

SUMINISTRO DE CALCIO EN EL DESARROLLO Y NUTRICIÓN DE *Lilium* ASIÁTICO

CALCIUM SUPPLY IN THE DEVELOPMENT AND NUTRITION OF ASIATIC *Lilium*

M. Edna Álvarez-Sánchez^{1*}, Ranferi Maldonado-Torres¹, Rosario García-Mateos²,
Gustavo Almaguer-Vargas², Julia Rupit-Ayala³, Fabiola Zavala-Estrada³

¹Suelos, ²Instituto de Horticultura y ³Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México. (edna_alvarez30@yahoo.com.mx)

RESUMEN

Lilium es una especie de gran importancia económica dentro de la producción y comercialización de flores de corte en el mercado internacional. En condiciones de cultivo en suelo o sustrato, algunos cultivares desarrollan síntomas visuales de quemaduras en hojas jóvenes y problemas de calidad, como flacidez del tallo y menor vida en florero. Estos síntomas se han atribuido a una deficiencia de Ca, e indican que el requerimiento de este nutriente puede ser distinto entre cultivares. Por tanto el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del suministro de Ca en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático cv. Dream land y Vermeer, y determinar la demanda de Ca de estos cultivares. Los tratamientos fueron la aplicación de soluciones nutritivas con diferentes niveles de Ca determinados según el método universal de preparación de soluciones nutritivas (Steiner, 1984). Los tratamientos no tuvieron efecto ($p > 0.05$) en el desarrollo y nutrición de Dream land. La necesidad de suministro promedio de Ca para este cultivar fue 6.75 me L^{-1} , mientras que para el cv. Vermeer el máximo desarrollo se obtuvo con 9.94 me L^{-1} . La concentración de Ca asociada con la máxima producción de peso seco ($51.6 \text{ g planta}^{-1}$) en el momento del corte para Dream land fue 0.31% y 0.30% para Vermeer con una biomasa de $16.9 \text{ g planta}^{-1}$. La demanda de Ca, así como el suministro, varió entre cultivares.

Palabras clave: *Lilium* asiático, requerimiento y suministro de calcio.

INTRODUCCIÓN

El *Lilium* asiático (*Lilium* híbrido asiático) es una especie de fácil manejo y poco exigente en cuanto a requerimientos ambientales y nutricionales, lo que ha permitido su amplio cultivo en México, además de ser muy cotizada en el mercado internacional de flores de corte. Los nuevos cultivares muestran diferencias en color, porte de la flor y la susceptibilidad a desarrollar una sintomatología típica caracterizada por quemaduras en hojas. Este síntoma se observa como

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Agosto, 2007. Aprobado: Septiembre, 2008.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 42: 881-889, 2008.

ABSTRACT

Lilium is a species of great economic importance in the production and commercialization of cut flowers in the international market. Under conditions of cultivation in soil or substrate, some cultivars develop visual symptoms of leaf scorch and tip burn in young leaves and problems of quality, such as flaccidity of the stem and shorter vase life. These symptoms have been attributed to a deficiency of Ca, and indicate that the requirement for this nutrient may be different among cultivars. Therefore, the objective of the present investigation was to evaluate the effect of the supply of Ca in the development and nutrition of Asiatic *Lilium* cv. Dream Land and Vermeer, and to determine the demand of Ca of these cultivars. The treatments were the application of nutritive solutions with different levels of Ca determined according to the universal method of preparation of nutritive solutions (Steiner, 1984). The treatments had no effect ($p > 0.05$) on the development and nutrition of Dream land. The requirement of average supply of Ca for this cultivar was 6.75 me L^{-1} ; while for cv. Vermeer the maximum development was obtained with 9.94 me L^{-1} . The concentration of Ca associated with the maximum production of dry weight ($51.6 \text{ g plant}^{-1}$) at the moment of cutting for Dream land was 0.31% and 0.30% for Vermeer, with a biomass of $16.9 \text{ g plant}^{-1}$. The requirements of Ca, as well as the supply, varied among cultivars.

Key words: *Lilium asiatico*, requirement and supply of calcium.

INTRODUCTION

Asiatic *Lilium* (Asiatic hybrid *Lilium*) is a species of easy management and is undemanding with respect to environmental and nutritional requirements, which has permitted its wide cultivation in México, and it is highly valued in the international market of cut flowers. The new cultivars show differences in color, appearance of the flower and the susceptibility of developing a typical symptomatology characterized by leaf burn. This symptom is observed as transversal grayish-white bands at 1 to 2 cm at the tip of the leaves (leaf scorch) or as necrotic points in the leaves of the lower part of the plant (tip burn). The

bandas transversales blancas grisáceas a 1 o 2 cm en el extremo de las hojas (leaf scorch) o como puntas necróticas en las hojas de la parte baja de la planta (tip burn). Los síntomas se manifiestan más claramente cuando la planta alcanza una longitud aproximada de 30-40 cm, justo antes de que los botones florales empiezan a ser visibles (Berghoef, 1986; Chang y Miller, 2003 y 2004). Estos síntomas se han identificado con bajo ($< 4 \text{ me L}^{-1}$) o adecuado (8 me L^{-1}) suministro de calcio en la solución de riego (Berghoef, 1986; Chang y Miller, 2003). Entre los cultivares asiáticos y orientales que presentan con frecuencia esta sintomatología están Pirate, Marseille, Vermeer, Dream land, Star Gazer, Acapulco y Muscadet. La sintomatología descrita es consecuencia de un colapso de una de las capas de células del parénquima de empalizada justo debajo de la capa epidermal y se atribuye a una deficiencia de Ca (Berghoef, 1986; Bush, 1995).

