

EFLUENTES Y SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE NOCHEBUENA

J. Pineda-Pineda¹; A. M. Castillo-González²;
J. A. Morales-Cárdenas²; M. T. Colinas-León²;
L. A. Valdez-Aguilar²; E. Avitia-García²

¹Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México.
C. P. 56230. MÉXICO.

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

Correo-e: anasofiacasg@hotmail.com. (*Autor responsable).

RESUMEN

En la búsqueda de mejorar la producción y calidad de plantas de nochebuena cv. Supjibi Red con fertilizantes orgánicos que tengan menos impacto en el ambiente, en este estudio se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de dos efluentes de vermicomposta (uno obtenido en el año 2003 y el otro en el 2004) y los sustratos: 1) tezontle, 2) mezcla 1, (turba+vermiculita, 2:1,v/v) y 3) mezcla 2 (tierra de hojas de encino+tezontle+turba+agrolita, 3:1:0.75:0.75, v/v). Las aplicaciones foliares se hicieron cada 10 días a una concentración de 0.05 %. Se aplicaron riegos con solución nutritiva, diariamente en los tratamientos con tezontle, dos veces por semana en la mezcla 1, y una vez por semana en la mezcla 2. El tezontle+efluente 1 promovió la mayor altura (50.2 cm), número de ciatios (64), área de brácteas (3,884 cm²), peso seco total y peso seco foliar (39.6 y 13.6 g.planta⁻¹), respectivamente. No hubo efecto de los tratamientos en el número de brotes y de flores, peso específico de hojas, concentración de antocianinas y color de brácteas. No hubo efecto de los efluentes en la concentración nutrimental de las hojas. El efecto de los dos efluentes en el crecimiento de la planta varió con el tipo de sustrato. El mejor tratamiento fue con tezontle+efluente 1, lo que podría representar una posibilidad en la producción de plantas madre de nochebuena.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch, fertilización foliar, crecimiento vegetativo, ciatios, nutrición.

EFLUENTS AND SUBSTRATES ON POINSETTIA DEVELOPMENT

ABSTRACT

In order to improve quality and plant production in poinsettia cv. Supjibi Red by using organic fertilization with lower detrimental impact in the environment, this research was designed to assess the effect of foliar sprays of two effluents from vermicompost [one obtained in 2003 (1) and another in 2004 (2)] and the substrates 1) volcanic rock, 2) mix 1 (peat + vermiculite, 1:1 v/v), and 3) mix 2 (leaf mould + volcanic rock + peat + perlite, 3:1:0.75:0.75 v/v). Foliar sprays were applied every 10 days at 0.05 %. Irrigation with complete nutrient solution was performed daily in plants grown in volcanic rock, twice weekly in plant grown in mix 1, and once weekly in plants grown in mix 2. Plants grown in volcanic rock and sprayed with effluent 1 showed highest plant height (50.2 cm), chyatia number (64), area of bracts (3884 cm²), total dry weight (39.6 g), and leaf dry weight (13.6 g). There was no significant effect on number of shoots, number of flowers, specific leaf weight, anthocyanin concentration, and bract color. Effluents did not have significant effect in leaf nutrient concentration. Effectivity of effluents varied depending of substrate. The best treatment was volcanic rock plus foliar sprays of effluent 1, this treatment could be used to the hydroponic culture of poinsettia stock plants.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzch, foliar fertilization, vegetative growth, chyatia, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La nochebuena es una planta de origen mexicano y es una de las plantas en maceta más cultivadas en el mundo debido a que es el símbolo de las fiestas navideñas. En México, el cultivo de la nochebuena se ha incrementado de manera sorprendente, convirtiéndose en un cultivo de importancia tanto cultural, como económica; por lo que es necesario poner énfasis en el estudio de los factores que influyen en su producción, tales como son la selección del sustrato y la fertilización.

Debido a los efectos contaminantes del uso indiscriminado de fertilizantes y a la creciente preocupación mundial por el cuidado del ambiente, es necesario buscar alternativas de fertilización que sean económica, social y ecológicamente aceptables (Wolf y Snyder, 2003). Una alternativa es la utilización de recursos como los abonos orgánicos, especialmente el humus de lombriz o vermicomposta que constituye, por su contenido nutricional, de materia orgánica y de microorganismos, un auténtico fertilizante biológico (Compagnoni y Potzolu, 2001). Las compostas mejoran las propiedades físicas del suelo ya que favorecen su estructura, facilitan la penetración de agua y la capacidad de retención de humedad y son una fuente importante de humus. Sin embargo, las compostas no contienen suficientes nutrimentos para satisfacer el crecimiento de las plantas, a menos de que se complementen con fertilizantes antes de mezclarse con el suelo (Anónimo, 1995). La posibilidad de usar los efluentes derivados de la vermicomposta como fertilizantes foliares ha sido poco estudiada. En algunos trabajos se ha observado que la aplicación de sustancias húmicas, tienen un efecto estimulador del crecimiento, lo que se ha relacionado con un incremento en la absorción de macronutrimentos (Chen y Aviad, 1990).

