



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

NUTRICIÓN CON N, P, K, ÁCIDO SALICÍLICO Y
DIMETILSULFÓXIDO EN LA PRODUCCIÓN DE
Chrysanthemum morifolium Ramat.
CON SUSTRATOS REGIONALES EN YUCATÁN

EDUARDO VILLANUEVA COUOH

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

La presente tesis titulada: **NUTRICION CON N, P, K, ÁCIDO SALICÍLICO Y DIMETILSULFÓXIDO EN LA PRODUCCIÓN DE *Chrysanthemum morifolium* Ramat. CON SUSTRATOS REGIONALES EN YUCATÁN**, realizada por el alumno **Eduardo Villanueva Couoh**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: **DR. ERNESTO GABRIEL ALCÁNTAR GONZÁLEZ**

ASESOR: **DR. PROMETEO SANCHEZ GARCÍA**

ASESOR: **DRA. MARÍA DE LAS NIEVES RODRIGUEZ MENDOZA**

ASESOR: **DR. MANUEL DE JESÚS SORIA FREGOSO**

ASESOR: **DR. ALFONSO LARQUÉ SAAVEDRA**

Montecillo, Texcoco, México a 23 de Julio de 2008

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por proporcionarme los medios económicos para realizar los estudios doctorales (Número de becario **113094**).

Al Colegio de Postgraduados por permitirme obtener una formación académica de excelencia en sus instalaciones.

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) y a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA) por las facilidades otorgadas a través de su departamento de becas, para mi formación académica.

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) por apoyarme con la ayuda económica mediante la beca-sueldo y las facilidades otorgadas para realización de los estudios doctorales.

Al Tecnológico de Conkal por la facilidades laborales que me brindó para la realización de mis estudios.

A la Fundación Yucatán Produce A. C. del estado de Yucatán, por el financiamiento otorgado para el desarrollo del proyecto “Nueva Propuesta folio 31-2006-0112. Validación y adaptación de paquetes tecnológicos para la producción de crisantemo, gladiola y nardo”.

Al Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) que por el conducto del Dr. Alfonso Larqué Saavedra y el Ing. Rodolfo Martín Mex proporcionaron el Ácido Salicílico para su aplicación en uno de los experimentos.

A mi consejero Dr. Gabriel Ernesto Alcántar González profesor de esta gran institución por guiarme durante los estudios doctorales, gracias por sus consejos científicos pero sobre todo gracias por su amistad y apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. Prometeo Sánchez García, gracias por su amistad y palabras de aliento pero sobre todo por el ejemplo de trabajo constante y profesional.

A la Dra. María de las Nieves por sus valiosas sugerencias y consejos para la elaboración de la presente tesis.

Al Dr. Manuel de Jesús Soria Fregoso, por su amistad, confianza, apoyo, sugerencias y observaciones para la investigación y corrección de la tesis.

Al Dr. Alfonso Larqué Saavedra, por su atención, apoyo, sugerencias y observaciones para la investigación y corrección de la tesis.

A mis maestros Drs. Carmen Gutiérrez Castorena, Gabriel Alcántar, Prometeo Sánchez, Manuel Sandoval, Jorge Gutiérrez, Rogelio Carrillo, Benedicto Valdez, Arturo Galviz, David Espinosa, por los conocimientos transmitidos.

Al personal secretarial del programa de edafología (Laura y Anita) por su amistad y apoyo brindado durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados pero sobre todo por su admirable eficiencia.

A mis amigos y compañeros José de la Cruz, Fidencio Sustaita, Eduardo Valdez, Luis Leonardo, José María, Alvaro Can, Ismael Tucuch, Alejandro Cano y Nelda, Carlos Avendaño, Ibar, Jose Luis y Bere, Mauricio, Fabiola, Belem, Maribel, Ramiro, Jazmín, Iván, Alberto, Rosa Anicua, Eleodoro y Sandra, por los momentos compartidos durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A los estudiantes del Instituto Tecnológico de Conkal, José Luis, Solorio, Raya, Leti, Corazón, Carmen, Mildred, Karla, Marlen, Joel Cumí por el apoyo en los trabajos de campo durante los experimentos.

A todas aquellas personas que de alguna manera participaron y colaboraron conmigo en la culminación de esta etapa de mi vida.

DEDICATORIAS

A Dios, por haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida.

A mis queridos padres María Niní(†) y Fernando(†) por el regalo de la vida, que con su amor me dieron.

Dedicado, con amor, a mis otros padres: Lupi y Guimer, cuya estrategia en la vida es y sigue siendo, dar siempre mucho más de lo que reciben.

Con amor a Angélica, esposa y compañera de la vida, por su apoyo y colaboración. Sin ella, este proyecto no habría sido tomado en consideración.

Con Cariño y admiración a mis hijos, Angélica Niní, Eduardo y Angel Arturo, causa y efecto de todos mis esfuerzos por ser un mejor hombre y un mejor padre.

A mis hermanos: María Niní, Martha, Fernando y Francisco, por el gran cariño que nos une.

A mis suegros, Finita y Arturo, por velar por lo más valioso que tengo, mi familia.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	vi
INDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	1
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	5
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Origen del crisantemo.....	6
Descripción botánica.....	6
Taxonomía.....	7
Importancia internacional del crisantemo.....	7
Importancia en México.....	8
Importancia en Yucatán.....	9
Clasificación del crisantemo.....	10
Clasificación de acuerdo con las características de la flor.....	10
Clasificación de acuerdo con el uso comercial y el cultivo.....	11
Clasificación de acuerdo con la respuesta al fotoperiodo.....	12
Propagación.....	13
Propagación sexual.....	13
Propagación asexual.....	13
Medios de propagación, sustratos utilizados.....	14
Camas de enraizamiento.....	14
Charolas de germinación.....	14
Cultivo <i>in vitro</i>	14
Sustrato.....	15
Características generales de los sustratos.....	15
El suelo para el cultivo de crisantemo.....	16
Sustratos regionales.....	16
Requerimientos nutricionales.....	17
Reguladores de crecimiento.....	19
Efecto de salicilatos en plantas.....	21
Mercado nacional e internacional.....	22
Cosecha.....	22
CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA.....	23
LITERATURA CITADA.....	25
CAPITULO III. RESULTADOS.....	30
3.1. Nutrición mineral con N, P Y K para la producción de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. con sustratos regionales en Yucatán.....	30
Resumen.....	30
Abstract.....	31
INTRODUCCIÓN.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
Altura de las plantas.....	39
Diámetro del tallo principal.....	40
Peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar y diámetro de la flor.....	42
Concentraciones totales de N, P y K foliar.....	45
CONCLUSIONES.....	47
LITERATURA CITADA.....	49
3.2. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. en Yucatán.....	52
Resumen.....	52
Abstract.....	53
INTRODUCCIÓN.....	54
MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
Altura de las plantas y diámetro del tallo.....	61
Peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar.....	63
Días a floración y diámetro de la flor.....	65
Concentraciones totales de N, P y K foliar.....	66
CONCLUSIONES.....	69
LITERATURA CITADA.....	70
CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.	
Cuadro 1. Luz adicional para el cultivo de crisantemo, utilizando lámparas incandescentes.....	13
Cuadro 2. Demanda de crisantemo que existe en cada uno de los meses del año, tanto a nivel nacional como en el mercado de Estados Unidos.....	22
CAPITULO III. RESULTADOS.	
3.1. Nutrición mineral con N, P Y K para la producción de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. con sustratos regionales en Yucatán.	
Cuadro 1. Sustratos utilizados en el cultivo de crisantemo para flor de corte, en invernadero.....	36
Cuadro 2. Características del análisis físico-químico de las mezclas de sustrato utilizadas en el cultivo de crisantemo en invernadero.....	36
Cuadro 3. Concentraciones de N, P y K en la solución de fertirriego para el cultivo de crisantemo, en invernadero.....	37
Cuadro 4. Características del análisis químico del agua de riego utilizada para regar el cultivo de crisantemo en invernadero.....	37
Cuadro 5. Efecto de diferentes sustratos en crisantemo var. Polaris a los 119 DPT.....	43
Cuadro 6. Efecto de diferentes dosis de fertirriego en crisantemo var. Polaris a los 119 DPT.....	44
Cuadro 7. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos a los 119 DPT.....	45
Cuadro 8. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris a los 119 DPT por efecto de tratamientos de fertirriego.....	46
3.2. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. en Yucatán.	
Cuadro 1. Tratamientos a evaluar en el cultivo de crisantemo para flor de corte bajo condiciones de invernadero.....	59
Cuadro 2. Efecto del AS y DMSO en plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero.....	64
Cuadro 3. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris a los 113 DPT por efecto de la aplicación de AS y DMSO.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.	
Figura 1. Estructura del ácido salicílico.....	20
CAPITULO III. RESULTADOS.	
3.1. Nutrición mineral con N, P Y K para la producción de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. con sustratos regionales en Yucatán.	
Figura 1. Valores promedio en la altura de la planta de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S ₁ : suelo 100%; S ₂ : bagazo de henequén 70%+30% suelo; S ₃ : 70% dzidzilche+30% suelo; S ₄ : cerdaza 70%+30% suelo. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 4.1).....	39
Figura 2. Valores promedio en la altura de la planta de crisantemo ver. Polaris con diferentes dosis de fertirriego y diferentes sustratos. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 5.8).....	40
Figura 3. Valores promedio en el diámetro del tallo de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S ₁ : suelo 100%; S ₂ : bagazo de henequén 70%+30% suelo; S ₃ : 70% dzidzilche+30% suelo; S ₄ : cerdaza 70%+30% suelo. (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 1.0).....	41
Figura 4. Valores promedio en el diámetro del tallo de crisantemo var. Polaris con diferentes dosis de fertirriego. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 1.3).....	42
3.2. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat. en Yucatán.	
Figura1. Efecto del AS y DMSO en la altura de las plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).....	61
Figura 2. Efecto del AS y DMSO en el diámetro del tallo de las plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).....	62
Figura 3. Efecto del AS y DMSO en el diámetro de la flor de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).....	65

NUTRICIÓN CON N, P, K, ÁCIDO SALICÍLICO Y DIMETILSULFÓXIDO EN LA PRODUCCIÓN DE *Chrysanthemum morifolium* Ramat. CON SUSTRATOS REGIONALES EN YUCATÁN

Eduardo Villanueva Couoh, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2008

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio, la dosis de ácido salicílico, caracterizar y seleccionar un sustrato regional para la producción de crisantemo var. Polaris en Yucatán, México. El primer experimento consistió en probar seis dosis de fertirrigación, seleccionar un sustrato regional y evaluar el efecto de ambos factores en la concentración foliar de N, P y K y otras variables. Los sustratos se constituyeron de 70% materiales orgánicos de la región y 30% (v/v) suelo K'ankab (Luvisol ródico). Los factores fueron estudiados 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 posteriores al trasplante (DPT) 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 fueron iguales en los sustratos 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 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 DPT pero diferentes al testigo y las dosis de 150-75-300 y 200-100-400 mg L⁻¹ de N, P y K fueron 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. En el segundo experimento se probaron diferentes concentraciones de ácido salicílico (10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M) y dimetilsulfóxido (DMSO) (10⁻⁴ M) que fueron asperjadas a esquejes de crisantemo. Las aplicaciones al follaje se realizaron a partir de los 16 DPT, se efectuaron cuatro con un intervalo de siete días entre cada aplicación. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Las alturas de las plantas fueron diferentes, los tratamiento con 10⁻⁸ M y 10⁻¹⁰ M de AS tuvieron incrementos en las primeras etapas de desarrollo y hasta los 113 DPT. El diámetro del tallo fue mayor en las plantas asperjadas con AS y DMSO que en las plantas testigo y en el tratamiento 10⁻⁸ M se obtuvieron los valores más altos (8.9 mm). El AS (10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M) y el DMSO 10⁻⁴ M incrementaron el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar. El efecto de AS indujo anticipadamente la floración con 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M de AS la cual se alcanzó a los 113 DPT y también se obtuvo el mayor valor en diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm), respectivamente. Las concentraciones de N, P y K fueron diferentes y AS y DMSO superaron al testigo. Las concentraciones de N y K en hojas y tallos fueron bajas y las concentraciones de P fueron suficientes, el tratamiento con el más alto valor en la concentración de N, P y K fue 10⁻⁸ M de AS.

Palabras clave: fertirriego, crisantemo, bagazo de henequén, ácido salicílico, floración.

NUTRITION WITH N, P, K, SALICYLIC ACID AND DIMETHYL SULPHOXIDE IN THE PRODUCTION OF *Chrysanthemum morifolium* Ramat. WITH REGIONAL SUBSTRATES IN YUCATAN

Eduardo Villanueva Couoh, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2008

The present research work was carried out in order to determine the requirements of nitrogen, phosphorus and potassium, the dose of salicylic acid, to characterize and to select a regional substrate for the production of chrysanthemum var Polaris under conditions of greenhouse in Yucatan, Mexico. The first experiment was established to test six doses of ferti-irrigation and to select a regional substrate as well as to evaluate the effect of both factors of the foliar concentration of the N, P and K variables, among others. The substrates are made up of 70% organic material from the region and 30% (v/v) of K'ankab soil. The different factors were studied in a completely randomized design fixed in divided parcels with three repetitions. The plants grew better in the S₂ substrate (70% sisal pulp + 30% soil) at 119 DPT and 50-25-100, and the 100-50-200 mg L⁻¹ of N, P and K were the doses of the plants with the tallest height and largest stem diameter. The weight of the fresh and dry matter of the foliage and the roots, the root volume, the foliar area, as well as the flower diameter were not affected by the type of substrate and doses of ferti-irrigation. The above mentioned doses were the best of all the variables, especially in the flower diameter with 12.2 cm. The N concentration in leaves and stems were statistically the same as the blank control. As for the P and K concentrations in leaves and stems there were statistical differences between the substrates and the S₂ substrate; the highest were originated with values of 6.2 mg g⁻¹ of P and 61.9 mg g⁻¹ of K. In the second experiment different concentrations of salicylic acid (10⁻⁶, 10⁻⁸ and 10⁻¹⁰ M) and dimethyl sulphoxide (DMSO) 10⁻⁴ M were tested; these were sprinkled on chrysanthemum cuttings. The foliage applications were made at 16 DPT, four in total and with seven day intervals between each application. A completely randomized design was used with five repetitions. The height of the plants varied; the treatments with 10⁻⁸ M and 10⁻¹⁰ M of AS showed growth increments the first stages of their development up to 113 DPT. The stem diameter of the AS and DMSO sprinkled plants was also greater than the control plants and the highest values were obtained in the 10⁻⁸ M treatment (8.9 mm). The AS (10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M) and the DMSO 10⁻⁴ M incremented the weight of the fresh and dry foliage and root matter, as well as the root volume and foliar area. The AS effect induced prospectively the blooming with 10⁻⁸ and 10⁻¹⁰ M of the AS; which reached the 113 DPT, and also obtained the highest value in flower diameter (13.6 and 12.6 cm) respectively. The concentrations of the N, P, and K were different and the AS and DMSO surpassed the control plant. The concentrations of the N and K in the chrysanthemum leaves and stems fluctuated from to deficient but did not affect the quality of the plant or the flower; the P concentrations fluctuated between sufficient and adequate. The treatment with the highest value was 10⁻⁸ M of AS.

Key-words: ferti-irrigation, chrysanthemum, sisal pulp, salicylic acid, blooming.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

En la última década la floricultura ha tenido un importante desarrollo en México. El país exporta aproximadamente el 1% del consumo mundial de flores, follajes y plantas en maceta, consumos que en 2007 ascendió a 768 millones de dólares anuales, ubicando a la nación en la posición número 17 en el mundo. Las principales flores de corte que se exportan son: Rosa, Clavel y Crisantemo, aunque el mercado comienza a demandar otras especies como Anthurium, Heliconias, Lilis, entre otras. Se estima que de las 12,884 ha dedicadas al cultivo de flores de corte en el país, el 90 % abastecen el mercado nacional y el 10 % se destina a la exportación (Zúñiga *et al.*, 2004; SAGARPA, 2007).

En el 2007 en México se cultivaron 14,416 ha de especies ornamentales, de las cuales 11,159 ha se dedicaron a la flor de corte, 2,189 ha al cultivo de follajes y 1,068 ha al cultivo de flor en maceta. El 90% de la producción total se obtuvo a cielo abierto y solo 10% bajo invernadero; se estima que el 87% se cultivó bajo riego y el 13% en temporal. El 90% de la superficie cultivada se encuentra principalmente en los estados de Puebla (32%), Michoacán (19%), México (16%), Morelos (12%) y Veracruz (11%) y del total cultivado, solo el 10% de la superficie se orienta al mercado externo. Las principales especies para flor de corte producidas en invernadero y a cielo abierto son: rosa, clavel, crisantemo, gerbera, liliium, limonium y gladiola (Vazquez *et al.*, 2003; SAGARPA, 2007).

El cultivo de crisantemo es de gran interés 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 suministrar 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, fósforo y potasio (Lira, 1994; Burguer *et al.*, 1997; Gutiérrez, 2003).

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 mejorar 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 nitrógeno, fósforo y potasio, aún cuando los elementos no se encuentren en formas químicas disponibles para la planta (Ortiz y Ortiz, 1990; Borges, 1998).

El dzidzilche (*Gimmopodium floribundun*) es una maleza que se encuentra distribuida en el sureste de la República Mexicana y abunda en los suelos tze`el. De esta planta puede utilizarse como sustrato la hojarasca que produce y su contenido de nitrógeno es mayor que el del bagazo de henequén en cualquiera de sus fases de degradación. Sin embargo, el contenido de fósforo y potasio es menor (Borges, 1998).

Otro subproducto que se utiliza como sustrato es el bagazo del cultivo 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 ha sido exitoso y se ha reportado que suministra concentraciones adecuadas de nitrógeno, fósforo y potasio para los cultivos, según el grado de descomposición (Cabrera, 1977; Borges, 1996; Borges *et al.*, 2003).

