

Calcio y cobalto en soluciones preservantes durante la vida postcosecha de tallos de Lily: cambios en las variables fisiológicas

Mandujano Piña Manuel^{1*}, Colinas León Ma. Teresa², Trujillo Hernández Antonia¹, Arriaga Frías Alberto¹, De la Cruz Guzmán Gumercindo H.¹, Bautista Bañuelos Cecilio²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Laboratorio de Ecofisiología Vegetal (Lab. 9) UMF. Av. De los Barrios No. 1, Tlalnepantla de Baz, Edo. de México, C.P. 05490, México.

²Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México.

*Autor para correspondencia: manuelm@unam.mx

Recibido:

18/junio/2021

Aceptado:

23/agosto/2021

Palabras clave:

Star Gazer,
Star Fighter,
Unidades SPAD

Keywords:

Star Gazer,
Star Fighter,
SPAD Units

RESUMEN

Las soluciones químicas utilizadas en la postcosecha para mejorar la calidad de flores de corte incluyen azúcar, un acidificante, un antiséptico, así como retardadores del metabolismo. El cobalto tiene un doble efecto, como inhibidor de la síntesis de etileno, así como antiséptico, mientras que el calcio permite dar estabilidad a la membrana celular y retrasar la senescencia. Se estableció un diseño factorial completamente al azar con dos cultivares de Lily y soluciones preservantes con Co y Ca. Los resultados mostraron diferencias entre cultivares de las unidades SPAD, los contenidos de nitrógeno, magnesio y hierro, mientras que la actividad peroxidasa solo mostro diferencias en hojas. El etileno y respiración no evidenciaron efecto de tratamiento, aunque la variación de los datos fue muy alta. Lo cual permitió establecer que la presencia de cobalto y calcio modifico algunos síntomas de la senescencia en tallos de *Lilium*.

ABSTRACT

Chemical solutions used postharvest to improve cut flower quality include sugar, an acidifier, an antiseptic, as well as metabolism retarders. Cobalt has a double effect, as an inhibitor of ethylene synthesis, as well as an antiseptic, while calcium makes it possible to stabilize the cell membrane and delay senescence. A completely randomized factorial design was established with two Lily cultivars and preservative solutions with Co and Ca. The results showed differences between cultivars of the SPAD units, the nitrogen, magnesium and iron contents, while the peroxidase activity only showed differences in sheets. Ethylene and respiration did not show a treatment effect, although the variation in the data was very high. This allowed establishing that the presence of cobalt and calcium modified some symptoms of senescence in *Lilium* stems.

Introducción

En las plantas superiores hay indicios de la participación del cobalto en la formación de clorofila b. La incorporación exógena de este metal, causa daño morfológico en los plastidios y cambios en los contenidos de clorofila. También inhibe la formación de almidón y altera la estructura y número de cloroplastos por unidad de área en la hoja. El papel del cobalto en la fotosíntesis es polémico. Su efecto tóxico tiene lugar por la inhibición de actividad de fotosistema II y desde aquí la reacción de Hill. Este inhibe el centro de reacción del fotosistema II (complejo cosechador de energía), generando una modificación secundaria en el sitio de la quinona B. El cobalto reduce la exportación de fotoasimilados y la fijación nocturna de CO₂ en plantas con fotosíntesis C4 y MAC, inhibiendo la actividad de las enzimas involucradas. Se sabe que el ion cobalto (Co²⁺) es un inhibidor de la síntesis de etileno, bloqueando la conversión del ácido-1-aminociclopropano carboxílico (ACC) a etileno (Talukder y Sharma, 2007; Palit y Sharma, 1994; Taiz y Zeiger, 1998).

El calcio es importante para mantener la integridad de las membranas y paredes celulares de la planta. Si no se provee suficiente calcio durante la formación celular, la estructura del tejido llega a ser poco estable y más propensa a la desintegración. El calcio también participa en la activación de enzimas, regula el movimiento de agua en las células, ayuda como un amortiguador cuando hay exceso de otros elementos, forma parte del sistema de mensajeros en la transmisión de señales en las plantas bajo estrés y es esencial para la división y crecimiento celular. El calcio, está involucrado en los mecanismos bioquímicos que las plantas presentan como respuesta ante el estrés uniendo a proteínas como la calmodulina y proteinkinasa, además participa en los sistemas antioxidantes de las células (Schimitsz *et al.*, 2002; Rubinstein, 2000).

