

Daño mecánico por compresión en nardo (*Polianthes tuberosa*)*

Mechanical damage due to compression in tuberose (*Polianthes tuberosa*)

Gloria Alicia Pérez-Arias^{1§}, Irán Alia-Tejaca¹, María Teresa Colinas-León² y Luis Alonso Valdez Aguilar³

¹Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad Núm. 1001. Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. 7771626383. (ijac96@yahoo.com.mx). ²Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Fitotecnia. 015959517682. (lozcol@gmail.com). Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923. Saltillo, Coahuila, C. P. 25315. (luisalonso_va@hotmail.com). §Autor para correspondencia: yoyaly@hotmail.com.

Resumen

Se cosecharon espigas de nardo (*Polianthes tuberosa* L.) ‘Perla’ con dos flores basales abiertas, fueron sometidas a tratamientos de compresión con 70, 140 y 210 Pa; posteriormente se les aplicó un tratamiento de solución pulso de sacarosa al 20% junto con un tratamiento de Ethylbloc[®] (1 bolsa con 0.014% de ingrediente activo (1-MCP)) por 24 h y se evaluaron algunos cambios fisiológicos (tasa de producción de CO₂, etileno, consumo de agua y peso fresco relativo) en florero durante seis días. Adicionalmente se formaron dos grupos de espigas de nardo, en ambos no se aplicó la compresión, el primer grupo recibió solución pulso y el segundo no se aplicó solución pulso, este último fue considerado el testigo. Las espigas de nardo mostraron incrementos en la velocidad de respiración y producción de etileno similares a flores climatéricas. Las espigas sometidas a compresión superior a 70 Pa mostraron entre 31 y 47% mayor velocidad de respiración y entre 26 y 29% mayor producción de etileno comparadas con las que recibieron el tratamiento testigo. El porcentaje de peso inicial (7 y 11.5%) y consumo de agua (21 y 71%) fue significativamente mayor en las flores sometidas a compresión, con respecto al testigo. Se concluye que el daño mecánico por compresión incrementa la producción de etileno y velocidad de respiración, así como

Abstract

‘Perla’ tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) sprigs were harvested with two open flower buds. They were submitted to compression treatments with 70, 140, and 210 Pa; subsequently, a 20% sucrose pulse solution treatment was applied alongside an Ethylbloc[®] treatment (1 bag with 0.014% active ingredient (1-MCP)) for 24 h. Some physiological changes were evaluated (CO₂ and ethylene production indices, water consumption, and relative fresh weight) in the flower vase over the course of six days. Furthermore, two groups of tuberose sprigs were formed, compression not being applied to either. The first group received pulse solution whereas the second group did not, the latter being the control group. The tuberose sprigs showed increases in the respiration speed and ethylene production similar to climacteric flowers. The sprigs subjected to compression above 70 Pa showed between 31 and 47% greater respiration speed and between 26 and 29% greater ethylene production compared to the sprigs that received the control treatment. The percentage for the initial weight (7 and 11.5%) and water consumption (21 and 71%) was significantly greater in the flowers subjected to compression compared to the control group. It can be concluded then that the mechanical damage due to compression increases

* Recibido: agosto de 2015
Aceptado: enero de 2016

incremento en el consumo de agua peso y porcentaje de peso relativo. Estos factores pueden influenciar la abscisión y apertura de flores de la espiga de nardo.

Palabras clave: *Polianthes tuberosa*, consumo de agua, etileno, respiración.

Introducción

El nardo (*Polianthes tuberosa* L.) es una herbácea perenne perteneciente a la familia Agavaceae (Dole y Wilkins, 2005). Es una planta ornamental bulbosa originaria de México que fue dispersada alrededor del mundo en el siglo XVI (Barba-González *et al.*, 2012). Ha ganado popularidad como flor de corte en varios países y se cultiva comercialmente en Kenia, Irán, India y México para exportar a países como Estados Unidos, Europa y Japón (Kumar *et al.*, 2010; Hassanpour *et al.*, 2011; Murrithi *et al.*, 2011).

En México la mayor parte de la producción se concentra en los estados de Morelos, México, Guerrero, Veracruz y Puebla, en donde se cultivan 276 hectáreas de esta especie y que generan 6.4 millones de pesos en venta anualmente (SIAP, 2014). En el estado de Morelos el nardo se ubica entre los principales cultivos de flores de corte junto con la rosa (*Rosa* sp.) y el gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* L.) (Cabrera y Orozco, 2003; SIAP, 2014); en esta entidad se reportan 171 hectáreas dedicadas al cultivo de esta flor de corte, por lo que en Morelos se genera 62% de la producción nacional (SIAP, 2014).

El bulbo del nardo es piriforme y el tallo alcanza hasta 1.50 m de altura, es simple, las hojas son cintiformes y las caulinares están reducidas a escamas (Toledo, 2003). Las inflorescencias del nardo tienen entre 10 y 20 pares de flores, las cuales abren acrópetamente. El nardo tiene cultivares con flores simples o con flores dobles, y ambos de color blanco (Barba-González *et al.*, 2012). En las localidades de Morelos donde se cultiva nardo la principal variedad es la doble o mejor conocida como 'Perla' (Vázquez, 2004).

El índice de cosecha del nardo es cuando dos o tres flores de la parte basal han abierto (Dole y Wilkins, 2005). Cada flor perdura aproximadamente 3 días, mientras el promedio de vida de la inflorescencia es entre 7 y 10 días (Kumar y Kumar, 2013). Menos de 50% de las flores abren después de la cosecha y generalmente caen después de varios días (Wahitaka *et al.*, 2001), por lo que se han evaluado soluciones

ethylene production and respiration speed, and also increases the percentage of water consumption and relative weight. These factors can influence the abscission and opening of the flowers of the tuberose sprigs.

Keywords: *Polianthes tuberosa*, ethylene, respiration, water consumption.

