

# Aplicación de 1-metilciclopropeno en inflorescencias de nardo (*Polianthes tuberosa* L.) en poscosecha

Postharvest application of 1-methylcyclopropene on tuberose cut flowers (*Polianthes tuberosa* L.)

Gloria Alicia Pérez-Arias<sup>1</sup>, Irán Alia-Tejocal<sup>1\*</sup>, María Teresa Colinas-León<sup>2</sup>,  
Manuel de Jesús Sainz-Aispuro<sup>1</sup>, Juan Emilio Álvarez-Vargas<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto de soluciones pulso y de la aplicación de 1-metilciclopropeno (MCP) en la calidad poscosecha de flores de nardo (*Polianthes tuberosa* L.) Perla, se cosecharon plantas con cuatro flores abiertas. Se aplicó 1-MCP a distintas dosis (140, 280, 420 o 560 mg) en combinación de solución pulso (20%) por 24 horas, adicionalmente se evaluaron agua destilada y solución pulso sin (1-MCP). El número de flores abiertas y su apariencia son un parámetro poco afectado por la aplicación de 1-MCP. El consumo de agua y el peso relativo incrementaron por la aplicación de solución pulso y no por la aplicación 1-MCP. El matiz y la luminosidad de las flores incrementaron durante la vida en florero, en tanto que la cromaticidad disminuyó. Las espigas de nardo mostraron incrementos significativos de respiración y producción de etileno durante su poscosecha. La velocidad de respiración y la producción de etileno disminuyeron al incrementar la dosis de aplicación de 1-MCP, aunque no se observaron efectos benéficos en la calidad de la inflorescencia de nardo.

## PALABRAS CLAVE

Fisiología poscosecha, producción de etileno, apariencia, calidad del producto

## ABSTRACT

Perla tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) spikes were harvested with four open flowers and stored in a pulse solution (20%) plus a solution of 140, 280, 420 or 560 mg L<sup>-1</sup> of 1-methylcyclopropene (1-MCP) using Ethylblock® sachets (each sachet included 0.014% of active ingredient) for 24 hours. Results showed that the open flowers and their appearance were less affected by 1-MCP application. The water uptake and the relative weight were increased by the pulse solution application, while 1-MCP had no effect. Hue and lightness increased during the vase life of the tuberose, but its chromaticity decreased. Tuberose spikes showed an increase in their respiration rate and ethylene production in the postharvest vase life. Respiration rate and ethylene production decreased when 1-MCP applications were increased, but no beneficial effects were observed in the quality of the tuberose.

## KEYWORDS

Postharvest physiology, ethylene production, appearance, product quality

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural; Facultad de Ciencias Agropecuarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa. 62209 Cuernavaca, Morelos, México.

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia; Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México.

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico: ijac96@yahoo.com.mx

**Recibido:** 23 de marzo de 2013

**Aceptado:** 8 de abril de 2014

## INTRODUCCIÓN

El nardo (*Polianthes tuberosa* L.) es una herbácea perenne perteneciente a la familia Agavaceae (Naidu y Reid, 1989). Es una planta ornamental bulbosa y una de las flores de corte más importantes en áreas tropicales y subtropicales (Benschop, 1993). Recientemente ha ganado popularidad como flor de corte en varios países y se cultiva comercialmente en Kenia, India y México para luego ser exportada a países como Estados Unidos de Norteamérica, Europa y Japón (Waithaka *et al.*, 2001). En México la mayor parte de la producción se concentra en las entidades de Morelos, Estado de México, Guerrero, Veracruz y Puebla, donde se cultivan 276 hectáreas de esta especie y se generan \$6.4 millones de pesos en ventas anuales (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2014). El estado de Morelos, se encuentra entre los principales cultivos de flores de corte, junto con la rosa y la gladiola (Cabrera y Orozco, 2003) y se cultiva en 171 hectáreas, lo que representa 62% de la producción nacional (SIAP, 2014).

Toledo (2003) reporta la disponibilidad de variedades simples (Grandiflora) y dobles (Perla, Florentina, Excelsior y Excelsior Pearl). En las localidades de Morelos donde se cultiva nardo, la principal variedad es la doble, mejor conocida como "Perla" (Vázquez, 2004). Toledo (2003) indica que en Morelos la producción tiene calidad de exportación, pero los productores no tienen los medios para alcanzar directamente este mercado.