La cerdaza, 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. 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 el 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 t de excretas diariamente, este material es rico en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio y sus efectos en el suelo son duraderos (Soria *et al.*, 2000; Soria *et al.*, 2001).

El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento que aplicado en diferentes formas se ha demostrado que afecta varios procesos fisiológicos tales como la estimulación de la oxidación mitocondrial (Raskin, 1992); provoca cierre de estomas y reducción de la transpiración (Larqué, 1978); aumento de la biomasa en soya y pinos (Gutiérrez, 1997, San Miguel *et al.*, 2003) e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos (Quiroz *et al.*, 2001) entre otros. La participación del ácido salicílico en la floración fue señalado desde 1974, por el profesor Cleland, quien señaló su efecto de sustituir el estímulo del fotoperiodo en *Lemna gibba*. También se estudio su participación en el proceso de termogénesis (Raskin *et al.*, 1990).

El dimetilsulfóxido (DMSO) es un compuesto orgánico que se ha probado como solvente de compuestos químicos, tales como oxitetraciclinas, para reducir las manchas bacterianas en duraznos o como acarreador de fierro para reducir deficiencias en cítricos y uvas (Smale *et al.*, 1975; Gutiérrez, 2003). Fungicidas como benomil y thiobendazole, han sido disueltos en DMSO y aplicados en diferentes plantas (Voutsinas *et al.*, 1997). Rute y Butenko (1981) reportaron que este compuesto incrementa la proporción de flores femeninas en calabaza y Lang (1986) encontró que el DMSO afecta positivamente la retención de vainas en frijol. Este compuesto incrementa la división celular y crecimiento de protoplastos y callos de *Hibiscus oryza* (Li-Rong *et al.*, 1998; Song y Park, 1999). Prik'ko y Kushinski (1978) observaron efectos positivos del DMSO en la producción de tubérculos.

En Yucatán, la floricultura es una de las actividades que hoy en día representa una alternativa viable dentro del sector agropecuario, dada su alta rentabilidad por unidad de superficie (m²), así como por la generación de empleos.

Por otra parte, en la entidad no se ha generado la tecnología necesaria para la producción comercial de flores, por lo que surge la necesidad de generar las

tecnologías que permitan desarrollar este tipo de cultivos en Yucatán, sobre todo en lo referente al manejo de sustratos, nutrición y reguladores de crecimiento.

El presente trabajo aborda los temas de nutrición, manejo de sustratos regionales y reguladores del crecimiento vegetal en el cultivo de crisantemo de corte en Yucatán, bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio, la dosis de ácido salicílico, caracterizar y seleccionar un sustrato regional para la producción de crisantemo bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer la concentración óptima de N, P y K en la solución de fertirriego para el cultivo de crisantemo.

Caracterizar y seleccionar un sustrato regional para el cultivo de crisantemo en Yucatán.

Determinar la mejor dosis de ácido salicílico y dimetilsulfóxido para inducir precocidad en la floración, del cultivo de crisantemo

HIPÓTESIS

La dosis de 150-75-300 mg L⁻¹ de N, P y K se incrementa la calidad de la flor del crisantemo.

Con la mezcla de sustrato 70% cerdaza + 30% suelo Luvisol se obtienen flores de crisantemo con buena calidad comercial.

El ácido salicílico y el dimetilsulfóxido inducen precocidad en la floración de crisantemo.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del crisantemo

El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) es procedente del hemisferio norte, principalmente de Asia Oriental. En China es empleado como ornamental desde hace más de dos mil años (Laurie *et al.*, 1979; Machin y Scopes, 1982); en Japón es utilizado en ceremonias y la flor es el símbolo de una vida larga. La palabra crisantemo significa “flor dorada” y la esfera en la bandera japonesa representa el corazón de un crisantemo despojado de sus pétalos (Tiscornia, 1975).

Descripción botánica

El *Chrysanthemum morifolium* Ramat., es botánicamente conocido como crisantemo de invernadero, pertenece a la familia de las *Asteraceas* o compuestas, consta de varias flores individuales denominadas florecillas agrupadas en un solo pedúnculo al que se le da el nombre de capítulo floral. Existen dos tipos de flores en la inflorescencia las florecillas femeninas son aquellas que tienen brácteas o lígulas y las florecillas hermafroditas son las que están dispuestas en forma de disco. El tamaño de la flor puede ser tan pequeño como de 1 cm o tan grande como de 25 cm de diámetro. Botánicamente el crisantemo se puede clasificar de acuerdo a la disposición de las lígulas de la siguiente manera: flores curvas o recurvas, flores incurvadas o retorcidas, flores mixtas y flores redondas o planas (Bianchini y Azurra, 1975; García, 1989; Larson, 1992).

Las flores simples son denominadas margaritas y están compuestas de una o más líneas exteriores de lígulas o brácteas, las florecillas del centro se encuentran cortadas a manera de disco plano. Las anémonas son muy semejantes a las simples excepto que las florecillas de disco son de diferente color a las brácteas. Por último las flores de tipo pompón están compuestas por florecillas, brácteas cortadas anchas en forma curva formando un glóbulo (Machin y Scopes, 1982).

Las características de las demás partes que conforman a la flor de crisantemo son: raíz de tipo fibroso que normalmente alcanza una profundidad de 10 a 50 cm y tiende a expandirse en el suelo; las hojas son alternas u opuestas, sin estípulas, son dentadas, siempre aromáticas y de color verde oscuro a pardo, con filotaxia alterna; el tallo es recto, puede ser simple o ramificado y varía su longitud de entre 0.50 a 2.0 m; el fruto es un aquenio, es decir, un fruto indehiscente (Larson, 1988).

Taxonomía

Larson (1988), señala que la identificación taxonómica para el crisantemo (*C. morifolium* Ramat.) es la siguiente:

Reino: *Plantae*
División: *Anthophyta*
Subdivisión: *Angiospermae*
Clase: *Dicotyledoneae*
Orden: *Compositae*
Familia: *Asteraceas o Compuestas*
Género: *Chrysanthemum*
Especie: *morifolium*

Importancia internacional del crisantemo

Dentro de las tres principales flores de corte que se cultivan a nivel mundial, el crisantemo (*C. morifolium* Ramat.) ocupa el tercer lugar, el primero lo ocupa la rosa (*Rosa* sp.) y el segundo el clavel (*Dianthus caryophyllus*), siendo las flores de mayor cultivo y demanda. En el mundo los mercados más atractivos son Estados Unidos y Europa y los principales países proveedores e importadores de flores de corte son Holanda, Israel, Kenia, Colombia, España, Italia, Ecuador y Zimbabwe. El crisantemo de color blanco es el más vendido, con una participación en el mercado de 40%; en segundo lugar están los crisantemos amarillos (31%), seguidos de los violeta (11%). El

crisantemo puede ser comercializado casi todo el año, tanto como flor de corte y como planta ornamental en maceta. Actualmente se desarrollan nuevas variedades de plantas de crisantemo con diferentes colores y formas de flor las cuales han tenido gran aceptación en el mercado (Vázquez *et al.*, 2003).

Importancia en México

El crisantemo se introdujo a México, al municipio de Texcoco, por familias europeas (Barto y Junco) y japonesas (Matsumoto) en 1960 (Soria y Escobar, 1995). Otros autores indican que la llegada del crisantemo al país, procedente de Estados Unidos, se debió a la casa Matsumoto, en 1975 y que su cultivo se inició en el rancho Tlalmimilolpa, ubicado en el municipio de Chicoloapan, estado de México. Productores de Texcoco señalan que la introducción del crisantemo a México se realizó a mediados de la década de 1950, por la familia Barto, la cual adquirió esquejes procedentes de Europa (Huerta, 2000).

Si bien es cierto que la llegada del crisantemo a México no es clara, se puede inferir de acuerdo con la información obtenida, que el cultivo primeramente se estableció en el municipio de Texcoco y, posteriormente, se distribuyó en el estado de México.

En 1993-1997, en el Estado de México se cultivaron 959.2 ha de crisantemo de las cuales 844.1 ha fue a cielo abierto y 115.1 ha bajo invernadero. De la producción de crisantemo pompón y estándar el 90% se destinó al mercado nacional y el 10% al mercado internacional y el valor de las exportaciones en ese periodo fue de 434,600 dólares americanos (Vázquez *et al.*, 2003).

Actualmente el estado de México se encuentra entre las cinco entidades federativas con mayor diversidad de cultivos ornamentales sembrados a campo abierto (142 especies), en una superficie de 7981 ha, de las cuales, los más sobresalientes con base en la superficie cultivada, son los siguientes: crisantemo Polaris (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.), rosa (*Rosa* sp.) y clavel (*Dianthus caryophyllus*), caléndula (*Calendula* sp.), gladiola (*Gladiolus* sp.). De acuerdo a lo anterior, el

crisantemo cultivar Polaris ocupa el tercer lugar en superficie (687 ha) cultivada en la zona de Villa Guerrero estado de México (INEGI, 1998).

El cultivo del crisantemo es de importancia en el ámbito nacional, ya que se estima que ocupa el tercer lugar en lo que respecta a la superficie sembrada y al valor de la producción y destacan como zonas principales de producción los estados de México, Michoacan, Puebla y Morelos, principalmente. De la producción obtenida se consume un 90 % en el interior del país, siendo los principales centros de consumo el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey y el noroeste de México. El 10% restante se exporta a los Estados Unidos (Vázquez *et al.*, 2003).

Importancia en Yucatán

En el estado de Yucatán en los últimos 10 años el cultivo de flores de corte ha cobrado un gran auge dado al gran potencial de desarrollo y rentabilidad de dichos cultivos; pero se ha visto frenado por la falta de profesionistas capacitados en el manejo agronómico de estos cultivos y la falta de paquetes tecnológicos acordes con la zona donde se trabaje.

Así mismo, se sabe que cada año se venden en Yucatán 26.3 millones de flores para diversas actividades sociales y religiosas, y sólo se producen 3.4 millones, o sea que más del 85% de ese consumo tiene que cubrirse con producción de otros estados del país.

Por ello, la floricultura tiene un amplio potencial de desarrollo en el estado, aunque emprenderla no es fácil ya que hay que satisfacer ciertos niveles de calidad y considerar la variación de precios en el mercado. En el estado el 80 % de las flores se cultivan a cielo abierto y únicamente el 20 % en invernaderos, donde también se siembran otras plantas de ornato.

Clasificación del crisantemo

La gran diversidad de forma, proporción o textura de la flor de crisantemo ha requerido de muchos esfuerzos a través de los años, para clasificar las variedades en grupos tipos. Las clasificaciones más importantes se han hecho con base en lo siguiente.

- Características de la flor
- Uso comercial y cultivo
- Respuesta al fotoperiodo

Clasificación de acuerdo con las características de la flor.

Este sistema fue ideado atendiendo a las características de los diferentes tipos de flores, clasificando los tipos de crisantemo en (Machin y Scopes, 1982):

- Simple: son las denominadas margaritas, compuestas de una o más líneas exteriores de brácteas; el centro de la flor está constituido de florecillas cortas de disco plano.
- Anémonas: son semejantes a las simples, excepto que las florecillas de disco son más alargadas, dando un efecto amortiguador. Las florecillas disco son frecuentemente diferentes en color a las florecillas brácteas.
- Pompón: están compuestas casi enteramente de florecillas brácteas cortas, anchas, usualmente en forma curva, formando un glóbulo o cabeza de flor normal. Las florecillas de disco están escondidas.

La sociedad Nacional de Crisantemos de Estados Unidos de Norteamérica reconoce 3 tamaños en pompones (Machin y Scopes, 1982):

Pequeñas o botón. Flores de menos de 4 cm de diámetro.

Intermedio. Flores de 4 a 6 cm de diámetro.

Grande. Flores de más de 6 cm de diámetro pero menor de 10 cm.

- Decorativas: tipo similar al pompón, la flor está compuesta casi enteramente por florecillas brácteas, difieren del pompón en que los pétalos exteriores de las florecillas brácteas son más grandes que el centro de las mismas, dando al florecimiento una apariencia menor que la normal. Las florecillas disco generalmente están escondidas.
- Floreado grande: Son las que tienen un florecimiento mayor de 10 cm en diámetro, tienen una sola inflorescencia por tallo. En estos tipos las florecillas disco son totalmente escondidas por la abundante cantidad de florecillas brácteas, creando los llamados tipos dobles.

Clasificación de acuerdo con el uso comercial y el cultivo

Se clasifican en estándar y pompón:

Tipo estándar: son aquellas plantas que mediante la práctica del “desbotonado” se les deja desarrollar un solo tallo, y una sola flor que generalmente es de mayor tamaño que el pompón y por ende adquieren un mejor precio. Las variedades comercial más comunes son:

- Indianápolis White (blanca)
- Indianápolis Yellow (amarilla)
- Nob Hill (blanca)
- Promenade
- Escapade (rosa)

Tipo pompón: son plantas que mediante la práctica del “pinchado” o despunte se les induce la formación de ramas laterales, con la finalidad de dejar varias flores por planta; las flores de este tipo son más pequeñas, vendiéndose por rollo o docena.

Las variedades comerciales más comunes son:

- Tinsel (blanca)
- Telestar (rosa)
- Coral Marble (rosada)
- Gold Marble (amarilla)
- Yellow Polaris (amarilla)
- Polaris (blanca)

Clasificación de acuerdo con la respuesta al fotoperiodo.

El crisantemo es una planta de día corto, algunos expertos consideran que el día corto tiene menos de 13.5 horas de luz; sin embargo, debido a la gran cantidad de cultivares hay variedades que pueden inducir floración con 11 horas de luz y otras con 16 horas de luz por día, por lo que es necesario aplicar fotoperiodo para que la planta alcance la altura recomendada para la comercialización.

La clasificación por grupos de respuesta se basa en la duración en semanas con noches largas que requieren las variedades, desde el primer día con noches largas hasta el momento de la cosecha.

Existe actualmente una clasificación de las variedades en función de su respuesta al fotoperiodo, así tenemos variedades que son clasificadas en grupos de respuesta desde 6 a 15 semanas que permiten una mejor planeación de la producción ya que se pueden seleccionar variedades precoces o tardías.

Por lo anterior, una recomendación general es que, después del "pinchado", se apliquen ciclos fotoperiódicos durante 3 semanas con 18 horas luz y 6 de oscuridad para que no se induzca la floración durante ese periodo.

Una forma de lograr 18 horas luz es adicionando durante la noche 4 horas de luz con lámparas incandescentes para complementar 18 horas luz y 6 de oscuridad. El cuadro 1 indica la cantidad de focos y la distancia a la que hay que colocarlos en las camas de cultivo.

Cuadro 1. Luz adicional. Para el cultivo de crisantemo, utilizando lámparas incandescentes (Vázquez *et al.*, 2003).

FOCOS (Watt)	Altura (cm) (foco-punta de la planta)	Distancia entre lámparas (cm)	Superficie iluminada (m ²)
60	100	150	2.25
75	120	180	3.25
100	140	210	4.50
150	180	275	7.50

Propagación

El crisantemo es una planta que puede reproducirse sexual o asexualmente (Larson, 1988).

Propagación sexual

Este tipo de propagación por semilla generalmente se utiliza para la obtención de nuevas variedades, con cruzamientos intervarietales o bien, mediante la introducción de mutantes, con la aplicación de radiaciones, de sustancias químicas como la colchicina, ácido giberélico y otros, que inducen la variación genética y fenotípica de las plantas.

Propagación asexual

Existe una gran diversidad de sistemas de propagación asexual, mediante el empleo de diversos materiales vegetativos que constituyen la planta, tales como: división de matas, hijuelos, rizomas y esquejes de tallo. El propósito fundamental es el de conservar las características fenotípicas de la planta madre.

Desde el punto de vista comercial, el método más usual de propagación del crisantemo es utilizando esquejes de tallo.

Medios de propagación, sustratos utilizados

Camas de enraizamiento

Se les denomina también bancales, que pueden ser construidas de madera, concreto, lámina y otros materiales que generalmente son elevadas desde 0.90 a 1.20 metros sobre el suelo.

Las dimensiones pueden ser de 1.10 metros de ancho y de largo variable, desde 5 hasta 15 metros, en función de las necesidades de la empresa. Este medio de propagación por enraizamiento es el más usado comercialmente.

Charolas de germinación

Este sistema de propagación consiste en charolas de poliestireno (unicel) con perforaciones, en las cuales se deposita el sustrato previamente esterilizado y en éste a la vez se colocan los esquejes para su enraizamiento. Se deberá contar con los sistemas de riego adecuados.

Cultivo *in vitro*

Este medio se utiliza para la obtención de plantas enraizadas mediante el empleo de tejidos meristemáticos que se colocan en el interior de tubos de ensayo que contienen sustancias nutritivas como agar, enriquecidas con nutrimentos; nitrógeno, hierro, calcio, etc. El cultivo *In vitro* resulta una poderosa herramienta que permite la propagación de grandes volúmenes de plantas en menor tiempo. Si bien la micropropagación es una solución para las especies que presentan bajas tasas de multiplicación o lento crecimiento, también sirve cuando solo se necesita aumentar su número de manera eficaz, como es el caso del Crisantemo (Aceves y Hernández, 1997).

Sustrato

Sustrato es el material sólido natural de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en el sitio de cultivo, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Noguera y Abad, 1997).

Los sustratos utilizados para el enraizamiento de los esquejes pueden ser materiales inertes como agrolita, tezontle, arena, perlita, entre otros, o bien algunas combinaciones de éstos, ya que el objetivo es lograr una estructura cuya finalidad es la de drenar el exceso de humedad para evitar pudrición de los esquejes y además, contar con una buena aireación manteniendo un adecuado porcentaje de oxígeno en el suelo (18-20%) favoreciendo así el intercambio gaseoso. El sustrato debe ser previamente esterilizado con vapor de agua, alta temperatura o bien, utilizando sustancias químicas como bromuro de metilo, vapam y formol.

