

El CaCl_2 en la vida florero de gerbera: pigmentos, fenoles, lignina y anatomía del escapo*

CaCl_2 in gerbera vase life: pigments, phenols, lignin and scape anatomy

Susana González-Aguilar¹ y Araceli Zavaleta-Mancera^{2§}

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario Núm. 1000 Toluca, C. P. 5000. Estado de México, México. ²Colegio de Postgraduados, Botánica. Carretera México-Texcoco, Montecillo, km 36.5. C. P. 56230. Estado de México, México. §Autor para correspondencia: arazavaleta@colpos.mx.

Resumen

Gerbera jamesonii presenta una vida florero corta caracterizada por el doblado del tallo floral (escapo). Con el objetivo de alargar la vida florero de gerbera se probaron tres concentraciones de CaCl_2 (0.1, 0.5 y 1.0%) en las variedades Duela y Shirlaine. Las concentraciones 0.5% y 1.0% redujeron la pérdida de peso de la flor entera y ligulas en comparación con el testigo. La concentración 0.5% fue el mejor tratamiento, aumentó la vida media florero (25 d Duela y 24 d Shirlaine). Los tallos florales tratados con CaCl_2 acumularon más Ca^{+2} en el ápice (25.33 $\mu\text{g g}^{-1}$ Duela y 64.0 $\mu\text{g g}^{-1}$ Shirlaine), permaneciendo erectos por más tiempo que el testigo (9.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ Duela y 13.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ Shirlaine). Con la concentración 0.5% se hizo un segundo experimento para evaluar los cambios en concentración de carotenos, antocianinas (pelargonidina, cianidina) y fenoles totales de las ligulas. Las antocianinas de Shirlaine, no cambiaron entre tratamientos. Los fenoles aumentaron 21% en Shirlaine y 40% en Duela con respecto a su concentración inicial, en contraste los carotenos disminuyeron al fin de la vida florero 60% y 35%. En Duela el tejido interfascicular es más lignificado que en Shirlaine confiriéndole mayor resistencia. El área relativa (%) lignificada de la región media del escapo fue mayor en Duela (7%) que en Shirlaine (4%). La mayor

Abstract

Gerbera jamesonii has short vase life characterized by bending of floral stem (scape). With the purpose to extend gerbera vase life, three different CaCl_2 concentrations (0.1, 0.5 and 1.0%) were tested in Duela and Shirlaine varieties. Weight loss of whole flower and ligules was less than in control with 0.5% and 1.0% concentrations. Whole flower and ligules weight was reduced with 0.5% and 1.0% concentrations when compared to control. 0.5% concentration was best treatment; it increased average vase life (25 d for Duela and 24 d for Shirlaine). Floral stems treated with built up CaCl_2 more Ca^{+2} in apex (25.33 $\mu\text{g g}^{-1}$ for Duela and 64.0 $\mu\text{g g}^{-1}$ for Shirlaine), lasting erect longer than control (9.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ for Duela and 13.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ for Shirlaine). With 0.5% concentration a second experiment was performed to assess total carotenes, anthocyanins (pelargonidin, cyanidin) and phenols concentration changes in ligules. Shirlaine's anthocyanins did not change in treatments. Phenols increased 21% in Shirlaine and 40% in Duela with regards their initial concentration, in contrast carotenes decreased 60% and 35% at the end of vase life, respectively. Interfascicular tissue is more lignified in cv Duela than in cv Shirlaine, giving it more resistance. The lignified relative area (%) on scape's medium region

* Recibido: agosto de 2011
Aceptado: enero de 2012

resistencia del tallo de *Duela* es explicada por su anatomía y lignificación pero el CaCl_2 fue efectivo para retrasar la senescencia y el doblado del escapo en las dos variedades.

Palabras clave: calcio, gerbera, senescencia, solución preservativa.

Introducción

En poscosecha la vida útil de las flores varía dependiendo de la especie y caracteres de senescencia que presente. La vida de florero de la mayoría de las flores cortadas es regulada por el etileno. Cuando las flores entran a su etapa de senescencia, la mayoría de los pétalos adquieren una apariencia traslúcida, seguido de la pérdida de turgencia y después una ligera desecación (Van Doorn, 2001). En gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.), la senescencia se relaciona con la maduración de las flores de la cabezuela, el fin de la vida útil en florero es caracterizado por el doblado del escapo, deshidratación de las flores liguladas y pérdida de 10% del peso fresco (Baas *et al.*, 1995). La curvatura del escapo entre 45 y 90° de su plano vertical, es el principal indicador del fin de la vida útil en florero y según algunos autores(as) está asociado a la calidad de las inflorescencias (Mentcarelli *et al.*, 1995). La finalidad de las soluciones preservativas es incrementar la vida útil de las flores; la mayoría de éstas contienen sustratos, bactericidas y antimicóticos (Wounter *et al.*, 1994). En los pétalos el contenido de azúcar disminuye durante la vida florero, causando marchitamiento (Amariutei *et al.*, 1986). En clavel el azúcar en la solución preservativa disminuye los efectos de la senescencia (Acock and Nichols, 1979).

El calcio es un nutrimento esencial, ya que reduce o retrasa el deterioro de la pared celular, ayuda a mantener las funciones de la membrana, en el citosol actúa como segundo mensajero para eventos metabólicos y es componente esencial de la pared celular y lámina media confiriéndole firmeza y rigidez mecánica (Conway *et al.*, 1995; Serrano, 2002). El uso de calcio en soluciones florero aumenta el flujo de agua a través de los tallos por la asociación con la pectina de las paredes celulares del xilema (Van Leperen y Van Gelder, 2006). El Ca^{2+} afecta la calidad y vida de florero en tulipán (*Tulipa gesneriana* L.); mostrado mejor respuesta de crecimiento y calidad poscosecha, cuando la relación K^+/Ca es la óptima en la solución nutritiva (Ramírez-Martínez *et al.*, 2010). Con el objeto de contribuir a la solución del problema del doblado del escapo en poscosecha de esta especie de importancia

was greater in *Duela* (7%) than in *Shirlaine* (4%). Greater stem resistance in *Duela* is explained by its anatomy and lignification, but in both varieties CaCl_2 was effective to delay senescence and scape's bent.

Key words: calcium, gerbera, senescence, preserving solution.

Introduction

In postharvest, flowers' service life varies depending on species and their senescence characters. Vase life for most of cut flowers is ruled by ethylene. Most of petals acquire translucent appearance, followed by loss of turgidity and then slight desiccation (Van Doorn, 2001) when flowers reach senescence stage. In gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.) senescence is related to maturity of head's flowers, the end of vase life is characterized by scape bent, ligulated flowers dehydration and loss of 10% of fresh weight (Baas *et al.*, 1995). The main indication about end of service life in vase is scape bent, which varies between 45 and 90° from vertical plane, and according to some authors, is related to inflorescence's quality (Mentcarelli *et al.*, 1995). The aim of preserving solutions is to increase flower's vase life; most of them contain substrates, bactericides and antimycotics (Wounter *et al.*, 1994). In petals, sugar content decreases during vase life, causing wilting (Amariutei *et al.*, 1986). Sugar in preserving solution diminishes senescence effects in carnation (Acock and Nichols, 1979).

