interaction on the variable height of the plant at the apex (cm) in the cultivation of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

En la Figura 2 se observa el efecto interactivo de los factores amonio x micorrizas sobre la variable altura de planta total, se destaca que con el suministro con 0 % y 12.5 % de amonio y sin micorrizas se incrementó la longitud del tallo en *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' lo que sugiere que con el sólo suministro de la solución nutritiva se tienen tallos de calidad. Las plantas en las que no se adicionó amonio y se aplicó micorrizas la altura de los tallos no incrementó.

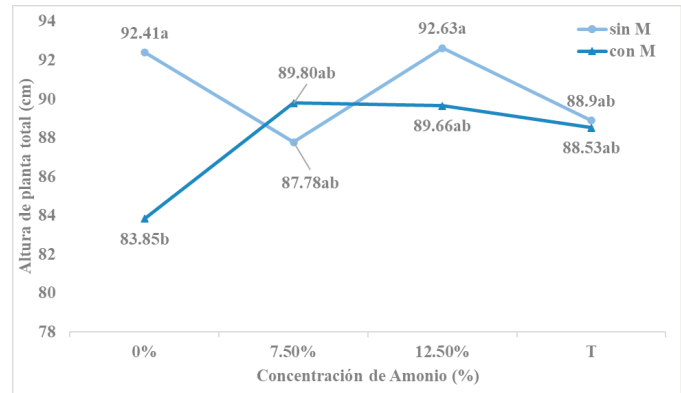


Figura 2. Efecto de la interacción amonio x micorrizas sobre la variable altura de planta total (cm) en el cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

Figure 2. Effect of the ammonium x mycorrhiza interaction on the variable total plant height (cm) in the cultivation of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

El tipo de fertilización utilizado en la investigación tuvo un efecto altamente significativo para las variables peso seco de toda la planta y peso seco del tallo, mientras que el peso seco de la inflorescencia y de la hoja muestran diferencia significativa. En general se distingue que el peso seco se ve afectado por el tipo de fertilización, y particularmente las aplicaciones de solución nutritiva con amonio (12.5 %) sobresalen con respecto a la solución sin amonio. La diferencia que se presenta en la variable peso seco de toda la planta entre la solución sin amonio y la solución con 12.5 % de amonio fue de 2.47 g, lo que representa el 20.79 % mayor. Álvarez *et al.* (2008) obtuvieron resultados similares en *Lilium cv. Vermeer* a los expuestos en el Tabla 3 con relación a la variable peso seco de toda la planta, con 15.9 g planta⁻¹ al aplicar una solución nutritiva de Steiner de 0.72 atm en hidroponía.

La variable peso seco de tallo presenta una diferencia de 0.8 g entre la solución con 12.5 % de amonio y la solución sin amonio, lo que representa 18.05 % más. La variable peso seco de inflorescencia presenta una diferencia de 0.84 g entre la solución A3 y la solución A1, lo que representa 28.96 % mayor. En cuanto a la variable peso seco de hoja se obtuvo una diferencia de 1.97 g entre la solución A3 y la solución A1, lo que representó el 43.68 % superior. Esto se pudo deber a que la asimilación del amonio es más eficiente energéticamente hablando que la asimilación del nitrato. Antúnez *et al.* (2014) citaron que una adecuada combinación de amonio y nitrato incrementa la absorción de nitrógeno en las plantas, es incorporado rápidamente a esqueletos carbonados para

Tabla 3. Efecto del amonio, vermicomposta y micorrizas sobre peso fresco y seco de bulbo, tallo, hoja y flor de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' cultivada en suelo.**Table 3.** Effect of ammonium, vermicompost and mycorrhiza on fresh and dry weight of bulb, stem, leaf and flower of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' grown in soil.

