

MACRONUTRIMENTOS EN PETUNIAS CRECIDAS CON DISTINTAS PROPORCIONES DE COMPOSTA EN SUSTRATO*

MACRONUTRIENTS IN PETUNIAS GROW WITH DIFFERENT COMPOST RATIOS INTO THE SUBSTRATE

Fernando Carlos Gómez-Merino^{1§}, Libia Iris Trejo-Téllez², María de los Ángeles Velásquez-Hernández², J. Cruz García-Albarado¹ y Alejandrina Ruiz-Bello²

¹Campus Córdoba. Colegio de Postgraduados. Carretera Córdoba-Veracruz, km 348. Congr. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. (jcruz@colpos.mx). ²Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. (tlibia@colpos.mx), (selegna@colpos.mx), (alexr@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx.

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de tres sustratos que consistieron en: suelo agrícola salino (T1), suelo agrícola salino con 30% (v/v) de composta (estiércol de bovino y residuos de cosecha) (T2), y suelo agrícola salino con 80% (v/v) de la misma composta (T3); sobre la acumulación de macronutrientes en petunia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) bajo condiciones de invernadero. Las acumulaciones nutrimentales de N, P, K, Ca y Mg fueron determinadas en raíces, tallos y hojas de plantas de petunia, utilizando los pesos de materia seca y las concentraciones nutrimentales obtenidas por órgano, ocho meses después del trasplante. Se utilizó un arreglo de tratamientos completamente al azar con diez repeticiones por cada uno. La adición de composta en una proporción de 80% incrementó significativamente la concentración de N en hoja, en tallo y en raíces. Asimismo, la inclusión de composta incrementó significativamente la acumulación nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en los diferentes tejidos analizados y en consecuencia en la planta completa. El orden de acumulación nutrimental en planta completa fue distinto entre T1 (K > Ca > N > Mg > P), T2 y T3 (K > N > Ca > Mg > P). Estos resultados sirven para sustentar el uso de materiales orgánicos provenientes de la actividad

ABSTRACT

In this paper the effect on three substrates consisted of: saline agricultural soil (T1), saline agricultural soil with 30% (v/v) compost (bovine manure and crop residues) (T2) and saline agricultural soil with 80% (v/v) of the same compost (T3) was evaluated; on macronutrient accumulation in petunia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) under greenhouse conditions. Nutrient accumulations of N, P, K, Ca and Mg were determined in roots, stems and leaves of petunia using the weights of dry matter and nutrient concentrations obtained per organ, eight months after transplantation. A completely randomized treatments array was used with ten repetitions each. The 80% compost addition significantly increased N concentration in the leaves, stems and roots. Also, the inclusion of compost significantly increased nutrient accumulation of N, P, K, Ca and Mg in the different analyzed tissues and, therefore in the entire plant. The order of nutrient accumulation in the whole plant was different among T1 (K > Ca > N > Mg > P), T2 and T3 (K > N > Ca > Mg > P). These results support the use of organic materials from agricultural activities, for the production of ornamental plants such as petunia, especially when they are processed by composting.

* Recibido: marzo de 2011
Aceptado: octubre de 2011

agropecuaria, para la producción de plantas ornamentales como la petunia, en especial cuando son procesados por composteo.

Palabras clave: *Petunia x hybrida*, acumulación nutricional, horticultura ornamental, materia orgánica.

INTRODUCCIÓN

La petunia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) es una especie ornamental ampliamente cultivada en zonas con clima cálido y templado que responde bien a la fertilización mineral y orgánica (Chamani *et al.*, 2008). Para su producción en invernadero, se emplea la turba (peat moss) como principal componente de los sustratos; no obstante, su elevado costo (Hanson, 2003) y la degradación ambiental que ocasiona su extracción.

Como estrategia para lograr sustentabilidad ambiental en la producción de ornamentales, es recomendable que los materiales orgánicos que resultan de los procesos de producción de actividades agropecuarias, sean reutilizados a fin de reducir sus impactos negativos en el entorno. En muchos países se han puesto en marcha programas de reciclaje de nutrientes y mejoramiento de las características del suelo, tanto con propósitos ambientales como productivos. La búsqueda de sustratos alternativos a base de materiales orgánicos que sean de fácil acceso y que resulten baratos, es uno de los principales objetivos de los productores hortícolas (Dede *et al.*, 2006). Normalmente, dichos materiales son procesados para formar composta antes de ser usados como sustratos y tienen efectos benéficos en las plantas, si se usan en proporciones adecuadas (García-Gómez *et al.*, 2002).

Las propiedades físicas y químicas de los sustratos afectan la aireación, así como el contenido de agua y nutrientes disponibles para la planta. Varias fuentes y formas de residuos de cosechas y estiércol composteados, pueden ser usados en forma eficiente como sustratos y fertilizantes de bajo costo a la vez (García-Gómez *et al.*, 2002; Marfa *et al.*, 2002). Por ejemplo, Dede *et al.* (2006) probaron el uso de turba, cáscara de nuez y rastrojo de maíz como medios de soporte, y la adición de composta de residuos orgánicos municipales (residuos sólidos de comida) y gallinaza como materiales fertilizantes en el crecimiento y la nutrición de *Impatiens wallerana*; encontraron que la mayor floración

Key words: *Petunia x hybrida*, nutrient accumulation, ornamental horticulture, organic matter.

INTRODUCTION

The petunia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) is a widely cultivated ornamental species in areas with warm and mild climate, which have good response to mineral and organic fertilization (Chamani *et al.*, 2008). For greenhouse production, peat moss is used as a major component of substrates, despite its high costs (Hanson, 2003) and environmental degradation caused by its extraction.

As a strategy to achieve environmental sustainability in the ornamental production, it is recommended that, organic materials resulting from the production processes of agricultural activities are reused in order to reduce their negative impacts on the environment. Many countries have implemented nutrient-recycling programs and have improved soil characteristics programs with both, environmental and productive purposes. The search for alternative substrates based on organic materials that are easily accessible and cheap, is one of the main objectives of horticultural producers (Dede *et al.*, 2006). Usually, these materials are processed to form compost before being used as substrates and have beneficial effects on the plants if used in proper proportions (García-Gómez *et al.*, 2002).

The physical and chemical properties of substrates affect aeration, water and nutrients content available for the plants. Several sources and forms of composted crop residues and manure can be efficiently used as substrates and low-cost fertilizer at a time (García-Gómez *et al.*, 2002; Marfa *et al.*, 2002). For example, Dede *et al.* (2006) tested the use of peat, walnut shells and maize stover as a support mean, and the addition of compost from municipal organic waste (food solid waste) and chicken manure as fertilizing materials on growth and nutrition of *Impatiens wallerana*; it was found that, the greatest flowering occurred when combined peat, maize stover and chicken manure, while the better nutrition for the plants was obtained when the chicken manure was added to the substrate.