Kwak y Lee (1997) determinaron el papel del calcio y la fosforilación de proteínas durante la vía de transducción de la señal del etileno. Y sugiere que el Ca²⁺ localizado en los espacios extracelulares promueve la fosforilación y defosforilación, que son necesarios para la inducción de ACC oxidasa. Además, Yang y Poovaiah (2000) aportaron evidencias donde se involucra la señalización Ca/CaM-media la acción del etileno, que se asocia con la senescencia de hojas y pétalos.

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de soluciones preservantes con calcio y cobalto, durante la vida postcosecha de tallos florales de Lily, cultivares Star Gazer y Star Fighter, para las variables: unidades SPAD, contenido de nitrógeno, calcio, cobalto, magnesio y hierro, así como actividad peroxidasa, producción de etileno y actividad respiratoria.

Metodología

Se utilizaron tallos de *Lilium sp.* cvs. Star Gazer y Star Fighter en estado de botón, las cuales se adquirieron en invernaderos de San Diego, Texcoco, Estado de México, se transportaron en seco al laboratorio donde se hidrataron durante 4h. Se uniformizó la longitud de los tallos a 80 cm; se realizó un corte tangencial, y se podó el follaje inferior para librar el largo de la probeta de 250 mL.

Soluciones preservantes y diseño experimental

El presente trabajo se realizó bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x4, donde se tomó como primer factor al cultivar con dos niveles (Star Gazer y Star Fighter) y el segundo factor fue concentraciones de calcio y cobalto con cuatro niveles (0.0/0.0, 0.5/0.1, 1.0/0.01, 2.0/0.1 mM de Ca/Co respectivamente) y 10 repeticiones en cada tratamiento. Todas las soluciones de los tratamientos se prepararon con sacarosa al 4% y ajustadas a un valor de pH de 3.5 con ácido cítrico. Se tomó como unidad experimental un tallo de Lily en una probeta de 250 mL con un volumen de solución de 170 mL. Los tratamientos fueron expuestos a fotoperiodos de 12/12 (luz/oscuridad) con una radiación de 0.30 $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$.

Variables evaluadas

La Clorofila se midió en unidades SPAD con el medidor de clorofila Minolta SPAD 502, tomando siempre las mismas hojas, las mediciones se realizaron diariamente, hasta que las hojas presentaron un color amarillento como síntoma de senescencia. Al final del experimento hojas y flores se secaron en una estufa a 70°C, obteniéndose muestras de 0.5 gramos, tanto de hojas como de flores, las cuales fueron digeridas con 4 ml de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en una proporción de 2:1, adicionando 2 ml de peróxido de hidrógeno y calentando la mezcla dentro de una campana de extracción hasta su digestión. Una vez digerida la muestra, se aforó a 25 mL con agua desionizada y se determinaron las concentraciones de Co, K, Ca, Mg, y Fe mediante un Espectrofotómetro de Emisión Atómica de Plasma por Inducción Acoplada ICP-AES de Varian, así como los contenidos de Nitrógeno por el método de microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999).

La respiración y el etileno se determinaron por el método de respiración estática en el cual el tallo floral se colocó dentro de una cámara hermética de volumen conocida por una hora, se tomaron 7 mL de la mezcla de gases, los cuales se almacenaron en vacutainer. Se almacenaron en

refrigeración hasta su lectura. La cual consistió en tomar un mililitro de la mezcla de gases que se inyectó en un cromatógrafo de gases marca Varian modelo 3400 con una columna capilar de 27.5 cm de largo 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de película tipo abierto con capa porosa de sílica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q, la temperatura de la columna fue de 80°C, del detector de 170°C de conductividad térmica para CO₂ y de ionización de flama para etileno y del inyector 150°C, como estándar se utilizó etileno (INFRA) 103 mg L⁻¹ y CO₂ (INFRA) 399 mg L⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹.

