

EFFECTO DE LA ASPERSIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL CRECIMIENTO DE CINCO CULTIVARES DE NOCHEBUENA *

EFFECT OF GIBBERELIC ACID SPRAYS ON GROWTH OF FIVE POINSETTIA CULTIVARS

Iran Alia-Tejacal^{1§}, Luis Alonso Valdez-Aguilar², Elio Campos-Bravo¹, Manuel de Jesús Sainz-Aispuro¹, Gloria Alicia Pérez-Arias¹, María Teresa Colinas-León³, María Andrade-Rodríguez¹, Víctor López-Martínez¹ y Andrés Alvear-García¹

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad Núm. 1001. Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. Tel. 01 777 1345402. (agrocarn_2006@hotmail.com), (mjsainz63@yahoo.es), (yoyaly@hotmail.com), (andradem65@hotmail.com), (vilomar.leo@hotmail.com), (alvear@hotmail.com). ²Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Saltillo, Coahuila, C. P. 25315. Tel. 01 844 2223675. (luisalonso va@hotmail.com). ³Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9517682. (lozcol@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: ijac96@yahoo.com.mx.

RESUMEN

En 2010 se realizaron aplicaciones de Ácido Giberélico (AG), con dosis de 0 y 10 mg L⁻¹ a siete y 14 días después del trasplante, fueron asperjados en cinco variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotz), ‘Sonora’, ‘Da Vinci’, ‘Freedom White’, ‘Freedom Red’ y ‘Festival Red’; se evaluó el efecto en la altura de planta, número de brotes, altura de brote, diámetro de inflorescencia y planta, color de brácteas (luminosidad, cromaticidad y matiz) y concentración de clorofilas (unidades SPAD). Analizando los factores individuales, los resultados indicaron que la altura de las plantas se incrementó de 15 a 20%, cuando se aplicó en una ocasión y de 21 a 30% cuando se realizó en dos ocasiones. La altura de la planta se incrementó significativamente a partir de dosis de 2 mg L⁻¹ ($p \leq 0.05$). La altura del brote fue mayor cuando se realizaron dos aplicaciones y dosis mayores de 2 mg L⁻¹; mientras que el diámetro de inflorescencia disminuyó sólo en la variedad ‘Freedom White’ después de aplicar 2 mg L⁻¹ en dos ocasiones, lo que sugirió un efecto negativo en la calidad comercial de la planta. El color de las brácteas y concentración de clorofila, no fueron afectados por la aplicación de AG. Se concluye que las dosis de aplicación incrementó la altura de plantas de nochebuena, sin afectar la calidad de la planta

ABSTRACT

In 2010 gibberellic acid (GA) was foliar sprayed at concentrations from 0 to 10 mg L⁻¹ in single applications (seven days after transplant) or double applications (seven and 14 days after transplant) in five poinsettia cultivars (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotz): ‘Sonora’, ‘Da Vinci’, ‘Freedom White’, ‘Freedom Red’ and ‘Festival Red’. The effects on plant height, number of branches, branch length, plant and inflorescence diameter, bract color (lightness, chrome, and hue) and chlorophyll concentration (SPAD units) were studied. Analyzing the factors separately, the results indicated that plant height increased 15% to 20% when plants were sprayed once and 21% to 30% when plants were sprayed twice. Plant height increased significantly when GA concentration was 2 mg L⁻¹ or higher ($p \leq 0.05$). Branch length was larger when plants were sprayed twice and GA concentration was higher than 2 mg L⁻¹, whereas inflorescence diameter decreased only in ‘Freedom White’, which suggested a deleterious effect in plant quality. Bract color and chlorophyll concentration were unaffected by GA sprays. In conclusion, GA increased plant height without affecting plant quality in the cultivars

* Recibido: junio de 2011
Aceptado: octubre de 2011

en los cultivares evaluados cuando la concentración estuvo entre 2 y 4 mg L⁻¹ y se realizaron dos aplicaciones (siete y 14 días después del trasplante); sin embargo, es necesario realizar estudios sobre la firmeza de los brotes a fin de definir si el AG no afecta otros parámetros de calidad.

Palabras clave: *Euphorbia pulcherrima*, altura, matiz, reguladores del crecimiento.

INTRODUCCIÓN

La altura de planta de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd.), es un factor decisivo y variante en la venta de la misma. La elongación del tallo y la altura de planta es afectada por la temperatura, la luminosidad, la humedad relativa, el nivel de riego, la fertilización, el espaciamiento, la densidad de plantación y el vigor del cultivar (Ecke *et al.*, 2004). Cada año es un reto para los productores de nochebuena establecer el balance de estos factores para obtener la altura deseada. Desafortunadamente, en ocasiones no se alcanza la altura óptima o se rebasa, afectando la calidad de la planta debida que la planta es muy pequeña o excede el tamaño apropiado, lo que dificulta su manejo y transporte.

La atracción de los consumidores para comprar nochebuena depende no solo de la altura de la planta, sino también del tamaño, color de brácteas y hojas, además del precio del producto (Catanzaro y Bhatti, 2006). Wilfret y Bell (1998), indican que la altura ideal para plantas de nochebuena desarrolladas en contenedores de 15 cm es entre 28 y 30.5 cm; sin embargo, Martínez (1995) sugiere que la planta debe ser 2.5 a 3 veces mayor que el tamaño de la planta.

Para evitar que la planta de nochebuena crezca en exceso, se han realizado trabajos para regular la altura de la planta mediante el uso de estrés hídrico, pero se afecta negativamente la calidad de la planta (Gilbertz *et al.*, 1984; Hartley, 1992). El manejo de la fertilización es otra opción para manejar la altura de la planta; sin embargo, se afecta negativamente el color de la planta (Ku y Hersey, 1996). Las opciones más viables hasta el momento ha sido el uso de reguladores del crecimiento, así para controlar que la planta no rebase el tamaño deseado se utilizan compuestos comerciales como: cloromequat ((2-chlorotil) trimetilamonio)), ancymidol (ciclopropil-4-(metoxifenil) pirimidin-5-il-metanol), paclobutrazol ((2S, 3S)-1-(4-

studied when concentration was between 2 and 4 mg L⁻¹ and when solutions were sprayed twice (seven and 14 days after transplant), nonetheless, it is necessary to elucidate if GA does not affect other quality parameters such as stem firmness in follow up experiments.

Key words: *Euphorbia pulcherrima*, growth regulators, height, hue.

INTRODUCTION

Plant height in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) is a quality critical issue that determines visual attractiveness and marketing of plants. Shoot elongation is affected by temperature, radiation, relative humidity, watering practices, nutrition, plant density, and the vigor of each cultivar (Ecke *et al.*, 2004). Every year, poinsettia growers face a challenging task to balance all these horticultural and environmental factors in order to attain optimum plant height. Unfortunately, optimum plant height is frequently not attained or exceeded, affecting plant quality if they are too small or making shipping and handling of plants more difficult if they are excessively large.