La señal que indica que el nardo está listo para ser cosechado es cuando 2 o 4 flores de la parte basal han abierto (Naidu y Reid, 1989). En Morelos, cuando se cosechan las inflorescencias, generalmente son seleccionadas y empacadas en rollos de 100 tallos, que luego son apilados y transportados a la central de abasto del Distrito Federal y al Mercado de Flores de Tenancingo (Toledo, 2003). Cada flor vive por aproximadamente tres días, mientras que el promedio de vida de la inflorescencia es de 10 a 14 días (Dole y Wilkins, 2005). Las flores de nardo simple tienen mayor vida que las dobles (Vaughn, 1988). Menos de 50% de las flores abren después de la cosecha y generalmente caen después de varios días, por lo que se recomienda aplicar una solución pulso con 20% de sacarosa que contenga hidroxiquinoleína citrato para incrementar la vida de poscosecha y la apertura de las flores en 30% (Naidu y Reid, 1989; Waithaka *et al.*, 2001). Bajo el efecto de la aplicación de tiosulfato de plata (Dole y Wilkins, 2005) y etileno exógeno, se ha observado que la vida útil y la apertura de las flores disminu-

ye (Waithaka *et al.*, 2001). Se recomienda mantener las flores a una temperatura de 0 a 5 °C durante su transporte y almacenamiento (Armitage y Laushman, 2008; Waithaka *et al.*, 2001).

El comportamiento poscosecha del nardo es deficiente después de transportarse grandes distancias debido a que las bajas temperaturas a las que es transportado le pueden causar daño. Se ha observado que el frío promueve la producción de etileno en el nardo (Waithaka *et al.*, 2001), hormona que puede causar la senescencia de los pétalos y abscisión de las flores, o bien estimular la abscisión en inflorescencias (Wolterring, 1987).

Una forma de controlar los efectos negativos del etileno es utilizar 1-metilciclopropeno (MCP). El 1-MCP es una olefina cíclica que se une irreversiblemente a los receptores de etileno y previene su acción. Actualmente los productores de plantas ornamentales de varios países se benefician de este nuevo producto (Arora, 2008), pero no se ha evaluado su efecto en las flores de nardo Perla. Por lo tanto, en la presente investigación se estudió su comportamiento bajo diferentes dosis de 1-MCP.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización y material vegetal

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Producción Agrícola en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En enero y febrero de 2011 se colectaron tallos de nardo Perla cultivados en Morelos, provenientes de una huerta comercial en Cuauchichinola (18.648780 latitud, -99.374411 longitud, 991 msnm). Los tallos se cosecharon a las 8:00 am, cuando tenían cuatro flores basales abiertas y se transportaron al laboratorio, donde se colocaron inmediatamente en agua destilada y se dejaron en condiciones similares a las del medio ambiente durante dos horas (20±2 °C y 60% de humedad relativa).

### Diseño de tratamientos

Se formaron seis grupos de 12 tallos que se recortaron a 60 cm y se les aplicaron los siguientes tratamientos: a) agua destilada (pH=6.0; conductividad eléctrica [CE]=40 mScm<sup>-1</sup>) durante 24 horas; b) solución pulso que contenía 20% de sacarosa sin (1-MCP); c) solución pulso que contenía 20% de sacarosa y una bolsa de 1-MCP (140 mg L<sup>-1</sup>); d) solución pulso que contenía 20% de sacarosa y 2 bolsas de 1-MCP (280 mg L<sup>-1</sup>);

e) solución pulso que contenía 20% de sacarosa y 3 bolsas 1-MCP (420 mg L<sup>-1</sup>), y f) solución pulso que contenía 20% de sacarosa y 4 bolsas 1-MCP (560 mg L<sup>-1</sup>). Se utilizó como fuente del 1-MCP bolsas de Ethyl-block® (cada bolsa contenía 2.5 g del producto, del cual 0.014% era de ingrediente activo o 1-MCP).

Cuando se terminaron de aplicar los tratamientos, los tallos de cada grupo se mantuvieron en probetas de plástico de 1 l y diariamente se evaluó el consumo de agua, la apariencia, el peso y el número de flores abiertas. Otros seis tallos se utilizaron para evaluar la velocidad de respiración y la producción de etileno. La unidad experimental fue una flor y se hicieron seis repeticiones para todas las variables evaluadas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar.

### Variables evaluadas

**Número de flores abiertas.** Desde el primer día, cuando las espigas fueron colocadas en probetas, se evaluó el número de flores abiertas, desde la parte basal hasta el ápice. Se colocó papel aluminio en la parte superior de las probetas para evitar pérdidas de agua por evaporación.

**Apariencia.** La apariencia se evaluó en cada inflorescencia mediante una escala hedónica, donde 1 era excelente; 2, buena; 3, regular, y 4, mala.

**Consumo de agua.** En cada probeta se colocaron 250 mL de agua de llave (pH=8.2; CE=101 mS cm<sup>-1</sup>) y diariamente se evaluó la cantidad de agua que quedaba en la probeta y la que se recuperaba por la transpiración.

**Porcentaje de peso relativo.** Al evaluar el consumo de agua, diariamente se cuantificó el peso del tallo floral hasta que se consideró terminada su vida en florero. El porcentaje de peso relativo se reportó en comparación con el porcentaje del inicio de la evaluación de la vida en florero, que se consideró como 100%.