La actividad de la peroxidasa (EC 1.11.1.7), se evaluó pesando 1.0 g de tejido fresco de hoja y flores, las cuales se maceraron con nitrógeno líquido en mortero previamente refrigerado, y posteriormente se le agregaron 3 ml de solución buffer + PVP, la muestra se centrifugó a 10,000 g a una temperatura de 0 a 4 °C. Posteriormente la muestra se dejó reposar para que alcanzara la temperatura ambiente y se tomó una alícuota del sobrenadante, para poder leer a 470 nm en el espectrofotómetro. La calibración se hizo con buffer, y las cantidades para la lectura fueron: 2.6 ml de buffer, 100 µl de H₂O₂ al 0.25% y 250 µl de guayacol 0.1 M, aplicando 100 µl de muestra (alícuota), la reacción se siguió por 2 minutos. A la muestra se le cuantificó el contenido de proteína soluble por el método de Bradford. (Bradford, 1976).

El análisis de los datos para cada variable de respuesta, se realizó mediante un análisis de varianza con un $\alpha = 0.05$, se utilizó el paquete estadístico SAS®. Para definir diferencias entre tratamientos se consideró la prueba de Tukey con el mismo nivel de significancia.

Resultados y discusión

Unidades SPAD (contenido de clorofila foliar)

La concentración de clorofila medida en unidades SPAD presentó diferencias significativas sólo en el cv. Star Fighter (Figura 1), encontrando los valores más altos en el tratamiento 0.1 mM de Co + 2.0 mM de Ca. Para el cultivar Star Gazer no se encontraron diferencias. En la comparación entre cultivares no se observaron diferencias. Aunque el cv. Star Gazer presentó estabilidad en los contenidos de clorofila, por lo que sugerimos este cultivar menos susceptible al amarillamiento del follaje en *Lilium*. El cual es un síntoma recurrente para muchos cultivares del tipo oriental durante la vida postcosecha, para lo cual Nell y Reid (2000) recomiendan pulsos de citocininas o giberelinas, sin embargo, la incorporación de calcio y cobalto en las soluciones preservantes muestra una tendencia a mantener la clorofila del follaje

más tiempo y con esto favorece su estado ornamental y por tanto su vida postcosecha (Figura 1). Aunque, la determinación constante de clorofila en tejidos vegetales, es útil para estimar el estado de senescencia (Quesada y Valpuesta 2008), se pueden presentar alteraciones en las mediciones en las unidades SPAD por deficiencias de nutrimentos como; nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en hojas (Porro *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 1998).

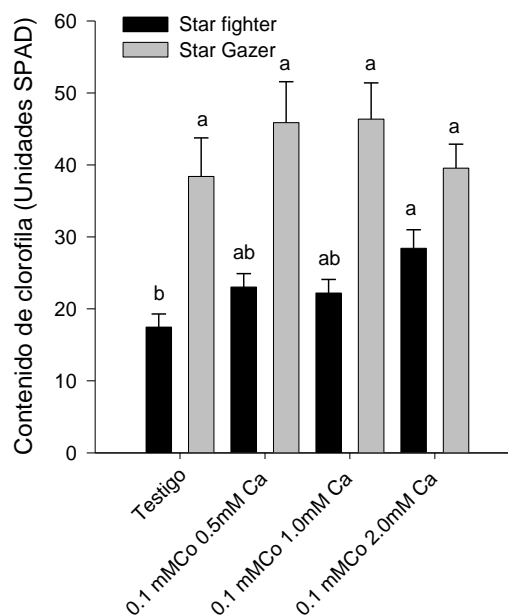


Figura 1. Unidades SPAD (contenido de clorofila) *sp. cvs.* Star Fighter y Star Gazer. Cada punto representa el promedio de 8 repeticiones ± error estándar. Valores con la misma letra dentro de cada serie son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Concentración de nutrimentos

En este experimento los contenidos de nitrógeno, presentaron una tendencia a disminuir cuando se le agregó cobalto y calcio, este último en concentraciones crecientes a las soluciones; tanto en flores como en hojas de ambos cultivares. Sin embargo, las flores presentaron los valores más altos en relación a las hojas en ambos cultivares. Se presentaron diferencias significativas entre cultivares tanto para hojas como para flores con “S. Gazer” con los valores más altos (Cuadro 1). En las hojas se presentaron diferencias para en los tratamientos de 0.1 mM de cobalto suplementado con 1.0 y 2.0 mM de calcio, aunque para 1.0 mM de calcio fue marginal (Cuadro 1). Los datos obtenidos en este experimento coinciden con los reportados para ornamentales. El nitrógeno en las plantas varía con las especies y con las variedades. Las concentraciones de nitrógeno total en