Theunissen *et al.* (2010) argued that, organic plant production is controlled by macro and micronutrients and other growth-promoting substances present in the

se presentó cuando se combinaron turba, rastrojo de maíz y gallinaza; en tanto que la mejor nutrición de las plantas se obtuvo cuando se adicionó gallinaza al sustrato.

Theunissen *et al.* (2010) sostienen que la producción orgánica de plantas, es controlada por los macro y los micronutrientes y por otras sustancias promotoras del crecimiento presentes en el medio de cultivo. Con la creciente tendencia mundial hacia la producción orgánica, los materiales orgánicos procesados pueden usarse para producir compostas que contienen nutrientes y otros compuestos que estimulan el crecimiento de las plantas y que mejoran la calidad del suelo. En este sentido, es importante determinar la proporción ideal de composta en las mezclas de sustratos, que se preparen como medio de cultivo para cada especie y variedad.

Diversos sustratos de naturaleza orgánica han sido empleados con éxito en petunia y en la parte aérea de árboles completos de pino (*Pinus taeda* L.) de 10 años de edad, con diámetro de 15.2 y 20.3 cm medido a 30.5 cm de la superficie del suelo, fueron pasados a través de una astilladora, cuyas astillas resultantes fueron procesadas en un molino de martillo oscilante, hasta obtener partículas de 0.48, 0.64 y 0.95 cm; éstas fueron valoradas como sustrato alternativo en combinación con 20 ó 50% de turba (v/v), en comparación al testigo representado por el sustrato comercial Peat-lite (8:1:1, turba:vermiculita:perlita, v/v/v) en el crecimiento y desarrollo de esta especie (Fain *et al.*, 2008). Los sustratos probados no afectaron el contenido de clorofila y en todos los casos las plantas alcanzaron estándares de mercado, que demuestra que este tipo de sustratos orgánicos, puede ser una alternativa para la producción de petunias y contribuyen a disminuir el uso de turba al 100% en los sustratos.

Ayala-Sierra y Valdez-Aguilar (2008), evaluaron también en petunia el uso de polvo de coco (acondicionado mediante pH de 6.2, con adición de cal dolomítica y KNO₃ como carga de nutrientes), como sustrato alternativo para la producción de plantas de esta especie y observaron que los diferentes sustratos no afectaron la calidad comercial de las plantas.

El uso de compostas a base de estiércol y residuos vegetales de traspatio en combinación con suelos agrícolas salinos, mejora significativamente variables de crecimiento, como diámetro de tallo, producción de biomasa total de petunia y variables relacionadas con el rendimiento, como son la

culture medium. With the growing global trend towards organic production, organic processed materials can be used to produce compost containing nutrients and other compounds that stimulate the plant's growth and improve the soil's quality. In this regard, it is important to determine the ideal proportion of compost in substrate mixtures prepared as a culture medium for each species and variety.

Several substrates of organic nature have been successfully used in petunia and in the aerial part of whole pine trees (*Pinus taeda* L.) of 10 years old, with a diameter of 15.2 and 20.3 cm, measured at 30.5 cm from the ground; they were passed through a chipper, and resulting chips were processed in a swing hammer mill until obtaining particles of 0.48, 0.64 and 0.95 cm; they were valued as an alternative substrate in combination with 20 or 50% peat (v/v) compared to the control represented by the commercial substrate Peat-lite (8:1:1, peat: vermiculite: perlite, v/v/v) on growth and development of this species (Fain *et al.*, 2008). The substrates did not affect the chlorophyll content and in all cases the plants reached market standards, demonstrating that this type of organic substrates may be an alternative for the production of petunias and also, to help to reducing the use of 100% peat in the substrates.

Ayala-Sierra and Valdez-Aguilar (2008), also evaluated the use of coconut powder in petunia (conditioned by 6.2 pH, with addition of dolomitic lime and KNO₃ as nutrient load), as an alternative substrate for the production of plants on this species and, found that different substrates did not affect the commercial quality of the plants.

The use of composted manure and backyard plant residues in combination with saline agricultural soils, significantly improves growth variables, such as stem diameter, total petunia biomass production and yield-related variables such as leaf production, buds and flowers (García-Albarado *et al.*, 2010), but it's necessary to evaluate the effect of these substrates on the nutritional status of this species.

This paper evaluated the effect of substrates consisting of different proportions of soil: compost, on macronutrients concentration and accumulation (N, P, K, Ca and Mg) in roots, stems and leaves of petunia.

producción de hojas, brotes y flores (García-Albarado *et al.*, 2010); sin embargo, es necesario evaluar el efecto de estos sustratos sobre el estatus nutrimental de esta especie.

En esta investigación se evaluó el efecto de sustratos constituidos por distintas proporciones de suelo:composta, sobre concentración y acumulación de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en raíces, tallos y hojas de petunia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero tipo cenital de estructura metálica y plástico blanco lechoso (calibre 720), localizado a 19° 29' latitud norte, 98° 53' longitud oeste y altitud de 2 240 m, en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Semillas de petunia (*Petunia x hybrida*) fueron germinadas en charolas con una mezcla de turba con agrolite (70/30; v/v). Una vez que las plantas alcanzaron 10 cm de altura, éstas fueron trasplantadas en bolsas de polietileno negro de 2 kg de capacidad conteniendo las mezclas de sustratos a evaluar: 1) testigo, suelo agrícola salino del sitio experimental (T1); 2) mezcla de suelo agrícola salino con 30% de composta (T2); y 3) mezcla de suelo agrícola salino con 80% de composta (T3). La composta fue preparada con estiércol de bovino y residuos vegetales de cosechas de huertos de traspatio; cada tratamiento tuvo diez repeticiones. El diseño experimental tuvo una distribución completamente al azar, las unidades experimentales fueron bolsas negras de polietileno de 2 kg de capacidad conteniendo la mezcla de sustratos a evaluar y una planta cada una. Las propiedades físicas y químicas de las mezclas de sustratos y suelo evaluadas son presentadas en los Cuadros 1 y 2.

MATERIALS AND METHODS

The research was conducted under greenhouse conditions of metal structure and milky-white colored plastic (caliber 720), located at 19° 29' north latitude, 98° 53' west longitude and 2 240 m, in Montecillo, Texcoco, Mexico State.

The seeds of petunia (*Petunia x hybrida*) were germinated in trays with a mixture of peat with agrolite (70/30; v/v). Once the plants reached 10 cm height, they were transplanted to black polyethylene bags of 2 kg capacity containing mixtures of substrates to assess: 1) control, saline agricultural soil of the experimental site (T1); 2) mixture of saline agricultural soil with 30% compost (T2); and 3) saline agricultural soil with 80% compost mixture (T3). The compost was prepared from cattle manure and vegetable waste from backyard-crops, each treatment had ten replicates. The experimental design had a completely random distribution; experimental units were black polyethylene bags of 2 kg capacity containing the mixture of substrates to evaluate and one plant each. The physical and chemical properties of soil mixtures and substrates tested are presented in Tables 1 and 2.

