

NUTRICIÓN MINERAL CON NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Chrysanthemum morifolium* Ramat. CON SUSTRATOS REGIONALES EN YUCATÁN, MÉXICO

Mineral Nutrition with Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in the Production of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. with Regional Substrates in Yucatan, Mexico

Eduardo Villanueva-Couoh^{1‡}, Gabriel Alcántar-González², Prometeo Sánchez-García², Manuel Soria-Fregoso³ y Alfonso Larque-Saavedra⁴

RESUMEN

Este trabajo se realizó para probar diferentes dosis de fertirrigación y seleccionar un sustrato regional en la producción de crisantemo para flor de corte y estudiar el efecto de ambos factores en la concentración foliar de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Se aplicaron seis dosis de fertirriego y cuatro sustratos, los cuales se constituyeron de 70% materiales orgánicos de la región y 30% (v/v) suelo K'ankab. Los diferentes factores se analizaron en un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. Las plantas crecieron mejor en el sustrato S₂ (70% bagazo de henequén + 30% suelo) a los 119 días después al trasplante (DDT) y 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K fueron las dosis en las que se obtuvieron las plantas con mayor altura y diámetro de tallo. El peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, el volumen de la raíz, el área foliar, así como el diámetro de la flor no fueron afectados por el tipo de sustrato y dosis de fertirriego. Las dosis arriba indicadas fueron las mejores en todas las variables antes mencionadas, particularmente en el diámetro de flor con 12.2 cm. Las concentraciones de N en hojas y tallos fueron estadísticamente iguales en los tratamientos con 50-25-100, 100-50-200 y 250-125-500 mg L⁻¹ de N, P y K a los 119 DDT pero diferentes al testigo y las dosis

de 150-75-300 y 200-100-400 mg L⁻¹ de N, P y K fueron estadísticamente iguales al testigo. En cuanto a las concentraciones de P y K en hojas y tallos hubo diferencias estadísticas entre los sustratos y el sustrato S₂ originó las más altas, con valores de 6.62 mg g⁻¹ de P y 61.9 mg g⁻¹ de K.

Palabras clave: fertirriego, crisantemo, bagazo de henequén.

SUMMARY

This experiment was performed to test different doses of fertigation, as well as to select a regional substrate for the production of the chrysanthemum for use as a cut flower and to study the effect of both factors on leaf nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) concentration. Six doses of fertigation and four substrates were tested in this experiment. The four substrates consisted of 70% organic materials from the region and 30% (v/v) K'ankab soil. The different factors were studied in a completely randomized design with split plot and three repetitions each. The plants grew better in the S₂ substrate (70% sisal pulp + 30% soil), at 119 days after transplant (DAT), with 50-25-100 and 100-50-200 mg L⁻¹ of N, P, and K; these were the best doses for the height and stalk diameter variables of the plant. No statistical differences were found in foliage or root fresh and dry matter, root volume, leaf area, or flower diameter. The doses indicated were the best in all the above mentioned variables, particularly in flower diameter, which was 12.2 cm. N concentration in leaves and stalks were statistically equal in all treatments with 50-25-100, 100-50-200 and 250-125-500 mg L⁻¹ of N-P-K at 119 DAT, but different from the control, while doses of 150-75-300, and 200-100-400 mg L⁻¹ of N-P-K were statistically equal to the control. P and K concentrations in leaves and stalks were statistically

¹ Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Carretera Mérida-Motul km 16.3, Conkal. 97345 Conkal, Yucatán.

[‡] Autor responsable: (e_couoh@colpos.mx)

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

³ Instituto Tecnológico de Tizimin. Km 3.5 Carretera final Aeropuerto Cupul a Tizimin s/n. 97700 Tizimin, Yucatán.

⁴ Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 no. 130, Col. Chuburná de Hidalgo. 97200 Mérida, Yucatán.

different among substrates, and the S₂ substrate showed the highest levels with 62 mg g⁻¹ and 61.9 mg g⁻¹ of P and K, respectively.

Index words: *ferti-irrigation, chrysanthemum, henequen bagasse.*

INTRODUCCIÓN

El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) es la tercera flor de corte más importante a nivel internacional, después de la rosa (*Rosa* spp.) y el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). Es una planta herbácea, procedente del hemisferio norte, Asia oriental, pertenece a la familia de las *Asteraceas* o compuestas, comúnmente se denominan margaritas o crisantemos, se desarrollan en climas tropicales (Machin y Scopes, 1982; Larson, 1992; Sabañón *et al.*, 1993) y pueden cultivarse en varias regiones de México.

Este cultivo tiene gran potencial en el estado de Yucatán debido a su buena capacidad de adaptación a las condiciones ambientales locales, sin embargo, la falta de un manejo adecuado de la nutrición y de los sustratos limitan frecuentemente la obtención de flores de alta calidad.

Para un buen rendimiento y calidad en la producción de crisantemo se requiere suministrarle una adecuada cantidad de nutrimentos. Es importante ajustar los requerimientos nutrimentales, ya que la distribución de estos durante su desarrollo es fundamental para satisfacer las necesidades puntuales en los periodos de mayor exigencia, sobre todo de nutrimentos esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Lira, 1994; Burger *et al.*, 1997).

