

CRECIMIENTO VEGETATIVO Y FLORAL DEL CRISANTEMO [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura] EN RESPUESTA A LA PRESIÓN OSMÓTICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

J. S. Flores-Ruvalcaba^{1¶}; A. E. Becerril-Román²; V. A. González-Hernández³;
L. Tijerina-Chávez⁴; T. Vásquez-Rojas⁵

¹Programa de Fisiología Vegetal (IREGEP). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: flores01@colpos.mx (¶Autor responsable).

Programa de ²Fruticultura, ³Genética (IREGEP) e ⁴Hidrociencias (IRENAT), Colegio de Postgraduados.
Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

⁵Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

En México, el crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura cv. Polaris White] es uno de los cultivos ornamentales que presentan la mayor superficie cultivada. Sin embargo, se desconocen sus requerimientos nutrimentales en condiciones hidropónicas, constituyendo lo anterior una mayor limitante al utilizar una alta densidad de población. Por consiguiente, se evaluó el efecto de la presión osmótica de la solución nutritiva (0.018, 0.027, 0.036 y 0.045 MPa) sobre el crecimiento y floración del crisantemo, utilizando un sistema hidropónico por subriego, en macetas con ocho plantas, equivalente a una densidad de 156.6 plantas·m⁻², manejadas a un tallo por planta y una flor por tallo bajo cubierta plástica. Se concluyó que con 0.036 y 0.045 MPa de presión osmótica en la solución nutritiva, se obtiene la mayor expresión de las variables del crecimiento (altura de planta: 110 a 115 cm; diámetro de tallo: 0.6 a 0.63 cm; entrenudos por planta: 33; área foliar: 730 a 790 cm²; diámetro de inflorescencia: 11.4 cm) y calidad de la flor (diámetro de la coloración amarilla central de inflorescencia: 6.5 cm con 0.036 MPa; intensidad de la coloración citada anteriormente y periodo de vida en florero: 7.3 y 17 días con 0.045 MPa, respectivamente). También, conforme se incrementó la presión osmótica de la solución nutritiva, disminuyó el periodo de trasplante a corte del cultivo (90 y 84 días con 0.036 y 0.045 MPa, respectivamente).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: concentración de sales, flores, subriego, calidad.

VEGETATIVE AND FLORAL GROWTH OF CHRYSANTHEMUM [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura] IN RESPONSE TO THE OSMOTIC PRESSURE OF NUTRITIVE SOLUTION

ABSTRACT

The chrysanthemum [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura cv. Polaris White] is one of most widely cultivated ornamental crops in Mexico. Its nutrient requirements in hydroponics are nevertheless unknown. This lack of knowledge limits the use of high plant density. Therefore, the effect of the osmotic pressure of the nutrient solution (0.018, 0.027, 0.036 and 0.045 MPa) on the growth and flowering of chrysanthemum was evaluated in Texcoco, in the state of Mexico using a hydroponics system of subirrigation in pots containing eight plants, which is equivalent to a density of 156.6 plants m⁻², managed at one stem per plant and one flower per stem. The most notable growth and flower quality was obtained with 0.036 and 0.045 MPa osmotic pressure of the nutrient solution (plant height: 110 to 115 cm; stem diameter: 0.6 to 0.63 cm; internodes per plant: 33; leaf area: 730 to 790 cm²; inflorescence diameter: 11.4 cm; diameter of the central yellow coloration of inflorescence: 6.5 cm with 0.036 MPa; intensity of coloration and vase life period: 7.3 and 17 days, respectively, both with 0.045 MPa). Transplant to cutting time was diminished as the osmotic pressure of the nutrient solution increased (90 and 84 days with 0.036 and 0.045 MPa, respectively).

ADDITIONAL KEY WORDS: salts concentration, flowers, subirrigation, quality.

INTRODUCCIÓN

El crisantemo es considerado como una de las flores más populares en el mundo, especialmente desde el punto de vista comercial (Pandya y Saxena, 2001). Al respecto, en México se cultivaron en los años de 1995 y 2000, 175 y 2056 ha con crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura], de las cuales se cosecharon 158,106 y 10,014,064 toneladas de flores cortadas, respectivamente (Anónimo, 1995; Anónimo, 2000), lo que evidencia la alta productividad de esta especie ornamental. En México, el cv. Polaris White (conocido también como 'Polar') cuenta con el mayor número de unidades de producción de flores a campo abierto y constituye parte de los cultivos ornamentales con mayor superficie cultivada en invernadero (Anónimo, 1998). Por su parte, Hicklenton *et al.* (1987), Resh (1997) y Marfá (2000), citaron que se obtiene un mayor incremento de la producción de los cultivos, al utilizar algún sistema hidropónico o cultivo sin suelo, en comparación con la producción que se obtiene cuando se utiliza el suelo, como medio de crecimiento radical. En el caso de los crisantemos, cultivados en un sistema de recirculación de la solución nutritiva y utilizando arena como sustrato, resultan con mejores características cualitativas, como tallos más altos y con mayor peso, que aquellos producidos en suelo (Wilson y Finlay, 1995).

Al respecto, el cultivo sin suelo está ganando importancia, ya que es más fácil el control de las propiedades físicas del sustrato, en comparación con la utilización del suelo directamente (Barbosa *et al.*, 2000). En dicha condición, las plantas pueden ser cultivadas en agua o sustratos con baja o nula actividad química, las cuales se abastecen con los nutrimentos esenciales para su desarrollo mediante la adición de alguna de las soluciones nutritivas conocidas. Así, de los sistemas hidropónicos que comúnmente se utilizan, los sistemas cerrados evitan la contaminación del suelo y pérdida de agua, debido a que en éstos se cambia con menos frecuencia la solución nutritiva, en comparación con los sistemas abiertos (Schröder *et al.*, 1995; Tüzel *et al.*, 1999; Barbosa *et al.*, 2000).