FACTOR	Variables de calidad de <i>Lilium</i>								
	PFB	PFTP	PFINF	PFT	PSB	PSTP	PSINF	PST	PSH
g									
Amonio									
0%	54.09 a	121.67 a	42.13 a	37.99 a	13.51 a	11.88 c**	2.90 b*	4.43 b**	4.51 b
7.5%	54.38 a	125.13 a	37.36 a	39.56 a	14.60 a	14.08 b	3.67 a	5.11 a	5.28 b
12.5%	55.08 a	125.96 a	35.68 a	39.86 a	12.91 a	14.35 a	3.74 a	5.23 a	6.48 a
Testigo	61.16 a	125.24 a	45.84 a	37.43 a	16.08 a	13.12 b	3.69 a	4.62 b	5.02 b
Vermi.									
(sin)	59.99 a*	135.45 a**	46.71 a*	42.47 a**	15.56 a*	14.82 a**	3.93 a**	5.61 a**	5.23 a
(con)	52.36 b	113.55 b	33.79 b	34.95 b	12.99 b	11.89 b	3.07 b	4.08 b	5.41 a
Mico.									
(sin)	56.06 a	123.77 a	39.62 a	38.30 a	13.86 a	13.41 a	3.55 a	4.89 a	5.63 a
(con)	56.29 a	125.23 a	40.88 a	39.12 a	14.69 a	13.30 a	3.45 a	4.80 a	5.02 a
Inter.									
A*V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A*M	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
V*M	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A*V*M	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	22.8	9.88	7.64	9.74	28.88	9.18	17.13	8.34	9.98

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, (Duncan; $P \leq 0.05$). PFB = peso fresco de bulbo, PFTP = peso fresco total de planta, PFINF = peso fresco de inflorescencia, PFT = peso fresco de tallo, PSB = peso seco de bulbo, PSTP = peso seco total de planta, PSINF = peso seco de inflorescencia, PST = peso seco de tallo, PSH = peso seco de hoja.

† Different letters in the same column indicate significant differences, (Duncan; $P \leq 0.05$). PFB = fresh bulb weight, PFTP = total fresh plant weight, PFINF = fresh inflorescence weight, PFT = fresh stem weight, PSB = bulb dry weight, PSTP = total plant dry weight, PSINF = inflorescence dry weight, PST = stem dry weight, PSH = leaf dry weight.

formar aminoácidos y por lo tanto aumenta el crecimiento de los cultivos. Urbina *et al.* (2020) encontraron que la respuesta en el rendimiento de las plantas al suministro de amonio en dos poblaciones de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) fue diferente en cada una dependiendo de la concentración de amonio suministrada. Con esto se infiere que el suministro de amonio en una concentración adecuada para cada cultivo, especie, variedad o población tiene una respuesta satisfactoria en el crecimiento de las plantas. Este incremento en la biomasa (peso seco) en las variables reportadas en el Tabla 3 se puede explicar debido a que el nitrógeno es un componente de las proteínas (Pajares, 2016). Maldonado (2008) indica que las plantas incorporan el amonio en esqueletos carbonados

para la síntesis de aminoácidos, evitan su acumulación por la toxicidad y lo incorporan rápidamente para formar proteínas e incrementar la biomasa de las plantas.

Cuando no se suministró vermicomposta al cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' se tuvieron diferencias altamente significativas en las variables peso fresco total de planta, peso fresco de tallo, peso seco total de planta, peso seco de inflorescencia y peso seco de tallo, y diferencias significativas en las variables peso fresco de bulbo, peso fresco de inflorescencia y peso seco de bulbo; pero no hubo diferencias para la variable peso seco de hoja. Se destaca que las plantas no respondieron al suministro de vermicomposta con relación a las variables de crecimiento (Tabla 3). Estos