Un factor que puede influir en esta deficiencia es el uso de soluciones nutritivas tipo, ya que hay poca información relativa a soluciones nutritivas estandarizadas por especies, cultivares, estados de desarrollo, condiciones climáticas o métodos de cultivo (Benton, 1997). Una situación similar se presenta con el abonado estándar usado para los cultivares de *Lilium* en fertirriego (Gill *et al.*, 2006).

La deficiencia de calcio también se atribuye a que en el mejoramiento genético de los cultivos ornamentales los híbridos presentan una mayor acumulación de biomasa, altas tasas de crecimiento (Beattie y White, 1993) y mayor necesidad de nutrientes, lo que promueve una mayor demanda nutrimental (Bass *et al.*, 2000; Engelbrecht, 2004). Esto explica por qué en las mismas condiciones de crecimiento algunos cultivares de la misma especie desarrollan su ciclo en forma óptima, en tanto que otros presentan deficiencias, si no reciben fertilizaciones complementarias (Baligar *et al.*, 2001).

El suministro adecuado de nutrientes, así como el requerimiento por el cultivo, son factores a considerar para ajustar la composición y precisar el control de la solución nutritiva para alcanzar el máximo potencial genético de desarrollo (Benton, 1997). En la presente investigación fue evaluado el efecto de suministrar diferentes concentraciones de Ca a través de fertirriego en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático cv. Dream land y Vermeer, y fue determinada la demanda de Ca de estos cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bulbos de *Lilium* híbridos asiáticos cultivar Vermeer y Dream land calibre 12/14 (peso seco promedio 6.5 g), fueron plantados en contenedores de polietileno de 1.20 m anchura, 2.20 m longitud y

symptoms are more clearly manifested when the plant reaches an approximate length of 30-40 cm, just before the floral buds are visible (Berghoef, 1986; Chang and Miller, 2003 and 2004). These symptoms have been identified under low ($< 4 \text{ me L}^{-1}$) or adequate regimen (Berghoef, 1986; Chang and Miller, 2003). Among the Asiatic and Oriental cultivars that frequently present this symptomatology are Pirate, Marseille, Vermeer, Dream land, Star Gazer, Acapulco and Muscadet. The described symptomatology is the consequence of a collapse of one layer of palisade parenchyma cells just under the epidermal layer, and is attributed to a deficiency of Ca (Berghoef, 1986; Bush, 1995).

One factor that can influence this deficiency is the use of type nutritive solutions, given that there is little information relative to nutritive solutions standardized by species, cultivars, stages of development, climatic conditions or cultivation methods (Benton, 1997). A similar situation occurs with the standard fertilization used for the cultivars of *Lilium* in ferti-irrigation (Gill *et al.*, 2006).

Calcium deficiency is also attributed to the fact that in the breeding of ornamental flowers, the hybrids present a greater accumulation of biomass, high growth rates (Beattie and White, 1993) and greater requirement of nutrients, which promotes a higher nutrimental demand (Bass *et al.*, 2000; Engelbrecht, 2004). This explains why under the same growth conditions some cultivars of the same species develop their cycle optimally, whereas others present deficiencies, if they do not receive complementary fertilizations (Baligar *et al.*, 2001).

The adequate supply of nutrients, as well as the requirement per cultivar, are factors to be considered to adjust the composition and to determine the control of the nutritive solution to reach the maximum genetic potential of development (Benton, 1997). In the present investigation, an evaluation was made of the effect of supplying different concentrations of Ca by means of ferti-irrigation on the development and nutrition of Asiatic *Lilium* cv. Dream land and Vermeer, and the demand of Ca of these cultivars was determined.

MATERIALS AND METHODS

Bulbs of Asiatic hybrids *Lilium* cultivar Vermeer and Dream land caliber 12/14 (average dry weight 6.5 g), were planted in polyethylene containers of 1.20 m width, 2.20 m length and 0.2 m depth. Because of its almost neutral and inert pH and the low supply of nutrients, red tezontle was used as substrate, with particle size 5 mm, pH 7.1, electrical conductivity $0.11 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, 11, 6.1, 2.4 and $0.3 \text{ mg}\cdot\text{L}$ of Ca, Mg, K and P determined through the methodology for analysis of substrates proposed by Ansorena (1994).

The treatments (Table 1) were concentrations of Ca by means of nutritive solutions defined according to the technique of Steiner (1984):

0.2 m profundidad. Debido al su pH casi neutro, inerte y al poco aporte de nutrientes, se utilizó tezontle rojo como sustrato, con tamaño de partícula 5 mm, pH 7.1, conductividad eléctrica 0.11 dS m⁻¹, 11, 6.1, 2.4 y 0.3 mg·L de Ca, Mg, K y P determinados mediante la metodología para análisis de sustratos propuesta por Ansorena (1994).

Los tratamientos (Cuadro 1) fueron concentraciones de Ca mediante soluciones nutritivas definidas de acuerdo con la técnica de Steiner (1984): 1) Ca alto, T1; 2) Ca bajo, T2; 3) Ca bajo más aspersiones foliares con quelato de Ca 1%, T3; 4) testigo, T4, que fue la solución universal (Steiner, 1984).

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y 32 contenedores o unidades experimentales por cultivar; cada contenedor tuvo 70 plantas. Las soluciones nutritivas fueron aplicadas por riego por goteo iniciando 10 d después de la emergencia (DDE). En las dos primeras semanas se suministró 50% de la concentración final. Las aspersiones foliares con quelato de Ca 1% (EDTA-Ca al 14%) fueron a los 43, 51 y 58 DDE.