En relación con la presión osmótica de la solución nutritiva, ésta constituye un factor muy importante para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Steiner, 1968), debido a que representa la masa molecular total (concentración iónica total) de los solutos en una solución (Sherman *et al.*, 2001) e influye significativamente en la absorción de los iones por las plantas (Schwarz, 1995). Asimismo, valores elevados de la presión osmótica de la solución nutritiva repercuten en una disminución de la absorción de agua, resultando dicha disminución en un efecto inhibitorio del crecimiento de las plantas (Schwarz, 1995). Por otra parte, la presión osmótica de una solución es equivalente a la presión real que se desarrolla en un sistema osmótico, además de que también es equivalente en concepto, al potencial osmótico, pero este último con

signo opuesto (negativo). Al respecto, el potencial osmótico puede ser expresado en términos de energía, mientras que la presión osmótica siempre se expresa en términos de presión (Schwarz, 1995).

Otro término que expresa la concentración de solutos en una solución es la conductividad eléctrica (Razi y Ahmad, 1977; Schwarz y Kuchenbuch, 1997 y 1998), que a diferencia de la presión osmótica, sólo proporciona una aproximación general de la concentración total de los sólidos disueltos (Reed, 1996), no de la cantidad de cada uno de ellos (Samperio, 1999). Sin embargo, de acuerdo con Schwarz (1995) la última puede ser relacionada con la presión osmótica a través de la siguiente ecuación: $PO = (0.36)(CE)(0.101)$, donde PO: presión osmótica (MPa), CE: conductividad eléctrica ($dS \cdot m^{-1}$ o $mS \cdot cm^{-1}$), o bien $PO = [(0.36)(CE)(0.101)]/100$, donde PO: presión osmótica (MPa), CE: conductividad eléctrica en $mS \cdot m^{-1}$.

Al respecto, Bugarín *et al.* (1998), observaron necrosis en el borde de la hojas en plantas de crisantemo en hidroponía, con recirculación de la solución nutritiva, debido a una elevada presión osmótica de la solución (> 0.054 MPa), lo que disminuyó la calidad de las flores cortadas. Resultados similares también fueron indicados por Morgan *et al.* (1980) al cultivar crisantemo en solución nutritiva con diferente conductividad eléctrica (CE), observando que los daños foliares fueron más severos con una CE de $3.9 dS \cdot m^{-1}$ (equivalente a una presión osmótica de 0.1418 MPa). Asimismo, también observaron que de los cultivares evaluados, el cv. Hurricane resultó más sensible a los incrementos de la conductividad eléctrica, además de que el crecimiento vegetativo (periodo con días largos) y reproductivo (periodo con días cortos) resultaron mayores con 1 y 2 $dS \cdot m^{-1}$ (0.0363 y 0.0727 MPa), respectivamente.

Por otra parte y de acuerdo con Arbos (1992), existen muchos cultivares de crisantemo, los cuales varían en tamaño y forma de su inflorescencia. Muchos de ellos ya han sido experimentados en alguna condición hidropónica (Gislerød y Selmer, 1980; Morgan *et al.*, 1980; Buwalda *et al.*, 1994; Malorgio *et al.*, 1994; Wilson y Finlay, 1995; Bugarín *et al.*, 1998), generalmente a una densidad de población menor a 156.6 plantas $\cdot m^{-2}$.

Por todo lo anterior y con la finalidad de aportar una alternativa que coadyuve en el incremento de la productividad del cultivar citado, el presente trabajo se planteó con el objetivo de determinar la influencia de la presión osmótica de la solución nutritiva sobre el crecimiento y floración del cultivo intensivo de crisantemo cv. Polaris White en hidroponía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en un invernadero de tipo túnel modificado, con cubierta de polietileno

transparente y estructura metálica, localizado en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' de LN, 98° 53' de LO y 2250 msnm, según García, 1988). Las plantas se desarrollaron con una temperatura promedio máxima y mínima dentro del invernadero de 35.9 y 8.6 °C, prevaleciendo a la vez en el exterior del mismo, una temperatura promedio máxima y mínima de 27.0 y 5.1 °C respectivamente, energía radiante solar promedio de 1852.9 J·m⁻²·x10⁴ y humedad relativa promedio de 65.26 %, según datos obtenidos de la Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados, para el periodo comprendido del 20 de agosto al 20 de noviembre de 2001.

El material vegetativo utilizado para plantación fueron esquejes enraizados de crisantemo cv. Polaris White, de aproximadamente 10 a 12 cm de longitud. Se utilizó un sistema hidropónico por sub-riego, en macetas de 12 litros (recipientes de plástico, pintados exteriormente de color negro con pintura vinílica), con un diámetro superior de 25.5 cm, con arena de tezontle rojo como sustrato. Se establecieron ocho plantas por maceta (en la periferia de ésta, equivalente a 156 plantas·m⁻² o 2.25 plantas por cuadro de 12x12 cm), a las cuales se les aplicó iluminación artificial (de las 22:00 a las 2:00 h) con una intensidad de 135 µmol·m⁻²·s⁻¹ durante las tres semanas posteriores a la plantación, utilizando lámparas incandescentes de 100 W, colocadas éstas a 1.2 m sobre la superficie de las macetas. Los primeros cinco días después del trasplante se proporcionaron de 3 a 4 riegos diarios con la solución nutritiva correspondiente (Cuadro 1), preparada con agua destilada (CE ≤ 4 µS·cm⁻¹) al 50 % de la concentración iónica total a evaluar. Posteriormente, se inició la aplicación de los tratamientos a estudiar (Cuadro 1), dando un riego diario hasta la observación del color de las flores en los botones y dos riegos diarios desde el periodo anterior hasta la cosecha.