**Parámetros de color.** En la parte media de la espiga se seleccionó una flor y en su parte media se tomaron dos lecturas. Se utilizó un espectrofotómetro portátil X-rite® 3290, que fue programado para proporcionar valores de luminosidad (L\*), donde los valores de L\*=0 representan el negro y L\*=100, el blanco; cromaticidad (C\*), que indica la pureza del color y es expresada como la distancia desde el origen en un círculo de color; matiz (h), que representa el color verdadero, h=0 indica color rojo, h=90 indica color amarillo, h=180 indica color verde, h=270 indica color azul, etcétera (Shewfelt, 2003).

**Producción de etileno y CO<sub>2</sub>.** Diariamente se colocó una inflorescencia de nardo en un envase de plástico de volumen conocido (1.8 l) y se selló. Después de

una hora se tomaron 6 mL del espacio de cabeza y se guardaron en un Vacuntainer de la misma capacidad hasta su evaluación. La concentración de los gases se determinó con un cromatógrafo de gases Varian Star 3400CX (EUA). Para esto se tomó 1 mL de gas del Vacuntainer y se inyectó al cromatógrafo de gases. Las temperaturas de la columna, del inyector y del detector fueron de 80, 150 y 170 °C, respectivamente. Se utilizó helio como gas de arrastre con un flujo de 32.3 mL min<sup>-1</sup>. Se reportó la concentración de CO<sub>2</sub> en mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y del etileno en µL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> por espiga.

### Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza en las variables de consumo de agua, peso fresco, velocidad de respiración y producción de etileno, y la comparación de medias a través del método de la diferencia mínima significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) cuando se detectó efecto significativo. Las variables de número de flores abiertas y apariencia fueron transformadas previamente, pues se sumaron 10 unidades al valor original y posteriormente se obtuvo su raíz cuadrada.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron efectos de la aplicación de 1-MCP en los parámetros de luminosidad, matiz, porcentaje de peso relativo, producción de etileno y CO<sub>2</sub> (cuadros 1 y 2).

**Número de flores abiertas.** El número de flores abiertas fue de cuatro al iniciar el experimento. Las espigas que fungieron como testigo (a las que no se les aplicó solución pulso ni de 1-MCP) mostraron 10 flores abiertas por un tiempo de entre 5 y 6 días; similar comportamiento mostraron las espigas en las que se aplicó la solución pulso, pero no 1-MCP (datos no mostrados) o en las espigas en las que se aplicó la solución pulso a 20% de sacarosa y además se aplicó 140, 280, 420 y 560 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP (cuadro 1). En promedio, al final del experimento se observaron 13 flores abiertas (datos no mostrados). Varu y Barad (2010) determinaron que el mayor número de flores abiertas en nardo Perla se da cuando se cosecha con tres flores abiertas, con lo que alcanza valores de hasta 55% del total de la inflorescencia. La espiga de nardo tiene aproximadamente entre 20 y 30 flores (Barba-González *et al.*, 2012). Esto sugiere que las flores de nardo pueden tener entre 10 y 15 flores abiertas, por lo que en el presente experimento los resultados se mantuvieron dentro del intervalo. No se detectó ningún efecto de la aplicación de 1-MCP en la apertura de las flores (cuadro 1).

**Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno en algunas variables físicas de nardo.**

Tratamiento	Número de flores abiertas	Apariencia	L*	C*	h
Testigo	7.4 a <sup>z</sup>	2.3 a	78.4 ab	92.7 a	20.0 a-c
0 mg L <sup>-1</sup>	7.2 a	2.3 a	77.2 b	90.7 a	21.0 ab
140 mg L <sup>-1</sup>	8.3 a	2.5 a	79.9 a	92.5 a	18.4 c
280 mg L <sup>-1</sup>	7.6 a	2.2 a	78.8 ab	92.6 a	19.3 bc
420 mg L <sup>-1</sup>	7.2 a	2.2 a	78.4 ab	93.2 a	20.4 ab
560 mg L <sup>-1</sup>	7.7 a	2.3 a	78.9 ab	95.5 a	21.3 a
DMS	1.7	0.4	2.2	6.7	1.9
C. V. (%)	11.2	21.9	6.7	16.8	22.8

<sup>z</sup> Las letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo con la prueba de la DMS (DMS; 0.05)

L\*: luminosidad

C\*: cromaticidad

h: matiz

DMS: diferencia mínima significativa

SP: solución pulso

CV (%): coeficiente de variación

**Cuadro 2. Efecto de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno en algunas variables fisiológicas de nardo.**