Enticing consumers for buying poinsettia plants depends greatly not only on plant height but also on size and color of bracts and leaves as well as on product price (Catanzaro and Bhatti, 2006). Wilfret and Bell (1998) indicated that ideal plant height in poinsettias grown in 15 cm pots is from 28 to 30.5 cm; however, Martínez (1995) suggested that plant height must be 2.5 to 3 times the pot height.

To control excessive height research has been performed to regulate plant growth through water stress, but quality is severely impaired (Gilbertz *et al.*, 1984; Hartley, 1992). Good fertilization practices are another option to control plant height in poinsettia but bract color is affected negatively (Ku and Hershey, 1996). Currently, the most used technique for controlling excessive height in poinsettia is through applications of growth retardants such as cloromequat ((2-chlorothyl) trimethylammonium)), ancymidol (cyclopropyl-4-(methoxyphenyl) pyrimidin-5-yl-methanol), paclobutrazol ((2S, 3S)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4 (triazol-1-yl)-3-pentanol), and recently, ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) (Pérez-López *et al.*, 2005).

clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1,2,4-(triazol-1-il)-3-pentanol) y recientemente el etefón (ácido 2-cloroetilfosfonico) (Pérez-López *et al.*, 2005).

Por otra parte, cuando los productores no tienen facilidades para controlar el ambiente o cuando baja la temperatura base, disminuye el consumo de energía de la planta que puede resultar en una altura por debajo de los estándares de calidad, que se requieren para su comercialización (Wilfret y Bell, 1998), por lo que se requiere la utilización de otros reguladores de crecimiento para incrementar el tamaño. El ácido giberélico se ha utilizado para inducir la elongación de tallos, en el desarrollo de nochebuena en forma de pequeños árboles; el resultado es que los tallos son débiles, por lo cual son forrados con alambre para que puedan soportar el peso del dosel (Dole y Hawkins, 2005). Shanks (1980) indica la evidencia que la aplicación de ácido giberélico a dosis de 20 ó 40 mg L⁻¹, puede revertir el efecto negativo de bajas temperaturas y ayudar a incrementar la altura de la planta, similar efecto se tiene en cultivares de porte bajo, además ayuda a retrasar la abscisión de brácteas, hojas e inflorescencia. Sin embargo, a la fecha poca información se tiene al respecto de este regulador de crecimiento (Ecke *et al.*, 2004).

En Morelos la producción de plantas ornamentales en contenedor o maceta, aporta 50% del producto interno bruto del sector agropecuario, generando cerca de 24 000 empleos directos al año, ocho jornales por hectárea, sin contar los empleos indirectos y temporales (García *et al.*, 2009). La nochebuena es la planta ornamental de maceta con mayor número de plantas producidas en la entidad y valor de producción (Cabrera y Orozco, 2003); en 2008 se produjeron 4 743 500 plantas, en una superficie cultivada de 74.6 ha, con un valor total de la producción de 83 516 400 pesos (OEIDRUS, 2010).

Cabrera *et al.* (2006), reportan 22 variedades comerciales de nochebuena en el estado de Morelos. Actualmente variedades como 'Prestige', 'Orion Red' y 'Freedom', en sus diferentes colores, tienen una demanda igual o superior a la 'Supjibi'; hoy en día hay nuevas variedades tales como 'Sonora White Glitter', 'Da Vinci', 'Monet', entre muchas más y que representan una opción diferente al color rojo que siempre ha predominado en la demanda (García, 2008).

En Morelos, se requiere conocer sobre reguladores que promuevan la elongación de los brotes cuando haya años con temperaturas bajas, dado que la producción en la región es principalmente bajo cubiertas plásticas o malla sobra

However, when poinsettia growers had no facilities for temperature environmental control or when temperature set point is decreased in order to reduce fuel consumption, a cold fall season may result in plant height below the accepted standards (Wilfret y Bell, 1998); in this case, other growth regulators are required to promote plant growth. Gibberellic acid (GA) has been used to promote stem elongation when poinsettia is grown as mini trees, however, the stems resulted to be weak and they have to be wired so that canopy weight can be supported (Dole and Wilkins, 2005). Shanks (1980) provided evidence in which indicated that GA at 20 to 40 mg L⁻¹ restore the negative effect of low temperatures and increased plant height, delaying bract, leaf, and cyathia abscission; similar effects were observed in short-type cultivars. Nonetheless, little information is available regarding the potential use of GA as a growth regulator in poinsettia (Ecke *et al.*, 2004).

Morelos is a state in central Mexico in which potted plant production accounts for 50% of total farming activities and generates 24 000 direct jobs annually (eight jobs per hectare), apart from indirect and temporary jobs (García *et al.*, 2009). Poinsettia is the largest potted plant cultivated in Morelos and the most profitable (Cabrera y Orozco, 2003); in 2008, 4 743 500 potted poinsettias were grown in 74.6 ha with an estimated value of 6 576 094 US dollars (OEIDRUS, 2010).

Cabrera *et al.* (2006) reported that 22 poinsettia cultivars are grown in Morelos. Currently, cultivars such as 'Prestige', 'Orion Red' and 'Freedom' have higher demand compared to 'Supjibi', the most demanded cultivar in Mexico since the 80's, however, recently introduced cultivars such as 'Sonora', 'Da Vinci', 'Monet', and others, are receiving more attention by growers and consumers because they are an alternative to the traditional red colored bracts that have predominated in the market (García, 2008).

In Morelos, a growth regulator to promote shoot elongation may be required in years with cold fall seasons since poinsettia is predominantly grown in greenhouses or shade houses with no temperature control; however, there are not reports regarding the efficacy of GA applications or unwanted secondary effects. The present study was conducted to elucidate the impact of GA on growth and some quality parameters on five of the currently most demanded poinsettia cultivars in México.

sin control de la temperatura; actualmente no se tienen reportes de la aplicación y efecto del ácido gibbélico (AG) en el cultivo de nochebuena; por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación en una o dos ocasiones de AG en cinco de los cultivares de mayor producción en el estado de Morelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron esquejes enraizados de cinco cultivares de nochebuena: dos de brácteas rojas (‘Freedom Red’ y ‘Festival Red’), uno marmoleado (‘Sonora’), rosa (‘Da Vinci’) y blanco (‘Freedom White’), fueron establecidos bajo cubierta plástica en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, durante la temporada otoño-invierno de 2010. Los esquejes enraizados con cuatro hojas totalmente desarrolladas y 10 cm de alto, fueron trasplantadas en macetas de 15.2 cm de diámetro, conteniendo como sustrato una mezcla de suelo de hoja/agrolita/peat moss/tezontle rojo/Arena (60:15:15:5:5 v/v), bajo condiciones de invernadero cubierto con plástico transparente que deja pasar 70% transmisión de la intensidad luminosa; la temperatura y humedad relativa mensual durante el periodo de experimentación fueron registradas (Cuadro 1).

