



LA SOLUCIÓN NUTRITIVA MODIFICA EL CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES DE ORQUÍDEAS

THE NUTRIENT SOLUTION MODIFIES THE GROWTH OF TWO ORCHID SPECIES

Nadia Jiménez-Peña^{1*}, Manuel Sandoval-Villa¹, Víctor H. Volke-Haller¹, Martha Pedraza-Santos² y Ma. Teresa Colinas-León³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología, Uruapan, Michoacán, México. ³Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (jimenez.nadia@colpos.mx)

RESUMEN

Las orquídeas (Orchidaceae) se desarrollan en una gran variedad de condiciones ambientales, por lo que tienen requerimientos específicos de nutrición. En la nutrición de orquídeas existe desconocimiento de los efectos de los fertilizantes y de su uso a lo largo del ciclo de estas plantas. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de tres soluciones nutritivas sobre el desarrollo y crecimiento de *Laelia autumnalis* y *Paphiopedilum insigne*. El experimento se realizó en un periodo de 27 meses en condiciones de invernadero. Las variables evaluadas fueron número de hojas, área foliar, peso fresco y seco total de la planta, de raíz y de hoja, y lecturas SPAD en hojas maduras; además, en *L. autumnalis* se evaluó el número de pseudobulbos, grosor y largo de pseudobulbos, así como el peso fresco y seco de éstos. Se encontró que en *L. autumnalis* la solución de Steiner incrementó el número de hojas (100 %), pseudobulbos (133 %), área foliar (80 %), peso fresco total (78 %) y peso seco total (125 %), en comparación con las plantas tratadas sólo con agua (testigo). En *P. insigne* la solución Hoagland-Arnon mejoró el crecimiento vegetativo, incrementó el número de hojas (65 %), área foliar (83 %), lecturas SPAD (79 %), peso fresco total (33 %) y peso seco total (27 %), en comparación con las plantas testigo. Los resultados demuestran que las soluciones nutritivas influyen positivamente en el crecimiento de las dos especies de orquídeas y que cada especie tiene requerimientos nutrimentales particulares; asimismo, los resultados podrían ser de utilidad en programas de conservación y aprovechamiento de estas especies.

Palabras clave: *Laelia autumnalis*, *Paphiopedilum insigne*, Hoagland-Arnon, nutrición mineral, Steiner, Wynd.

SUMMARY

Orchids (Orchidaceae) develop in a wide range of environmental conditions, so they have specific nutrition requirements. In the nutrition of orchids there is lack of knowledge on the effects of fertilizers and their use throughout the cycle of these plants. The objective of this research was to study the effect of three nutrient solutions on the development and growth of *Laelia autumnalis* and *Paphiopedilum insigne*. The experiment was conducted over a period of 27 months under greenhouse conditions. The variables evaluated were number of leaves, leaf area, fresh and dry total weight of the plant, root and leaf, and SPAD readings in mature leaves; in addition, in *L. autumnalis* the number of pseudobulbs, thickness and length, as well as the fresh and dry weight of these pseudobulbs were evaluated. It was found that in *L. autumnalis* the Steiner solution increased the number of leaves (100 %), pseudobulbs (133 %), leaf

area (80 %), total fresh weight (78 %) and total dry weight (125 %), compared to plants treated only with water (control). In *P. insigne* the Hoagland-Arnon solution improved the vegetative growth, increased the number of leaves (65 %), leaf area (83 %), SPAD readings (79 %), total fresh weight (33 %) and total dry weight (27 %), compared to the control plants. Results show that nutrient solutions positively influence growth of the two orchid species, and that each species has particular nutritional requirements; likewise, these results could be useful in conservation and exploitation programs of these species.

Index words: *Laelia autumnalis*, *Paphiopedilum insigne*, Hoagland-Arnon, mineral nutrition, Steiner, Wynd.

INTRODUCCIÓN

La floricultura desempeña un papel cada vez más importante en la economía mundial actual (Getu, 2009); destacan rosa (*Rosa* spp.), lili (*Lilium* spp.), crisantemo (*Chrysanthemum* spp.), clavel (*Dianthus caryophyllus*) y las orquídeas (Orchidaceae) como las flores más cultivadas en el mundo (Tse-Leow y Khye-Tan, 2007). Se estima que las orquídeas representan alrededor del 10 % del comercio internacional de flores de corte y maceta (De et al., 2014).