resultados son similares a los alcanzados por Rodríguez et al. (2007) quienes trataron plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con arena más fertilizantes, y las compararon con plantas tratadas con una mezcla de arena más vermicomposta y micronutrientes quelatizados, y también plantas con arena más extracto de vermicomposta, sus resultados con relación a la biomasa demuestran que el tratamiento químico superó en 20 % en cuanto a producción, con respecto a las plantas a las que les aplicaron vermicomposta. Manjarrez et al. (1999) no encontró efectos significativos de las dosis aplicadas de vermicomposta en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). De acuerdo con los reportes de Hartz et al. (1996), Manjarrez et al. (1999), Velasco et al. (2001) y Rodríguez et al. (2007) se infiere que puede no haber un efecto por el uso de vermicomposta con relación a la variable biomasa. Al contrario, Ozores et al. (1994) señalaron que el uso de composta aumentó la biomasa del cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Rodríguez et al. (2007) también encontraron que el peso seco de las plantas de jitomate que ellos produjeron en una mezcla de arena más vermicomposta y micronutrientes quelatizados igualaron a las fertilizadas de forma convencional (arena más fertilizante químico) pero no las superaron. Velasco et al. (2001) mencionaron que las plantas de tomate de cáscara var. Rendidora responden positivamente a la adición de vermicomposta con relación a la acumulación de materia seca total, a los 60 y 90 DDS.

En general no se muestran efectos de la aplicación de las micorrizas sobre la biomasa de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset' (Tabla 3), esto se puede deber al efecto de la concentración de la solución nutritiva utilizada o a la baja cantidad de inóculo de micorrizas (7 g), en cambio Rubí et al. (2009) encontraron diferencias significativas para las variables peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco de flor en *Lilium sp.* cv Orange pixie, al utilizar 100 g de inóculo de *Glomus fasciculatum* por 1 kg de suelo. Manjarrez et al. (1999) también consiguió efecto positivo sobre la biomasa de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) a una dosis de 15 g de inóculo de micorrizas en macetas con 5 kg de suelo. En cuanto a la influencia de la solución nutritiva a pesar de tener una concentración de 0.24 atm, quizá esta pudo inhibir el efecto de las micorrizas sobre el incremento de la biomasa de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset', con relación a esto, Rubí et al. (2009) señala que el uso excesivo de fertilizantes puede ser nocivo para los hongos micorrízicos. Dichos autores concluyeron que el período de inoculación, el tipo de aislado del hongo, la fuente y concentración del fertilizante químico se deben considerar para maximizar los beneficios de la simbiosis y en este trabajo dichos factores también pudieron influir sobre la respuesta *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset' al uso de micorrizas. Manjarrez et al. (1999) dice que el uso de vermicomposta no afecta la colonización micorrízica.

En el Tabla 3 se observa que existió un efecto interactivo entre el uso de vermicomposta y micorrizas (Figura 3). La interacción sin vermicomposta y con micorrizas incrementó el peso fresco de toda la planta, lo mismo ocurre con la interacción sin vermicomposta y sin micorrizas. Cuando se

aplica vermicomposta y se inoculan las plantas con micorrizas se disminuye el peso fresco de la planta, de igual forma ocurre cuando únicamente se aplica vermicomposta. Estos resultados se contraponen con los expuestos por Manjarrez et al. (1999), quienes al inocular con hongos micorrízicos y aplicar 3 g de vermicomposta mejoraron el peso fresco de fruto y seco de follaje de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Velasco et al. (2001) reportaron que la combinación de vermicomposta más micorrizas (*Glomus intraradix*) incrementó el peso seco en tomate de cáscara (*Physalis spp.*) Rendidora, superando a los tratamientos con solo vermicomposta.

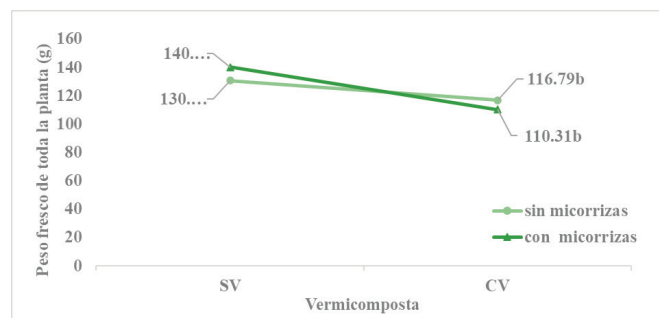


Figura 3. Efecto de la interacción vermicomposta x micorrizas sobre la variable peso fresco de toda la planta (g) en el cultivo de *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

Figure 3. Effect of the vermicompost x mycorrhiza interaction on the whole plant variable fresh weight (g) in the cultivation of *Lilium hybrida* var. 'Indian Summerset'.