MATERIALS AND METHODS

Rooted cuttings of five cultivars: ‘Freedom Red’, ‘Festival Red’, ‘Sonora’ (marble), ‘Da Vinci’ (pink) and ‘Freedom White’, were planted in a greenhouse located in the Experimental Station at the Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Autónoma del Estado de Morelos) during 2010. Uniform cuttings with four fully developed leaves and 10 cm tall were planted in black standard pots of 15.2 cm diameter containing a growing medium prepared with leaf mould, perlite, peat moss, volcanic rock, and sand (60:15:15:5:5 v/v). Plants were maintained in a plastic house with 30% shading; temperature and relative humidity for experiment duration are presented in Table 1 as monthly average.

Plants were soft-pinned one day after transplant by removing the shoot apex, leaving six to seven lateral buds on the main stem (Ecke *et al.*, 2004). Plants were maintained at constant spacing (20 cm) to render a plant density of 25 plants per m². Fertirrigation was applied every 48 h with 100 to 300 ml per plant of a nutrient solution containing 300 mg L⁻¹ N, 90 mg L⁻¹ de P, 300 mg L⁻¹ K, 300 mg L⁻¹ Ca, 60 mg L⁻¹ Mg, and 5 mg L⁻¹ Fe. To control electrical conductivity of the growing medium plants were irrigated with plain water once a week.

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa promedio predominante durante el experimento.
Table 1. Temperature and relative humidity predominant during the experiment.

Mes	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura mensual máxima absoluta (°C)	Temperatura mensual mínima absoluta (°C)
Agosto	21.5	70.9	36.3	11.2
Septiembre	20	81.9	35.4	11.1
Octubre	20	79.9	35.1	8.4
Noviembre	17.2	73.5	31.7	6.3

Un día después del trasplante se realizó la poda suave del ápice de las plantas, dejando entre 6 y 7 yemas en el tallo principal (Ecke *et al.*, 2004). Las plantas fueron desarrolladas en camas con separación de 20 cm, que da una densidad de 25 macetas por m². La fertilización de las plantas se realizaba mediante fertirrigación, aplicando de 100 a 300 mL de solución a cada planta cada tercer día, la solución nutritiva se compuso de 300 mg L⁻¹ de N, 90 mg L⁻¹ de P, 300 mg L⁻¹ de K, 300 mg L⁻¹ de Ca, 60 mg L⁻¹ de Mg y 5 mg L⁻¹ de Fe. Se

Gibberellic acid (GA₃) was dissolved in distilled water at concentrations of 0, 2, 4, 6, 8 y 10 mg L⁻¹ and sprayed to the foliage once (seven days after transplant) or twice (seven and 14 days after transplant) at 11:00 with a manual sprayer to dispense 10 ml of the solution per plant. Experimental unit was one pot with one plant and there were eight replicates. The experimental units were distributed in a completely randomized factorial design (5 cultivars per 6 GA

realizaban dos riegos con solución nutritiva y uno con agua durante todo el ciclo del cultivo, con la finalidad de controlar la conductividad eléctrica del sustrato.

Se asperjó ácido giberélico (AG) disuelto en agua destilada, en dosis de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 mg L⁻¹ a los 7 y 14 días después del trasplante dependiendo si fue una o dos aplicaciones. Las aplicaciones se realizaron antes de las 11:00 am con un aspersor manual. En las plantas testigo (0 mg L⁻¹ de ácido giberélico) sólo se aplicó agua destilada. La unidad experimental fue una maceta con una planta y se tuvieron ocho repeticiones. El diseño experimental fue completamente al azar con diseño de tratamientos factorial, donde la combinación de los factores: cultivar de nochebuena (cinco), número de aplicaciones (una o dos) y dosis de A₃ (0, 2, 4, 6, 8 y 10 mg L⁻¹). Se determinó como finalizado el experimento cuando las brácteas estuvieron totalmente pigmentadas (105 días después del trasplante).

Se midió la altura de la planta, (desde la base del tallo a nivel del sustrato hasta la parte más alta de la planta), número de brotes, longitud de brotes (evaluados en la parte alta de la planta), diámetro de la inflorescencia y diámetro total de la planta. El color de las brácteas de cada planta fue medida con un espectrofotómetro (X-rite SP64) que reporta la luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo matiz (McGuire, 1992). El contenido de clorofilas fue evaluada en las hojas debajo de las brácteas con un SPAD (Minolta, Japan, SPAD 502). Los datos fueron procesados con un análisis de varianza y se hicieron comparaciones de medias por el método de Tukey con una probabilidad de ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura promedio vario entre 20 y 21.5 °C desde agosto a octubre; sin embargo, en la parte final del cultivo las temperaturas disminuyeron a 17.2 °C (Cuadro 1). La temperatura máxima absoluta fue mayor a 31 °C, mientras que la temperatura mínima varió entre 6 y 11.2 °C. La temperatura base para nochebuena es 10 °C (Ecke *et al.*, 2004) y esta temperatura fue registrada durante octubre y noviembre, periodo en que se presenta la diferenciación y pigmentación de brácteas. La presencia de temperatura baja al final del verano e inicio de otoño origino una disminución en el crecimiento de la nochebuena, como se observó en las plantas donde no se aplicó AG (0 mg L⁻¹) (Cuadro 2).

concentrations per 2 spraying frequencies). The experiment was terminated when bracts were fully colored (105 days after transplant).

Growth measurements included plant height (from the medium line to the top of the plant), number of branches, length of branches (measured on the two top branches of each plant), inflorescence diameter, and total plant diameter. The color of bracts of each plant was measured with a spectrophotometer (X-rite SP64) that report luminosity (L), chrome (C), and hue (H) according to McGuire (1992). Chlorophyll concentration was measured in leaves located close to the bracts with an SPAD meter (Minolta, Japan, SPAD 502). Statistical analysis of data was performed with an ANOVA and multiple mean comparison according to Tukey's procedure ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Average temperature from August to October ranged from 20 to 21.5 °C; however, during the last month of the growing season, temperature decreased to 17.2 °C (Table 1). Absolute maximum temperature was higher than 31 °C whereas absolute minimum temperature ranged from 6 to 11.2 °C. Base temperature for poinsettia, estimated in 10 °C (Ecke *et al.*, 2004), and was observed during October and November, period in which flower induction and bract pigmentation of poinsettias generally occurs. The occurrence of lower temperature during the end of the summer season and the beginning of the fall led to decreased growth of poinsettia as demonstrated by the final plant height when GA was not sprayed (doses= 0 mg L⁻¹) (Table 2).

