

Amarillamiento en hoja y tallo de *Alstroemeria* cv. ‘Olga’ en invernadero y poscosecha

José Pizano Calderón¹
Carmen Rodríguez López^{1§}
E. Gabriel Alcántar González¹
María de las Nieves Rodríguez Mendoza¹
Elda Araceli Gaytán Acuña¹
Agustín Limón Ortega²

¹Edafología-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230. (egaytan@colpos.mx; pizano.calderon@colpos.mx; alcantar@colpos.mx; marinie@colpos.mx). ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. (limon.agustin@yahoo.com.mx).

§Autor para correspondencia: mc.colpos@hotmail.com.

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en invernadero, con rizomas de *Alstroemeria* cultivar ‘Olga’, bajo sistema hidropónico, con solución universal de Steiner hasta la cosecha. Consistió en dos etapas: fase de invernadero y vida de florero. En invernadero se aplicó fertilización foliar al cultivo bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron ocho dosis de fertilización $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 y FeEDTA. Las variables evaluadas fueron: clorofila, longitud de hoja, diámetro del tallo, número de hojas por tallo y longitud de tallos. En vida de florero se realizó en septiembre de 2013. Como solución preservativa se evaluaron dos concentraciones de la solución universal Steiner. Como testigo se usó agua de llave, solución preservativa comercial Chrysal Clear[®]. La unidad experimental fue un tallo floral. Las variables evaluadas fueron: clorofila, biomasa fresca, transpiración indirecta, clorofila total por el método AOAC, días en florero y apertura floral. A 0, 2, 4, 6, 8 y 10 días después del corte. En la fase de invernadero, la longitud de tallos, número de hojas por tallo y longitud de hojas, fue independiente de la dosis y frecuencia de aplicación de fertilizantes foliares. Las lecturas SPAD, el tratamiento que mostró efecto desde la primera evaluación fue el 5 con aplicación foliar de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L⁻¹, siendo diferente al resto de los tratamientos. El diámetro del tallo aumentó con la aplicación, cada 15 días de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L⁻¹ vía foliar. En la vida de florero las lecturas SPAD y clorofila total de los tratamientos cinco y seis mostraron valores mayores. Es posible mantener los tallos florales con una fertilización foliar de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L⁻¹ cuyo efecto en poscosecha fue diferente a los demás tratamientos en relación a la clorofila. Esta dosis aplicada en precosecha más la adición de un producto preservativo en poscosecha es importante en la conservación del color verde de las hojas.

Palabras clave: clorofila, fertilización foliar, rizomas, vida de florero.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

Las Alstroemerias tienen un alto valor comercial debido a su amplia y atractiva gama de colores, además de su larga vida en florero (King y Bridgen, 1990; Van Schaik *et al.*, 2000; Akatsu y Sato, 2002). Los principales productores de *Alstroemeria* sp. es el Estado de México e Hidalgo, siendo el primero más relevante por el valor estimado de su producción. Se calcula que la superficie sembrada de alstroemeria es de 67.2 ha y un rendimiento de 7 902.39 t (SIAP, 2012).

Los tallos de Alstroemeria son comercializados con hojas, las cuales, generalmente presentan un marcado amarillamiento antes de que las inflorescencias lleguen a senescencia, este amarillamiento se presenta de manera diferente en cada cultivar. Por ello, la presente investigación tuvo por objetivo evaluar la calidad poscosecha en Alstroemeria y generar información nutrimental del cultivo que disminuya o evite el amarillamiento prematuro en vida de florero.

Fase de invernadero

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, se utilizaron tallos florales de Alstroemeria cv Olga, obtenidos a partir de rizomas, bajo un sistema de producción hidropónico con riego por goteo y solución Steiner. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron tres fuentes de fertilizantes foliares, dos con tres dosis diferentes y la última con dos dosis, obtenidas de un estudio realizado por Rodríguez (1997).