Características generales de los sustratos

El sustrato debe tener buena estructura para que conserve bien la humedad y no tenga problemas de drenaje y compactación (Soria *et al.*, 2000). En términos generales, Borges (1996), señala que las condiciones que debe reunir un sustrato son:

1. Desarrollar un medio lo suficientemente macizo y duro como para mantener en su lugar las semillas durante la germinación; su volumen debe ser constante.
2. Retener suficiente humedad para no tener que regarlo con demasiada frecuencia.
3. Ser suficientemente poroso de manera que escurra el agua excesiva y sea posible la aireación adecuada.
4. Debe de estar libre de semillas de malezas, de nemátodos y diversos patógenos.
5. Debe tener un tamaño adecuado de gránulos.
6. No tener alto nivel de salinidad.
7. Debe poder ser pasteurizado a vapor o tratado con sustancias químicas sin que sufra efectos nocivos.

8. Debe proporcionar la cantidad adecuada de elementos esenciales para la nutrición.
9. Debe tener una adecuada capacidad de intercambio catiónico, ya que de esta característica depende que los nutrimentos no se pierdan por lavado o lixiviación al encontrarse adsorbidos a las partículas coloidales. Cuando se obtiene un sustrato que cumple las características mencionadas, se tiene un gran potencial de su uso, no solo para la germinación de semillas, sino para el desarrollo satisfactorio de todas las etapas fenológicas del cultivo.

El suelo para el cultivo de crisantemo

El crisantemo puede desarrollarse prácticamente en cualquier tipo de suelo, siempre y cuando éste sea bien manejado (Larson, 1988). La planta posee un sistema radical superficial. Los suelos más propicios son aquellos con una textura franco arenosa y con buena cantidad de materia orgánica. El medio en donde se establezca el cultivo debe estar constituido de 50% de suelo, 30% de agua y 20% de aire. Se recomienda que la humedad aprovechable sea del 70 al 80% (García, 2001).

Sustratos regionales

Los sustratos más utilizados en Yucatán se caracterizan por su gran variedad en cuanto a color, textura, contenido de minerales y de materia orgánica, las propiedades fisicoquímicas de cada uno difieren mucho. Su riqueza biológica es grande, pues su contenido alberga gran número de especies vegetales, adaptadas al ambiente de alta humedad, irradiación solar y temperatura; a partir de éstas se obtienen diversos subproductos que son o pueden ser usados como sustratos de origen orgánico, bien sea para la obtención de plántulas de diferentes especies, o para el desarrollo de cultivos (Borges, 1996).

Los más utilizados son: bagazo de henequén, estos son sustratos creados artificialmente con el desecho de la desfibración de las pencas de henequén. En el estado de Yucatán se calcula que un millar de pencas produce un metro cúbico de bagazo húmedo, que aplicado al suelo cubre un metro cuadrado de terreno después de

terminada su fermentación y deshidratación, con una profundidad aproximada de entre 30 y 35 cm (Cabrera, 1977); el Dzidzilche (*Gimmopodium floribundun*) es una planta resistente a la sequía, que se encuentra distribuida en el sureste de la República Mexicana y abunda principalmente en los suelos tzek'el. De esta planta puede utilizarse como sustrato la hojarasca que produce, o bien, la corteza del tallo. El contenido de nitrógeno de este sustrato es mayor que el del bagazo de henequén en cualquiera de sus fases de degradación, pero el fósforo y potasio, es menor (Borges, 1996).

Requerimientos Nutricionales

El crisantemo es una planta que tiene un ciclo de 90 a 120 días. Crece favorablemente en suelos bien aireados y drenados, sistema radical es potente y fasciculado, alcanza 60 cm de profundidad, el pH óptimo del suelo recomendable para este cultivo es de 6.5 a 7.0, con baja salinidad y buena humedad del suelo. La fertilización debe proporcionarse de acuerdo a la etapa fisiológica del cultivo y época del año (McDaniel, 1979; Arbos, 1992).

Larson (1992) menciona que el crisantemo requiere altas concentraciones de N y K, pero esencialmente de N durante las primeras siete semanas de crecimiento, ya que si durante este período existe una deficiencia de éste no se obtendrán flores de calidad; aún con aplicaciones posteriores de este elemento, no se logrará recuperar la calidad de la flor.

Por otro lado, un exceso de N puede inducir la formación de hojas quebradizas en algunos cultivares. No obstante, en la floración se recomienda un contenido de este elemento de 4.5 a 6.0 % en las hojas ya que se utilizará en la formación de la inflorescencia. Durante los primeros 80 días después del trasplante las plantas crecen rápidamente, razón por la cual se requieren cantidades significativas de N, a diferencia de los últimos 20 días, en los cuales sólo se desarrolla la inflorescencia y los nutrimentos minerales se transportan a este órgano a partir de las hojas (Larson, 1992).

Parece ser que en la floración la planta deja de absorber nutrimentos del suelo y transloca los elementos que hasta ese momento se han almacenado en las hojas

(Gafaro, 1996). Arbos (1992) sugiere realizar un abonado de fondo y de mantenimiento del cultivo cada 15 días aunque en ocasiones puede ser suficiente un abono completo con la fórmula 20-10-10 de N, P y K a razón de 25 g m⁻². Cuando los botones florales aparecen, generalmente se cambia el equilibrio y se incrementa el potasio con la fórmula 12-12-17 de N, P y K a razón de 25 g m⁻²; cuando empiezan a tomar color, se suspende todo abonado y sólo se riega con agua. Antes de ajustar la fórmula de fertilización es importante analizar el agua y el suelo para lograr buena calidad y rendimiento (Kool, 1999; Arbos, 1992).

Gutiérrez (2003) menciona que las aplicaciones insuficientes de nitrógeno al cultivo a lo largo del ciclo repercuten principalmente en el mantenimiento de tasas absolutas de crecimiento hasta fechas tardías, menor peso seco aéreo acumulado en las etapas finales de crecimiento, baja translocación de fotoasimilados a la flor y finalmente una menor vida de anaquel. También encontró, que un suministro adecuado de nitrógeno en forma de NO₃⁻ : NH₄⁺ (con una relación 85.7:14.3), favorece la mayor acumulación de peso seco hasta el final del ciclo. La concentración y acumulación de nitrógeno, calcio, fierro, cinc y manganeso en la planta resultaron favorecidas, lo que se refleja en los parámetros de calidad de la flor y mayor vida de anaquel (14 días).

Así mismo, un exceso de potasio en la nutrición del cultivo de crisantemo provoca interacciones antagónicas con la absorción de calcio y magnesio. Este antagonismo resulta crítico para magnesio que se manifiesta en una sintomatología visual típica de deficiencia en las hojas maduras y a nivel microscópico en un desorden en el empaquetamiento de las células del parénquima de empalizada, repercutiendo directamente en un menor crecimiento de la planta y calidad de flor. Gutiérrez (2003) también determinó, que la etapa de mayor demanda nutrimental de nitrógeno y potasio en crisantemo se presenta de los 21 hasta los 77 días después del trasplante cuando la planta ha acumulado el 80 y 75% de sus requerimientos totales; en tanto que para fósforo, calcio y magnesio debe mantenerse un suministro adecuado de estos hasta los 91 días después del trasplante.

Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas superiores, que influyen sobre el crecimiento y desarrollo; actúan en un lugar diferente a donde son producidas y se encuentran presentes y activos en muy pequeñas cantidades (Hurtado y Merino, 1997). Según Ortiz y Larqué, (1999) los reguladores de crecimiento vegetal son sustancias producidas de manera endógena por las plantas, que en pequeñas cantidades son capaces de modificar el desarrollo vegetal, de modo que su aplicación exógena permite manipular dicho desarrollo durante la producción. Estos regulan el crecimiento de las plantas e incluyen, entre otros, a las vitaminas del complejo B, necesarias para la formación de raíces y se producen primordialmente en brotes o retoños. Los reguladores de crecimiento que inducen la floración, son aquellas que inician la formación de primordios florales y fomentan su desarrollo (Lira, 1994).

El estímulo se percibe a través de una molécula llamada receptor o sensor, el cual se activa y actúa sobre una molécula llamada precursor. Por acción del receptor activado, el precursor se transforma químicamente y entra en actividad transformando a su vez a otras moléculas o induciendo la síntesis de otras más, con lo que la planta queda apta para realizar una acción fisiológica; estas nuevas moléculas se denominan intermediarios y esta es la función de los reguladores de crecimiento vegetal.

A este nivel hay en la planta mecanismos de retroalimentación, de modo que la planta puede frenar el proceso y reajustar su fisiología al medio. Los intermediarios van, finalmente, a estimular de alguna manera la síntesis de una o varias moléculas llamadas efectores, que son las que determinarán la respuesta fisiológica (Rojas, 1979).

Aun cuando no esté bien determinado, en muchos casos el conocimiento del mecanismo de respuesta permite plantear una posible solución fisiológica, en lugar de ecológica, a la adecuación planta-ambiente por la adición de fitorreguladores. Esta es la base natural de la fitorregulación cuyo fin es hacer que la planta se conduzca en forma correcta y normal, aunque las condiciones ambientales sean adversas y que para lograr este fin opere con moléculas iguales o muy similares a las que se

encuentran en la planta de modo natural (Gutiérrez, 1997), de modo que dentro de los reguladores a manejar con tal fin, está el uso de los salicilatos.

Los reguladores del crecimiento generalmente se han clasificado en cinco grupos: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno. Aunque hay sustancias que actualmente son clasificadas también como reguladores de crecimiento vegetal, siendo el caso de brasinoesteroides, ácido jasmónico, compuestos fenólicos y ácido salicílico (Gutiérrez, 1997).

El ácido salicílico es uno de los numerosos compuestos fenólicos presentes en las plantas, pertenece al grupo de los salicilatos (Figura 1), cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico, como el ácido acetilsalicílico (Weissman, 1991; Klessig y Malamy, 1994). Se aisló por primera vez en 1838 a partir de plantas del género *Salix* perteneciente a la familia *Salicaceae*, a la cual debe su nombre (Devore, 1979).

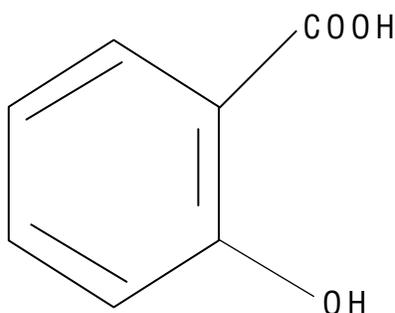


Figura 1. Estructura del ácido salicílico.

Se produce en hojas jóvenes, meristemos florales y vegetativos y es transportado vía floema (Cleland y Ajami, 1974). Se encuentra en las plantas en forma de conjugados de azúcar, como son ésteres de glucosa y glucósidos (Devore, 1979, Umetamy *et al.*, 1990)

El término salicilato se ha utilizado para la descripción de un grupo de compuestos químicos que presentan el radical 2-hidroxibenzoico. Dentro de estos compuestos se encuentran el salicilato de sodio, el ester y metilo del ácido salicílico. Así como el ácido acetilsalicílico, los cuales son de gran utilidad química (Smith y Smith, 1966)

El ácido salicílico, se obtiene químicamente por medio del tratamiento de la sal de un fenol con dióxido de carbono, el cual produce el reemplazamiento de un hidrógeno anular por el grupo carboxilo, conociéndose esta reacción con el nombre de Kolbe mediante la cual se obtiene el ácido ortobenzoico o ácido salicílico. Es un polvo cristalino, que tiene un punto de fusión de 157 a 159°C, es poco soluble en agua y muy soluble en solventes orgánicos polares (Raskin *et al.*, 1990).

Efecto de salicilatos en plantas

Entre los efectos que causa el ácido salicílico en el desarrollo de los vegetales se tiene: altas concentraciones inhiben la germinación o el crecimiento de la raíz y coleóptilo, inducción de la floración e inhibición de la misma (Saxena y Rashid, 1980), provoca cierre de estomas y reducción de la transpiración (Larqué, 1975, Larqué, 1978; Larqué, 1979; De León y Larqué, 1979; Trejo, 1981), mantiene turgente los estomas y pulvinolos (Saeedi, 1984) y altera la permeabilidad de los tilacoides (Bell, 1981), promueve resistencia a determinados patógenos de plantas, incluyendo el virus del mosaico del tabaco, el virus de la necrosis del tabaco y el hongo patógeno *Colletotrichum lagenarium* (Salisbury y Ross, 1994).

Se sugiere que el ácido salicílico puede estar involucrado en la regulación de la floración en plantas. Al tomar evidencias de experimentos en el cual áfidos se alimentaron de partes vegetativas y reproductivas de plantas como *Xanthium strumarum* y *Lemna gibba*, colectando la miel del áfido, se observó que la sustancia inductora de la floración era ácido salicílico (Raskin, 1992).

El mecanismo por el cual los ácidos salicílico y acetyl salicílico induce floración en plantas no es conocido. Una hipótesis sugiere que esta inducción se debe a su acción como un agente quelatante, debido que al grupo libre o-hidroxilo confiere una actividad quelatante sobre ácidos benzoicos. Esto es fundamentado por los agentes quelatantes que pueden inducir floración en *Lemnaceae* (Raskin, 1992).

Mercado nacional e internacional

La demanda de crisantemos tanto a nivel nacional como internacional está supeditada a las festividades que ocurren en las diferentes épocas del año, y los precios de venta que se logran están en función de estas fechas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Demanda de crisantemo que existe en cada uno de los meses del año, tanto a nivel nacional como en el mercado de Estados Unidos (Vázquez *et al.*, 2003).

MES	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	POBRE
Enero	X			
Febrero	X			
Marzo		X		
Abril		X		
Mayo	X	X		
Junio	X			
Julio		X		
Agosto				X
Septiembre				X
Octubre				X
Noviembre			X	
Diciembre		X	X	

Cosecha

El periodo desde la plantación hasta la cosecha está determinado por la variedad utilizada y la época de plantación. Generalmente, transcurren nueve semanas entre el retiro de la iluminación y el inicio de la cosecha. Se cortan las flores más grandes cuando están completamente abiertas y con los pétalos hacia arriba. El corte se efectúa sobre el tallo, 10 cm arriba del suelo, para evitar que la base del mismo se ponga leñosa, se eliminan las hojas o follaje del tercio inferior del tallo, antes de colocar las flores en agua.

La selección y el empaque son de gran importancia, ya que la presentación de la flor es determinante para su comercialización. Para seleccionar por color, se colocan las flores en recipientes con agua (cada color en un recipiente diferente) dentro de un cuarto fresco, posteriormente se pasan a la sala de empaque donde se envuelven con papel encerado y se agrupan por docenas. En algunas ocasiones se emplean cajas de

cartón de 25 cm de altura por 50 cm de ancho y 115 cm de largo. Es importante que las flores lleguen lo más rápido posible al consumidor. El tiempo que pasa desde el corte de la flor hasta su llegada a éste, las flores deben encontrarse en cámaras de refrigeración o cuartos frescos y los tallos florales deben estar bien hidratados.

CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) es la tercera flor de corte más importante que se cultiva anualmente a nivel nacional e internacional, después de la rosa (*Rosa* spp.) y el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). A nivel internacional, los mercados más atractivos son Estados Unidos y Europa. En México el cultivo del crisantemo es de importancia, ya que se estima que ocupa el tercer lugar en lo que respecta a la superficie sembrada y al valor de la producción y destacan como zonas principales de producción los estados de México, Michoacán, Puebla y Morelos, principalmente. De la producción obtenida se consume un 90 % en el interior del país, siendo los principales centros de consumo el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey y el noroeste de México. El 10% restante se exporta a los Estados Unidos.

En el Estado de Yucatán se han tenido que reorientar los cultivos en función de las características del suelo, clima y del medio ambiente en general y la actividad que ha tomado gran interés es la floricultura ya que es una de las actividades que hoy en día representa una alternativa dentro del sector agropecuario, dada su alta rentabilidad por unidad de superficie (m²), así como por la generación de empleos permanentes.

Por otra parte, en la entidad no se han realizado estudios para la producción comercial de flores, por lo que surge la necesidad de generar tecnologías que permitan desarrollar este tipo de cultivos. El crisantemo en Yucatán tiene gran importancia debido a su buena capacidad de adaptación a las condiciones ambientales locales y no se han realizado investigaciones en este cultivo con respecto a los requerimientos nutrimentales principalmente nitrógeno, fósforo y potasio. Tampoco se han evaluado sustratos y reguladores de crecimiento vegetal que permitan un buen desarrollo del cultivo para obtener una buena calidad de flor e inducir precocidad en la floración. Otro punto importante en la investigación de este cultivo es estudiar los periodos de mayor

demanda nutrimental lo que se consideraría para trabajos futuros en Yucatán. Las investigaciones sobre diagnóstico nutrimental, a partir de los análisis foliares, se ha dirigido a crisantemo de tipo pompón, sin embargo los requerimientos nutrimentales cambian con la variedad, por lo que se hace necesario un estudio profundo de la nutrición de las variedades en estudio, a fin de contribuir en la rentabilidad del cultivo, ya que este es de gran importancia económica en el país.

LITERATURA CITADA

- Aceves, R. J. L. y Hernández H. J. 1997. Propagación comercial de plantas ornamentales por cultivo *In vitro* de Tejidos Vegetales para beneficio social de la comunidad. <<http://148.120.26/revista2/aceves2.htmr>. (consulta 29 de mayo de 2008).
- Arbos, L. A. M. 1992. El crisantemo. Cultivo, Multiplicación y Enfermedades. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España. 170 p.
- Bell, A. 1981. The physiological role of secondary natural products. *In: The Biochemistry of plants*. E. E. Conn (Ed) Academic Press, New York. pp. 1-17.
- Biachini, F. y Azurra, C. P. 1975. Guía de plantas y flores. Edit. Grijalbo. Barcelona, España. pp. 422 - 424
- Borges, G. L., M. Soria-Fegoso 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. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 9(2): 291-304.
- Borges, G. L. C. 1996. Uso de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Perspectivas*. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. 1(49): 21-26.
- Borges, G. L. C. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Boletín informativo de ciencia*. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2 Conkal, Yuc. 49(1): 21-26.
- Burguer, D. W., T. K. Hartz y G. W. Forister, 1997. Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. *Hort Science*. 32(1): 57-60.
- Cabrera, R. I. 1998. Propiedades, uso y manejo de cultivos para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 5-11.
- Cabrera, B. H. 1977. *Botánica General-Regional*. Ediciones de la Universidad de Yucatán. Mérida, Yuc. p. 134.
- Cleland, C. F. y Ajami, A. 1974. Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiol*. 54:509-906.
- De León, G. F. y Larqué-Saavedra, A. 1979. Cierre estomatal inducido por aspirina y su dependencia del pH. *Agrociencia* 37:67-75.