ornamentales pueden ser de 1.5 % en las hojas maduras. En las fases tempranas de crecimiento, las concentraciones serán más altas, y cuando se presenta la madurez tanto en hojas como en flores, las concentraciones de nitrógeno en estos órganos descienden. La movilización de nitrógeno de las hojas viejas a los meristemos, hojas jóvenes, y brotes, provocan una disminución en la concentración de nitrógeno en las hojas maduras de las plantas (Quesada y Valpuesta, 2008). Una porción importante del nitrógeno celular, se encuentra en los cloroplastos (Barker y Gretchen, 2007), por lo que se espera que durante la senescencia foliar se degraden estos organelos y liberen el nitrógeno, generando cambios en el metabolismo y la estructura celular. Lo anterior induce el síndrome de senescencia, caracterizado por la degradación de proteínas, modificación del retículo endoplásmico, fragmentación de membranas y pérdida de la integridad celular. (Barker y Gretchen, 2007; Quesada y Valpuesta, 2008).

Tabla 1. Concentración promedio de nitrógeno en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* sp. tratadas con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Contenido de Nitrógeno (%)	
	Hojas	Flores
Conc. Ca/Co mM		
0.0 / 0.0	1.097 a ^z	2.0315 a
0.5 / 0.1	1.053 a	1.9571 a
1.0 / 0.1	0.832 ab	1.6896 a
2.0 / 0.1	0.728 b	1.6286 a
DMS	0.2834	0.4148
Cultivar (C)		
S. Gazer	1.128 a	2.3684 a
S. Fighter	0.727 b	1.2850 b
DMS	0.1507	0.2205
CV (%)	25.22	18.74
Conc x C	0.0972 ^{NS}	0.7477 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Los resultados de las concentraciones de iones en el tejido de los dos cultivares de Star Fighter y Star Gazer después de su vida postcosecha se presentan en los Cuadros 2 y 3, donde se encontró un incremento significativo del cobalto en hojas y flores de ambos cultivares, acorde con la presencia de este elemento en la solución. Lo que nos indica su alta movilidad hacia estas estructuras. No obstante, que el calcio fue incorporado de manera creciente en la solución, éste no mostró diferencias en los contenidos foliares, pero si entre cultivares y el cv. Star Fighter presentó valores significativos de Calcio respecto a cv. Star Gazer (Cuadro 2). En hojas y flores del cv. Star Gazer los contenidos de hierro, potasio y magnesio fueron más altos en relación al cv Star Fighter (Cuadros 2 y 3, Fe, K y Mg). Sobre el efecto de los tratamientos que contenían calcio y cobalto en la solución. Las flores de los dos cultivares mostraron diferencias entre el testigo (con los valores más altos) y

los tratamientos, para hierro, potasio y magnesio, observándose en estos una tendencia a disminuir en el tratamiento de 2.0 mM de calcio adicionado con 0.1 mM de cobalto. En las hojas los tratamientos a base de calcio y cobalto no presentaron diferencias en los contenidos de hierro y magnesio en ningún cultivar.

Se puede destacar que los contenidos de potasio fueron más altos en la flor para ambos cultivares, por lo que se le asocia con los cambios en turgencia celular necesarios en la expansión de la estructura floral (Núñez, 2007; Barker y Gretchen, 2007; Marschner, 2003). Sin embargo, los tratamientos que involucraron al calcio y cobalto en las soluciones muestran una tendencia a disminuir los contenidos de potasio con respecto al testigo, observándose el valor más bajo en el tratamiento que incluye 0.1 mM de Co + 2.0 mM de Ca. Asociado probablemente al antagonismo entre potasio y calcio (Núñez, 2007) y en el caso de Star Gazer este comportamiento se observó tanto en hojas como en flor.

Los tratamientos incluyeron concentraciones crecientes de calcio, lo cual solo se reflejó en las flores del cultivar Star Fighter, donde se encontró un contenido de calcio mayor en los tratamientos que incluyeron al calcio en 1.0 y 2.0 mM., además del cobalto 0.1mM, con diferencias estadísticas con respecto al testigo. Esta dinámica del calcio la podemos atribuir a su mecanismo de transporte en xilema, el cual está basado en la capacidad transpiratoria de los órganos y para los tallos de lilis las hojas presentaron valores más altos de transpiración y por tanto una mayor incorporación de calcio en relación a las flores (Pilbeam y Morley 2007).