Sampling was conducted eight months after the pot experiment started. Harvested plants were divided by organs: roots, stems and leaves. Once separated, the organs were placed in paper bags and then dried in a forced air oven at 72 °C for 48 h. Once dried, the biomass weight was taken and samples were ground in a stainless steel mill Wiley Model 4. The ground samples were weighed to determine total dry biomass by component and were processed in order to determine the nutrient concentrations and subsequent estimation of nutrient accumulation.

Cuadro 1. Propiedades físicas de tres sustratos utilizados en petunia (García-Albarado *et al.*, 2010).
Table 1. Physical properties of three substrates used in petunia (García-Albarado *et al.*, 2010).

Tratamiento	ADD	AR	AFD	CA	EPT
	(% del volumen)				
Suelo	11.24	1.67	3.95	33.15	50
Suelo + 30% composta	8.44	2.04	4.88	40.63	56
Suelo + 80% composta	11.35	1.88	4.41	37.36	55

ADD= agua difícilmente disponible; AR= agua residual; AFD= agua fácilmente disponible; CA= capacidad de aireación, EPT= espacio poroso total.

Cuadro 2. Propiedades químicas de tres sustratos utilizados en petunia (García-Albarado *et al.*, 2010).
Table 2. Chemical properties of three substrates used in petunia (García-Albarado *et al.*, 2010).

Parámetro	Suelo	Suelo + 30% composta	Suelo + 80% composta
pH	8.91	8.61	8.45
MO	0.46	2.59	7.21
N (mg g ⁻¹)	1 100	700	200
P (mg g ⁻¹)	1.49	2.3	5.31
HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	328.84	391.07	508.21
Cl _s (mg L ⁻¹)	247.86	97.52	142.19
Na _s (mg L ⁻¹)	184.69	71.76	95.68
Na _i (cmol _c kg ⁻¹)	2.6	0.64	0.1
K _i (cmol _c kg ⁻¹)	7.69	6.56	8.71
Ca _i (cmol _c kg ⁻¹)	2.72	2.08	1.98
Mg _i (cmol _c kg ⁻¹)	1.91	0.78	1.42
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	16.92	11.74	14.97

MO= materia orgánica; Cl_s= cloro soluble; Na_s= sodio soluble; Na_i= sodio intercambiable; K_i= potasio intercambiable; Ca_i= calcio intercambiable; Mg_i= magnesio intercambiable; CIC= capacidad de intercambio catiónico.

La toma de muestras se realizó a los ocho meses de haber establecido el experimento en macetas. Las plantas cosechadas fueron divididas por órganos: raíces, tallos y hojas. Una vez separados, los órganos fueron depositados en bolsas de papel y éstas secadas en estufa de aire forzado a 72 °C por 48 h. Una vez secas, se tomó el peso de biomasa y se molieron en molino de acero inoxidable marca Wiley Modelo 4. Las muestras molidas fueron pesadas para determinar la biomasa seca total por componente y procesadas, para determinar sus concentraciones nutrimentales y posterior estimación de acumulaciones nutrimentales.

Se determinó la concentración de nitrógeno (N) empleando el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965); las concentraciones de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), fueron determinadas mediante digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). La lectura de los extractos obtenidos después de la digestión y filtrado, se determinaron por espectroscopía de emisión atómica e inducción por plasma acoplado ICP-AES VARIAN™ modelo Liberty II.

Nitrogen concentration (N) was determined using semimicro-Kjeldahl method (Bremner, 1965); the concentrations of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) were determined by wet digestion of dry material with a mixture of perchloric and nitric acids (Alcántar and Sandoval, 1999). The extracts obtained after digestion and filtering were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy ICP-AES VARIAN™ model Liberty II.

The information analysis was performed using the statistical analysis system (SAS, 2003), for each of the treatments and repetitions of the experiment. Means were compared using the Tukey test at 5% probability of error.

RESULTS

Concentration and accumulation of macronutrients in roots

Macronutrient concentrations in the roots showed statistical differences between treatments ($p \leq 0.05$), except for Mg (Table 3). P concentration was higher when the plants

El análisis de la información se realizó a través del sistema de análisis estadístico (SAS, 2003), para cada uno de los tratamientos y repeticiones del experimento. Las medias obtenidas se compararon mediante la Prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

RESULTADOS

Concentración y acumulación de macronutrientos en raíces

Las concentraciones de macronutrientos en raíz mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), con excepción de Mg (Cuadro 3). La concentración de P fue superior cuando las plantas se establecieron en suelo agrícola (T1). Por otro lado, si bien las concentraciones de K y Ca más altas se registraron también en T1; no existieron diferencias estadísticas entre T1 y T3. Para el caso de N, las concentraciones más altas ($p \leq 0.05$) se observaron en T3 (20% de suelo agrícola: 80% de composta).

were established on agricultural soil (T1). On the other hand, although the highest concentrations of K and Ca were also recorded in T1; no statistical differences existed between T1 and T3. In the case of N, the highest concentrations ($p \leq 0.05$) were observed in T3 (20% of agricultural soil: 80% compost).

The Figure 1 shows the macronutrients contents in roots of petunias grown in substrates with different levels of compost. These results show statistical differences between treatments ($p \leq 0.05$). The highest content of the tested macronutrients were recorded in plants' grown in agricultural soil added with 80% compost (T3). The nutriment that plants extracted in greater amounts in roots was K (66.21 mg), followed by N (64.37 mg), Ca (36.44 mg), Mg (18.42 mg) and P (10.71 mg), all recorded in treatment T3. In general, the lower nutrimental accumulation in roots was recorded in the substrate without compost (T1), and contents of N in this treatment (T1), represent only 19.5% of the accumulation determined in the T3 treatment. Importantly, the results of nutrient accumulation in T1 were not statistically different to those in plants of T2 treatment.

Cuadro 3. Concentración de macronutrientos en raíces de petunia, cultivadas en tres sustratos diferentes.
Table 3. Macronutrients concentration in petunia roots cultivated in three different substrates.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(g kg ⁻¹ de materia seca)				
Suelo	14.21 b ^z	6.51 a	27.46 a	17.38 a	5.93 a
Suelo + 30% composta	14.38 b	2.57 b	15.03 b	13.42 b	3.96 a
Suelo + 80% composta	22.9 a	3.75 b	23.62 a	12.27 ab	6.43 a
DMS	1.3	2.41	6.84	12.21	2.53

^z= letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

En la Figura 1 se muestran los contenidos de macronutrientos en raíces de petunias crecidas en sustratos con diferentes niveles de composta. Estos resultados muestran diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Los contenidos más altos de los macronutrientos evaluados, se registraron en plantas crecidas en suelo agrícola adicionado con 80% de composta (T3). El nutrimento que las plantas extrajeron en mayor cantidad en raíces fue K (66.21 mg), seguido de N (64.37 mg), Ca (36.44 mg), Mg (18.42 mg) y P (10.71 mg), todos registrados en el tratamiento T3. En general, se observa que la menor acumulación nutrimental en raíces fue registrada en el sustrato al que no se le adicionó composta (T1), y los contenidos de N en este tratamiento (T1), representan sólo 19.5% de la acumulación determinada en el tratamiento

Macronutrient concentration and accumulation in stems

Unlike the results obtained in roots (Table 3), only N and Ca concentrations were statistically different ($p \leq 0.05$) between treatments in stem. Regarding the concentration of N, the result obtained in T3 outperforms T1 (agricultural soil) in 75.77%; while T2 in almost 82% (Table 4). In contrast, the Ca concentration was lower in plants grown in T3 compared with T1 and T2.