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas en maceta de calidad, dado que el volumen de la maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinados con un programa integral de manejo y fertilización, permitan el óptimo desarrollo de las plantas (Cabrera, 1995). Las propiedades físicas como aireación, drenaje, retención de agua y densidad aparente, son consideradas como las más importantes para un sustrato debido a que si la estructura física es inadecuada, difícilmente se podrá mejorar una vez que se ha establecido el cultivo. Los niveles óptimos de estas propiedades son: capacidad de aireación, 10 a 20 %; retención de agua, 55 a 70 %; granulometría de 0.25 a 2.25 mm; densidad aparente $<0.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; agua fácilmente disponible de 20 a 30 % y espacio poroso total de 70 a 85 % (Bunt, 1988; Cabrera, 1999).

Las características químicas del sustrato son importantes ya que influyen en la nutrición de los cultivos, entre ellas destacan pH de 5.2 a 6.3, CE de 0.75 a 3.49 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y contenido de materia orgánica $>80 \%$ (Ansorena,

1994). Los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen mayormente a la química de los sustratos, debido a la formación y presencia de las sustancias húmicas, el producto final más importante de la descomposición de la materia orgánica (Abad y Noguera, 2000).

La nochebuena puede producirse con éxito en un amplio rango de medios de cultivo (Strojay y Nowak, 2003). Un adecuado funcionamiento y desarrollo del sistema radical de la nochebuena está determinado por un apropiado suministro de humedad y muy buena difusión de oxígeno en la superficie radical (Ecke *et al.*, 1990). La nutrición en la nochebuena proveniente tanto de los sustratos como de los fertilizantes aplicados, influye en la calidad de la flor, cantidad de hojas y área foliar, tamaño de flores y obtención de colores más firmes, además de favorecer el desarrollo del sistema radical, características de suma importancia que busca el productor.

El presente trabajo se desarrolló con los objetivos de: 1) proponer una opción de producción de nochebuena que tenga menos impacto en el ambiente, 2) conocer la fertilidad de dos efluentes derivados de vermicomposta en dos años diferentes, 2003 y 2004, 3) evaluar la efectividad de los dos líquidos efluentes de vermicomposta como fertilizantes foliares y la de tres sustratos en la producción de nochebuena.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un invernadero de cristal tipo capilla del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Se utilizaron esquejes enraizados y pinzados de nochebuena cv. Supjibi Red de 10 cm de altura con dos y tres hojas. El transplante se realizó el 25 de junio de 2004, en macetas de plástico de 6". Se utilizó un diseño factorial (3 sustratos x 3 formas de fertilización foliar), en bloques al azar con 9 tratamientos y 13 repeticiones, la unidad experimental fue una planta. Los sustratos utilizados fueron: tezontle, mezcla 1 (turba + vermiculita, 2:1 v/v) y mezcla 2 (tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita, 3:1:0.75:0.75, v/v). En el Cuadro 1 se presentan las características químicas y físicas de los sustratos evaluados. La fertilización evaluada consistió en la aplicación foliar de dos efluentes de vermicomposta, uno obtenido en el 2003 (1) y otro en el 2004 (2), más un control sin fertilización foliar. Los efluentes fueron obtenidos del vermicomposteo de rastrojo de maíz, malezas y estiércol de caballo y borrego. Los tratamientos fueron: a) tezontle sin fertilización foliar, b) tezontle + efluente 1, c) tezontle + efluente 2, d) mezcla 1 sin fertilización foliar, e) mezcla 1 + efluente 1, f) mezcla 1 + efluente 2, g) mezcla 2 sin fertilización foliar, h) mezcla 2 + efluente 1 e i) mezcla 2 + efluente 2. Los efluentes se aplicaron foliarmente cada 10 días a concentración de 0.05 % ($0.5 \text{ ml}\cdot\text{litro}^{-1}$) hasta los 145 ddt). Los tratamientos con tezontle se regaron diariamente con solución nutritiva; en los tratamientos con la mezcla 1

CUADRO 1. Características físicas y químicas de los sustratos utilizados para el cultivo de plantas de nochebuena cv. Supjibi Red.