Cada unidad experimental se conformó por una maceta. Las fuentes de fertilización foliar utilizadas fueron: nitrato de calcio (T1, T2, T3), sulfato de magnesio (T4, T5, T6) y FeEDTA (T7, T8). Se llevaron a cabo tres aplicaciones, a los 105, 120 y 135 DDT. Las evaluaciones en invernadero se realizaron a los tres días posteriores de cada fertilización.

Por unidad experimental se seleccionaron al azar cuatro tallos florales, evaluando las siguientes variables respuesta: lecturas SPAD-502, estimó indirectamente el contenido de clorofila en las hojas de los tallos florales. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute 2002). Se realizó un análisis de varianza (Anova $\alpha=0.05$). Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación múltiple (Tukey $\alpha=0.05$), con la finalidad de definir el mejor tratamiento.

Fase de vida de florero

Se evaluaron los tallos florales obtenidos de los tratamientos 4 y 5 debido a que fueron los que presentaron los mayores valores SPAD, diámetro de tallos y con características óptimas de comercialización. Esta evaluación se llevó a cabo el día 10 de septiembre de 2013 en el área de edafología, Campus Montecillo. Los tallos florales se colocaron individualmente en frascos de vidrio de 350 ml de capacidad, conteniendo la solución preservativa a un pH de 3.5 con un volumen de 250 ml. Durante 11 días (d) se estudiaron dos concentraciones de la solución nutritiva universal Steiner (20 y 30%) obtenidas de la fase de invernadero.

Como testigo absoluto se utilizó agua de llave, además de la solución preservativa comercial Chrysal Clear[®]. Se empleó un diseño completamente al azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, con un arreglo factorial (AxB), en el que el factor A representa los tratamientos seleccionados en

precosecha, el factor B representa las soluciones preservativas en poscosecha. Para evaluar el efecto de las soluciones preservativas sobre la vida de florero en tallos florales de *Alstroemeria cv Olga* se consideró las siguientes variables, a) lecturas SPAD, e realizaron cada tercer día; b) pérdida de biomasa húmeda, se registró diariamente con una balanza digital y fue expresado como porcentaje de biomasa perdida respecto a la inicial; c) tasa de transpiración indirecta, se calculó diariamente con los volúmenes de agua inicial y final en los floreros d) concentración de clorofila total, se cuantificó la concentración de clorofila total, por el método de la AOAC (1980). Para tal efecto, se utilizó la siguiente ecuación: clorofila total = $(8.2 * A663) + (20.2 * A645)$, para lo cual se utilizó un espectrofotómetro (Spectronic2 1D, Milton Roy®). La evaluación se realizó el último día en vida de florero.

Fase de invernadero

Lecturas SPAD

En la Figura 1, se observa que a partir de la segunda y tercera evaluación los tratamientos no presentaron el mismo efecto sobre la variable respuesta ($Pr > F < 0.05$), existió una diferencia notable en las unidades SPAD de T1 y los demás tratamientos; ya que estos presentaron un incremento exponencial de las unidades SPAD, mientras que los valores de T1 se mantuvieron constantes con respecto a la primera evaluación.

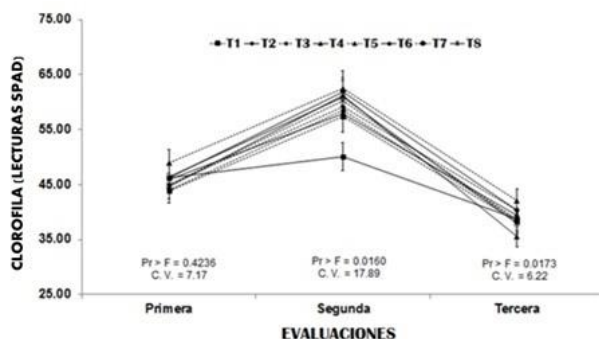


Figura 1. Lecturas SPAD durante las tres evaluaciones a los tres días posteriores a los tratamientos en invernadero. Los tratamientos (T) de manejo precosecha fueron: T1= $MgSO_4$ 0.5 g L⁻¹; T2= $MgSO_4$ 1 g L⁻¹; T3= $MgSO_4$ 2 g L⁻¹; T4= $Ca(NO_3)_2$ 1 g L⁻¹; T5= $Ca(NO_3)_2$ 2 g L⁻¹; T6= $Ca(NO_3)_2$ 4 g L⁻¹; T7= FeEDTA 5 mg L⁻¹; T8= FeEDTA 10 mg L⁻¹.