Pardha y Mohan (1989), asociaron el uso de cobalto en solución al incremento de vida postcosecha para crisantemo. Efecto que también fue observado por Murali y Reddy (1993) para gladiola. Lo que se confirma también en este trabajo encontrando buena respuesta de la vida postcosecha en las concentraciones de 0.1 mM de cobalto asociado con 0.5 mM de calcio. No obstante se reporta que el cobalto induce clorosis en las hojas; disminuyendo la asimilación de hierro, lo cual fue observado de manera más clara en el cultivar Star Fighter, encontrando diferencias significativas tanto en hoja como en flor con relación al testigo. Además Palit y Sharma (1994) establecen que el cobalto induce deficiencias de potasio lo cual fue observado en las flores para ambos cultivares y menos evidente en las hojas, en este último sugerimos una relación de antagonismo adicional con el calcio.

Sobre la dinámica que se observó entre el Ca y Co, vs Magnesio tanto en flores como en hojas de Star Fighter las diferencias estadísticas se acentúan entre los tratamientos testigo y los que incluyeron al calcio en

concentraciones de 1.0 y 2.0 mM, registrándose los valores más bajos en estos últimos. Lo cual se complementa con lo reportado por Talukder y Sharma (2006), quienes establecieron que el cobalto induce deficiencias de potasio, calcio y magnesio. En relación al calcio Gerasopoulos y Chebli (1999) trabajando con CaCl_2 en soluciones postcosecha, reportaron un incremento en la vida de florero de tallos de gerbera. Torre *et al.*, (1999) también encontraron un retraso en la senescencia de pétalos de rosa tratados con calcio, sugiriendo que el calcio se asocia con la protección de proteínas de la membrana y modula la degradación de fosfolípidos, conservando la integridad de la membrana, reduciendo la producción de etileno, además se mantiene el transporte de solutos y la viabilidad de los tejidos.

Tabla 2. Contenido de iones en hojas de dos cultivares de *Lilium* sp. tratadas con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Hojas				
	Co	Ca	Fe	K	Mg
	(mg/kg ⁻¹ de materia seca)				
Conc. Ca/Co mM					
0.0/0.0	0.393 c ^z	4074.3 a	112.7 a	10991.4 a	2340.4 a
0.5/0.1	35.38 b	3738.1 a	100.4 a	9966.6 a	2221.2 a
1.0/0.1	39.67 b	4427.9 a	113.4 a	10546.4 a	2306.3 a
2.0/0.1	62.41 a	4326.3 a	116.2 a	9487.8 a	2052.0 a
DMS	15.57	1214.7	27.54	1646.6	572.27
Cultivar (C)					
S. Gazer	26.67 b	3660.0 b	170.32 a	11519.3 a	3277.1 a
S. Fighter	42.26 a	4623.3 a	50.99 b	8976.8 b	1182.9 b
DMS	8.276	645.73	14.64	875.35	304.23
CV (%)	37.28	24.20	20.54	13.26	21.18
Conc x C	0.0025*	0.2447 ^{NS}	0.0867 ^{NS}	0.0078*	0.9738 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$. ^{ns}; ^{*}No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Tabla 3. Contenido de iones en hojas de dos cultivares de *Lilium* sp. tratadas con concentraciones de calcio y cobalto. Valores promedio de 5 repeticiones.

Factor/Nivel	Flores				
	Co	Ca	Fe	K	Mg
	(mg/kg ⁻¹ de materia seca)				
Conc. Ca/Co mM					
0.0/0.0	0.322 c ^z	1806.4 b	51.86 a	15433.7 a	1699.9 a
0.5/0.1	62.07 b	1849.6 ab	46.61 a	13670.1 b	1408.5 bc
1.0/0.1	78.70 a	2144.6 a	47.57 a	13562.3 b	1443.6 b
2.0/0.1	84.67 a	2124.8 a	38.08 b	11474.8 c	1263.6 c
DMS	7.901	306.83	8.409	1430.5	165.01
Cultivar (C)					
S. Gazer	62.639 a	2041.8 a	66.94 a	14962.1 a	1858.2 a
S. Fighter	50.243 b	1920.9 a	25.12 b	12108.3 b	1049.7 b
DMS	4.2004	163.12	4.470	760.48	87.721
CV (%)	11.55	12.78	15.08	8.72	9.37
Conc x C	0.0040*	0.001*	0.0017*	0.0002*	0.1170 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$. ^{ns}; ^{*}No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Actividad peroxidasa