Las plantas se manejaron a un solo tallo con una flor por planta, eliminando los botones laterales cuando el botón central tuvo un diámetro de 1.0-1.5 cm. Cuando los botones o inflorescencias se observaron con sus flores o "pétalos" orientados en forma paralela al tallo, las soluciones nutritivas se aplicaron nuevamente al 50 % de su concentración nutrimental, en seguimiento a lo encontrado por Woodson y Boodley (1983). El pH de la solución se ajustó entre 6.0 y 6.3 antes de cada riego, utilizando H₂SO₄, 2 N y un potenciómetro portátil (pHTestr 2, marca Oakton Instrumets), además de reponer el agua evapotranspirada después de cada riego. La renovación de la solución nutritiva se hizo en intervalos de dos semanas. Durante la conducción del cultivo se asperjó permetrina (0.48 ml·litro⁻¹) para el control de pulgón (*Myzus persica*) y mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwod); abamectina (0.045 ml·20 litro⁻¹) para el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y minador de la hoja (*Liriomyza* sp.), metomilo (0.9 g·litro⁻¹) para el control de trips (*Frankliniella tritici* Fitch), así como azoxystrobin (0.5 g·litro⁻¹) para el control de la roya blanca (*Puccinia horiana*).

Los tratamientos consistieron de cuatro niveles de presión osmótica de la solución nutritiva (0.018, 0.027, 0.036 y 0.045 MPa), cuya composición iónica (Cuadro 1) se basó en la metodología de Steiner (1984). Al respecto, la presión osmótica (MPa) se consideró como la suma de los iones componentes de la solución nutritiva (en cmol·litro⁻¹), multiplicada por el factor 0.024 (Steiner, 1984). Los micronutrientes se agregaron en la siguiente concentración (mg·litro⁻¹): Fe 8, B 0.865, Mn 1.6, Zn 0.023 y Cu 0.011. La fuente de Fe fue quelatada (Fe-EDTA), que se preparó de acuerdo con Steiner y Van (1970). Los tratamientos se distribuyeron completamente al azar con ocho repeticiones, donde cada unidad experimental estuvo compuesta por una maceta, utilizando a la planta más vigorosa en cada unidad experimental para la medición de las diferentes variables en estudio.

CUADRO 1. Composición iónica (cmol·litro⁻¹) de las soluciones nutritivas evaluadas.

Presión Osmótica (MPa)	Aniones			Cationes		
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ¹⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0.018	0.3	0.025	0.0875	0.175	0.1125	0.05
0.027	0.45	0.0375	0.13125	0.2625	0.16875	0.075
0.036	0.60	0.05	0.175	0.35	0.225	0.1
0.045	0.75	0.0625	0.21875	0.4375	0.28125	0.125

Todas las variables respuesta se cuantificaron al final del ciclo de crecimiento del cultivo, las cuales fueron las siguientes: a) peso seco por órgano de la planta (de hoja, PSH; de tallo, PST; de inflorescencia, PSI y de raíz, PSR), b) peso seco por planta (PSPP), c) altura de planta (AP), d) diámetro de tallo (DT), medido con un vernier a los 20 cm de altura en el tallo; e) entrenudos por planta (EP), f) área foliar (AF), medida con un integrador de área foliar (Li-Cor 3000), g) días a floración (días del trasplante a la cosecha, DAF), h) diámetro de inflorescencia (DI, medido de un extremo a otro sobre la inflorescencia, cm), i) intensidad (ICC) y diámetro (DCC) de la coloración central de la inflorescencia, medida la ICC con las cartas de color de la Sociedad Real de Horticultura de Inglaterra (The Royal Horticultural Society); en el caso del DCC, este se midió similarmente al diámetro de la inflorescencia, considerando solo el color amarillo de ésta, j) vida en florero (VF), medida en flores cosechadas y colocadas en un recipiente conteniendo agua destilada (10 cm sobre la parte basal del tallo), a temperatura ambiente de 23.5 y 16.8 °C (máxima y mínima promedios, respectivamente).

Los datos obtenidos en las distintas variables, se analizaron estadísticamente a través de un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, mediante el paquete computacional SAS versión 6.12 (SAS, 1996), con excepción de la variable intensidad del color amarillo central de la inflorescencia, en la cual previamente se asignó un valor a

cada observación de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis (Infante y Zárate, 1984), procediéndose posteriormente a la realización de la prueba de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso seco

En general, puede afirmarse que la producción de peso seco, fue afectada por la concentración de sales (PO) en la solución nutritiva (Figura 1), ya que el peso seco de los diferentes órganos de la planta y peso seco por planta (PSPP), aumentó significativamente ($P \leq 0.05$) conforme se incrementó la concentración de sales (PO) en la solución nutritiva (SN), a excepción del peso seco de raíz (PSR). Asimismo, a partir de lo observado en la Figura 1, se deduce que la definición del peso seco de la planta esta dada principalmente por el peso seco del tallo, el cual resultó con la mayor acumulación de biomasa en la planta, seguida por la biomasa de las hojas (PSH), raíz (PSR) y flor (PSI), respectivamente (Figura 1), atribuyéndose dicha respuesta, de acuerdo a lo reportado por Cockshull y Hughes (1968), a que el tallo y las hojas, presentaron una mayor demanda de fotosintatos para su crecimiento, en comparación con la demanda ejercida al respecto por la raíz (Figura 1).