CONCLUSIONES

Un suministro alto de amonio (12.5 %) en la solución nutritiva mejora la calidad de los tallos florales de *Lilium hybrida*. 'Indian Summerset', incrementa la absorción de potasio, pero disminuye la absorción de magnesio. Concentraciones bajas de amonio mejoran la absorción de fósforo y magnesio. En general la vermicomposta ni las micorrizas influyeron positivamente sobre el crecimiento de *Lilium hybrida* 'Indian Summerset'. Con la aplicación de vermicomposta al suelo se incrementa la concentración de nitrógeno y potasio en hoja de *Lilium*, en cambio con el uso de micorrizas no hubo efecto en la concentración de macronutrientes en hoja.

REFERENCIAS

- Álvarez, S. M. E., Maldonado, T. R., García, M. R., Almaguer, V. G., Rupit, A. J. y Zavala, E. F. 2008. Suministro de calcio en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático. *Agrociencia*. 42: 881-889.
- Antúnez, O. O. M., Sandoval, V. M., Alcántar, G. G. y Solís, M. M. 2014. Aplicación de amonio y nitrato en plantas de *Physalis peruviana* L. *Agrociencia*. 48: 805-817.
- Arenas-Julio, Y. R., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar, C. C., Rodríguez, G. M. T. y Sosa, M. E. 2021. Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biotecnia*. 23: 45-51.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*. 75: 75-180.