La plantación se hizo el 26 de abril de 2003. La emergencia ocurrió 10 d después de la plantación en 87% del total plantado. La cosecha se hizo el 9 de julio, cuando el primer botón floral presentaba color. El experimento fue realizado en invernadero, donde la temperatura promedio mensual durante el crecimiento de cultivo fue 24.3, 24.9, 24.8 y 24.1 °C para abril, mayo, junio y julio, y la humedad relativa promedio fue 47, 47.1, 58.1 y 57.2%. El cultivo fue realizado según las prácticas de manejo recomendadas (Miller, 1992).

Cuatro muestreos de planta entera cada tres semanas desde los 15 DDE, extrayendo al azar cuatro plantas por unidad experimental de cada cultivar. Las muestras fueron lavadas con agua destilada y seccionadas en raíz, bulbo, parte aérea e inflorescencia. Luego fueron secadas en estufa a 70 °C hasta peso constante. El peso seco y la concentración de Ca en la planta entera. La concentración de Ca en las muestras fue determinada mediante una digestión húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico (proporción de 2:1) y su concentración se midió con un espectrofotómetro de absorción atómica (marca GBC modelo Avanta PM, Australia).

Desde los 22 DDE, se realizaron muestreos foliares cada dos semanas, recolectando la hoja más joven recientemente madura de 10 plantas en competencia completa, seleccionadas al azar en cada unidad experimental; fueron procesadas y la concentración de Ca analizada como se describió anteriormente. Al momento de plantar,

1) high Ca, T1; 2) low Ca, T2; 3) low Ca plus foliar aspersions with chelate of Ca 1%, T3; 4) control, T4, which was the universal solution (Steiner, 1984).

The experimental design was completely randomized with four replicates per treatment and 32 containers or experimental units per cultivar; each container had 70 plants. The nutritive solutions were applied by means of drip irrigation starting 10 d after emergence (DAE). In the first two weeks 50% of the final concentration was applied. The foliar aspersions with chelate of Ca 1% (EDTA-Ca at 14%) were made at 43, 51 and 58 DAE.

The planting was made on April 26, 2003. Emergence occurred 10 d after planting in 87% of the total planted. The harvest was made on July 9, when the first floral bud presented color. The experiment was carried out in a greenhouse, where the average monthly temperature during the growth of the crop was 24.3, 24.9, 24.8 and 24.1 °C for April, May, June and July, and the average relative humidity was 47, 47.1, 58.1 and 57.2%. The cultivation was carried out according to the recommended management practices (Miller, 1992).

Four samplings were made of whole plant every three weeks after 15 DAE, randomly extracting four plants per experimental unit of each cultivar. The samples were washed with distilled water and were sectioned in root, bulb, aboveground part and inflorescence. Afterwards, they were dried in an oven at 70 °C until reaching constant weight. The dry weight was determined along with the Ca concentration in the whole plant. Ca concentration in the samples was determined by means of a wet digestion with a mixture of perchloric and nitric acid (proportion of 2:1) and its concentration was measured in an atomic absorption spectrophotometer (GBC model Avanta PM, Australia).

From 22 DAE, foliar samplings were made every two weeks, collecting the youngest newly matured leaf of 10 plants in complete competence, randomly selected in each experimental unit; they were processed and the Ca concentration was analyzed as previously described. At the moment of planting, in a sample of five bulbs of each cultivar previously washed, the dry weight and Ca concentration were determined.

Tests of normality and homogeneity were made on the residuals of the variables, and because they satisfied these requirements, an analysis of variance was made as well as a LSD means test (p≤0.05) using the software SAS (1989). An exponential model was fitted, for the data of the concentration of Ca in the foliar samples.

Cuadro 1. Soluciones nutritivas usadas en el cultivo de *Lilium*.
Table 1. Nutritive solutions used the cultivation of *Lilium*.

Tratamientos [†]	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼
	(me L ⁻¹)					
Alto Ca	6.96	9.94	2.98	11.84	1.58	6.32
Bajo Ca	10.24	4.66	3.72	11.13	1.48	5.94
Bajo Ca+Q [‡]	10.24	4.66	3.72	11.13	1.48	5.94
Testigo	7	9	4	12	1	7

[†] Los tratamientos fueron complementados con la solución de micronutrientes sugerida por Steiner (1984).

[‡] Q=EDTA-Ca foliar al 1%.

en una muestra de cinco bulbos de cada cultivar previamente lavados, fue determinado el peso seco y la concentración de Ca.

Pruebas de normalidad y homogeneidad fueron realizadas en los residuales de las variables y, debido a que cumplían con estos requerimientos, se hizo un análisis de varianza y prueba de medias LSD ($p \leq 0.05$) usando el paquete SAS (1989). Un modelo exponencial fue ajustado para los datos de la concentración de Ca en las muestras foliares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del Ca en el crecimiento

Los tratamientos con Ca no afectaron significativamente el peso seco y la altura del cv. Dream land, en tanto que Vermeer, presentó diferencias en peso seco desde los 57 DDE y en altura sólo a los 64 DDE (Cuadro 2). En Dream land el peso seco promedio acumulado por planta en el punto de corte fue 51.6 g con una altura de 90.5 cm, muy superior al del cv. Vermeer. En este último cultivar, un bajo suministro de Ca (4.66 me L^{-1}) causó el menor ($p \leq 0.05$) peso

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of Ca on growth

The treatments with Ca did not significantly affect the dry weight and height of cv. Dream land, whereas Vermeer presented differences in dry weight after 57 DAE and in height only at 64 DAE (Table 2). In Dream land the average dry weight accumulated per plant at the cutting point was 51.6 g with a height of 90.5 cm, much higher than that of cv. Vermeer. In the latter cultivar, a low supply of Ca (4.66 me L^{-1}) caused the lowest ($p \leq 0.05$) dry weight ($13.8 \text{ g plant}^{-1}$) and the lowest height (81.4 cm), while the highest growth ($16.9 \text{ g plant}^{-1}$ and 92.7 cm height) was due to the treatment high in Ca.

