

DILUCIÓN DE UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA ESTÁNDAR EN EL CULTIVO DE CRISANTEMO (*Dendranthema x grandiflorum*) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO ABIERTO

P.J. Pineda; F. Sánchez del C.; M.T. Colinas L.; J. Sahagún C.

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México.

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el efecto de la reducción al 75, 50 y 25% en concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) de una solución nutritiva estándar (M, 100%), sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum*) en un sistema hidropónico abierto. En general, la reducción de macronutrientes hasta en un 50% no produjo disminución significativa en peso fresco y seco de hoja, tallo y de toda la planta; diámetro de tallo y área foliar; pero cuando la reducción en concentración llegó al 75% (25% de la solución nutritiva estándar), la mayoría de estas características disminuyeron significativamente. Sin embargo, no se manifestaron efectos negativos en las características que determinan la calidad de la flor (peso fresco y seco, diámetro de capítulo, aspecto visual), incluso la altura de tallo y vida en florero fueron estadísticamente superiores, con una correlación negativa significativa con el contenido de nutrientes en el tejido, principalmente con K y N, los cuales no llegaron a caer en el intervalo considerado como deficiente.

PALABRAS CLAVE: hidroponía, concentración de solución, macronutrientes, cultivo de flores.

DILUTION OF A STANDARD NUTRIENT SOLUTION IN THE CULTIVATION OF CHRYSANTHEMUM (*Dendranthema x grandiflorum*) IN A HIDROPONIC OPEN SYSTEM

SUMMARY

The effect of reduction in 75, 50 and 25% of major nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S) in standard concentration of nutrient solution was evaluated during growth and development of chrysanthemum (*Dendranthema x grandiflorum*) in an open hydroponic system. In general: stem diameter; leaf area; leaf, stem and total plant fresh and dry weight was not significantly diminished by concentration reduction in 50% of major nutrients, but concentration reduction of 75% (25% of M) affected the most of the characteristics. However, the characteristic of flower quality (flower diameter, fresh and dry weight) were not affected, even stem length and flower life were greater and presented negative correlation with tissue nutrient content, especially N and K which never dropped into a deficient range.

KEY WORDS: Hydroponics, solution concentration, major nutrients, flower culture.

INTRODUCCIÓN

Con el nuevo enfoque de producción (producción vegetal sostenida) que se está llevando a cabo en el mundo, se requiere minimizar ó incluso eliminar en muchas zonas, el uso de agroquímicos, para disminuir el impacto negativo sobre el ambiente que generalmente tiene la agricultura convencional. Sin embargo, en muchas áreas existen fuertes limitantes para el desarrollo de una agricultura a cielo abierto. En México se presentan problemas por falta de agua en una gran superficie cultivable del territorio nacional (distritos de temporal); fenómenos meteorológicos adversos (heladas tempranas y tardías, granizadas, sequía intraestival); topografía accidentada

en un 65% del territorio nacional, que limita muchas prácticas agrícolas; unidades de producción muy fragmentadas (tenencia ejidal y minifundio) que por lo general son de baja fertilidad; problemas de salinidad en lugares donde se cuenta con agua (distritos de riego); entre otras. Ante esta situación, se requieren técnicas especiales de producción de cultivos que sean una alternativa viable; como el uso de acolchados, microtúneles e invernaderos, a los que se puede acoplar los sistemas hidropónicos como solución para muchas de estas condiciones (Sánchez, 1991).

En el cultivo en hidroponía, la concentración de nutrientes de las soluciones nutritivas que se ha generali-

zados, es varias veces superior a la concentración que normalmente se encuentra en la solución de un suelo fértil (que es suficiente para alcanzar un crecimiento y rendimiento óptimo del cultivo). Esto obedece a varias razones (Adams, 1992; Resh, 1993): a) Deben asegurarse que las necesidades nutritivas de los cultivos se satisfagan, sin que lleguen a presentarse deficiencias durante alguna parte de su desarrollo, ya que los sustratos que se emplean normalmente no tienen capacidad de intercambio iónico que reabastezca a la solución como ocurre en el suelo; b) A las características del sistema hidropónico empleado; c) De las condiciones climáticas, y d) Al reuso de la solución durante varios días (2-3 semanas) (Resh, 1993; Sánchez y Escalante, 1989).