Calcium is an essential nutriment, since reduces or delays cell wall decay, helps to keep membrane functions, and cytosol becomes secondary carrier for metabolic events and is an essential component in cell wall and middle lamella giving mechanical stiffness and rigidity (Conway *et al.*, 1995; Serrano, 2002). The use of calcium in vase solutions increases water flow through stems by association with pectin from xylem's cell walls (Van Leperen y Van Gelder, 2006). Ca^{2+} affects tulip (*Tulipa gesneriana* L.) vase life and quality; when K^+/Ca relationship is optimum in nutrimental solution, it shows better growth response and postharvest quality (Ramírez-Martínez *et al.*, 2010). With the aim to help on this economically important species scape bent problem in postharvest, this research was proposed to study CaCl_2 addition to vase solution effect in flower service life, scape bent, changes in pigments

económica, se planteó la presente investigación en la que se estudia el efecto de CaCl_2 agregado a la solución florero, en la vida útil de la flor, doblado del escapo, cambios en pigmentos (antocianinas, cianidinas y carotenos) y fenoles en las lígulas de dos variedades (Shirlaine y Duela) así como su relación con la anatomía del tallo.

Material y métodos

Material biológico

Se usaron las variedades Duela (de color amarillo) y Shirlaine (de color púrpura) de gerbera provenientes de la empresa COXFLORE del municipio de Villa Guerrero, Estado de México. Todas las flores se cortaron el mismo día, cuando el capítulo mostró dos anillos de flores masculinas en antesis. Las flores se colocaron en agua y no recibieron ningún tratamiento químico por parte de la empresa.

Experimento 1

El objetivo de este experimento fue comparar el efecto de tres concentraciones de CaCl_2 (0.1, 0.5 y 1%) con el testigo (solución base sin CaCl_2) en la vida media florero, pérdida de peso fresco de la inflorescencia, anillos del disco central y pérdida de peso fresco del capítulo, lígulas y escapo para seleccionar la mejor solución preservativa. Se usaron 10 inflorescencias para las variables de peso y 15 para la medición de calcio.

Experimento 2

Una vez seleccionado el mejor tratamiento de CaCl_2 (0.5%) el objetivo de este experimento fue comparar los cambios en pigmentos (antocianinas, cianidinas, carotenos y xantofilas) y fenoles entre tratamientos y en el tiempo (0, 10, 20, 30 d), se usaron tres repeticiones (flores) por tratamiento. Además se evaluó la incidencia (%) de los síntomas al final de su vida útil, en 20 flores por variedad.

Soluciones florero y tratamientos

Se probaron tres concentraciones de CaCl_2 (0.1, 0.5 y 1.0%) como fuente de Ca^{2+} en una solución florero base (0.1% de sacarosa en agua deionizada). El testigo fue la solución base sin calcio. De cada variedad se usaron 20 flores por tratamiento. Cada inflorescencia se colocó en un florero

(anthocyanins, cyanidins and carotenoids) and phenols in ligules of two varieties (Shirlaine and Duela) as well as its relationship with stem anatomy.

Materials and methods

Biological material

Gerbera's Duela (from yellow color) and Shirlaine (from purple color) varieties were used. They came from company COXFLORE of municipality Villa Guerrero, Estado de México. All flowers were cut the same day, when capitulum showed two rings of masculine flowers in anthesis. The flowers were put in water and they receive no chemical treatment at all in the company.

Experiment 1

The aim of this experiment was to prove effect on average vase life, inflorescence fresh weight loss, central disc rings and capitulum, ligules and scape fresh weight loss for three different CaCl_2 concentrations (0.1, 0.5 and 1%) against control (basic solution without CaCl_2) to select best preserving solution. 10 inflorescences were used for weight variables and 15 for calcium measurement.

Experiment 2

Once best CaCl_2 treatment was selected (0.5%) the aim of this experiment was to compare changes in pigments (anthocyanins, cyanidins, carotenoids and xanthophylls) and phenols between treatments and Turing time (0, 10, 20, 30 d), three repetitions (flowers) per treatment were used. Also, symptoms incidence (%) was evaluated at the end of service life, in 20 flowers by variety.

Vase solutions and treatments

Three CaCl_2 concentrations were tested (0.1, 0.5 and 1%) like Ca^{2+} source basic vase solution (0.1% of saccharose in deionized water). Control was basic solution without calcium. From each variety 20 flowers per treatment were used. Each inflorescence was put in an individual 20 cm tall glass vase with 100mL of solution. They were put under indirect light ($300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR), with photoperiod of 14 h light (19-22 °C) and 10 h of dark (14-16 °C).

individual de vidrio de 20 cm de altura con 100 mL de la solución. Se colocaron bajo luz indirecta ($300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR), con un fotoperiodo de 14 h luz (19-22 °C) y 10 h oscuridad (14-16 °C).

Vida media florero

En el presente estudio se propone el concepto de “vida media florero” el cual corresponde a la fecha en d cuando 50% de las flores en el florero o en el experimento presentaron al menos uno de los siguientes síntomas de senescencia: marchitamiento de ligulas; doblado del escapo $\geq 90^\circ$; ahorcamiento del tallo caracterizado por adelgazamiento debajo de la cabezuela, pudrición en la base del escapo; ruptura del escapo. Este concepto da una idea objetiva de la vida media de la flor. La incidencia de estos síntomas (%) en cada variedad, se comparó entre el mejor tratamiento CaCl_2 (0.5%) y el testigo ($n=20$).

Pérdida de peso fresco

Las inflorescencias se etiquetaron individualmente. Cada 5 d se midieron los cambios en peso fresco de la flor entera (peso inicial-peso final) ($n=10$) y también se pesó el escapo, la cabezuela y 20 ligulas para estimar los cambios en peso fresco de las partes ($n=3$). Asimismo, se contaron el número de anillos de flores masculinas en anthesis como un indicador de senescencia.

Calcio en el escapo

La concentración de Ca^{2+} se midió en tallos sin tratamiento (al corte) y en los tratamientos CaCl_2 (0.1%, 0.5%, 1%) y testigo al final de su vida útil ($n=15$). Los escapos se dividieron en dos regiones (basal y apical) y de cada región se obtuvieron 0.2 g de tejido seco el cual se trituró y se procesó en 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado en microondas por periodos de 10 min a 75% de potencia y 5 min al 100%. Las muestras frías se filtraron por una membrana de $0.45 \mu\text{m}$ de poro, y se aforaron con agua de-ionizada. Las muestras se leyeron mediante espectrometría de emisión óptica de inducción por plasma acoplado (ICP-OES) en un espectrofotómetro 400 ‘Perkin Elmer’ el cual se calibró con un estándar de calcio.

Antocianinas, carotenos y xantofilas en ligulas

Los cambios en la concentración de fenoles, antocianinas, carotenos y xantofilas se midieron a los 0, 10, 20, 30 d en el testigo y el tratamiento con CaCl_2 (0.5%). Las antocianinas

Average vase life

In this study “average vase life” term is proposed, and corresponds to date in days when 50% of flowers in vase or in experiment showed at least one of the following senescence symptoms: ligules wilting, scape bent $\geq 90^\circ$; stem hanging characterized by slimming below head, rot at scape’s base; scape rupture. This concept means an objective measure about flower average life. Symptoms incidence (%) in each variety, was compared between best CaCl_2 treatment (0.5%) and ($n=20$).

