

CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL TALLO FLORAL DE FREESIA X HYBRIDA EN HIDROPONÍA

GROWTH AND STEM QUALITY OF FREESIA X HYBRIDA UNDER HYDROPONICS

Érika Miranda-Villagómez¹, J. Alfredo Carrillo-Salazar^{1*}, María-de-las-Nieves Rodríguez-Mendoza¹,
M. Teresa Colinas-León², Manuel Livera-Muñoz¹ y E. Araceli Gaytán-Acuña¹

¹Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal, Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel. 01 (595) 952-0200 Ext. 1593. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Tel. 01 (595) 952-1500 Ext. 5224.

* Autor para correspondencia (asalazar@colpos.mx)

RESUMEN

Freesia (Freesia x hybrida) tiene alto potencial como flor de corte pero es poco comercializada en México; tolera bajas temperaturas, produce amplia diversidad de colores y tiene un aroma agradable. En esta investigación se evaluó el efecto de la concentración de la solución nutritiva de Steiner en el crecimiento y calidad del tallo floral de *Freesia x hybrida* cv. 'Patio' generada a partir de cormos de 2.5 cm de diámetro, crecida bajo hidroponía y sombreada con malla roja a 85 %, durante el invierno en el Valle de México. Los tratamientos fueron la combinación factorial de cuatro concentraciones de solución nutritiva (SN) Steiner (25, 50, 75 y 100 %) y dos fechas de siembra (FS) (22 de septiembre y 18 de octubre de 2010), en un diseño completamente al azar. Al inicio de la floración, con la solución Steiner a 100 % se obtuvieron plantas con menores valores de altura de planta (49 cm), longitud del tallo floral (37 cm), área foliar por planta (170 cm²), lecturas SPAD (62), longitud de la espiga (8.5 cm), número de flores por espiga (8), grosor del tallo (3.6 mm), biomasa seca de tallo, hoja y total, mientras que con la concentración de 25 % se obtuvieron los mayores valores de altura de planta (59.4 cm), lecturas SPAD (71.7), longitud del tallo floral (61 cm), longitud de la espiga (11 cm), número de flores por espiga (12), grosor del tallo (5.0 mm) y de vida de florero (12 d). En el número de hojas por planta y en la biomasa seca de raíz no hubo diferencias entre tratamientos. La eficiencia cuántica máxima del fotosistema II (Fm/Fv) fue igual entre tratamientos (P > 0.05) en ambas fechas de medición, con un promedio de 0.81.

Palabras clave: *Freesia x hybrida*, solución nutritiva, crecimiento, calidad del tallo floral.

SUMMARY

Freesia (Freesia x hybrida) is a high-potential cut-flower, but it is almost unknown in México. It tolerates low temperatures and forms flowers in a wide range of colors with a delicate scent. This research evaluated the effect of Steiner solution concentration on growth and flower stem quality of *Freesia x hybrida* cv. 'Patio' grown in the Valley of México. Plants were derived from 2.5 diameter corms, under hydroponics and 85 %, red shade netting during the Winter season. The experimental design was a factorial combination of four Steiner solution concentrations (25, 50, 75 and 100 %) and two planting dates (September 22nd and October 18th, 2010), under a completely random design. The 100 % Steiner solution (SN) produced the lowest values in plant height (49 cm), floral stem length (37 cm), leaf area per plant (170 cm²), SPAD readings (62), spike length (8.5 cm), number of flowers per stem (8), stem thickness (3.6 mm), and in stem, leaf and total dry weight; while the 25 % SN produced the highest values in plant height (59.4 cm),

SPAD readings (71.7), floral stem length (61 cm), spike length (11 cm), number of flowers per stem (12), stem thickness (5.0 mm) and flower vessel life (12 d). Neither the number of leaves per plant nor the root dry weight were different among treatments. The maximum quantum efficiency of photosystem II (Fm/Fv) was similar in all treatments (P > 0.05), in both planting dates, with an average of 0.81.

Index words: *Freesia x hybrida*, nutrient solution, plant growth, floral stem quality.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de las flores es uno de los agronegocios más rentables en el mundo. Desde la década de los ochentas, Holanda ocupa uno de los primeros lugares como país productor, actividad que ha formado parte de su cultura por décadas. Otros países, como Estados Unidos, Japón e Italia, tienen actualmente altos ingresos por la producción de flores de corte y maceta. Por su parte, países como India, China, Kenia, Ecuador, Colombia y México tienen alto potencial económico, climático, geográfico y comercial para crecer en el ramo (ASERCA, 2006).

Existen especies florícolas cultivadas que tienen alto potencial como flor de corte pero que son poco comercializadas en México. Tal es el caso de freesia (*Freesia x hybrida*), especie originaria de Sudáfrica (Wang, 2007). Las variedades disponibles en el mercado corresponden a híbridos (*Freesia x hybrida*) obtenidos mediante cruzamientos entre las especies *Freesia alba*, *F. refracta*, *F. corymbosa* y *F. leichtlinii* (Dole y Wilkins, 1999). *Freesia x hybrida* tiene mayores valores en longitud de vara, tamaño de la flor y resistencia a plagas y enfermedades (Rees, 1992). Esta especie tiene potencial en México porque tolera bajas temperaturas y puede producirse durante el invierno, así como por su aroma y diversidad de colores, aspectos poco explotados en el mercado nacional de flores que pueden ser un atractivo para su consumo. En México la principal demanda de flor de freesia es el 2 de febrero, demanda que se satisface con genotipos quizá introducidos al país después de la conquista

de México y cultivados de una forma rústica y tradicional, sin conocer con certeza la especie explotada y sin estadísticas de producción para validar su cultivo a nivel comercial en el país.