A través de varios años de investigación en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), se ha desarrollado un sistema hidropónico abierto para la producción de hortalizas y flores, que ofrece varias ventajas sobre los sistemas cerrados tradicionalmente empleados. No se requieren grandes depósitos, tinas impermeables y equipos poderosos de bombeo para la recirculación de la solución y no es necesario el análisis químico de la solución, situación que disminuye los costos de infraestructura y facilita el manejo del sistema. Sin embargo, a pesar de que la solución se aplica por goteo para disminuir las pérdidas, se aplican las soluciones estándar generadas para los sistemas cerrados, lo que incrementa el costo de operación, sobre todo considerando que los fertilizantes usados en la hidroponía son por lo general de los más caros. Se ha estimado que para un sistema hidropónico abierto se gastan en promedio 6 litros·m⁻²·d⁻¹ de solución nutritiva, con un costo promedio de \$8.50 pesos por m³ de solución. Si se consideran 7 000 m² de área útil en una hectárea de cultivo hidropónico con un ciclo de 100 días, el costo por uso de fertilizante sería de \$35 700 pesos, lo que sumado a los costos de infraestructura, equipo y operación del sistema resulta muy caro para que sea fácilmente aceptado por muchos productores. Si la concentración de la solución nutritiva pudiera bajarse en un 50%, el costo de los fertilizantes para un ciclo de cultivo disminuiría en casi \$18 000.00 por hectárea. Así, para que los sistemas hidropónicos puedan ser usados donde técnicamente es posible, es necesario solucionar algunas limitantes que en muchos casos han impedido su aceptación. Para ello se requiere: a) Desarrollar sistemas hidropónicos de producción que no requieran de una infraestructura cara, sofisticada e inaccesible al productor convencional; b) Reducir el costo por uso de fertilizantes, sobre todo eliminar las fuentes de nitrógeno en forma de nitrato como el Ca(NO₃)₂ y KNO₃; c) Disminuir los problemas de acumulación de sales (efectos osmóticos y tóxicos) en el medio de nutrimentos que normalmente trae consigo la recirculación de soluciones nutritivas; d) Disminuir la cantidad de iones que se pierden en el agua de drenaje, especialmente los nitratos (NO₃⁻), que es el principal contaminante que se ha encontrado en áreas agrícolas con uso de fertilizantes durante mucho tiempo. Con base en lo anterior, en la presente investigación se evaluaron

la presente investigación se evaluaron algunos tratamientos para determinar hasta que punto se puede bajar la concentración de la solución nutritiva, sin afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo de crisantemo, usando un sistema hidropónico abierto sin recirculación de la solución; el cual puede ser factible de establecer por los productores en muchas regiones de nuestro país. Como lo indicaron Wild *et al.* (1989) y Willits *et al.* (1992) si se puede conocer la relación entre la tasa de crecimiento y la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva, será entonces posible diseñar los sistemas que liberen a la zona radical, la cantidad de nutrimentos necesarios para cada etapa del crecimiento y desarrollo sin que se presenten deficiencias nutrimentales, lo que minimizará el potencial de contaminación al medio, disminuirá el costo por uso de fertilizantes y aumentará la eficiencia de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en condiciones de hidroponía y cultivo protegido (invernadero tipo túnel, cubierta de plástico) durante los meses de marzo a junio de 1996. Las condiciones ambientales que prevalecieron durante el ciclo del cultivo fueron alta radiación, humedad relativa baja y temperaturas elevadas (alrededor de 30 °C, en promedio, al interior del invernadero).