Tratamiento	Consumo de agua (mL por espiga)	Porcentaje de peso relativo (%)	Respiración (mL kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Etileno (μL kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Testigo	9.0 a <sup>z</sup>	106.3 c	26.6 b	137.7 c
0 mg L <sup>-1</sup>	11.2 a	115.0 a	26.7 b	174.0 b
140 mg L <sup>-1</sup>	9.9 a	113.0 ab	29.2 b	176.7 b
280 mg L <sup>-1</sup>	10.2 a	112.3 ab	29.5 b	190.1 b
420 mg L <sup>-1</sup>	9.3 a	110.4 b	33.9 a	261.5 a
560 mg L <sup>-1</sup>	10.0 a	112.5 ab	27.7 b	184.6 b
DMS	2.3	3.5	3.2	26.9
C. V. (%)	22.9	7.3	13.0	16.8

<sup>z</sup> Las letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo con la prueba de la DMS (DMS; 0.05)

DMS: diferencia mínima significativa

SP: solución pulso

CV (%): coeficiente de variación

**Apariencia.** La apariencia se mantuvo regular entre 5 y 6 días en las inflorescencias en las que no se aplicó solución pulso ni 1-MCP. La aplicación de solución pulso y de dosis de 1-MCP de 0, 140, 280, 420 y 560 mg L<sup>-1</sup> no tuvieron efecto en la apariencia de la espiga (cuadro 1) dado que la apariencia fue buena a los cinco días en todos los tratamientos, resultado similar al de las espigas testigo (datos no mostrados).

### Componentes del color

**Luminosidad (L\*).** Las espigas en las que no se aplicó solución pulso ni 1-MCP mostraron al inicio valores de L\*=74.5, e incrementaron constantemente hasta valores de L\*=80.5 al tercer día de evaluación, y poste-

riormente se obtuvieron valores de 83.1 en el sexto día de evaluación (figura 1 A). Las espigas en las que sí se aplicó la solución pulso, pero no el 1-MCP, mostraron los menores valores de L\* (cuadro 1). Las restantes espigas tratadas con 140, 280, 420 y 560 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP mostraron un comportamiento similar al de las flores en las que no se aplicó solución pulso ni 1-MCP (figura 1 A, C-F).

**Cromaticidad (C\*).** La cromaticidad disminuyó constantemente en las inflorescencias del tratamiento testigo de C\*=21.5 hasta C\*=18.1 en aproximadamente cinco días de evaluación (datos no mostrados). Similar tendencia se observó en las flores en las que se aplicó el 1-MCP y no se detectó un efecto por los tratamientos (cuadro 1).

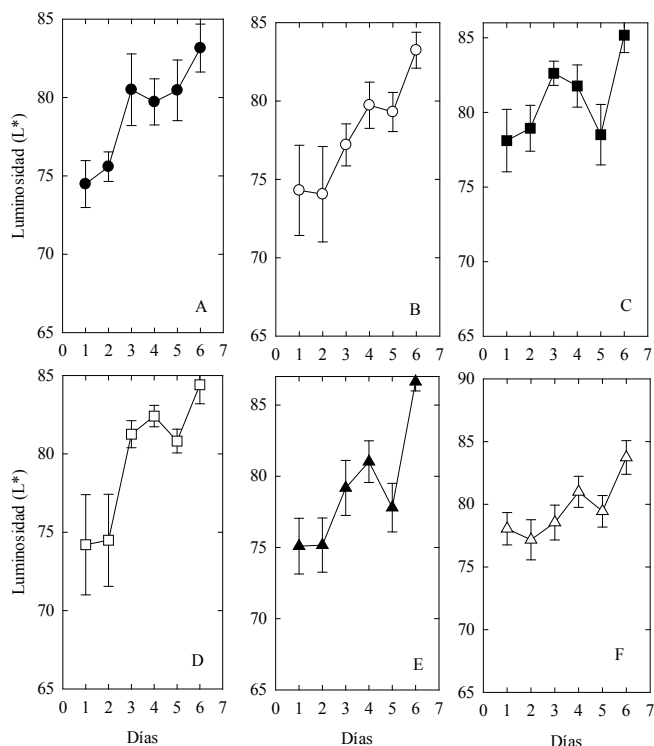


Figura 1. Luminosidad de espigas de nardo en florero, previa aplicación de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno: A. Testigo; B. 0; C. 140; D. 280; E. 420, y F. 560 mg L<sup>-1</sup>. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