El uso de un buen sustrato es también esencial para obtener una alta calidad de flor. Dado que el volumen en una cama de siembra es limitado, el sustrato y sus componentes deben de tener características físicas y químicas, que combinadas con un programa integral de manejo, permitan el crecimiento óptimo de la planta. Las propiedades físicas son las más importantes para un sustrato. Por ejemplo, si la estructura del sustrato es inadecuada difícilmente se podrá mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo (Cabrera, 1998).

En Yucatán los suelos más utilizados para este cultivo son los conocidos como Chac-lu'um (Cambisol) y K'ankab (Luvisol ródico). Estos suelos son generalmente ricos en N, P y K, aún cuando los elementos no

se encuentren en formas químicas disponibles para la planta (Ortiz y Ortiz, 1990; Borges, 1998).

El dzidzilche (*Gimmopodium floribundum*) es una maleza que se encuentra distribuida en el sureste de México y abunda en los suelos Tzek'el. De esta planta puede utilizarse como sustrato la hojarasca que produce y su contenido de N es mayor que el del bagazo de henequén en cualquiera de sus fases de degradación. Sin embargo, en cuanto a P y K, su contenido es menor (Borges, 1998).

Otro subproducto que se utiliza es el bagazo del henequén (*Agave fourcroydes*) conocido como sisal. Este se forma con el desecho de la desfibración de las pencas, se encuentra disponible en diferentes fases de degradación: bagazo nuevo, bagazo viejo o tierra de bagazo, sin conocerse el tiempo exacto transcurrido en el proceso de descomposición en cada caso. Su empleo como sustrato ha sido exitoso y en cuanto a su aporte nutrimental se han reportado concentraciones adecuadas de N, P y K para los cultivos, según el grado de descomposición (Borges *et al.*, 2003).

La cerdaza es un material proveniente de la industria porcícola y está constituida por ingredientes alimenticios no absorbidos y no digeridos, de productos catabólicos del metabolismo, de secreciones, de células microbianas y de tejidos que después de la excreción continúan su degradación debido a la actividad microbiana. El estiércol de cerdo a diferencia de otros residuos industriales puede ser incorporado a los ciclos biológicos naturales donde es transformado, desarrollando en el proceso sustancias benéficas para el crecimiento de las plantas y la estructura del suelo. Se pueden obtener dos clases de estiércol de porcino: estiércol sólido o semisólido y estiércol líquido. La cantidad producida diariamente de este material es aproximadamente un 8% del peso vivo de los animales y en el estado de Yucatán se reportó una población de 1 114 135 cabezas que producen aproximadamente 3600 Mg de excretas al día, este material es rico en materia orgánica, N, P y K y sus efectos en el suelo son duraderos (Soria *et al.*, 2000; Soria *et al.*, 2001).

Por otra parte, en Yucatán la floricultura es una actividad que representa una alternativa viable dentro del sector agropecuario, dada su alta rentabilidad por unidad de superficie, así como por la generación de empleos. No obstante, no se cuenta con las tecnologías adecuadas para la producción comercial de flores, por lo que surge la necesidad de generarlas para desarrollar

este tipo de cultivos en Yucatán, sobre todo en lo referente al manejo de sustratos y nutrición.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se realizó para probar el efecto de diferentes dosis de fertirrigación y sustratos regionales sobre el estado nutrimental y la producción de crisantemo para flor de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, ubicado en el km 16.3 de la carretera antigua Mérida-Motul en Conkal, Yucatán, en el Área de Plantas Ornamentales Tropicales y en el laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal del Departamento de Posgrado e Investigación; sus coordenadas geográficas son: 19° 20' latitud Norte y 20° 37' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con altitud de 10 m (García, 1988).

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel con apertura cenital y plástico con 25% de sombra. Como material vegetativo se utilizaron esquejes enraizados de *Chrysanthemum morifolium* var. Polaris con una altura promedio de 7 cm, adquiridos en la empresa "Nicté Ha" en Chocholá, Yucatán.

Los esquejes fueron trasplantados en camas de 1 m de ancho x 12 m de largo y el distanciamiento de siembra fue de 12 x 12 cm. El pinchado de las plantas se realizó a los ocho días después del trasplante y se dejaron dos tallos por planta. Se eliminaron los botones laterales de cada tallo, dejando solamente el principal. Esta práctica se realizó a partir de los 29 días después del trasplante hasta el final del experimento. Para regular el fotoperíodo se utilizaron focos de luz incandescente de 100 W, durante cuatro horas por la noche, hasta que los esquejes alcanzaron una altura de 40 cm. Para la inducción floral se colocó una malla del 70% de sombra, la cual fue retirada cuando en el experimento se tuvo un 50% de botones florales inducidos. Se colocaron mallas tutor para que las plantas no se acamaran, éstas se mantuvieron hasta el momento del corte. Los sustratos (Cuadro 1) se utilizaron en su forma natural, el dzidzilche

se colectó en montes bajos cercanos al instituto. Se utilizó bagazo degradado de henequén el cual fue adquirido en una desfibradora del municipio de Baca, Yucatán, México. La cerdaza sólida, completamente descompuesta, se adquirió en la posta porcina del mismo instituto. Todos los sustratos se cribaron con una malla de 1 cm y se desinfectaron con agua a 70 °C.