- Devore, G. 1979. Química orgánica. Trad. E. Muñoz. Ed. Publicaciones Culturales. México, D. F. 734 p.
- Gafaro, F. 1996. Nutrición del crisantemo. Flora Culture Internacional, Julio. Batavia Illinois, USA 66 p.
- García, V. R. 2001. Estudio preliminar de Manejo Integrado del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvel.) cv. Polaris en Villa Guerrero Edo. De México. Montecillo, Texcoco. Edo., de México. 81 p.
- García, M. H. 1989. Cultivo del Crisantemo. Boletín Informativo. FIRA-BANCO DE MÉXICO. México. D.F. Volumen (XXII), año XXI, Numero 211. pp. 20-37.
- González, R. F. 1999. Requerimiento hídrico del cultivo de tomate en condiciones de invernadero y fertirrigación. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. Conkal, Yucatán, México. 86 p.
- Gutiérrez, G. S. 2003. Relaciones iónicas de N, P y K en el crecimiento, nutrición y calidad de crisantemo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo., de México. 83 p.
- Gutiérrez, C. M. A. 1997. Reguladores del crecimiento XIII: Estudio del ácido salicílico en soya, algodónero y tabaco. Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo., de México. 174 p.
- Huerta-Paniagua, R. A. 2000. Diagnóstico Agroecológico del Cultivo de Crisantemo en Texcoco, Edo., de Méx. y Propuestas de Manejo para el Control de Plagas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo., de México. 171 p.
- Hurtado, M. D. V. y Merino, M. M. E. 1997. Cultivo de tejidos vegetales. Edit. Trillas. México, D.F. 232 p.
- INEGI, 1998. La Horticultura Ornamental en México. Colegio de Postgraduados. INEGI. México. 81 p.
- Klessig, F. D., y Malamy, J. 1994. The Salicylic acid signal in plants. Plant Molecular Biology. 26: 1439-1458.
- Kool, A. 1999. You can do something about bad water. FloraCulture International, Agosto. Batavia, Illinois. USA. 46 p.

- Lang, O. F. P. 1986. Reguladores del crecimiento VIII: Efectos del ácido acetil salicílico y/o dimetil sulfóxido en el rendimiento agronómico de *Phaseolus vulgaris* L: Tesis de Maestría en Ciencias. C. P. Montecillos, Méx. p. 64.
- Larqué-Saavedra, A. 1975. Studies on Hormonal Aspects of plant growth in Relation to chemical and environment treatments. ph. D. Thesis. London. p. 76.
- Larqué-Saavedra, A. 1978. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant.* 43:126-128.
- Larqué-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. *Z. Pflanzenphysiol.* 93:371.375.
- Larson, R. A. 1992. Introduction to floriculture, 2nd edition, Academic Press. San Diego, California USA 551 p.
- Larson, R. R. 1988. Introducción a la floricultura. AGT EDITOR S.A. México, D.F. pp: 260-262.
- Laurie, A., Kiplinger, D. C., y Kennards, N. 1979. Commercial flower forcing. Eighth edition. Mc Graw- hill. Estados Unidos de América. pp. 211 – 236.
- Lira, S. R. H. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Trillas, México, D.F. pp: 193-205.
- Li-Rong B., Pandey M. P., Garg G. K., Pandey S. K., y Dwivedi D. K. 1998. Development of a technique for *in vitro* unpollinated ovary culture in rice, *Oryza sativa* L. *Euphytica.* 104: 3, 159-166.
- Machin, B. y Scopes, N. 1982. Chrysanthemums year round growing. Blanford press poole dorset. Great Britain, Ltd. pp. 68-89.
- McDaniel, G. L. 1979. Ornamental Horticulture. A reston book. Englewood Cliffs, New Jersey. USA 526 p.
- Noguera, P. y Abad, C. 1997. Physical and chemical properties of corri waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae.* 126, pp. 69–81.
- Ortíz, M. E. y Larqué-Saavedra, A. 1999. El uso de reguladores de crecimiento en la floricultura mexicana. *Ciencia y desarrollo.* 35(14): 8-26.
- Ortiz, V. B. y S. C. Ortiz. 1990. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Patronato Universitario. Departamento de Suelos. p. 391.

- Prik'ko, N. V. y M. F. Kushinski. 1978. Increasing sugar beet productivity by applying dimethylsulfoxide. *Khimiya u Sel'skom khozyaisture*. 16: 68-78.
- Quiroz, F. M., Z. M. Méndez, S. A. Larqué y V. L. Vargas. 2001. Picomolar concentrations of salicylates induce cellular growth and enhance somatic embryogenesis in *Coffea arabica* tissue culture. *Plant Cell. Rep.* 20: 679-684.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Raskin, I., Skubats, H., Tang, W. and Meeuse, B. J. D. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot.* 66:376-373.
- Rojas, G. M. 1979. *Fisiología vegetal aplicada*. 2da Edición. Ed. McGraw-Hill de México, México, D.F. pp: 158-172.
- Rute, T. N., y R. G. Butenko. 1981. Effect of physiologically active substance on sex expression in cucumber plants *in vitro* conditions. *Piziologiya Rastenii* 28: 1190-1197.
- Saeedi, S. J. 1984. Effect of Salicylic and Acetil Salicylic Acids on the scatonastic and Photonastic leaflet Movement of *Cassia pasciculata*. *Plant Physiol.* 76:851-853.
- SAGARPA, 2007. *Sembrando soluciones*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sebrando/2007/07-2007.pdf>. (consulta: 2 de agosto de 2007).
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducido por González, V.V. Edit. Iberoamérica, México. pp. 363-365.
- San Miguel, R., M. Gutiérrez y A. Larqué. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. *Southern Journal of Applied Forestry* 27(1): 52-54.
- Saxena, P. K. y Rashid, A. 1980. Differentiation of Budcell on the protonema of the Moss *Anoetanthium thomsonii*. Effect of Aspirin and salicylic acid. *Z. Pflanzen Physiology*. p. 187-189.
- Smale, B. C., N. J. Lasate, and B. T. Hunter. 1975. Fate and metabolism of dimethylsulfoxide in agricultural crops. *Ann. N. y. Acad. Sci.* 243: 228-236.
- Smith, M. J. y Smith, P. K. 1966. *The Salicylates*. Wiley Interscience Journal. New York. 43(5): 125-141.

- Song, K., y H. G. Park. 1999. Plant regeneration through protoplast culture in *Hibiscus syriacus* L. J. Korean Soc. Hort. Sci. 40(1): 93-98.
- 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(4): 353-362.
- Soria, F. M. J., J. 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. S.E.P., D.G.E.T.A., S.E.I.T. Yucatán, México. pp. 11-17.
- Sória, S. A. y Escobar, R. L. 1995. Evaluación del Cultivo de Crisantemo (*Chrsanthemum morifolium* Ramat.) en la Comunidad de Tequexquinahuac, Municipio de Texcoco México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. p. 125.
- Tiscornia, J. R. 1975. Algunas plantas de jardín. Edit. Albatros. Buenos Aires, Argentina. p. 18-22.
- Trejo, L. C. 1981. Resistencia a la sequía IV: Efecto antitranspirante del ácido salicílico sobre frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Licenciatura. UNAM. México, D.F. p. 66.
- Umetamy, Y., Kodakari, E. Yamamura, T., Tanaka, S. y Tabata, M. 1990. Glucosylation of salicylic acid by cell suspension cultures of *Mallatus japonicus*. Plant Cell Reports. 9: 325-327.
- Vázquez, G. L. M., García, F. A., Norman, M. T. 2003. Cultivo de crisantemo. Manual. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. 30 p.
- Voutsinas, G., F. E. Zarani y A. Kappas 1997. The effect of environmental aneuploidy-inducing agents on the microtubule architecture of mitotic meristematic root cells in *Hordeum vulgare*. Cell-Biology-International 21: 411-418.
- Weissman, G. 1991. Aspirin. Sci. Am. 264:84-90.
- Zúñiga, E. M. del R., López, C. R. y Covarrubias, R. J. M. 2004. Floricultura: una alternativa de producción para el sureste de Coahuila y centro de Nuevo León. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Saltillo. México. p. 34.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Nutrición mineral con N, P Y K para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó para probar diferentes dosis de fertirrigación, seleccionar un sustrato regional en la producción de crisantemo para flor de corte y estudiar el efecto de ambos factores sobre el crecimiento y la concentración foliar de N, P y K. Se aplicaron seis tratamientos de fertirriego y cuatro sustratos, los cuales se constituyeron de 70% materiales orgánicos de la región y 30% (v/v) suelo K'ankab (Luvisol rodico). Los diferentes factores fueron estudiados en un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. A los 119 días posteriores al trasplante (DPT) las plantas crecieron mejor en el sustrato S₂ (70% bagazo de henequén+30% suelo) a los 119 DPT y las dosis 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K fueron 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 fueron iguales a los 119 DPT. 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 DPT pero diferentes al testigo y éste igual a las dosis de 150-75-300 y 200-100-400 mg L⁻¹ de N, P y K. En cuanto a las concentraciones de P y K en hojas y tallos hubo diferencias estadísticas entre los sustratos y el S₂ originó las más altas, con valores de 6.62 mg g⁻¹ de P y 61.9 mg g⁻¹ de K. Los tratamientos de fertirriego también modificaron las concentraciones foliares de P y K correspondiendo los valores más altos al tratamiento 50-25-100 mg L⁻¹ de N, P y K.

Palabras clave: fertirriego, crisantemo, bagazo de henequén.

Abstract

This experiment was established to test different doses of ferti-irrigation, as well as to select a regional substrate in the production of the chrysanthemum for use as a cut flower and its effect on the N, P, and K concentration quantities. Six doses of ferti-irrigation and four substrates were tested in this experiment, which consisted of 70% organic material from the region and 30% (v/v) Kankab soil (Luvisol rodico). The different factors were studied in a completely randomized design with fixed parcels divided by three repetitions each. The plants grew better in the S₂ substrate (70% sisal pulp+30% soil), at 119 DPT, with 50-25-100 and 100-50-200 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 the fresh and dry matter from the foliage or the roots, from the volume of the roots, the foliar area, or the flower diameter. The doses indicated were the best in all the above mentioned variable, particularly in the flower diameter (12.2 cm). N concentration in leaves and stalks were statistically the same in all treatments, with a result of 50-25-100, 100-50-200 and 250-125-500 N, P and K at 119 DPT, but different to the blank control and doses of 150-75-300 and 200-100-400 of N, P and K were statistically the same as the blank control. As to the P and K concentrations in leaves and stem there were statistical differences between the substrates and the S₂ originated the highest with values of 62 mg g⁻¹ of P and 61.9 mg g⁻¹ of K. The ferti-irrigation treatments also modified the foliar concentrations of P and K, the highest values corresponding the treatment were of 50-25-100 mg L⁻¹ of N, P and K.

Index Words: *ferti-irrigation, crisantemo, sisal pulp.*

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 la República Mexicana.

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 nitrógeno, fósforo y potasio (Lira, 1994; Burguer *et al.*, 1997; Gutiérrez, 2003).

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 fitosanitarias, físicas y químicas, que combinadas con un programa integral de manejo, permitan el crecimiento óptimo de la planta (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 nitrógeno, fósforo y potasio, aún cuando los elementos no se encuentren en formas químicas disponibles para la planta (Ortiz y Ortiz, 1990; Borges, 1998).

En cuanto a sustratos regionales que pueden utilizarse para el cultivo de flores de corte está el dzidzilche (*Gimmopodium floribundun*) es una maleza que se encuentra distribuida en el sureste de la República Mexicana y abunda en los suelos tzeke`el. La

planta puede utilizarse como sustrato la hojarasca que produce y su contenido de nitrógeno es mayor que el del bagazo de henequén en cualquiera de sus fases de degradación. Sin embargo, en cuanto a fósforo y potasio, su contenido es menor (Borges, 1998).

Otro subproducto que se utiliza es el bagazo del cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*) conocido como “sisal”. Éste 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 nitrógeno, fósforo y potasio para los cultivos, según el grado de descomposición (Cabrera, 1977; Borges, 1996; 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 agroindustriales 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: sólido o semisólido y líquido. La cantidad producida diariamente de este material es aproximadamente el 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 t de excretas diariamente, este material es rico en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio 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 (m²), así como por la generación de empleos. No obstante, actualmente 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 el Estado, sobre todo en lo referente al manejo de sustratos y nutrición.

El presente estudio se realizó para probar el efecto de diferentes dosis de fertirrigación y sustratos regionales sobre el estado nutrimental, el crecimiento y producción de crisantemo para flor de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, sus coordenadas geográficas son: 19° 20' latitud Norte y 20° 37' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con altitud de 10 msnm. El clima que predomina en la región es Awo (X) (i)g de acuerdo a la clasificación climática de Koepen, modificada por García (1988), con temperatura media anual de 26.6°C, máximas de 35°C y mínimas de 17°C con una precipitación media anual de 700 mm.

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel con apertura cenital y plástico con 25% de sombra. Como material vegetativo, se utilizaron esquejes de *Chrysanthemum morifolium* var. Polaris con una altura promedio de siete centímetros ya enraizados, adquiridos en la empresa "Nicté Ha" en Chocholá, Yucatán. Se seleccionaron esquejes con la mejor calidad en cuanto a vigor, color y forma. La plantación se inició con esquejes de calidad, los cuales tuvieron tallo fuerte, libres de plagas y enfermedades, uniformes en grosor y longitud, raíces vigorosas con una longitud de 1 a 2.5 cm.

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. El desbotone consistió en eliminar 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 el fotoperíodo se utilizaron focos de luz incandescente de 100 Watts, 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 mantener las plantas erguidas, estas se mantuvieron hasta el momento del corte. Las hojas del dzidzilche fueron colectadas en montes bajos cercanos al Instituto. Se utilizó bagazo viejo de henequén el cual fue adquirido en una desfibradora del municipio de Baca, Yuc. La cerdaza sólida, completamente seca, se adquirió en la posta porcina del mismo instituto. Todos los sustratos (Cuadro 1) fueron analizados químicamente en Laboratorio de Agua Suelo Planta del Instituto

Tecnológico de Conkal (Cuadro 2). Antes de la preparación de las mezclas (v/v) los sustratos fueron cribados con una malla de 1 cm y desinfectados con agua caliente (70°C), las camas se dejaron cubiertas con un plástico y se destaparon al día siguiente para ventilar el sustrato y dejarlo listo para la siembra.

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

SUSTRATOS (v/v)			
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
100% Suelo*	70% Bagazo de henequén*+30% Suelo	70% Hoja de Dzidzilche*+30% Suelo	70% Cerdaza+30% Suelo

*Suelo K'ankab = Luvisol Rodico. Bagazo del henequén: residuo de la fibra que se extrae de la penca. Dzidzilche: *Gimmopodium floribundun*.

Cuadro 2. Características del análisis físico-químico de las mezclas de sustrato utilizadas en el cultivo de crisantemo en invernadero.

Parámetro	Método	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
pH en agua (1:2)	Potenciométrico	7.39	7.57	7.40	7.10
C.E. (1:5) (mS cm ⁻¹)	Conductimétrico	2.48	4.34	2.43	4.72
N Total (%)	Kjeldahl	0.50	1.26	0.70	1.53
P intercambiable (mg kg ⁻¹)	Olsen	30.81	395.80	27.75	711.32
K intercambiable (mg kg ⁻¹)	Acetato de amonio	298.65	846.85	309.66	4216.10
C.I.C. (meq 100 g ⁻¹)	Acetato de amonio	28.92	29.67	35.41	40.62
Densidad aparente (g cm ⁻³)	Volumen definido	0.9106	0.4845	0.5958	0.6595
Densidad real (g cm ⁻³)	Picnómetro	2.7292	1.9955	2.5203	2.0791
Porosidad (%)	Cálculo	66.63	75.72	78.36	68.28

S₁ = Suelo 100%. S₂ = Bagazo de henequén 70% + suelo 30%. S₃ = Dzidzilche 70% + suelo 30%, S₄ = Cerdaza 70% + suelo 30%

En las camas de 12 m² se trazaron parcelas de 1.0 m², las que se dividieron con plásticos en el fondo y en los lados, de tal manera que los tratamientos (Cuadro 3) no interfirieran entre sí. Las dosis de fertilización se determinaron de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por García (1989).

Cuadro 3. Concentraciones de N, P y K en la solución de fertirriego para el cultivo de crisantemo en invernadero.

Dosis	mg L ⁻¹		
	N	P	K
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

Para la preparación de las soluciones de fertirriego se utilizaron como fuentes de fertilizantes Urea (46-0-0), Fosfato monoamónico (12-61-0) y Multi K (13-2-44) y agua de pozo clasificada como C₃S₁ que es apta para el riego. Su calidad fue determinada mediante un análisis en laboratorio (Cuadro 4) y considerada para los cálculos en la preparación de las soluciones

Cuadro 4. Características del análisis químico del agua de riego utilizada para regar el cultivo de crisantemo en invernadero.