Característica	Tezontle	Mezcla 1 ^y	Mezcla 2 ^z
Densidad real (g·cm ⁻³)	2.14	0.83	1.48
Densidad aparente (g·cm ⁻³)	1.06	0.20	0.52
Cap. de aireación (%)	22.5	1.1	10.3
Ret. de humedad (%)	27.1	75.0	52.5
Porosidad total (%)	49.6	76.1	62.8
pH	6.6	5.3	6.4
CE (dS·m ⁻¹)	0.02	0.3	1.1
MO (%)	nd	32.5	45.2
N (mg·litro ⁻¹)	nd	3.7	10.4
P (mg·litro ⁻¹)	nd	0.9	1.3
K (mg·litro ⁻¹)	nd	14.8	115.8
Ca (mg·litro ⁻¹)	nd	29.6	141.2
Mg (mg·litro ⁻¹)	nd	13.3	46.4
SO ₄ (mg·litro ⁻¹)	nd	163.8	414.0
Fe (mg·litro ⁻¹)	nd	13.9	21.2
Cu (mg·litro ⁻¹)	nd	0.2	0.3
Zn (mg·litro ⁻¹)	nd	0.4	2.7
Mn (mg·litro ⁻¹)	nd	2.1	19.3
B (mg·litro ⁻¹)	nd	4.2	8.3

pH: potenciométrico; CE: Puente de conductividad en el extracto de la pasta; MO: calcinación; N: arrastre de vapor en extracto de la pasta; P: fotocolorimetría en extracto de la pasta; K: espectrofotometría de emisión de flama en el extracto de la pasta; Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo: espectrofotometría de absorción atómica en el extracto de la pasta; SO₄: turbidimetría en el extracto de la pasta; B: fotocolorimetría en el extracto de la pasta; nd: no determinado.

^yMezcla 1: turba + vermiculita, 2:1 v/v.

^zMezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita, 3:1:0.75:0.75 v/v.

los riegos con solución nutritiva se hicieron dos veces por semana, los riegos con agua se hicieron una vez por semana durante los primeros 30 días y después diariamente; en los tratamientos con la mezcla 2, los riegos con solución nutritiva se hicieron una vez por semana y con agua cada tercer día. La solución nutritiva contenía: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, B, Cu y Mn a concentración de 250, 50, 120, 200, 46, 0.5, 1.5, 0.5, 0.25 y 0.75 mg·litro⁻¹, respectivamente. Todos los riegos consistieron en aplicar 100 ml por maceta. Para la inducción floral, a partir de los 66 ddt y hasta el final del experimento (152 ddt), se manejó un fotoperiodo corto de 10:14 h luz:oscuridad, cubriendo las plantas con plástico negro calibre 600 de alta densidad.

Las variables se evaluaron al final del experimento (152 ddt) y fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de brotes, hojas, flores y ciatios por planta. Se evaluaron también el área foliar y de brácteas en tres plantas por tratamiento; para ello se utilizó un integrador de área foliar LI-COR modelo LI 3100. Se determinó el peso seco de planta completa, el peso seco foliar y el peso específico de hojas, este último determinado por la relación peso seco foliar/área foliar. Se cuantificó la concentración de antocianinas por el método de Kannangara y Hanson (1998) en una bráctea completamente desarrollada de la inflorescencia principal

de tres plantas por tratamiento (n=3). Se evaluó el color en brácteas con un espectrofotómetro X-Rite modelo S-P 62, haciendo la evaluación en la parte media de una bráctea madura de la inflorescencia principal de tres plantas (n=3), sin tomar la nervadura central. También se determinó la concentración nutrimental (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) en hojas y en los dos efluentes. Para la determinación en hojas se muestrearon cuatro hojas maduras de cada una de tres plantas (n=3) por tratamiento; se hizo una digestión húmeda con una mezcla digestora de ácido sulfúrico y ácido perclórico, relación 2:1 v/v, más la adición de 2 ml de peróxido de hidrógeno al 30 %. La determinación de los elementos en hojas y efluentes se hizo siguiendo la metodología descrita por Chapman y Pratt (1973) y Alcántar y Sandoval (1999). Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey.

RESULTADOS

El mayor crecimiento se presentó en las plantas desarrolladas en tezontle como sustrato más fertilización foliar con el efluente 1. Estas plantas resultaron más altas (50.2 cm), con un mayor diámetro del tallo (10.7 mm) y número de hojas (46.6), pero fueron iguales estadísticamente a los valores obtenidos por plantas desarrolladas en el mismo sustrato pero sin aplicación foliar, o bien fertilizadas con el efluente 2 (Cuadro 2). El número de ciatios fue estadísticamente mayor también con el tratamiento con tezontle más efluente 1 (Cuadro 2).