En las camas de 12 m² se adaptaron parcelas de 1 m², las que se dividieron con plásticos en el fondo y en los lados, de tal manera que los tratamientos (Cuadro 2) no interfirieran entre sí. Las dosis de fertilización se determinaron de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por FIRA (1989).

Para la preparación de las soluciones de fertirriego se utilizaron fertilizantes comerciales y agua de pozo clasificada como C₃S₁ la cual fue apta para el riego y considerando la calidad de ésta para la preparación de las soluciones.

Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron urea (46-0-0), fosfato monoamónico (12-61-0) y nitrato de potasio enriquecido con P (13-2-44). Los tratamientos de fertilización fueron suministrados mediante un sistema de riego por goteo (cintilla) una vez por semana, aplicando 4 L h⁻¹ m⁻² de la solución de fertirriego. El pH de la solución se ajustó a 6.5, antes de su aplicación, con ácido fosfórico (85% y densidad 1.7 g L⁻¹), la conductividad eléctrica fue de 2 dS m⁻¹. La humedad del suelo se midió con tensiómetros y se mantuvo entre 10 y 15 MPa.

Las variables evaluadas a partir de los 35 hasta los 119 días después al trasplante (DDT) fueron: altura de planta medida desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta y el diámetro del tallo principal, el cual fue medido un vernier digital. Al momento de la cosecha, 119 DDT, se evaluó el área foliar con un integrador de área foliar LI-COR 3000A; peso de materia fresca y seca del follaje y raíz, el secado se hizo en estufa de aire forzado por 72 h a 70 °C hasta peso constante, volumen radical cuantificado con base en el volumen de agua desplazado por la raíz

Cuadro 1. Sustratos utilizados en el cultivo de crisantemo para flor de corte en invernadero.

	Sustratos			
	S1	S2	S3	S4
Mezclas	100% suelo [†]	70% bagazo de henequén + 30% suelo	70% hoja de dzidzilche + 30% suelo	70% cerdaza + 30% suelo

[†] Suelo K'ankab = Luvisol Ródico. Bagazo del henequén = residuo de la fibra que se extrae de la penca. Dzidzilche = *Gimnapodium floribundun*.

Cuadro 2. Concentraciones en la solución de fertirriego para el cultivo de crisantemo, en invernadero.

Dosis	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
----- mg L ⁻¹ -----			
0 (Testigo)	0	0	0
1	50	25	100
2	100	50	200
3	150	75	300
4	200	100	400
5	250	125	500

en una probeta, diámetro de la flor medido con un vernier digital y flexómetro. Para determinar la concentración de N, P y K se seleccionaron tres tallos florales de cada tratamiento en el punto de corte óptimo y posteriormente se separaron dejando solamente el tallo y las hojas para el análisis. Tallos y hojas se lavaron con agua destilada posteriormente se enjuagaron con agua desionizada. La concentración de N se determinó por el método Kjeldahl (Benton-Jones *et al.*, 1991), el P por el método del Vanadato-Molibdato Amarillo y K por espectrometría de emisión (Alcántar y Sandoval, 1999) en hojas y tallos a los 119 DDT.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones; la parcela grande fue de 1 x 12 m, con las seis dosis de fertilizante por repetición y la parcela

chica fue de 1 m² con los cuatro sustratos, lo que hizo un total de 24 tratamientos, incluyendo al testigo. Cada parcela chica contenía 72 plantas y de estas se seleccionaron al azar cinco, las cuales se monitorearon durante el experimento para la medición de variables. El experimento ocupó un área de 72 m². Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2000 ver. 8.1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las Plantas

La altura de las plantas fue distinta en el S₂ a partir de los 57 DDT con relación a las otras mezclas de sustrato en donde el crecimiento de la planta fue igual (Figura 1). El valor más alto (86.3 cm) se obtuvo con S₂ a los 119 DDT. El crecimiento uniforme en las primeras 7 semanas de cultivo se debió a que los esquejes, en esta fase vegetativa, demandaron altas cantidades de N y K, las cuales no se vieron reflejadas debido al pinchado que se efectuó en las plantas a los diez días posteriores al trasplante, resultado que coincide con lo reportado por Lee *et al.* (2002) quienes, en esta misma fase de cultivo, no encontraron diferencias en esta variable con distintas densidades de siembra.