The Figure 2 shows the macronutrient content in stems of petunias grown in substrates with different proportions of agricultural soil and compost. The highest accumulation

T3. Es importante indicar que los resultados obtenidos en acumulaciones nutrimentales en T1, no fueron diferentes estadísticamente a los obtenidos en plantas sometidas al tratamiento T2.

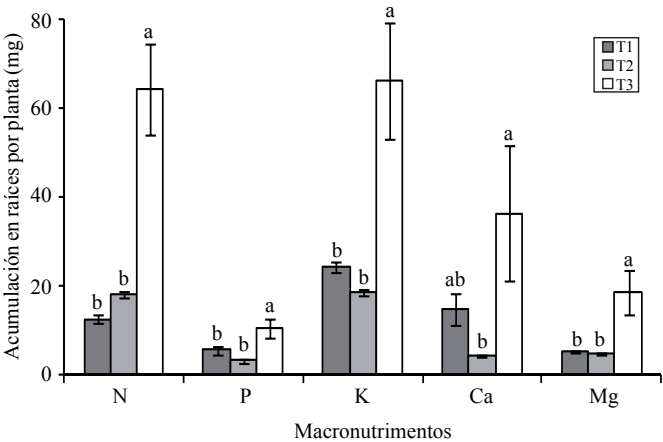


Figura 1. Acumulación de macronutrientes en raíces de petunias cultivadas con tres sustratos: T1= testigo (suelo); T2= 70% suelo y 30% composta (v/v); T3= 20% suelo y 80% composta (v/v). Las barras sobre los promedios indican desviaciones estándar y las letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Figure 1. Macronutrients accumulation in petunias roots cultivated with three substrates: T1= control (soil); T2= 70% soil and 30% compost (v/v); T3= 20% soil and 80% compost (v/v). The bars on the averages indicate standard deviations and different letters indicate statistical significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments.

Concentración y acumulación de macronutrientes en tallos

A diferencia de los resultados obtenidos en raíces (Cuadro 3), sólo las concentraciones de N y Ca fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en tallo. En lo que respecta a concentración de N, se observa que el resultado obtenido en T3 supera a T1 (suelo agrícola) en 75.77%; mientras que T2 en casi 82% (Cuadro 4). Por el contrario, la concentración de Ca fue más baja en plantas crecidas en T3 en comparación con T1 y T2.

La Figura 2 muestra los contenidos de macronutrientes en tallos de petunias, crecidas en sustratos con diferentes proporciones de suelo agrícola y composta. Las acumulaciones más altas de macronutrientes, se registraron en tallos de plantas establecidas en el sustrato con

of macronutrients were recorded in stems of plants established in the substrate with 80% compost (T3) being N the most extracted (217.63 mg), followed by K (171.64 mg), Ca (28.83 mg), Mg (28.54 mg) and P (19.81 mg).

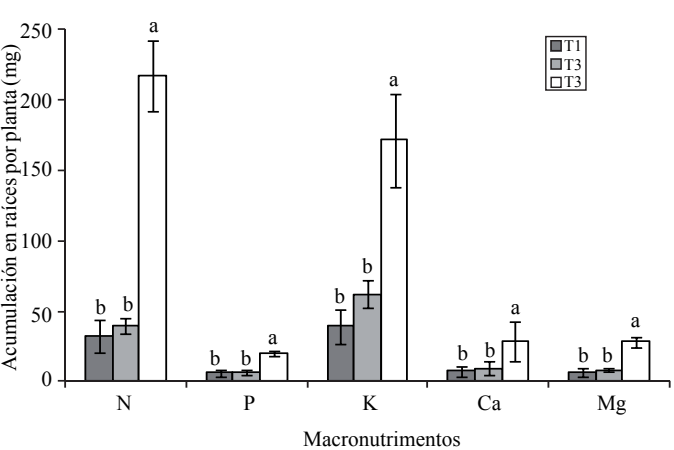


Figura 2. Acumulación de macronutrientes en tallos de petunias cultivadas en tres sustratos: T1= testigo (suelo); T2= 70% suelo y 30% composta (v/v); T3= 20% suelo y 80% composta (v/v). Las barras sobre los promedios indican desviaciones estándar y las letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Figure 2. Macronutrient accumulation in petunias stems grown in three substrates: T1= control (soil); T2= 70% soil and 30% compost (v/v); T3= 20% soil and 80% compost (v/v). The bars on the averages indicate standard deviations and different letters indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments.

Concentration and accumulation of macronutrients in leaves

The Table 5 presents the macronutrient concentrations determined in petunia leaves, established on substrates with different compost proportions. In this organ, no statistical differences between treatments in the concentration of K were found ($p > 0.05$). The concentrations of P, Ca and Mg were higher when the plants were grown on agricultural soil. These values exceeded 152, 95.6 and 56.4%, respectively to those determined in plants grown in substrate with 80% compost (T3). The concentrations of P and Mg recorded at T1 were not statistically different to those obtained in T2. However, the concentration of N in leaves was higher in plants established in substrate with 80% compost.

80% de composta (T3); siendo el N el más extraído (217.63 mg), seguido de K (171.64 mg), Ca (28.83 mg), Mg (28.54 mg) y P (19.81 mg).

The macronutrients accumulation in petunia leaves of plants established on substrates with different proportions of compost are shown in Table 6. Treatments with 80%

Cuadro 4. Concentración de macronutrientos en tallos de petunia cultivadas en tres sustratos diferentes.
Table 4. Macronutrient concentration in petunia stems cultured in three different substrates.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(g kg ⁻¹ de materia seca)				
Suelo	12.88 b ^z	3.12 a	17.81 a	3.32 a	2.91 a
Suelo + 30% composta	12.44 b	2.09 a	19.76 a	3.04 a	2.66 a
Suelo + 80% composta	22.64 a	2.1 a	18.27 a	3 b	3.03 a
DMS	3.08	1.67	11.12	1.3	1.46

^z= letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Concentración y acumulación de macronutrientos en hojas

En el Cuadro 5 se presentan las concentraciones de macronutrientos determinadas en hojas de petunia, establecidas en sustratos con distintas proporciones de composta. En este órgano, no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en la concentración de K ($p > 0.05$). Las concentraciones de P, Ca y Mg fueron mayores cuando las plantas crecieron en suelo agrícola. Dichos valores superaron en 152, 95.6 y 56.4%, respectivamente, a los determinados en plantas desarrolladas en sustrato con 80% de composta (T3). Las concentraciones de P y Mg registradas en T1 no fueron diferentes estadísticamente a las obtenidas en T2. Sin embargo, la concentración de N en hojas fue más alta en plantas establecidas en sustrato con 80% de composta.

compost, showed higher values of N and K in this plant organ. The accumulation values of N ranged between 25.6 and 118.7 mg per plant, and correspond to T1 and T3, respectively. In the case of K, the accumulation interval was of 95.1 and 254.9 mg, also for T1 and T3, respectively. The treatments did not differ significantly in content of P, Ca and Mg in this organ, although there was a tendency for greater accumulation of Ca and Mg in plants under T3 treatment.