Introduction

Tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) is an herbaceous perennial plant belonging to the Agavaceae family (Dole and Wilkins, 2005). It is an ornamental bulbous plant native to Mexico which was dispersed around the world in the XVI century (Barba-González *et al.*, 2012). It has garnered popularity as a cut flower in various countries and it is commercially grown in Kenya, Iran, India, and Mexico for export to countries such as the United States, Europe, and Japan (Kumar *et al.*, 2010; Hassanpour *et al.*, 2011; Murrithi *et al.*, 2011).

In Mexico, the bulk of the production can be found in the states of Morelos, Mexico, Guerrero, Veracruz, and Puebla, where 276 hectares of this species are cultivated generating 6.4 million Mexican pesos (MXN) in yearly sales (SIAP, 2014). In the state of Morelos, tuberose is among the main types of cut flowers grown alongside the rose (*Rosa* sp.) and gladiolus (*Gladiolus grandifloras* L.) (Cabrera and Orozco, 2003; SIAP, 2014). 171 hectares are reported to be dedicated to the cultivation of this cut flower and as such Morelos generates 62% of the national production (SIAP, 2014).

The bulb of the tuberose is pyriform and the stem reaches up to 1.50 m in height. It is simple, with ribbon-shaped leaves and the stems are reduced to scales (Toledo, 2003). The inflorescence of the tuberose has between 10 and 20 pairs of flowers, which open acropetally. The tuberose has cultivars with simple or double flowers, both white in color (Barba-González *et al.*, 2012). In the localities of Morelos where tuberose is cultivated, the main variety is the double or better known as the 'Perla' (Vázquez, 2004).

The harvest index for tuberose is when two or three flowers from the basal part have opened (Dole and Wilkins, 2005). Each flower survives approximately 3 days, with the average life of the inflorescence being between 7 and 10 days (Kumar and Kumar, 2013). Less than 50% of the

pulso y preservativas para mejorar la vida poscosecha de esta flor de corte. Se ha determinado que soluciones pulso de sacarosa (4 -20%) sola o conteniendo hidroxiquinoleína citrato (200 mg L⁻¹), ácido cítrico (2%) y nitrato de plata (20 mg L⁻¹), tiosulfato de plata (1 a 2 mM) o tiosulfato de sodio, incrementa la vida poscosecha (10 y 20 días) y la apertura floral (60 a 88%) del nardo (Wahitaka *et al.*, 2001; Hutchinson *et al.*, 2003; Choudury y Barooah, 2011). Así también, se ha encontrado que la aplicación en soluciones preservadoras de cloruro de cobalto (300 mg L⁻¹), benciladenina (100 mg L⁻¹), ácidos húmicos (25 mg L⁻¹) y nanopartículas de plata (0.5-1 mg L⁻¹) mejoran significativamente la vida poscosecha del nardo (Hassanpour *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2012 a y b; Amani *et al.*, 2013). Se recomienda una temperatura de 0 a 5 °C para transporte y almacenamiento (Armitage y Laushman, 2003; Kumar *et al.*, 2010).

En Morelos cuando se cosechan las flores generalmente son seleccionadas y empacadas en rollos de 100 tallos, apilados y transportados a la Central de Abastos del Distrito Federal y el Mercado de Flores de Tenancingo, Estado de México (Toledo, 2003). En estas distancias cortas de transporte un factor que puede afectar la vida poscosecha es el estrés por daño mecánico debido a la compresión. El sobreempacado, manejo rudo y condiciones inapropiadas de mantenimiento en el mercado resultan en una baja calidad. La compresión, el rompimiento de tallos, doblado de hojas, abrasión y vibración de pétalos son aspectos poco estudiados y que generan corta vida poscosecha.

Considerando lo anterior en el presente trabajo se evaluó el efecto de la compresión en algunas variables fisiológicas y físicas de espigas de nardo ‘Perla’, como un estudio inicial para determinar sus impactos negativos.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se colectaron tallos de nardo cultivado en Morelos, provenientes de una huerta comercial en Cuauchichinola, Mazatepec, Morelos, en la localidad se cuenta con un clima cálido subhúmedo (Aw_s) y coordenadas de 18° 38’ 58.12” latitud norte y 99° 22’ 49.62” longitud oeste y 910 m de altitud (Ornelas *et al.*, 1990). Los tallos se cosecharon de acuerdo al índice de cosecha del productor, esto es, cuando al menos dos flores están abiertas. Los tallos se cosecharon a las 8:00

flowers open after the harvest and generally fall off after various days (Wahitaka *et al.*, 2001). Because of this, pulse solutions and preservatives have been evaluated in order to improve the post-harvest life of this cut flower. It has been determined that sucrose pulse solution (4 - 20%) alone or containing hydroxyquinoline citrate (200 mg L⁻¹), citric acid (2%), silver nitrate (20 mg L⁻¹), silver thiosulphate (1 to 2 mM) or sodium thiosulphate, increases the post-harvest life (10 and 20 days) and the flowering period (60 to 88%) of tuberose (Wahitaka *et al.*, 2001; Hutchinson *et al.*, 2003; Choudury and Barooah, 2011). In a similar fashion, it has also been found that the application in preserving solutions of cobalt chloride (300 mg L⁻¹), benzyladenine (100 mg L⁻¹), humic acids (25 mg L⁻¹) and silver nanoparticles (0.5 - 1 mg L⁻¹) significantly improves the post-harvest life of tuberose (Hassanpour *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2012 a and b; Amani *et al.*, 2013). For transport and storage, a temperature of 0 to 5 °C is recommended (Armitage and Laushman, 2003; Kumar *et al.*, 2010).

In Morelos, when the flowers are harvested they are generally picked and packaged in rolls of 100 stacked stems and are transported to the Central de Abastos in Distrito Federal and to the Flower Market in Tenancingo, State of Mexico (Toledo, 2003). In these short transport distances, a factor that could affect the post-harvest life is the stress by mechanical damage due to compression. The extreme packaging, rough handling and inappropriate care conditions in the market result in low quality. The compression, breakage of the stems, folding of the leaves, abrasion and vibration of the petals are aspects not often studied and which generate a shorter post-harvest life.