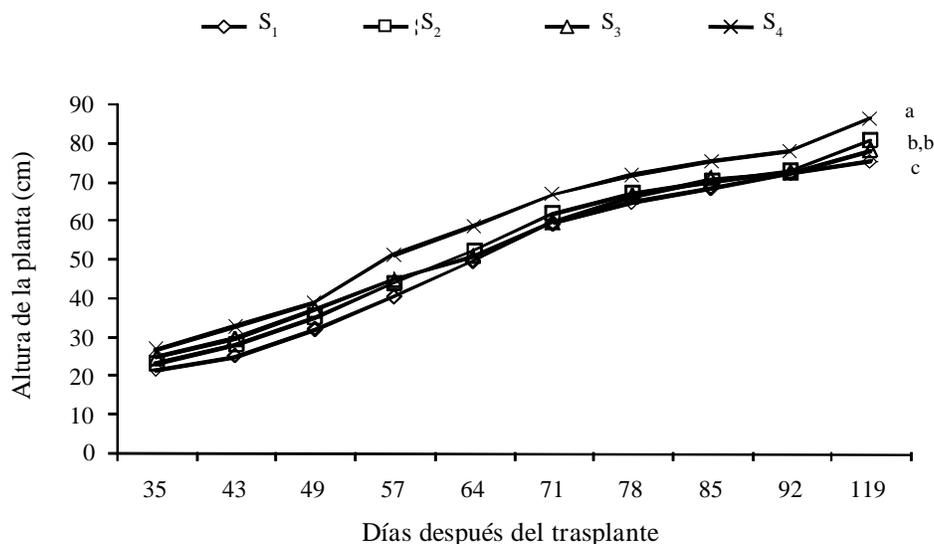


Figura 1. Altura promedio de plantas de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S₁ = suelo 100%; S₂ = bagazo de henequén 70% + 30% suelo; S₃ = 70% dzidzilche + 30% suelo; S₄ = cerdaza 70% + 30% suelo. Letras idénticas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$, diferencia mínima significativa = 4.1).

La altura de la planta fue mayor (41.6 cm) con la dosis de fertirriego de 50-25-100 mg L⁻¹ de N, P y K a los 57 DDT, pero al final del experimento (119 DDT) el valor más alto fue de 86.3 cm, el cual fue igual al de las plantas que fueron fertirrigadas con la dosis 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K. La dosis 150-75-300 mg L⁻¹ de N, P y K fue igual al testigo y las dosis con 200-100-400 mg L⁻¹ y 250-125-500 mg L⁻¹ de N, P y K fueron iguales entre sí, pero diferentes al testigo (Figura 2).

La altura de planta es una de las características más importantes en este cultivo, debido a la presentación con propósitos de comercialización como flor de corte. Plantas de crisantemo demasiado altas (>110 cm) son difíciles de cosechar y pierden calidad ya que las florerías demandan tallos menores de 110 cm (Langton *et al.*, 1999; Gaytan *et al.*, 2006). La altura de la planta también es un buen indicador de una suficiente o deficiente nutrición. Para el caso de crisantemo las variables de calidad consideradas son tamaño y color de flor, calidad y cantidad de follaje, así como firmeza y altura de tallo (McDaniel, 1979; Prabucki *et al.*, 1999; Enriquez *et al.*, 2005).

Diámetro del Tallo Principal

Las mezclas de sustrato no afectaron el diámetro del tallo de la planta de crisantemo, a los 119 DDT (Figura 3). No obstante el valor más alto (0.8 cm) se obtuvo con la mezcla de sustrato S₂, las otras mezclas

y el testigo no favorecieron el engrosamiento del tallo, estos resultados coinciden con Gaytan *et al.* (2006) quienes recomiendan para el cultivo de crisantemo de corte un diámetro del tallo mayor de 0.6 cm.

El diámetro del tallo varió significativamente entre las dosis de fertirriego 50-25-100, 100-50-200, 150-75-300 mg L⁻¹ de N, P y K y con relación al testigo al final del cultivo (119 DDT). Las dosis con 200-100-400 y 250-125-500 mg L⁻¹ de N, P y K fueron iguales y no superaron al testigo (Figura 4). Los resultados obtenidos en esta variable (0.8 cm) son similares a los reportados por Gaytán *et al.* (2006) quienes utilizaron dos sistemas de fertilización, manejo integrado del cultivo (MIC) y manejo tecnificado (MT) con lo cual obtuvo diámetros de 0.5 a 0.7 cm con MIC y 0.3 a 0.7 cm con MT. También Pineda *et al.* (1998) observaron en plantas de crisantemo diámetros similares con la aplicación de la solución nutritiva universal propuesta por Steiner (1984) al 50, 75 y 100% de su concentración, en un sistema hidropónico abierto.

Peso de Materia Fresca y Seca de Follaje y Raíz, Volumen de Raíz, Área Foliar y Diámetro de la Flor

El peso de materia fresca del follaje de la planta de crisantemo en los diferentes sustratos a los 119 DDT no fue afectado por las diferentes mezclas de sustrato, sin embargo, se observó una mayor producción de biomasa de la planta con el sustrato S₂ con relación al testigo S₁ y a las otras mezclas de sustrato. En la variable peso

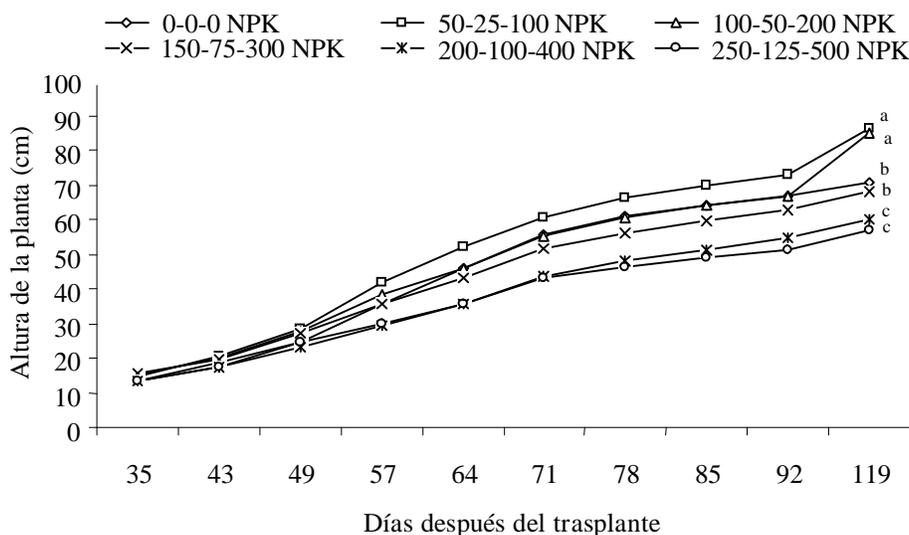


Figura 2. Altura promedio de plantas de crisantemo var. *Polaris* con diferentes dosis de fertirriego y diferentes sustratos. Letras idénticas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$, diferencia mínima significativa = 5.8).