In these cultivars, despite having the same cycle of development up to the point of cutting, growth in terms of height and accumulation of biomass was very different. The knowledge of the accumulation of biomass and nutrients throughout the cycle has been used as a basis to generate precise recommendations of nitrogen

Cuadro 2. Peso seco en planta entera y altura durante el ciclo de dos cultivares de *Lilium*.
Table 2. Dry weight in whole plant and height during the cycle of two cultivars of *Lilium*.

Tratamientos	Días después de la emergencia							
	Peso seco [†]				Altura			
	15	36	57	64	15	36	57	64
	(g planta ⁻¹)				(cm planta ⁻¹)			
	Dream land							
Alto Ca	18.0a ⁷	28.7a	41.9a	47.7a	22.5a	59.9a	79.8a	86.8a
Bajo Ca	19.2a	27.8a	38.2a	49.1a	20.7a	59.2a	77.6a	86.1a
Bajo Ca+Q [‡]	19.3a	28.8a	42.1a	53.7a	21.9a	59.4a	82.3a	94.8a
Testigo [§]	19.0a	30.3a	38.3a	55.9a	21.8a	58.4a	78.1a	94.3a
LSD ^Φ	2.5	3.5	8.5	10.4	6.72	9.46	12.0	15.4
Prob. [□]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%) ^{††}	8.6	7.9	13.8	13.1	14.7	7.6	7.2	8.1
	Vermeer							
Alto Ca	8.0a ³	10.5a	14.2ab	16.9a	19.0a ³	63.7a	83.2a	92.7a
Bajo Ca	7.9a	10.1a	14.0ab	13.8c	19.0a	59.1a	81.5a	81.4b
Bajo Ca+Q	7.9a	10.3a	13.4b	14.9bc	18.8a	59.3a	77.1a	86.6ab
Testigo	7.9a	10.5a	14.5a	15.9ab	19.0a	61.6a	83.1a	90.5ab
LSD	0.34	0.62	0.97	1.2	5.3	6.7	7.0	10.6
Prob. F	ns	ns	0.05	0.0005	ns	ns	ns	0.04
CV (%)	2.8	3.9	4.5	4.9	13.3	5.2	4.1	5.7

a,b,c medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).

[†] Parte aérea+raíz+bulbo.

[‡] Q= EDTA-Ca foliar al 1%.

[§] El testigo corresponde a la solución universal de Steiner (1984).

^Φ DMS=Diferencia mínima significativa.

[□] Prob. F= Nivel de significancia.

^{††} CV= Coeficiente de variación.

seco (13.8 g planta⁻¹) y la menor altura (81.4 cm), mientras que el mayor crecimiento (16.9 g planta⁻¹ y 92.7 cm de altura) fue con el tratamiento alto en Ca.

En estos cultivares, a pesar tener el mismo ciclo de desarrollo hasta el punto de corte, el crecimiento en términos de altura y acumulación de biomasa fue muy distinto. El conocimiento de la acumulación de biomasa y de nutrientes durante el ciclo ha sido usado como base para generar recomendaciones precisas de fertilización nitrogenada en los cultivares Aristo, Connecticut King, y Enchantment de *Lilium* asiático (Slangen *et al.*, 1989).

Un análisis de la velocidad de acumulación de materia seca (Cuadro 2) durante el ciclo de desarrollo de los cultivares (promedio de los tratamientos en Dream land) muestra las siguientes tasas de crecimiento: un crecimiento acelerado, 0.75 g d⁻¹, entre 0 a 15 DDE; una reducción, 0.48 g d⁻¹, de 16 a 36 DDE; un aumento, 0.54 g d⁻¹, de 37 a 57 DDE período que coincidió con la etapa de formación de botones; un crecimiento acelerado, 1.63 g d⁻¹, de 58 a 64 DDE, como consecuencia del desarrollo de la inflorescencia. En Vermeer (alto en CA), las tasas de crecimiento fueron: 0.13 g d⁻¹ de 0 a 15 DDE; 0.12 g d⁻¹ de 16 a 36 DDE; 0.18 g d⁻¹ de 37 a 57 DDE; 0.39 g d⁻¹ de 58 a 64 DDE). En el momento en que el botón se hizo visible (a los 43 DDE en Dream land y 50 DDE para Vermeer), el cv. Dream land apenas había acumulado 67% de su biomasa total, pero Vermeer tuvo 78%, mostrando que aun cuando son cultivares de ciclo similar hasta el punto de corte, éste último tiene requerimientos más fuertes de fotosintatos y, en consecuencia, de todos los nutrientes en un corto período de tiempo.

En el presente estudio ninguno de los cultivares ensayados mostraron síntomas visibles de deficiencia de Ca, aunque en Vermeer sí se manifestaron condiciones de hambre oculta debido a que hubo respuesta diferencial a los niveles de Ca suministrados. En condiciones de suministro de Ca menores a 8 me L⁻¹, la sintomatología de deficiencia en *Lilium* se presenta justo antes de la aparición del botón floral, cuando se inicia un periodo de crecimiento rápido: 3-5 cm d⁻¹ en el cv. Pirate y 0.11 g d⁻¹ en Star Gazer (Berghoef, 1986; Chang y Miller, 2003).