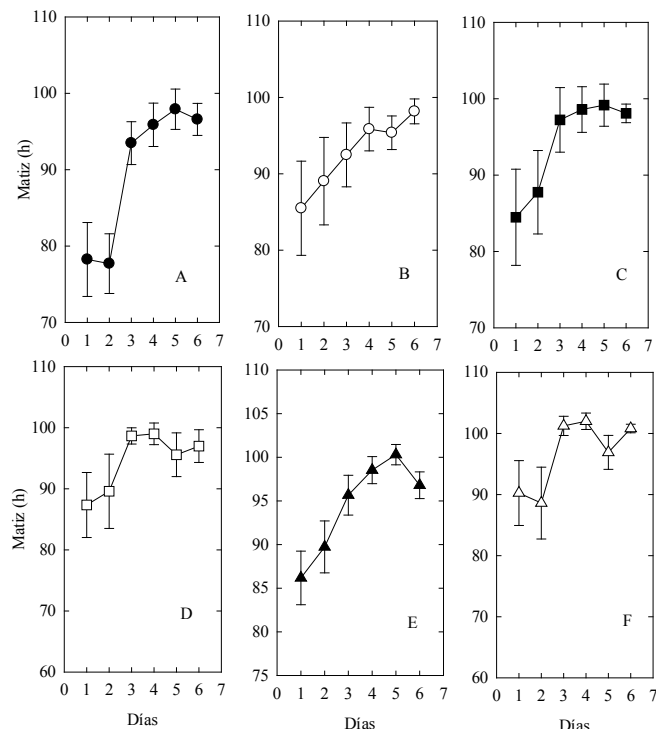


Figura 2. Matiz de espigas de nardo en florero, previa aplicación de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno: A. Testigo; B. 0; C. 140; D. 280; E. 420, y F. 560 mg L<sup>-1</sup>. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

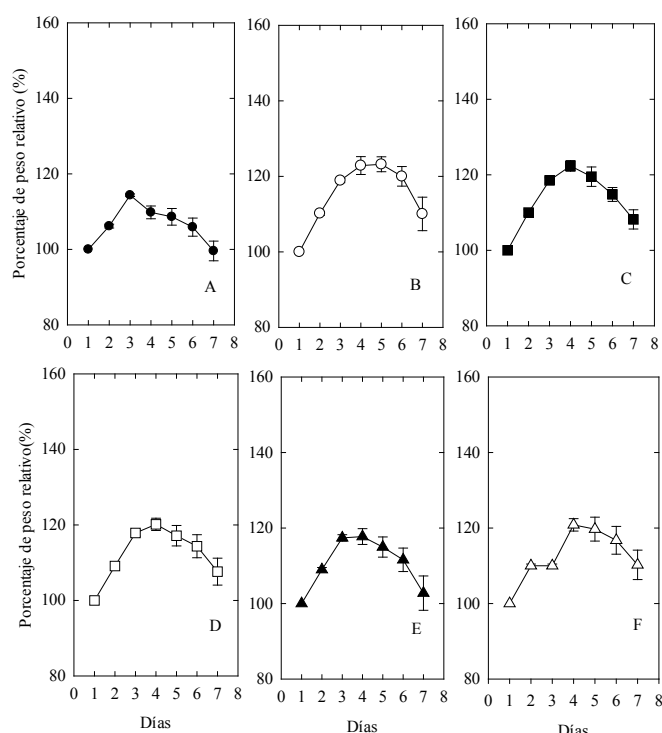
**Matiz (h).** El matiz en las espigas de todos los tratamientos incrementó contantemente desde el primer día de evaluación, pues tuvo valores cercanos a h=80 hasta h=99 después de cinco días, lo que sugiere que las flores cambiaron de un color cercano al amarillo a valores que sobrepasaban el amarillo y tenían una tendencia hacia el verde (figura 2 A-F). Las inflorescencias en las que se aplicó la solución pulso y 140 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP mostraron el mayor matiz comparado con las inflorescencias en las que se aplicó la solución pulso, pero no se aplicó el 1-MCP. No se tiene una explicación lógica para este comportamiento, ya que las inflorescencias testigo mostraron similitud estadística con todos los tratamientos (cuadro 1).

De acuerdo con los datos del presente estudio, en el nardo los cambios de color son poco evidentes; sin embargo, la tendencia es que incremente la luminosidad y el matiz y disminuya la cromaticidad. Uno de los cambios que se da en el proceso de la senescencia de las flores es el cambio de color; por ejemplo, en *Lupinus albifrons* Benth. existe un cambio dramático de color en las manchas amarillas de los pétalos, que cambian a rojo púrpura (Stead y Reid, 1990). En *Cymbidium*, la polinización o emasculación ocasiona el cambio a color morado del labio de la flor (Hunter *et al.*, 2004). Para regular estos cambios, se han utiliza-

do inhibidores de la acción de etileno, como el 1-MCP, sin embargo, en el nardo no se observa una respuesta tras la aplicación de este producto.