Considering the aforementioned, this work evaluated the effect of compression on some physiological and physical variables of tuberose ‘Perla’ sprigs, as an initial study in order to determine its negative impacts.

Materials and methods

Plant material

Tuberose stems harvested in Morelos were collected from a commercial garden in Cuauchichinola, Mazatepec, Morelos; the locality has a warm sub-humid climate (Aw_s) and coordinates 18° 38’ 58.12” north latitude, 99° 22’ 49.62” west longitude, with an altitude of 910 m (Ornelas

am y se transportaron al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos que cuenta con un clima semicálido A(C) y coordenadas de 18° 58' 53.73" latitud norte, 99° 13' 58.43" longitud oeste y 1 874 m de altitud (Ornelas *et al.*, 1990). Se colocaron inmediatamente en agua potable y se dejaron a condiciones del ambiente (22 ± 2 °C; 60% de HR) durante dos horas.

Diseño de tratamientos

Se formaron cinco grupos de 18 tallos de nardo, los cuales se recortaron a 60 cm, se colocaron en medio de dos cartones sobre el piso firme y se colocó encima de ellos costales de arena para ejercer una presión de 70, 140 y 210 Pa, que simulaban la compresión ocasionada cuando se transportan de Morelos a la Ciudad de México. Adicionalmente se tuvieron dos grupos a los que no se les aplicó compresión. El tratamiento de compresión se mantuvo por tres horas, simulando el tiempo de transporte entre el lugar de cosecha y el lugar de venta al menudeo.

Posterior al tratamiento de compresión, los grupos de flores fueron colocados en una solución pulso de sacarosa al 20% durante 24 h en recipientes de plástico hermético, conjuntamente con cuatro bolsas de Ethylbloc® [(bolsa con 2.5 g de producto del cual el 0.014% es el ingrediente activo, esto es 1-metilciclopropeno (1-MCP)]. A un grupo de tallos de nardo no se le aplicó la solución pulso. Así se tuvieron cinco tratamientos: 1) tallos de nardo sin compresión y sin solución pulso (testigo); 2) tallos de nardo sin compresión y con solución pulso; 3) tallos de nardo con compresión de 70 Pa y solución pulso; 4) tallos de nardo con compresión de 140 Pa y solución pulso; y 5) tallos de nardo con compresión de 210 Pa y solución pulso. Después de aplicar los tratamientos los tallos de nardo se mantuvieron en probetas de plástico de 1 L, y diariamente se evaluó la producción de etileno y CO₂, el consumo de agua y el peso fresco relativo. Las evaluaciones se realizaron bajo las condiciones de temperatura ambiente 22 ± 2 °C; 60% de HR.

Variables evaluadas

Producción de etileno y CO₂. Diariamente una inflorescencia de nardo se colocó en un envase de plástico de volumen conocido (1.8 L) y se selló, después de 1 h se tomó 6 mL del espacio de cabeza mediante una jeringa y se inyectó en tubos Vacuntainer® de la misma capacidad donde se guardaron, hasta su análisis. La concentración de gases se determinó con un cromatógrafo de gases Varian® (Varian Star 3400CX,

et al., 1990). The stems were harvested in accordance to the harvest index of the producer, i.e. when at least two flowers were opened. The stems were harvested at 8:00 am and transported to the Agricultural Production Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences at the Universidad Autónoma del Estado de Morelos, which has a semi-warm climate A(C) and coordinates 18° 58' 53.73" north latitude, 99° 13' 58.43" west longitude, and an altitude of 1 874 m (Ornelas *et al.*, 1990). They were immediately placed in potable water and were left at room temperature (22 ± 2 °C; 60% RH) for two hours.

Treatment design

Five groups were made each comprised of 18 tuberose stems cut to 60 cm; the groups were placed on the ground between two pieces of cardboard and had sandbags placed on top of them in order to produce a pressure of 70, 140, and 210 Pa, which simulates the compression caused when being transported from Morelos to Mexico City. In addition, there were two groups that did not have compression applied to them. The compression treatment was maintained for three hours, simulating the transport time between the place of harvest and the place of retail.

Following the compression treatment, the flower groups were placed in a 20% sucrose pulse solution in hermetic plastic containers for 24 hours, alongside four bags of Ethylbloc® [(2.5 g bag with 0.014% active ingredient, 1-methylcyclopropene (1-MCP)]. The pulse solution was not applied to one group of tuberose stems. The five groups were maintained as follows: 1) tuberose stems without compression and without pulse solution (control); 2) tuberose stems without compression and with pulse solution; 3) tuberose stems with compression of 70 Pa and pulse solution; 4) tuberose stems with compression of 140 Pa and pulse solution; and, 5) tuberose stems with compression of 210 Pa and pulse solution. After applying the treatments to the tuberose stems, they were kept in 1 L plastic test tubes and the ethylene and CO₂ production, water consumption, and relative fresh weight were evaluated on a daily basis. The evaluations were carried out at a room temperature of 22 ± 2 °C, 60% RH.

Evaluated variables

Ethylene and CO₂ production. A tuberose inflorescence was placed daily in a plastic container of known volume (1.8 L) and sealed. After 1 hour, 6 mL of the head space were taken using a syringe and were injected in Vacuntainer®

USA) tomando 1 mL del gas almacenado en el Vacuntainer®, el cual posteriormente se inyectó al cromatógrafo de gases. Se utilizaron estándares de CO₂ (460 mg L⁻¹) y etileno (100 mg L⁻¹) (INFRA®) como referencia para calcular la producción de etileno y CO₂. 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⁻¹. Se reportó la producción de CO₂ en mL kg⁻¹ h⁻¹ y del etileno en µL kg⁻¹ h⁻¹ por espiga.