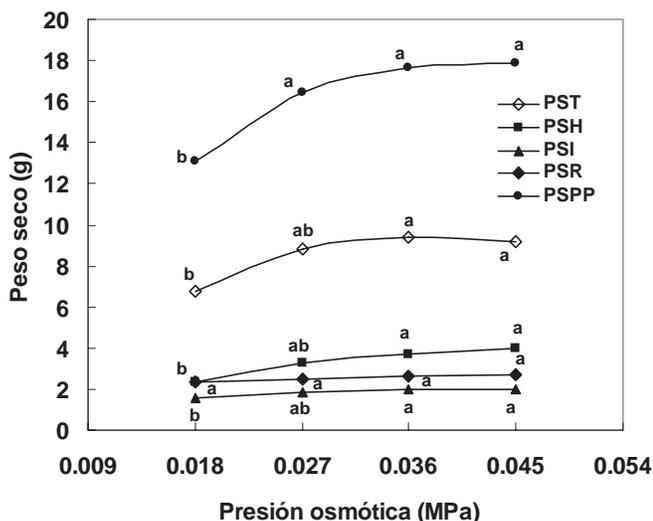


FIGURA 1. Efecto de la presión osmótica (PO) de la solución nutritiva sobre el peso seco de los diferentes órganos de la planta (PST: peso seco de tallo; PSH: peso seco de hoja; PSR: peso seco de raíz; PSI: peso seco de inflorescencia) y peso seco total por planta (PSPP) en el cultivo intensivo de crisantemo cv. Polaris White en hidroponía. Medias con la misma letra dentro de variable son iguales estadísticamente, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Asimismo, dichos resultados coinciden en parte con lo encontrado por Woodson y Boodley (1983), quienes trabajando con el cv. Indianápolis White Gt. # 4 de crisantemo, también encontraron que la inflorescencia es el órgano aéreo de la planta que desarrolla la menor acumulación de materia seca, siendo característico lo an-

terior en el cv. Polaris White cuando se desarrolla como flor para corte (Figura 1). Sin embargo, se considera que existe diferencia genotípica en la definición del peso seco por planta entre cultivares de crisantemo (De Jong y Jansen, 1992; Daie, 1985), ya que según los autores citados anteriormente (Woodson y Boodley, 1983), en el cv. Indianápolis White Gt. # 4, el peso seco por planta (PSPP) es más definido por el peso seco de las hojas, difiriendo lo anterior con el cv. Polaris White, cuyo PSPP resultó más influenciado por el peso seco del tallo (PST) en todos los tratamientos evaluados (Figura 1).

Por otra parte, en la presente investigación y en relación con la biomasa producida por los diferentes órganos de la planta (PST, PSH, PSR y PSI), así como el peso seco por planta (PSPP), la mayoría de dichas variables, no alcanzaron su punto máximo de respuesta, (Figura 1), sino que sólo se observó una menor diferencia en la producción de materia seca con los valores mayores de PO, posiblemente muy cercanos estos últimos, al punto máximo de respuesta, acorde lo anterior con lo establecido al respecto por Mengel y Kirkby (1982). Asimismo, los resultados indicaron que con una PO de la solución nutritiva de 0.036 o 0.045 MPa (Figura 1), correspondientes a 1.0 y 1.25 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y similares estadísticamente ($P \leq 0.05$), se obtuvieron los mejores resultados en la producción de biomasa del crisantemo, cultivado intensivamente en un sistema hidropónico por subirrigación. Sin embargo, dichos resultados difieren con lo indicado por Moustafa y Morgan (1983), quienes determinaron que el peso seco de la raíz y biomasa aérea de la planta, resulta maximizado con una conductividad eléctrica superior a la citada anteriormente ($2.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

Finalmente, es importante el hecho de que el peso seco de la raíz (PSR) no haya sido afectado por los niveles evaluados de PO, atribuyéndose dicha respuesta a que el intervalo de PO evaluado no fue suficiente para afectar el crecimiento de la raíz. Lo anterior, acorde con lo reportado por Woodson *et al.* (1984), quienes en el caso del N-NO_3^- , utilizaron una concentración mayor a la utilizada en la presente investigación ($1.5 \text{ cmol}\cdot\text{litro}^{-1}$), repercutiendo lo anterior en un incremento de la presión osmótica (PO) de la solución nutritiva. Sin embargo, la respuesta observada al respecto, indica que cualquier nivel de PO evaluado fue suficiente para el crecimiento radical del cv. Polaris White (Figura 1), a pesar de haberlo desarrollado con una alta densidad de plantas. Lo anterior, con base en que el PSR observado en los tratamientos con mayor PSPP, resultó similar al PSR observado en el resto de los tratamientos evaluados, consecuencia probablemente de una baja habilidad de la raíz en la competición por asimilados, en comparación con la de la porción aérea de la planta (Wareing and Patrick, 1975), ya que durante el desarrollo del cultivo, la parte aérea de la planta observó un constante crecimiento de alguno de sus órganos (yemas laterales, brotes basales, entre otros), aún con la inflorescencia desarrollada, repercutiendo por lo tanto, en el PSR (Wareing y Patrick, 1975).

Crecimiento

Al respecto, la PO de la solución nutritiva afectó significativamente a la mayoría de las variables del crecimiento, encontrando que tanto la altura de la planta (AP), el diámetro de tallo (DT), los entrenudos por planta (EP) y el área foliar por planta (AFP) incrementaron al aumentar la presión osmótica (Figura 2), respuesta esperada en razón de lo observado para peso seco, variables altamente correlacionadas entre sí.