Heights of control plants at experiment termination were 19.1, 20.5, 19.5, 21.5, and 20.7 cm for 'Sonora', 'Da Vinci', 'Freedom White', 'Freedom Red' and 'Festival Red', respectively (Figure 1A and 1B), which indicated that the prevailing temperatures were not conducive for optimum growth since standards proposed for poinsettia (a 1.5:1 plant height: pot height ratio) were not met by any cultivar (Martínez, 1995; Wilfret y Bell, 1998; Hayashi *et al.*, 2001). However, plant height was increased from 15% to 20% when GA was sprayed once or from 21% to 30% when GA was sprayed twice (Figure 1A and 1B). A concentration of GA higher than 2 mg L⁻¹ was associated

La altura final al terminar el experimento fueron de 19.1, 20.5, 19.5, 21.5 y 20.7 cm para ‘Sonora’, ‘Da Vinci’, Freedom White’, ‘Freedom Red’ y ‘Festival Red’, respectivamente (Figura 1A y 1B), que indica que las temperaturas durante el experimento no fueron adecuadas para un crecimiento óptimo, de acuerdo a los estándares propuestos para nochebuena (una proporción 1.5:1 altura de planta: altura de contenedor), y no fueron alcanzados por ningún cultivar evaluado (Martínez, 1995; Wilfret y Bell, 1998; Hayashi *et al.*, 2001). La altura de la planta se incremento de 15 a 20% cuando se asperjó AG en una ocasión, y cuando se aplicó en dos ocasiones la altura se incrementó entre 21 y 30% (Figura 1A y 1B). Aplicaciones de AG mayores de 2 mg L⁻¹ se asoció con un incremento de la planta y brote (Figura 1A-D; Cuadro 2). Similares resultados se han reportado en experimentos con Fascination®, el cual incluye a AG como uno de sus ingredientes activos (Ecke *et al.*, 2004).

to increased plant height and branch length (Figure 1A-D, Table 2). Similar results have been reported in experiments with Fascination™, which includes GA as one of its active ingredients (Ecke *et al.*, 2004).

The significant interaction in cultivar*doses and cultivar*frequency of applications indicated that the response was not parallel among cultivars (Table 2). In fact, ‘Sonora’ had a plant height higher than the minimum recommended standard size when GA was 2 mg L⁻¹ and it was applied once (Figure 1A), whereas optimum GA concentration was 2 to 10 mg L⁻¹ when applied twice (Figure 1B). Cultivar ‘Da Vinci’ and ‘Freedom Red’ exhibited a plant height higher than the minimum standard when GA was from 2 to 10 mg L⁻¹ when applied once or from 2 to 10 mg L⁻¹ (‘Freedom Red’) or 4 to 10 mg L⁻¹ (‘Da Vinci’) when applied twice.

Cuadro 2. Crecimiento de plantas de nochebuena in respuesta a la aplicación de ácido giberélico en diferentes concentraciones y frecuencia de aplicación.

Table 2. Growth of poinsettia plants in response to Gibberellic acid sprays at varying concentrations and frequency of applications.

Factor	Número de brotes	Longitud de brote (cm)	Diámetro de inflorescencia (cm)	Diámetro de planta (cm)	Altura de planta (cm)
Cultivar (CV)					
‘Sonora’	7.8 a	16.4 b	17.7 c	28.8 c	23.5 b
‘Da vinci’	7 b	14.4 c	23.5 a	30 ab	24.1 ab
‘Freedom white’	7.2 b	16.4 b	21.9 b	29.2 b	22.5 c
‘Freedom red’	6.8 b	18.6 a	22.7 ab	33.6 a	24.8 a
‘Festival red’	6.7 b	18.3 a	22.2 b	24.2 a	23.5 b
DMS	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8
Frecuencia (F)					
Una aplicación	6.9 b	16 b	22 a	31.3 a	23 b
Dos aplicaciones	7.2 a	17.7 a	21.2 b	30.7 b	24.4 a
MSD	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3
Dosis (D)					
0 mg L ⁻¹	7.1 a	14 c	22.3 a	30 bc	20.3 c
2 mg L ⁻¹	7.3 a	16.9 b	21.9 ab	32 a	23.2 b
4 mg L ⁻¹	6.8 a	17.5 ab	21.9 ab	31.5 ab	24.3 a
6 mg L ⁻¹	6.9 a	17.8 a	21.1 b	30.9 bc	25.1 a
8 mg L ⁻¹	7.1 a	18.1 a	21.2 b	30.7 bc	24.9 a
10 mg L ⁻¹	7.3 a	16.7 b	21.2 b	30.3 c	24.3 a
DMS	0.5	0.8	0.9	1	0.6
CV	17.9	11.3	10.0	7.3	8.7
CV*F	NS	**	NS	**	**
F*D	NS	NS	***	**	NS
CV*D	NS	*	**	NS	***
CV*F*D	NS	NS	**	*	NS

Letras diferentes en cada factor indica significancia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$); NS, *, **, ***= no significativo y significativo a $p < 0.05$, 0.01 y 0.001 respectivamente; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