Concentración de Ca

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de comparación de medias de las concentraciones de Ca en planta entera. En ambos cultivares, la concentración de Ca aumentó con la edad de la planta y fue influenciada significativamente por el suministro de Ca. En Vermeer el tratamiento alto de Ca y el testigo provocaron las concentraciones más altas de Ca en la planta en todo el

fertilization in the cultivars Aristo, Connecticut King and Enchantment of Asiatic *Lilium* (Slangen *et al.*, 1989).

An analysis of the accumulation rate of dry matter (Table 2) during the development cycle of the cultivars (average of the treatments in Dream land) show the following growth rates: and accelerated growth, 0.75 g d⁻¹, between 0 to 15 DAE; a reduction, 0.48 g d⁻¹, from 16 to 36 DAE; an increase, 0.54 g d⁻¹, from 37 to 57 DAE, period which coincides with the stage of bud formation; an accelerated growth, 1.61 g d⁻¹, from 58 to 64 ADE, as consequence of the development of the inflorescence. In Vermeer (high in Ca), the growth rates were: 0.13 g d⁻¹ from 0 to 15 DAE; 0.12 g d⁻¹ from 16 to 36 DAE; 0.18 g d⁻¹ from 37 to 57 DAE, and 0.39 g d⁻¹ from 58 to 64 DAE. At the moment in which the bud became visible (at 43 DAE in Dream land and 50 DAE for Vermeer), cv. Dream land had only accumulated 67% of its total biomass, while Vermeer had accumulated 78%, showing that even when they are cultivars of similar cycle up to the point of cutting, the latter has stonger requirements of photosynthates, and consequently, of all the nutrients in a short period of time.

In the present study none of the tested cultivars showed visible symptoms of Ca deficiency, although in Vermeer there were manifestations of conditions of hidden hunger, due to the fact that there was a differential response to the levels of Ca that were applied. Under conditions of Ca supply lower than 8 me L⁻¹, the typical deficiency symptoms in *Lilium* appears just before the appearance of the floral bud, when a period of rapid growth begins: 3-5 cm d⁻¹ in cv. Pirate and 0.11 g d⁻¹ in Star Gazer (Berghoef, 1986; Chang and Miller, 2003).

Concentration of Ca

The comparison of means test of the Ca concentrations in whole plant Table 3. In both cultivars, the concentration of Ca increased with the age of the plant and was influenced significantly by the application of calcium. In Vermeer the high treatment of Ca and the control caused the highest concentrations of Ca in the plant throughout the cycle, whereas in Dream land this effect was only significant at 57 d, when the control and high Ca treatments promoted the highest concentrations.

It is important to point out that the Ca applied to the leaf did not result in a benefit in the growth and concentration of Ca, particularly in Vermeer, which was more demanding of Ca. The Ca in the interior of the plant moves great distances in the xylem, due mainly to the flow of masses generated by the transpiration

ciclo, mientras que en Dream land este efecto sólo fue significativo a los 57 d, cuando los tratamientos testigo y alto en Ca promovieron las mayores concentraciones.

Es importante señalar que la administración de Ca vía foliar no resultó en un beneficio en el crecimiento y concentración de Ca, particularmente en Vermeer, que mostró ser más demandante en Ca. El Ca en el interior de la planta se mueve en grandes distancias en el xilema debido principalmente al flujo de masas generado por el torrente de la transpiración (Kirby y Pilbeam, 1984). En consecuencia, parte de los desordenes del Ca resultan de una muy limitada capacidad de la planta para regular la distribución de Ca entre los tejidos de baja transpiración como ocurre con las hojas muy jóvenes en desarrollo en el *Lilium* (Chang y Miller, 2004).

La producción total de materia seca y la concentración de Ca en planta entera de Vermeer en el tratamiento alto en Ca (Figura 1), fue por que éste promovió significativamente la mayor producción de materia seca, concentración y acumulación de Ca durante el ciclo. La concentración de Ca calculada donde se produjo la máxima acumulación de biomasa seca (16.9 g planta⁻¹) fue 0.30%.

Dado que en Dream land el peso seco en planta entera no fue influenciado por el suministro de Ca, en la Figura 2 se muestra la relación entre la concentración de Ca en la planta y el peso seco promedio de los tratamientos, acumulado durante el ciclo hasta el momento del corte. La concentración de Ca asociada con la máxima producción de peso seco (51.6 g planta⁻¹) fue 0.31%. Según Chang y Miller (2004), en el cultivar ‘Star Gazer’ la concentración de Ca asociada con el máximo rendimiento fue 0.87% con un peso seco total de 27.7 g planta⁻¹. Estos resultados muestran que el requerimiento de Ca del *Lilium* depende del tipo de híbrido.

En la presente investigación, a pesar de haberse incluido 4.66 me L⁻¹ de Ca en la solución nutritiva, concentración inferior a la adecuada (8 me L⁻¹), no se presentó la sintomatología esperada en ninguno de los dos cultivares. Es posible que las reservas de Ca en el bulbo hayan influido en la respuesta de los cultivares, ya que en Dream land la concentración de Ca en los bulbos fue 0.053%, y en Vermeer 0.03%. Chang y Miller (2004) estudiaron la nutrición y distribución del Ca asociado con la sintomatología de deficiencia en *Lilium* Star Gazer (híbrido oriental), y encontraron que con 8 me L⁻¹ (considerado óptimo para el crecimiento normal de *Lilium*) y una concentración inicial de Ca en el bulbo menor a 0.05%, las plantas presentaban sintomatología de deficiencia de Ca, pero no en aquellas con bulbos con mayor concentración de Ca. Esto

Cuadro 3. Concentración y acumulación de calcio en planta entera de dos cultivares de *Lilium* en cada fecha de muestreo.