Parametro	Método	Muestra
pH en agua (1:2)	Potenciométrico	6.40
C.E. (μS cm ⁻¹)	Conductimétrico	1251
Ca (mg L ⁻¹)	Absorción Atómica	100.49
Mg (mg L ⁻¹)	Absorción Atómica	30.61
Na (mg L ⁻¹)	Absorción Atómica	93.98
Carbonatos (mg L ⁻¹)	Titulación volumétrica	N.D.
Bicarbonatos (mg L ⁻¹)	Titulación volumétrica	42.82
Cloruros (mg L ⁻¹)	Argentometría	164.89
Sulfatos (mg L ⁻¹)	Turbidimétrico	191.40
RAS	Cálculo matemático	2.10

N.D.= No detectable

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 con ácido fosfórico (85% y densidad 1.7 g L⁻¹, antes de su aplicación. La humedad del suelo se midió con tensiómetros y se

mantuvo entre 10 y 15 MPa y con base en esta información se proporcionaron los riegos de auxilio.

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 diferentes 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.

Las variables evaluadas a partir de los 35 y hasta los 119 días posteriores al trasplante (DPT) fueron: altura de planta (cm) 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 (mm), estas evaluaciones se realizaron cada siete días. Al momento de la cosecha, 119 DPT, se evaluó el área foliar (cm²) con un integrador de área foliar LICOR 3000A; peso de materia fresca y seca del follaje y raíz. El secado se hizo en estufa por 72 h a 70⁰C hasta peso constante, volumen radical cuantificado con base en el volumen de agua desplazado por la raíz en una probeta (cm³), diámetro de la flor medido con un vernier digital (cm). 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 (Jones *et al.*, 1996), el fósforo por el método del Vanadato-Molibdato Amarillo y potasio por espectrometría de emisión (Alcántar y Sandoval, 1999) en hojas y tallos a los 119 DPT.

Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas

La altura fue distinta en las plantas que crecieron en el S₂ a partir de los 57 DPT 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 la mezcla formada con 70% bagazo de henequén y 30% suelo (v/v) a los 119 DPT. El crecimiento uniforme del cultivo en las primeras siete semanas se debió a que los esquejes en esta fase vegetativa fueron pinchados 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.

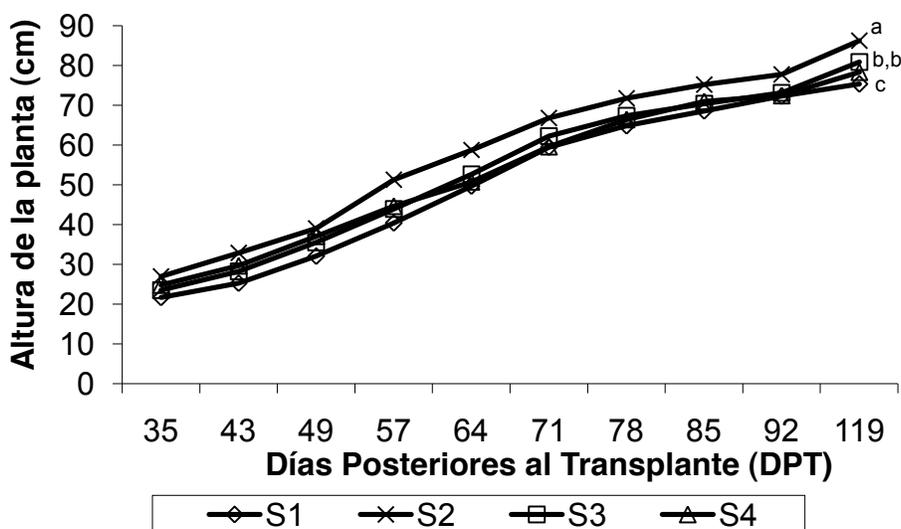


Figura 1. Valores promedio en la altura de la planta de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S₁: Suelo 100%; S₂: Bagazo de Henequén 70%+30% Suelo; S₃: 70% Dzidzilche+30% Suelo; S₄: Cerdaza 70%+30% Suelo. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS= 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 DPT, pero al final del experimento (119 DPT) 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 inferiores al testigo (Figura 2).

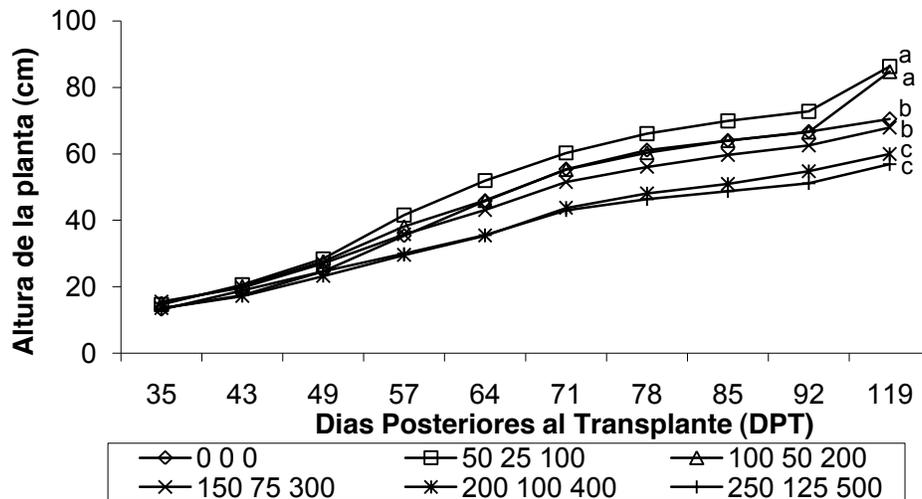


Figura 2. Valores promedio en la altura de la planta de crisantemo ver. Polaris con diferentes dosis de fertirriego y diferentes sustratos. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 5.8).

La altura de planta es considerada una de las características más importantes en este cultivo, ya que es uno de los atributos de mayor consideración en su comercialización como flor de corte. Plantas de crisantemo demasiado altas (>110 cm) son difíciles de cosechar, se considera que éstas 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 fertilización. 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 DPT (Figura 3). No obstante el valor más alto (8.7 mm) 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 6.0 mm.

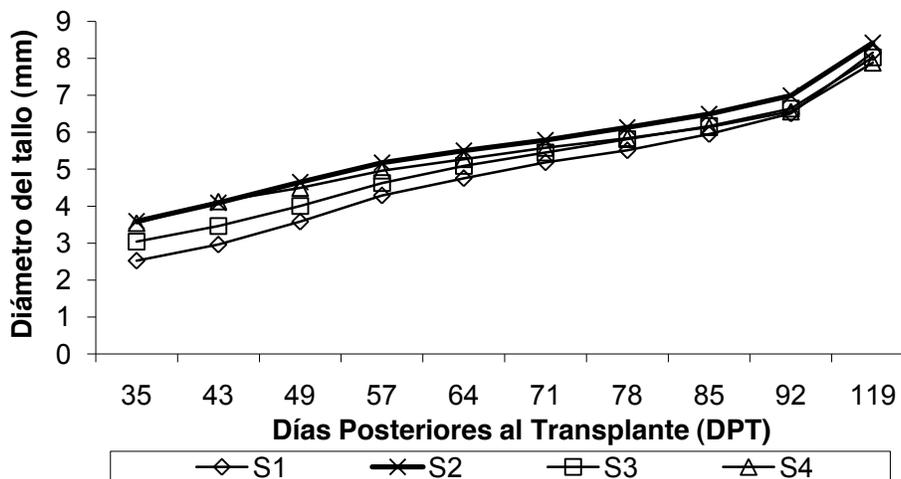


Figura 3. Valores promedio en el diámetro del tallo de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos. S₁: Suelo 100%; S₂: Bagazo de Henequén 70%+30% Suelo; S₃: 70% Dzidzilche+30% Suelo; S₄: Cerdaza 70%+30% Suelo. (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 1.0).

El diámetro del tallo del crisantemo 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 DPT). 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 (8.7 mm) son similares a los reportados por García (2001) quien utilizó 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 sus plantas de crisantemo diámetros similares con la aplicación de la solución nutritiva Steiner al 50, 75 y 100% de su concentración, en un sistema hidropónico abierto.

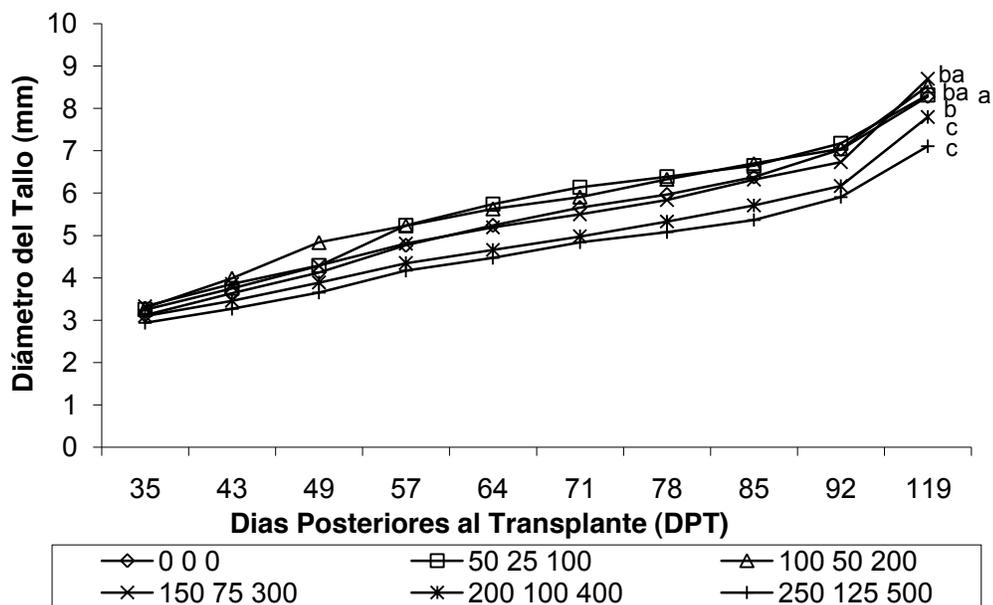


Figura 4. Valores promedio en el diámetro del tallo de crisantemo var. Polaris con diferentes dosis de fertirriego. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$ DMS = 1.3).

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 DPT no fue afectado por las mezclas de sustrato, sin embargo se alcanzó una mayor producción de biomasa de la planta con el sustrato S₂ con relación al testigo S₁ y a las otras mezclas. En la variable peso 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 DPT. 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 en la mezcla compuesta con este material. En la variable área foliar no hubo diferencia, sin embargo, el valor más alto se obtuvo en el sustrato S₂ que fue 28.8% mayor que el sustrato S₁. En el diámetro de la flor el valor más alto se obtuvo también en el sustrato S₂ en el cual el diámetro de la flor de crisantemo fue 7% mayor con respecto al sustrato S₁ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de diferentes sustratos en el cultivo de crisantemo var. Polaris a los 119 DPT.

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

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$). S₁:100% Suelo. S₂:70% bagazo de henequén+30% suelo. S₃: 70% dzidzilche+30% suelo. S₄: 70% cerdaza+30% suelo.

En el Cuadro 6 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 S₂ 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 nutrientes, lo cual estuvo asociado con una mejor calidad de la inflorescencia comparada con el testigo y las otras dosis de fertirriego a los 119 DPT. 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 la flor; éste atributo es de mayor consideración en la comercialización como flor de corte que otras

características de la planta (García, 2001; Vazquez *et al.*, 2003 y Villanueva *et al.*, 2005).

Cuadro 6. Efecto de diferentes dosis de fertirriego en el cultivo de crisantemo var. Polaris a los 119 DPT.

Dosis (mg L ⁻¹)	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
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, $\alpha = 0.05$).

Aunque los valores encontrados en la mayoría de las variables tanto en los sustratos como en las dosis de fertirriego fueron similares, podemos decir que la combinación y distribución de los fertilizantes con los sustratos, junto con las demás prácticas agronómicas del cultivo, arrojaron buenos resultados a excepción de las dos últimas dosis de fertilización con el sustrato S₄ en donde el crecimiento de las plantas fue menor debido a que los excesos de fertilizante, sobre todo de N, P y K, ocasionaron toxicidad y un menor crecimiento de la planta ya que este sustrato tenía las más altas cantidades de estos macronutrientes según el análisis físico-químico (Cuadro 2).

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 nutrientes, 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 S₂, S₃ y S₄ se encontró una mayor concentración de N (4.0, 0.75 y 2.2% respectivamente), con relación al sustrato S₁.

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 S₂ y S₄ que superaron a las del sustrato S₁. El sustrato S₃ tuvo un valor más alto que el S₁. En cuanto a la concentración de K también hubo diferencias estadísticas (Tukey, $\alpha = 0.05$) y S₂ fue la mezcla en la que se obtuvieron los valores más altos a los 119 DPT (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris con diferentes sustratos a los 119 DPT.

Sustrato	N	P	K
	----- mg g ⁻¹ -----		
S ₁	26.2 a ^(B-D)	6.57 b ^(A-AD)	61.5 b ^(A-AD)
S ₂	27.3 a ^(B-D)	6.62 a ^(A-AD)	61.9 a ^(A-AD)
S ₃	26.4 a ^(B-D)	6.58 b ^(A-AD)	61.5 b ^(A-AD)
S ₄	26.8 a ^(B-D)	6.59 ab ^(A-AD)	61.6 ab ^(A-AD)
DMS	0.0272	0.0498	0.0046

Medias con la misma letra minúscula son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$). S₁: 100% Suelo. S₂: 70% bagazo de henequén+30% suelo. S₃: 70% dzidzilche+30% suelo. S₄: 70% cerdaza+30% suelo. B= Bajo, S= Suficiente, A= Alto (Clasificación de Jones *et al.*, 1996). AD = Adecuado, C = Critico, D = Deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988).

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 DPT 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. 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, se obtuvieron los más altos valores en la concentración de N, se observó que con el sustrato S₄ las plantas presentaron síntomas de toxicidad en el follaje, sobre todo en las hojas basales y con el tiempo estos síntomas progresaron hacia la parte media de la planta y eventualmente

afectaron todo el follaje, esto debido a las cantidades altas de N, P y K en la cerdaza y en la solución de fertirriego, sin embargo esto no ocurrió así en los otros sustratos y en las otras dosis de fertirriego (Cuadro 8). Bugarin *et al.* (1998), Pineda *et al.* (1998) y Enríquez *et al.* (2005) reportaron resultados que coinciden con los del presente trabajo, ellos mencionan que con diferentes concentraciones en la solución nutritiva de Steiner, 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 8).

Cuadro 8. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris a los 119 DPT por efecto de tratamientos de fertirriego.

Dosis (mg L ⁻¹)	N	P	K
	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	0.070	0.0065

Medias con la misma literal minúscula son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

B= Bajo, S= Suficiente, A= Alto (Clasificación de Jones *et al.*, 1996). A= Alto, AD = Adecuado, C = Critico, D = Deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988).

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 nitrógeno desaparece más rápidamente del sustrato que el potasio y con los riegos se incrementa la relación de K:N hacia el final del cultivo, esto 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).

Alcantar *et al.* (2007) mencionan que la relación entre la disponibilidad nutrimental en el medio de crecimiento y el contenido de nutrimento en la planta, es usada junto con los métodos de análisis y de planta, para diagnosticar la disponibilidad nutrimental en el suelo, ya que la planta necesita un cierto nivel de cada nutrimento en sus tejidos para un buen crecimiento y desarrollo. Este nivel crítico es diferente para cada nutrimento de la planta. Un concepto básico en la interpretación del estado nutrimental de los cultivos, mediante el análisis de tejidos, es la “concentración crítica”, la cual se define como: la concentración de un nutrimento en el tejido justo abajo del nivel de crecimiento óptimo. También se debe tener en cuenta que la concentración de un nutrimento en la planta completa indica, solamente la cantidad de nutrimento extraída para un intervalo de tiempo determinado, esta información es útil solamente para determinar los niveles de mantenimiento de un nutrimento que se deben de aplicar para un rendimiento dado. Los valores límite o críticos son específicos para cada cultivo y se refieren a la concentración del elemento en la planta, por arriba de la cual no habrá respuesta a la fertilización o en algunos casos a la concentración debajo de la cual se presentaran síntomas de deficiencias y por consiguiente, la disminución del rendimiento. Estos valores críticos no pueden utilizarse en forma generalizada, ya que no se dispone de información para todos los cultivos y menos aún, para los diferentes genotipos y estos valores no pueden ser extrapolables para todos los cultivos, todas las variedades y todas las zonas en que estos se producen también se deben considerar otros factores, tales como el balance nutrimental, las condiciones edáficas y las características genotípicas del cultivo.

CONCLUSIONES

A los 119 DPT la mejor mezcla de sustrato fue bagazo de henequén 70%+30% Suelo con las dosis de fertirriego 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K. Con éstas se obtuvieron los mayores resultados y mejor calidad en tamaño, tanto de la planta como de la inflorescencia de crisantemo.

Las concentraciones más altas de N, P y K mg g⁻¹ en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris se obtuvieron con el sustrato S₂. Las concentraciones de N mg g⁻¹ en hojas y tallos son consideradas como bajas en tanto las concentraciones de P y K mg g⁻¹ son consideradas como altas y adecuadas dentro de los rangos de suficiencia reportadas por otros autores.

LITERATURA CITADA

- Alcantar, G. G., I. Trejo-Téllez, L., L. Fernandez-Pavía., M. de las N. Rodriguez-Mendoza. 2007. Elementos Esenciales. pp. 37-38. *In*: Alcantar, G. G., L. I. Trejo-Téllez (Eds.). Nutrición de Cultivos. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa S. A. de C. V. México, D.F.
- 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, México. 156 p.
- Arbos, L. A. M. 1992. El Crisantemo: Cultivo, Multiplicación y Enfermedades. Mundi Prensa. Madrid España. 170 p.
- Borges, G. L., M. Soria-Fegoso 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. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 9(2): 291-304.
- Borges, G. L. 1998. Usos de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Boletín informativo de ciencia*. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2 Conkal, Yuc. 49(1): 21-26.
- Borges, G. L. C. 1996. Uso de sustratos regionales en la agricultura yucateca. *Perspectivas*. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*. 1(49): 21-26.
- Bugarin, M. R., G. A. Baca-Castillo, J. Martínez-H., J. L. Tirado-Torres y A. Martínez-Garza. 1998. Amonio/Nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y Floración. *Terra* 16(2): 113-124.
- Burguer, D. W., T. K. Hartz y G. W. Forister, 1997. Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. *HortScience*. 32(1): 57-60.
- Cabrera, R. I. 1998. Propiedades, uso y manejo de cultivos para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 5-11.
- Cabrera, B. H. 1977. Botánica, General-Regional. Ediciones de la Universidad de Yucatán. Mérida, Yuc. Méx. p. 134.
- Enriquez del V. J. R., T. B. Velásquez, F. A. R. Vallejo y V. V. A. Velasco. 2005. Nutrición de plantas de *Dendranthema grandiflora* obtenidas *in vitro* durante su aclimatización en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(4): 377-383.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. 4a. Ed. UNAM. México, D. F. 217 p.