Fresh weight loss

Inflorescences were individually labeled. Changes in fresh weight of whole flower (initial weight-final weight) ($n=10$) were measured each 5 d and also, in order to estimate changes in fresh weight of parts ($n=3$); scape, head and 20 ligules were weighted. Also, as senescence indicator, amount of rings from male flowers in anthesis were counted.

Calcium in the scape

Ca^{2+} concentration was measured in stems without treatment (at moment of cut) and in CaCl_2 treatments (0.1%, 0.5%, 1%) and control at the end of service life ($n=15$). Scapes were divided in two regions (basal and apical) and from each region 0.2 g of dry tissue were obtained, which were crushed and processed in 5 mL of nitric acid concentrated in microwave by 10 min periods at 75% of power and by 5 min at 100% of power. By means of induction coupled plasma optic emission spectrometry (ICP-OES) in a 400 ‘Perkin Elmer’ spectrophotometer, which was calibrated with a calcium standard, samples were analyzed.

Anthocyanins, carotenes and xanthophylls in ligules

Changes in phenols, anthocyanins, carotenes and xanthophylls concentration were measured at 0, 10, 20, 30 d in control and treatment with CaCl_2 (0.5%). The anthocyanins were measured by Wrolstad colorimetry technique (1976), method called anthocyanins differential of pH. Three inflorescences were used per treatment, from each head six ligules were taken; three ligules were macerated in KCl-HCl buffer (pH 1, 50 mL of KCl 0.2 M and 97 mL of HCl 0.2 M diluted in 200 mL) and other three in acetate buffer (pH 4.5, 30.5 mL of acetic acid 0.2

se cuantificaron mediante la técnica colorimétrica de Wrolstad (1976), método denominado diferencial del pH de antocianinas. Se usaron tres inflorescencias por tratamiento, de cada cabezuela se tomaron seis lígulas; tres lígulas se maceraron en el amortiguador de KCl-HCl (pH 1, 50 mL de KCl 0.2 M y 97 mL de HCl 0.2 M se afora a 200 mL) y otras tres en un amortiguador de acetato (pH 4.5, 30.5 mL de ácido acético 0.2 M y 19.5 mL de acetato de sodio 0.2 M se afora a 100 mL ajustando el pH con ácido acético 0.2 M. Posteriormente cada extracto y centrifugó (4 000 g), y el sobrenadante se midió en un espectrofotómetro a 520, 530 y 700 nm. La concentración de la pelargonidina (PGD-3glu) y de cianidina se calculó de acuerdo a la fórmula de Wrolstad (1976). Los carotenos y xantofilas (ca+xa) se cuantificaron en extractos cetónicos 80% en un espectrofotómetro (Hach Dr/4 000U) a 470, 676, y 663 nm, y la concentración se calculó con la fórmula de Lichtenthaler y Wellburn (1983). Considerando que durante la senescencia las lígulas sufren una marcada pérdida de peso fresco por marchitez y que la percepción del color de la inflorescencia es por unidad morfológica (lígula), los resultados de pigmentos se expresaron por lígula ($\mu\text{g lígula}^{-1}$).

Fenoles en lígulas

Los fenoles se midieron en las mismas fechas y tratamientos que los pigmentos totales con un espectrofotómetro (Hach Dr/4 000U) a 760 nm, mediante la reacción con el reactivo Follin-Ciocalteu, modificado por Singleton y Rossi (1965). Los resultados de fenoles también se expresaron por unidad morfológica ($\mu\text{g lígula}^{-1}$).

Histología del escapo

Con la finalidad de conocer si la estructura del tallo contribuye a la resistencia al doblado del escapo, se usaron cinco escapos por variedad después del corte, al inicio de la vida florero. Se cortaron fragmentos de 1 cm, de la parte basal, media y apical de los tallos. Los fragmentos se fijaron en FAA (10% formadehído (al 36%), 50% etanol, 5% ácido acético en agua desionizada) por 48 h. Posteriormente se deshidrataron e incluyeron en parafina y se obtuvieron cortes transversales (15 μm) y se tiñeron con safranina y verde fijo (FCF) según Zavaleta-Mancera y Engleman (1994).

Histoquímica para lignina

Con el objeto de conocer la abundancia y distribución de los tejidos lignificados que sirven de sostén al escapo se estudiaron 5 escapos por variedad después del corte. Se

M and 19.5 mL of sodium acetate 0.2 M is diluted in 100 mL adjusting pH with acetic acid 0.2 M). Then each extract was centrifuged (4 000 g), and supernatant was measured in spectrophotometer at 520, 530 and 700 nm. Pelargonidin (PGD-3glu) and cyanidin concentration was calculated according to the Wrolstad equation (1976). Carotenes and xanthophylls (ca+xa) were quantified in cetonic extracts 80% in spectrophotometer (Hach Dr/4 000U) a t470, 676, and 663 nm, and concentrations was determined by Lichtenthaler and Wellburn equation (1983). Considering that during senescence ligules suffer a strong loss of fresh weight due wilting and that determination of inflorescence color is by morphologic unit (ligule), pigments results were defined by ligule ($\mu\text{g ligule}^{-1}$).

Phenols in ligules

Phenols were measured in same dates and treatments than total pigments with spectrophotometer (Hach Dr/4 000U) at 760 nm, by reaction using Follin-Ciocalteu reactive, modified by Singleton and Rossi (1965). Phenols results were also defined by morphologic unit ($\mu\text{g ligule}^{-1}$).

Scape histology

With the purpose to know if stem structure contributes with the resistance to scape bent, five scapes per variety were used after cut, at the beginning of vase life. 1 cm portions were cut from stem's basal, medium and apex section. Fragments were fixed in FAA (10% formaldehyde (at 36%), 50% ethanol, 5% acetic acid in deionized water) during 48 h. Afterwards, they were dehydrated and were put in wax and transversal cuts (15 μm) were obtained and staining with safranin and fast green (FCF) according to Zavaleta-Mancera and Engleman (1994).

Histochemistry for lignin

With the aim to know abundance and distribution of lignified tissues that work as support for scape, 5 scapes per variety were studied after cut. 40 μm transversal cuts were taken by hand microtome at basal, medium and apex section. Lignin was detected with phloroglucinol 2% and HCl at 25% according to Zavaleta-Mancera and Engleman (1994). Red color in tissue shows lignin presence. Pictures were taken from cuts in optic microscope, Axioscop 2 Plus (Carl Zeiss) with digital camera Cyber Shot DSC25 (Sony). From each image, relative area (%) if lignified tissue was calculated with

obtuvieron cortes transversales de 40 μm con un micrótopo de mano de la parte basal, media y apical. La lignina fue detectada con fluroglucinol 2% y HCl al 25% según Zavaleta-Mancera y Engleman (1994) el color rojo en el tejido indicó la presencia de lignina. Los cortes se observaron y fotografiaron en un microscopio óptico, Axioscop 2 Plus (Carl Zeiss, Alemania) equipado con una cámara digital Cyber Shot DSC25 (Sony, Japón). De cada imagen se calculó el área relativa (%) del tejido lignificado con respecto al área transversal del escapo con el programa UTHSCSA Image Tool 1.28 (University of Texas Health science Center, San Antonio, TX, USA).