Diversos autores han evaluado el crecimiento, desarrollo y calidad de la flor de freesia en función de la nutrición, y han encontrado influencia del nitrógeno en el tamaño de hoja, color de la hoja, número de hojas, longitud del tallo floral, tamaño del cormo, crecimiento vegetativo y el tiempo en aparición del tallo floral. Por su parte, el fósforo causa cambios en el tamaño de la hoja, el tiempo en aparición del tallo floral, tiempo de vida de la espiga floral y el peso del cormo (Thomas *et al.*, 1998; Kidsadawanich y Ruamrungsri, 2005; Ruamrungsri *et al.*, 2011; Khan *et al.*, 2012). En la mayoría de las investigaciones se aplicaron fertilizantes comerciales, tanto en el cultivo en suelo como en mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos.

Kidsadawanich y Ruamrungsri (2005) y Ruamrungsri *et al.* (2011) usaron sustratos y solución nutritiva para cultivar esta especie bajo hidroponía. La hidroponía permite desarrollar plantas en soluciones nutritivas (SN), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, lana de roca, vermiculita, entre otros) para proveer soporte mecánico a la planta (Lara, 1999). La SN consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica (Steiner, 1961). La cantidad de nutrimentos que las plantas requieren depende de la especie, variedad, etapa fenológica y condiciones ambientales (Carpena *et al.*, 1987). La SN de Steiner es una de las más utilizadas en cultivos hidropónicos, ya que sus propiedades (balance entre aniones y cationes, conductividad eléctrica y potencial osmótico) permiten un buen desarrollo de la planta.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la solución nutritiva de Steiner en el crecimiento y calidad del tallo floral de *Freesia x hybrida* cultivada bajo un sistema hidropónico y sombreado con malla roja a 85 %, durante el invierno en el Valle de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos fechas de siembra (22 de septiembre y 18 de octubre de 2010), en Texcoco, México, a 2250 m de altitud, 19° 29' LN y 98° 54' LO, con plantas crecidas bajo malla sombra de color rojo (ChromatiNet Roja Polysack®, que transmiten 15 % de la radiación solar). Esta malla tiene una relación entre rojo (680 nm) y rojo lejano (740 nm) (R:RL) de 0.82, medida con un radiómetro multispectral (MSR, por sus siglas en inglés) marca CROPSCAN® (Cropscan Inc. 2001). Esta malla es usada para producir plantas con hojas más grandes, tallos más largos y anchos, y en general con mayor volumen de follaje.

La irradiancia promedio máxima sobre el follaje fue de 45.19 W m⁻² s⁻¹, y fuera de la malla fue 295.33 W m⁻² s⁻¹; ésta fue medida con un radiómetro lineal modelo LI-191SE (LI-COR Inc.; Lincoln, Nebraska, USA). La temperatura promedio del aire en el sitio experimental fue 12.3 °C, con máxima de 29.1 °C y mínima de -5.6 °C, y fue medida con un sensor (“data logger”) modelo H08-003-02 Hobo® (ONSET Inc.).

Las plantas se obtuvieron a partir de cormos de *Freesia x hybrida* cv. ‘Patio’ de 2.5 cm de diámetro. Esta variedad produce flores amarillas, rosadas, rojas, naranja y blancas. Previo a la plantación, los cormos se sumergieron por 15 min en una solución antifúngica (Captan® 0.8 g L⁻¹ y Benlate® 0.40 g L⁻¹). La siembra se hizo en bolsas de plástico negro de 15 x 25 cm rellenas con tezontle (Ø 5 mm) como sustrato, y se plantaron cinco cormos en cada bolsa.

Los tratamientos consistieron de una combinación factorial de cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner 25, 50, 75 y 100 % (NO₃⁻, 12 meq; H₂PO₄⁻, 1 meq; SO₄²⁻, 7 meq; K⁺, 7 meq; Ca²⁺, 9 meq; Mg²⁺, 7 meq; para la solución a 100 %), y dos fechas de siembra F1 (22 de septiembre) y F2 (18 de octubre). La solución se preparó con agua de la llave y se aplicó en riego por goteo, cinco veces al día (5 min cada riego). En cada solución se ajustó el pH a 6, y la conductividad eléctrica (CE) se midió enseguida con un potenciómetro HI 98129 Hanna® (Hanna Instruments Inc., Woonsocket, Rhode Island, USA). La CE fue 1.1, 1.6, 2.1, y 2.6 dS m⁻¹ para las concentraciones de 25, 50, 75 y 100 % de la SN. Los ocho tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 25 repeticiones, en donde cada planta fue una repetición.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron tres muestreos: a la cuarta hoja recientemente madura (30 d después de plantación, DDP), séptima hoja recientemente madura (58 DDP), y flores abiertas o inicio de la floración (145 DDP), con cinco repeticiones por tratamiento y muestreo. En las plantas muestreadas se midió: área foliar (AF) con un integrador LI-3100® (LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA); altura de planta, con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la hoja más joven; número de hojas por planta; y biomasa seca (g) de cada órgano. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C durante 72 h, y se pesaron en una balanza electrónica modelo 1474 (Sartorius AG®, Göttingen, Deutschland) con precisión de 0.1 g.