Consumo de agua. En cada probeta se colocaron 250 mL de agua potable y diariamente se midió la cantidad de agua remanente; cada día se colocaban nuevamente 250 mL de agua para su posterior evaluación.

Peso fresco relativo. Diariamente al evaluar el consumo de agua se cuantificó el peso del tallo floral hasta que se consideró terminada su vida en florero, esto fue cuando el 50% de las flores de cada espiga estuvieron marchitas, aproximadamente en un periodo de seis días. Se reportó como porcentaje de peso relativo a la masa inicial de la evaluación en florero la cual se consideró como 100%.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental fue una espiga y se tuvieron seis repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa ($p \leq 0.05$) cuando se detectaron diferencias significativas con el software SAS® V. 9.1 (Castillo, 2011).

Resultados y discusión

Se observaron diferencias significativas por efecto de la compresión en la respiración, producción de etileno, el porcentaje de peso relativo y el consumo de agua (Cuadro 1).

Respiración

La respiración de las espigas utilizadas como testigo, al inicio de la evaluación mostraron una fase similar a un preclimaterio con valores de 31.3 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, posteriormente se observó una disminución súbita hasta 22.7 mL kg⁻¹ h⁻¹, y después aumentó hasta un máximo de 46.3 mL kg⁻¹ h⁻¹ (climaterio) y al final una fase de posclimaterio que se definió

tubes of the same capacity where they were kept until their analysis. The concentration of gasses was determined using a gas chromatograph Varian® (Varian Star 3400CX, USA). 1 mL of the gas stored in the Vacuntainer® was taken, which subsequently was injected into the gas chromatograph. CO₂ (460 mg L⁻¹) and ethylene (100 mg L⁻¹) standards were used (INFRA®) as reference in order to calculate the ethylene and CO₂ production. The column temperatures of the injector and the detector were 80, 150, and 170 °C, respectively. Helium was used as a carrier gas with a flow of 32.3 mL min⁻¹. The production of CO₂ in mL kg⁻¹ h⁻¹ and of ethylene in µL kg⁻¹ h⁻¹ were reported per sprig.

Water consumption. 250 ml of potable water was placed in each test tube with the remaining water being measured on a daily basis. Each day, 250 mL were placed once more for subsequent evaluation.

Relative fresh weight. When daily evaluating the water consumption, the weight of the floral stem was quantified until its vase life was considered finished, which was when 50% of the flowers of each sprig were dead, approximately in a period of six days. It was reported as a weight percentage relative to the initial mass of the evaluation in the vase, which was considered 100%.

Data analysis

An entirely random experimental design was utilized. The experimental unit was a sprig and there were six copies. The data obtained was analyzed through a variance and comparison analysis of measurements by means of the least significant difference ($p \leq 0.05$) method when significant differences were detected with the software SAS® V.9.1 (Castillo, 2011).

Results and discussion

Significant differences were observed due to the effect of compression on respiration, ethylene production, relative weight percentage, and water consumption (Table 1).

Respiration

The respiration of the sprigs used as a control at the start of the evaluation presented a phase similar to a pre-climacteric period with values of 31.3 mL kg⁻¹ h⁻¹ of CO₂. Subsequently,

al disminuir la respiración a $31.5 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 1 A), este comportamiento es similar a lo reportado en un trabajo previo (Pérez-Arias *et al.*, 2014). La aplicación de la solución pulso incrementó la velocidad de respiración (Cuadro 1, Figuras 1 B, C, D y E) debido a los azúcares proporcionados, los cuales son utilizados como sustrato para la respiración, previniendo un rápido declinamiento y senescencia (Reid, 2009).

a sharp decrease of up to $22.7 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ was observed, which later increased to a maximum of $46.3 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (climacteric). Finally a post-climacteric phase was observed that was defined by decreasing respiration to $31.5 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figure 1A); this behavior is similar to what was reported in a previous study (Pérez-Arias *et al.*, 2014). The application of the pulse solution increased the respiration speed (Table 1,

Cuadro 1. Efecto de diferentes niveles de compresión en algunas variables fisiológicas de nardo. Promedio de todos los muestreos.

Table 1. Effect of different levels of compression on some physiological variables of tuberose. Average of all the samples.

| Tratamiento | Consumo de agua (mL de agua espiga ⁻¹) | Porcentaje de peso relativo (%) | Respiración (mL de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) | Etileno (μL kg ⁻¹ h ⁻¹) |
|----------------------|---|------------------------------------|--|---|
| Testigo [†] | 8.5 ^z b | 108.7 c | 32.7 c | 206.6 b |
| 0 Pa ^{††} | 12.8 a | 111.0 bc | 38.9 b | 205.5 b |
| 70 Pa | 12.5 a | 113.8 ab | 43.1 b | 209.3 ba |
| 140 Pa | 14.3 a | 117.6 a | 48.3 a | 260.5 a |
| 210 Pa | 13.7 a | 116.2 ab | 48.0 a | 267.5 a |
| DMS | 3.0 | 5.0 | 4.7 | 41.5 |
| CV (%) | 13.1 | 9.5 | 12.4 | 17.6 |

^z= letras iguales en el sentido de las columnas indican similitud estadísticas de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa=DMS; 0.05). [†]= espigas donde no se aplicó ni compresión, ni solución pulso. ^{††}= aplicación de solución pulso (20% de sacarosa) sin aplicación de compresión. CV= coeficiente de variación.