Considerando la concentración promedio de macronutrimentos en soluciones nutritivas cuyo uso se ha generalizado en diferentes cultivos (solución completa, M, T₁) (Sánchez y Escalante, 1989; Anónimo, 1990; Resh, 1993;) y usando fertilizantes comerciales, se redujo la concentración de la solución al 75% de M (T₂), 50% de M (T₃) y al 25% de M (T₄) (Cuadro 1). Los tratamientos se distribuyeron en el invernadero, empleando un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y como unidad experimental dos macetas de 19 litros con tezontle como sustrato y cinco plantas en cada maceta. Las macetas se colocaron a nivel del suelo sobre una cama de grava de tezontle. La solución de cada tratamiento se suministró con un sistema de goteo. Se evaluó altura de tallo (ALT), diámetro de tallo (DT), peso fresco y seco de hojas (PFH, PSH), tallo (PFT, PST) y flor (PFF, PSF), peso seco total (PSTOT), área foliar (AF), diámetro de capítulo (DF), vida en florero (VF) y contenido nutrimental (N, P, K, Ca, Mg) en el tejido al final de la etapa vegetativa (desde trasplante hasta suspensión de luz), etapa reproductiva I (desde suspensión de luz hasta la aparición visible del 50% del botón floral) y etapa reproductiva II (desde aparición visible del 50% del botón floral hasta la cosecha). Con los valores de las distintas variables se efectuó un análisis de varianza y una prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), así como correlaciones de Pearson entre algunas variables, para lo cual se utilizó el paquete computacional SAS.

CUADRO 1. Concentración (mg·litro⁻¹) de nutrimentos en la solución nutritiva usada en los diferentes tratamientos.

NUTRIMENTO	SOLUCION COMPLETA (M) (100%)	CONCENTRACION AL 75% DE M	CONCENTRACION AL 50% DE M	CONCENTRACION AL 25% DE M
Nitrógeno	250	187.5	125	62.5
Fósforo	75	55	37	18.75
Potasio	250	187.5	125	62.5
Calcio	300	225	150	75
Magnesio	75	56.25	40 ^z	40 ^z
Azufre	300	225	150	75
Hierro	2.5	2.5	2.5	2.5
Manganeso	1.0	1.0	1.0	1.0
Boro	0.50	0.50	0.50	0.50
Cobre	0.25	0.25	0.25	0.25
Zinc	0.25	0.25	0.25	0.25
Molibdeno	0.20	0.20	0.20	0.20

^z Cantidad de Mg en el agua empleada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la mayoría de las variables no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los efectos de tratamientos, hasta que la concentración de macronutrientes fue del 25% de una solución completa (M) (Cuadro 2).

Los efectos del uso de soluciones de menor concentración sobre características que afectan la calidad de la flor se presentan en la Figura 1. El peso fresco (PFF), peso seco (PSF) y diámetro de flor (DF) resultaron con poca variación, de tal manera que se consideran iguales estadísticamente, aunque la tendencia del PSF fue a disminuir conforme la concentración en la solución fue menor. Con lo que respecta a la vida en florero (VF) es claro que a medida que disminuyó la concentración en la solución nutritiva aumentó el tiempo de vida, llegando a ser significativamente superior el tratamiento con 25% de concentración en relación a los demás tratamientos (3-4 días). Este comportamiento en las características de flor es digno de resaltar ya que los tratamientos de menor concentración casi siempre produjeron alguna restricción en la mayoría de las variables evaluadas al final de las diferentes etapas de desarrollo, aunque las diferencias no siempre fueron significativas (Cuadro 2).

Al respecto, King *et al.* (1995) recomendaron que para mejorar la calidad de plantas de crisantemo, debe reducirse o suspenderse la aplicación de N cuando las inflorescencias tienen de 1.0 a 1.5 cm de diámetro, ya que la aplicación continua después de esta etapa produce malformación y follaje quebradizo, además se reduce la vida de anaquel de las flores (Nell *et al.*, 1989). Nell (1993, 1995) mencionaron que la longevidad de las plantas de flores ya sea en maceta o para corte, son afectadas por el tipo de cultivar y las prácticas de cultivo usadas durante la producción. En crisantemo los factores que actúan antes de la cosecha pueden contribuir con un 70% en la longevidad de las plantas; el manejo adecua-