En dos fechas (13 de diciembre y 25 de enero) se midió la fluorescencia inducida con un aparato Handy PEA (Hansatech Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, UK) en cinco hojas de plantas diferentes; cada hoja fue una repetición por tratamiento. Se midió el nivel de fluorescencia cuando el

aceptor de electrones en la plastoquinona (Qa) está completamente oxidado (F0), y cuando Qa está completamente reducido (Fm); la fluorescencia variable (Fv), y la eficiencia cuántica máxima del fotosistema II (Fv/Fm) (Hansatech Instruments Ltd., 2006). El índice de verdor fue medido con un aparato SPAD 502 (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan) en tres hojas expandidas en la parte media de la hoja de cinco plantas por tratamiento, como propusieron Bullock y Anderson (1998).

La cosecha de los tallos florales se hizo cuando la primera flor mostró su color. En esa etapa se midió la longitud y grosor del tallo, con una cinta métrica y un vernier digital modelo CALDI-6MP (TRUPER®, China), así como la longitud y número de flores de la espiga. En 10 tallos florales por tratamiento se evaluó la vida en florero mediante: el peso de la biomasa hidratada (cada 2 d) en cada tallo floral; el registro diario del número de flores abiertas; y días a senescencia.

Los datos de las variables se sometieron a un análisis de varianza y a comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), mediante el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2010). Con el programa Curve Expert® ver. 1.2.2 (<http://www.curveexpert.net/>) se encontró un modelo de buen ajuste estadístico (R^2) para modelar el comportamiento de la longitud del tallo floral.

RESULTADOS

Altura de planta

En el primer muestreo hubo diferencias significativas entre las soluciones nutritivas ($P \leq 0.05$), en el segundo muestreo no hubo efecto de concentraciones ni de fechas de siembra ($P > 0.05$), y en el tercer muestreo hubo efecto significativo de fechas de siembra y de concentraciones de

la solución nutritiva ($P \leq 0.05$). Las plantas de menor tamaño en el primero y tercer muestreo fueron las nutridas con solución nutritiva Steiner a 100 %, y las más altas correspondieron a la concentración de 25 % (Cuadro 1).

Número de hojas y área foliar

En el número de hojas no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$); cada planta formó de 10 a 11 hojas. En área foliar se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre concentraciones en los tres muestreos, y también entre fechas en el segundo y tercer muestreo (Cuadro 2). La Solución Steiner a 50 % favoreció al área foliar medida en el primer muestreo con 51.4 % más que las plantas con menor área que correspondieron a la concentración de 100 %. En el segundo muestreo las plantas tuvieron 19 % más área foliar con la solución nutritiva a 75 % que con el resto de las concentraciones, mientras que en el tercer muestreo la mayor área foliar correspondió a la SN de 50 % (Cuadro 2).

Biomasa seca de corno y planta

En esta variable no hubo diferencias significativas entre fechas de siembra ($P > 0.05$), pero sí entre concentraciones de la SN y en su interacción con fechas ($P \leq 0.05$). En la concentración de 50 % de la SN se registró la mayor biomasa seca de corno en el primer muestreo en ambas fechas de siembra, mientras que en el segundo muestreo únicamente hubo diferencias significativas en la primera fecha de siembra en donde las plantas crecidas en la solución a 100 % presentaron la menor biomasa de corno (Figura 1A y B). En el tercer muestreo se observó mayor biomasa seca de corno en la primera fecha de siembra con 75 % de la concentración de la SN (Figura 1 A), y en la segunda fecha de siembra con la concentración de 25 % (Figura 1 B).

Cuadro 1. Comparación de medias del efecto de la fecha de siembra y concentración de la solución nutritiva (SN) en la altura de planta de freesia (*Freesia x hybrida*) cultivadas en el Valle de México a la intemperie bajo malla sombra de color rojo con 15 % de transmisión de la radiación solar durante el invierno 2010-2011.

SN (%)	Altura de la planta (cm)								
	Primer muestreo			Segundo muestreo			Tercer muestreo		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media	F1	F2	Media
25	29.5 a	31.5 a	30.5 A	38.6 a	39.8 a	39.2 A	58.8 a	59.9 a	59.4 A
50	31.3 a	28.7 a	30.0 AB	33.7 a	37.6 a	35.6 A	62.6 a	54.0 b	58.3 A
75	31.7 a	26.7 a	29.2 AB	37.2 a	35.8 a	36.5 A	54.3 b	47.5 bc	50.9 B
100	25.9 a	26.6 a	26.2 B	35.5 a	35.4 a	35.4 A	52.1 b	46.0 c	49.0 B
Media	29.6 A	28.3 A		36.2 A	37.1 A		56.9 A	51.8 B	

Medias con letras mayúsculas iguales en columnas o hileras de cada muestreo, son estadísticamente iguales entre sí, y letras minúsculas indican diferencias en interacción (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

Cuadro 2. Comparación de medias del efecto de la fecha de siembra y concentración de solución nutritiva (SN) sobre el área foliar.