En el caso de la altura de la planta, ésta es muy importante, pues las flores cortadas son seleccionadas y clasificadas en función de la longitud del tallo, tamaño de la flor y otras características (Laurie *et al.*, 1979; Arbos, 1992). Así, mientras mayor longitud posee el tallo, la flor cortada tiene mayor preferencia para su venta, debido a que durante el trayecto de su comercialización (productor-florista-consumidor), la base del tallo puede ser recortada a la necesidad requerida (Laurie *et al.*, 1979). Adicionalmente, los ramos de flores con una longitud que oscila entre 70 a 90 cm (Arbos, 1992), son colocados en cajas de cartón de medida estándar (90x45x25 cm). Al respecto, se observó que los tres niveles superiores de PO probados resultaron con una altura de planta (AP) mayor a 100 cm, (Figura 2) adecuada para la comercialización de la flor (Arbos, 1992), por lo que no es necesario incrementar la PO a un nivel mayor de 0.045 MPa con el fin de incrementar aún más la altura de planta. Moustafa y Morgan (1983) obtuvieron una reducción de la longitud del tallo con una conductividad eléctrica de $3.9 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$. En el caso del número de entrenudos por planta, que también aumentó con los incrementos de la PO, resultó asociado con el incremento en la altura de la planta (Figura 2).

En relación con el diámetro de tallo, que osciló de 0.51 a 0.63 cm (Figura 2), asegura mayor consistencia del tallo para el soporte de la flor. Dicho resultado coincide con Gislørød y Selmer (1980), quienes obtuvieron tallos más gruesos al incrementar la concentración de sales en la solución nutritiva.

El área foliar por planta (AFP) presentó un comportamiento similar a las variables anteriores, es decir a mayor PO mayor AFP (Figura 2). Cabe mencionar que las plantas desarrolladas con 0.045 MPa de PO, mostraron durante el desarrollo final de la inflorescencia, un incremento en el tamaño de las hojas inferiores, así como el desarrollo de nuevos brotes en el cuello de las plantas. Lo anterior, como una posible respuesta de éstas al aprovechamiento del excedente nutrimental que se aplicó con este tratamiento (0.045 MPa), ya que dicha respuesta no se observó en los demás tratamientos evaluados y las hojas constituyen uno de los órganos de la planta que continúa acumulando materia seca y nitrógeno hasta la madurez de la inflorescencia (Woodson y Boodley, 1983). Sin embargo, dichos resultados difieren en parte con los obtenidos por Bugarín *et al.* (1998), Moustafa y Morgan

(1983) y Morgan *et al.* (1980), quienes indicaron daños foliares (necrosis) al aplicar concentraciones de sales mayores a las utilizadas en la presente investigación. Al respecto, las plantas desarrolladas con PO de 0.036 MPa presentaron una apariencia normal.

En relación con el número de días que las plantas requirieron para llegar a la floración (DAF), estos resultaron en una relación inversa a los incrementos de PO (Figura 2), lo cual se atribuyó a que los suplementos nutrimentales mayores resultaron en una mayor tasa del crecimiento, en razón de que a mayor PO, más acorde resultó el suplemento nutrimental para las diversas funciones en que participan los nutrientes en la planta (Marschner, 2002), pues las deficiencias de estos causan un retraso en su desarrollo, coincidiendo dicha respuesta con lo encontrado por Moustafa y Morgan (1983).

Finalmente, el diámetro de la flor o inflorescencia (DI, Figura 2), no observó diferencias significativas entre los niveles de presión osmótica estudiados, lo cual indica que posiblemente el factor genético es el responsable en gran medida de la acumulación de biomasa en la flor (De Jong y Jansen, 1992), pues Gislørød y Selmer (1980) también encontraron una respuesta similar.

Calidad de la flor

El diámetro de la coloración amarilla central de la inflorescencia, presentó su mayor respuesta con una presión osmótica de 0.036 MPa (Figura 3), coincidiendo lo anterior con Marschner (2002), quien citó que cuando hay un suplemento abundante de nutrientes, la curva de respuesta del rendimiento aumenta hasta un cierto valor, pero tendiendo también a disminuir a partir de este último. Lo anterior, debido a un posible efecto tóxico del suplemento nutrimental, o bien en respuesta a la deficiencia de algún otro factor del crecimiento. Por otra parte, se observó que a mayor presión osmótica (PO), mayor intensidad del color amarillo de las flores centrales en la inflorescencia (ICC) (Figura 3), lo cual se atribuyó a una mayor disponibilidad de los nutrientes que más participan (nitrógeno y magnesio) en la formación de los pigmentos (carotenoides) que proporcionan el color amarillo de la inflorescencia (Anderson *et al.*, 1988; Marschner, 2002; Kawase y Tsukamoto, 1976), pues las deficiencias nutrimentales limitan la inducción y desarrollo floral (Moustafa y Morgan, 1983; Cakmak y Engels, 1999; Ivanova y Vassilev, 2003).