**Consumo de agua.** Se observó un máximo de absorción de agua al tercer día de evaluación en todos los tratamientos, pues la absorción fue de 14, 13.4, 12.6, 16.6, 12.6 y 14.5 mL por espiga (datos no mostrados). En las espigas en las que no se aplicó solución pulso y 1-MCP, y en las que se aplicó la solución pulso y 0, 140, 280, 420 y 560 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP, respectivamente (datos no mostrados), no se encontró que la aplicación de 1-MCP haya tenido un efecto en el consumo de agua (cuadro 2). Kumar *et al.* (2010) indican que las inflorescencias de nardo de 40 cm, con o sin ningún tratamiento precosecha, absorben 19.3 mL por espiga al tercer día de cosecha y 25.6 mL por espiga en senescencia. En tanto, Álvarez *et al.* (1994) indican que las inflorescencias de nardo chapeada de 80 cm y con cuatro pares de hojas consumieron alrededor de 25 mL por espiga<sup>-1</sup> después de 2 y 4 días de cosechadas. Considerando los valores reportados, el consumo de agua de las espigas de nardo en el presente experimento fue bajo, probablemente debido a las condiciones ambientales donde se desarrollaron los experimentos, las dimensiones de las espigas estudiadas, el número de hojas en las espigas, etcétera.

**Porcentaje de peso relativo.** Las espigas en las que se aplicó solución pulso y 1-MCP mostraron un incremento en el peso relativo de 114.3% (figura 3 A), en tanto que las flores en las que se aplicó solución pulso, pero no 1-MCP, mostraron un incremento en el peso relativo de 122.8%, que es muy similar a los incrementos de las espigas en las que se aplicó solución pulso y dosis de 140, 280, 420 y 560 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP, que fueron de 122.3, 120.1, 117.3 y 120.8 mL, respectivamente (figura 3 B-E). Lo anterior sugiere que el 1-MCP no tuvo efecto en el incremento del porcentaje de peso relativo (cuadro 2). El mayor porcentaje de peso relativo en las espigas en las que se colocó solución pulso se atribuye a los azúcares aplicados en la solución.

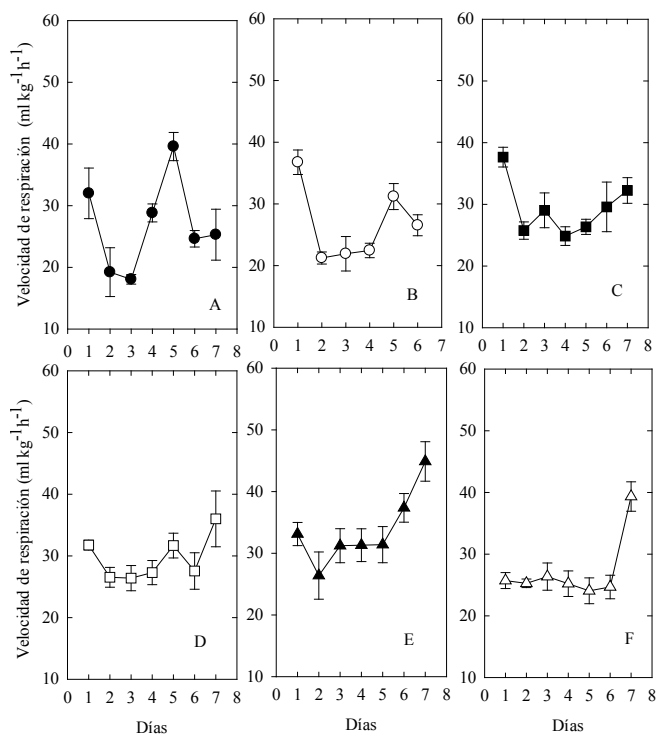


**Figura 3.** Consumo de agua de espigas de nardo en florero, previa aplicación de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno: A. Testigo; B. 0; C. 140; D. 280; E. 420, y F. 560 mg L<sup>-1</sup>. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

Una vez cosechadas las flores de corte fue necesario proveerlas de agua para que mantuvieran sus funciones fisiológicas; en algunas especies la aplicación de azúcar mejora su comportamiento poscosecha y su apertura floral (Nell y Reid, 2000). El incremento en el peso relativo se debe a que las espigas de nardo se rehidratan nuevamente. El mayor incremento en el peso relativo de las espigas sometidas a solución pulso se debió a la presencia de azúcares, que mantuvieron el potencial osmótico de las células de las flores y por lo tanto mejoraron el balance del agua (Havely y Mayak,

1979). Las flores en las que se aplica solución pulso con azúcar mantienen mayor peso relativo debido a que el azúcar previene el estrés hídrico al mantener los procesos metabólicos (Varu y Barad, 2007).