SN (%)	Área foliar (cm ²)								
	Primer muestreo			Segundo muestreo			Tercer muestreo		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media	F1	F2	Media
25	78.0 bc	81.7 bc	79.8 B	171.6 bc	148.6 bc	160.1 B	211.1 d	227.2 d	219.2 C
50	125.9 a	127.1 a	126.5 A	178.5 b	176.0 bc	177.2 B	377.0 a	315.9 bc	346.4 A
75	72.3 bc	92.9 b	82.6 B	261.6 a	153.5 bc	207.5 A	287.4 c	338.6 ab	313.0 B
100	63.2 c	59.5 c	61.4 C	127.9 c	188.4 b	158.1 B	134.4 e	206.0 d	170.2 D
Media	84.8 A	90.3 A		184.9 A	166.6 B		252.4 B	271.9 A	

Medias con letras mayúsculas iguales en columnas o hileras de cada muestreo, son estadísticamente iguales entre sí, y letras minúsculas indican diferencias en interacción (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

En el primero y segundo muestreo la acumulación de biomasa seca en tallo, raíz y hoja fue igual entre tratamientos, mientras que en el tercer muestreo las plantas crecidas con 100 % de la solución Steiner acumularon la menor cantidad de biomasa en tallo y hoja (Figura 1 C, D, E, F, G y H). En la biomasa seca de raíz no se observaron diferencias entre tratamientos. En el tercer muestreo la menor biomasa seca total se obtuvo con 100 % de la SN de Steiner.

Fluorescencia inducida en la hoja

La fluorescencia inicial (F0) fue igual en todas las concentraciones de la SN aplicadas en ambas fechas de medición (Cuadros 3 y 4). En la fluorescencia máxima (Fm) se encontraron diferencias significativas entre soluciones nutritivas en la segunda fecha de medición (Cuadro 4), donde la concentración de la SN a 75 % obtuvo el menor valor. En la interacción concentración de SN x fecha de muestreo, los valores mayor y menor de Fm fueron obtenidos con las concentraciones de 50 y 75 %, respectivamente.

Sólo en la primera fecha de medición (Cuadros 3 y 4) se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre fechas de siembra en la fluorescencia variable (Fv), pero no entre concentraciones de la SN. En la interacción, la menor Fv se obtuvo en la primera, y el mayor en la segunda fecha, ambas con la concentración de 50 %. La eficiencia cuántica máxima del fotosistema II (Fm/Fv) varió de 0.80 a 0.83, pero fue igual entre tratamientos ($P > 0.05$) en ambas fechas de medición (Cuadros 3 y 4).

Lecturas SPAD

Las lecturas SPAD en las hojas de freesia presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). Las plantas desarrolladas con SN a 25 % presentaron los valores

más altos en comparación con las que crecieron en SN a 100 % (Cuadro 5). Entre fechas de plantación no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$). La mejor interacción correspondió a la concentración de 25 % en la segunda fecha de siembra.

Tallo floral

El corte de tallos florales se efectuó a los 149 DDS en la primera fecha de siembra y a los 141 DDS en la segunda fecha. La concentración de la SN, las fechas de siembra y su interacción tuvieron efectos significativos ($P \leq 0.05$) en la longitud del tallo floral. La mayor longitud de tallo floral se obtuvo con las SN de 25 y 50 %, con valores de 59.6 y 61.6 cm de longitud media (Figura 2), mientras que la menor fue con la SN de 100 % que tuvo cerca de 1/3 menos altura que con la SN de 25 %. Entre fechas de siembra no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$).

Las concentraciones de la SN y fechas de siembra, así como su interacción, tuvieron efectos significativos en longitud de la espiga, número de flores por espiga y grosor del tallo (Cuadro 6). Con la concentración de 25 % se obtuvieron los mayores valores en longitud de espiga, número de flores por espiga y grosor de tallo, en ambas fechas de siembra. La menor longitud de espiga en la primera fecha y menor grosor de tallo en la segunda fecha fueron obtenidos con el tratamiento de SN 100 %. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$) en el peso de la biomasa fresca de tallos florales. Los tallos florales con tratamiento a concentración de 25 % tuvieron mayor vida en florero (14 d) debido a su mayor número de flores. El resto de los tratamientos duraron un promedio de 11 d. Los botones florales formados en la espiga abrieron en todos los tratamientos.