- García, M. H. 1989. Cultivo del Crisantemo. Boletín Informativo. FIRA-BANCO DE MÉXICO. México. D.F. 22(211): 20-37.
- García, V. R. 2001. Estudio preliminar de manejo integrado del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvel.) cv. Polaris en Villa Guerrero Edo. de México. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo., de México. 81 p.
- Gaytan, A. E. A., D. L. Ochoa-Martínez, R. Garcia-Velazco, E. Zavaleta-Mejia, G. Mora-Aguilera. 2006. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. Terra 24(4): 541-548.
- Gislerod, R. H. y A. R. Selmer-Olsen, 1980. The responses of chrysanthemum to variations in salt concentration when grown in recirculated nutrient solution. Acta Horticulturae 98: 201-209.
- Gutiérrez, G. S. 2003. Relaciones iónicas de N, P y K en el crecimiento, nutrición y calidad de crisantemo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo., de México. 83 p.
- Jones, B. J., B. Wolff, H. A. Mills. 1996. Plant Analysis Handbook II a Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing. Athens, Georgia. USA . 213 p.
- Kasten, P. y 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. Pub.
- King, J. J., L. A. Peterson y D. P. Stimart. 1995. Ammonium and nitrate uptake throughout development in *Dendranthema x grandiflorum*. HortScience 30(3): 499-503.
- Langton, F. A., L. R. Benjamin y R. N. Edmondson. 1999. The effects of crop density on plant growth and variability in cut-flower chrysanthemum (*Cysanthemum morifolium* Ramat.). Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 74(1): 132-134.
- Larson, R. A. 1992. Introduction to floriculture, 2da. Edition, Academic Press. San Diego, California, USA. 636 p.
- Lee, J. H., E. Heuvelink y H. Challa. 2002. Effects of planting date and plant density on crop growth of cut chrysanthemum. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 77(2):238-247.
- Lira, S. R. H. 1994. Fisiología vegetal. Edit. Trillas, México, D.F. pp: 193-205.

- Machin, B. y N. Scopes. 1982. *Chrysanthemums. Year-Round Growing*. Blanford Press. Printed in Gran Britain by Butler & Tanner Ltd, Frome and London. 233 p.
- McDaniel, G. L. 1979. *Ornamental Horticulture*. Secons edition. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 526 p.
- Ortiz, V. B. y C. Ortiz, S. 1990. *Edafología*. Universidad Autónoma de Chapingo. Patronato Universitario. Departamento de Suelos. Texcoco, Edo., de México. p. 391.
- Pineda, P. J., F. Sánchez del C., M. T. Colinas y C. J. Sahagún. 1998. Dilución de una solución nutritiva estándar en el cultivo de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum*) en un sistema hidropónico abierto. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1):25-30.
- Prabucki, A., M. Serek y A. A. Skytt. 1999. Influence of salt stress on stock plant growth cutting performance of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 74(1):132-134.
- Reuter, D. J. y J. B. Robinson. 1988. *Plant Analysis An Interpretation Manual*. Inkata Press, Melbourne and Sidney, Australia. 422 p.
- Richard, D. 1983. The grape roop system. *Horticultural Reviews* 5: 127-157.
- Sabañón, A. S., R. D. Cifuentes, H. J. A. Fernández y A. G. Benavente-García. 1993. *Gerbera, Liliium, Tulipán y Rosa*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España., p.16
- SAS, 2004. *Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Version 8.1*. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Soria, F. M. J., R. Ferrera-Cerrato, J. Etchevers-Barra, G. Alcántar-González, A. Trinidad-Santos, L. Borges-Gómez y G. Pereyda-Pérez. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra* 19(4): 353-362.
- Soria, F. M. J., J. 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. S.E.P., D.G.E.T.A., S.E.I.T. Yucatán, México. pp. 11-17.
- Vázquez, G. L. M., F. A. García y M. T. Norman. 2003. *Cultivo de crisantemo. Manual*. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. 30 p.
- 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.) en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 23(1): 49-56.

3.2. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. en Yucatán

Resumen

Diferentes concentraciones de ácido salicílico (10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} M) y DMSO (10^{-4} M) fueron asperjadas a esquejes de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) var. Polaris, en condiciones de invernadero. Las aplicaciones de ácido salicílico al follaje se realizaron a partir de los 16 días después del trasplante, se efectuaron cuatro aplicaciones hasta punto de goteo, con un intervalo de siete días entre cada una. Los diferentes factores fueron estudiados en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La altura de las plantas fue diferente con los tratamientos de ácido salicílico en relación al testigo; los tratamientos con 10^{-8} M y 10^{-10} M de AS mostraron incrementos desde las primeras etapas de desarrollo hasta los 113 DPT. Las plantas asperjadas con DMSO crecieron más (83.6 cm) que las plantas asperjadas con 10^{-6} M (81.0 cm) de AS y superaron al testigo. El diámetro del tallo fue mayor en las plantas asperjadas con AS y DMSO que en las plantas testigo y el tratamiento 10^{-8} M fue en el que se obtuvieron los valores más altos (8.9 mm) en cuanto a esta variable. El ácido salicílico (10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} M) y el dimetilsulfóxido 10^{-4} M incrementaron de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz y área foliar. El efecto de ácido salicílico fue notorio en la inducción a floración los tratamientos 10^{-8} y 10^{-10} M fueron con los que la floración se alcanzó a los 113 DPT y también se obtuvo el mayor diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm) respectivamente. Las concentraciones de N, P y K fueron diferentes y los tratamientos con AS y DMSO superaron al testigo. Las concentraciones de N y K en hojas y tallos de crisantemo fluctuaron de baja a deficientes pero las concentraciones de P fluctuaron entre suficiente y adecuada, el tratamiento con el más alto valor fue el de 10^{-8} M de AS.

Palabras claves: *Chrysanthemum morifolium*, ácido salicílico, floración.

Abstract

Different concentrations of salicylic acid (10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} M) and DMSO (10^{-4} M) were sprinkled on chrysanthemum cuttings *Chrysanthemum morifolium* Ramat. var. Polaris, under greenhouse conditions. The salicylic acid applications to the foliage were made 16 days after the transplant. Four applications were made by dripping with an interval of seven days between each application. The different factors were studied in a completely randomized design with five repetitions. The height of the plants was different with the salicylic acid treatment in relation to the control plant; the treatments with 10^{-8} M and 10^{-10} M of AS show increments from the first stages of development until the 113 DPT. The DMSO sprinkled plants grew more (83.6 cm) than the plants sprinkled with 10^{-6} M (81.0 cm) of AS and surpassed the control plant. The stem diameter of the AS and DMSO sprinkled plants was greater in comparison with the control plant, and the 10^{-8} M treatment obtained the greatest values (8.9 mm) of this variable. The salicylic acid (10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} M), and the dimethyl sulfoxide 10^{-4} M incremented in a significant manner the weight of the (fresh and dry) foliage and root matter, the root volume, and the foliar area. The affect of the salicylic acid was notorious in the induction of the blooming treatments: 10^{-8} y 10^{-10} M were what obtained the blooming at 113 DTP and it also obtained the greatest flower diameter (13.6 and 12.6 cm) respectively. The N, P and K concentrations were different and the treatments with AS and DMSO surpassed the control. The N and K concentrations in the chrysanthemum leaves and stems fluctuated from low to deficient, but the P concentrations fluctuated between sufficient and adequate. The treatment with the greatest value was 10^{-8} M of AS.

Index Words: *Chrysanthemum morifolium*, salicylic acid, blooming

INTRODUCCIÓN

Los grandes progresos alcanzados en la industria florícola en los años recientes han dependido principalmente de la generación de nuevas tecnologías, dentro de las cuales la aplicación de insumos químicos y en particular de reguladores de crecimiento han sido importantes en el control de crecimiento y desarrollo de las plantas (Rudnicki, 1989).

Los reguladores de crecimiento se definen como sustancias producidas de manera endógena por las plantas o en forma sintética, que en pequeñas cantidades son capaces de modificar el desarrollo vegetal, de modo que su aplicación exógena permite controlar dicho desarrollo durante la producción. Algunos de los factores que justifican el uso constante de los reguladores son: los requerimientos de uniformidad en tamaño, color y aspecto general de la planta.

El ácido salicílico (AS) se considera como un regulador de crecimiento, ya que recientemente se ha encontrado que conjuntamente con el ácido jasmónico regulan la biosíntesis de otros metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrove, 1994). Pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como compuestos fenólicos, está presente en las plantas y forma parte del grupo de los salicilatos, cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico como el ácido acetilsalicílico y el metilo de AS (Weissman, 1991; Klessig y Malamy, 1994).

En las plantas los compuestos fenólicos están relacionados con el metabolismo secundario y están involucrados en gran cantidad de actividades de regulación en los procesos fisiológicos y de adaptación (Raskin *et al.*, 1987; Raskin, 1992).

El AS se aisló por vez primera en 1838 a partir de plantas del género *Salix* perteneciente a la familia *Salicaceae*, a la cual debe su nombre (Devore, 1979). También se ha encontrado en los géneros *Spiraea*, *Gautheria*, *Xanthium* y *Lemna* (Raskin, 1992). Una investigación exhaustiva de los niveles de ácido salicílico en hojas y estructuras reproductivas de especies agrónomicamente importantes (Raskin *et al.*, 1990) y en alimentos derivados de plantas ha confirmado la amplia distribución de éste compuesto. El AS fue también reportado en la inflorescencia de plantas termogénicas

del género *Arum* y en plantas infectadas con patógenos (Silverman *et al.*, 1995; Raskin *et al.*, 1987).

Investigaciones reciente han planteado que el AS tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las plantas de las familias *Araceae* y *Palmaceae* (Raskin, 1992; Raskin, 1992), este fenómeno fue descrito en forma más detallada en *Sauromstum guttatum*, azucena “wudu”. En la entrada de la cámara que es muy estrecha (la parte superior de la vaina) se encuentran las flores masculinas. El día anterior al desarrollo de la flor, en las flores masculinas se producen altas cantidades de la hormona conocida como “calorígeno” (hormona que produce calor); actualmente se sabe que el “calorígeno” corresponde al ácido salicílico. El “calorígeno” se trasloca al apéndice y ahí induce una aceleración repentina del metabolismo y en consecuencia, se induce la producción de calor, por lo que la temperatura de esta parte puede superar a la temperatura del ambiente hasta veinte grados. Debido a esto, a partir del apéndice se facilita la liberación de las sustancias volátiles que atraen a los insectos; entre estas sustancias se encuentran el indol, scatol, las aminas y otras sustancias con un olor repugnante (para el hombre). Los insectos que son atraídos pasan a la cámara floral de la que no pueden liberarse. Al acumularse una considerable cantidad de insectos en la cámara, la temperatura se incrementa estimulando la movilidad de éstos. Cuando la temperatura de la cámara llega a su máximo, el polen de las flores masculinas se derrama y los insectos lo distribuyen sobre las flores femeninas situadas al fondo de la cámara. Después de la polinización, la vaina se marchita liberando a los insectos cubiertos con polen y al volar éstos a otras flores también las polinizan (Meeuse y Raskin, 1988).

Se ha demostrado que antes de abrirse la vaina de la flor, en la parte superior de la inflorescencia (en donde se encuentran las flores masculinas) la concentración de ácido salicílico aumenta casi cien veces. Este compuesto es transportado al apéndice, donde ocasiona una “explosión” de la producción de calor. Entre los análogos del ácido salicílico, solo dos compuestos pueden inducir el mismo efecto: el ácido acetilsalicílico (aspirina) y el ácido 2,6-dihidroxibenzoico. Por lo tanto el ácido salicílico al tener su efecto como calorígeno, desempeña un papel típico de la hormona, sin embargo se le

puede considerar como una hormona de las plantas pero no como una hormona del crecimiento.

El AS estimula la vía alternativa de la respiración, que no es sensible al cianuro, estando presente esta vía alternativa en todas las plantas y se caracteriza por no formar moléculas de ATP entre los citocromos b y c, y entre los citocromos a, a₃ y el oxígeno, produciéndose con esto, poco ATP y mucho calor. El AS produce su efecto en las plantas a las concentraciones normalmente menores a 1 mg kg⁻¹ de materia fresca (Raskin, 1992).

El AS se produce en hojas jóvenes, meristemos florales y vegetativos y es transportado vía floema (Cleland y Ajami, 1974). Se encuentra en las plantas en forma de conjugados de azúcares, como son ésteres de glucosa (glucosa unida con un grupo carboxilo) y glucósidos (glucosa unida con un grupo hidrófilo) como la salicina que por acción enzimática o mediante ácidos, se hidroliza en glucosa y saligenina, ésta última por oxidación general del AS (Devore, 1979; Umetamy *et al.*, 1990). Raskin (1992) menciona que el AS deriva de la vía del shikimato-fenilpropanoides. Se han propuesto dos caminos de síntesis del AS a partir de la fenilalanina, la diferencia entre uno y otro se encuentra en el paso de hidroxilación del anillo aromático. En una reacción mediada por la enzima fenilalanina-amino-liasa la fenilalanina es convertida en ácido cinámico, este último es transformado en ácido benzoico o en ácido orto-cumárico los cuales son los precursores de AS.

El AS es un regulador de crecimiento que aplicado en diferentes formas se ha reportado que afecta varios procesos fisiológicos tales como la estimulación de la oxidación mitocondrial (Raskin, 1992); provoca cierre de estomas y reducción de la transpiración (Larqué, 1978); aumento de la biomasa en soya y pinos (Gutiérrez, 1997; San Miguel *et al.*, 2003) e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos (Quiroz *et al.*, 2001) entre otros. La participación del ácido salicílico en la floración fue reportada desde 1974 por Cleland, quien señaló su efecto de sustituir el estímulo del fotoperiodo en *Lemna gibba*. También se estableció su participación en el proceso de termogénesis (Raskin *et al.*, 1990).

Por otra parte Gutiérrez *et al.* (2003) mencionan que el dimetilsulfóxido es un compuesto orgánico que se ha probado como solvente de compuestos químicos, tales como oxitetraciclinas, para reducir las manchas bacterianas en duraznos o como acarreador de hierro para reducir deficiencias en cítricos y uvas (Smale *et al.*, 1975).

Fungicidas como benomil y thiobendazole, han sido disueltos en DMSO y aplicados en diferentes plantas (Voutsinas *et al.*, 1997). Rute y Butenko (1981) reportaron que este compuesto incrementa la proporción de flores femeninas en calabaza y Lang (1986) encontró que el DMSO afecta la retención de vainas en frijol. Este compuesto incrementa la división celular y crecimiento de protoplastos y callos de *Hibiscus oryza* (Li-Rong *et al.*, 1998; Song y Park, 1999). Prik'ko y Kushinski (1978) observaron efectos positivos del DMSO en la producción de tubérculos.

Con la finalidad de evaluar el efecto en la floración y crecimiento de la planta, en este trabajo se planteó el uso del ácido salicílico y DMSO en el cultivo de crisantemo ya que es una de las especies florícolas de corte más importante de México y en Yucatán tiene gran importancia comercial.

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, sus coordenadas geográficas son: 19° 20' latitud Norte y 20° 37' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, con altitud de 10 msnm. El clima que predomina en la región es Awo (X) (i)g de acuerdo a la clasificación climática de Koepen, modificada por García (1988), con temperatura media anual de 26.6°C, máximas de (35°C) y mínimas de (17°C) con una precipitación media anual de 700 mm.

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel con apertura cenital y plástico con 25% de sombra. Como material vegetativo, se utilizaron esquejes de *Chrysanthemum morifolium* var. Polaris con una altura promedio de siete centímetros ya enraizados, adquiridos en la empresa "Nicté Ha" en Chocholá, Yucatán. Se seleccionaron esquejes con la mejor calidad en cuanto a vigor, color y forma, los cuales tuvieron tallo fuerte, libres de plagas y enfermedades, uniformes en grosor y longitud, raíces vigorosas con una longitud de 1 a 2.5 cm.

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. El desbotone consistió en eliminar 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 el fotoperíodo se utilizaron focos de luz incandescente de 100 Watts, 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, estas se mantuvieron hasta el momento del corte. El sustrato utilizado fue una mezcla de 70% Bagazo de henequén + 30% Suelo y la dosis de fertirriego fue 50-25-100 mg L⁻¹ de N, P y K. Ambos seleccionados con base en los resultados del estudio previo.

Para las aplicaciones foliares de ácido salicílico y DMSO se preparó una solución madre 10^{-2} M de AS y a partir de esta se obtuvieron las demás concentraciones. El ácido salicílico se pesó en una balanza analítica y posteriormente se disolvió con Dimetil-sulfóxido (DMSO) 10^{-4} M (esta misma solución se utilizó para el tratamiento con DMSO), posteriormente se aforó con agua desionizada. A cada una de las concentraciones se le agregaron 5 mL de glicerina L^{-1} $[C_3H_5(OH)_3]$ como surfactante. Por separado se preparó una solución de KOH al 10 % en agua para ajustar el pH de la solución y llevarlo a 5.5 (López *et al.*, 1998).