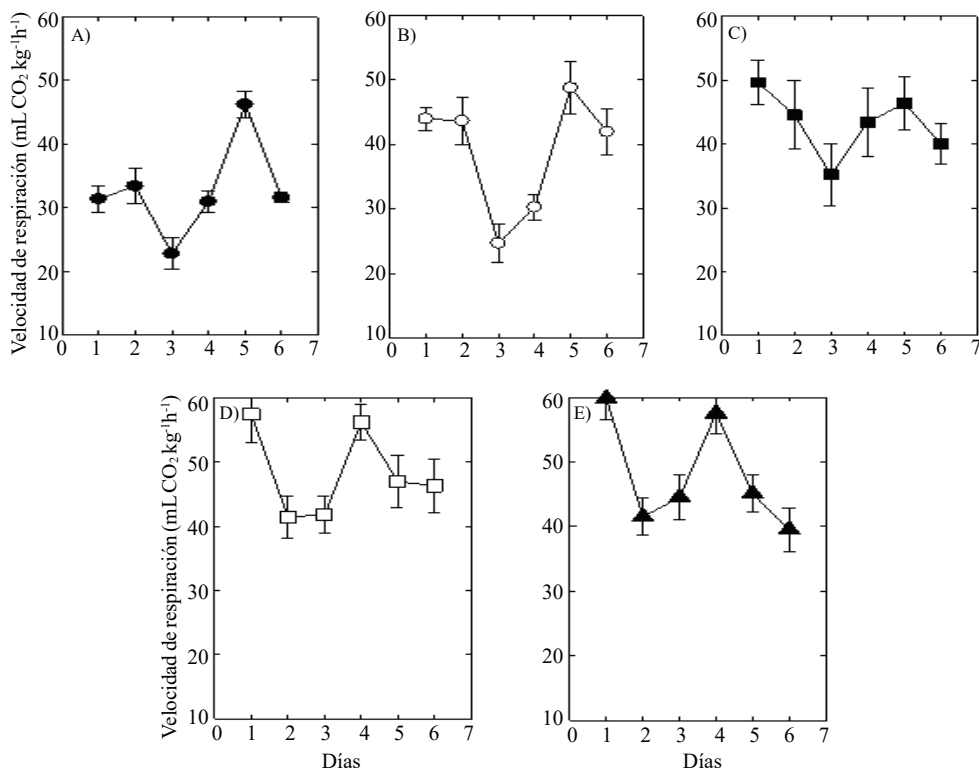


Figura 1. Velocidad de respiración inicial en espigas de nardo en florero, después de ser sometidas a diferentes intensidades de compresión. A) testigo; B) sin compresión; C) compresión de 70 Pa; D) 140 Pa de compresión; y E) 210 kg de compresión. Cada punto representa la media de 6 observaciones y su error estándar.

Figure 1. Initial respiration speed in tuberose sprigs in vases after being subjected to various intensities of compression. A) control; B) without compression; C) compression of 70 Pa; D) compression of 140 Pa; and, E) compression of 210 Pa. Each point represents the measurement of 6 observations and its standard error.

La respiración de los tallos se incrementó significativamente cuando se aplicó la compresión mecánica (Cuadro 1; Figura 1 A). Así, en las flores sometidas a compresión 140 y 210 Pa, la velocidad de respiración se mantuvo entre 54 y 57 mL kg⁻¹h⁻¹, sin disminuir de 40 mL kg⁻¹h⁻¹ (Figura 1 D y E). El incremento en respiración se atribuye al daño ocasionado por la compresión, debido al hecho de que en tejidos dañados el oxígeno se difunde más rápidamente en el interior de las células y se incrementa su actividad metabólica (Watada *et al.*, 1996). El daño mecánico en flores deben evitarse a toda costa, ya que ocasiona alta respiración, lo que reduce aún más su vida útil (Reid, 2009).

Producción de etileno

La producción de etileno mostró un disminución durante los primeros tres días y posteriormente incrementó constantemente del cuarto al sexto día de evaluación (Figura 2 A); similar comportamiento se observó en las espigas sometidas a solución pulso pero sin aplicar compresión alguna (Figura 2 B). En las espigas sometidas a compresión mecánica de 70, 140 y 210 Pa se observaron las fases de preclimaterio, climaterio y posclimaterio (Figuras 1 C, D y E), además de una producción de etileno significativamente mayor (Cuadro 1).

Figures 1 B, C, D, and E) due to the sugars provided, which were used as a substrate for respiration, preventing a rapid decline and senescence (Reid, 2009).

The respiration of the stems increased significantly when mechanical compression was applied (Table 1; Figure 1 A). Thus, in the flowers subjected to compression of 140 and 210 Pa, the respiration speed was kept between 54 and 57 mL kg⁻¹h⁻¹, without decreasing from 40 mL kg⁻¹h⁻¹ (Figure 1 D and E). The increase in respiration is attributed to the damage caused by compression, due to the fact that in damaged tissue oxygen is diffused more quickly in the interior of the cells and its metabolic activity increases (Watada *et al.*, 1996). Mechanical damage in flowers must be avoided at all costs, as it causes high respiration, which in turn reduces its useful life (Reid, 2009).

Ethylene production

Ethylene production showed a decrease during the first three days and subsequently increased at a constant rate from the fourth to the sixth day of evaluation (Figure 2 A); similar behavior was observed in sprigs subject to pulse solution