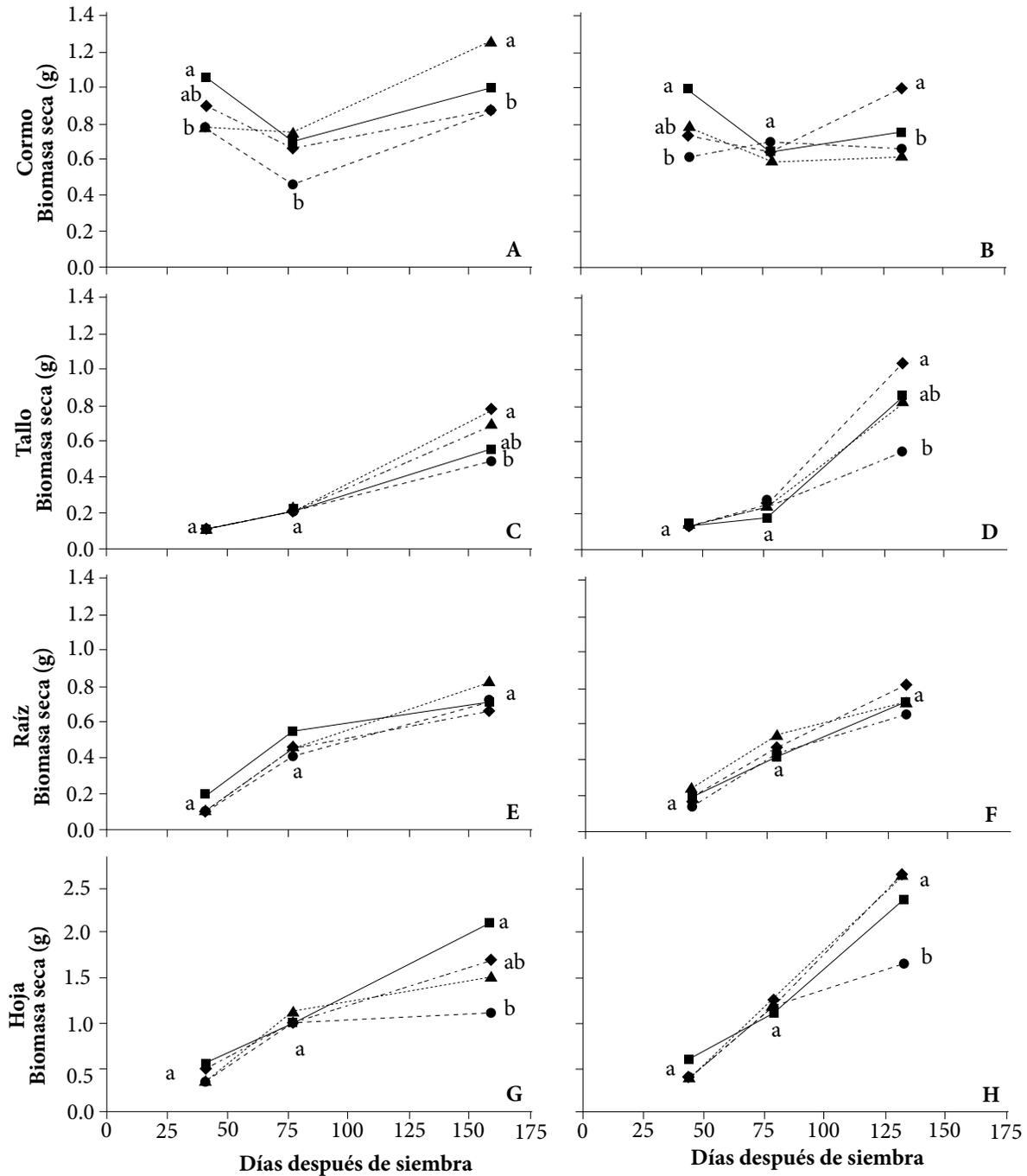


Figura 1. Biomasa seca por órgano vegetal durante el desarrollo de *Freesia x hybrida* cultivada a concentraciones de 100 % (—●—), 75 % (---▲---), 50 % (—■—) y 25 % (---◆---) de solución nutritiva de Steiner, plantadas el 22 de septiembre 2010 (A, C, E y G) y el 18 de octubre 2010 (B, D, F y H) en el Valle de México. Letras minúsculas diferentes por fecha de muestreo indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Comparación de medias del efecto de la fecha de siembra y concentración de solución nutritiva (SN) en fluorescencia inducida (13 de diciembre 2010).

SN (%)	Fluorescencia inducida					
	F0 (fluorescencia inicial)			Fm (fluorescencia máxima)		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media
25	481 a	488 a	484 A	2834 a	2900 a	2867 A
50	442 a	481 a	462 A	2253 a	2901 a	2577 A
75	438 a	444 a	441 A	2562 a	2397 a	2480 A
100	494 a	438 a	461 A	2554 a	2770 a	2662 A
Media	463 A	463 A		2551 A	2742 A	
SN (%)	Fv (fluorescencia variable)			Fm/Fv		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media
	25	2353 a	2412 a	2382 A	0.83 a	0.83 a
50	1811 b	2419 a	2189 A	0.80 a	0.83 a	0.81 A
75	2124 ab	2253 ab	2115 A	0.82 a	0.81 a	0.82 A
100	2260 ab	2342 a	2301 A	0.82 a	0.80 a	0.81 A
Media	2137 B	2357 A		0.82 A	0.82 A	

Medias con letras mayúsculas iguales en columnas o hileras de cada muestreo, son estadísticamente iguales entre sí, y letras minúsculas indican diferencias en interacción (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

Cuadro 4. Comparación de medias del efecto de la fecha de siembra y concentración de solución nutritiva (SN) en fluorescencia inducida (25 de enero de 2011).