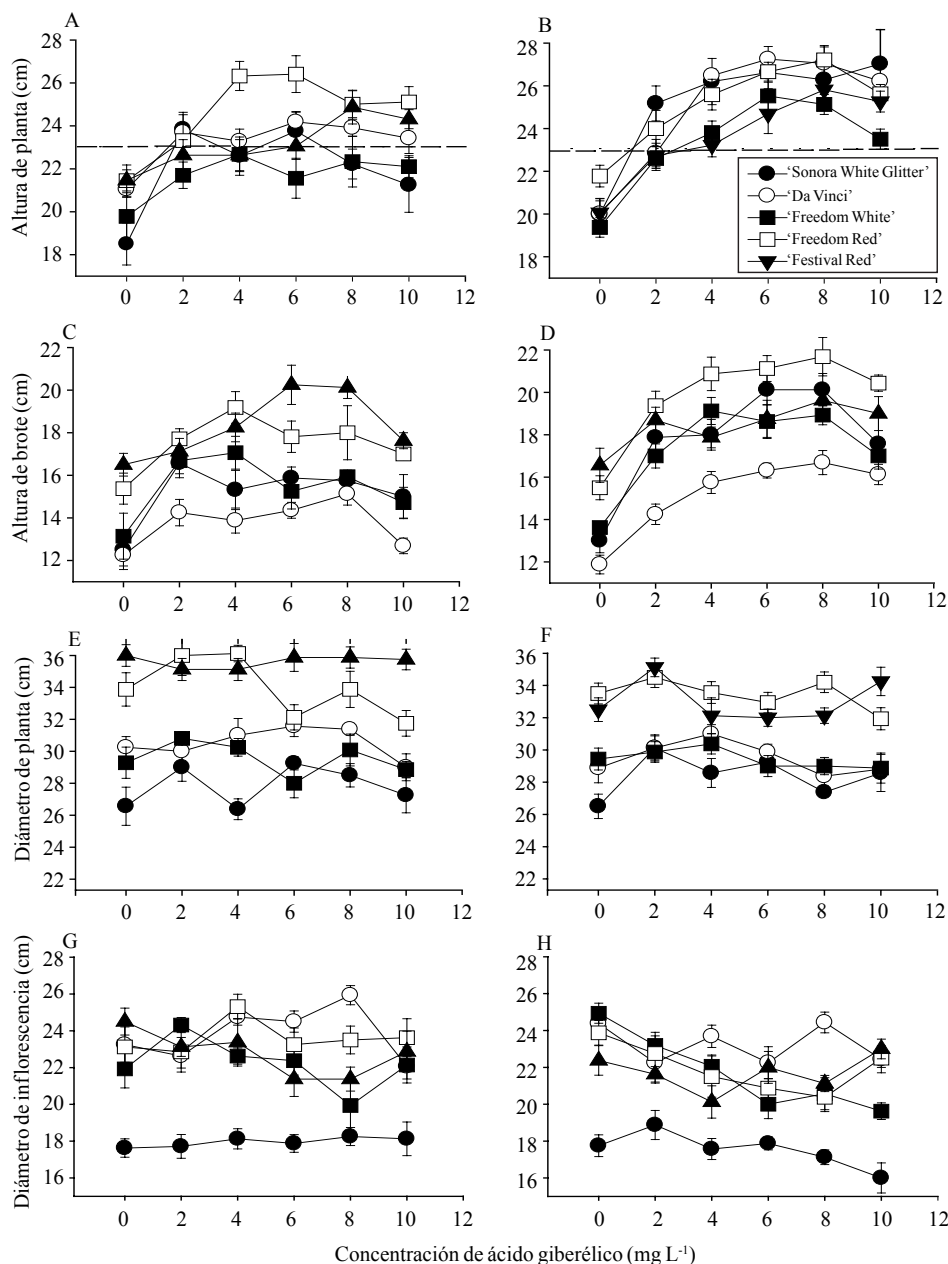


Figura 1. Aplicación de ácido giberélico en una ocasión (A, C, E, G) y dos (B, D, F, H) en la altura, diámetro, inflorescencia y longitud de brote en cinco cultivares de nochebuena. Las barras representan el error estándar de la media, la línea punteada en A y B es el mínimo estándar de la altura.

Figure 1. Gibberellic acid sprayed once (A, C, E, G) or twice (B, D, F, H) on plant height and diameter, and branch length and inflorescence in five poinsettia cultivars. The bars represent the standard error of the mean, dotted lines in A and B indicates minimum standard plant height.

La interacción cultivar*dosis y cultivar*número de aplicaciones fue significativa e indica que la respuesta no fue paralela entre los cultivares (Cuadro 2). El cultivar 'Sonora' tuvo una altura mayor que la mínima recomendada cuando se aplicó AG en dosis de 2 mg L⁻¹ en una ocasión (Figura 1A); sin embargo, la dosis óptima fue cuando se aplicó AG

Cultivars 'Freedom White' and 'Festival Red' needed higher GA concentrations to produce higher plants. 'Freedom White' presented plant height higher than the minimum standard when GA was sprayed twice at concentrations higher than 4 mg L⁻¹ and exhibited no response when GA was applied once, thus two applications were required for

en dosis de 2 mg L⁻¹ aplicado dos veces (Figura 1 B). El cultivar ‘Da Vinci’ y ‘Freedom Red’ mostraron una altura mayor que el estándar, cuando el AG fue aplicado una vez en dosis de 2 a 10 mg L⁻¹ (‘Freedom Red’) y 4 a 10 mg L⁻¹ (‘Da Vinci’) cuando se aplicó en dos ocasiones.

Los cultivares ‘Freedom White’ y ‘Festival Red’ necesitaron concentraciones mayores de AG para producir plantas de altura mayor. ‘Freedom White’ tuvo la altura mayor comparada con el mínimo reportado en la literatura, cuando el AG se asperjó dos veces en concentraciones mayores a 4 mg L⁻¹ y no mostró respuesta cuando el AG se aplicó en dos ocasiones; entonces dos aplicaciones son necesarias en este cultivar (Figura 1B). ‘Festival Red’ mostró respuesta tanto a una o dos aplicaciones, pero fue el cultivar que necesito mayor concentración (4 a 6 mg L⁻¹) para generar plantas con el tamaño mínimo que requiere el mercado.

El incremento en la altura de la planta en respuesta a la concentración de AG, se asocio a un incremento en la longitud de las ramas laterales (Figura 1C y 1D). Al aumentar la frecuencia de aspersiones de AG, existió mayor efecto en la longitud del brote (Cuadro 2) y en la altura de la planta, así lo confirma la interacción cultivar*dosis y cultivar*frecuencia de aplicación. El incremento en el brote y altura de la planta asociado a las aspersiones de AG, se deben probablemente al efecto del regulador de crecimiento en la elongación celular, ya que en otras especies se ha probado que incrementa la elongación de órganos axiales, tales como el tallo, peciolo y pedúnculo de la flor (Srivastava, 2002). Little y MacDonald (2003), indican que el AG promueve la elongación del tallo al iniciar la división celular en meristemos apicales y subapicales, esto también está implicada la expansión celular (Bhattacharya *et al.*, 2010).

La producción de nochebuena en contenedores de 15 cm, requiere de plantas cubiertas con follaje e inflorescencias que tengan seis a ocho brotes por planta después de la poda (Martínez *et al.* 1995). El cultivar ‘Sonora’ desarrollo ocho brotes por planta, mientras que los demás cultivares tuvieron entre 6.7 y 7.2 brotes en promedio (Cuadro 2). Un mayor número de brotes por planta se obtuvo cuando el AG fue asperjado dos veces independientemente de la concentración (Cuadro 2); esto puede estar asociado con cambios en el balance hormonal de las yemas axilares, que inician el desarrollo justo después de la poda.

Se ha reportado que el tratamiento de yemas axilares decapitadas en plantas mutantes de tomate con AG y kinetina, resulta en la promoción de yemas laterales

this cultivar (Figure 1B). ‘Festival Red’ responded to both, one or two applications; however, it was the cultivar that required the highest GA concentrations (4 or 6 mg L⁻¹) in order to produce plants with height higher than the minimum standard.