- Azcón, R. and El-Atrash, F. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N₂ fixation (¹⁵N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biology and Fertility of Soils*. 24: 81-86.
- Bachman, G. R. and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*. 99: 3155-3161.
- Bolduc, A. and Hijri, M. 2011. The Use of mycorrhizae to enhance phosphorus uptake: A way out the phosphorus crisis. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*. 2: 1000104.
- Britto, D. T. and Kronzucker, H. J. 2002. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*. 159: 567-584.
- Chang, J., Liu, D., Cao, H., Chang, S. X., Wang, X., Huang, C. and Ge, Y. 2010. NO₃⁻/NH₄⁺ ratios affect the growth and N removal ability of *Acorus calamus* and *Iris pseudacorus* in a hydroponic system. *Aquatic Botany*. 93: 216-220.
- Chen, B., Liu, D., Han, W., Fan, X., Cao, H., Jiang, Q. and Ge, Y. 2015. Nitrogen-removal ability and niche of *Coix lacryma-jobi* and *Reineckia carnea* in response to NO₃⁻/NH₄⁺ ratio. *Aquatic Botany*. 120: 193-200
- Domínguez, J. Lazcano, C. y Gómez, B. M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*. 26: 259-371.
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Estado de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Secretaría de Gobernación. [Consultado 13 octubre 2020] 2010. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/>
- Hartz, T. K., Costa, F. J. and Schrader, W. L. 1996. Suitability of composted green waste for horticultural uses. *Hortscience* 31: 961-964.
- Leos, E. L., García, C. M., Delgadillo, M. J., Valenzuela, G. A. A. Angulo, C. A., Preciado, R. P. y Rueda, P. E. O. 2022. Consorcios de hongos micorrízicos y rizobacterias en el control biológico de *Phytophthora capsici* en cultivares de *Capsicum annum*. *Biocencia*. 24: 30-37.
- Liu, G. Du. Q. and Li, J. 2017. Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae* 214: 41-50.
- Liu, Y. and von Wirén, N. 2017. Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants. *Journal of Experimental Botany*. 68: 2581-2592.
- Maldonado, J. M. 2008. Asimilación del nitrógeno y del azufre. En: *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2 ed, Azcon B., J. y Talón, M. (ed.), pp 287-303. McGraw Hill-Interamericana de España. S.A.U.
- Manjarrez, M. M. J., Ferrera, C. R. y González, C. M. C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra Latinoamericana*. 17: 9-15.
- Mantovani, C., Prado, R. M. and Pivetta, K. F. L. 2018. Impact of Nitrate and Ammonium ratio on Nutrition and Growth of two Epiphytic Orchids. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 90: 3423-3431.
- Marino, B. D. and Morán, J. J. F. 2019. Can ammonium stress be positive for plant performance?. *Frontiers in Plant Science*. 10: 01103.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition, Academic Press. San Diego, C.A., USA. 651 p.
- Mills, A. H. and Benton, J. Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing Athens, GA, USA.
- Ozores, H. M., Schaffer, B. and Bryan, H. H. 1994. Nutrient concentrations, growth, and yield of tomato and squash in municipal solid-waste-amended soil. *Hortscience* 29: 785-788.
- Pajares, M. S. 2016. La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas. *Oikos*. Instituto de Ecología de la UNAM.
- Parra, T. S., Mendoza, P. G. y Villarreal, R. M. 2012. Relación nitrato/amonio/urea y concentración de potasio en la producción de tomate hidropónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 113-124.
- Portal VWS export-import of flowerbulbs BV. [Consultado 13 junio 2020] 2020. Disponible en: <https://www.vws-flowerbulbs.nl/bombilla/2221/indian-summerset>.
- Reyes, P. J. J., Rivero, H. M., Andagoya, F. C. J., Beltrán, M. F. A., Hernández, M. L. G., García, L. A. E. and Ruiz, E. F. H. 2021. Emergencia y características agronómicas del *Cucumis sativus* a la aplicación de quitosano, *Glomus cubense* y ácidos húmicos. *Biocencia*. 23: 38-44.
- Roberts, P., Jones, D. L. and Edwards, J. G. 2007. Yield and vitamin C content of tomatoes grown in vermicomposted wastes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87: 1957-1963.
- Rodda, M. R. C., Canellas, L. P., Façanha, A. R., Zandonadi, D. B., Guerra, J. G. M., Almeida, D. L. and Santos, G. A. 2006. Estimulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto: I - efeito da concentração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30: 649-656.
- Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Favela, C. E., Figueroa, V. U., Paul, Á. V., de Palomo, G. A., Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13: 185-192.
- Rubí, A. M.; Olalde, P. V., Reyes, R., Bernardo, G., González, H. A. y Aguilera, G. L. I. 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium sp.* cv Orange Pixie. *Agricultura Técnica en México*. 35: 201-210.
- Sanguino, S. L. E. 1961. Influencia del pH sobre la fijación de fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. *Acta Agronómica*. 11: 3-4.
- Statistical Analysis Software, SAS. 2004. *SAS/STAT User's Guide* 9.1. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina, USA. 5136 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. 2022. [consultado enero de 2022] 2022. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php.
- Smith, S. E., Jakobsen, I., Grønlund, M. and Smith, A. F. 2011. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiology*. 156: 1050-1057.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *in: Proceeding of the 6th International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp 633-649.

- Sylvia, D. M., Wilson, D. O., Graham, J. H., Maddox, J. J., Miliner, P., Morton, J. B., Skipper, H. D., Widght S. F and Jarstfer, A. G. 1993. Evaluation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 25 6 705-713.
- Szczerba, M. W., Britto, D. T. and Kronzucker, H. J. 2006. Rapid, futile K⁺ cycling and pool-size dynamics define low-affinity potassium transport in barley. *Plant Physiology*. 141: 494-1507.
- Urbina, S. E., Cuevas, J. A., Reyes, A. J. C., Alejo, S. G., Valdez, A. L. A. y Vázquez, G. L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH₄⁺ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annum* L.). *Revista. Fitotecnia. Mexicana*. 43: 291-298.
- Velasco, V. J., Ferrera, C. R. y Almaraz, S. J. J. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*. 19: 241-248.
- Xu, G., Wolf, S. and Kafkafi, U. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 719-734.
- Zaller, G. J. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*. 112: 191-199.