Table 3. Concentration and accumulation of calcium in whole plants of two cultivars of *Lilium* on each date of sampling.

Tratamiento	Concentración de Ca		Acumulación de Ca	
	Dream land	Vermeer	Dream land	Vermeer
	(%)		(mg planta ⁻¹)	
15 DDE [†]				
Alto Ca	0.074 a	0.052a	13.3a	4.13a
Bajo Ca	0.072 a	0.039b	13.9a	3.04c
Bajo Ca + Q [‡]	0.062a	0.041b	12.0a	3.26bc
Testigo [§]	0.077 a	0.049a	14.5a	3.85ab
DMS ^Φ	0.02	0.006	3.97	0.62
36 DDE				
Alto Ca	0.192 a	0.174a	55.2a	18.11a
Bajo Ca	0.197a	0.111b	55.2a	11.22b
Bajo Ca + Q	0.175 a	0.127b	51.2a	12.95b
Testigo	0.214a	0.158a	64.2a	16.48a
DMS	0.065	0.068	20.6	2.86
57 DDE				
Alto Ca	0.256 ab	0.237a	108.7a	33.43a
Bajo Ca	0.221b	0.178b	84.4a	25.10bc
Bajo Ca + Q	0.227 b	0.157bc	97.6a	21.21c
Testigo	0.284 a	0.215a	109.3a	31.28ab
DMS	0.055	0.035	38.85	6.57
64 DDE				
Alto Ca	0.283a	0.303a	139.6a	51.2 ^a
Bajo Ca	0.305a	0.177c	153.0a	24.29b
Bajo Ca + Q	0.269a	0.221b	146.7a	32.94b
Testigo	0.378a	0.274a	210.0a	43.76aa
DMS	0.111	0.043	76.81	8.94

a,b,c Medias con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (p ≤ 0.05).

[†] DDE = Días después de la emergencia.

[‡] Q = EDTA-Ca foliar al 1%.

[§] Testigo corresponde a la solución universal de Steiner(1984).

^Φ DMS = Diferencia mínima significativa.

stream (Kirby and Pilbeam, 1984). In consequence, part of the disorders of the Ca are the result of a very limited capacity of the plant to regulate the distribution of Ca among the tissues of low transpiration as occurs with the very young leaves in development in the *Lilium* (Chang and Miller, 2004).

The total production of dry matter and the concentration of Ca in whole plant of Vermeer in the high Ca treatment (Figure 1), was due to the fact that it significantly promoted the highest production of dry matter, concentration and accumulation of Ca

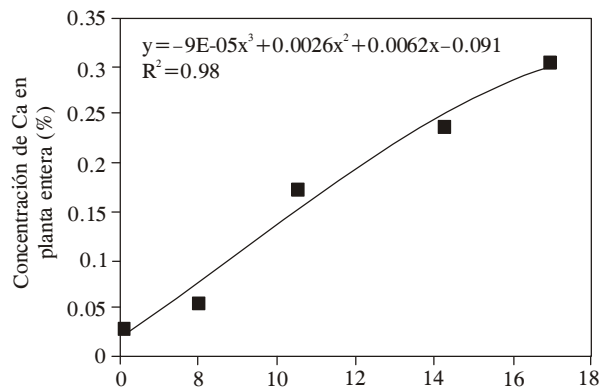


Figura 1. Requerimiento de Ca de *Lilium* cv. Vermeer.
Figure 1. Requirement of Ca of *Lilium* cv. Vermeer.

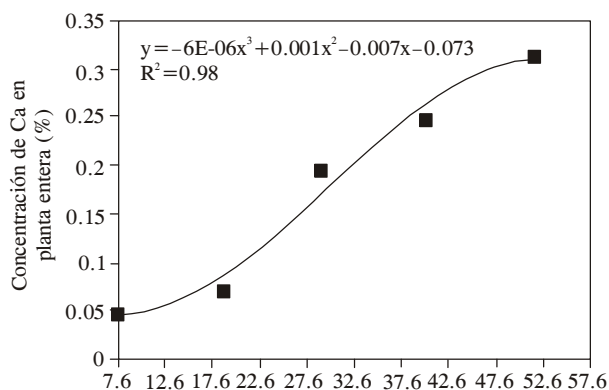


Figura 2. Concentración de Ca en planta entera asociado con el peso seco del *Lilium* cv. Dream land durante el ciclo.
Figure 2. Concentration of Ca in whole plant associated with the dry weight of *Lilium* cv. Dream land throughout the cycle.

explicaría que en Dream land las concentraciones de Ca en la planta fueran similares en el nivel alto y bajo de suministro de Ca (Cuadro 3). Los datos muestran la diferencia en los requerimientos de Ca entre cultivares e híbridos y con ello su posible susceptibilidad a presentar deficiencias por este nutriente.

Acumulación de Ca

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de significancia de acumulación nutrimental en planta entera de *Lilium* para los cv. Dream land y Vermeer. Los tratamientos influenciaron significativamente la acumulación de Ca en Vermeer durante el ciclo del cultivo; en Dream land no hubo efecto de los tratamientos. En Vermeer con el tratamiento bajo de Ca, la planta dejó de acumularlo desde los 57 DDE, en tanto que con el tratamiento

throughout the cycle. The concentration of Ca estimated where the maximum accumulation of dry biomass was produced (16.9 g plant⁻¹) was 0.30%.