La vida de florero resultó afectada significativamente por los niveles evaluados de PO de la solución nutritiva (Figura 3), misma que aumentó con el incremento de PO. Dicha respuesta se atribuyó al incremento del área foliar por planta que se obtuvo con el aumento de PO, ya que la vida en florero de algunas flores (*Chrysanthemum x grandiflorum* y *Limonium sinuatum*, por ejemplo) depende principalmente de su follaje, desde donde son trasladadas

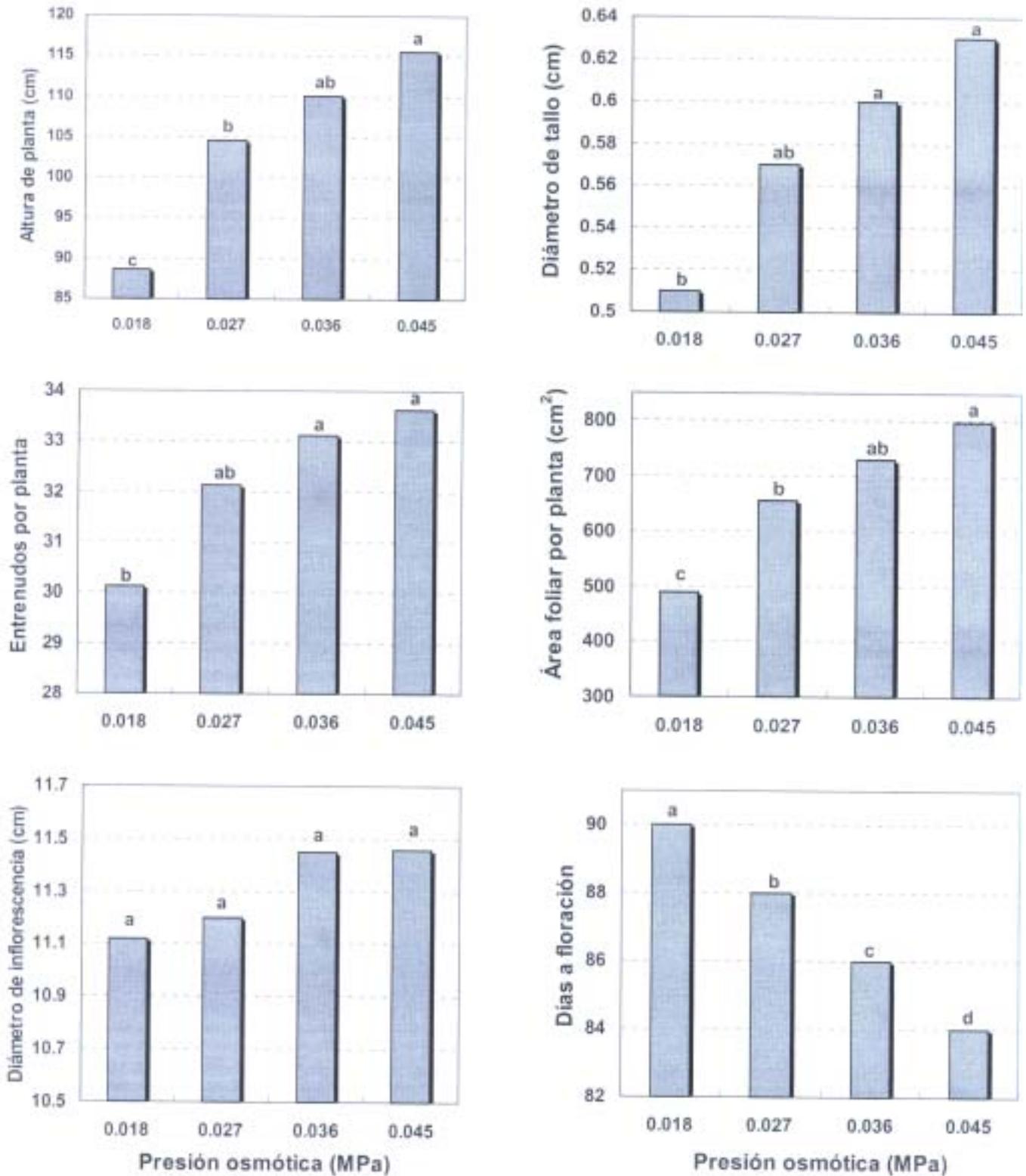


FIGURA 2. Efecto de la presión osmótica (PO) de la solución nutritiva sobre las variables del crecimiento evaluadas en el cultivo intensivo de crisantemo (*Dendranthema x grandiflora* cv. Polaris White) en hidroponía. Medias identificadas con barras con la misma letra dentro de variable son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