Las aplicaciones de AS y DMSO al follaje se realizaron a partir de los 16 días después del trasplante, se efectuaron cuatro aplicaciones con una bomba de mochila hasta punto de goteo, con un intervalo de tiempo de siete días entre cada aplicación, las aplicaciones se realizaron por la mañana (7 a 9 a.m.) y se aislaron las parcelas experimentales con un plástico al momento de las aspersiones. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar en el cultivo de crisantemo para flor de corte bajo condiciones de invernadero.

Número de Tratamiento	Aplicaciones foliares
T ₀	Agua
T ₁	Dimetilsulfóxido (DMSO) 10^{-4} M
T ₂	Ácido salicílico 10^{-6} M
T ₃	Ácido salicílico 10^{-8} M
T ₄	Ácido salicílico 10^{-10} M

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones; las parcelas experimentales fueron de 2 m², cada parcela contenía 144 plantas y de estas se seleccionaron al azar cinco, las cuales se monitorearon durante el experimento para la medición de variables.

Las variables evaluadas a partir de los 35 hasta los 113 días posteriores al trasplante (DPT) fueron: altura de planta (cm) medida desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la planta y el diámetro del tallo principal, el cual fue medido con un

vernier digital (mm). Al momento de la cosecha, 113 DPT, se evaluó el área foliar (cm^2) 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 por 72 h a 70°C hasta peso constante, volumen radical cuantificado con base en el volumen de agua desplazado por la raíz en una probeta (cm^3), días a floración, diámetro de la flor medido con un vernier digital (cm). 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 (Jones *et al.*, 1996), el fósforo por el método del Vanadato-Molibdato Amarillo y potasio por espectrometría de emisión (Alcántar y Sandoval, 1999) en hojas y tallos a los 113 DPT.

El experimento ocupó un área de 60 m^2 . Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico Statistical Annalysis System (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas y diámetro del tallo

En la altura de la planta de crisantemo se encontraron diferencias entre los tratamientos con ácido salicílico con relación al testigo a los 113 días posteriores al trasplante (DPT) (Duncan, $\alpha = 0.05$), los tratamientos con 10^{-8} M y 10^{-10} M de AS mostraron incrementos desde las primeras etapas de desarrollo hasta alcanzar su máximo valor al final del ciclo (Figura 1). Las plantas asperjadas con DMSO crecieron más (83.6 cm) que las plantas asperjadas con 10^{-6} M (81.0 cm) de AS y superaron al testigo que tuvo un valor de 75.0 cm.

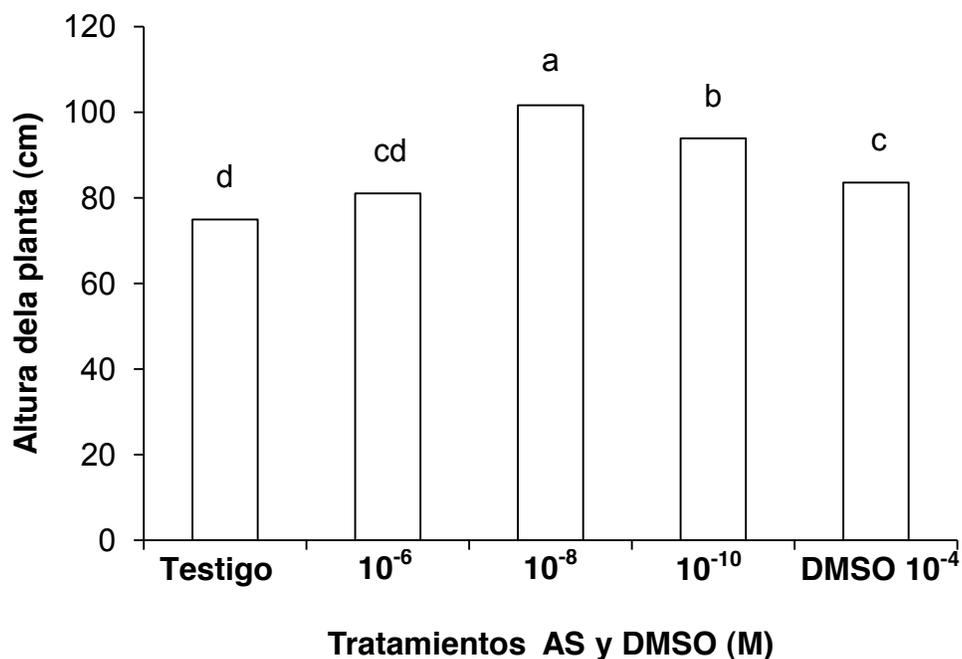


Figura 1. Efecto del AS y DMSO en la altura de las plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).

A los 113 DPT el diámetro del tallo fue mayor en las plantas asperjadas con AS y DMSO que en las plantas testigo y el tratamiento 10^{-8} M fue en el que se obtuvieron los valores más altos (8.9 mm) en esta variable (Figura 2).

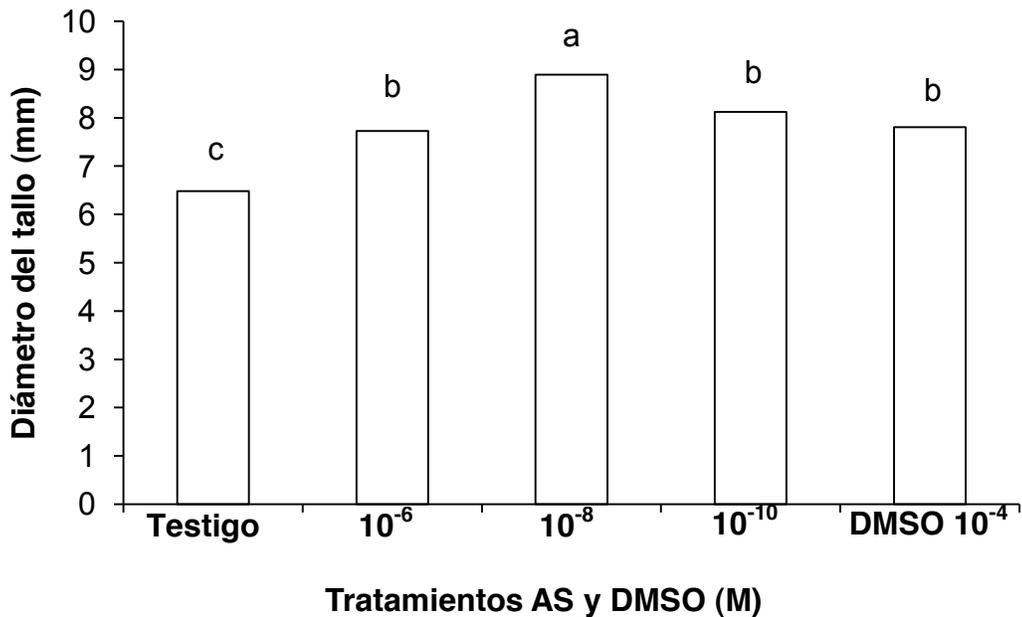


Figura 2. Efecto del AS y DMSO en el diámetro del tallo de las plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).

En todos los tratamientos en donde se aplicó AS y DMSO se modificó significativamente el crecimiento, dicho comportamiento se debe a que el AS fomenta la producción de ácido indolacético y de ácido naftalenacético, que son reportados como los principales reguladores de crecimiento vegetal (Letham *et al.*, 1978; Salisbury y Ross, 1994). Recientemente se ha encontrado que el AS conjuntamente con el ácido jasmónico, regulan la biosíntesis de otros metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrave, 1994).

También Zhao *et al.* (1995) reportan incrementos significativos en plantas tratadas con AS bajo condiciones de campo, ellos encontraron tasas de crecimiento diario de 0.33 cm en soya en comparación con el testigo que tuvo un valor de 0.21 cm. Gutierrez *et al.* (1998) asperjaron AS en soya cv. Cajeme en campo y en invernadero, a los siete días observaron incrementos significativos del cien por ciento en el crecimiento de la planta y raíces. Compuestos fenólicos como el AS incrementan la actividad de la superóxido dismutasa, catalasa y nitrato reductasa en hojas, incrementando con ello proteína, prolina y contenidos de clorofila (Zhao *et al.*,

1995) y en ocasiones previene la pérdida de clorofila como lo mencionan Wang *et al.* (1995) quienes trabajando con plantas de trigo asperjadas con AS observaron que con la edad en lugar de tener pérdida gradual de clorofila ésta permanecía por más tiempo en la planta, lo cual le confiere mayor capacidad fotosintética en general, por lo que en respuesta a todo ello el crecimiento en general se vió estimulado en todas las plantas tratadas, manifestándose ésto en la altura de la planta y el diámetro del tallo.

Peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar

El peso de materia fresca de follaje de la planta de crisantemo en los diferentes tratamientos de AS y DMSO a los 113 DPT fue afectado significativamente (Duncan, $\alpha = 0.05$) y los más altos valores se obtuvieron en los tratamientos de AS 10^{-6} y 10^{-10} M. En la variable peso de materia seca del follaje y peso de materia fresca de raíz no hubo diferencias estadísticas, pero las variables de materia seca de raíz, volumen de raíz y área foliar fueron afectadas significativamente y el valor más alto se obtuvo en los tratamientos 10^{-8} M para materia seca de raíz y área foliar y 10^{-10} M para volumen de raíz. La mayoría de los tratamientos incluyendo el DMSO superaron al testigo en estas mismas variables (Cuadro 2). Gutierrez-Coronado *et al.* (1998), encontraron que el AS incrementa la bioproductividad de soya y específicamente su desarrollo radical. Sin embargo es posible, que parte del incremento se deba al efecto del DMSO, ya que este compuesto puede favorecer la absorción y retención de agua y nutrientes y se sabe que en condiciones *in vitro* favorece la división celular (Li-Rong *et al.*, 1998; Song y Park, 1999). San-Miguel *et al.* (2003), encontraron que a concentraciones de 10^{-8} M y 10^{-6} M de AS incrementó la biomasa de la raíz en 33 y 30% respectivamente. De igual manera, la aplicación de AS a concentraciones de 10^{-8} M y 10^{-6} M incrementa considerablemente el peso seco en raíz (con un 65 y 45% respectivamente). Los resultados de este estudio indican que la aplicación de AS es capaz de incrementar el desarrollo de la planta con respecto a la biomasa principalmente en peso y volumen radical y área foliar. Esto concuerda con resultados que han sido reportados con tratamientos de AS y DMSO en otras plantas como: rábano, betabel, zanahoria y soya (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 1999; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2003). También Larqué y Rodríguez (1993), reportan estimulación de raíces con

ácido acetilsalicílico (ASA), en bioensayos realizados, en *Lepidium sativum* L., bajo condiciones controladas, donde la concentración de ASA 10^{-7} M estimuló el desarrollo de más raíces. Por otro lado Mohinder *et al.* (1992) reportan que el AS estimuló el desarrollo de raíces adventicias en varetas de madera suave del árbol de Neem de 6 años de edad.

Cuadro 2. Efecto del AS y DMSO en plantas de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero.

Tratamiento	Materia fresca de follaje	Materia seca de follaje	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	Volumen de raíz	Área foliar
	----- g -----				cm ³	cm ²
Testigo	145.52 ab	38.02 a	22.96 a	5.28 ab	23.00 c	986.07 ab
10^{-6}	150.62 a	38.31 a	22.00 a	4.90 b	24.40 bc	947.14 b
10^{-8}	143.77 ab	39.57 a	24.80 a	6.53 a	29.60 ab	1195.41 a
10^{-10}	152.92 a	44.45 a	29.28 a	5.73 ab	31.12 a	1006.66 ab
DMSO	121.58 b	40.38 a	27.80 a	5.55 ab	24.00 bc	1052.43 ab

Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).

Evans (1993) menciona que la tasa de crecimiento de un cultivo, derivada de la tasa relativa de crecimiento, es la tasa de incremento en peso seco del cultivo por unidad de área de terreno por unidad de tiempo, integrando las ganancias por fotosíntesis y las pérdidas por respiración, los efectos compensatorios del área foliar y los efectos de altura del cultivo, inclinación y forma del hoja, de tal manera que hay relaciones directas entre el índice de área foliar, dependencias ambientales, diferencias intraespecíficas y la tasa de crecimiento del cultivo que conlleva a un mejor crecimiento de la planta en general. También se tiene el hecho de que las relaciones en la tasa de crecimiento del cultivo y la tasa relativa de crecimiento de un órgano y sus niveles o reservas de reguladores de crecimiento son complejas y no existe alguna forma de modular la demanda de éstos, por lo que las respuestas encontradas en el experimento son debidas a los efectos del AS y el DMSO.

Días a floración y diámetro de la flor

El efecto de ácido salicílico fue notorio en la inducción a floración (aparición del capítulo floral) 37 DPT en comparación con el testigo en donde ocurrió a los 43 días, destacando el tratamiento 10^{-8} M con más del 50% de los botones florales formados completamente y la floración se alcanzó a los 113 DPT, fecha donde los botones florales muestran las lígulas expuestas y turgentes e inicia la antesis y progresivamente alcanzan su madurez fisiológica en comparación con el testigo, la flor alcanzó su madurez fisiológica a los 120 DPT. En este tratamiento fue en el que se obtuvo el mayor diámetro de la flor (Figura 3). Se tuvieron tamaños de flor con valor comercial a los 113 DPT en comparación con el testigo que alcanzó este mismo diámetro seis días después. En general en todos los tratamientos con AS y DMSO se encontraron diferencias a los 113 DPT (Duncan, $\alpha = 0.05$).

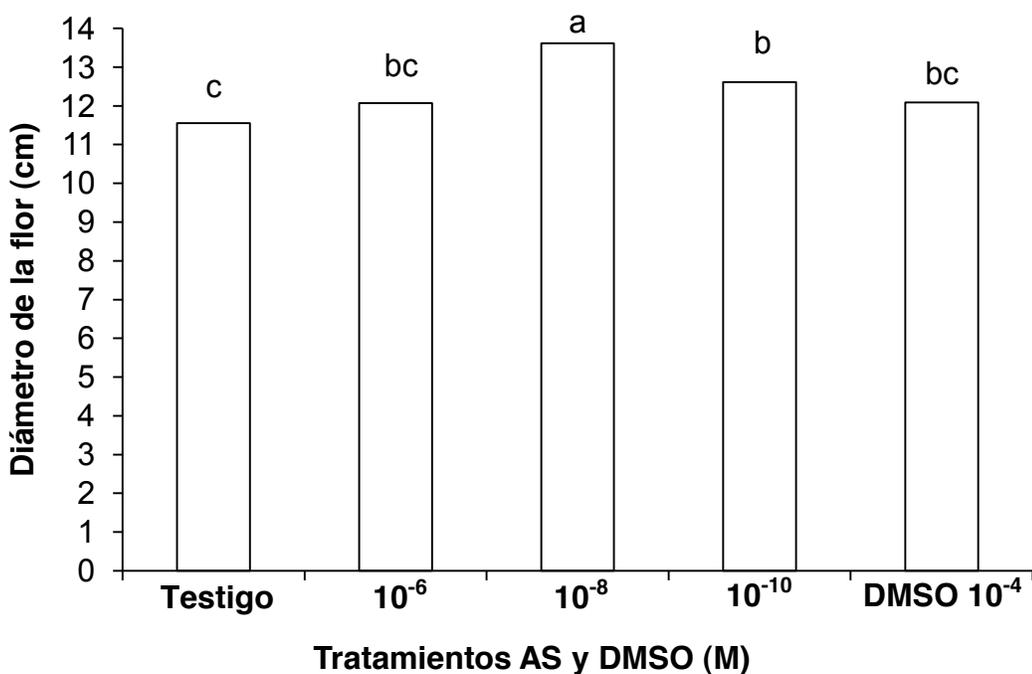


Figura 3. Efecto del AS y DMSO en el diámetro de la flor de crisantemo var. Polaris a los 113 días DPT en invernadero. Nota: Literales idénticas son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$).

Algunos autores mencionan que el ácido salicílico puede estar involucrado en la regulación de la floración en plantas al tomar evidencias de experimentos en los que

áfidos se alimentaron de partes vegetativas y reproductivas de plantas como *Xanthium strumarum* y en *Lemna gibba*, colectando la miel del áfido, se observó que la sustancia inductora de la floración era ácido salicílico, así como también en otras especies de *Lemna*, *Impatiens balsamina*, aun en períodos no inductivos para botones y flores (Cleland, 1974; Cleland y Ajami, 1974; Oota, 1975; Nanda *et al.*, 1976; Khurana y Maheshwari, 1978; Cleland y Tanaka, 1979; Tanaka y Cleland, 1980; Kumar y Nanda, 1981; Schwabe, 1987).

El mecanismo por el cual los ácidos salicílico y acetyl salicílico inducen floración en plantas no es conocido. Una hipótesis sugiere que esta inducción se debe a su acción como un agente quelatante, debido a que el grupo libre o-hidroxilo confiere una actividad quelatante sobre el ácido benzoico. Esto es fundamentado por los agentes quelatantes que pueden inducir floración en *Lemmaceae* (Raskin, 1992).

Martin-Mex *et al.* (2005) mencionan que al asperjar plantas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) con 10^{-10} M AS la floración se ocurrió 15 días antes que el testigo bajo condiciones de invernadero. Otros autores mencionan que el AS es capaz de inducir floración de *Lemna gibba*, en días cortos (Cleland y Ajami, 1974). También promueven la floración en naranja cv. navelina bajo condiciones de invernadero (Almaguer, 1994).

Trabajos sobre productividad de flores y frutos en trigo donde se aplicó en floración ácido acetyl salicílico en dosis de 10^{-2} M incrementó en un 20% la producción de grano (López *et al.*, 1998). También Larqué y Lang (1998) reportan que en condiciones de sequía (-1.3 mPA), cuando se asperjó AS se encontró una respuesta favorable en el número de nudos productivos de flores y en el número de vainas normales de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Concentraciones totales de N, P y K foliar

Los valores encontrados en las concentraciones de N, P y K fueron diferentes y los tratamientos con AS y DMSO superaron al testigo (Cuadro 3). Sin embargo, las concentraciones de N y K en hojas y tallos de crisantemo fluctuaron de baja a

deficientes (Larson, 1992; Reuter y Robinson, 1988) sin embargo, la planta y la flor alcanzaron la calidad comercial.