Análisis estadísticos

El diseño experimental fue completamente al azar, los datos se expresaron como valores promedios $\pm$ el error estándar y se analizaron mediante un ANOVA. En el experimento 1 las medias de los tratamientos para las variables de peso fresco (capítulo, ligulas y escapo) y concentración de calcio se analizaron mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En el experimento 2 se usó la prueba t de Student ($p \leq 0.05$) para comparar los datos de pigmentos y fenoles de flores tratadas con 0.05% de CaCl_2 y el testigo. La cantidad relativa de lignina entre variedades se comparó con la prueba t de Student ($p \leq 0.05$) y entre partes del escapo mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados

Experimento 1. Efecto del CaCl_2 en la vida media florero

El 50% de las flores mantenidas en la solución base (testigo) terminaron su vida útil a los 20 d en Duella y a los 13 d en Shirlaine, en contraste, las tres concentraciones CaCl_2 retrasaron la senescencia siendo la concentración de 0.5% la que mayormente alargó la vida de la flor (25 d en Duella, y 24 d en Shirlaine).

La mayor pérdida de peso se observó en la concentración 0.1% en las dos variedades. En contraste las concentraciones 0.5% y 1.0% redujeron la pérdida de peso en comparación con el testigo. No obstante la concentración de calcio afectó retrasando la apertura de anillos (Cuadro 1). En el caso de las ligulas estas siguieron la misma tendencia que la flor completa mientras que el capítulo y escapo mostraron variación, incluyendo algunas ganancias de peso (Cuadro 1).

regards transversal area from scape using software UTHSCSA Image Tool 1.28 (University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX, USA).

Statistical analysis

Experimental design was completely random, data are expressed as average values $\pm$ standard error and were analyzed by ANOVA. In the experiment 1, treatments averages for fresh weight variables (capitulum, ligules, and scape) and calcium concentration were analyzed by Tukey test ($p \leq 0.05$). In experiment 2, Student's t test ($p \leq 0.05$) was used to compare data of pigments and phenols from flowers treated with 0.05% of CaCl_2 , and from control. Student's t test ($p \leq 0.05$) was used to compare relative amount of lignin between varieties and Tukey test ($p \leq 0.05$) was used to compare between scape's parts.

Results

Experiment 1. CaCl_2 effect in average vase life

50% of flowers kept in basic solution (control) ended their service life at 20d in cv Duella and at 13 d in Shirlaine, on the contrary, the three CaCl_2 concentrations delayed senescence, being the 0.5% concentration the one that better lengthened flower life (25 d in Duella, and 24 d in Shirlaine).

The greatest loss was detected at 0.1% concentration in both varieties. In contrast, 0.5% and 1% concentrations diminished weight loss if compared to control. Nevertheless, calcium concentration affected delaying rings opening (Table 1). Ligules had same trend than complete flower while capitulum and scape showed variation, including some weight increases (Table 1).

Calcium concentration in scape

Ca^{+2} concentration at cut showed no change between varieties. The greatest Ca^{+2} concentration in scape were for flowers treated with 0.5% and 1% of CaCl_2 , specially in apex region, outstanding cv Shirlaine with 9 times more concentration than control. In cv Duella, 0.1% and 0.5% concentrations showed no important differences between scape regions, while with 1% concentration they did (Table 2).

Cuadro 1. Efecto del CaCl₂ en la vida florero, pérdida del peso fresco de la inflorescencia, capítulo, ligulas, escapo y anillos del disco central en antesis en Duela y Shirlaine.

Table 1. CaCl₂ effect in vase life, fresh weight loss of inflorescence, capitulum, ligules, scape and central disk rings in anthesis for Duela and Shirlaine.

Variedades	Vida media florero ^z (días)	Pérdida de peso fresco de la inflorescencia (%)	Anillos del disco central en antesis ^x (No.)	Pérdida de peso fresco (g)		
				Capítulo ^y	Lígulas ^y	Escapo ^y
Duela						
0.1%	24	31.28 ±1.68 a	6.70 ±0.23 a	0.34 ±0.24 a	0.57 ±0.06 a	0.62 ±0.54 d [†]
0.5%	25	22.01 ±2.72 b	6.33 ±0.58 a	0.66 ±0.88 b [†]	0.32 ±0.12 b	0.30 ±0.68 a
1.0%	21	17.65 ±1.95 c	4.83 ±0.41 b	1.80 ±0.35 c [†]	0.09 ±0.09 c	0.10 ±0.12 b
Testigo	20	26.80 ±0.86 b	6.93 ±0.14 a	0.39 ±0.12 a	0.60 ±0.03 a	0.47 ±0.10 c [†]
Shirlaine						
0.1%	19	25.15 ±0.93 a	7.78 ±0.37 a	0.78 ±0.24 d [†]	0.58 ±0.06 a	0.17 ±0.31 b
0.5%	24	18.79 ±1.32 c	6.00 ±0.31 b	0.26 ±0.44 b	0.41 ±0.07 b	1.49 ±0.32 c [†]
1.0%	20	20.29 ±1.33 b	5.00 ±0.23 c	0.28 ±0.26 c [†]	0.33 ±0.05 c	0.28 ±0.15 a
Testigo	13	20.50 ±1.92 b	5.50 ±0.33 c	1.96 ±0.42 a [†]	0.61 ±0.08 a	0.12 ±0.32 b

^zVida media florero fue el día cuando 50% de las flores terminaron su vida útil; ^yLos datos son promedios de 10 inflorescencias y de 20 ligulas por inflorescencia ± EE; ^xNúmero de anillos con flores masculinas en antesis, al término de la vida florero. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). [†]indica ganancia de peso.

Concentración de calcio en el escapo

La concentración Ca⁺² al corte no presentó variación entre variedades. Las flores que acumularon mayor concentración de Ca⁺² en los escapos fueron las tratadas con 0.5% y 1.0% de CaCl₂ especialmente en la región apical, siendo más marcada esta tendencia en Shirlaine; la cual acumuló nueve veces más Ca⁺² que el testigo. En Duela las concentraciones de 0.1% y 0.5% no presentaron diferencias significativas entre regiones del escapo, en tanto que en la concentración de 1.0% si se presentaron (Cuadro 2).

Experiment 2. Effect of 0.5% CaCl₂ treatment in vase life

Due 0.5% CaCl₂ concentration was the better, a second experiment was performed, in which senescence, pigments and phenols incidence was assessed.

The most frequent symptoms in senescence for cv Shirlaine were scape bent (30%) and ligules wilting (70%), while for cv Duela, hanging below capitulum was main senescence symptom, and scape bent holds 24%. When compared to control, scape bent reduction effect becomes the main one: 20% in cv Duela and 10% in cv Shirlaine (Table 3).

Cuadro 2. Concentración de calcio en la región basal y apical de escapo de Duela y Shirlaine al fin de su vida útil.