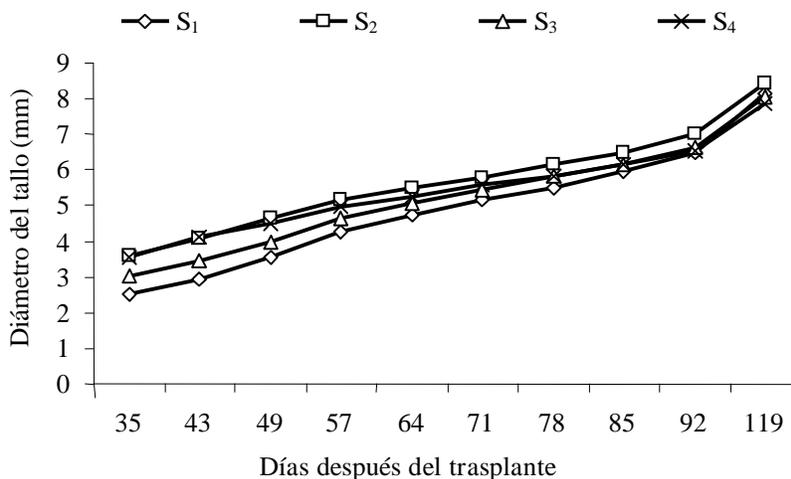


Figura 3. Diámetro promedio de tallos de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S₁ = suelo 100%; S₂ = bagazo de henequén 70%+30% suelo; S₃ = 70% dzidzilche + 30% suelo; S₄ = cerdaza 70% + 30% suelo. (Tukey, $\alpha = 0.05$, diferencia mínima significativa = 1.0).

de materia seca del follaje hubo diferencias estadísticas (Tukey, $\alpha = 0.05$), el sustrato S₂ superó al testigo S₁ en 15.5% y a los sustratos S₃ y S₄ en 21.9 y 6.9% respectivamente.

En la mezcla S₂ se obtuvieron los más altos valores para las variables peso de materia fresca y seca de raíz así como del volumen de raíz, la cual supero al testigo S₁, a los 119 DDT. Estos resultados concuerdan con Borges *et al.* (2003) quienes trabajaron con diferentes mezclas de sustrato conformadas con bagazo de henequén y excretas porcinas y mencionan que la relación C:N

aumenta con los altos contenidos de bagazo de henequén en la mezcla de sustrato lo cual tiene un efecto positivo en la producción de biomasa de la planta también refieren que las concentraciones de N en el bagazo de henequén son altas dada su naturaleza, la cual es de un material fibroso rico en celulosa y lignina y su contenido de C es alto haciendo que exista una alta relación C:N (100.12) en la mezcla compuesta con este material. En la variable área foliar hubo una diferencia en el sustrato S₂ (28.8% mayor) con respecto al sustrato S₁. En el diámetro de la flor el valor más alto se obtuvo

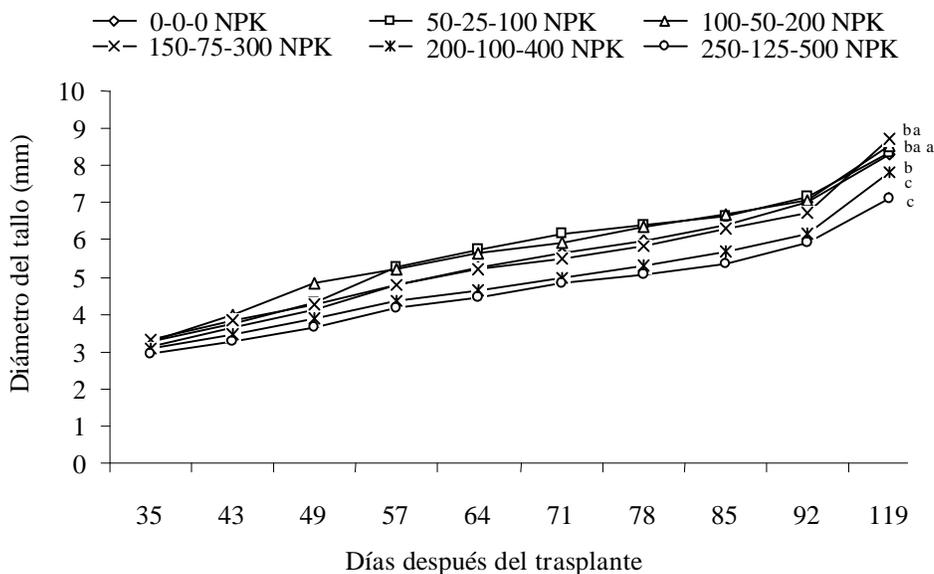


Figura 4. Diámetro promedio de tallos de crisantemo var. Polaris con diferentes dosis de fertirriego. Letras idénticas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$, diferencia mínima significativa = 1.3).

con el sustrato S_2 , el cual fue 7% mayor respecto al sustrato S_1 (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se observa que en la mayoría de las variables, con las diferentes dosis de fertirriego, no se encontraron diferencias entre tratamientos con relación al testigo. Sin embargo, en las variables de peso de materia fresca y seca de follaje hubo una diferencia de 19.7 y 15.5% en la dosis con 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K con relación al testigo.