The increased plant height in response to GA concentration was associated to an increase in length of lateral branches (Figure 1C and 1D). Increasing the concentration and frequency of GA sprays had significant effects on branch length (Table 2), and as for plant height, there was a significant cultivar*doses and cultivar*frequency interaction. The increase in both branch and plant height associated to GA sprays was probably due to the effect of the growth regulator in cell elongation, since in other species it has been proved to increase elongation of axial organs such as stem, petiole, and flower peduncle (Srivastava, 2002). According to Little and MacDonald (2003), GA promotes stem elongation by initiating cell division in apical and subapical meristems, and it is also implicated in leaf expansion (Bhattacharya *et al.*, 2010).

Production of poinsettia in 15 cm standard pots with plants fully covered with foliage and inflorescences requires that six to eight shoots are allowed to develop after pinching (Martínez *et al.*, 1995). Cultivar ‘Sonora’ developed eight shoots per plant, whereas the reminder cultivars grew 6.7 to 7.2 shoots on average (Table 2). A significant higher number of shoots per plant was obtained when GA was sprayed twice regardless of the concentration (Table 2); this may be associated with changes in the hormonal balance of the axillary buds that started to develop right after pinching.

It has been reported that treatment of axillary buds of decapitated tomato plants with GA and kinetin resulted in promotion of bud outgrowth (Catalano and Hill, 1969); in contrast, other reports in tomato mutants that suppress lateral growth contain higher concentrations of GA, suggesting that GA may also inhibit branching (Tucker, 1976). According to the results of the present study, GA sprays in poinsettia may induce lateral branching, as reported for chrysanthemum in response to GA and indole acetic acid (Jiang *et al.*, 2010).

In spite of the increase in plant and branch length, the number of applications and concentration of GA, it significantly affected diameter of plants and inflorescences (Table 2). McDaniel and Wang (2004) reported comparable results since poinsettia plants sprayed with GA at 10 and 40 mg L⁻¹, after treatment with a growth retardant ((2S, 3S)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-(triazol-1-yl)-3-

(Catalano y Hill, 1969); en contraste, otros reportes en mutantes de tomate que suprimen el crecimiento lateral muestran altas concentraciones de AG, sugiriendo que el AG puede inhibir la brotación (Tucker, 1976). Considerando los resultados del presente trabajo, las aspersiones de AG en nochebuena, pueden inducir la brotación lateral, como se ha reportado en crisantemo cuando se aplica AG y ácido indol acético (Jiang *et al.*, 2010).

Además del incremento en altura de la planta, longitud del brote, número de aplicaciones y concentración de AG, afectó el diámetro de las inflorescencias y planta (Cuadro 2). MacDaniel y Wang (2004) reportaron resultados similares cuando aplicaron AG en dosis de 10 a 40 mg L⁻¹, después de aplicar un retardante de crecimiento (Paclobutrazol), induciendo menor tamaño de hoja y bráctea, además de mayor longitud de los entrenudos y elongación del tallo. En el presente estudio, dos aplicaciones de AG disminuyeron el diámetro de la planta (Cuadro 2; Figura 1A-H), el incremento en la concentración de AG disminuye significativamente el diámetro de la planta, especialmente cuando la concentración fue de 4 mg L⁻¹, lo cual concuerda con reportes de niveles mínimos de Fascination® (Cuadro 2).

En el presente trabajo se utilizaron dosis menores que MacDaniel y Wang (2004), lo cual sugiere que otros factores pueden afectar el crecimiento horizontal de las plantas. El menor diámetro de la planta e inflorescencias, se debió al espacio restringido entre las plantas durante el desarrollo del experimento, por lo que las plantas no desarrollaron ramas en ángulos más abiertos, ya que las plantas estuvieron separadas 20 cm durante todo el experimento. Esta aseveración implica que cuando se promovió el crecimiento por el AG, la densidad de plantas disminuyó la expansión lateral de ramas e inflorescencias.

Se detectó interacción significativa entre los tres factores estudiados en las variables diámetro de inflorescencia y planta (Cuadro 2). El diámetro de la inflorescencia disminuyó en 'Freedom White' cuando se asperjaron 2 mg L⁻¹ de AG en dos ocasiones, mientras que en 'Sonora' se observó una disminución en concentraciones de 10 mg L⁻¹, cuando se hicieron dos aspersiones (Figura 1G y 1H). Los cultivares restantes no mostraron efecto significativo en la inflorescencia y diámetro de planta por la aplicación de AG (Figura 1E-H).

El color de las brácteas fue afectada significativamente (Cuadro 3; Figura 2A-F). La frecuencia y concentración de AG no afectaron la luminosidad y cromaticidad. Sin

pentanol)), induced decreased leaf and bract size in addition to the enlargement of internodes and stem elongation. In the present study, two applications resulted in decreased plant diameter (Table 2, Figure 1A-H) the increasing the concentration of GA significantly decreased plant diameter, especially when GA concentration was 4 mg L⁻¹, which agrees with reports regarding optimum levels of Fascination® (Table 2).

In the present study it was used a much lower GA concentrations than MacDaniel and Wang (2004) did, which suggests that other factors may affect the horizontal growth of plants. The resulting decreased in the diameter of plants and inflorescences may have been due to the restricted space maintained in the experimental conditions so that plants had no enough area to develop branches at more open angles since pots were separated 20 cm throughout the experiment. This statement implies that when promoting growth by applications of GA, plant density must be decreased to promote the lateral expansion of branches and inflorescences.

A significant interaction among the three factors under study was detected on inflorescence and plant diameter (Table 2). Inflorescence diameter decreased in 'Freedom White' when 2 mg L⁻¹ of GA was sprayed twice, whereas the decrease in 'Sonora' was noticeable at concentrations of 10 mg L⁻¹ with two sprays (Figure 1G and 1H). The remaining cultivars did not exhibit significant effects of GA on inflorescence and plant diameter (Figure 1E-H).

Bract's color was significantly affected (Table 3; Figure 2A-F). Frequency and concentration of GA did not affect significantly luminosity and chrome. However, significant effects on hue suggested that color tended to the yellow when GA was sprayed twice (Table 3). There was a significant effect on hue due to GA concentration. However, no consistent trend was detected (Table 3; Figure 2E and 2F). The interaction of cultivar * frequency of applications was significant for luminosity and chrome, whereas the interactions frequency * concentration and cultivar * frequency * concentration were significant on chrome and hue (Table 3). In 'Freedom White', there was a decrease in chrome as concentration and frequency of GA sprays were increased.