Macronutrient accumulation in the whole plant

The Table 7 shows the accumulation of macronutrients in the whole plant (roots, stems and leaves), which shows that treatment with 80% compost (T3), presents the highest contents. Importantly, the order of nutrient accumulation is different between the treatment without

Cuadro 5. Concentración de macronutrientos en hojas de petunia cultivadas en tres sustratos diferentes.
Table 5. Macronutrients concentration in petunia leaves cultured in three different substrates.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(g kg ⁻¹ de materia seca)				
Suelo	12.77 b ^z	5.67 a	47.74 a	24.63 a	8.04 a
Suelo + 30% composta	14.12 b	2.94 ab	43.21 a	15.62 b	6.17 ab
Suelo + 80% composta	23.4 a	2.25 b	50.28 a	13.1 b	5.14 b
DMS	1.81	3.34	10.52	8.34	2.04

^z= letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

La acumulación de macronutrientos en hojas de plantas de petunia, establecidas en sustratos con distintas proporciones de composta puede ser observada en el Cuadro 6. El

compost (T1) and those containing compost (T2 and T3); in T1 was K > Ca > N > Mg > P, while in T2 and T3 was K > N > Ca > Mg > P.

tratamiento con 80% de composta, presentó valores más elevados de N y K en este órgano de la planta. Los valores de acumulación de N oscilaron entre 25.6 y 118.7 mg por planta, y corresponden a los tratamientos T1 y T3, respectivamente. En el caso de K, el intervalo de acumulación fue de 95.1 y 254.9 mg, también para T1 y T3, respectivamente. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas en cuanto al contenido de P, Ca y Mg en este órgano, aunque hubo una tendencia de mayor acumulación de Ca y Mg en plantas bajo el tratamiento T3.

DISCUSSION

The materials processed through composting, contain nutrients that have positive effects on photosynthesis and chlorophyll content when they are absorbed by the plants. In compost, the nutrient availability for plants it's higher, since this process increases the available forms of elements, including nitrates, as well as interchangeable forms of P, K, Ca and Mg (Chamani *et al.*, 2008).

Cuadro 6. Acumulación de macronutrientes en hojas de petunias, establecidas en tres sustratos diferentes (García-Albarado *et al.*, 2010).

Table 6. Accumulation of macronutrients in petunias' leaves established in three different substrates (García-Albarado *et al.*, 2010).

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(mg planta ⁻¹)				
Suelo	25.6 b ^z	11.8 a	95.1 b	50.2 a	16.1 a
Suelo + 30 % composta	39.3 b	7.3 a	124.7 b	41.1 a	17.2 a
Suelo + 80 % composta	118.7 a	11.4 a	254.9 a	66.2 a	25.9 a
DMS	33.2	10.3	104.9	44.1	15.3

^z= letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Acumulación de macronutrientes en planta completa

En el Cuadro 7 se presenta la acumulación de macronutrientes en la planta completa (raíces, tallos y hojas), en el cual se observa que el tratamiento con 80% de composta (T3), se presentan los contenidos más altos. Es importante destacar que el orden de acumulación nutrimental es diferente entre el tratamiento sin composta (T1) y los que contienen composta (T2 y T3); en T1 fue K > Ca > N > Mg > P, en tanto que en T2 y T3 fue K > N > Ca > Mg > P.

The concentration ratio of macronutrients found in roots, stems and leaves in this paper (Tables 3, 4 and 5) were different in each of the tested substrates. Both in root and stem, when the substrate contained 80% compost (T3) had the highest concentration of N. In leaves (Table 5), regardless of used substrate, the higher nutrient concentration was found in K.

The N concentration values recorded in root, stem and leaves (Tables 3, 4 and 5, respectively) were similar in each of the tested substrates, with values ranging from

Cuadro 7. Acumulación de macronutrientes en plantas completas de petunia, establecidas en tres sustratos diferentes. Table 7. Macronutrient accumulation in the whole plants of petunia established in three different substrates.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(mg planta ⁻¹)				
Suelo	70.477	23.952	158.603	72.51	27.93
Suelo + 30 % composta	97.29	17.568	205.92	55.081	30.576
Suelo + 80 % composta	400.715	41.902	492.755	131.47	72.984

DISCUSIÓN

Los materiales procesados a través del compostaje contienen nutrimentos que al ser absorbidos por las plantas tienen efectos positivos sobre fotosíntesis y contenido de clorofila. En compostas, la disponibilidad de nutrimentos para las plantas es mayor, ya que este proceso aumenta las formas disponibles de los elementos, incluyendo nitratos, así como formas intercambiables de P, K, Ca y Mg (Chamani *et al.*, 2008).

La relación de concentración de macronutrimentos encontrada en raíces, tallos y hojas en esta investigación (Cuadros 3, 4 y 5) fue distinta en cada uno de los sustratos evaluados. Tanto en raíces como en tallo, cuando el sustrato contenía 80% de composta (T3) se tuvo la mayor concentración de N. En hojas (Cuadro 5), independientemente del sustrato empleado, el nutrimento encontrado en mayor concentración fue el K.

Los valores de concentración de N registrados en raíz, tallo y hojas (Cuadros 3, 4 y 5, respectivamente) fueron muy similares en cada uno de los sustratos evaluados, con valores oscilando entre 12.77 a 14.21 para T1; en T2 de 12.44 a 14.38 y en T3 de 22.64 a 23.4 g kg⁻¹ de materia vegetal seca; observándose de manera general una relación positiva entre la concentración de este elemento y la proporción de composta en el sustrato. Así también, Atiyeh *et al.* (2001) reportaron que la concentración de N fue mayor en plantas de tomate crecidas en sustratos con 5% o más de vermicomposta de estiércol de cerdo, lo cual coincide con los datos de la presente investigación.

Por su parte, Atiyeh *et al.* (2002) reportaron incrementos significativos en la concentración de N en hojas de *Tagetes erecta*, crecidas en una mezcla de vermicomposta, turba y arena, lo que resultó en mayor crecimiento de raíces y tallos. De la misma manera, en plantas de *Impatiens wallerana* crecidas con mezclas de sustratos con gallinaza y turba (1:3, v/v) la concentración de N en plantas aumentó significativamente, en comparación con el sustrato testigo que incluían únicamente turba (Dede *et al.*, 2006). En hojas de petunia (Cuadro 5), se observa deficiencia de N en los tres sustratos (12.77 g kg⁻¹ de materia seca para T1; 14.12 g kg⁻¹ para T2; y 23.4 g kg⁻¹ para T3), pues el intervalo de concentración de este nutrimento reportado como suficiente por Mills y Jones (1996) oscila de 39 a 76 g kg⁻¹ de materia seca.