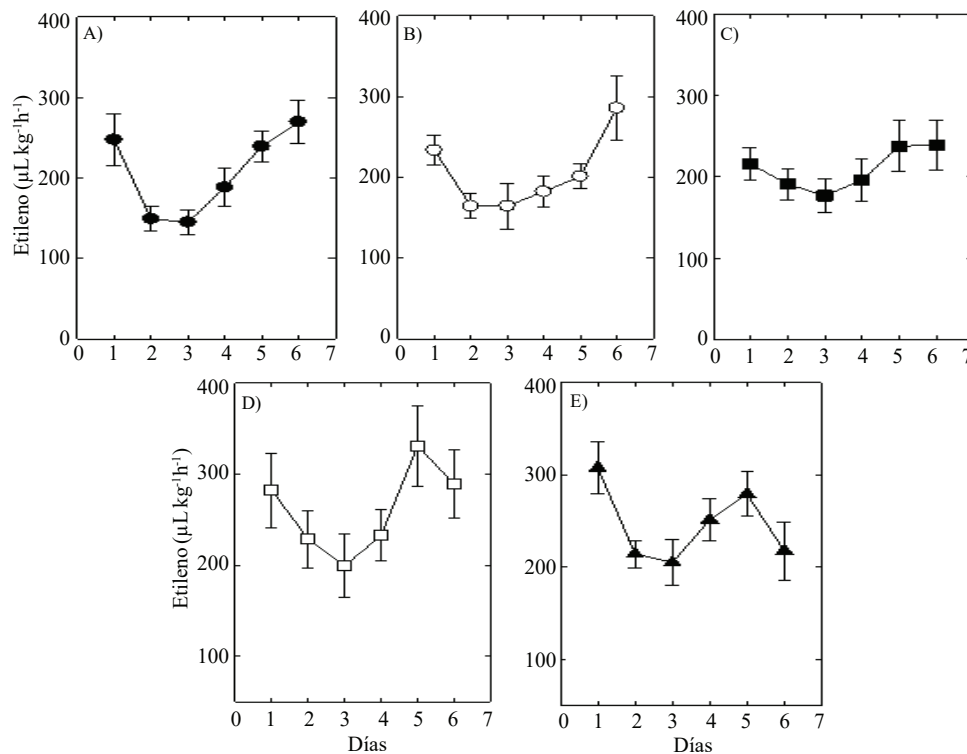


Figura 2. Producción de etileno en espigas de nardo en florero, después de ser sometidas a diferentes intensidades de compresión. A) testigo; B) sin compresión; C) compresión de 70 Pa; D) 140 Pa de compresión; y E) 210 Pa de compresión. Cada punto representa la media de 6 observaciones y su error estándar.

Figure 2. Ethylene production in tuberose sprigs in vases after being subjected to various intensities of compression. A) control; B) without compression; C) compression of 70 Pa; D) compression of 140 Pa; and, E) compression of 210 Pa. Each point represents the measurement of 6 observations and its standard error.

Los resultados sugieren que en las espigas testigo y las que fueron sometidas a solución pulso sin compresión mecánica no se alcanzó a observar completamente el comportamiento climatérico (Figura 2 A y B), pero en las flores sometidas al daño mecánico el climaterio estuvo bien definido y con mayor intensidad (Figura 2 C, D y E). El daño mecánico induce una respuesta general de la planta a través de la activación de la ACC sintasa y ACC oxidasa (Kakarut y Hubert, 2003) y en consecuencia se presenta una mayor producción de etileno. Waithaka *et al.* (2001) indican que el etileno exógeno aplicado a espigas de nardo ocasiona la abscisión de flores abiertas y cerradas en aproximadamente cuatro días.

Naidu y Reid (1989) reportan que el etileno inhibe la apertura de flores en las espigas de nardo, sin embargo, concluyen que a pesar de estos efectos negativos, el etileno no es importante en la senescencia de flores. En el presente trabajo las espigas testigo y aquellas donde solo se aplicó la solución pulso mostraron similitud estadística (Cuadro 1), indicando que la aplicación de Ethylbloc® no indujo una menor producción de etileno, este resultado es diferente a lo reportado en especies como orquídeas, donde la aplicación de Ethylbloc® disminuye la producción de etileno (Uthaichay *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos sugieren que la compresión incrementa la producción de etileno.

Peso relativo

Las flores del tratamiento testigo incrementaron el peso relativo en 115% al tercer día de evaluación, posteriormente disminuyó constantemente hasta el sexto día llegando a valores de 107% (Figura 3 A). El incremento en el peso relativo se debe a que las espigas de nardo se rehidratan durante el manejo poscosecha. Las espigas sometidas a solución pulso pero sin compresión mecánica alcanzaron un máximo de 119% (Figura 3 B), mientras que las espigas sometidas a solución pulso y compresión mecánicas de 70, 140 y 210 Pa mostraron valores máximos de 123, 128 y 126.4%, respectivamente (Figura 3 C-E) y fueron las de mayor incremento en el peso relativo (Cuadro 1). Lo anterior sugiere que la solución pulso favoreció un incremento mayor en porcentaje de peso relativo, como lo indican Var y Barad (2007) quienes determinaron que las flores de nardo en las que se aplica solución pulso con sacarosa mantienen un mayor consumo de agua y menor pérdida de peso, lo cual se relaciona directamente con el peso fresco relativo.

but without being subjected to any compression (Figure 2 B). In sprigs subjected to mechanical compression of 70, 140, and 210 Pa, the pre-climacteric, climacteric, and post-climacteric stages were observed (Figures 1 C, D, and E), in addition to a significantly greater ethylene production (Table 1).

The results suggest that the climacteric behavior was not fully observed in the control sprigs and the sprigs subjected to pulse solution without compression (Figure 2 A and B); however, in the flowers subjected to mechanical damage, the climacteric was well defined and with greater intensity (Figure 2 C, D, and E). The mechanical damage induces a general response from the plant through the activation of the ACC synthase and ACC oxidase (Kakarut and Hubert, 2003), and consequently a greater ethylene production is presented. Waithaka *et al.* (2001) indicates that the exogenous ethylene applied to the tuberose sprigs causes the abscission of open and closed flowers in approximately four days.

Naidu and Reid (1989) reported that ethylene inhibits the opening of flowers on tuberose sprigs; however, it was concluded that in spite of these negative effects, ethylene is not important in the senescence of flowers. In this study, the control sprigs and those only subjected to pulse solution showed statistical similarities (Table 1), indicating that the application of Ethylbloc® did not prompt a decrease in ethylene production. This result is different from what was reported in orchids species, where the application of Ethylbloc® decreased ethylene production (Uthaichay *et al.*, 2007). The results obtained suggest that the compression increased ethylene production.