do de la fertilización durante el ciclo de cultivo, puede incrementar la vida de anaquel de las flores en un 40-50%, aunque la longevidad está relacionada directamente al tipo de cultivar. Al respecto, Nell (1993) al producir crisantemos en maceta encontró que la aplicación de altos niveles de fertilizante disminuyen la longevidad de la planta. Plantas que crecieron con 150 mg·litro⁻¹ de N duraron de 7-14 días más que las plantas que recibieron 450 mg·litro⁻¹ de N; dependiendo del cultivar y del medio de crecimiento. Nell (1995) al suspender la aplicación de fertilizantes en las últimas tres semanas de producción, observó que las plantas tardaron de 10-14 días más con presencia de flores, en relación a plantas que se fertilizaron durante todo el cultivo. También Elliott y Nelson (1983) observaron que al suspender la fertilización en la etapa de desbotonamiento aumentó la longevidad de 7-10 días sin producir efectos negativos como reducción de color de las hojas o tamaño de flor; características que se han tomado en cuenta en la selección de los diferentes cultivares de crisantemo, pues se requieren plantas de color verde intenso, y que las hojas viejas no pierdan su color al momento de la floración.

Con estos resultados se puede decir, que el efecto de bajar la concentración en más del 50%, de lo que normalmente se recomienda en el medio nutricional de la planta, afectó negativamente el desarrollo de algunas de sus partes (peso fresco y seco de la hoja, área foliar, diámetro de tallo, peso fresco y seco del tallo) (los datos de peso fresco no se muestran), pero estos cambios tuvieron poca repercusión (diferencias no significativas) en la manifestación de algunas características de la flor (DF, PFF, PSF) lo que refleja que es un órgano con poca variabilidad al cambiar las condiciones nutrimentales; sin embargo, se mejoró la longitud de tallo y vida postcosecha de manera significativa, características altamente deseables en el cultivo del crisantemo para flor de corte, pues son parámetros que incrementan el valor comercial de esta flor.

CUADRO 2. Efecto de algunas variables evaluadas durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de crisantemo crecidas con solución nutritiva diluida en macronutrientos

PORCENTAJE DE SOLUCIÓN NUTRITIVA	DIÁMETRO DE TALLO (mm)			ALTURA DE PLANTA (cm)			PESO SECO TOTAL (g)			ÁREA FOLIAR (cm²)	
	EV	ERI	ErII	EV	ERI	ErII	EV	ERI	ErII	EV	ERI
100% (M)	8.02 a ^z	9.57 a	8.25 a	24.68 a	76.54 a	97.44 a	2.318 a	17.97 a	37.92 a	282.75 a	1710.23 a
75% de M	8.05 a	9.30 ab	8.07 a	24.54 a	79.73 a	101.44 a	2.128 a	18.41 a	36.82 ab	257.97 a	1502.85 a
50% de M	7.57 ab	8.47 b	7.80 a	24.56 a	79.22 a	102.41 a	2.135 a	16.43 a	40.13 a	272.89 a	1235.42 b
25% de M	6.85 b	7.27 c	7.50 a	24.16 a	75.68 a	104.07 a	1.895 a	13.77 b	29.38 b	235.60 a	894.44 c
CV	6.2285	4.9697	5.9782	4.4906	4.899	2.800	11.2449	5.8238	9.5701	11.3256	9.2090
DMS	1.048	0.095	1.073	2.4025	8.4146	6.296	0.5259	2.1402	7.6192	67.314	271.54

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P=0.05.
CV = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa; EV = Etapa vegetativa; ERI = Etapa reproductiva I; ErII = Etapa reproductiva II; M = solución completa.

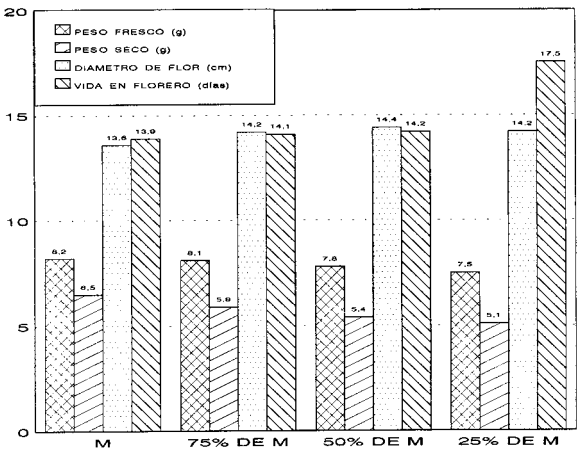


Fig. 1. Efecto de la reducción en la concentración de la solución nutritiva sobre algunas características de la flor de crisantemo. M = Solución nutritiva al 100%.