Table 2. Calcium concentration in scape's basal and apex region for Duela and Shirlaine at the end of its service life.

Tratamientos	Concentración de calcio (µg g ⁻¹)			
	Duela		Shirlaine	
	Ápice	Base	Ápice	Base
0.1%	21.67 ±0.51 b	22.67 ±0.19 b	22.67 ±0.84 c	19.67 ±0.77 c
0.5%	25.33 ±4.19 b	25.67 ±1.68 b	64 ±4.36 b	36.33 ±8 b
1%	62.67 ±4.17 a	41.67 ±8 a	114 ±5.55 a	49 ±5.51 a
Testigo	9.67 ±0.51 d	13.33 ±0.51 c	13.67 ±0.39 d	1 ±0.33 d
Al corte ^z	14.33 ±0.19 c	14 ±0.88 c	12.67 ±0.51 d	13 ±1.45 d

^zPermite conocer la concentración inicial de calcio en el escapo. Los datos son promedio de 15 repeticiones ± error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

Experimento 2. Efecto del tratamiento de 0.5% CaCl₂ en la vida de florero

Debido a que la concentración de 0.5% de CaCl₂ fue la mejor, se realizó un segundo experimento, en el que se evaluó la incidencia de los síntomas de senescencia, pigmentos y fenoles.

Los síntomas más frecuentes en la senescencia de Shirlaine fueron el doblado del escapo (30%) y el marchitamiento de las lígulas (70%), mientras que en Duela el ahorcamiento debajo del capítulo fue el principal síntoma de senescencia, y el doblado del escapo fue 25%. El principal efecto del calcio fue en la reducción del doblado del escapo con respecto al control; 20% en Duela y 10% en Shirlaine (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de 0.5% de CaCl₂ en la incidencia (%) de síntomas al fin de la vida florero de Duela y Shirlaine.
Table 3. Effect of 0.5% CaCl₂ in symptoms incidence (%) at end of vase life in Duela and Shirlaine.

Variedades	Vida media florero ^z (días)	Marchitamiento de las lígulas (%)	Doblado del escapo (%)	Ahorcamiento debajo del capítulo	Pudrición de la base del escapo (%)
Duela (0.5%)	25	45	5	50	---
Testigo	20	20	25	50	5
Shirlaine (0.5%)	24	60	20	---	20
Testigo	13	70	30	---	---

La vida media florero es el día cuando 50% de las flores terminaron su vida útil. (---) Indica ausencia del síntoma. Las observaciones fueron realizadas en 20 repeticiones por tratamiento.

Pigmentos y fenoles

En Duela no se detectó presencia de antocianinas, por lo cual, sólo se reportan carotenos y fenoles. La concentración de carotenos en las lígulas se redujo significativamente en los tratamientos con CaCl₂. Estos resultados indican que el CaCl₂ aceleró la degradación de estos pigmentos, en Shirlaine disminuyó 40% y en Duela 65% al fin de la vida florero.

El tratamiento de CaCl₂ no tuvo efecto en la concentración de antocianinas en Shirlaine, ni se detectaron diferencias significativas en el tiempo.

El CaCl₂ promovió la acumulación de fenoles en las lígulas de las dos variedades al fin de su vida florero (30 d) con respecto a la concentración inicial pero en el testigo no se detectaron diferencias significativas. Duela tratada aumentó 40% y Shirlaine 21.66% (Cuadro 4).

Pigments and phenols

In Duela, anthocyanins presence was not detected, therefore only carotenos and phenols are reported. In CaCl₂ treatments, carotenos concentration in ligules was significantly reduced. These results show that CaCl₂ speed up degradation of these pigments, in Shirlaine decreased 40% and in Duela 65% at end of vase life.

CaCl₂ treatment had null effect in anthocyanins concentration for cv Shirlaine, and along time either important differences were detected.

CaCl₂ promoted phenols build up in both varieties at end of vase life (30 d) with regards initial concentration, but there were no significant differences in control. Treated Duela increased 40% and Shirlaine 21.66% (Table 4).

Histology of scape and lignin

Stems of studied varieties showed typical anatomy of herbaceous stem from dicotyledon; collateral vascular bundles (internal xylem and external phloem) arranged in central ring. Both varieties' stem showed acropetal maturity. Base (mature tissue) showed largest bundles with lignified interfascicular tissue, in scape's middle portion interfascicular tissue was found scarcely lignified and apex scape (youngest tissue) showed small bundles and non-lignified interfascicular tissue (Figure 1).

Shirlaine scape was thicker than Duela's and showed greater number of vascular bundles, but smaller with incipient lignifications of interfascicular tissue. In contrast, Duela scape, despite being thinner, showed larger vascular bundles connected by lignified interfascicular tissue conforming solid cylinder of hard tissue which gave

Cuadro 4. Efecto de 0.5% CaCl₂ en el contenido de pigmentos y fenoles de Duela y Shirlaine, en el tiempo.
Table 4. Effect of 0.5% CaCl₂ in pigments and phenols content in Duela and Shirlaine, in time.

Días	Duela				Shirlaine							
	Ca+Xa		Fenoles		Ca+Xa		Fenoles		Cianidina		Pelargonidina	
	(μg lígula ⁻¹)		(μg lígula ⁻¹)		(μg lígula ⁻¹)		(μg lígula ⁻¹)		(μg lígula ⁻¹)		(μg lígula ⁻¹)	
	Testigo	CaCl ₂ 0.5%	Testigo	CaCl ₂ 0.5%	Testigo	CaCl ₂ 0.5%	Testigo	CaCl ₂ 0.5%	Testigo	CaCl ₂ 0.5%	Testigo	CaCl ₂ 0.5%
0	4.4 aA	4.4 aA	1.29 aA	1.29 bA	3.25 aA	3.25 aA	1.88 aA	1.88 bA	45.21aA	45.21 aA	55.39 aA	55.39 aA
10	4.73 aA	1.71cB	1.4 aA	1.01 bA	3.33 aA	2.71 bB	2.07 aA	1.71 bB	48.62 aA	45.60 aA	50.44 aB	52.24 aA
20	3.01 aA	2.91 bB	0.67 bB	1.12 bA	3.3 aA	1.23 c B	1.16 aA	1.06 bA	43.03 aA	37.76 bB	47.49 aA	45.23 aA
30	3.38 aA	2.86 bB	1.73 aB	2.13 aA	-	1.30 c	-	2.4 a	-	50.58 a	-	63.22 a

Letras minúsculas diferentes en columnas indican diferencias significativas en el tiempo (Tukey, $p \leq 0.05$). Letras mayúsculas en hileras indican diferencias significativas entre tratamientos (t de Student $p \leq 0.05$). Los datos son promedio de tres repeticiones (flor) con tres replicas por tratamiento (n= 3). Ca+Xa= carotenos + xantofilas. (-) No se incluyen los datos del testigo de Shirlaine porque duró sólo 20 d.

Histología del escapo y lignina

Los tallos de las variedades estudiadas presentaron la anatomía típica de un tallo herbáceo de dicotiledónea; haces vasculares colaterales (xilema interno y floema externo) arreglados en un anillo central. El tallo de las dos variedades presentó una maduración acropeta. La base (tejido maduro) presentó los haces mayores con tejido interfascicular lignificado, en la parte media del escapo el tejido interfascicular se encontró escasamente lignificado y el escapo apical (tejido más joven) presentó haces pequeños y tejido interfascicular no lignificado (Figura 1).