SN (%)	Fluorescencia inducida					
	F0 (fluorescencia inicial)			Fm (fluorescencia máxima)		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media
25	478 a	491 a	485 A	2951 ab	3002 ab	2976 A
50	484 a	513 a	498 A	2863 ab	3097 a	2980 A
75	436 a	473 a	454 A	2636 ab	2537 b	2586 B
100	469 a	490 a	479 A	2694 ab	2955 ab	2825 AB
Media	467 A	492 A		2786 A	2898 A	
SN (%)	Fv (fluorescencia variable)			Fm/Fv		
	F1	F2	Media	F1	F2	Media
	25	2460 a	2441 a	2450 A	0.82 a	0.83 a
50	2379 a	2594 a	2487 A	0.83 a	0.83 a	0.83 A
75	2218 a	2306 a	2262 A	0.82 a	0.81 a	0.82 A
100	2199 a	2345 a	2272 A	0.81 a	0.81 a	0.81 A
Media	2314 A	2422 A		0.82 A	0.82 A	

Medias con letras mayúsculas iguales en columnas o hileras de cada muestreo, son estadísticamente iguales entre sí, y letras minúsculas indican diferencias en interacción (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

Cuadro 5. Comparación de medias del efecto de la fecha de siembra y concentración de solución nutritiva (SN) en lecturas SPAD.

SN (%)	Lecturas SPAD		
	F1	F2	Media
25	70.5 ab	72.9 a	71.7 A
50	68.5 ab	66.0 b	67.3 B
75	67.5 ab	69.0 ab	68.2 B
100	60.0 c	65.4 bc	62.7 C
Media	67.1 A	68.0 A	

Medias con letras mayúsculas iguales en columnas o hileras de cada muestreo, son estadísticamente iguales entre sí, y letras minúsculas indican diferencias en interacción (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

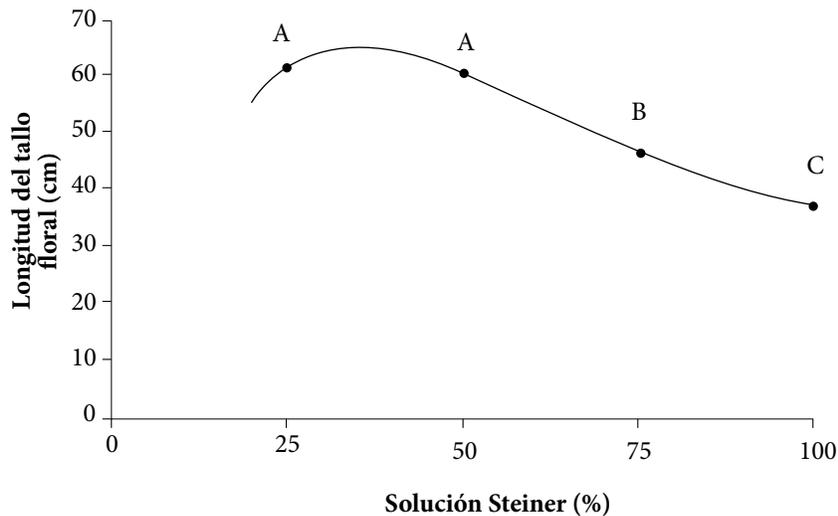


Figura 2. Concentración de la solución nutritiva Steiner y la longitud de tallo floral (cm) de freesia crecida durante el invierno 2010-2011. Letras diferentes por fecha de muestreo indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05). Los puntos representan promedios de dos fechas de siembra, y la línea continua es la tendencia del modelo Steinhart-Hart. $y = 1/(9.68E-02 - 3.45E-02 \times \ln(x) + 9.12E-04 \times \ln(x)^2)$ (n = 4; R² = 0.99), donde: “x” es la concentración (%) de la solución nutritiva de Steiner, y “y” es longitud del tallo floral (cm).

Cuadro 6. Comparación de medias de efecto de la concentración de solución nutritiva (SN) y fechas de siembra en variables de calidad del tallo floral.

SN (%)	Longitud de espiga (cm)		Número de flores por espiga		Grosor de tallo (mm)	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
25	10.8 a	11.1 a	11 a	12 a	4.9 a	5.1 a
50	9.6 b	9.5 b	9 b	9 b	4.7 a	4.9 a
75	9.3 b	9.3 b	8 b	9 b	4.5 a	4.3 b
100	8.5 c	8.5 b	8 b	8 b	3.4 b	3.6 c

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). F1 = primera fecha de siembra (22 de septiembre de 2010); F2 = segunda fecha de siembra (18 de octubre de 2010).