La peroxidasa, es una enzima que cataliza la oxidación de un amplio número de sustratos orgánicos e inorgánicos, utilizando el poder oxidante del peróxido de hidrógeno. Además de la lignificación de la pared celular y en la degradación del ácido idolacético y la biosíntesis de etileno (Gaspar *et al.*, 1982.; Amako *et al.*, 1994). Los

resultados obtenidos en este trabajo no mostraron diferencias significativas en flores, pero si se observaron diferencias en la actividad peroxidasa en hojas de ambos cultivares, donde el cv. Star Gazer mostro el valor más alto (Cuadro 3). El tratamiento con 0.1 mM de cobalto y 1.0 mM de calcio presentó diferencias significativas con respecto al testigo en el cv. Star Gazer. Además las concentraciones crecientes de calcio mostraron un incremento en la actividad de estas enzimas en hoja, pero sólo del cv. Star Gazer (Cuadro 3). Se ha confirmado la unión de calcio a dos isoenzimas de la peroxidasa de *Armoracia rusticana*. Por lo que se sugiere que el calcio contribuye a mantener la conformación estructural de la isoperoxidasa C. y se ha confirmado por Gaspar *et al.*, (1982), que la peroxidasa C libre de calcio se reconstituye por la adición de este ión y recupera su actividad.

Los cambios en la actividad de peroxidasa durante la senescencia están asociados al incremento de peróxidos y radicales libres, enzimas antioxidantes y a la síntesis de proteasas (Torres *et al.*, 1999). Estos cambios están asociados al incremento en la generación de Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), los cuales son promotores de la senescencia, por lo que un incremento en la actividad de peroxidasa como el observado en las hojas de tratamientos de 0.1 mM de cobalto adicionado con 1.0 y 2.0 mM de calcio en el cv. Star Gazer.

Tabla 4. Actividad peroxidasa en hojas y flores de dos cultivares de *Lilium* sp. tratadas con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Flores	Hojas
	Actividad peroxidasa (Abs/min)	
Conc. Ca/Co mM		
0.0 / 0.0	0.09845 a ^z	0.13440 b ^z
0.5 / 0.1	0.10036 a	0.14184 b
1.0 / 0.1	0.10298 a	0.24301 a
2.0 / 0.1	0.09854 a	0.15120 b
DMS	0.0318	0.0831
Cultivar (C)		
S. Gazer	0.100649 a	0.24485 a
S. Fighter	0.099704 a	0.09500 b
DMS	0.017	0.0443
CV (%)	45.03631	75.24278
Conc x C	0.7614 ^{NS}	0.0701 ^{NS}

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$. ^{ns}; ^{*}No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$, respectivamente. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Etileno y CO₂

La liberación de CO₂ y etileno para los dos cultivares tratados con 0.1 mM de cobalto, adicionado con 0.5, 1.0 y 2.0 mM de calcio no presentaron diferencias significativas (Cuadro 5). Al respecto hay reportes experimentales en la fisiología de postcosecha, que sugieren al calcio y al cobalto como un regulador de la senescencia (Palit y Sharma, 1994) Talukder y Sharma (2006). Para el calcio se sabe que favorece la estabilidad

de las membranas celulares, ya que cuando éstas se degradan, los metabolitos que se generan pueden estar involucrados en la síntesis de etileno (Torre *et al.*, 1999; Rubinstein, 2000). Otros estudios han mostrado al calcio, aplicado como nitrato de calcio [Ca(NO₃)₂], cloruro de calcio (CaCl₂), y sulfato de calcio (CaSO₄) (De Capdeville, *et al.*, 2005; Torre, *et al.*, 1999) pueden incrementar la longevidad de postcosecha. Este aumento en la vida postcosecha puede ser debido a un retraso de los eventos fisiológicos relacionados con el envejecimiento, como una disminución en la captación de agua, pérdida de agua mediante un aumento de la transpiración, disminución del peso fresco entre otros. Por su parte el cobalto inhibe la producción de etileno (Bulanstseva, *et al.*, 2000; Pereira-Netto, 2001)

La actividad respiratoria cuantificada mediante la liberación de CO₂ presentó diferencias significativas entre cultivares (Cuadro 5) y solo el cv. Star Gazer presentó un incremento en la actividad respiratoria (Cuadro 5).