México alberga alrededor de 1260 especies de orquídeas pertenecientes a 170 géneros (Hágsater et al., 2005). *L. autumnalis*, orquídea nativa de México, destaca por su importancia como planta ornamental y medicinal en varias regiones de nuestro país (Emeterio-Lara et al., 2016). *L. autumnalis* es una planta epífita que presenta flores púrpuras vistosas de diferentes tonalidades, formas y tamaños (Hernández-Muñoz et al., 2017), con pseudobulbos oblongos, alargados y longitudinalmente arrugados e inflorescencias de hasta 70 cm de largo, con un racimo de 5 a 12 flores que abren en sucesión; el género consiste de 22 especies, 11 de ellas se encuentran en México (Halbinger y Soto, 1997); sin embargo, las poblaciones naturales han sido fuertemente afectadas debido a la destrucción de su hábitat y extracción excesiva

(Ávila-Díaz *et al.*, 2009), a pesar de estar protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010). Otro género de orquídeas de importancia comercial y ornamental es el conocido como zapatilla de dama (*Paphiopedilum* spp.), éste comprende alrededor de 96 especies, principalmente con hábito terrestre, nativas de regiones tropicales y subtropicales del sureste de Asia (Wang *et al.*, 2017a), cuyas flores hermosas y llamativas contribuyen significativamente a la industria de la floricultura; sin embargo, su popularidad como plantas ornamentales ha llevado a la sobre recolección de especies silvestres con fines comerciales, lo que ha provocado que algunas especies se encuentran en peligro de extinción y hayan sido puesta en el CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) (Zhang *et al.*, 2016).

Además del comercio ilegal y destrucción de sus hábitats, las orquídeas presentan problemas en su manejo, la nutrición es uno de los más importantes, ya que existe poca información sobre el uso, época, forma y suministro eficiente de los nutrimentos durante su desarrollo, que permita acelerar el crecimiento vegetativo de las plántulas, aumentar la floración temprana y prolongar la vida de florero. Al respecto, Wang y Konow (2002) encontraron que la fertilización de plantas de *Phalaenopsis* con 200 mg L⁻¹ de N y 160 mg L⁻¹ de K mejora el crecimiento de las plantas desarrolladas en dos sustratos, indican que estas concentraciones son las adecuadas para obtener un excelente crecimiento en dicho género. Wang (2007) indicó que la aplicación de 300 mg L⁻¹ de K con suministro elevado de N y P, independientemente del medio, permite obtener plantas de *Phalaenopsis* de alta calidad, con mayor longitud de hojas y mayor número y tamaño de flores. Por su parte, Tse-Leow y Khye-Tan (2007) demostraron que mediante el uso de un sistema hidropónico automatizado y fertilizando con solución nutritiva (CE de 1 dS m⁻¹), en un híbrido de *Dendrobium* para flor de corte, se obtienen más pseudobulbos, hojas y flores, además de evitar la pudrición de las raíces, en comparación con los métodos tradicionales de producción. La mayoría de los estudios sobre fertilización en orquídeas se han centrado en híbridos del género *Phalaenopsis* (Wang y Chang, 2017), *Dendrobium* (Liu *et al.*, 2014), *Cattleya* y *Cymbidium* (Naik *et al.*, 2009), y recientemente, en el género *Laelia* (Jiménez-Peña *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2010), mientras que el conocimiento sobre la nutrición de otras especies con potencial ornamental es limitado.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de tres soluciones nutritivas sobre el desarrollo y crecimiento de dos especies de orquídeas, *L. autumnalis* y *P. insigne*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron plantas de *L. autumnalis*, las cuales fueron proporcionadas por el banco de germoplasma del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), a partir de plantas que fueron rescatadas de áreas de bosque de encino que habían sido deforestadas en el municipio de Uruapan, Michoacán, mientras que las plantas de *P. insigne* se obtuvieron con un proveedor comercial de la misma ciudad.

Tratamientos

Se tuvieron ocho tratamientos, los cuales se generaron con la combinación de plantas de dos especies (*L. autumnalis* y *P. insigne*) irrigadas con tres soluciones y un testigo; 1) solución Hoagland-Arnon (1938), 2) solución Steiner (1984), 3) solución Wynd (1933) tomadas de Hewitt (1966) (Cuadro 1), se utilizaron sales comerciales y 4) plantas irrigadas con agua de pozo (testigo). La concentración de los diferentes elementos en la solución nutritiva se ajustó a partir de los resultados del análisis químico realizado al agua de pozo (Cuadro 2); el pH se ajustó con ácido sulfúrico entre 5.5 y 6.0.