De acuerdo al análisis químico mostrado en el Cuadro 3, la reducción en el suministro de macronutrientos en la solución nutritiva, sí produjo una disminución en la cantidad de N, P, K, y Ca en el tejido de la planta, aunque de acuerdo con el crecimiento, desarrollo y coloración del follaje observados, sólo el tratamiento con 25% de M produjo síntomas de deficiencias nutrimentales (tallos más delgados, menor área foliar, menor peso fresco, y coloración verde claro del follaje) que según estos resultados podrían ser atribuidas al P y K, ya que las diferencias en concentración son más grandes, de tal manera que los tratamientos con 50 y 25% de M son significativamente inferiores a los demás tratamientos. Es de notarse que en todos los casos los niveles de N caen abajo del intervalo considerado como adecuado (3-5%; King *et al.*, 1995), lo que no se esperaba por lo menos para el tratamiento de solución completa (M). Es muy probable que el método de análisis químico haya subestimado la cantidad de N, por lo que se considerará que el contenido de N en el tejido cuando las plantas se nutrieron con la solución completa (M) es la adecuada y se

dará un valor de 100, a partir del cual se calculará el aumento o reducción en el contenido de N en el tejido de las plantas de los demás tratamientos. De esta manera, tomando los intervalos reportados por Arbos (1990), Benton *et al.* (1991), Willits *et al.* (1992) y King *et al.* (1995), sólo contenidos abajo del 75% de los que tuvo M podrían caer en la zona de deficiencia. Esto significó que aún el tratamiento de 25% de M, aportó el N suficiente para la planta (Cuadro 3) pero el P y K sí pudieron ser deficientes. Si se considera que todos los demás factores que pudieron influir en el desarrollo de la planta fueron constantes para todos los tratamientos, es posible que esta diferencia en contenidos nutrimentales sea la causa de los efectos negativos señalados anteriormente para el tratamiento con sólo 25% de M. Respecto al Mg, es de señalar que el agua empleada traía disuelta suficiente cantidad de este elemento (40 mg·litro⁻¹), situación que favoreció su absorción y por eso llegó a encontrarse en altas cantidades en varios casos, aunque no en niveles considerados tóxicos (Benton *et al.*, 1991, Reuter y Robinson, 1986). De hecho, los valores más altos se encuentran en los tratamientos de menor concentración nutrimental en la solución, que de acuerdo con Marschner (1986) pudieron existir efectos de competición con los demás cationes (Ca y K principalmente), situación que podría ser la causa de los menores contenidos de Ca en el tejido si se comparan con los de Mg, que debería ser lo contrario.

Para explicar, algunos de los resultados obtenidos al final del ciclo del cultivo, se realizaron pruebas de correlación entre las variables evaluadas. Algunas correlaciones con especial importancia son las que resultaron entre la suma de cationes (K+Ca+Mg) y la suma de todos los nutrimentos evaluados (N+P+K+Ca+Mg) con la vida en florero ($r = -0.634$ y $r = -0.642$, respectivamente); donde el K ($r = -0.73$) y N ($r = -0.64$) fueron los que aparentemente determinaron en mayor grado la vida postcosecha. Esto significó, por lo menos en parte, que el mayor tiempo de vida en florero de las plantas que crecieron en el nivel más bajo (25%) de concentración en la solución

CUADRO 3. Concentración (%) de nutrimentos en el tejido (hojas) al momento de la cosecha, en plantas de crisantemo que crecieron en soluciones nutritivas diluidas de macronutrimentos.