Los resultados obtenidos corresponden a lo reportado por Vilcox (1994) que indica que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse en la planta completa y en el fruto.

Cuando la temperatura aumenta en el rango de 15 y 20 °C se produce un fuerte incremento en la concentración de clorofila, mientras que a >20 °C la tasa de aumento en la concentración de clorofila decrece abruptamente con su incremento (Dwyer *et al.*, 1991). Por lo tanto, las diferentes temperaturas medias observadas en esta evaluación que fueron arriba de 20 °C podrían ser la causa de la disminución de las lecturas SPAD. Con respecto a los demás tratamientos evaluados, estos presentaron valores de 37.93 a 40.32, sin diferencias significativas entre sí.

Diámetro de tallos

Los tratamientos no presentaron el mismo efecto sobre la variable respuesta ($Pr > F < 0.05$). En la primera evaluación, los mejores tratamientos fueron T4, T6 y T8, los cuales presentaron un diámetro de tallo de 0.57, 0.57 y 0.55 cm, respectivamente. Dichos tratamientos exhibieron diferencias con respecto a T5, T3 y T1 mismos que presentaron un diámetro de 0.47, 0.47 y 0.45 cm (Figura 2). En la segunda evaluación el T4 fue el que presentó el mayor diámetro de tallo (0.64 cm), dicho tratamiento fue diferente a T7, T2, T1, T5 y T3, los cuales presentaron valores de 0.52 a 0.56 cm. En la tercera evaluación los tratamientos que presentaron el menor diámetro de tallo fueron T1, T2 y T5, resaltando que el mejor tratamiento fue el T4, el cual exhibió un diámetro de tallo de 0.64 cm.

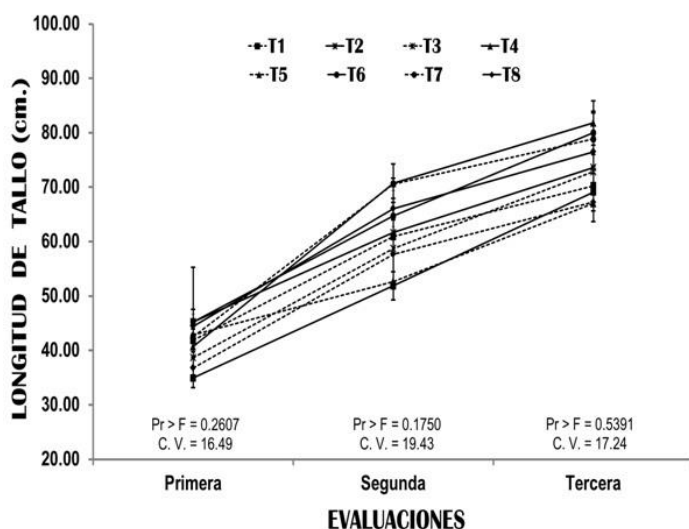


Figura 2. Longitud de tallos durante las tres evaluaciones a los tres días posteriores a los tratamientos en invernadero. Los tratamientos (T) de manejo pre cosecha fueron: T1= $MgSO_4$ 0.5 g L⁻¹; T2= $MgSO_4$ 1 g L⁻¹; T3= $MgSO_4$ 2 g L⁻¹; T4= $Ca(NO_3)_2$ 1 g L⁻¹; T5= $Ca(NO_3)_2$ 2 g L⁻¹; T6= $Ca(NO_3)_2$ 4 g L⁻¹; T7= FeEDTA 5 mg L⁻¹; T8= FeEDTA 10 mg L⁻¹.