Chlorophyll concentration was unaffected by GA concentrations or frequency of applications (Table 3). Similarly to the reports by Fletcher and McCullagh (1971)

embargo, se detectaron efectos significativos en el ángulo matiz, sugiriendo que el color tiende más al amarillo cuando el AG se asperja en dos ocasiones (Cuadro 3). Se detectaron diferencias significativas en el matiz debido a la concentración de AG. Sin embargo, no se encontraron tendencias consistentes (Cuadro 3; Figura 2E y 2F). La interacción de cultivar*frecuencia de aplicación fue significativa para la luminosidad y cromaticidad, mientras que la interacción frecuencia*concentración y cultivar*frecuencia*concentración, fueron significativas en la cromaticidad y ángulo matiz (Cuadro 3). En 'Freedom White', se detectó disminución en la cromaticidad cuando se incrementó la frecuencia y dosis de aplicación.

which indicated that chlorophyll concentration in cucumber is unaffected by neither GA nor auxins. Nonetheless, chlorophyll concentration was affected by the significant cultivar*frequency of applications interaction (Table 3; Figure 2 G-H).

CONCLUSIONS

We conclude that GA promoted plant elongation and plants grown under moderately cold fall, were able to meet minimum height standards when GA concentrations were lower than 10 mg L⁻¹. However, to produce plants with

Cuadro 3. Efecto de aspersiones de ácido giberélico en el color de bráctea y clorofilas en hojas de cinco cultivares de nochebuena aplicada en diferentes concentraciones y frecuencia.

Table 3. Effect of gibberellic acid sprays on bract color and leaf chlorophyll of five poinsettia cultivars as affected by concentration and frequency of applications.

Factor	Luminosidad	Cromaticidad	Ángulo matiz	Concentración de clorofilas (unidades SPAD)
Cultivar (CV)				
'Sonora'	40.5 c	44.3 b	29.1 c	60.3 a
'Da Vinci'	59.7 b	36.2 c	45.2 b	60.3 a
'Freedom White'	69.9 a	30.7 d	86.8 a	58.9 b
'Freedom Red'	29.3 d	48.8 a	24.5 d	58.9 b
'Festival Red'	30.3 d	51 a	25 d	56.7 c
DMS	2.7	3.6	2.3	1.3
Frecuencia (F)				
Una aplicación	46.3 a	42.5 a	41.2 b	58.9 a
Dos aplicaciones	45.5 a	42 a	42.8 a	59.1 a
DMS	1.2	1.6	1	0.6
Dosis (D)				
0 mg L ⁻¹	46.7 a	44 a	40.1 b	58.7 a
2 mg L ⁻¹	45.8 a	42.6 a	42.3 ab	58.5 a
4 mg L ⁻¹	46 a	42.6 a	44.4 a	59 a
6 mg L ⁻¹	45.9 a	41.4 a	43.1 a	59.9 a
8 mg L ⁻¹	44.2 a	41.5 a	42 ab	59.7 a
10 mg L ⁻¹	46.7 a	41.3 a	40.2 b	59.2 a
DMS	3.1	4.1	1.8	1.5
CV	14.8	21.3	13.8	5.5
V*F	*	*	NS	**
F*D	NS	NS	**	NS
V*D	NS	NS	NS	NS
V*F*D	NS	*	*	NS

Letras diferentes en cada factor indica significancia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$). ^{NS}, *, ** = no significativo y significativo a $p < 0.05$ y 0.01 respectivamente; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

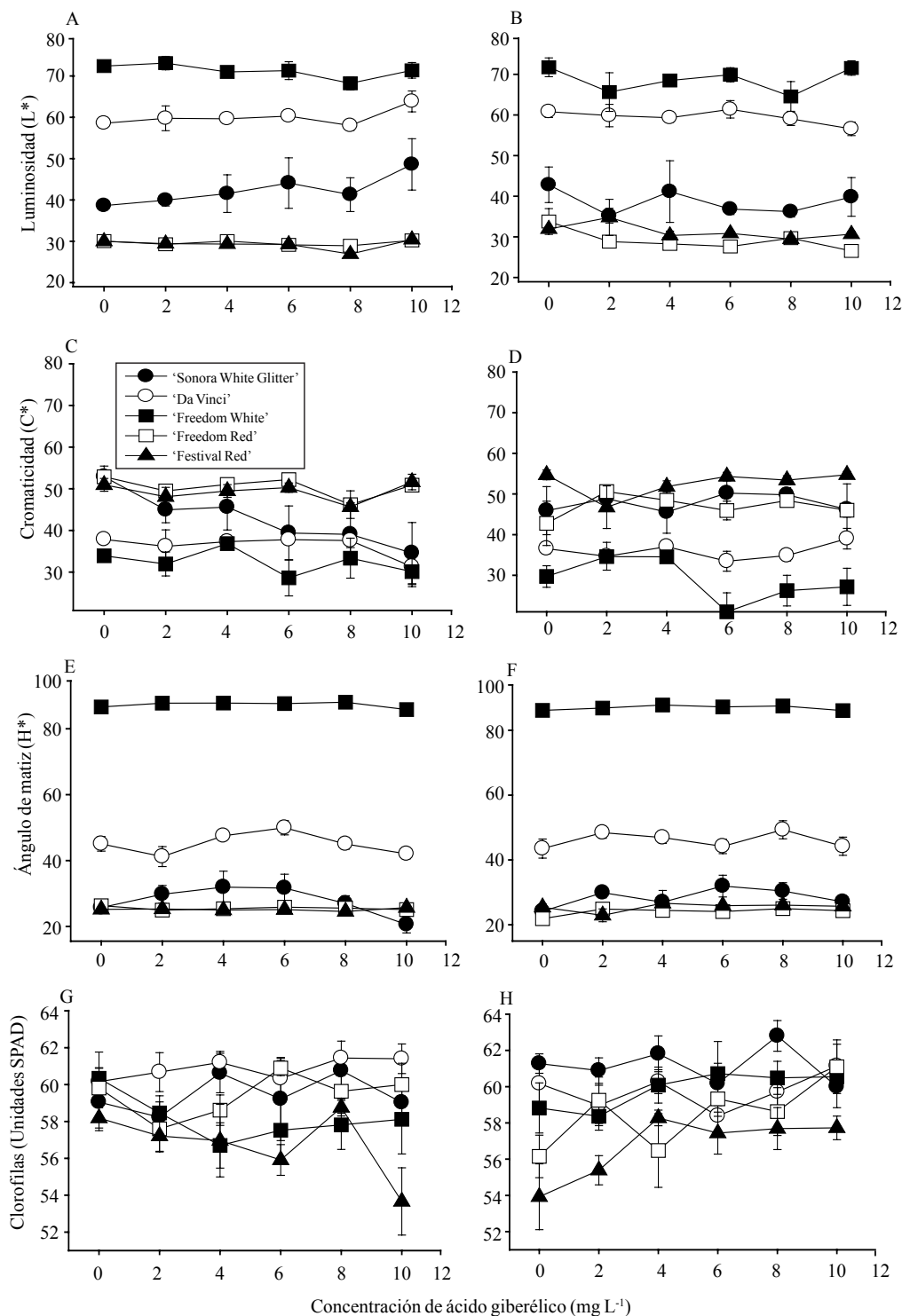


Figura 2. Aspersión de ácido giberélico en una ocasión (A, C, E, G) y en dos ocasiones (B, D, F, H) en el color de la bráctea en cinco cultivares de nochebuena. Cada observación es la media de ocho repeticiones, las barras representan el error estándar de la media.