Porcentaje de Solución Nutritiva (M)	N	P	K	Ca	Mg
100 %	1.447 ab ^z (100%) ^y	0.440 a (100%)	6.397 a (100%)	0.426 a	0.887 a
75 %	1.913 a (132%)	0.304 ab (69%)	6.480 a (101%)	0.245 a	0.963 a
50 %	1.447 ab (100%)	0.245 b (56%)	5.313 b (83%)	0.361 a	1.047 a
25 %	1.217 b (84%)	0.211 b (48%)	4.537 c (71%)	0.457 a	1.035 a
C.V.	15.09	19.16	3.69	22.57	6.43
DMS	0.64	0.162	0.593	0.237	0.178

^z Valores de columna con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P=0.05$.

^y Los valores entre paréntesis representan el porcentaje respecto al testigo (M).

DMS = Diferencia mínima significativa

C.V. = Coeficiente de variación

nutritiva, se debe a que estas plantas tuvieron menores concentraciones de nutrimentos en sus tejidos, situación que pudo influir en los contenidos de humedad en las plantas, que en general fue mayor conforme más nutrimentos se encontraban en sus tejidos ($r = 0.62$), lo que podría indicar una disminución en potenciales osmóticos y por eso a mayor concentración de nutrimentos mayor absorción de agua, situación que pudo perjudicar el tiempo de vida en florero. Se observó, durante el tiempo que las plantas estuvieron en florero, una mayor absorción de agua (no se pudo cuantificar) por el tallo y hojas en plantas de los tratamientos de mayor concentración en la solución (M y 75% de M) que en plantas de los tratamientos de menor concentración (25% de M), lo que a su vez produjo en varias flores un desprendimiento de las partes florales y en consecuencia se redujo su vida en florero. En el desprendimiento de los pétalos del receptáculo se desarrollaron síntomas de pudrición (probablemente efecto de exceso de humedad) de tal manera que no se pudo mantener el punto de unión con los pétalos, desintegrándose la forma de la flor. Esto denota que la concentración manejada como 100% no es la adecuada si se evalúa la vida postcosecha de la flor. Los resultados obtenidos en este experimento indicaron que se puede reducir, sin afectar la calidad comercial (follaje y flor) del cultivo de crisantemo, la concentración de todos los macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y S) en la solución nutritiva hasta en un 50% de lo que normalmente se usa en los cultivos hidropónicos (Sánchez y Escalante, 1989; Anónimo, 1990; Wild *et al.*, 1989). Esto se pudo lograr, probablemente, a que con el sistema empleado aunque no existió una circulación de la solución, sí hubo un movimiento de solución en el medio nutrimental de las plantas. Con el goteo constante durante las horas de mayor transpiración (de las 9:00 a las 15:00 h) el agua que se estaba perdiendo era repuesta inmediatamente, de tal manera que la planta nunca estuvo sujeta a un estrés hídrico y disminuyó la zona de agotamiento de nutrimentos que normalmente se crea alrededor de la superficie de la raíz (Adams, 1992; Anónimo, 1990), aunque al parecer con el tratamiento de 25% no fue suficiente para abastecer las necesidades de la planta, lo que se reflejó en el menor desarrollo. Debe considerarse

que aún esta concentración de 25 % de M (Cuadro 1) es superior a las concentraciones que en experimentos de recirculación constante de nutrimentos, donde virtualmente se elimina la zona de agotamiento, han permitido obtener rendimientos máximos de los cultivos. Elliott y Nelson (1983) encontraron que el mantener constante una concentración de N en un intervalo de $0.03\text{--}5\text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$ fue suficiente para soportar un crecimiento adecuado. También con suministro constante de K a la raíz, es suficiente con concentraciones abajo de 1 mM ($39\text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) (Clarkson, 1988). Pitman (1988) reportó que con sólo $5\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-3}$ de P en solución se alcanzó el 97% del máximo rendimiento y a concentraciones de $25\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-3}$ el rendimiento sólo se incrementó a 98%; para Ca y Mg con 2.5 a $10\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-3}$ se alcanzaron altos rendimientos en algunas especies de leguminosas y cereales; para plantas calcífugas las concentraciones son todavía menores (0.1 a $0.25\text{ mmol}\cdot\text{m}^{-3}$) (Pitman, 1988); esto significa que con nuestro sistema el tratamiento con sólo 25% de M sí llegó a crear la zona de agotamiento, por lo menos para algunos nutrimentos como el P y K que se mueven básicamente por difusión hacia la superficie de la raíz.