DISCUSIÓN

En esta investigación se detectó una notable disminución en altura de planta, longitud del tallo floral, área foliar, menor concentración de clorofila, longitud de espiga y grosor de tallo con la solución Steiner a 100 %. En contraste, la concentración de 25 % produjo mayores valores de altura de planta, contenido de clorofila y calidad del tallo floral, esta última en términos de longitud del tallo floral, longitud de espiga, número de flores por espiga, grosor de tallo y número de días de vida de florero. Los valores obtenidos en longitud de tallo y número de flores para *Freesia x hybrida* con 25 y 50 % de la solución Steiner, con tallos de más de 50 cm y más de ocho flores por espiga, superaron a la calidad extra descrita en las normas de calidad para flor cortada (Medio Ambiente, Agricultura y Agua, 1998). En cambio, con 75 y 100 % de la solución Steiner sólo fue posible cumplir con el número de flores mínimo para esta categoría.

La máxima longitud de tallo se obtuvo con las concentraciones de 25 y 50 % de la solución Steiner. Con el modelo Steinhart-Hart (Figura 2) se pudo predecir que la longitud máxima de 65.3 cm del tallo floral sería con 34.7 % de la solución Steiner. El modelo también predijo una caída de la longitud del tallo floral más pronunciada cuando disminuye la concentración de la solución nutritiva por debajo de 34.7 % de la solución Steiner que cuando aumenta sobre este valor.

La amplia respuesta de freesia a diferentes concentraciones de nutrimentos fue reportado antes por Smith y Danks (1985). El exceso de nutrientes disminuye el potencial osmótico del sustrato por altos niveles de sales y esto aumenta la conductividad eléctrica (CE). A diferencia de lo que ocurre en el suelo donde la salinidad es causada por una mezcla de iones inorgánicos, en hidroponía la salinidad es causada por los nutrimentos añadidos, que en los suelos de invernadero holandeses un tercio de los iones corresponden de N y K (Sonneveld *et al.*, 2004).

El exceso de sales nutritivas ocasiona daños en la raíz y en el crecimiento del cultivo, como ocurre en gerbera (*Gerbera hybrida*) al reciclar la solución nutritiva drenada cuya CE es alta (Savvas y Gizas, 2002), así como en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort) (Haouala y Salhi, 2011) y en freesia cuando son irrigadas con agua con alto contenido de sales, que causan disminución en rendimiento de flores, longitud de la espiga, así como en longitud del tallo floral, diámetro y número de flores por planta (Aydinsakir *et al.*, 2010), similar a lo obtenido en nuestra investigación.

En la solución Steiner a 100 % de concentración la CE fue de 2.6 dS m⁻¹, que excede el rango óptimo de 1.5 a 2.0 dS m⁻¹ para el crecimiento de la freesia según Larson (1988),

pero no al umbral máximo de 2.4 dS m⁻¹ que propusieron Sonneveld *et al.* (2004). Por sus consecuencias observadas en la presente investigación en el crecimiento y calidad del tallo floral, se puede considerar que esta concentración de la SN no es recomendable para freesia. Sin embargo, la eficiencia cuántica máxima del fotosistema II (Fm/Fv) fue igual entre las concentraciones evaluadas de la SN, por lo que en este contexto se infiere que las reacciones fotoquímicas de estas plantas no estuvieron bajo estrés con la concentración máxima.

Como nutrimento, el fósforo contribuye en la persistencia de la espiga floral y días a floración de freesia (Khan *et al.*, 2012), y la deficiencia de fósforo y nitrógeno producen tallos cortos en freesia (Kidsadawanich y Ruamrungsri, 2005) y *Spartina foliosa* (Trnka y Zedler, 2000). La falta de uno de los tres más importantes elementos, como son nitrógeno, fósforo o potasio, puede reducir las concentraciones de los otros elementos en los tejidos, como se ha reportado en freesia (Kidsadawanich y Ruamrungsri, 2005) y en *Lilium longiflorum* 'Nellie White' (Niedziela *et al.*, 2008). Sin embargo, esto depende de la concentración del elemento limitante como lo reportaron Verlinden y MacDonald (2007) quienes en plantas de *Limonium* encontraron que las concentraciones de P de 0 a 60 mg L⁻¹ alteraron significativamente la longitud del tallo, mientras que las concentraciones de N de 100 a 400 mg L⁻¹ no tuvieron efecto.

En cambio, en la presente investigación se observó que con 100 y 25 % de la solución Steiner se obtuvieron las menores y mayores lecturas SPAD, respectivamente. Ésta es una medida indirecta de la concentración de clorofila y en consecuencia de la cantidad de nitrógeno en las hojas. Se puede considerar entonces que el menor potencial osmótico que debió ocurrir en la zona radical con la dosis completa de la solución Steiner, disminuyó la absorción de N por la planta, así como la de P y otros elementos nutritivos. Estos resultados indican que el cultivo no requiere altas concentraciones nutrimentales, lo que es una ventaja para bajar costos de producción.