12.77 to 14.21 for T1; T2 of 12.44 to 14.38 and T3 of 22.64 to 23.4 g kg⁻¹ of dry plant matter, but there was generally a positive relation between this element concentration and the compost proportion in the substrate. Atiyeh *et al.* (2001) also reported that, the N concentration was higher in tomato plants grown in substrates with 5% or more of pig manure vermicompost, which is consistent with the data obtained from this paper.

Atiyeh *et al.* (2002), reported significant increases in the N concentration in *Tagetes erecta* leaves, grown in a mixture of vermicompost, peat and sand, resulting in greater growth of roots and stems. Likewise, in plants of *Impatiens wallerana* grown with substrate mixtures of manure and peat (1:3, v/v), the N concentration in plants was significantly increased compared to the control substrate that contained only peat (Dede *et al.*, 2006). In petunia leaves (Table 5), N deficiency is observed in the three substrates (12.77 g kg⁻¹ of dry matter for T1; 14.12 g kg⁻¹ for T2 and 23.4 g kg⁻¹ for T3), the concentration range of this nutrient reported as sufficient by Mills and Jones (1996), ranges from 39 to 76 g kg⁻¹ of dry matter.

This allows suggesting the addition of complementary N to the substrate from inorganic or organic sources. A further example of an organic source would be the addition of a combination of manure and feather meal, which would provide both rapid and slow release of nitrogen (Buckwalter and Fake, 2003).

The highest average concentration of P in all organs tested were recorded on the plants growing in soil without compost (T1), although this substrate contains the least amount of P than those containing compost (García-Albarado *et al.*, 2010). In leaves (Table 5), only the concentration of P in this treatment is within the sufficiency range (4.7 to 9.3 g kg⁻¹) and was not statistically different from the results obtained in T2 (2.94 g kg⁻¹), although it's classified as poor.

Similar results were reported by Eichler-Löbermann *et al.* (2007), who found that the combination of organic fertilizers (cow manure and compost) and inorganic fertilizer increased the P content in soils, although significant yield increases were only observed when combined with organic fertilizer triple superphosphate, and indicated that regular application of manure and compost have the same effects on yield, P uptake and P

Lo anterior permite sugerir la adición de N complementario al sustrato a partir de fuentes inorgánicas o bien de fuentes orgánicas. Un ejemplo adicional de una fuente orgánica sería la adición de una combinación de estiércol y harina de plumas de ave, que proporcionan nitrógeno tanto rápida como lenta liberación (Buckwalter y Fake, 2003).

Las medias de concentración más altas de P en todos los órganos evaluados fueron registradas en plantas creciendo en suelo sin composta (T1), a pesar de que este sustrato contiene la menor cantidad de P, que aquellos que contienen composta (García-Albarado *et al.*, 2010). En hojas (Cuadro 5), sólo la concentración de P de este tratamiento se encuentra dentro del intervalo de suficiencia (4.7 a 9.3 g kg^{-1}) y no fue estadísticamente diferente al resultado obtenido en el T2 (2.94 g kg^{-1}), a pesar de éste se clasifica como deficiente.

Resultados similares fueron reportados por Eichler-Löbermann *et al.* (2007), quienes encontraron que la combinación de abonos orgánicos (estiércol de ganado bovino y composta) con fertilizantes inorgánicos elevaron el contenido de P en suelos, aunque incrementos significativos en rendimiento sólo se observaron cuando los abonos orgánicos se combinaron con superfosfato triple, e indicaron que la aplicación periódica de estiércol y de composta tiene los mismos efectos en rendimiento, absorción de P y contenido de P en suelo que el P soluble inorgánico aplicado al suelo, por lo que sugieren que las recomendaciones sobre fertilización fosfatada, deben tomar en cuenta la baja correlación entre suministro y absorción de P en los cultivos.

La alta movilidad de K en la planta (Anjos *et al.*, 2009) se pone de manifiesto en las altas concentraciones de este elemento obtenidas en hojas, independientemente de los sustratos evaluados (Cuadro 5), las cuales son superiores en general en más de dos veces a las registradas en raíces y tallos (Cuadros 3 y 4). Analizando las concentraciones de K en hojas, se observa que éstas no se correlacionan de manera positiva con el contenido de potasio en el sustrato (García-Albarado *et al.*, 2010); y todas ellas son clasificadas como óptimas de acuerdo al intervalo de 31.3 a 66.5 g kg^{-1} de suficiencia reportado para petunia por Mill y Jones (1996).

El contenido de Ca intercambiable es superior en el sustrato testigo consistente en suelo agrícola (T1). Este valor disminuye conforme la proporción de composta decrece (García-Albarado *et al.*, 2010). Estos datos se correlacionan de manera positiva, con las concentraciones de este elemento determinadas en hojas y tallos en este estudio. De acuerdo con

content in soil soluble inorganic P applied to the soil, thus suggesting that P fertilization recommendations must take into account the low correlation between supply and P uptake in crops.

The high mobility of K in the plant (Anjos *et al.*, 2009) is revealed in the high concentrations of this element on leaves obtained regardless of the tested substrates (Table 5), which are generally twice higher than those recorded in roots and stems (Tables 3 and 4). Analyzing the K concentrations in leaves, it's clear that they are not positively correlate with the potassium content in the substrate (García-Albarado *et al.*, 2010) and, they are all classified as optimal according to the range of 31.3 to 66.5 g kg^{-1} sufficiency reported for petunia by Mill and Jones (1996).

The exchangeable Ca content is higher in the control substrate consisting of agricultural soil (T1). This value decreases as the compost proportion decreases (García-Albarado *et al.*, 2010). These data are positively correlated with concentrations of this element determined in leaves and stems in this study. According to Mill and Jones (1996), the optimal concentrations of calcium in petunia's leaves range from 12 to 28 g kg^{-1} of dry matter and, the values found in this paper are within this range in the evaluated treatments.

In the case of Mg, this nutrient concentrations in leaves of tested substrates (Table 5), are within the range 0.36 to 1.37% (3.6 to 13.7 g kg^{-1} dry matter), reported as sufficient for this species according to Mill and Jones (1996). This result is because the Mg content in the tested substrates (Table 2), is much higher than the value considered optimal by Ansorena (1994) for culture substrates ($> 0.575 \text{ cmol}_c$ of Mg kg^{-1} equivalent to 0.07 g of Mg kg^{-1} dry matter). The highest average foliar concentrations of Mg were found in plants growing in agricultural soil (T1) and substrate with 30% compost (T2), results that are not positively relate with the contents of exchangeable Mg in the substrate; which is contrary to that reported by Chamani *et al.* (2008) in Petunia, who pointed out that, the use of vermicompost did tended to increase the concentration of Mg in the plant's tissue. In the same manner as in leaves in the substrates, the exchangeable Mg contents are not related with their compost proportion.