También se observó un efecto significativo del tratamiento con tezontle más el efluente 1 en el área de

CUADRO 2. Efecto de dos efluentes foliares y tres sustratos en el crecimiento de plantas de nochebuena cv. Supjibi Red.

Tratamiento	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (mm)	Núm. Hojas	Núm. Ciatios
Tezontle:				
Sin efluente	44.88 ab ²	10.69 a	38.00 ab	41.80 b
+ Efluente 1	50.23 a	10.69 a	46.60 a	64.00 a
+ Efluente 2	45.08 ab	10.11 ab	41.60 ab	43.00 b
Mezcla 1:				
Sin efluente	45.31 ab	9.64 ab	38.60 ab	33.40 bc
+ Efluente 1	43.15 b	9.57 ab	36.40 ab	31.20 bc
+ Efluente 2	42.00 b	9.81 ab	40.20 ab	29.20 bc
Mezcla 2:				
Sin efluente	43.41 b	9.69 ab	31.00 b	24.0 c
+ Efluente 1	43.65 b	9.89 ab	36.00 ab	26.60 bc
+ Efluente 2	42.85 b	9.36 b	35.20 ab	25.80 bc
DMS	6.42	1.20	12.28	17.73

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Mezcla 1: turba + vermiculita (2:1); Mezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita (3:1:0.75:0.75).

brácteas (3,884.6 cm²), área foliar (3,861 cm²), peso seco total de la planta (39.6 g) y peso seco foliar (13.6 g) (Cuadro 3). El área de brácteas, área foliar y peso seco foliar fueron estadísticamente iguales a los del tratamiento con tezontle más el efluente 2. Sin embargo, los porcentajes de incremento fueron diferentes entre los dos efluentes, el área de brácteas del tratamiento con tezontle + efluente 1 fue mayor en 66 %, el área foliar en 45 %, el peso seco total en 68 % y el peso seco foliar en 44 %, con respecto al tratamiento sin efluente. Con el efluente 2, se incrementó el área de brácteas en 44 %, el área foliar en 34 % y el peso seco total en 33 %, el peso seco foliar no mostró incremento. El tratamiento con la mezcla 1 presentó incremento en el área de brácteas del 4 y 15 %, en área foliar de 16 y 9 %, en peso seco total de 25 y 14 % y en peso seco total de 23 %, con los efluentes 1 y 2, respectivamente. El uso de los efluentes con la mezcla 2 no mostró efecto significativo sobre estas variables (Cuadro 3).

El análisis estadístico manifestó efecto significativo del sustrato sobre las variables de crecimiento; se observó

un efecto significativo del tezontle en todas las variables estudiadas (Cuadro 4). La altura de las plantas que crecieron en tezontle se incrementó en 7 %, el diámetro entre 8 y 9 %, el número de hojas entre 9 y 19 %, el número de ciatios entre 25 y 49 %, el área foliar entre 34 y 47 % y el área de brácteas entre 23 y 31 %, con respecto a las mezclas 1 y 2.

No hubo efecto significativo de los tratamientos en el número de brotes y de flores, peso específico de hojas, concentración de antocianinas y color de brácteas (datos no mostrados).

El análisis nutrimental de los dos efluentes manifestó que el efluente 2, obtenido en el año de 2004, presentó una concentración considerablemente mayor que el efluente 1 en todos los elementos evaluados (Cuadro 5). De tal manera que, la concentración de N fue 100 % mayor que la del efluente 1, la de P 98 %, la de K 93 %, la de Ca 95 %, la de Mg 92 %, la de Fe 99 %, la de Cu 100 %, la de Zn 97 %, la de Mn 97 % y la de B 40 %.

CUADRO 3. Efecto de dos efluentes foliares y tres sustratos en el área de brácteas y foliar y en el peso seco total y foliar de nochebuena cv. Supjibi Red.