**Producción de CO<sub>2</sub>.** Se observó un comportamiento climatérico de las espigas de nardo en las que no se aplicó solución pulso y 1-MCP. La respiración máxima se observó al quinto día con 40 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (figura 4 A). La aplicación de 1-MCP sin solución pulso ocasionó que la respiración máxima fuera de menor intensidad, con 31.2 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (figura 4 B). Al incrementar la dosis de 1-MCP el máximo climatérico en las espigas de nardo se hizo menos evidente, ya que sólo se observó un incremento al final de la evaluación (figura 4 C-E). Las espigas con menor respiración fueron aquellas en las que se colocaron 560 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP (cuadro 2), pero estadísticamente fueron similares a las espigas testigo y a aquellas en las que se aplicó 0, 140 y 280 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP (cuadro 2).



**Figura 4.** Velocidad de respiración de espigas de nardo en florero, previa aplicación de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno: A. Testigo; B. 0; C. 140; D. 280; E. 420, y F. 560 mg L<sup>-1</sup>. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

**Producción de etileno.** En las espigas en las que no se aplicó solución pulso ni 1-MCP se detectó un máximo de 213  $\mu$ L kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> a los cinco días de evaluación (figura 5 A), mientras que en las que se aplicó solución pulso pero no 1-MCP se observó un máximo a los cinco días de 195  $\mu$ L kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (figura 5 B). En las que se aplicaron

140 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP mostraron dos máximos a los 3 y 6 días con 238 y 195  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  (figura 5 C), en tanto que las espigas que fueron tratadas con 280 mg L<sup>-1</sup>, el máximo se observó a los cinco días con 216  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  (figura 5 D). En las que se aplicaron 420 mg L<sup>-1</sup> no se observó el máximo con precisión; sin embargo la producción de etileno fue de alrededor de 281  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  (figura 5 E). En las que se aplicaron 560 mg L<sup>-1</sup>, el máximo se observó a los tres días con 213  $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  (figura 5 F). Estos resultados indican que la mayor producción de etileno fue en las que se aplicaron 420 mg L<sup>-1</sup> de 1-MCP y el de menor producción fueron las espigas sin solución pulso y 1-MCP (cuadro 2).

Waithaka *et al.* (2001) indican que los tratamientos con inhibidores de etileno en espigas de nardo, como el tiosulfato de plata, no disminuyen su producción y, por lo tanto, no se da una respuesta de las flores en cuanto a la producción de etileno. Las flores se clasifican como climatéricas y no climatéricas, dependiendo de si son sensibles al etileno y si éste tiene un papel fundamental en los procesos de senescencia (Joyce y Faragher, 2012). Generalmente, las flores climatéricas tienen un incremento en la producción de etileno y en la respiración, como en el caso del nardo. Sin embargo, como Waithaka *et al.* (2001) afirman, el etileno no es importante en la senescencia de las flores de nardo, lo que se confirma en el presente trabajo, en el que a

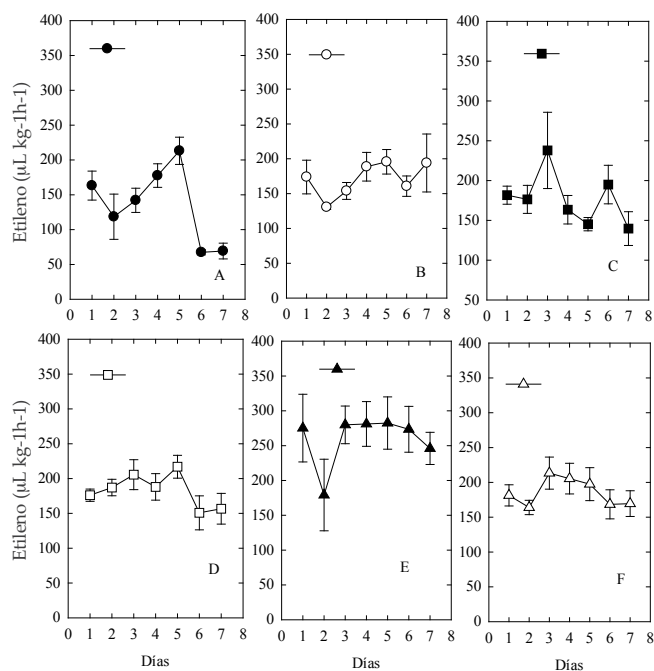
pesar de que el 1-MCP en concentración de 560 mg L<sup>-1</sup> disminuyó la producción de etileno, ésta no tuvo efectos significativos en otras variables, como la de apariencia, consumo de agua, etcétera. Este aspecto aún necesita mayor investigación.

## CONCLUSIONES

El número de flores abiertas y su apariencia es un parámetro poco afectado por la aplicación de solución pulso y 1-MCP. El consumo de agua y el peso relativo incrementan con la aplicación de solución pulso con sacarosa a 20%. El matiz y la luminosidad de las flores incrementan durante la vida en florero, en tanto que la cromaticidad disminuye. Las espigas de nardo muestran incrementos significativos en la producción de etileno y CO<sub>2</sub> durante la poscosecha; sin embargo, a pesar de que disminuyen con la aplicación de 1-MCP, se considera que el etileno no influye determinantemente en los procesos de senescencia del nardo.

## AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar sus estudios de maestría.



**Figura 5.** Producción de etileno de espigas de nardo en florero, previa aplicación de diferentes dosis de 1-metilciclopropeno: A. Testigo; B. 0; C. 140; D. 280; E. 420, y F. 560 mg L<sup>-1</sup>. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez, V. N., M. T. Colinas L., C. Villanueva V. 1994. Uso de sustancias químicas en nardo (*Polianthes tuberosa* Lin.) en postcosecha para su preservación en florero. Revista Chapingo Serie Horticultura 1: 15-20.
- Armitage, A. M., J. M. Laushman. 2008. Specialty cut flowers. 2a edición. Timber Press. Portland, EUA. 586 pp.
- Arora, A. 2008. Biochemistry of flower senescence. pp: 51-85. En: Paliyath, G., D. P. Murr, A. K. Handa, S. Lurie (Eds). Postharvest biology and technology of fruits, vegetables and flowers. Wiley-Blackwell. Ames, EUA. 498 pp.
- Barba-González, R., J. M. Rodríguez-Domínguez, M. C. Castañeda-Saucedo, A. Rodríguez, J. M. Van T., E. Tapia-Campos. 2012. Mexican geophytes I. The genus *Polianthes*. Floriculture and ornamental biotechnology 6: 122-128.
- Benschop, M. 1993. *Polianthes*. pp. 589-601. En: De Hertog, A., M. Le Nard (Eds.). The physiology of flower bulbs: A comprehensive treatise on the physiology and utilization of ornamental flowering bulbous and tuberous plants. Elsevier. Amsterdam. 811 pp.
- Cabrera J. R., R. Orozco M. 2003. Diagnóstico sobre las plantas ornamentales en el estado de Morelos. Sagarpa-INIFAP. Zacatepec, México. 26 pp.
- Dole, J. M., H. F. Wilkins. 2005. Floriculture. Principles and species. Pearson Prentice Hall. Nueva Jersey, EUA. 1023 pp.
- Havelly, A. H., S. Mayak. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. Horticultural Reviews 1: 204-236.
- Hunter, D. A., N. E. Longe, M. S. Reid. 2004. Physiology of flower senescence. pp. 307-318. En: Nooden, L. D. (Ed.). Plant cell death processes. Elsevier. Amsterdam.
- Joyce, D., J. Faragher. 2012. Cut flowers. pp. 414-438. En: Rees, D., G. Farrel, J. Orchard (Eds.). Crop postharvest: Science and technology. Perishables. Wiley-Blackwell. Ames, EUA.
- Kumar, A., S. Kumar, S. Chandra. 2010. Vase life studies in tuberose (*Polianthes tuberosa*) cv. Shringar as affected by postharvest handling treatments. The Asian Journal of Horticulture 5: 7-10.
- Naidu, S. N., M. S. Reid. 1989. Postharvest handling of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Acta horticulturae 261: 313-317.
- Nell, T., A. M. Reid. 2000. Poscosecha de las flores y las plantas. Society of American Florist. Ediciones Hortitecnia. Bogotá, Colombia. 36 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2012. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo> (consulta: mayo de 2014).
- Shewfelt R. L. 2003. Color. pp. 313-323. En: Bartz J. A., A. J. Brecht (Eds.). Postharvest physiology and technology and pathology of vegetables. Marcel Dekker. Nueva York, EUA. 744 pp.
- Stead, A. D., M. S. Reid. 1990. The effects of pollination and ethylene on the colour change of the banner spot of *Lupinus albrifrons* (Bentham) flowers. Annals of botany 66: 655-663.
- Toledo, G. G. 2003. El cultivo del nardo (*Polianthes tuberosa*). pp. 20-21. En: Cabrera, J. R. (Comp.). Fichas tecnológicas de ornamentales en el estado de Morelos. Sagarpa-Inifap. Zacatepec, México.
- Varu, D. K., A. Barad. 2007. Effect of pulsing and packing methods on quality of cut flowers in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Double during storage. National Journal of Plant Improvement 9: 88-91.
- Varu, D. K., A. V. Barad. 2010. Effect of stem length and stage of harvest on vase-life of cut flowers in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Double. Journal of horticultural sciences 5: 42-47.
- Vaughn, M. J. 1988. The complete book of cut flower care. Timber Press. Portland, EUA. 157 pp.
- Vázquez, G. L. M. 2004. Nardo (*Polianthes* spp.) y amolli (*Manfreda* spp.). Recursos fitogenéticos ornamentales de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 100 pp.
- Waithaka, K., M. S. Reid, L. L. Dodge. 2001. Cold storage and flower keeping quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 271-275.
- Woltering, E. J. 1987. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. Scientia horticulture 31: 283-294.