

# EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y DIMETILSULFÓXIDO EN LA FLORACIÓN DE [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] EN YUCATÁN

E. Villanueva-Couoh<sup>1</sup>; G. Alcántar-González<sup>2</sup>;  
P. Sánchez-García<sup>2</sup>; M. Soria-Fregoso<sup>3</sup>;  
A. Larque-Saavedra<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal.  
Km. 16.3 antigua Carretera Mérida–Motul. Conkal, Yucatán, C. P. 97345. MÉXICO.  
Correo-e: e\_couoh@hotmail.com (<sup>4</sup>Autor responsable).

<sup>2</sup>Colegio de Posgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco,  
Montecillo, Estado de México, C. P. 56230.

Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán. MÉXICO.

<sup>4</sup>Centro de Investigación Científica de Yucatán. MÉXICO.

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto en la floración y crecimiento de la planta de crisantemo var. Polaris White, varias concentraciones de ácido salicílico (AS)  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M y Dimetilsulfoxido (DMSO)  $10^{-4}$  M fueron asperjadas a los esquejes. Las cuatro aplicaciones al follaje se realizaron 16 días posteriores al trasplante (DPT), con intervalo de siete días. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. 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 (75.0 cm). 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). 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. La floración se alcanzó 113 DPT y también se obtuvo el mayor diámetro de la flor (13.6 y 12.6 cm) con los tratamientos  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M, respectivamente. Las concentraciones de N, P y K en hojas y tallos 113 DPT fueron estadísticamente diferentes y los tratamientos con AS y DMSO superaron al testigo. Las concentraciones de N y K fueron de bajas a deficientes pero las concentraciones de P fluctuaron entre suficientes y adecuadas.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Chrysanthemum morifolium*, ácido salicílico, floración.

## EFFECT OF SALICILIC ACID AND DIMETHYL SULPHOXIDE IN THE FLOWERING OF [*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura] IN YUCATAN

### ABSTRACT

With the purpose to evaluate the effect in the flowering and growth of the plant of chrysanthemum var. Polaris White several concentrations of salicylic acid (SA)  $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M and dimethyl sulphoxide (DMSO)  $10^{-4}$  M were sprinkled on chrysanthemum foliage. 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. A completely randomized design with five treatments and five repetitions was used. 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). 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 foliage and root matter (fresh and dry), the root volume, and the foliar area. The effect of the salicylic acid was notorious in the induction of the blooming treatments:  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$  M were obtained the blooming at 113 PTD 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.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Chrysanthemum morifolium*, salicylic acid, blooming.

## INTRODUCCIÓN

El crisantemo, es la tercera flor de corte más importante a nivel internacional, después de la rosa (*Rosa* spp.) y el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) (Larson, 1992). Es una planta herbácea, procedente del hemisferio norte, Asia Oriental; pertenece a la familia de las *Asteraceas* o compuestas; se desarrolla en climas tropicales (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 del cultivo limitan frecuentemente la obtención de flores de alta calidad. 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 reguladores de crecimiento han sido importantes en el control de crecimiento y desarrollo de las plantas (Rudnicki, 1989).

Se ha reportado que el ácido salicílico (AS) conjuntamente con el ácido jasmónico regulan la biosíntesis de 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 (Klessig y Malamy, 1994).

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 familias *Araceae* y *Palmaceae* (Raskin, 1992). Entre los análogos del ácido salicílico, sólo dos compuestos pueden inducir el mismo efecto: el ácido acetilsalicílico (aspirina) y el ácido 2,6-dihidroxibenzoico.

El AS se produce en hojas jóvenes, meristemos florales y vegetativos y es transportado vía floema. Se encuentra en las plantas en forma de conjugados de azúcares, como son ésteres de glucosa y glucósidos, como la salicina, que, por acción enzimática o mediante ácidos, se hidroliza en glucosa y saligenina, esta última por oxidación general del AS (Umetamy *et al.*, 1990).

El AS aplicado en diferentes formas se ha reportado que provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración,

umenta la biomasa en soya y pinos (San Miguel *et al.*, 2003) e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos (Quiroz *et al.*, 2001). La participación del ácido salicílico en la floración fue reportada desde 1974 por Cleland, quien señaló su efecto de sustituir el estímulo del fotoperíodo en *Lemna gibba*.