Tratamiento	Área brácteas (cm ²)	Área foliar (cm ²)	Peso seco total (g-planta ⁻¹)	Peso seco foliar (g-planta ⁻¹)
Tezontle:				
Sin efluente	2,341.9 bc ^z	2,668.2 b	23.47 c	9.43 ab
+ Efluente 1	3,884.6 a	3,861.4 a	39.63 a	13.57 a
+ Efluente 2	3,373.1 ab	3,580.0 a	31.29 b	8.92 ab
Mezcla 1:				
Sin efluente	2,319.2 bc	2,039.2 bc	18.90 c	6.90 b
+ Efluente 1	2,413.6 bc	2,374.4 bc	23.57 c	8.50 b
+ Efluente 2	2,670.3 bc	2,231.9 bc	21.57 c	8.47 b
Mezcla 2:				
Sin efluente	2,140.6 c	1,844.9 c	21.70 c	6.17 b
+ Efluente 1	2,528.2 bc	1,727.9 c	20.93 c	5.90 b
+ Efluente 2	1,965.0 c	1,734.2 c	17.63 c	5.60 b
DMS	1,175.6	819.9	6.93	4.86

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Mezcla 1: turba + vermiculita (2:1); Mezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita (3:1:0.75:0.75).

CUADRO 4. Efecto de tres sustratos en el desarrollo de plantas de nochebuena cv. Supjibi Red.

Sustrato	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Núm. Hojas	Núm. Ciatios	Área foliar (cm ²)	Área brácteas (cm ²)
Tezontle	46.7 a	10.5 a	42.1 a	49.6 a	3,370 a	3,200 a
Mezcla 1	43.5 b	9.7 b	38.4 a	37.3 b	2,215 b	2,468 b
Mezcla 2	43.3 b	9.6 b	34.1 b	25.5 b	1,790 c	2,211 b
DMS	2.78	0.52	5.24	7.57	492.3	343.3

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Mezcla 1: turba + vermiculita (2:1); Mezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita (3:1:0.75:0.75).

CUADRO 5. Concentración nutrimental en dos efluentes de vermicomposta de diferente año de obtención.

Elemento	Efluente 1 (2003)	Efluente 2 (2004)
N (%)	0.0001	0.31
P (%)	0.0043	0.21
K (%)	0.329	4.70
Ca (mg·litro ⁻¹)	111.20	2,048.44
Mg (mg·litro ⁻¹)	70.44	925.91
Fe (mg·litro ⁻¹)	12.54	1,118.40
Cu (mg·litro ⁻¹)	0.05	14.40
Zn (mg·litro ⁻¹)	0.30	9.98
Mn (mg·litro ⁻¹)	0.22	8.40
B (mg·litro ⁻¹)	17.5	29.20

El análisis nutrimental de los tejidos foliares mostró que la mayor concentración de N (1.6 %) se obtuvo en plantas desarrolladas en tezontle, presentando semejanza estadística con los tratamientos correspondientes a tezontle más los dos efluentes, la mezcla 1 con y sin efluentes y la mezcla 2 sin efluentes (Cuadro 6). Los valores más bajos (1.2 %) se presentaron con la mezcla 2 mas las aspersiones de los efluentes. La concentración de fósforo fue mayor en las plantas desarrolladas en la mezcla 1 y tezontle, ambos con y sin efluentes, presentando valores de entre 1.3 y 1.7 %. El K fue mayor en los tratamientos con mezcla 2 sin efluente (3.7 %), efluente 1 (4 %) y efluente 2 (4.2 %). El Ca estuvo más concentrado (2.8 %) en las plantas que crecieron

CUADRO 6. Concentración de macronutrientes (%) en hojas de nochebuena cv. Supjibi Red en diferentes sustratos y con fertilización foliar de efluentes de vermicomposta, uno obtenido en 2003 (1) y otro en 2004 (2).

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
Tezontle:					
Sin efluente	1.6 a ^z	1.3 a	2.7 bc	2.8 a	0.61 bcd
+ Efluente 1	1.5 ab	1.4 ab	2.4 c	2.3 abc	0.27 cd
+ Efluente 2	1.4 ab	1.4 ab	2.5 bc	2.3 abc	0.25 d
Mezcla 1:					
Sin efluente	1.4 ab	1.7 a	3.3 abc	1.5 d	0.24 d
+ Efluente 1	1.4 ab	1.6 a	3.4 ab	2.0 bcd	0.81 abcd
+ Efluente 2	1.4 ab	1.7 a	1.0 d	2.5 ab	1.27 a
Mezcla 2:					
Sin efluente	1.3 ab	0.9 bcd	3.7 a	1.6 d	0.99 ab
+ Efluente 1	1.2 b	0.8 cd	4.0 a	1.8 cd	0.94 ab
+ Efluente 2	1.2 b	0.7 d	4.2 a	1.9 cd	0.89 abc
DMS	0.35	0.55	0.93	0.57	0.63

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Mezcla 1: turba + vermiculita (2:1); Mezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita (3:1:0.75:0.75).

con tezontle sin efluente. La concentración más alta de Mg (1.27 %) se obtuvo en la mezcla 1 más efluente 2.