Las concentraciones de P fluctuaron entre suficientes y adecuadas, el tratamiento con el más alto valor fue el de 10^{-8} M de AS. En general, las plantas asperjadas con AS y DMSO alcanzaron valores más altos en cuanto a las concentraciones de N, P y K a los 113 DPT con relación al testigo. Neera y Garg (1989) reportan que el AS incrementó el número y peso de nódulos por planta en garbanzo, así como una mayor y mejor fijación de nitrógeno y mencionan que el AS incrementa la actividad de las enzimas AIA oxidasa y peroxidasa trayendo con ello un mejor balance en la planta así como una mejor absorción del nitrógeno. También Cooke (1982) reporta interacciones positivas en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en plantas tratadas con AS.

Cuadro 3. Concentración de N, P y K en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris a los 113 DPT por efecto de la aplicación de AS y DMSO en plantas de crisantemo.

Tratamiento	N	P	K
	----- mg g ⁻¹ -----		
Testigo	18.0 c ^(B-D)	5.28 b ^(S-AD)	12.2 d ^(B-C)
10 ⁻⁶	19.4 ab ^(B-D)	5.41 b ^(S-AD)	17.1 c ^(B-C)
10 ⁻⁸	22.7 a ^(B-D)	6.47 a ^(S-AD)	22.3 a ^(B-C)
10 ⁻¹⁰	21.0 b ^(B-D)	5.76 b ^(A-A)	18.9 b ^(B-C)
DMSO	18.9 c ^(B-D)	5.54 b ^(S-AD)	18.5 b ^(B-C)

Medias con la misma literal minúscula son estadísticamente iguales (Duncan, $\alpha = 0.05$). B= Bajo, S= Suficiente, A= Alto (Clasificación de Jones *et al.*, 1996). A= Alto, AD = Adecuado, C = Critico, D = Deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988).

Los resultados sugieren que hubo una mejor absorción de nutrimentos en las plantas asperjadas con AS y DMSO que en el testigo, debido a que los tratamientos indujeron un mayor volumen radical y esto conlleva por consecuencia a un mayor acceso nutrimental, por intercepción de las raíces. Otros autores mencionan que las tres funciones principales de los sistemas radicales en plantas son la absorción de agua, nutrimentos y el anclaje en el suelo (Harper *et al.*, 1991) y que el sistema radical para el éxito de esas funciones depende de cuatro variables: la extensión de la

elongación, la frecuencia de la ramificación, el ángulo de dicha ramificación y la mortalidad del eje y ápices, todo ello determina como las membranas absortivas de las raíces son distribuidas a través del suelo y la naturaleza de ese soporte en general y en el caso de este experimento, se logró estimular la elongación y ramificación de las raíces con los tratamientos de AS y DMSO y como consecuencia se tuvo una mayor absorción de nutrimentos.

Shettel y Balke (1983) mencionan que el ácido salicílico induce la acumulación de peso seco en tallos de algunos cultivos y especies de malezas quizá por interferencia con la membrana transportadora de iones en raíces, reportándose incrementos en la absorción de K^+ en raíces de avena, en la permeabilidad de la membrana a iones inorgánicos en cebada (Glass y Dunlop, 1974), mayor actividad de la nitrato reductasa en maíz, trayendo por consecuencia un incremento en la acumulación de nitrógeno orgánico (Jain y Srivastava, 1981) y un incremento en la toma de fosfato por raíces de cebada a diversos ácidos fenólicos, incluyendo salicilatos (Glass, 1973).

CONCLUSIONES

Las plantas de crisantemo asperjadas con 10^{-8} M y 10^{-10} M de AS estimularon significativamente el desarrollo de la flor y alcanzaron la altura y diámetro de tallo adecuado para la comercialización a los 113 DPT.

Los tratamientos con AS y DMSO incrementaron de manera significativa la producción de biomasa en el crisantemo.

Las aplicaciones de AS con 10^{-8} M y 10^{-10} M acortaron seis días el tiempo para la floración con respecto al testigo y se alcanzaron diámetros de flor de 13.6 y 12.6 cm respectivamente.

Las concentraciones de N y K en hojas y tallos de crisantemo fluctuaron de bajas, a deficientes sin embargo, la planta y la flor alcanzaron la calidad comercial.

Los tratamientos con AS y DMSO originaron valores más altos en las concentraciones de N, P y K a los 113 DPT con relación al testigo.

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, México. 156 p.
- Almaguer, V. G. 1994. Producción forzada en naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Tesis de Doctorado en Ciencias. C. P. Montecillos, Méx. 140 p.
- Bennet, R.N. y R.M. Wallsgrove. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol.* 127:617-633.
- Cleland, C. F. 1974. Isolation of flower-inducing and flower-inhibitory factors from aphid honeydew. *Plant Physiol.* 54:899-903.
- Cleland, C. F. y A. Ajami. 1974. Identification of the flower- inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiology.* 54: 904-906.
- Cleland, C. F. y O. Tanaka. 1979. Effect of day length on the ability of salicylic acid to induce flowering in the long-day plant *Lemna gibba* G3 and the short-day plant *Lemna paucicostata* 6746. *Plant Physiol.* 64: 421-424.
- Cooke, G. W. 1982. Fertilizing for maximum yield. Granada, London. p. 285.
- Devore, G. 1979. Química orgánica. Trad. E. Muñoz. Ed. Publicaciones Culturales México. p. 734.
- Evans, L. T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge Univ. Press. Great Britain. 500 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. 4a. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Glass, A. D. M. y J. Dunlop. 1974. Influence of phenolic acids on ion uptake. *Plant Physiol.* 54: 855 - 858.
- Glass, A. D. M. 1973. Influence of phenolic acids on ion uptake. *Plant Physiol.* 51: 1037-1041.

- Gutiérrez, C. M. 1997. Reguladores de crecimiento XIII: Estudio del ácido salicílico en Soya, Algodonero y Tabaco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 174 p.
- Gutierrez-Coronado, M.A., C. Trejo-López y A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36(8): 563-565.
- Gutiérrez-Rodríguez, M. P. Aristeo-Cortés, R. San Miguel-Chevez, y A. Larqué-Saavedra. 1999. Stimulation of root growth by salicylic acid in carrot, and radish. P. 562 *in* Abstracts of the XVI Internat. Bot. Congr. Internat. Bot. Soc. St. Louis, Mo.
- Gutiérrez-Rodríguez, M. P. Aristeo-Cortés, R. San Miguel-Chevez, y A. Larqué-Saavedra. 2003. Efecto del dimetilsulfóxido en el peso fresco de Rábano y Betabel. *Agrociencia* 37: 237-240.
- Harper, J. R., M. Jones y N. R. Sackville. 1991. The evolution of roots and the problems of analyzing their behavior. In: Atkinson, D. *Plant root growth*. Blackwell Scientific Pub. London. 22 p.
- Jain, A. and H. S. Srivastava. 1981. Effect of salicylic acid on nitrate reductase activity in maize seedlings. *Physiol. Plant* 51: 339 – 342.
- Jones, B. J., B. Wolf, H. A. Mills. 1996. *Plant Analysis Handbook II a Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publishing. Athens, Georgia. USA . 213 p.
- Khurana, J. P. y S. C. Maheshwari. 1978. Induction of flowering in *Lemna paucicostata* by salicylic acid. *Plant Sci. Lett.* 12:127-131.
- Klessig, F. D. y J. Malamy 1994. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*. 26: 1439-1458.
- Kumar, S. y K. K. Nanda. 1981. Effect of gibberelic acid and salicylic acid on the activities and electrophoretic patterns of alkaline and acid phosphatases during floral induction *in Impatiens balsamina*. *Z. Pflanzenphysiol.* 101:159-168.
- Lang, O. F. P. 1986. Reguladores del crecimiento VIII: Efectos del ácido acetil salicílico y/o dimetil sulfóxido en el rendimiento agronómico de *Phaseolus vulgaris* L: Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de Méx. p. 64.
- Larqué, S. A. y M. T. Rodríguez. 1993. *Fisiología vegetal experimental*. Editorial Trillas, México, D. F. 193 p.

- Larqué, S. A. 1978. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant.* 43:126-128.
- Larqué, S. A. y O. F. Lang. 1988. In: Proceedings of the plant growth regulator society of America, 15th Annual meeting U.S.A. 186 p.
- Larson, R. A. 1992. Introduction to floriculture, 2da. Edition, Academic Press. San Diego, California, USA. 636 p.
- Letham, D. S., P. B. Godwin y T. J. V. Higgins. 1978. Phytohormones and related compounds-a comprehensive treatise. Vol I. Elsevier/North-Holland Biomedical Press. N. Y. USA: 366-369.
- Li-Rong B., Pandey M. P., Garg G. K., Pandey S. K. y Dwivedi D. K. 1998. Development of a technique for *in vitro* unpollinated ovary culture in rice, *Oryza sativa* L. *Euphytica*. 104: 3, 159-166.
- López, T. R., V. Camacho- Rodríguez y M. A. Gutiérrez- Coronado 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de Trigo. *Terra* 16(1): 43-48.
- Martín-Mex R., E. Villanueva-Couoh, T. Herrera-Campos y A. Larqué-Saavedra. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae*. 103(4): 499-502.
- Meeuse, B. D. J. y Raskin, I. 1988. Sexual reproduction in the *Arum* lily family, with emphasis on thermogenicity. *Sexual Plant Reprod.* 1: 3-15.
- Mohinder, P., K. C. Badola and H.C.S. Bhandari. 1992. Stimulation of adventitious root regeneration on leafy shoot cuttings of neem (*Azadirachta indica*) by auxin and phenols. *Indian Journal of Forestry*. 15(1): 68-70.
- Nanda, K. K., S. Kumar and V. Sood. 1976. Effect of gibberellic acid and some phenols on flowering of *Impatiens balsamina*, a qualitative short-day plant. *Physiol. Plant.* 38:53-56.
- Neera, G. y O. P. Garg. 1989. Effect of exogenous treatment with some phenolic compounds on nitrogen fixation, growth and yield in *Cicer arietinum* L. *Current-Science*. 58(1): 31-32.
- Oota, Y. 1975. Short-day flowering of *Lemna gibba* G3 induced by salicylic acid. *Plant and Cell Physiol.* 16:1131-1135.
- Prik'ko, N. V. y M. F. Kushinski. 1978. Increasing sugar beet productivity by applying dimethylsulfoxide. *Khimiya u Sel'skom khozyaisture*. 16: 68-78.

- Quiroz, F. M., Z. M. Méndez, S. A. Larqué y V. L. Vargas. 2001. Picomolar concentrations of salicylates induce cellular growth and enhance somatic embryogenesis in *Coffea arabica* tissue culture. *Plant Cell. Rep.* 20: 679-684.
- Raskin, I. 1992. "Role Of Salicylic Acid In Plants". *Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Raskin, I. 1992. Salicylate a new plant hormone. *Plant Physiol.* 99: 799-803.
- Raskin, I., A. Ehman, W. Menlaander y B. Meusse. 1987. Salicylic acid: a natural inducer of heat production in *Arum lilies*. *Science* 237: 1545- 1556.
- Raskin, I., H. Skubats, W. Tang y B. J. D. Meeuse. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot.* 66:373-376.
- Reuter, D. J. y J. B. Robinson. 1988. *Plant Analysis An Interpretation Manual*. Inkata Press, Melbourne and Sidney, Australia. 422 p.
- Rudnicki, R. M. 1989. Symposium, Growth regulators and polish ornamental horticulturae, and opening adress. *Acta Horticulturae.* 251: 19-21.
- Rute, T. N. y R. G. Butenko. 1981. Effect of physiologically active sustance on sex expression in cucumber plants *in vitro* conditions. *Piziologiya Rastenii* 28: 1190-1197.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducido por González, V.V. Edit. Iberoamérica, México. pp: 363-365.
- San Miguel R., M. Gutiérrez y A. Larqué-Saavedra. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. *Southern Journal of Applied Forestry* 27 (1):52-54.
- SAS, 2004. *Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Version 8.1.* SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Schwabe, W. W. 1987. Hormone involvement in daylength and vernalization control of reproductive development. In: G. V. Hoad, J. R. Lenton, M. B. Jackson and R. K. Atkin. *Hormone action in plant development-a critical appraisal*. Butterworth and Co. Pub. London. 315 p.
- Shettel, N. I. y N. E. Balke. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. *Weed Sci* 31: 293-298.

- Silverman, P., M. Seskar, D. Kanter, P. Schweiezer, J. P. Métraux y I. Raskin. 1995. Salicylic acid in rice: biosynthesis, conjugation, and possible role. *Plant Physiology*. 108(2): 633-639.
- Smale, B. C., N. J. Lasate y B. T. Hunter. 1975. Fate and metabolism of dimethylsulfoxide in agricultural crops. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 243: 228-236.
- Song, K., y H. G. Park. 1999. Plant regeneration through protoplast culture in *Hibiscus syriacus* L. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40:1, 93-98.
- Tanaka, O. y C. F. Cleland. 1980. Comparison of the ability of salicylic acid and ferricyanide to induce flowering in the long-day plant, *Lemna gibba* G3. *Plant Physiol.* 65:1058-1061.
- Umetamy, Y., E. Kodakary, T. Yamamura, S. Tanaka y M. Tabata. 1990. Glucosylation of salicylic acid by cell suspension cultures of *Mallatus japonicus*. *Plant Cell Reports* 9: 325-327.
- Voutsinas, G., F. E. Zarani y A. Kappas 1997. The effect of environmental aneuploidy-inducing agents on the microtubule architecture of mitotic meristematic root cells in *Hordeum vulgare*. *Cell-Biology-International* 21: 411-418.
- Wang, X. Y., W. B. Peng, J. M. Cui y H. J. Zhao. 1995. The effect of organic acids, boron and zinc on the metabolism of active oxygen during grain filling and grain weight of wheat. *Scientia Agricultura Sinica*. 28(1): 69-74.
- Weissman, G. 1991. Aspirin. *Sci. Am.* 264: 84-90.
- Zhao, H. J., X. W. Lin, H. Z. Shi and S. M. Chang. 1995. The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Agronómica Sinica*. 21: 351-355.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La mejor mezcla de sustrato fue bagazo de henequén 70%+30% Suelo a los 119 DPT con las dosis de fertirriego 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K que fueron con las que se obtuvieron los mayores resultados y mejoran la calidad, en tamaño, tanto de la planta como de la inflorescencia de crisantemo por lo que estas combinaciones con esta mezcla de sustrato y dosis de fertilización son una alternativa para que se obtengan flores de buena calidad.
2. Las mayores concentraciones de N, P y K mg g⁻¹ en hojas y tallos de crisantemo var. Polaris se obtuvieron de las plantas que crecieron en bagazo de henequén 70%+30% Suelo. Las concentraciones de N mg g⁻¹ en hojas y tallos son consideradas como bajas, en tanto las concentraciones de P y K mg g⁻¹ son consideradas como altas y adecuadas dentro de los rangos de suficiencia reportadas por otros autores.
3. Las plantas de crisantemo asperjadas con 10⁻⁸ M y 10⁻¹⁰ M de AS alcanzaron la altura y diámetro de tallo adecuados para la comercialización a los 113 DPT, ya que estos tratamientos estimularon significativamente estas variables.
4. Los tratamientos con AS 10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M incrementaron de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz, área foliar.
5. Las aplicaciones de AS 10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰ M acortaron seis días el tiempo para la floración con respecto al testigo y se alcanzaron diámetros de flor de 13.6 y 12.6 cm, respectivamente.
6. Las concentraciones de N y K en hojas y tallos de crisantemo fluctuaron de bajas a deficientes pero las plantas alcanzaron la calidad comercial. Los tratamientos con AS y DMSO originaron valores más altos en las concentraciones de N, P y K a los 113 DPT, con relación al testigo.

RECOMENDACIONES

Con base en experiencias previas y en los resultados obtenidos en el presente estudio se propone el siguiente esquema de manejo del crisantemo.

1. Realizar análisis físicos y químicos del sustrato a utilizar así como también análisis del agua de riego, esto con el fin de evitar contratiempos durante el cultivo y poder dar un manejo adecuado a la solución de fertirriego.
2. Dependiendo del tipo de flor a cosechar realizar a tiempo la práctica del pinchado así como el desbotone, ya que esto implica salir al mercado en la fecha programada.
3. En Yucatán utilizar la mezcla de bagazo de henequén 70%+30% Suelo con las dosis de fertirriego 50-25-100 y 100-50-200 mg L⁻¹ de N, P y K que fueron con las que se obtuvieron los mayores resultados y mejoran la calidad de la planta y de la flor.
4. Realizar aplicaciones de AS (10⁻⁸ M y 10⁻¹⁰ M) ya que estas concentraciones acortaron seis días el tiempo para la floración con respecto al testigo y además se pueden alcanzar diámetros de flor de 13.6 y 12.6 cm.
5. Iniciar la plantación con esquejes libres de plagas y enfermedades, de preferencia certificados.
6. Para controlar la emergencia de malezas y evitar el ataque de hongos u otro tipo de plagas en el sustrato es recomendable una buena desinfección del sustrato a utilizar.
7. Proporcionar riegos dos veces por semana, como mínimo, de forma que se mantenga el suelo a capacidad campo, incluyendo en uno de ellos la aplicación de la dosis correspondiente de fertilizantes.
8. Realizar aplicaciones de insecticidas químicos, siempre y cuando se justifique, previo a un monitoreo de plagas y enfermedades.
9. Determinar umbrales económicos de las plagas y enfermedades de mayor importancia asociadas al cultivo y realizar aplicaciones de productos orgánicos para su control cuando el resultado del muestreo lo justifique, estas deben hacerse, de preferencia por la mañana, antes de las 9:00 a.m. o por la tarde, después de las 5:00 p.m.