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 fierro para reducir deficiencias en cítricos y uvas.

Song y Park (1999) reportaron que el dimetilsulfóxido incrementa la proporción de flores femeninas en calabaza y afecta la retención de vainas en frijol, incrementa la división celular y crecimiento de protoplastos y callos de *Hibiscus oryza* y también reportan 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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

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* (Ramat) Kitamura] var. Polaris White con una altura promedio de siete centímetros ya enraizados. 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. La poda 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 29 días después del trasplante hasta el final del experimento. 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 inducir la floración se colocó una malla del 70 % de sombra, la cual fue retirada cuando se tuvo un 50 % de botones florales inducidos. Se colocaron mallas tutor para

que las plantas no se acamaran, y se mantuvieron hasta el momento del corte. El sustrato utilizado fue una mezcla de 70 % bagazo de henequén más 30 % suelo (Luvisol Ródico) y la dosis de fertirriego fue 50, 25 y 100 mg·litro<sup>-1</sup> de N, P y K aplicada una vez por semana.

Para las aplicaciones foliares de ácido salicílico y DMSO se preparó una solución madre 10<sup>-2</sup> M de AS y a partir de ésta se obtuvieron las demás concentraciones. El ácido salicílico se pesó en una balanza analítica y posteriormente se disolvió con dimetil-sulfóxido (DMSO) 10<sup>-4</sup> 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 por litro [C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>(OH)<sub>3</sub>] 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 16 días después del trasplante, se efectuaron cuatro aplicaciones con una mochila aspersora hasta punto de goteo, con un intervalo 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 plástico al momento de las aspersiones. Se generaron cinco tratamientos (Cuadro 1).

**CUADRO 1. Tratamientos a evaluar en el cultivo de crisantemo para flor de corte bajo condiciones protegidas.**

Número de Tratamiento	Aplicaciones foliares
T <sub>0</sub>	Agua (testigo)
T <sub>1</sub>	Dimetilsulfóxido (DMSO) 10 <sup>-4</sup> M
T <sub>2</sub>	Ácido salicílico 10 <sup>-6</sup> M
T <sub>3</sub>	Ácido salicílico 10 <sup>-8</sup> M
T <sub>4</sub>	Ácido salicílico 10 <sup>-10</sup> M

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones; las parcelas experimentales fueron de 2 m<sup>2</sup>; cada parcela contenía 144 plantas y de éstas 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 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. Al momento de la cosecha, 113 DPT, se evaluó el área foliar con un integrador de área foliar LI-COR 3000A; peso de materia fresca y seca del follaje y raíz, volumen radical cuantificado con base en el volumen de agua desplazado por la raíz en una probeta,

días a floración y diámetro de la flor medido con un vernier digital. Para determinar las concentraciones 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, 113 DPT.

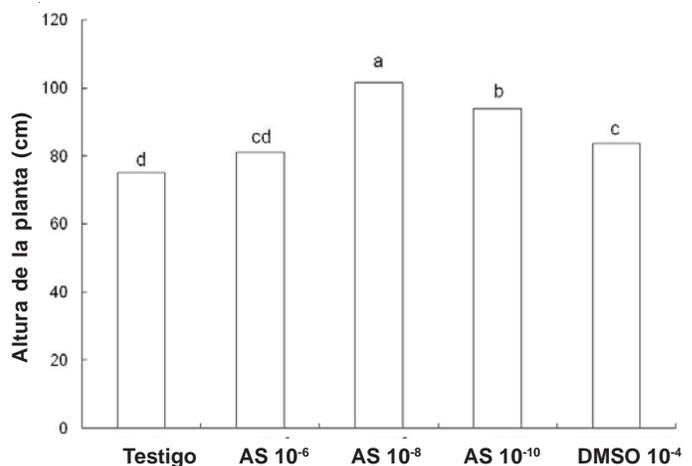
El experimento ocupó un área de 60 m<sup>2</sup>. Los resultados fueron analizados mediante el análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias estadísticas se realizó la comparación de medias por el método de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de las plantas y diámetro del tallo

La altura en las plantas de crisantemo mostraron diferencias entre los tratamientos con ácido salicílico en relación al testigo a los 113 días posteriores al trasplante (DPT) ( $P \leq 0.05$ ), los tratamientos con 10<sup>-8</sup> M y 10<sup>-10</sup> M de AS mostraron incrementos desde las primeras etapas de desarrollo hasta el final del ciclo (Figura 1). Las plantas asperjadas con DMSO crecieron más (83.6 cm) que las plantas asperjadas con 10<sup>-6</sup> M (81.0 cm) de AS y ambas superaron al testigo (75.0 cm).