Relative weight

The flowers of the control treatment increased the relative weight by 115% by the third day of evaluation, subsequently decreasing at a constant rate until reaching values of 107% on the sixth day (Figure 3 A). The increase in the relative weight is due to the fact that the tuberose sprigs rehydrate during the post-harvest handling. The sprigs subjected to pulse solution but without mechanical compression reached a maximum of 119% (Figure 3 B), whereas the sprigs subjected to pulse solution and mechanical compression of 70, 140, and 210 Pa showed maximum values of 123, 128, and 126.4%, respectively, (Figure 2 C-E) and were the ones that had a greater increase in the relative weight (Table 1).

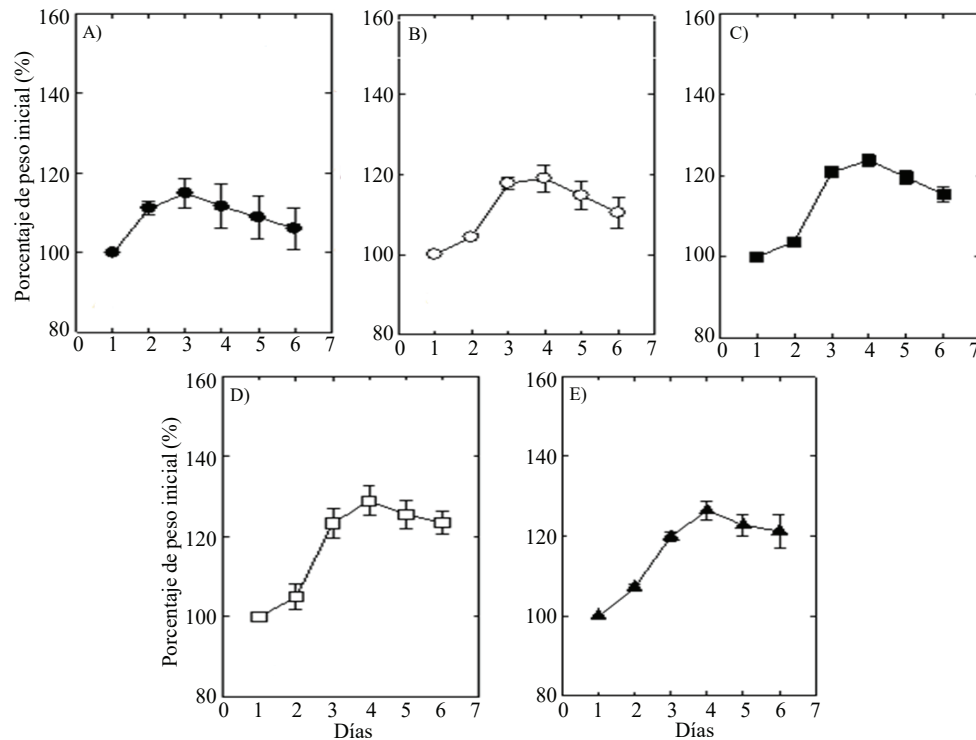


Figura 3. Porcentaje de peso inicial en espigas de nardo en florero, después de ser sometidas a diferentes intensidades de compresión. A) testigo; B) sin compresión; C) compresión de 70 Pa; D) 140 Pa de compresión; y E) 210 Pa de compresión. Cada punto representa la media de 6 observaciones y su error estándar.

Figure 3. Initial weight percentage of tuberose sprigs in vases after being subjected to various intensities of compression. A) control; B) without compression; C) compression of 70 Pa; D) compression of 140 Pa; and E) compression of 210 Pa. Each point represents the measurement of 6 observations and its standard error.

Consumo de agua

Las espigas testigo fueron las que menor cantidad de agua absorbieron (Cuadro 1), el máximo consumo de agua fue al tercer día de evaluación con valores de 14 mL por espiga. Las espigas sometidas a solución pulso con compresión mecánica de 0, 70 y 140 Pa mostraron la máxima de absorción de agua al tercer día con 21, 19 y 24 mL por espiga, respectivamente (datos no mostrados), en tanto que las espigas sometidas a 210 Pa de presión, el máximo de absorción se obtuvo al quinto día de evaluación con 17.3 mL por espiga (datos no mostrados). Los resultados indican que el mayor consumo de agua se debió a la solución pulso aplicada (Cuadro 1), lo cual coincide con datos de Varu y Barad (2007) en el que mencionan que a las flores de nardo en las que se aplica solución pulso con sacarosa mantienen un mayor consumo de agua y menor pérdida de peso debido a que el azúcar previene el estrés hídrico y mantiene los procesos metabólicos.

El mayor consumo de agua y peso fresco relativo en las inflorescencias de nardo donde se aplicó mayor compresión mecánica (Cuadro 1; Figura 3 C-D), probablemente se deba

This suggests that the pulse solution favors a greater increase in the relative weight percentage, as indicated by Var and Barad (2007) who determined that the tuberose flowers subjected to pulse solution with sucrose maintain a greater water consumption and a lesser weight loss, which directly relates to the relative fresh weight.

Water consumption

The control sprigs were the ones that absorbed the least amount of water (Table 1), with the maximum water consumption being on the third evaluation day with values of 14 mL per sprig. The sprigs subjected to pulse solution with mechanical compression of 0, 70, and 140 Pa showed the maximum water absorption on the third evaluation day with 21, 19, and 24 mL per sprig, respectively (data not shown), whereas for sprigs subjected to 210 Pa of pressure, the maximum absorption was obtained on the fifth evaluation day with 17.3 mL per sprig (data not shown). This coincides with data by Varu and Barad (2007) where they mention that the tuberose flowers to which pulse solution with sucrose is applied maintain a

a que se ocasionó un daño mecánico en la epidermis de las inflorescencias y por lo tanto hubo una mayor fuga de agua; misma que se repuso por parte de las inflorescencias con agua en el florero. Van Doorn (2012) menciona que en las flores de corte colocadas en florero, el consumo de agua es menor que la pérdida residual de los estomas y la transpiración cuticular; esta última pudo incrementarse por los tratamientos de compresión.