No hubo efecto significativo de los tratamientos en la concentración de Fe y Cu (Cuadro 7). La mayor concentración de Zn fue de 27 mg·kg⁻¹ y se presentó con el tratamiento de tezontle más efluente 1. La mejor concentración de Mn (209 mg·kg⁻¹) se alcanzó en el tratamiento correspondiente a tezontle más efluente 2, mostrando igualdad estadística con los valores de los tratamientos de tezontle sin aspersión foliar y tezontle más efluente 1.

DISCUSIÓN

Aunque la nochebuena puede producirse en un amplio rango de medios de crecimiento (Strojay y Nowak, 2003), los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el tezontle fue el mejor sustrato para el cultivo de nochebuena, y que con el aporte constante de la solución nutritiva, se dieron las condiciones físico-químicas adecuadas para el desarrollo óptimo de las plantas. Esto se debe a las propiedades físicas del sustrato, las cuales determinan el éxito del cultivo de plantas en maceta, como lo mencionan Ansorena (1994), Cabrera (1995) y Abad y Noguera (2000). El tezontle presentó características físicas idóneas para el desarrollo radical y en consecuencia para el desarrollo de la parte aérea. La densidad aparente (1.1 g·cm⁻³) del tezontle fue óptima, dado que se encuentran entre los valores ideales de densidad aparente de 1.0 a 1.5 g·cm⁻³ para el cultivo de

CUADRO 7. Concentración de micronutrientes (mg·kg⁻¹) en hojas de nochebuena cv. Supjibi Red en diferentes sustratos y con fertilización foliar de efluentes de vermicomposta, uno obtenido en 2003 (1) y otro en 2004 (2).

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn
Tezontle:				
Sin efluente	93.0 a ^z	15.3 a	19.7 ab	200.0 a
+ Efluente 1	112.3 a	18.3 a	27.0 a	177.0 ab
+ Efluente 2	92.0 a	17.3 a	13.7 ab	209.0 a
Mezcla 1:				
Sin efluente	101.3 a	18.0 a	7.0 b	115.7 bc
+ Efluente 1	97.3 a	27.3 a	13.0 ab	109.3 c
+ Efluente 2	112.3 a	13.7 a	8.7 ab	132.7 bc
Mezcla 2:				
Sin efluente	97.0 a	21.0 a	6.7 b	33.0 d
+ Efluente 1	96.0 a	24.0 a	6.7 b	31.7 d
+ Efluente 2	100.7 a	27.0 a	7.0 b	37.7 d
DMS	59.7	42.7	19.6	64.8

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa.

Mezcla 1: turba + vermiculita (2:1); Mezcla 2: tierra de hoja de encino + tezontle + turba + agrolita (3:1:0.75:0.75).

plantas en maceta (Cabrera, 1999). La porosidad de aireación del tezontle fue adecuada (22.5 %), puesto que la nochebuena requiere de 5 a 10 % con base en el volumen (Cabrera, 1999). Este cultivo requiere de sustratos que tengan de 50 a 70 % de espacio poroso total (Martínez, 1995; Cabrera, 1999), en este caso el tezontle presentó un bajo porcentaje (22 %) debido al tamaño de partícula (0.5 a 1.0 mm); sin embargo, esto no limitó el crecimiento de la planta. En cuanto a algunas características químicas, el pH del sustrato adecuado para la nochebuena es de 6.3 a 6.8 (Martínez, 1995), el tezontle usado en este trabajo presentó un valor de 6.6, por lo que esta característica fue ideal para el cultivo. La CE considerada óptima para el desarrollo de plantas en maceta se encuentra en el orden de 0.5 a 2.0 dS·m⁻¹ (Cabrera, 1999), el tezontle presentó un valor muy bajo (0.02), lo cual es característico del sustrato por su naturaleza inerte. La fertilidad del sustrato y contenido de materia orgánica fueron mayores en la mezcla 2, seguida por la mezcla 1 (Cuadro 1), dado que son sustratos orgánicos. Esto podría haber limitado el desarrollo de las plantas en el tezontle, pero el hecho de aplicar la solución nutritiva diariamente y sus propiedades físicas permitió superar las desventajas de baja CE y bajo contenido de materia orgánica.