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<sup>-8</sup> M fue en el que se obtuvieron los valores mayores (Figura 2).



**FIGURA 1. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfósido en la altura de las plantas (cm) de crisantemo var. Polaris White a los 113 días después del trasplante. Nota: Literales idénticas son iguales a una  $P \leq 0.05$ .**

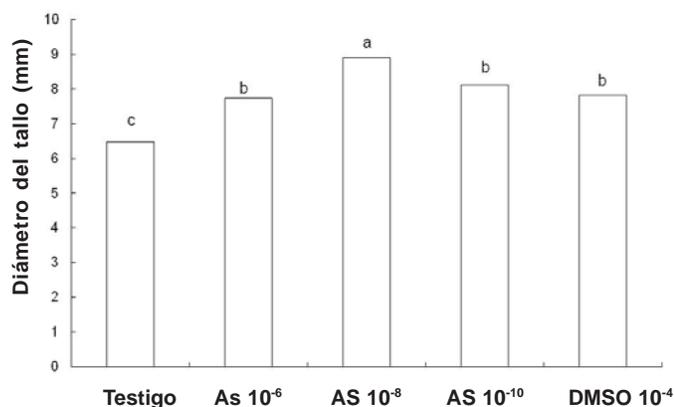


FIGURA 2. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfoxido en el diámetro del tallo (mm) de las plantas de crisantemo var. Polaris White a los 113 días DPT. Nota: Literales idénticas son iguales a una  $P \leq 0.05$ .

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 (Salisbury y Ross, 1994). Se ha reportado 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. Gutiérrez *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 proteína, prolina y contenidos de clorofila en las hojas 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 fue

estimulado en todas las plantas tratadas, manifestándose esto 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 113 DPT fue afectado significativamente ( $P \leq 0.05$ ) 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). Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998) encontraron que el AS incrementa la productividad 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 favorece la absorción y retención de agua y nutrientes y se sabe que en condiciones *in vitro* estimula la división celular (Song y Park, 1999). San Miguel *et al.* (2003) encontraron que a concentraciones de  $10^{-8}$  M y  $10^{-6}$  M de AS, se 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 en 65 y 45 %, respectivamente el peso seco en raíz. 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.*, 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 AS  $10^{-7}$  M estimuló el desarrollo de mayor cantidad de raíces. Por otro lado, Mohinder *et al.* (1992) reportan que el AS estimuló el

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

Tratamiento	Materia fresca de follaje	Materia seca de follaje	Materia fresca de raíz	Materia seca de raíz	Volumen de raíz cm <sup>3</sup>	Área foliar cm <sup>2</sup>
Testigo	145.52 ab	38.02 a	22.96 a	5.28 ab	23.00 c	986.07 ab
10 <sup>-6</sup>	150.62 a	38.31 a	22.00 a	4.90 b	24.40 bc	947.14 b
10 <sup>-8</sup>	143.77 ab	39.57 a	24.80 a	6.53 a	29.60 ab	1,195.41 a
10 <sup>-10</sup>	152.92 a	44.45 a	29.28 a	5.73 ab	31.12 a	1,006.66 ab
DMSO	121.58 b	40.38 a	27.80 a	5.55 ab	24.00 bc	1,052.43 ab
CV	28.56	34.84	48.39	42.86	40.44	37.68

Literales idénticas son iguales ( $P \leq 0.05$ ).  
CV: Coeficiente de variación.

desarrollo de raíces adventicias en varetas de madera suave del árbol de Nim de seis años de edad.

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 de 50 % de los botones florales formados completamente y la floración se alcanzó a los 113 DPT, fecha en que 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 tuvo tamaño de flor con valor comercial (Figura 4) 113 DPT en el tratamiento  $10^{-8}$  M en comparación con el testigo. En general en todos los tratamientos con AS y DMSO se encontraron diferencias a los 113 DPT ( $P \leq 0.05$ ).