Regarding to the nutrient accumulation in roots and stems, the highest contents of N, P, K and Mg were recorded in treatment T3 (Figures 1 and 2), a behavior also observed

Mill y Jones (1996), las concentraciones óptimas de calcio en hoja de petunia oscilan de 12 a 28 g kg⁻¹ de materia seca, y los valores encontrados en esta investigación se encuentran dentro de este intervalo en los tratamientos evaluados.

En el caso de Mg, las concentraciones de este nutrimento en hojas de los sustratos evaluados (Cuadro 5), se encuentran dentro del intervalo 0.36 a 1.37% (3.6 a 13.7 g kg⁻¹ de materia seca), reportado como suficientes para esta especie de acuerdo con Mill y Jones (1996). Este resultado obedece que el contenido de Mg en los sustratos evaluados (Cuadro 2), es muy superior al valor considerado óptimo por Ansorena (1994) para sustratos de cultivos (> 0.575 cmol_c de Mg kg⁻¹ equivalente a 0.07 g de Mg kg⁻¹ de materia seca). Las medias más altas de concentración foliar de Mg se encontraron en plantas creciendo en suelo agrícola (T1) y en sustrato con 30% de composta (T2), resultados que no se relacionan en forma positiva con los contenidos de Mg intercambiable en el sustrato; lo cual es contrario a lo reportado por Chamani *et al.* (2008) en petunia, quienes indican que el uso de vermicomposta tendió a incrementar la concentración de Mg en tejido vegetal. De la misma manera que en hojas, en los sustratos los contenidos de Mg intercambiable, no guardan una relación con la proporción de composta en éstos.

En lo que a acumulación nutrimental respecta, se observó en raíces y tallos que los mayores contenidos de N, P, K y Mg se registraron en el tratamiento T3 (Figura 1 y 2), comportamiento también observado en hojas para los nutrimentos N y K (Cuadro 6) y reportado por García-Albarado *et al.* (2010). De la misma manera, Senthilkumar *et al.* (2004), reportaron que los materiales orgánicos composteados y la adición de fertilizantes de síntesis química (NPK), incrementaron la disponibilidad de N, P y K en rosales. Por su parte, Hargreaves *et al.* (2008; 2009) reportaron un incremento en la absorción de P, K, S, Zn, B y Cu con la aplicación de materiales composteados, lo que incrementó el crecimiento de las plantas.

Sainz *et al.* (1998) reportaron que la adición de vermicomposta al suelo, ocasionó incrementos en los contenidos de N, P, K, Ca y Mg en éste, así como mayores concentraciones de P, Ca y Mg en tallos de trébol y calabaza, lo cual es contrario a los hallazgos reportados en la presente investigación, excepto para el caso del N (Cuadro 4). No obstante, la adición 80% de composta al sustrato incrementó la acumulación de N, P, K, Ca y Mg en tallos de petunia (Figura 2). Por su parte, Sailaja-Kumari y Ushakumari (2002) reportaron que la composta incrementó la absorción de N, P, K, Ca y Mg en *Vigna unguiculata*.

in leaves for nutrients N and K (Table 6) and reported by García-Albarado *et al.* (2010). Likewise, Senthilkumar *et al.* (2004) reported that composted organic materials and the addition of chemical fertilizers (NPK) increased the availability of N, P and K in roses. Meanwhile, Hargreaves *et al.* (2008; 2009) reported an absorption increase of P, K, S, Zn, B and Cu with the application of composted materials, which increased the plant's growth.

Sainz *et al.* (1998), reported that the addition of vermicompost to the soil resulted in increasing contents of N, P, K, Ca and Mg and higher concentrations of P, Ca and Mg in stems of clover and squash, which is contrary to the findings reported in this paper, except for the case of N (Table 4). However, adding 80% compost to the substrate increased the accumulation of N, P, K, Ca and Mg in the petunia's stems (Figure 2). Meanwhile, Sailaja-Kumari and Ushakumari (2002) reported that compost increased the absorption of N, P, K, Ca and Mg in *Vigna unguiculata*.

Similar results are also reported by Chamani *et al.* (2008), who found that the N concentration in petunia stems increased significantly with increasing content of vermicompost up to 60% of the total substrate. This response was also observed in this paper not only on concentration but also on the N accumulation in the stems and roots (Tables 3 and 4; Figures 1 and 2). Also, Chamani *et al.* (2008) found no significant differences in Ca accumulation, which is different from these paper findings, as in the stems there was greater accumulation of Ca when using 80% compost in the substrate. These differences may be due to the compost origin and its production processes (compost vs vermicompost) and the levels used in the substrates mixture (80% vs 60% as maximum levels).

García-Albarado *et al.* (2010), reported that the addition of 80% compost, significantly increased the production of dry biomass in roots, stems and leaves both compared with the control (saline agricultural soil) and in the treatment with addition of 30% compost; although plants grown in T3 (80% compost) had undesirable commercial characteristics such as lodging and lack of seed production, so that in future researches it will be necessary to test intervals of less than 80% compost in the substrate and to analyze their effects on both, growth and development indicators

Resultados similares son también reportados por Chamani *et al.* (2008), quienes encontraron que la concentración de N en tallos de petunia se incrementó significativamente al aumentar el contenido de vermicomposta hasta en un 60% del volumen total de sustrato. Esta respuesta fue también observada en la presente investigación no sólo en la concentración, sino también en la acumulación de N en tallos y raíces (Cuadros 3 y 4; Figuras 1 y 2). Asimismo, Chamani *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas en la acumulación de Ca, lo cual es distinto a los hallazgos de la presente investigación, pues en tallos hubo mayor acumulación de Ca cuando se utilizó 80% de composta en el sustrato. Estas diferencias quizás se deban al origen de las compostas y a los procesos de su producción (composta *vs* vermicomposta), y a los niveles utilizados en la mezcla de sustratos (80% *vs* 60% como niveles máximos).

García-Albarado *et al.* (2010) reportaron que la adición de 80% de composta incrementó significativamente la producción de biomasa seca en raíces, tallos y hojas tanto en comparación con el testigo (suelo agrícola salino), como con el tratamiento de adición de 30% de composta, aunque las plantas crecidas en tratamiento T3 (80% de composta) presentaron características comerciales no deseables como acame y ausencia de producción de semillas, por lo que en futuros estudios será necesario probar intervalos menores a 80% de composta en el sustrato y analizar sus efectos tanto en indicadores de crecimiento y desarrollo, como nutrimentales, lo cual permitirá encontrar niveles óptimos de este tipo de compostas en los sustratos, que resulten en máximos beneficios nutrimentales y también en mejor calidad de las plantas.

Dada la diversidad de desechos orgánicos que se producen en la región, debido a la actividad ganadera, también será necesario probar diferentes proporciones de estiércol de origen diferente al bovino, como el equino, caprino y ovino, por citar algunos ejemplos, y su combinación con desechos orgánicos provenientes de la actividad agrícola y forestal.