La mezcla 2, compuesta por tierra de hoja de encino (sustrato orgánico), más tezontle, turba y agrolita, con capacidad de aireación de 10.3 %, retención de agua de 53 %, espacio poroso de 63 % y fertilidad mayor (Cuadro 1) no superó el efecto de la mezcla 1, con porosidad de aireación de 1.13 %, retención de humedad de 75 %, espacio poroso de 76 %, que parecerían condiciones adversas para las raíces. Estos dos sustratos presentaron una menor capacidad de aireación que el tezontle, característica física muy importante, ya que esto provoca un menor crecimiento de las plantas, principalmente de las raíces, disminuye la absorción de agua y nutrientes, se favorece la formación de compuestos inorgánicos tóxicos y se promueve el desarrollo de microorganismos patógenos (Martínez, 1994).

El efluente 1 fue el de menor concentración nutrimental (Cuadro 5) debido a que posiblemente la composta que le dio origen estaba todavía en proceso de descomposición. Las condiciones ambientales en que se obtienen las compostas son muy importantes, factores como humedad y temperatura en la pila durante el proceso de composteo y el tamaño de la misma pila pueden afectar la composición química de la composta, de tal manera que dos compostas pueden ser diferentes, aun cuando el material de origen sea el mismo (Wolf y Zinder, 2003). La combinación del tezontle con el efluente 1 promovió mayor crecimiento que con el efluente 2; esto debido por un lado, al riego diario con la solución nutritiva, y por el otro, a que los productos húmicos de la vermicomposta no están sólo integrados por minerales, sino que también presentan componentes químicos, los cuales no fueron evaluados en este trabajo, y que podrían

tener algún efecto sobre el crecimiento y mayor número de ciatios en las plantas. Se ha demostrado que las sustancias húmicas tienen un efecto promotor del crecimiento de las plantas, debido a su efecto sobre las membranas promoviendo una mejora en el transporte de minerales, incrementan la síntesis de proteínas, tienen una actividad parecida a la de las hormonas, incrementan la fotosíntesis y tienen efecto sobre la actividad enzimática (Chen y Aviad, 1990). El efecto de sustancias húmicas puede ser similar al efecto del ácido indol acético (AIA), auxina promotora del crecimiento. Mato *et al.* (1972) mostraron que las sustancias húmicas pueden actuar como hormonas del crecimiento, ya que inhiben la acción de la AIA-oxidasa, impidiendo la destrucción del AIA; por lo que el mantenimiento de alta actividad del AIA afecta positivamente el crecimiento de la planta. Compagnoni y Potazolu (2001) mencionan que el uso de vermicomposta en el cultivo de nochebuena puede ocasionar una notable mejoría en la altura, el número de hojas y el número de inflorescencias; sin embargo, los compuestos de lombriz cuando se les emplea sin integrar otros fertilizantes no pueden sustituir el abonado normal. No obstante, hay resultados que muestran que la aplicación foliar de ácidos húmicos en tomate, remolacha y begonia incrementó el crecimiento de tallos y hojas (Chen y Aviad, 1990). Aspersiones foliares de estas sustancias a dosis de 50 a 300 mg·litro⁻¹ favorecen el crecimiento del sistema radical y del brote en soya, cacahuete y trébol, dosis mayores a éstas inhibieron el crecimiento (Chen y Aviad, 1990). En olivo, la aplicación foliar de sustancias húmicas extraídas de leonardita (una forma oxidada de lignina) estimuló el crecimiento de raíces e incrementó la concentración de minerales en las hojas (Fernández-Escobar *et al.*, 1996). El casi nulo efecto del efluente 2 en el crecimiento, a pesar de que presentó considerablemente mayor concentración nutrimental que el efluente 1, pudo deberse a que las dosis empleadas fueron muy bajas (0.5 ml·litro⁻¹); de tal manera, que ambos efluentes constituyeron sólo un complemento a la fertilización aplicada al sustrato, sobre todo a la del tezontle, la cual abasteció de manera satisfactoria las necesidades nutrimentales de la planta; no obstante, hay que mencionar que ambos efluentes condujeron a una mayor área foliar y de brácteas e incrementaron la acumulación de biomasa (Cuadro 3).