Conclusiones

Las espigas de nardo muestran un comportamiento climático, con incrementos significativos de respiración y producción de etileno durante poscosecha. La compresión mecánica de más de 70 Pa ocasionó una mayor respiración y producción de etileno, así como mayor peso relativo de agua y consumo de agua.

Literatura citada

- Amani, B. M.; Hafamzadeh, A.; Nikbakht, A.; Ghasemnezhad, M. and Zarchini, M. 2013. Improving physiological quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* cv. Single) flowers by continuous treatment with humic acids and nanosilver particles. *J. Ornamental Plants*. 3:133-141.
- Armitage, A. M. and Laushman, J. M. 2003. *Polianthes tuberosa*. In: specialty cut flowers. Timber Press, Portland, Oregon. 470-475 pp.
- Barba-González R.; Rodríguez-Domínguez, J. M.; Castañeda-Saucedo, M. C.; Rodríguez, A.; Van, J. M.; Tuyl and Tapia-Campos, E. 2012. Mexican geophytes I. The genus *Polianthes*. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*. 6:122-128.
- Cabrera, J. R. y Orozco, R. M. 2003. Diagnóstico sobre las plantas ornamentales en el estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. Zacatepec, Morelos. 26 p.
- Castillo, M. L. E. 2011. Introducción al SAS® para windows. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México, México. 295 p.
- Choudhury, T. M. and Barooah, L. 2011. Effect of pulsing and different holding solutions on flower quality and vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Calcutta Double. *Indian J. Hill Farming*. 24:31-33.
- Dole, J. M. and Wilkins, H. F. 2005. *Floriculture. Principles and species*. Pearson Prentice Hall. USA. 1023 p.
- Hassanpour, A. M.; Rooin, Z. and Abbasi, J. 2011. Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to gibberelic acid and benzyladenine. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 52:46-51.
- Hutchinson, M. J.; Chebet, D. K. and Emongor, V. E. 2003. Effect of Accel, sucrose and silver thiosulfate on the water relations and postharvest physiology of cut tuberose flowers. *Afric. Crop Sci. J.* 11:279-287.
- greater water consumption and a lesser weight loss due to the fact that sugar prevents hydric stress and maintains the metabolic processes.
- The greater water consumption and relative fresh weight in tuberose inflorescences on which greater mechanical compression was applied (Table 1; Figure 3 C-D) are probably due to having caused mechanical damage on the epidermis of the inflorescences and therefore having a greater water leak, which was replaced by the inflorescences with water from the vase. Van Doorn (2012) mentions that in cut flowers placed in a vase, the water consumption was less than the residual loss of the stomas and cuticular perspiration; this latter could be increased by compression treatments.

Conclusions

The tuberose sprigs show a climacteric behavior with significant increases in respiration and ethylene production during the post-harvest. Mechanical compression of more than 70 Pa caused greater respiration and ethylene production, as well as greater relative water weight and water consumption.

End of the English version



- Kakarut Y. and Hubert, D. J. 2003. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes and cell polyuronide degradation during low temperature storage of intact and fresh cut papaya. *Postharvest Biol. Technol.* 28:219-229.
- Kumar, A.; Kumar, S. and Chandra, S. 2010. Vase life studies in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Shringer as affected by postharvest handling treatments. *The Asian J. Hortic.* 5:7-10.
- Kumar, V. B. and Kumar, A. 2013. Assessment of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) varieties under eastern U.P. conditions. *Plant Archives*. 13:185-186.
- Muriithi, A. N.; Wamocho, L. S. and Njoroge, J. B. M. 2011. Distribution, production and quality characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flower in Kenya. *Afric. J. Hortic. Sci.* 5:26-35.
- Mohammadi, M.; Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2012 a. Effect of cobalt chloride on vase life and postharvest quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) *Eur. J. Exp. Biol.* 2:2130-2133.
- Mohammadi, M.; Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2012 b. Improvement of vase life of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* cv. 'Single') with aluminium sulfate. *Ann. Biol. Res.* 3:5457-5461.
- Naidu, S. N. and Reid, M. S. 1989. Postharvest handling of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) *Acta Hortic.* 261:313-317.

- Ornelas, R. F.; Ambriz, R. C. y Bustamante, J de D. O. 1990. Delimitación y definición de agrohábittats de Morelos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico Núm. 8. 17 p.
- Pérez-Arias, G. A.; Alia-Tejacal, I.; Colinas-León, M. T.; Sainz-Aispuro, M. de J. y Álvarez-Vargas, J. E. 2014. Aplicación de 1-metilciclopropeno en inflorescencias de nardo (*Polianthes tuberosa* L.) en poscosecha. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 1:23-52.
- Reid, S. M. 2009. Poscosecha y manejo de las flores de corte. Hortitecnia. Bogotá, Colombia. 38 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2012. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consultado mayo, 2104).
- Toledo, G. G. 2003. El cultivo del nardo (*Polianthes tuberosa*). In: fichas tecnológicas de ornamentales en el estado de Morelos. Cabrera, J. R. (Comp.). SAGARPA-INIFAP. Zacatepec, Morelos. 20-21 pp.
- Uthaichay, N.; Ketsa, S. and Van-Doorn, W. G. 2007. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in *Dendrobium* orchids. *Postharvest Biol. Technol.* 43:374-380.
- Varu, D. K. and Barad, A. V. 2007. Effect of pulsing and packing methods on quality of cut flowers in tuberose (*Polianthes tuberosa*) cv. Double during storage. *Nat. J. Plant Improv.* 9:88-91.
- Vázquez, G. L. M. 2004. Nardo (*Polianthes* spp.) y amolli (*Manfreda* spp.). Recursos fitogenéticos ornamentales de México. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Toluca, México. 100 p.
- Wahitaka, K.; Reid, M. S. and Dodge, L. L. 2001. Cold storage and flower keeping quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 76:271-275.
- Van-Doorn, W. G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Horticultural Reviews*. 40:55-106.
- Watada, A. E.; Ko, N. P. and Minott, D. A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Technol.* 9:115-125.