Given that in Dream land the dry weight in whole plant was not affected by the application of Ca, in Figure 2 it is shown the relationship between the concentration of Ca in the plant and the average dry weight of the treatments, accumulated during the cycle until the moment of cutting. The concentration of Ca associated with the maximum production of dry weight (51.6 g plant⁻¹) was 0.31%. According to Chang and Miller (2004), in the cultivation of "Star Gazer" the concentration of Ca associated with the maximum yield was 0.87% with a total dry weight of 27.7 g plant⁻¹. These results show that the requirement of Ca of *Lilium* depends on the type of hybrid.

In the present investigation, despite having included 4.66 me L⁻¹ of Ca in the nutritive solution, which is lower than the adequate concentration (8 me L⁻¹), the expected typical deficiency symptoms did not appear in either of the two cultivars. It is possible that the reserves of Ca in the bulb influenced the response of the cultivars, given that in Dream land the concentration of Ca in the bulbs was 0.053%, and in Vermeer 0.03%. Chang and Miller (2004) studied the nutrition and distribution of the Ca associated with the symptoms of deficiency in *Lilium* Star Gazer (oriental hybrid), and found that with 8 me L⁻¹ (considered optimum for the normal growth of *Lilium*) and an initial concentration of Ca in the bulb of less than 0.05%, the plants presented symptoms of deficiency of Ca, but not in those with bulbs with higher concentration of Ca. This would explain that in Dream land the concentrations of Ca in the plant were similar in the high and low level of Ca supply (Table 3). The data show the difference in the requirements of Ca among cultivars and hybrids and thus their possible susceptibility of presenting deficiencies of this nutrient.

Accumulation of Ca

The test of significance of nutrimental accumulation in whole plant of *Lilium* for cv. Dream land and Vermeer (Table 3). The treatments significantly affected the accumulation of Ca in Vermeer throughout the crop cycle; in Dream land there was no effect of the treatments. In Vermeer with the low Ca treatment, the plant stopped accumulating Ca after 57 DAE, while with the high, control and low treatment in Ca+Q, it remained active up to 64 DAE.

An analysis of the accumulation rate of Ca during the development cycle of the cultivars (average of all the treatments for Dream land and for the treatment high in Ca in Vermeer), showed that in Dream land in

alto, testigo y bajo en Ca+Q, ésta se mantuvo activa hasta los 64 DDE.

Un análisis de la velocidad de acumulación de Ca durante el ciclo de desarrollo de los cultivares (promedio de todos los tratamientos para Dream land y para el tratamiento alto en Ca en Vermeer), mostró que en Dream land en los primeros 15 DDE, la velocidad de acumulación de Ca fue muy lenta (0.64 mg d^{-1}). Después aumentó con tasas constantes de 2.1 mg d^{-1} hasta los 57 DDE, a partir del cual inició un crecimiento rápido de los botones florales con demandas sustanciales de Ca en un tiempo muy corto (7 d), donde la velocidad de acumulación de Ca aumentó a 8.9 mg d^{-1} . Con 9.6 me L^{-1} de Ca, el cultivar Vermeer presentó tasas de acumulación de 0.15 mg d^{-1} (0 a 15 DDE), 0.67 mg d^{-1} (16-36 DDE), 0.72 mg d^{-1} (37-57 DDE) y 2.5 mg d^{-1} (58 a 64 DDE), considerablemente menores a las de Dream land.

En *Lilium* la mayor demanda nutrimental, en particular la de Ca, se acentúa durante la aparición del botón floral, cuando se presentan los síntomas de deficiencia de este elemento (Berghoef, 1986; Beattie y White, 1993; Chang y Miller, 2004). Ahora se analiza en forma detallada las diferencias en las demandas de los cultivares estudiados durante este evento fenológico: para Dream land y Vermeer, la aparición del botón ocurrió a los 43 y 50 DDE; de 36 a 57 DDE que incluyen este evento fenológico, los requerimientos de Ca para formar 1 g MS fueron $1.52 \text{ mg Ca g}^{-1}$ para Dream land y 2.0 mg Ca g^{-1} para Vermeer. Así mismo, la concentración de Ca en la hoja más recientemente madura en el mismo evento fenológico en Dream land fue 0.42%, determinado mediante la ecuación $\%Ca_{\text{hoja}} = 0.1306e^{0.0271\text{DDE}}$ ($R^2=0.96$); en Vermeer fue 0.76%, determinado con la ecuación $\%Ca_{\text{hoja}} = 0.1677e^{0.0301\text{DDE}}$ ($R^2=0.99$). Al respecto, Chang y Miller (2003) determinaron que para Star Gazer cultivado en régimen adecuado de Ca (8 me L^{-1}) el requerimiento de Ca para formar 1 g de MS a los 40 DDE, cuando aparece el botón floral, fue 4.6 mg Ca g^{-1} , con una concentración promedio de 1.3% Ca en las hojas.

Los resultados de la presente investigación muestran que la producción de biomasa ejerce una demanda de Ca que puede ser muy distinta entre cultivares y debe tomarse en cuenta en el programa de nutrición, en particular, cuando se producen en invernadero, simultáneamente, más de dos cultivares o incluso híbridos.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de Ca suministradas vía radical mediante la solución nutritiva no influenciaron significativamente el desarrollo y nutrición de *Lilium* cv. Dream land, pero sí en Vermeer. Las necesidades

the first 15 DAE, the rate of Ca accumulation was very slow (0.64 mg d^{-1}). Afterwards it increased with constant rates of 2.1 mg d^{-1} until 57 DAE, after which began a rapid growth of the floral buds with substantial demands of Ca in a very short time (7 d), where the accumulation rate of Ca increased to 8.9 mg d^{-1} . With 9.6 me L^{-1} of Ca, the Vermeer cultivar presented accumulation rates of 0.15 mg d^{-1} (0 to 15 DAE), 0.67 mg d^{-1} (16-36 DAE), 0.72 mg d^{-1} (37-57 DAE) and 2.5 mg d^{-1} (58 to 64 DAE), considerably lower than those of Dream land.