Freesia es considerada como una planta ornamental que aún está en proceso de domesticación, y con una dosis de 100N:50P:200K mg L⁻¹ es suficiente para producirla en un sustrato compuesto de arena, cascarilla de arroz y fibra de coco (Ruamrungsri *et al.*, 2011). Con la solución Steiner a 100 % se aplicó más nitrógeno (168 mg L⁻¹) y potasio (273 mg L⁻¹) pero menos fósforo (31 mg L⁻¹) que la recomendada por estos autores. Sin embargo, con ¼ de esta cantidad, es decir con 42N:8P:68K mg L⁻¹, se pueden producir freesias de calidad a partir de cormos de 2.5 cm de diámetro crecidos bajo malla sombra roja con 15 % de transmisión de la radiación solar, lo cual concuerda con Thomas *et al.* (1998) quienes indicaron que la freesia es una especie

que demanda bajos niveles de nutrientes. Al respecto, los cormos funcionan como una fuente de carbohidratos y nutrientes para el crecimiento de la planta de freesia, porque a partir de cormos de menor tamaño las plantas responden favorablemente al aumentar la dosis de fertilizante (Żurawik y Placek, 2011).

CONCLUSIONES

El mejor crecimiento y calidad del tallo floral de *Freesia x hybrida* cultivada en un sistema hidropónico bajo malla sombra roja de 15 % de transmisión de la radiación solar durante el invierno en el Valle de México, se obtuvo con solución Steiner a 25 % de su concentración.

BIBLIOGRAFÍA

- ASERCA, Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (2006) La floricultura mexicana, el gigante que está despertando. *Clari-dades Agropecuarias* 154:3-38.
- Aydinsakir K., A. Tepe and D. Buyuktas (2010) Effects of saline irrigation water applications on quality characteristics of *Freesia* grown in greenhouse. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 23:41-46.
- Bullock D. G. and D. S. Anderson (1998) Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *Journal of Plant Nutrition* 21:741-755.
- Carpena O., A. M. Rodríguez y M. J. Sarro (1987) Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de las plantas como índice de nutrición. *Anales de Edafología y Agrobiología* 46:117-127.
- Dole J. and H. Wilkins (1999) Floriculture. Principles and Species. New Jersey, Prentice-Hall. 613 p.
- Hansatech Instruments Ltd. (2006) Operations Manual. Hansatech Instruments Ltd. King's Lynn, Norfolk, England. 85 p.
- Haouala F. and I. Salhi (2011) Effets du NaCl sur la croissance, la floraison et la bulbaison du glaieul (*Gladiolus grandiflorus* Hort). *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 43:378-383.
- Khan M. K., M. Sajid, A. Rab, I. Jan, H. Zada, M. Zamin, I. Haq, A. Zaman, S. T. Shah and A. U. Rehman (2012) Influence of nitrogen and phosphorus on flower and corm production of *Freesia*. *African Journal of Biotechnology* 11:11936-11942.
- Kidsadawanich H. and S. Ruamrungsri (2005) Nitrogen, phosphorus and potassium deficiency in *Freesia* spp. *J. Agric.* 21:197-204.
- Lara H. A. (1999) Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana* 17:221-229.
- Larson R. A. (1988) Introducción a la floricultura. 1a ed. AGT Editor, S.A. 551 p.
- Medio Ambiente, Agricultura y Agua (1998) Normas de calidad para flor cortada. Murcia (España), Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. 50 p. (Información N° 55).
- Niedziela C. E., S. H. Kim, P. V. Nelson and A. A. de Hertogh (2008) Effects of N-P-K deficiency and temperature regime on the growth and development of *Lilium longiflorum* 'Nellie White' during bulb production under phytotron conditions. *Scientia Horticulturae* 116:430-436.
- Rees A. (1992) Ornamental Bulbs, Corms and Tubers. Wallingfor. CAB International. 220 p.
- Ruamrungsri S., W. Bundithya, N. Potapohn, N. Ohtake, K. Sueyoshi and T. Ohyama (2011) Effect of NPK levels on growth and bulb quality of some geophytes in substrate culture. *Acta Horticulturae* 886:213-218.
- SAS Institute (2010) SAS/STAT User's guide. Ver. 9.2 SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina, U.S.A. 1689 p.
- Savvas D., G. Gizas (2002) Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Scientia Horticulturae* 96:267-280.
- Smith D. and P. N. Danks (1985) *Freesias*. Gower Books. London. 45 p.
- Sonneveld C., A. L. van den Bos and W. Voogt (2004) Modeling osmotic salinity effects on yield characteristics of substrate-grown greenhouse crops. *Journal of Plant Nutrition* 27:1931-1951.
- Steiner A. A. (1961) A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.
- Thomas M., S. Matheson and M. Spurway (1998) Nutrition of container-grown freesias. *Journal of Plant Nutrition* 21:2485-2496.
- Trnka S. and J. B. Zedler (2000) Site conditions, not parental phenotype, determine the height of *Spartina foliosa*. *Estuaries* 23:572-582.
- Verlinden S. and L. McDonald (2007) Productivity and quality of static (*Limonium sinuatum* cv. Soiree Mix) and cockscomb (*Celosia argentea* cv. Chief Mix) under organic and inorganic fertilization regimens. *Scientia Horticulturae* 114:199-206.
- Wang L. (2007) *Freesia*. *Freesia x hybrida*. In: Flower Breeding and Genetics. N O Anderson. (ed). Springer. Netherlands. pp:665-693.
- Żurawik P. and M. Placek (2011) The influence of fertilization on quality of inflorescence of easy pot *Freesia* (*Freesia* Eckl. ex Klatt) grown from adventitious corms. *Acta Agrobotanica* 64:59-66.