Fase de vida de florero

Biomasa fresca

A partir del segundo día de la aplicación de los tratamientos, el peso fresco incrementó en todos los tratamientos, esto concuerda también con lo observado en otras especies, donde la ganancia del peso fresco inicial de las varas florales da como resultado de un aumento del turgor de las células de los pétalos, necesario para lograr una adecuada apertura floral y una pérdida del peso de la vara durante la senescencia (Villaseca, 2005; Verdugo *et al.*, 2006).

La biomasa fresca comenzó a decrecer y fue constante entre tratamientos hasta el final del experimento y no hubo diferencias estadísticas significativas (Figura 4).

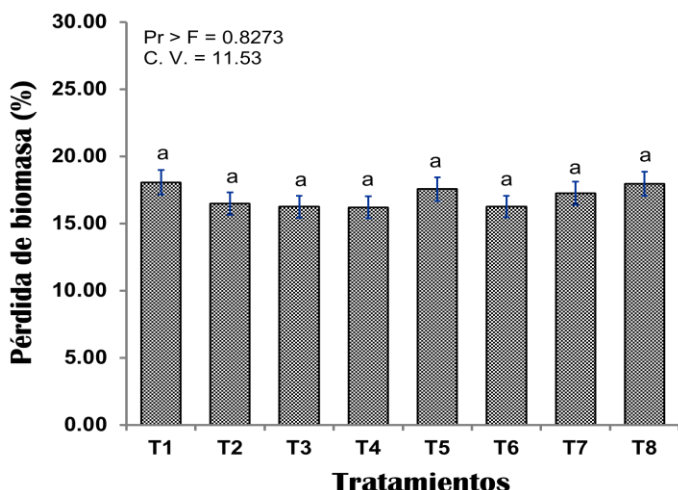


Figura 4. Porcentaje de biomasa húmeda pérdida en tallos florales de Alstroemeria cv Olga después de 10 días de almacenamiento en poscosecha. Los tratamientos (T) de almacenamiento fueron: T1= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +agua de llave (testigo); T2= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +Chrysal clear®; T3= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T4= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%; T5= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} + agua de llave (testigo); T6= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +Chrysal clear; T7= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T8= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%.

Lecturas SPAD

A partir del tercer día, las unidades SPAD de T7 decrecieron notablemente, mientras que en T1 disminuyeron a partir del quinto día, siendo estos dos tratamientos los que presentaron la menor cantidad de unidades SPAD al final del experimento. En los demás tratamientos los valores SPAD se mantuvieron constantes hasta el día 11 (Figura 5). El T8 presentó el mismo efecto en cuanto a la degradación de clorofila entre los días 3 y 7, mientras que el resto de los tratamientos evaluados presentaron diferencias significativas en ambos días de evaluación. Hasta el día siete, el T8 preservó mejor este pigmento.

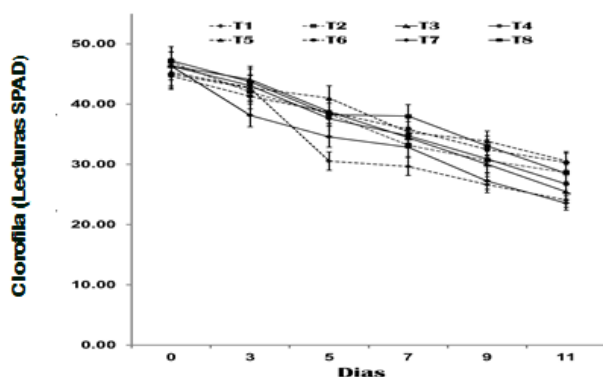


Figura 5. Lecturas SPAD de hojas de tallos florales de Alstroemeria cv Olga después de 10 días de almacenamiento en poscosecha. Los tratamientos (T) de almacenamiento fueron T1= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +agua de llave (testigo); T2= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +Chrysal clear®; T3= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T4= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%; T5= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} + agua de llave (testigo); T6= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +Chrysal clear; T7= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T8= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%.