El escapo de Shirlaine fue más grueso que el de Duela, y presentó un mayor número de haces vasculares pero más pequeños con incipiente lignificación del tejido interfascicular. En contraste el escapo de Duela, a pesar de ser más delgado, presentó haces vasculares mayores conectados por tejido interfascicular lignificado formando un cilindro sólido de tejido duro que dio mayor rigidez al tallo y soporte a la cabezuela. El área relativa lignificada del escapo de Duela fue 7% y en Shirlaine 4% (Figura 2).

Discusión

En el presente estudio la adición de 0.5% CaCl₂ a la solución preservativa demostró ser efectiva para alargar la vida florero de Duela y Shirlaine reduciendo el doblado del escapo. Se ha observado que el CaCl₂ puede alargar la vida florero en otras especies; *Gladiolus* cv. ‘Happy End’ (Pruthi *et al.*, 2001), *Rosa hybrida* cv. Kiss (Capdeville *et al.*, 2005), *Chrysanthemumm indicum* y *Tagetes erecta* (Patel

higher rigidity to stem and support to head. The lignified relative surface from Duela scape was 7% and from Shirlaine 4% (Figure 2).

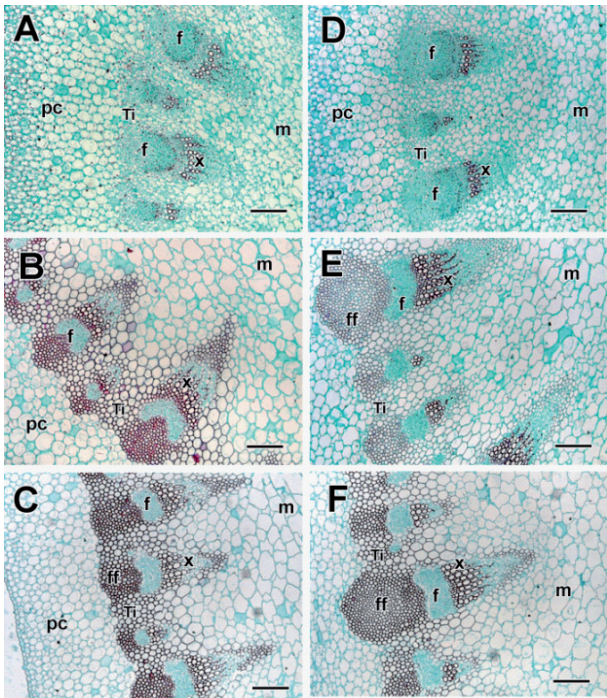


Figura. 1. Anatomía transversal del escapo de gerbera en la región apical, media y basal de las variedades Duela (A,B,C) y Shirlaine (D,E,F) respectivamente. Tinción con safranina y verde fijo. Ti, tejido interfascicular; f, floema; ff, fibras del floema; x, xilema; m, médula, pc, parénquima cortical. Barra: 50 μm.

Figure. 1. Gerbera’s scape transversal anatomy in apical, middle and basal region of varieties Duela (A, B, C) and Shirlaine (D, E, F) respectively. Staining with safranin and fast green. Ti, interfascicular tissue; f, phloem; ff, phloem fibers; x, xylem; m, pith, pc, cortical parenchyma. Bar: 50 μm.

y Mankad, 2002). La evidencia del retraso de la senescencia en flores por CaCl_2 se ha demostrado en pétalos de rosas, ya que mantiene la integridad de membranas celulares, reduce la producción de etileno y promueve el transporte de solutos (Torre *et al.*, 1999); tratamiento con CaCl_2 +sacarosa+HQS, aumentó en 7 días la vida florero, retrasando la pérdida de peso fresco, turgencia de los pétalos y hojas, así como mayor porcentaje de flores abiertas (Cortes *et al.*, 2011). Un estudio demostró el efecto positivo de aplicaciones de CaCl_2 pre y postcosecha en cuatro variedades de gerbera (Campitano, Dino, Sangría y Testarossa) encontrando que la inyección de los escapos con CaCl_2 1% en precosecha incrementó la vida florero (Gerasopoulos y Chebli, 1999). No obstante las diferencias en la vida florero de las variedades de gerbera del presente estudio, estas duraron más tiempo (24 d) que el reportado para esta especie, estimado en 15 d (Gerasopoulos y Chebli, 1999). La adición de CaCl_2 a la solución preservativa mejoró significativamente la vida poscosecha de Shirlaine; variedad que presentó en el testigo una mayor incidencia al doblado asociado a una baja proporción de tejido lignificado en contraste con Duela. Éstos resultados demuestran el efecto particularmente positivo del ion Ca^{+2} en variedades con tallos poco lignificados y de vida de florero corta.

El calcio (Ca^{+2}) es un ion relacionado con la estabilidad y fuerza mecánica de la pared celular, ésta propiedad se atribuye a la unión cooperativa de las cadenas poligalacturónicas con los iones calcio para formar pectatos en la lámina media (Conway *et al.*, 1995; Halevy *et al.*, 2001). Un estudio realizado por (Albino-Garduño *et al.*, 2008), demostró la importancia del Ca en el cultivo hidropónico de *Gerbera jamesonii*, y reportó que bajas concentraciones ($6 \text{ meq Ca}^{+2}\text{L}^{-1}$) reducían la producción, diámetro de la cabezuela y calidad (longitud y firmeza) del escapo con respecto a 9 y $12 \text{ meq Ca}^{+2}\text{L}^{-1}$. Tratamientos con calcio mantuvieron la firmeza del fruto en poscosecha; melón “Campsol” (Rinaldi, *et al.*, 2004) y en manzanas (Poovaiah, 1988; Dilmaghani *et al.*, 2005). Los escapos de Duela y Shirlaine tratados con CaCl_2 acumularon significativamente Ca^{+2} en la región apical, lugar donde comúnmente el tallo se dobla; así los tallos tratados se mantuvieron erectos por más tiempo en contraste con el testigo; en Duela se redujo 10% y en Shirlaine 20%.

La presencia de lignina estuvo asociada a los elementos de vaso del xilema, fibras floemáticas y tejido interfascicular. Estos datos indican una mayor rigidez del escapo de Duela. La anatomía y lignificación del tallo entre variedades son indicadores importantes que pueden determinar la

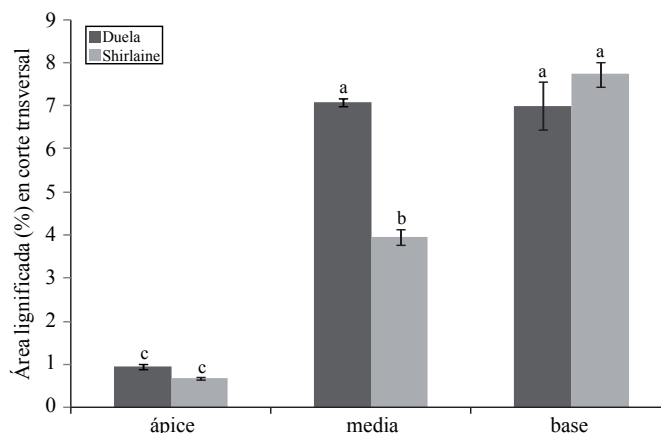


Figura 2. Área lignificada del escapo de Duela y Shirlaine, ($n=5 \pm \text{EE}$) medida como área relativa del escapo ocupada por las células lignificadas en cortes transversales del ápice (5cm debajo de la cabezuela), parte media y la base. Letras diferentes indican diferencias significativas entre partes del escapo (Tukey $p \leq 0.05$). (*). Indica diferencias significativas entre variedades (t de Student $p \leq 0.05$).