Figure 2. Effect of Gibberellic acid sprayed once (A, C, E, G) or twice (B, D, F, H) on bract color and leaf chlorophyll concentration in five poinsettia cultivars. Each observation is the mean of eight replicates; bars represent the standard error of the mean.

La concentración de clorofila no fue afectada por las dosis de aplicación de AG, así como por las dosis (Cuadro 3). Respuestas similares reportaron Fletcher y McCullagh (1971), lo cual indica que la concentración de clorofila en pepino no fue afectada por AG o auxinas. No obstante, se encontró significancia en la concentración de clorofila en la interacción cultivar-frecuencia (Cuadro 3; Figura 2 F-H).

CONCLUSIONES

Se concluye que el AG promueve la elongación de plantas desarrolladas bajo condiciones moderadas de frío en otoño, donde fueron capaces de alcanzar la altura mínima estándar, cuando las concentraciones de AG fueron menores a 10 mg L⁻¹. Sin embargo, para producir plantas con el mínimo de tamaño requerido, dos aplicaciones de AG en dosis de 2 a 10 g L⁻¹ son requeridas en 'Sonora'; una aplicación entre 2 y 10 mg L⁻¹ es suficiente para 'Da Vinci', dos aplicaciones en dosis de 4 a 10 mg L⁻¹ en 'Freedom White', una aplicación entre 2 y 10 mg L⁻¹ en 'Freedom Red' y una aplicación de 6 y 10 mg L⁻¹ en 'Festival Red'. Se recomienda disminuir la densidad de plantas para evitar el alargamiento de la planta y así se incrementa el diámetro de la planta e inflorescencia. Las aplicaciones AG no afectó el color de bráctea y hojas en los cultivares estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores(as) agradecen el apoyo de SEP-PROMEP (PROMEP/103.5/07/2674) para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Bhattacharya, A.; Kourmpetli, S. and Davey, M. R. 2010. Practical applications of manipulating plant architecture by regulating gibberellin metabolism. *J. Plant Growth Regul.* 29:249-256.
- Cabrera, R. J. y Orozco, R. M. 2003. Diagnóstico sobre las plántulas ornamentales en el estado de Morelos. Publicación Especial 38. Zacatepec, Morelos. 26 p.
- Cabrera, R. J.; Morán, M. F.; Torres, Q. R.; Pellón, B. A. y Granada, C. L. 2006. Producción de nochebuena *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. en Morelos. SAGARPA-INIFAP. Zacatepec, Morelos. Folleto técnico. Núm. 23. 20 p.
- Catalano, M. and Hill, T. A. 1969. Interaction between gibberellic acid and kinetin in overcoming apical dominance, natural and induced by IAA, in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cultivar potentate). *Nature*. 222:985-986.
- Catanzaro, C. and Bhatti, S. 2006. Consumers survey reveals poinsettia cultivar preferences for 2005. *HortScience*. 41:1061.
- Dole, J. M. and Wilkins, F. H. 2005. Floriculture. Principles and species. Pearson Prentice Hall. New Jersey, USA. 1 023 p.
- Ecke, P.; Faust, E. J.; Williams, J. and Higgins, A. 2004. The ecke poinsettia manual. Ball Publishing. Illinois, USA. 287 p.
- Fletcher, R. A. and McCullagh, D. 1971. Cytokinin-induced chlorophyll formation in cucumber cotyledons. *Planta*. 101:88-90.
- García, A. 2008. Producción de nochebuena planta terminada. In: Memoria del 7° Simposium Internacional de Viverismo. Osuna, C. F.; García, P. F.; Ramírez, R. S.; Granada, C. L.; Galindo, G. D. (eds.). 79-102 pp.
- García, P. F.; Ramírez, R. S.; Osuna, C. F. de J. y Ocampo, O. T. 2009. Enfermedades de las principales ornamentales de Morelos. SAGARPA-INIFAP. D. F., México. Folleto técnico. Núm. 39. 30 p.
- Gilbertz, A. D.; Barret, E. J. and Nell, A. T. 1984. Development of drought stressed poinsettias. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 109:854-857.

End of the English version



- Hartley, D. E. 1992. Poinsettia nutrition. *In: the Poinsettia. The Journal for Poinsettia Professional* Vol. 1. Malone, T. M. (ed.). Encinitas, Cal., USA. 5-10 pp.
- Hayashi, T.; Heins, R.; Cameron, A. and Carlson, A. W. 2001. Ethepon influences height and branching of several herbaceous perennials. *Sci. Hortic.* 91:305-323.
- Jiang, B.; Miao, H.; Chen, S.; Zhang, S.; Chen, F. and Fang, W. 2010. The lateral suppressor-like gene, DGLSL, alternated the axillary branching in transgenic chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium*) by modulating iAA and GA content. *Plant Mol. Biol. Rep.* 28:144-151.
- Ku, M. C. and Hershey, R. D. 1996. Fertigation rate, leaching fraction and growth of potted poinsettia. *J. Plant Nutrit.* 19:1639-1652.
- Little, C. H. A. and MacDonald, J. E. 2003. Effects of exogenous gibberellins and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. *Tree Physiol.* 23:73-83.
- Martínez, M. 1995. Manual práctico de producción de nochebuena. Consultoría OASIS, Morelos, México. 87 p.
- McDaniel, A. D. and Wang, Y. T. 2004. Effects in poinsettia over-retarded with paclobutrazol. *HortScience.* 39:822.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience.* 27:1254-1255.
- Oficina Estatal de Información para el desarrollo rural sustentable (OEIDRUS). 2010. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable. URL: <http://www.oeidrus-morelos.gob.mx>.
- Pérez-López, A.; Carrillo-Salazar, J. A.; Colinas-León, M. T. y Sandoval-Villa, N. 2005. Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzch) con etefón. *Agrociencia.* 39:639-646.
- Shanks, J. B. 1980. Poinsettias. *In: introduction to floriculture.* Larson, R. A. (ed.). Academic Press, New York, USA. 303-326 pp.
- Srivastava, L. M. 2002. Plant growth and development. Academic Press. Florida, USA. 772 p.
- Tucker, D. J. 1976. Endogenous growth regulators in relation to side shoot development in the tomato. *New Phytol.* 77:561-568.
- Wilfret, G. J. and Bell, M. L. 1998. Effect of paclobutrazol drenches on height of nine poinsettia cultivars. *Proc. Fla. State hort. Sci.* 111:17-19.