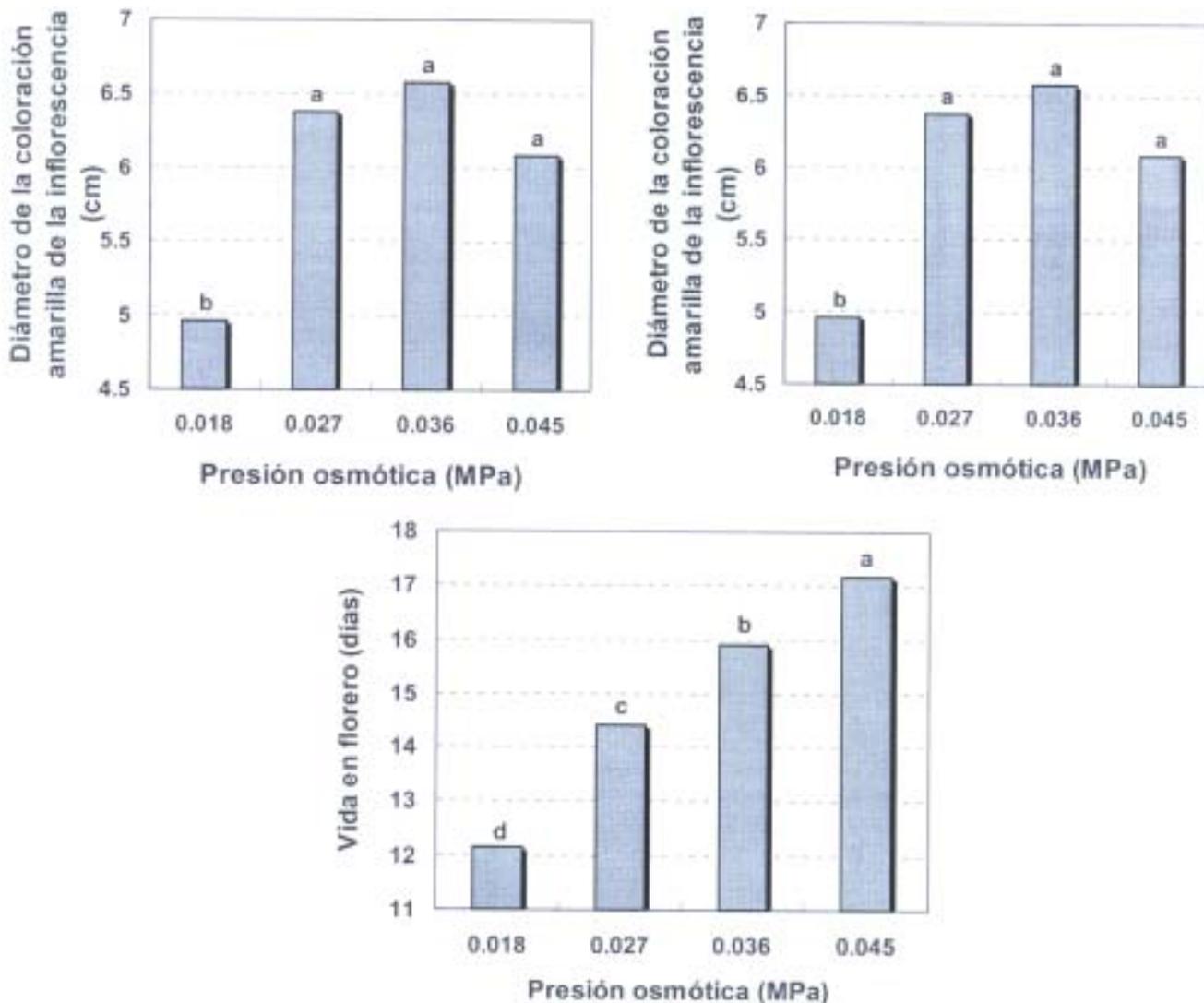


FIGURA 3. Efecto de la presión osmótica (PO) de la solución nutritiva sobre algunas variables de la calidad de la "flor" (inflorescencia), evaluadas en el cultivo intensivo de crisantemo (*Dendranthema x grandiflora* cv. Polaris White en hidroponía. Medias identificadas con barras con la misma letra dentro de variable son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

las sustancias de reserva (principalmente azúcares) hacia la flor (Daie, 1985; Halevy y Mayak, 1979). Así, lo anteriormente citado quizá se reflejó en la permanencia de las flores sobre el receptáculo de la inflorescencia durante la vida poscosecha de los tallos florales, contrariamente a lo observado por Pineda *et al.* (1998).

CONCLUSIONES

Con presión osmótica de 0.036 y 0.045 MPa en la solución nutritiva, las plantas presentaron el mayor crecimiento (altura de planta: 110 a 115 cm; diámetro de tallo: 0.6 a 0.63 cm; entrenudos por planta: 33; área foliar: 730 a 790 cm²; diámetro de inflorescencia: 11.4 cm).

El mayor diámetro de la coloración amarilla de la inflorescencia (6.0 cm) se obtuvo con 0.036 MPa, la mayor intensidad de la coloración citada y el mayor periodo de

vida en florero (17 días) con 0.045 MPa, no habiendo sido afectado el diámetro de inflorescencia por los niveles de PO estudiados.

Conforme se incrementó la presión osmótica de la solución nutritiva, disminuyó el periodo de trasplante a corte del cultivo (90 y 84 días a floración con 0.018 y 0.045 Mpa, respectivamente).

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, N. O.; ASCHER, P. D.; WIDMER, R. E. 1988. Thin-layer chromatographic analysis of flower color phenotypes in *Dendranthema grandiflorum* Ramatuelle inbreds and clonal cultivars. *Euphytica* 37(3): 229-239.
- ANÓNIMO. 1995. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo 1. Centro de Estadística Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. D. F., México. 601 p.