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 *Lemnaceae* (Raskin, 1992).

Martin-Mex *et al.* (2005) mencionan que al asperjar plantas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) con  $10^{-10}$  M AS la floración ocurrió 15 días antes que el testigo bajo condiciones de invernadero.

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 20 % la producción de grano (López *et al.*, 1998).

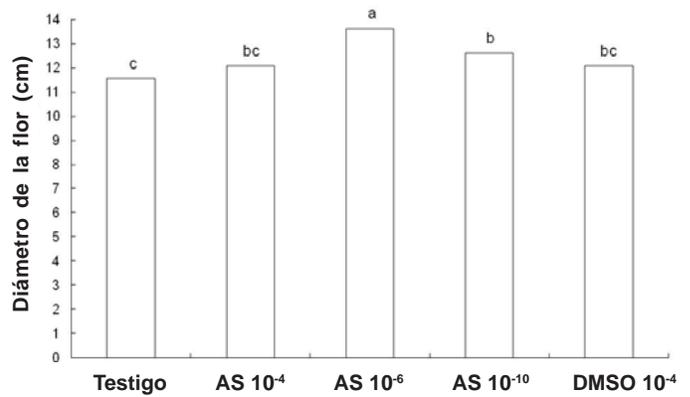


FIGURA 3. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfoxido en el diámetro de la flor (cm) de crisantemo var. Polaris White a los 113 días después del trasplante. Nota: Literales idénticas son iguales a una  $P \leq 0.05$ .

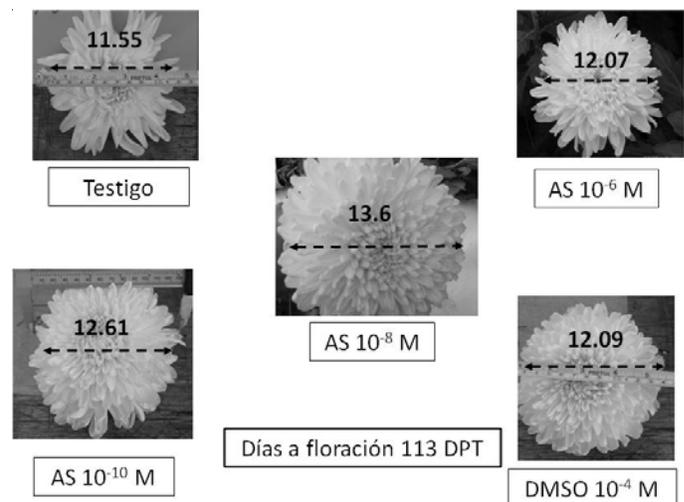


FIGURA 4. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfoxido en el diámetro de la flor (cm) de crisantemo var. Polaris White a los 113 días DPT.

### 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

**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 ácido salicílico y dimetilsulfoxido en plantas de crisantemo.**

Tratamiento	N	Pmg-gramo <sup>-1</sup>	K
Testigo	18.0 c (B-D)	5.28 b (S-AD)	12.2 d (B-C)
10 <sup>-6</sup>	19.4 ab (B-D)	5.41 b (S-AD)	17.1 c (B-C)
10 <sup>-8</sup>	22.7 a (B-D)	6.47 a (S-AD)	22.3 a (B-C)
10 <sup>-10</sup>	21.0 b (B-D)	5.76 b (A-A)	18.9 b (B-C)
<b>DMSO</b>	<b>18.9 c (B-D)</b>	<b>5.54 b (S-AD)</b>	<b>18.5 b (B-C)</b>

Medias con la misma literal minúscula son iguales a una P<0.05. B= Bajo, S= Suficiente, A= Alto (Clasificación de Jones *et al.*, 1996). A = Alto, AD = Adecuado, C = Crítico, D = Deficiente (Clasificación de Larson, 1992 y Reuter y Robinson, 1988).

y peroxidasa trayendo con ello un mejor balance en la planta así como una mejor absorción del nitrógeno.

Los resultados muestran 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 absorbivas 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<sup>+</sup> en raíces de avena, en la permeabilidad de la membrana a iones inorgánicos en cebada, mayor actividad de la nitrato reductasa en maíz (Jain y Srivastava, 1981), trayendo por consecuencia un incremento en la acumulación de nitrógeno orgánico.