Figure 2. Duela and Shirlaine scape lignified area, ($n=5 \pm \text{EE}$) measured like relative area of scape occupied by lignified cells in apical (5cm below head), medium section and base transversal cuts. Different letters means important differences between scape's part (Tukey $p \leq 0.05$). (*). Significant average differences between varieties (Student's t $p \leq 0.05$).

Discussion

In this study addition of 0.5% CaCl_2 to preserving solution proved to be effective in extending vase life for Duela and Shirlaine reducing scape bent. It has been observed that CaCl_2 can extend vase life in other species; *Gladiolus* cv. 'Happy End' (Pruthi *et al.*, 2001), *Rosa hybrida* cv. Kiss (Capdeville *et al.*, 2005), *Chrysanthemum indicum* and *Tagetes erecta* (Patel and Mankad, 2002). Evidence of senescence delay in flowers by CaCl_2 has been probed in rose petals, since it keeps integrity of cell membranes, reduces ethylene production and promotes solutes transport (Torre *et al.*, 1999); treatment with CaCl_2 +sacarosa+HQS increased in 7 vase flower, delaying fresh weight loss, petals and leaves turgence, as well as greater percentage of open flowers (Cortes *et al.*, 2011). A study showed positive outcome when using CaCl_2 applications previous to crop and postharvest in four gerbera varieties (Campitano, Dino, Sangria and Testarossa) finding that addition of CaCl_2 1% previous to harvest in scapes increased vase life (Gerasopoulos and Chebli, 1999). Despite

resistencia del tallo, independientemente del tratamiento en la solución preservativa. Así la baja incidencia del doblado en *Duela* estuvo asociada a una mayor abundancia relativa de lignina en la parte media del tallo y lignificación del tejido interfascicular.

El CaCl_2 en las dos variedades aceleró la degradación de carotenos pero promovió la acumulación de fenoles. En el caso particular de la flor roja de *Shirlaine*, CaCl_2 promovió la acumulación de cianidina y pelargonidina a los 30 d, los testigos sólo duraron 20 d; las lígulas se observaron oscurecidas. Esto podría estar asociado al fenómeno denominado copigmentación en el que las antocianinas con compuestos fenólicos forman uniones no covalentes por enlaces *Van der Waals*, en presencia de glucosa, hecho que limita la interacción de la antocianina con H_2O evitando su degradación y pérdida de color (Brouillard *et al.*, 1989; Boulton, 2001). Adicionalmente los compuestos fenólicos tienen actividad antioxidante, que contrarresta el efecto de los radicales libres (Vinson y Hontz, 1995; Proestos *et al.*, 2005). Durante la senescencia las células producen una gran cantidad de radicales libres (ROS) que oxidan las membranas y producen daño celular como se ha demostrado en gerbera (Trujillo-Villagarcía *et al.*, 2006) y trigo (Zavaleta-Mancera *et al.*, 2007). Se considera que el aumento de fenoles en las lígulas de gerbera tratadas con CaCl_2 pudo proteger las células del daño oxidativo, promoviendo el retraso de la senescencia.

Conclusiones

La aplicación de CaCl_2 a la solución florero retrasó la senescencia de las dos variedades de gerbera; la concentración de 0.5% de CaCl_2 fue la que produjo mayor vida florero. El Ca^{+2} se acumuló significativamente en la región apical del escapo de las dos variedades, favoreciendo el endurecimiento del tejido y reduciendo la incidencia al doblado preferentemente en *Shirlaine*. Uno de los elementos que determinó las diferencias en la vida florero entre *Duela* y *Shirlaine* fue la anatomía y el grado de lignificación del escapo, características establecidas genéticamente. Así la menor incidencia al doblado del escapo observado en *Duela*, sería explicado por su mayor proporción de tejido lignificado y una temprana lignificación del tejido interfascicular en la parte del tallo donde se presenta la ruptura y el retraso de la senescencia entre tratamientos dentro de la misma variedad estaría explicado por el efecto del CaCl_2 en la solución florero.

differences in vase life for gerbera varieties in this study, they last longer (24 d) than reported for this species, estimated in 15 d (Gerasopoulos and Chebli, 1999). CaCl_2 addition to preserving solution improved significantly postharvest life on *Shirlaine*; variety that in control showed greater bent incidence associated to lower proportion of lignified tissue than cv *Duela*. These results show the positive effect of Ca^{+2} ion in varieties with few lignified stems and short vase life.

Calcium (Ca^{+2}) is a ion related with cell wall stability and mechanical strength, property that is attributable to cooperative bonds between polygalacturonic chains and calcium ions to create pectates in medium lamellae (Conway *et al.*, 1995; Halevy *et al.*, 2001). A study performed by Albino-Garduño *et al.*, 2008, proved Ca importance in hydroponic culture of *Gerbera jamesonii*, and reported that low concentrations ($6 \text{ meq Ca}^{+2}\text{L}^{-1}$) reduced production, head diameter and scape quality (length and rigidity) with regards 9 and 12 $\text{meq Ca}^{+2}\text{L}^{-1}$. Treatments with calcium kept fruit rigidity in postharvest; “Campsol” watermelon (Rinaldi, *et al.*, 2004) and in apples (Poovaiah, 1988; Dilmaghani *et al.*, 2005). Scares from *Duela* and *Shirlaine* treated with CaCl_2 significantly built up Ca^{+2} in apical region, place where usually stem bends; thus stems treated kept rise longer than control; in cv *Duela* it reduced 10% and in *Shirlaine* 20%.

Presence of lignin was associated with elements of xylem vase, phloem fibers and interfascicular tissue. These data reveals greater rigidity of *Duela* scape. Stem anatomy and lignification between varieties are important indicators that can define stem resistance, independently of preserving solution treatment. Thus low incidence of bent in cv *Duela* was associated to greater relative content of lignin in middle section of stem and lignification of interfascicular tissue.

CaCl_2 in two varieties accelerated carotenos degradation, but promoted phenols built up. In the case of *Shirlaine* red flower, CaCl_2 promoted accumulation of cyanidin and pelargonidin at 30 d, control only last 20 d; ligules were detected darkened. This could be associated to process known as co-pigmentation in which anthocyanins with phenolic compound create non covalent bonds by *Van der Waals* bonds in presence of glucose, fact that limits interaction of anthocyanin with H_2O avoiding its degradation and color loss (Brouillard *et al.*, 1989; Boulton, 2001). Also, phenol compounds give antioxidant activity, which counteract effect of free radicals (Vinson and Hontz, 1995; Proestos *et al.*, 2005). During senescence cells produce great amount of free radicals (ROS) that oxidize membranes and produce

Agradecimientos

Las autoras agradecen al doctor Humberto López Delgado del programa nacional de papa, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por las facilidades de laboratorio brindadas, y a Miguel Vega Zúñiga por la asistencia técnica en la elaboración de los cortes histológicos en el Laboratorio de Anatomía e Histoquímica Vegetal del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, *Campus Montecillo*.