In *Lilium* the higher nutrimental demand, particularly that of Ca, was accentuated during the appearance of the floral bud, when the symptoms of deficiency of this element appear (Berghoef, 1986; Beattie and White, 1993; Chang and Miller, 2004). Now, a detailed analysis is made of the differences in the demands of the cultivars under study during this phenological event: for Dream land and Vermeer, the appearance of the floral bud occurred at 43 and 50 DAE; from 36 to 57 DAE which includes this phenological event, the requirements of Ca to form 1 g of DM were $1.52 \text{ mg Ca g}^{-1}$ for Dream land and 2.0 mg Ca g^{-1} for Vermeer. In addition, the concentration of Ca in the most recently matured leaf in the same phenological event in Dream land was 0.42%, determined through the equation $\%Ca_{\text{leaf}} = 0.1306e^{0.0271\text{DAE}}$ ($R^2=0.96$); in Vermeer it was 0.76%, determined with the equation $\%Ca_{\text{leaf}} = 0.1677e^{0.0301\text{DAE}}$ ($R^2=0.99$). To this respect, Chang and Miller (2003) determined that for Star Gazer cultivated under an adequate regimen of Ca (8 me L^{-1}), the requirement of Ca to form 1 g of DM at 40 DAE, when the floral bud appears, was 4.6 mg Ca g^{-1} , with an average concentration of 1.3% Ca in the leaves.

The results of the present investigation show that the production of biomass promotes a demand of Ca that can be very different among cultivars and should be considered in the nutrition program in particular, when more than two cultivars or even hybrids are produced simultaneously in the greenhouse.

CONCLUSIONS

The concentrations of Ca supplied through the root by the nutritive solution did not have a significant effect on the development and nutrition of *Lilium* cv. Dream land, but they did in Vermeer. The average requirements of calcium supply for Dream land were 6.75 me L^{-1} , while in Vermeer the maximum development was obtained with 9.94 me L^{-1} .

The concentration of Ca associated with the maximum production of dry weight ($51.6 \text{ g plant}^{-1}$) at the moment of cutting for Dream land was 0.31 % and 0.30 % for Vermeer, with a biomass of $16.9 \text{ g plant}^{-1}$.

promedio de suministro de Ca para Dream land fueron 6.75 me L⁻¹, mientras que en Vermeer el máximo desarrollo se consiguió con 9.94 me L⁻¹.

La concentración de Ca asociada con la máxima producción de peso seco (51.6 g planta⁻¹) en el momento del corte para Dream land fue 0.31 % y 0.30% para Vermeer, con una biomasa de 16.9 g planta⁻¹. El contenido de Ca fue 162.3 y 51.2 mg planta⁻¹ para Dream land y Vermeer, mostrando grandes diferencias en las demandas de Ca.

AGRADECIMIENTOS

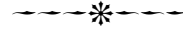
Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento del proyecto 35341 -B "Nutrición y producción de especies ornamentales en condiciones de fertirrigación".

LITERATURA CITADA

- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa, México. 169 p.
- Baligar, V. C., N. K. Fageria, and Z. L. He. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Sci. and Plant Analysis* 32:921-950.
- Bass, R., N. Marissen, and A. Dik. 2000. Cut rose quality as affected by calcium supply and translocation. *Acta Horticulturae* 518:45-54.
- Beattie, D. J., and J. W. White. 1993. *Lilium*. Hybrids and species. In: De Hertogh, A., and M. Le Nard (eds). *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands. pp: 423-454.
- Benton, J. J. Jr. 1997. Nutrient solution. In: *Hydroponics. A Practical Guide for the Soilless Grower*. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida. USA. pp: 55-87.
- Bergthoef, J. 1986. Effect of calcium on tipburn of *Lilium* 'Pirate'. *Acta Horticulturae* 177: 433-438.

The Ca content was 162.3 and 51.2 mg plant⁻¹ for Dream land and Vermeer, showing great differences in the demands of Ca.

End of the English version—



- Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Ann. Rev. Plant Physiol. and Plant Molecular Biol.* 46: 95-122.
- Chang, Y. CH., and W.B. Miller. 2003. Growth and calcium partitioning in *Lilium* Star Gazer in relation to leaf calcium deficiency. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 128: 788- 796.
- Chang, Y. CH., and W.B. Miller. 2004. The relationship between leaf enclosure, transpiration, and upper leaf necrosis on *Lilium* 'Star Gazer'. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 129: 128-133.
- Engelbrecht, G.M. 2004. The effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the growth, yield and quality of *Lachenalia*. Ph. D. thesis. University of the Free State Bloemfontein. Bloemfontein, South Africa.
- Gill, S., E. Dutky, and Ch. Schuster. 2006. Production of hybrid lilies as cut flowers. Central Maryland Research and Education Center. University of Maryland Cooperative Extensión. USA. 16 p.
- Kirkby, E. A., and D. J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell and Environ.* 7:397-405.
- Miller, W.B. 1992. *Easter and Hybrid Lily Production. Principles and Practice*. Timber Press. Portland, Oregon. USA. 120 p.
- SAS. 1989. *Statistical Analysis System. Versión 8*. SAS Institute Inc. (Ed.), Cary, NC, USA. 943 p.
- Slangen, J. H. G., G. J. Krook, C. H. M. Hendricks, and N. A. A. Hof. 1989. N-dressing and nutrient uptake by lilies on sandy soils. *Netherlands J. Agric. Sci.* 37:269-272.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.