### CONCLUSIONES

Las plantas de crisantemo asperjadas con 10<sup>-8</sup> M y 10<sup>-10</sup> 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 las plantas de crisantemo.

Las aplicaciones de AS con 10<sup>-8</sup> M y 10<sup>-10</sup> 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.; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- BENNET, R. N.; WALLSGROVE, R. M. 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.
- EVANS, L. T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge Univ. Press. Great. Britain. 500 p.
- GUTIÉRREZ-CORONADO, M. A.; TREJO-LÓPEZ, C.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 563-565.
- GUTIÉRREZ-RODRÍGUEZ, M.; ARISTEO-CORTÉS, P.; SAN MIGUEL-CHEVEZ, R.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. 2003. Efecto del dimetilsulfóxido en el peso fresco de rábano y betabel. *Agrociencia* 37: 237-240.
- HARPER, J. R.; JONES, M.; SACKVILLE, N. R. 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.; SRIVASTAVA, H. S. 1981. Effect of salicylic acid on nitrate reductase activity in maize seedlings. *Physiol. Plant* 51: 339 – 342.
- JONES, B. J.; WOLFF, B.; MILLS, H. A. 1996. *Plant analysis handbook II a Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide.* Micro-Macro Publishing. Athens, Georgia. USA. 213 p.
- KLESSIG, F. D.; J. MALAMY, 1994. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology.* 26: 1439-1458.
- LARQUÉ, S. A.; M. T. RODRÍGUEZ. 1993. *Fisiología vegetal experimental.* Editorial Trillas, México, D. F. 193 p.
- LARSON, R. A. 1992. *Introduction to floriculture,* 2da. Edition, Academic Press. San Diego, California, USA. 636 p.
- LÓPEZ, T. R.; CAMACHO-RODRÍGUEZ, V.; GUTIÉRREZ-CORONADO, M. A. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de Trigo. *Terra* 16: 43-48.
- MARTÍN-MEX R.; VILLANUEVA-COUOH, E.; HERRERA-CAMPOS, T.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae.* 103(4): 499-502.
- MOHINDER, P.; BADOLA, K. C.; BHANDARI, H. C. S. 1992. Stimulation of adventitious root regeneration on leafy shoot cuttings of

- neem (*Azadirachta indica*) by auxin and phenols. Indian Journal of Forestry. 15: 68-70.
- NEERA, G.; GARG, O. P. 1989. Effect of exogenous treatment with some phenolic compounds on nitrogen fixation, growth and yield in *Cicer arietinum* L. Current-Science. 58: 31-32.
- QUIROZ, F. M.; MÉNDEZ, Z. M.; LARQUÉ, S. A.; VARGAS, V. L. 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.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. 1988. Plant analysis 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.
- SABAÑÓN, A. S.; CIFUENTES, R. D.; FERNÁNDEZ, H. J. A.; BENAVENTE-GARCÍA, A. G. 1993. Gerbera, liliium, tulipán y rosa. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España., 250 p.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Traducido por González, V. V. Edit. Iberoamérica, México. pp: 363-365.
- SAN MIGUEL, R.; GUTIÉRREZ, M.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. Southern Journal of Applied Forestry 27: 52-54.
- SAS, 2004. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Version 8.1. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- SHETTEL, N. L.; BALKE, N. E. 1983. Plant growth response to several allelopathic chemicals. Weed Sci 31: 293-298.
- SONG, K.; PARK, H. G. 1999. Plant regeneration through protoplast culture in *Hibiscus syriacus* L. J. Korean Soc. Hort. Sci. 40: 93-98.
- UMETAMY, Y.; KODAKARY, E.; YAMAMURA, T.; TANAKA, S.; TABATA, M. 1990. Glucosylation of salicylic acid by cell suspension cultures of *Mallatus japonicus*. Plant Cell Reports 9: 325-327.
- WANG, X. Y.; PENG, W. B.; CUI, J. M.; ZHAO, H. J. 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: 69-74.
- ZHAO, H. J.; Lin, X. W.; SHI, H. Z.; CHANG, S. M. 1995. The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. Acta Agronómica Sinica. 21: 351-355.