La concentración nutrimental en las hojas dependió del elemento evaluado y la naturaleza del sustrato, más que de la fertilidad de los efluentes foliares. No se observó un efecto contundente de los efluentes asperjados, en las concentraciones nutrimentales en las hojas, pero si se observó (Cuadro 3) un efecto favorable sobre la acumulación de biomasa y sobre el área foliar y de brácteas, lo cual puede reflejar un efecto de dilución nutrimental. Además hay que considerar que la aplicación de la solución nutritiva en los tratamientos con tezontle y con la mezcla 1, mantuvo a los elementos en forma disponible y suficiente para cubrir las necesidades de la planta, lo que explica que los

tratamientos sin fertilización foliar presentaron concentraciones estadísticamente similares a las obtenidas con los tratamientos con la aspersión de los efluentes. El estado nutrimental de las plantas y disponibilidad en los elementos en el sustrato son factores que afectan la absorción de minerales aplicados foliarmente; cuando un elemento es deficiente en el suelo o sustrato la aplicación foliar de este elemento es más eficiente (Marschner, 1995). La aplicación de sustancias húmicas promueve mayor transporte de elementos a través de las membranas celulares (Chen y Aviad, 1990); sin embargo, en algunos trabajos con plantas herbáceas, las sustancias húmicas no tuvieron efecto en la absorción de elementos como el K, Ca y Mg y al contrario, disminuyeron la absorción de Fe, Mn, Cu y Zn (Kreij y Basar, 1995), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. También es importante mencionar que las aplicaciones foliares de los dos efluentes, no tienen la posibilidad de causar manchado de brácteas, debido a la baja concentración en que se usaron; a concentraciones mayores será conveniente dejar de aplicar los efluentes cuando se inicia la pigmentación de las brácteas.

CONCLUSIONES

La concentración nutrimental de los efluentes aumenta conforme avanza la descomposición de la vermicomposta; en este caso, el efluente obtenido en 2003, fue más efectivo al aumentar el crecimiento y número de ciatios. El efecto positivo del efluente se presentó en los sustratos que originalmente tienen un menor nivel de fertilidad, como el tezontle. Las plantas que fueron desarrolladas en tezontle y que se fertilizaron foliarmente con efluente 1 (del 2003), mostraron el mejor crecimiento. Esto pudiera ser aprovechado en la producción hidropónica de plantas madre o bien para flor de corte, un aspecto aun no utilizado en México.

LITERATURA CITADA

- ABAD B., M.; NOGUERA M., P. 2000. Sustratos para el cultivo sin suelo. pp. 287-342. In: *Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 2ª. Edición. CADAHIA, C. (ed.). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- ALCÁNTAR G., G.; SANDOVAL V., M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de Muestreo, Preparación, Análisis e Interpretación. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 155 p.
- ANÓNIMO. 1995. Manual de Fertilizantes para Horticultura. Soil Improvement Committee California Fertilizer Association. Trad. del inglés por Guzmán O., M. Editorial Limusa, S. A de C. V. Grupo Noriega Editores. D. F., México. 297 p.
- ANSORENA M., J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 p.
- BUNT, A. C. 1988. Media and Mixes for Container. Grown Plants. Unwin Hyman. London, Great Britain. 309 p.
- CABRERA, R. I. 1995. Fundamentals of Container Media Management, Part. 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. 4 p.
- CABRERA, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 5-11.
- CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. E. 1973. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Editorial Trillas. D. F., México. 195 p.
- CHEN, Y.; AVIAD, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp. 161-186. In: *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings*. MACCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R. L.; BLOOM, P. R. (eds.). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- COMPAGNONI, L.; POTZOLU, G. 2001. Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus. Editorial de Vecchi. Barcelona, España. 127 p.
- ECKE, P. Jr.; MATKIN, O. A.; HARTLEY, D. E. 1990. The Poinsettia Manual. 3rd ed. Paul Ecke Poinsettias. Encinitas, California, USA. 268 p.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; BENLLOCH, M.; BARRANCO, D.; DUEÑAS, A.; GUTIÉRREZ-GAÑAN, J. A. 1996. Response olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. *Scientia Horticulturae* 66: 191-199.
- KANNANGARA, G. G.; HANSSON, M. 1998. Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(12): 843-848.
- KREIJ, C.; BASAR, H. 1995. Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake. *Journal of Plant Nutrition* 18(4): 793-802.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd. Ed. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 p.
- MARTÍNEZ M., F. 1994. Manual Básico de Sustratos. Consultoría Oasis. Morelos, México. 31 p.
- MARTÍNEZ M., F. 1995. Manual de Producción de Nochebuena. Consultoría Oasis. Morelos, México. 87 p.
- MATO M., C.; OLMEDO M., G.; MENDEZ, J. 1972. Inhibition of indoleacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. *Soil Biology and Biochemistry* 4: 469-473.
- STROJAY, Z.; NOWAK, J. S. 2003. Effect of different peat-based substrates on poinsettia growth. *Acta Horticulturae* 608: 283-287.
- WOLF, B.; SNYDER, G. H. 2003. Sustainable Soils. The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. Food Products Press. Binghamton, New York, USA. 352 p.