Otro aspecto a considerar como estrategia amigable con el ambiente es el aprovechamiento de residuos sólidos municipales, los cuales, al ser procesados a través de compostajes, pueden ser utilizados en agricultura, horticultura, paisajismo y control de la erosión. A este respecto, Silva *et al.* (2007) reportaron que la calidad de los materiales residuales composteados y su aplicación en agricultura, depende de sus propiedades físicas y químicas tales como su capacidad de retención de agua, densidad, sales solubles totales,

and nutrients indicators, which allow to find optimal levels of this compost type in the substrates that result in maximum benefits and better nutritional quality of the plants.

Due to the diversity of organic waste produced in the region, due to livestock, it will also be necessary to try different proportions of manure different to bovine origin, such as horses, goats and sheep, to name a few, and its combination with organic waste from farming and forestry.

Another aspect to be considered as an environmentally friendly strategy is the use of municipal solid waste, which when processed through composting, can be used in agriculture, horticulture, landscaping and erosion control. In this regard, Silva *et al.* (2007) reported that, the quality of composted waste materials and their application in agriculture depends on physical and chemical properties, such as its water holding capacity, density, total soluble salts, C:N ratio, content of macro and micronutrients and levels of toxic elements such as heavy metals, which will have to be assessed when implementing strategies to benefit from these types of waste for the ornamentals production such as petunia, which has shown to be tolerant to salinity (Formes *et al.*, 2007), but there are not detailed studies that show its performance against toxic agents like heavy metals.

CONCLUSIONS

The addition of 80% compost to petunia's growth substrate had a positive effect on the nutrient concentration of N in the roots, stems and leaves. Also, the inclusion of 80% compost significantly increased nutrient accumulation of N, P, K, Ca and Mg in the different analyzed tissues. However, when increasing the compost proportion on the growth substrate from 30 to 80%, the Ca concentration in the stem decreased significantly, a trend with no significant difference but that was also observed in the K concentration in the stem, and P, Ca and Mg in the leaves.

End of the English version



relaciones C:N, contenido de macro y micronutrientes y niveles de elementos tóxicos como metales pesados, lo cual tendrá que evaluarse al momento de implementar estrategias de aprovechamiento de estos tipos de residuos, para la producción de ornamentales como petunia, la cual ha mostrado ser tolerante a la salinidad (Formes *et al.*, 2007), pero se carece de estudios detallados que muestren su comportamiento frente a agentes tóxicos como metales pesados.

CONCLUSIONES

La adición de 80% de composta al sustrato de crecimiento de petunias, tuvo un efecto positivo sobre la concentración nutrimental de N en raíces, tallos y hojas. Asimismo, la inclusión de 80% de composta incrementó significativamente la acumulación nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en los diferentes tejidos analizados. Sin embargo, también se observó que al incrementar la proporción de composta en el sustrato de crecimiento de 30 a 80%, la concentración de Ca en tallo disminuyó significativamente, tendencia que sin mostrar diferencias significativas, también fue observada en la concentración de K en tallo, y de P, Ca y Mg en hojas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores(as) agradecen a la línea prioritaria de investigación 4. Agronegocios, agroecoturismo y arquitectura del paisaje del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, por los apoyos otorgados para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G. y Sandoval, M. V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial. Núm. 10. SMCS. Chapingo, México. 150 p.
- Anjos, R. M.; Mosquera, B.; Sánchez, N.; Cambui, C. A. and Mercier, H. 2009. Caesium, potassium and ammonium distributions in different organs of tropical plants. *Environ. Exp. Bot.* 65(1):111-118.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ediciones Mundiprensa. 172 p.
- Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Subler, S. and Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour. Technol.* 78:11-20.
- Atiyeh, R. M.; Arancon, N. Q.; Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresour. Technol.* 81:103-108.
- Ayala-Sierra, A. y Valdez-Aguilar, L. A. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 14(2):161-167.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. *In*: Black, C. A. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9.* Ame. Society Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Buckwalter, C. and Fake, D. 2003. Using organic amendments. University of California Cooperative Extension. 31-072C.
- Chamani, E.; Joyce, D. C. and Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 3:506-512.
- Dede, O. H.; Koseoglu, G.; Ozdemir, S. and Celebi, A. 2006. Effects of organic waste substrates on the growth of impatiens. *Turkish. J. Agric. Forestry.* 30:375-381.
- Eichler-Löbermann, B.; Köhne, S. and Köppen, D. 2007. Effect of organic, inorganic, and combined organic and inorganic P fertilization on plant P uptake and soil P pools. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170:623-628.
- Fain, G. B.; Gilliam, C. H.; Sibley, J. L. and Boyer, C. R. 2008. Establishment of greenhouse-grown *Tagetes patula* and *Petunia x hybrida* in 'wholetree' substrates. *Acta Hort.* 782:387-393.
- García-Albarado, J. C.; Trejo-Téllez, L. I.; Velásquez-Hernández, M. A.; Ruiz-Bello, A. y Gómez-Merino, F. C. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16(2):107-113.
- García-Gómez, A.; Bernal, M. P. and Roig, A. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresour. Technol.* 83:81-87.
- Hanson, J. B. 2003. Counting on coir. *Greenhouse Product News.* 13(9):48-54.

- Hargreaves, J. C.; Adl, M. S. and Warman, P. R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123:1-14.
- Hargreaves, J. C.; Adl, M. S. and Warman, P. R. 2009. The effect of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Sci. Utilization.* 17:85-94.
- Marfa, O.; Lemaire, F.; Cáceres, R.; Giuffrida, F. and Guerin, V. 2002. Relationship between growing media fertility, percolate composition and fertigation strategy in peat-substitute substrates used for growing ornamental shrubs. *Sci. Hortic.* 94:309-321.
- Mills, H. A. and Jones, J. B. 1996. *Plant analysis handbook II*. MicroMacro Publishing. Athens, Ga.
- Sailaja-Kumari, M. S. and Ushakumari, K. 2002. Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *J. Trop. Agric.* 40:27-30.
- Sainz, M. J.; Taboada-Castro, M. T. and Vilariño, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant Soil.* 205:85-92.
- SAS Institute (SAS). 2003. *SAS/STAT User's Guide. Version 9.1*. Inc., Cary, NC. Volumes 1-7.
- Senthilkumar, S.; Sriramachandrasekharan, M. V. and Haripriya, K. 2004. Effect of vermicompost and fertilizer on the growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* (Duch.) Bioresour. Technol. 99:8502-8511.
- Silva, M. T. B.; Menduiña, A.; Seijo, Y. C. and Viqueira, F. C. 2007. Assessment of municipal solid waste compost quality using standardized methods before preparation of plant growth media. *Waste Manage. Res.* 25:99-108.
- Theunissen, J.; Ndakidemi, P. A. and Laubscher, C. P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *Int. J. Phys. Sci.* 5:1964-1973.