Tabla 5. Producción de etileno y CO₂ durante la vida postcosecha de los tallos florales de *Lilium sp.* cvs. Star Gazer y Star Fighter, tratados con concentraciones de calcio y cobalto.

Factor/Nivel	Etileno µl de etileno kg ⁻¹ h ⁻¹	Respiración ml de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹
Conc. Ca/Co mM		
0.0 / 0.0	0.51367 a	0.16792 a
0.5 / 0.1	0.37764 a	0.16588 a
1.0 / 0.1	0.29086 a	0.18067 a
2.0 / 0.1	0.29819 a	0.16135 a
DMS	0.2591	0.0385
Cultivar (C)		
S. Gazer	0.37577 a	0.22212 a
S. Fighter	0.36738 a	0.13351 b
DMS	0.1452	0.0211
CV (%)	92.98182	33.81866
Conc x C	0.6760 ^{ns}	0.0065*

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una P ≤ 0.05. ^{ns}; *. No significativo y significativo a una P ≤ 0.05, respectivamente. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Durante la vida de florero en las rosas cortadas se ha observado un declive rápido en la tasa respiración. La adición de un preservante floral reduce este descenso, el cual no se observó claramente, pero sí mostró un efecto de cultivar. Se concluye que el declive en la respiración es el resultado de una limitación del sustrato respiratorio, y que el efecto del preservante es mantener la concentración del sustrato (Paulin 1997). Según Monteiro *et al.* (2001) establecieron una correlación entre la respiración más altas, asociada con una disminución de la longevidad, en las rosas en miniatura crecidas en primavera verano. Figueroa *et al.*, (2005) han observado que la senescencia incrementó la tasa respiratoria en rosa y por tanto un agotamiento del sustrato endógeno. Kaltaler y Steponkus (1976) establecieron que la vida postcosecha y el descenso en la

respiración durante la senescencia de flor de rosa no fue debido a la limitación del sustrato, sino a la incapacidad de mitocondria para utilizar el sustrato.

Conclusiones

La presencia de cobalto en soluciones preservantes favoreció la absorción y acumulación de este elemento en hojas y flores de ambos cultivares, mientras el calcio sólo presentó este comportamiento en flores del cv. Star Fighter. Para los contenidos de potasio, hierro y magnesio en flores y hojas de ambos cultivares se presentó un descenso con respecto al testigo.

El contenido foliar de clorofila en unidades SPAD mostró diferencias, solo en el cultivar Star Fighter tratado con solución que contenía 0.1 mM de cobalto y 2.0 mM de calcio.

La actividad de peroxidasa, sólo presentó diferencias en hojas de ambos cultivares.

La producción de etileno no presentó diferencias entre cultivares ni efecto claro con la presencia de calcio y cobalto en las soluciones preservantes.

Los contenidos de nitrógeno en hojas y flores de los dos cultivares tienden a disminuir significativamente con la presencia de cobalto y calcio en las soluciones.

Agradecimientos

Al Dr. Juan Ayala Arreola, Departamento de Fitotecnia UACH por sus comentarios y sugerencias. Al CONACYT y la UNAM-FES Iztacala: Unidad de Morfología y Función por el apoyo a presente trabajo.

Referencias

- Alcántar G. G., Sandoval V. M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.
- Amako K., Chen G., Asada K. (1994). Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplast and cytosolic isoenzymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiol.* 35(3):497-504.
- Barker A., Gretchen M. (2007). Nitrogen, pp 21-40. In Handbook of Plant Nutrition Barker V.A., Pilbeam J. D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.
- Bradford M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microquantities of protein. *Anal Biochem.* 72: 248-256.