Los cloroplastos son convertidos a gerontoplastos cuando comienzan las señales de senescencia, este plastidio tiene un metabolismo exclusivamente catabólico; persisten y se mantienen intactos a través de la senescencia foliar, luego pierden volumen y densidad como consecuencia de pérdidas extensivas de componentes estromales y de tilacoides, e incrementa el número y tamaño de plastoglobulos lipofílicos (Matile *et al.*, 1999; Thomas *et al.*, 2003).

Clorofila total AOAC

Los tratamientos no presentaron el mismo efecto sobre la clorofila total en tejido vegetal de Alstroemeria al final del experimento ($Pr > F < 0.05$). Los tratamientos T5 y T6 con valores superiores a 12 mg g⁻¹ fueron los que presentaron los mayores niveles de clorofila total (Figura 6). Esta situación fue similar a lo observado con SPAD.

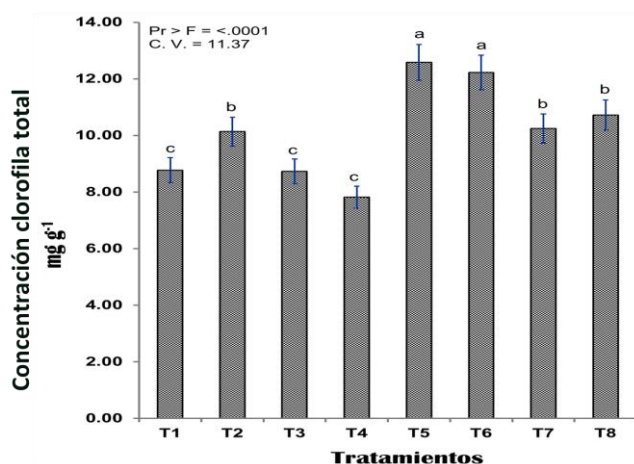


Figura 6. Clorofila total en hojas de alstroemeria cv Olga después de 10 días de almacenamiento en poscosecha. Los tratamientos (T) de almacenamiento fueron: T1= Ca(NO₃)₂ 1 g L⁻¹+agua de llave (testigo); T2= Ca(NO₃)₂ 1 g L⁻¹+Chrysal clear®; T3= Ca(NO₃)₂ 1 g L⁻¹ +solución nutritiva al 30%; T4= Ca(NO₃)₂ 1 g L⁻¹ +solución nutritiva al 20%; T5= Ca(NO₃)₂ 2 g L⁻¹ + agua de llave (testigo); T6= Ca(NO₃)₂ 2 g L⁻¹ +Chrysal clear; T7= Ca(NO₃)₂ 2 g L⁻¹ +solución nutritiva al 30%; T8= Ca(NO₃)₂ 2 g L⁻¹ +solución nutritiva al 20%.

Transpiración indirecta

El tratamiento que mostró el menor porcentaje de transpiración fue T3 con una tasa de 12.2% (Figura 7), concuerda con Torre *et al.* (1999) en donde menciona que frecuentemente es observado que los órganos de las plantas que presentan baja transpiración manifiestan desordenes debido a deficiencia de calcio. Se reporta que las rosas de corte, así como los frutos y tubérculos, se encuentran dentro de esta categoría. El calcio en dichos órganos es conducido dentro de la planta generalmente por el xilema (Marschner, 1995) y por lo tanto, la baja transpiración podría resultar en menor cantidad del elemento transportado hacia esos órganos.

Cabe mencionar, que estos tratamientos que mostraron efecto sobre la transpiración se reflejó en los tallos florales que recibieron tratamiento con Ca(NO₃)₂ 2 g L⁻¹ en invernadero a base de fertilización foliar.