Literatura citada

- Acock, B. and Nichols, R. 1979. Effects of sucrose on water relations of cut, senescing, carnations flower. *Ann. Bot.* 44:221-230.
- Albino-Garduño, R.; Zavaleta-Mancera, H. A.; Ruiz-Posadas, L. M.; Sandoval-Villa, M.; Castillo-Morales, A. 2008. Response of gerbera to calcium in hydroponics. *J. Plant Nutr.* 31:91-101.
- Amariutei, A.; Burzo, I.; Alexe, C. 1986. Researches concerning some metabolism aspects of cut gerbera flowers. *Acta Hort.* 181:331-337.
- Baas, R.; Nijssen, H. M. C.; Van Den Berg, T. J. M. and Warmenhoven, M. G. 1995. Yield and quality of carnation and gerbera in a closed nutrient system as affected by sodium chloride. *Sci. Hort.* 61:273-284.
- Boulton, R. 2001. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: a critical review. *Am. J. Enol. Vitic.* 52:67-87.
- Brouillard, R.; Mazza, G.; Sad, Z.; Albrecht-Gary, A. M. and Cheminat, A. 1989. The copigmentation reaction of anthocyanins: a microprobe for structural study of aqueous solutions. *J. Am. Chem. Soc.* 111:2604-2610.
- Capdeville, G.; Maffia, L. A.; Finger, L. A. and Batista, U. G. 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. *Sci. Hort.* 103:329-338.
- Conway, W. S.; Sams, C. E. and Watada, A. E. 1995. Relationship between total and cell bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Hort.* 398:31-39.
- cell damage like has been demonstrated in gerbera (Trujillo-Villagarcía *et al.*, 2006) and wheat (Zavaleta-Mancera *et al.*, 2007). It is considered that increase of phenols in ligules of gerbera treated with CaCl_2 could protect cells from oxidative damage, promoting senescence delay.

Conclusions

CaCl_2 addition to vase solution delayed senescence in two gerbera varieties; concentration of 0.5 CaCl_2 was the one that gave best vase life. Significantly build up in apical region of scape in both varieties, favoring tissue hardening and reducing incidence to bent specially in Shirlaine. Scape anatomy and degree of lignification are key to define differences in vase life between cv Duella and cv Shirlaine. Then, lower incidence to scape bent seen in Duella, would be explained by its greater rate of lignified tissue and an early lignification of interfascicular tissue in stem portion where tends to break and delaying senescence between treatments within same variety would be explained by CaCl_2 in vase solution.

End of the English version



- Cortés, M. H.; Frías, A. A.; Moreno, S. G.; Piña, M. M.; Guzmán, G. H. and Sandoval, S. G. 2011. The effects of calcium on postharvest water status and vase life of *Rosa hybrida* cv. Grand gala. *Int. J. Agr. Biol.* 13:233-238.
- Dilmaghani, M. R.; Malakouti, M. J.; Neilsen, G. N. and Fallahi, E. 2005. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. *J. Plant Nutr.* 27:1149-1162.
- Gerasopoulos, D. and Chebli, B. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. *J. Hort. Sci. Biotech.* 74:78-81.
- Halevy, A. H.; Torre, S.; Borochoy, A. and Porat, R. 2001. Calcium in regulation of postharvest life on flowers. The Hebrew University of Jerusalem. Department of Horticulture Rehovot 76100. Israel. *Acta Hort.* 543:345-351.
- Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* in leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 11:591-592.

- Mentcarelli, F.; Agostini, R. R.; Botondi, R. and Massantini, R. 1995. Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excised section of straight and bent gerbera scapes. *J. Hort. Sci.* 70:09-416.
- Patel, A. and Mankad, A. 2002. Studies on postharvest shelf life of cut *Chrysanthemum indicum* and *Tagetes erecta* flowers. *Indian J. Plant Physiol.* 7(3):292-294.
- Poovaiah, B.W. 1988. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *Hort. Sci.* 23(2):267-271.
- Proestos, C.; Chorianopoulos, N.; Nychas, G. J. E. and Komaitis, M. 2005. RP- HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J. Agri. Food Chem.* 53:1190-1195.
- Pruthi, V.; Godara, R. K. and Bhatia, S. K. 2001. Effect of different pulsing treatments on postharvest life of *Gladiolus* cv. Happy and Haryana. *J. Hort. Sci.* 30(3-4):196-197.
- Ramírez-Martínez, M.; Trejo-Téllez, L.; Merino, F. C. G. y Sánchez, G. P. 2010. La relación de K⁺/Ca²⁺ de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad poscosecha del tulipán. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(2):149-156.
- Rinaldi, R.; Amodio, M. L. and Colelli, G. 2004. Effects of calcium treatment and modified atmosphere on postharvest life of fresh-cut 'Campsol' melons. *Adv. Hort. Sci.* 18(2):85-88.
- Serrano, M. 2002. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Sci. Technol. Inter.* 8(3):147-154.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vit.* 16:44-58.
- Torre, S.; Borochoy, A. and Halevy, A. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. *Physiol. Plantarum* 107(2):214-219.
- Trujillo-Villagración, B. A.; Zavaleta-Mancera, H. A.; Mora-Herrera, M. E. and López-Delgado, H. A. 2006. Efecto del CaCl₂ sobre la actividad enzimática antioxidante durante la vida florero de Gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolux Ex Hook F.) Rev. Chapingo. Serie Hort. 12(2):203-209.
- Van Doorn, W. G. 2001. Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. *Acta Hort.* 543(1):179-183.
- Van Leperen, W. and Van Gelder, A. 2006. Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*. *J. Exp. Bot.* 57(11):2743-2750.
- Vinson, J. and Hontz, B. 1995. Phenol antioxidant index: comparative antioxidant effectiveness of red and white wines. *J. Agr. Food Chem.* 43 (2):401-403.
- Wounter, G.; Doorn, V. and Yke, D. W. 1994. Effect of bacteria on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119:568-571.
- Wrolstad, R. E. 1976. Colorimetric determination of total anthocyanins pH differential method. Color and pigment analysis in fruit products. Station Bull. 621. Agric. Exp. Oregon State. University.
- Zavaleta-Mancera, H. A. and Engleman, E. M. 1994. Anatomy of the ovule and seed of *Manilkara zapota* (L.) van Royen (Sapotaceae). *Phytomorphology*. 44:169-175.
- Zavaleta-Mancera, H. A.; López-Delgado, H. H.; Loza-Tavera, M.; Mora-Herrera, C.; Trevilla-García, M.; Vargas-Suarez, and Ougham, H. J. 2007. Cytokinin promotes catalase and ascorbate peroxidase activities and preserves the chloroplast integrity during dark-senescence. *J. Plant. Physiol.* 164:1572-1582.