La combinación de la mezcla de sustrato S_2 y la dosis 50-25-100 mg L⁻¹ de N, P y K así como la distribución uniforme y continua de los fertilizantes favorecieron la disponibilidad de los nutrimentos lo cual estuvo asociado con una mejor calidad de la inflorescencia comparada con el testigo y las otras dosis de fertirriego a los 119 DDT. El diámetro de la inflorescencia obtenido con la dosis antes mencionada fue de 12.2 cm el cual fue mayor que los obtenidos con las dosis 100-50-200 y 150-75-300 mg L⁻¹ de N, P y K. El diámetro de flor es otra de las características importantes en este cultivo, ya que con base en éste muchas veces se establecen los precios de venta de esta flor; este atributo es de mayor consideración en la comercialización como flor de corte que otras características de la planta (Gaytán *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2003 y Villanueva *et al.*, 2005).

Kasten y Sommer (1990), Gislerod y Selmer-Olsen (1980) señalan que la dosis de fertilizante que se debe aplicar varía de acuerdo con las diferentes necesidades nutrimentales de la planta en cada etapa fenológica. Sin embargo, la nutrición depende de diversos factores, tanto de la planta (anatomía, morfología, fenología y distribución de raíces) como del ambiente (temperatura del suelo, suministro de agua y nutrimentos, aireación, entre otros) (Richard, 1983).

Concentraciones Totales de N, P y K Foliar

La concentración de N en hojas y tallos fue igual en todos los sustratos, sin embargo, en las plantas que crecieron en los sustratos S_2 , S_3 y S_4 se encontró una mayor concentración de N (4.0, 0.75 y 2.2%, respectivamente), con relación al sustrato S_1 .

En la concentración de P en hojas y tallos hubo diferencias estadísticas entre los sustratos (Tukey, $\alpha = 0.05$) observándose las mayores concentraciones en las plantas que crecieron en los sustratos S_2 y S_4 que superaron a las del sustrato S_1 . El sustrato S_3 tuvo un valor más alto que el sustrato S_1 . En la concentración de K también hubo diferencias estadísticas (Tukey, $\alpha = 0.05$) y S_2 fue la mezcla de sustrato donde se obtuvieron los valores más altos a los 119 DDT (Cuadro 5).

Las concentraciones de N en hojas y tallos fueron iguales en los tratamientos con 50-25-100, 100-50-200 y 250-125-500 mg L⁻¹ de N, P y K a los 119 DDT pero superiores al testigo; las dosis de 150-75-300 y 200-100-400 mg L⁻¹ de N, P y K fueron iguales al testigo. En general, las cinco dosis superaron al testigo en 15.2, 13.7, 5.5, 8.7 y 15.2%, y en el caso de la dosis con 250-125-500 mg L⁻¹ de N, P y K, (que fue una de las dosis en la que se obtuvieron los más altos valores en cuanto a la concentración de N), se observó que con el sustrato S_4 las plantas presentaron síntomas de toxicidad en el follaje, sobre todo en las hojas basales y con el tiempo estos síntomas progresaron hacia arriba de la parte media de la planta y eventualmente afectaron todo el follaje, esto debido a las cantidades altas de amonio del fertilizante y la cerdaza, sin embargo, esto no ocurrió así en los otros sustratos y en las otras dosis de fertirriego (Cuadro 6). Bugarin *et al.* (1998), Pineda *et al.* (1998)

Cuadro 3. Efecto de diferentes sustratos en crisantemo var. Polaris a los 119 días después del trasplante sobre el crecimiento.

Sustrato	Materia fresca de follaje	Materia seca de follaje	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	Volumen de raíz	Área foliar	Diámetro de la flor
	g				cm ³	cm ²	cm
S_1	541.10 a	114.69 ab	29.03 a	13.36 a	25.00 a	801.70 a	10.76 a
S_2	603.29 a	135.82 a	39.26 a	16.25 a	33.06 a	1039.60 a	12.20 a
S_3	548.41 a	106.07 b	30.00 a	12.47 a	26.11 a	932.20 a	10.74 a
S_4	555.07 a	126.42 ab	23.81 a	11.22 a	22.22 a	798.00 a	10.70 a
DMS	125.48	26.4	22.6	10.04	16.43	377.28	2.38

S_1 = 100% suelo, S_2 = 70% bagazo de henequén + 30% suelo, S_3 = 70% dzidzilche + 30% suelo, S_4 = 70% cerdaza + 30% suelo. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$). DMS = diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Efecto de diferentes dosis de fertirriego en crisantemo var. Polaris a los 119 días después del trasplante sobre el crecimiento.