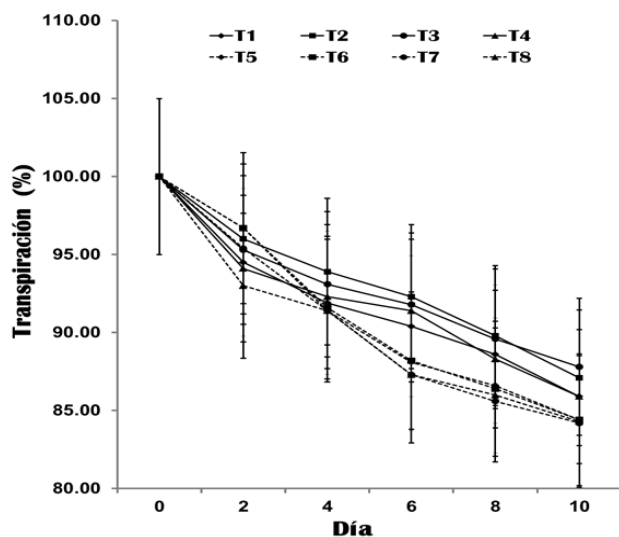


Figura 7. Porcentaje de la pérdida de transpiración en cv Olga durante 10 días de evaluación. Los tratamientos (T) de almacenamiento fueron: T1= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +agua de llave (testigo); T2= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +Chrysal clear®; T3= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T4= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%; T5= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} + agua de llave (testigo); T6= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +Chrysal clear; T7= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 30%; T8= $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} +solución nutritiva al 20%.

Conclusiones

En la fase de invernadero la longitud de tallos, número de hojas por tallo y longitud de hojas, fueron independientes de la dosis y frecuencia de aplicación de los fertilizantes foliares. La aplicación foliar de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} favoreció el índice de verdor medido con el SPAD. El diámetro del tallo aumentó con la aplicación de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g L^{-1} vía foliar. En vida de florero, para las variables biomasa fresca y transpiración indirecta, no se vieron modificadas por la aplicación de fertilizantes foliares en la producción ni las soluciones preservativas.

Las lecturas SPAD en vida de florero, los tratamientos cinco y seis tuvieron un comportamiento similar, dicho resultado coincide con los obtenidos en la determinación de la concentración de clorofila total, resaltando los mismos tratamientos. El tratamiento foliar con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2 g L^{-1} en precosecha más la adición de un producto preservativo en poscosecha conservan el color verde de las hojas.

Literatura citada

- Akutsu, M. and Sato, H. 2002. Induction of proembryos in liquid culture increases the efficiency of plant regeneration from *Alstroemeria calli*. *Plant Sci.* 163(3):475-479.
- Dwyer, L. M.; Tollenaar, M. and Houwing, L. 1991. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. *Canadian J. Plant Sci.* 71(2):505-509.
- King, J. and Bridgen, M. 1990. Environmental and genotypic regulation of *Alstroemeria* seed germination. *HortScience.* 25(12):1607-1609.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrient of higher plants. 2nd (Ed.). Academic Press, New York. 889 p.

- Matile, P.; Hörtensteiner, S. and Thomas, H. 1999. Chlorophyll degradation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 50:67-95.
- Rodríguez, M. M. N. 1997. Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 19-23 pp.
- SAS Institute. 2002. *Statistical Analysis System. Guide for users*. 700 p.
- SIAP. 2012. <http://www.siap.gob.mx>.
- Thomas, H.; Ougham, H.; Wagstaff, C. and Stead, A. 2003. Defining senescence and death. *J. Exp. Bot.* 54(385):1127-1132.
- Torre, S.; Borochoy, A. and Halevy, A. H. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. *Physiologia Plantarum*. 107(2):214-219.
- Van Schaik, C. E.; Van Der Toorn, C.; De Jeu, M.; Raemakers, C. and Visser, R. 2000. Towards genetic transformation in the monocot *Alstroemeria* L. *Euphytica*. 115(1):17-26.
- Verdugo, G.; Biggi, M.; Montesinos, A.; Soriano, C. y Chaín, G. 2006. Manual de postcosecha de flores cortadas. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso-Fundación para la Innovación Agraria. Chile. 74 p.
- Vilcox, E. G. 1994. Tomato. *In*: Bennett, N. F. (Ed.). *Nutrient deficiencies of toxicities in crop plants*. APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota USA. 127-141 pp.
- Villaseca, M. 2005. Postcosecha de *Alstroemeria* var. "Irena": Determinación de la tasa respiratoria y efecto de la aplicación de etileno. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 51 p.