- ANÓNIMO. 1998. La Horticultura Ornamental en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 81 p.
- ANÓNIMO. 2000. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. D. F., México. 809 p.
- ARBOS, L. A. M. 1992. El Crisantemo, Cultivo, Multiplicación y Enfermedades. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. 170 p.
- BARBOSA, J. G.; KAMPF, A. N.; MARTINEZ, H. E. P.; KOLLER, O. C.; BOHNEN, H. 2000. Chrysanthemum cultivation in expanded clay. I. Effect of the nitrogen-phosphorous-potassium ratio in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition* 23(9): 1327-1336.
- BUGARÍN M., R.; BACA C. G., A.; MARTÍNEZ H., J.; TIRADO T., J. L.; MARTÍNEZ G., A. 1998. Amonio / nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16(2): 113-124.
- BUWALDA, F.; BAAS, R.; VAN WEEL, P. A. 1994. A soilless ebb and flow system for all-year round chrysanthemum. *Acta Horticulturae* 361: 123-132.
- CAKMAK, I.; ENGELS, C. 1999. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. pp. 141-142. *In: Mineral Nutrition of Crops: Fundamental Mechanisms and Implications*. RENGEL, Z. (ed.). Food Products Press. New York, USA.
- COCKSHULL, K. E.; HUGHES, A. P. 1968. Accumulation of dry matter by *Chrysanthemum morifolium* after flower removal. *Nature* 217: 979-980.
- DAIE J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops. *Horticultural Reviews* 7: 69-108.
- DE JONG, J.; JANSEN, J. 1992. Genetic differences in relative growth rate and partitioning growth components in *Chrysanthemum morifolium*. *Scientia Horticulturae* 49: 269-275.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 220 p.
- GISLERØD, H. R.; SELMER, O. A. R. 1980. The responses of chrysanthemum to variations in salt concentration when grown in recirculated nutrient solution. *Acta Horticulturae* 98: 201-209.
- HALEVY, A.; MAYAK, S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. *Horticultural Reviews* 1: 204-236.
- HICKLENTON, P. R.; BLATT, C. R.; O'REGAN, R. J. 1987. Hydroponic production of cut chrysanthemums: A commercial trial. *HortScience* 22(2): 287-289.
- INFANTE G., S.; ZÁRATE DE L., G. 1984. Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Ed. Trillas. D. F., México. pp. 550-554.
- IVANOVA, V.; VASSILEV, A. 2003. Biometric and physiological characteristics of chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum* L.) plants grown at different rates of nitrogen fertilization. *Journal of Central European Agriculture* 4(1): 1-6.
- KAWASE, K.; TSUKAMOTO, Y. 1976. Studies on flower colour in *Chrysanthemum morifolium*. III. Quantitative effects of major pigments on flower colour variation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 45(1): 65-75.
- LAURIE, A.; KIPLINGER, D. C.; NELSON, K. S. 1979. Commercial Flower Forcing. Eight edition. McGraw-Hill Book Company. New York, USA. pp. 412-416.
- MALORGIO, F.; LEMMETTI, S.; TOGNONI, F.; CAMPIOTTI, C. A. 1994. The effect of substrate and watering regime on chrysanthemum grown with soilless culture. *Acta Horticulturae* 361: 495-500.
- MARFÀ, O. 2000. Recirculación en Cultivos sin Suelo. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus, España. 177 p.
- MARSCHNER, H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition. Academic Press. San Diego, California, USA. pp. 184-312.
- MENGEL, K.; KIRBY, E. A. 1982. Principles of Plant Nutrition. Third edition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern, Switzerland. pp. 261-273.
- MORGAN, J. V.; MOUSTAFA, A. T.; TAN, A. 1980. Factors affecting the growing-on stages of lettuce and chrysanthemum in nutrient solution culture. *Acta Horticulturae* 98: 253-261.
- MOUSTAFA, A. T.; MORGAN, J. V. 1983. Influence of solution concentration on growth, flower quality and nutrient uptake in spray chrysanthemum. *Acta Horticulturae* 133: 13-24.
- PANDYA, H. A.; SAXENA, O. P. 2001. Preservation of *Chrysanthemum* sp. by drying. *Acta Horticulturae* 543: 367-370.
- PINEDA P., J.; SÁNCHEZ DEL C., F.; COLINAS L., M. T.; SAHAGÚN C., J. 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.
- RAZI, I. M.; AHMAD, R. 1997. Differential growth and yield responses of tomato plants grown in different solution concentrations using nutrient film technique and sand culture. *Acta Horticulturae* 450: 449-455.
- REED, D. W. 1996. Grower's Guide to Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. BaYy Publishing. Batavia, Illinois. USA. 290 p.
- RESH, H.M. 1997. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- SAMPERIO, G. R. 1999. Hidroponía Comercial. Editorial Diana. D. F., México. 172 p.
- SAS. 1996. The SAS System for Windows. Versión 6.12. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- SCHRÖDER, F. G.; SCHWARZ, D.; KUCHENBUCH, R. 1995. Input versus output of nitrogen and potassium in closed circulating systems. *Acta Horticulturae* 396: 137-141.
- SCHWARZ, D.; KUCHENBUCH, R. 1997. Growth analysis of tomato in a closed recirculating system in relation to the EC-value of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* 450: 169-176.
- SCHWARZ, D.; KUCHENBUCH, R. 1998. Water uptake by tomato plants grown in closed hydroponic systems dependent on the EC-level. *Acta Horticulturae* 458: 323-328.
- SCHWARZ, M. 1995. Soilless Culture Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 197 p.
- SHERMAN, A.; SHERMAN, S. J.; RUSSIKOFF, L. 2001. Conceptos Básicos de Química. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. D. F., México. pp. 348-352.
- STEINER, A. A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th colloquium of the International Potash Institute. International Potash Institute. Berne, Switzerland. pp: 324-341.
- STEINER, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proceedings of the sixth International Congress on Soilless Culture. International Soc. for Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, Netherlands. pp. 633 - 649.

- STEINER, A. A.; VAN, W. H. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetracetic acid. *Plant Physiol.* 46(6): 862-863.
- TÜZEL, I. H.; IRGET, M. E.; GÜL, A.; TUNCAY, Ö.; ELTEZ, R. Z. 1999. Soilless culture of cucumber in glasshouses: II. A comparison of open and closed systems on water and nutrient consumption. *Acta Horticulturae* 486: 395-400.
- WAREING P. F.; J. PATRICK, 1975. Source-sink relations and the partition of assimilates in the plant, *In*: pp: 481-499. *Photosynthesis and productividad in different environments*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Great Britain.
- WILSON, D. P.; FINLAY, A. R. 1995. Hydroponic system for the production of all year round chrysanthemums. *Acta Horticulturae* 401: 185-192.
- WOODSON, W. R.; BOODLEY, J. W. 1983. Accumulation and partitioning of nitrogen and dry matter during the growth of chrysanthemum. *HortScience* 18(2): 196-197.
- WOODSON, W. R.; NEGM, F. B.; BOODLEY, J. W. 1984. Relationship between nitrate reductasa activity, nitrogen accumulation and nitrogen partitioning in chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(4): 491-494.