- Bulantseva E. A., Glinka M. E., Protsenko A. M., Sal'Kova G. E. (2000). A protein inhibitor of polygalacturonase in apple fruits treated with aminoethoxyvinylglycine and cobalt chloride. *Applied Biochemistry and microbiology*. 37 (1): 89-92.
- De Capdeville G., Maffia L., Finger F., Batista U. (2005). Pre-harvest calcium sulfate applications affect base life and severity of gray mold in cut roses. *Sci. Hort.* 103: 329-338.
- Figueroa I., Colinas L. T., Mejia J., Ramirez F. (2005). Cambios fisiológicos en postcosecha de dos cultivares de rosa con diferente duración en florero. *Cien. Inv. Agr.* 32 (3): 209-219.
- Gaspar T., Penel C., Thorpe T., Greppin H. (1982). "Peroxidasas 1970-1980. A survey of their biochemical y physiological roles in higher plants. Université de Genève-Centre de Botanique. Genève. pp. 324
- Gerasopoulos D., Chebli B. (1999). Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut Gerberas. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 74: 78-81
- Kaltaler R. E. L., Steponkus P. L. (1976). Factors affecting respiration in cut roses. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:352-354.
- Kwak S., Lee S. (1997). The requirements for Ca²⁺, protein phosphorylation, and dephosphorylation for ethylene signal transduction in *Pisum sativum* L. *Plant Cell Physiol.* 38(10): 1142-1149.
- Marschner H. (2003). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. Pp 448
- Monteiro J.A., Nell T.A., Barrett J.E. (2001). Post-production of potted miniature rose: flower respiration and single flower longevity. *J Am Soc Hort Sci* 126:134-139.
- Murali T. P., Reddy V. T. (1993). Postharvest life of gladiolus as influenced by sucrose and metal salts. *Acta Hort.* 343:313-320.
- Nell T. A., Reid M. S. (2000). Poscosecha de las flores y plantas. Ediciones Hortitecna. Colombia. 216 pp.
- Núñez E. R. (2007). El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos, pp 100-121. En Nutrición de cultivos. Alcántara G. G., Trejo-Téllez L. I. (Editores). Ed. Mundiprensa, CP, México.
- Palit S., Sharma A., Talukder G. (1994). *Effects of cobalt on plants. Bot. Rev.* 60:149-18.
- Paulin A. (1997). La poscosecha de las flores cortadas, bases fisiológicas. Ediciones Hortitecna. Colombia. 141 pp.
- Pardha S. P., Mohan R. H. Y. (1989). Prolongation of vase-life of Chrysanthemum blooms by cobalt chloride and its reversal by IAA. *Acta Horticulturae* 261: IV International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants.
- Pereira-Netto B. A. (2001). Effect of inhibitors of ethylene biosynthesis and signal transduction pathway on the multiplication of in vitro-grown *Hancornia speciosa*. *Plant cell, Tissue and organ culture*. 66: 1-7.
- Pilbeam J. D., Morley S. P. (2007). Calcium, pp 121-140. In *Handbook of Plant Nutrition* Barker V.A., Pilbeam J. D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group., London.
- Porro D., Dorigatti C., Stefanini M., Ceschini A. (2001). Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Horticulturae* 564:243 - 252.
- Quesada M. A., Valpuesta V. (2008). senescencia y abscission, pp 559-576. In *Fundamentos de fisiología vegetal*. Segunda edición. Azcon-Bieto J., Talon M (eds.) Mcgraw-Hill Interamericana de España. S. A. U. Barcelona, España
- Rodríguez M. M., Alcantar G. G., Aguilar S. A., Etchevers B. J., Santizó R. J. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16(2): 135-141.
- Rubinstein B. (2000). Regulation of cell death in flower petals. *Plant Mol. Biol.* 44:303-318.
- Schmitz E. M., Haefs R., Noga G. (2002). Calcium deficiency-Influence on the antioxidative defense system in tomato plants. *J. Plant Physiol.* 159:733-742.
- Taiz L., Zeiger E. (1998). *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts. pp. 651-670.
- Talukder G., Sharma A. (2007). Cobalt, pp 500-509. In: *Handbook of Plant Nutrition* Allen V., Barker V. A.; Pilbeam J. D. (eds.) CRC Press Taylor & Francis Group Editor., London.
- Torre S., Borochoy A., Halevy A. (1999). Calcium regulation of senescence in roses. *Physiologia Plantarum* 107:214-219.
- Yang T., Poovaiah B. (2000). An early ethylene up-regulated gene encoding a calmodulin-binding protein involved in plant senescence and death. *J. Bio. Chem.* 275 (49) : 38467-38473.