Dosis de N-P-K	Materia fresca de follaje	Materia seca de follaje	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	Volumen de raíz	Área foliar	Diámetro de la flor
mg L ⁻¹	g				cm ³	cm ²	cm
00-00-00	565.3 ab	133.7 ab	32.1 a	13.7 a	26.7 a	1150.9 a	11.7 ab
50-25-100	644.3 ab	138.0 ab	28.1 a	13.8 a	26.7 a	923.7 a	12.2 a
100-50-200	703.7 a	158.3 a	26.4 a	11.8 a	22.9 a	832.7 a	9.9 bc
150-75-300	616.5 ab	108.0 bc	32.5 a	13.6 a	29.2 a	930.0 a	9.3 c
200-100-400	482.7 bc	103.7 bc	35.3 a	14.5 a	30.0 a	876.0 a	11.1 abc
250-125-500	359.6 c	82.8 c	28.8 a	13.3 a	24.2 a	644.2 a	11.5 abc
DMS	176.69	37.17	31.82	14.14	23.13	531.25	2.38

Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$), DMS = diferencia mínima significativa.

y Enríquez *et al.* (2005) reportaron resultados que coinciden con los obtenidos en el presente trabajo, ellos mencionan que con diferentes concentraciones en la solución nutritiva universal propuesta por Steiner (1984), arriba de 25%, la concentración de N en el follaje de la planta fue entre 3 y 5% intervalo considerado como adecuado (King *et al.*, 1995).

En la concentración de P en las plantas se encontraron diferencias (Tukey, $\alpha = 0.05$) en todas las dosis con relación al testigo y las dosis con 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K superaron al testigo en 57.6% y 52.8%, respectivamente. En cuanto a las concentraciones de K se encontraron diferencias estadísticas (Tukey, $\alpha = 0.05$) en todos los tratamientos con relación al testigo y las dosis 50-25-100 y 150-75-300 mg L⁻¹ de N, P y K superaron al testigo en 14.6% y 11.0% respectivamente (Cuadro 6). La concentración de K en tallos y hojas fue superior a la de N, esto indica que, al menos en la etapa reproductiva, la demanda de K es superior a la de N. Arbos (1992)

menciona que como el N se pierde más rápidamente del sustrato que el K y con los riegos se incrementa la relación K:N hacia el final del cultivo, relación que favorece la floración, lo cual coincidió exactamente con lo encontrado en este trabajo. Posiblemente en la etapa reproductiva el N fue traslocado a las partes jóvenes de crecimiento para abastecer la demanda generada por el desarrollo floral como lo mencionan Enríquez *et al.* (2005); Bugarin *et al.* (1998) y Pineda *et al.* (1998).

CONCLUSIONES

- La mejor mezcla de sustrato fue la 70% bagazo de henequén + 30% suelo (S₂) a los 119 días después del trasplante con las dosis de fertirriego 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) que fueron con las que se obtuvieron los mayores resultados y mejora la calidad tanto de la planta como de la inflorescencia de crisantemo.

Cuadro 5. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos a los 119 días después del trasplante.

Sustrato	Nitrógeno	Nivel	Fósforo	Nivel	Potasio	Nivel
mg g ⁻¹						
100% suelo	26.2 a	B-D	6.57 b	A-AD	61.5 b	A-AD
70% bagazo de henequén + 30% suelo	27.3 a	B-D	6.62 a	A-AD	61.9 a	A-AD
70% dzidzilche + 30% suelo	26.4 a	B-D	6.58 b	A-AD	61.5 b	A-AD
70% cerdaza + 30% suelo	26.8 a	B-D	6.59 ab	A-AD	61.6 ab	A-AD
DMS	0.0272		0.0498		0.0046	

B = bajo, S = suficiente, A = alto (Clasificación de Benton-Jones *et al.*, 1991). AD = adecuado, C = crítico, D = deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988). Medias con la misma letra minúscula son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$), DMS = diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris a los 119 días después del trasplante por efecto de tratamientos.

Dosis	Nitrógeno	Nivel	Fósforo	Nivel	Potasio	Nivel
mg L ⁻¹	----- mg g ⁻¹ -----					
00-00-00	24.0 c	B-D	3.99 f	S-AD	55.7 d	S-AD
50-25-100	28.3 a	B-D	9.41 a	A-A	65.2 a	A-AD
100-50-200	27.8 ab	B-D	8.45 b	A-A	62.4 b	A-AD
150-75-300	25.4 bc	B-D	4.49 e	S-AD	62.6 b	A-AD
200-100-400	26.3 abc	B-D	6.37 d	A-A	62.2 b	A-AD
250-125-500	28.3 a	B-D	6.83 c	A-A	61.6 c	A-AD
DMS	0.0383		0.07		0.0065	

B = bajo, S = suficiente, A = alto (Clasificación de Benton- Jones *et al.*, 1991). A = alto, AD = adecuado, C = crítico, D = deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988). Medias con la misma literal minúscula son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$), DMS = diferencia mínima significativa.

- Las mayores concentraciones de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris se obtuvieron en el sustrato S₂. Las concentraciones en hojas y tallos de P y K entre los sustratos son consideradas como altas y adecuadas dentro de los rangos de suficiencia reportadas por otros autores.

LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, estado de México.
- Arbós A., A. M. 1992. El Crisantemo: cultivo, multiplicación y enfermedades. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Ball, V. 1991. Ball RedBook. 15th ed. Ball Publishing. Chicago, IL, USA.
- Benton Jones, J., H. A. Mills, and B. Wolf. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA.
- Borges G., L. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. Rev. Academia Mexicana de Ciencias 49: 21-26.
- Borges G., L., M. Soria-Fregoso y N. Ruz-Febles. 2003. Contenido de macronutrientes en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo de plántulas de papaya. Rev. Chapingo Serie Hortic. 9: 291-304.
- Bugarin M., R., G. A. Baca C., J. Martínez H., J. L. Tirado T. y A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. Terra 16: 113-124.
- Burger, D. W., T. K. Hartz, and G. W. Forister, 1997. Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. HortScience 32: 57-60.
- Cabrera, R. I. 1998. Propiedades, uso y manejo de cultivos para la producción de plantas en maceta. Rev. Chapingo Serie Horticultura 5: 5-11.
- Calderón, S. F. y M. Pavlova. 2004. Metodologías de análisis foliar. Calderón Laboratorios. http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Foliar/Metodos_Analisis_Foliales.htm#10. www.drcalderonlabs.com; acaldero@cable.net.co (Consulta: agosto 2, 2007).
- Enriquez del V., J. R., B. Velásquez T., A. R. Vallejo F. y V. A. Velasco V. 2005. Nutrición de plantas de *Dendranthema grandiflora* obtenidas *in vitro* durante su aclimatación en invernadero. Rev. Fitotec. Mex. 28: 377-383.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 1989. Cultivo de crisantemo. Banco de México-FIRA. Morelia, Michoacán, México. 22: 3-44.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Gaytán A., E. A., D. L. Ochoa-Martínez, R. García-Velazco, E. Zavaleta-Mejía y G. Mora-Aguilera. 2006. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. Terra 24: 541-548.
- Gislerod, H. R. and A. R. Selmer-Olsen, 1980. The responses of chrysanthemum to variations in salt concentration when grown in recirculated nutrient solution. Acta Hortic. 98: 201-209.
- Kasten, P. and K. Sommer. 1990. Cultivation of cut flowers with ammonium as nitrogen source. pp. 533-537. In: M. L. Van Beusichem (ed.). Plant nutrition, physiology and application. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht, The Netherlands.
- King, J. J., L. A. Peterson, and D. P. Stimart. 1995. Ammonium and nitrate uptake throughout development in *Dendranthema x grandiflorum*. HortScience 30: 499-503.
- Langton, F. A., L. R. Benjamin, and R. N. Edmondson. 1999. The effects of crop density on plant growth and variability in cut-flower chrysanthemum (*Cysanthemum morifolium* Ramat.). J. Hortic. Sci. Biotech. 74: 493-501.
- Larson, R. A. 1992. Introduction to floriculture. 2da. Ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Lee, J. H., E. Heuvelink, and H. Challa. 2002. Effects of planting date and plant density on crop growth of cut chrysanthemum. J. Hortic. Sci. Biotech. 77: 238-247.
- Lira S., R. H. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Trillas. México, D. F.

- Machin, B. and N. Scopes. 1982. Chrysanthemums, year round growing. Blandford Press. London, UK.
- McDaniel, G. L. 1979. Ornamental Horticulture. 2nd edition. Reston Publishing. Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Ortiz, V. B. y S. C. Ortiz. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Patronato Universitario. Departamento de Suelos.
- Pineda P., J., F. Sánchez del C., M. T. Colinas y J. Sahagún. 1998. Dilución de una solución nutritiva estándar en el cultivo de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum*) en un sistema hidropónico abierto. Rev. Chapingo Serie Hortic. 4: 25-30.
- Prabucki, A., M. Serek, and A. S. Andersen. 1999. Influence of salt stress on stock plant growth cutting performance of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. J. Hortic. Sci. Biotech. 74: 132-134.
- Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1988. Plant analysis: an interpretation manual. Inkata Press. Melbourne, Australia.
- Richard, D. 1983. The grape roop system. Horticultural Reviews 5: 127-157.
- Sabañón A., S., D. Cifuentes R., J. A. Fernández H. y A. González Benavente-García. 1993. Gerbera, liliun, tulipán y rosa. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- SAS Institute. 2000. SAS Proceeding guide, Version 8.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Soria F., M. J., J. M. Tun-Suárez, A. Trejo-Rivero y R. Terán-Saldivar. 2000. Tecnología para la producción de hortalizas a cielo abierto en la Península de Yucatán. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. SEP, DGETA, SEIT. Conkal, Yucatán, México.
- Soria F., M. J., R. Ferrera-Cerrato, J. Etchevers-Barra, G. Alcántar-González, J. Trinidad-Santos, L. Borges-Gómez y G. Pereyda-Pérez. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra 19: 353-362.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.
- Vázquez G., L. M., A. García y T. Norman. 2003. Cultivo de crisantemo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Villanueva C., E., M. A. Sánchez-Briceño, J. Cristóbal-Alejo, E. Ruiz-Sánchez y J. M. Tún-Suarez. 2005. Diagnóstico y alternativas de manejo químico del tizón foliar (*Alternaria chrysanthemi* Simmons y Crosier) del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) kitamura en Yucatán, México. Rev. Mex. Fitopatol. 23: 49-56.