Finalmente, es importante señalar que lo observado en este experimento corresponde a la época del año de mayor transpiración en la zona (radiación y temperatura altas, baja humedad relativa). Es recomendable repetir este experimento durante otras épocas del año para observar el efecto de las diferentes condiciones ambientales, las cuales podrían afectar de manera significativa la respuesta de las plantas a los tratamientos aquí evaluados.

CONCLUSIONES

En el sistema hidropónico utilizado (sistema abierto), la reducción simultánea hasta en un 50% de concentración de macronutrimentos en la solución nutritiva, durante diferentes etapas del cultivo de crisantemo, no produjo efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta.

La disminución en concentración de macronutrientes hasta 50% de la solución nutritiva, no se manifestó en contenidos considerados deficientes de N, P, K, Ca y Mg en el tejido vegetal.

La disminución simultánea en la concentración de macronutrientes en la solución nutritiva produjo efectos diferentes en las distintas partes de la planta, pero no disminuyó la calidad de la flor.

La aplicación de soluciones diluidas incrementó la longitud de tallo y vida en florero.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, P. 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Horticulturae* 323:289-297
- ANÓNIMO. 1990. Soilless culture for horticultural crop production. Plant production and protection. Paper 101. Rome, Italy. 188 p.
- ARBOS L., A.M. 1990. El Crisantemo: Cultivo, Multiplicación y Enfermedades. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 170 p.
- BENTON, J.J.; WOLF, B.; MILLS, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, Georgia, USA. 213 p.
- CLARKSON, T.D. 1988. Movements of ions across roots. pp. 251-304. *In: Solute Transport in Plants Cells and Tissues*. A. D. Baker y J. L. Hall (eds.). Longman Scientific & Technical. New York, USA.
- ELLIOTT, G.C.; NELSON, P.V. 1983. Relationship among nitrogen accumulation, nitrogen assimilation and plant growth in chrysanthemum. *Physiol. Plant.* 57:250-259.
- KING, J.J.; PETERSON, L.A.; STIMART, D.P. 1995. Ammonium and nitrate uptake throughout development in *Dendranthema x grandiflorum*. *HortScience* 30(3):499-503.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, England. 674 p.
- NELL, A.T. 1993. Flowering Potted Plants. Prolonging Shelf Performance. Ball Publishing. Batavia Illinois, USA. 96 p.
- NELL, A.T. 1995. Production factors affecting the longevity and quality of flowering plants. *HortScience* 30(5):1013-1014.
- NELL, A.T.; BARRTET, J.E.; LEONARD, R.T. 1989. Fertilization termination influence postharvest performance of pot chrysanthemum. *HortScience* 24:996-998.
- PITMAN, G.M. 1988. Whole plants. pp. 346-391. *In: Solute Transport in Plant Cells and Tissues*. D.A. Baker y J.L. Hall (eds). Lognan Scientific & Technical. New York, USA.
- RESH, M. H. 1993. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, California. 462 p.
- REUTER, J.D.; ROBINSON, J.B. (eds). 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press. Melbourne, Sydney. Australia. 218 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F. 1991. Apuntes del Curso Sistemas Especiales para la Producción de Hortalizas y Flores. Depto de Fitotecnía. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 170 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE, E.R. 1989. Hidroponía: Un sistema de producción. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- WILD, A.; JONES L.H.P.; MACDUFF, J.H. 1989. Uptake of mineral nutrients and crop growth: The use of flowing nutrient solutions. *Advances in Agronomy* 41:171-219.
- WILLITS, D.H.; NELSON, P.V.; PEET, M.M.; DEPA, M.A.; KUEHNY; J.S. 1992. Modeling nutrient uptake in chrysanthemum as a function of growth rate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:769-774.