Manejo del experimento

El experimento se realizó en condiciones de invernadero, con humedad relativa promedio mensual de 70 % y temperatura promedio 25 °C. Se colocó una malla con sombreado de 60 % para evitar exceso de radiación y se utilizó un sistema de aspersión automatizado que se usaba durante el día para mantener fresco el ambiente. Durante los meses más fríos (noviembre-febrero) se utilizó calefacción por la noche para mantener la temperatura por encima de 11 °C. Las plantas se trasplantaron en macetas oscuras de plástico de 15.24 cm de diámetro, en *L. autumnalis* cada unidad (una planta) contaba con 4-5 pseudobulbos. El sustrato fue una mezcla de carbón vegetal + tezontle + corteza de pino + turba-vermiculita en una relación de 1:2:2:1, que contenía 64 % de porosidad total, 26 % de retención de agua y 38 % de capacidad de aireación. Durante los primeros tres meses después del trasplante las plantas sólo se irrigaron con agua de pozo, con la finalidad de proporcionar un periodo de adaptación a las condiciones del invernadero. Las plantas se irrigaron cada semana o cuando la superficie del sustrato se encontraba seca, con 130 mL de solución nutritiva y un riego semanal con agua con la finalidad de evitar la acumulación de sales en el sustrato.

Cuadro 1. Concentración (mg L⁻¹) de las soluciones nutritivas evaluadas en el crecimiento *L. autumnalis* y *P. insigne*.

Nutrimiento	Hoagland-Arnon	Steiner	Wynd
N	210	167	225
P	31	31	137
K	235	277	112
Ca	160	183	169
Mg	49	49	25
S	64	67	24
Fe	5	3	
Mn		1.97	
B		0.44	
Zn		0.11	
Cu		0.02	
Mo		0.007	

Cuadro 2. Análisis químico del agua de pozo (mg L⁻¹) utilizada para preparar las soluciones nutritivas.

Época	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁺	MoO ₄ ²⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	H ₃ BO ₃
Lluvia	22.5	21.4	1.2	37.4	0.17	16.8	-	-	-	-	-
Seca	27.2	30.7	3.9	39.4	0.20	18.5	0.03	0.13	0.02	0.06	0.06

Variables de estudio

En ambas especies, durante el primer año se evaluó el número de hojas, mientras que en el segundo año se evaluó número de hojas, área foliar, peso fresco y seco total de la planta, raíz y hoja, y lecturas SPAD en hojas maduras por unidad experimental (maceta). Adicionalmente, dado que *L. autumnalis* presenta estructuras llamadas pseudobulbos como tallos, también se evaluó el número, grosor y largo de pseudobulbos. El peso fresco de raíces, hojas y pseudobulbos por maceta, al final del periodo de evaluación y se secaron en una estufa con aire circulante a 70 °C marca Riossa (Modelo HFC-125D, Monterrey, N. L., Mexico). Para determinar el área foliar se utilizó un medidor de área foliar marca LI-COR (Modelo LI-3100, Lincoln, Nebraska, USA). Las lecturas SPAD se realizaron con un SPAD-502 (Konica Minolta, Osaka, Japón).

Diseño experimental y análisis de datos

Se empleó un diseño experimental completamente al azar y la unidad experimental consistió en una planta por maceta. *L. autumnalis* tuvo 12 repeticiones y *P. insigne* 16 repeticiones por tipos de nutrición (tres soluciones nutritivas más el testigo). Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS para Windows v9.1 (SAS Institute, 2003).

RESULTADOS

Desarrollo vegetativo

Para el primer año de evaluación *L. autumnalis* presentó diferencias significativas con la aplicación de las tres soluciones nutritivas evaluadas, en comparación a las plantas testigo (Cuadro 3). El número de hojas se incrementó con las soluciones Wynd, Hoagland-Arnon y Steiner en 26, 18 y 30 %, respectivamente. El ancho y largo de pseudobulbos se incrementó al usar las soluciones nutritivas Wynd y Hoagland-Arnon. En el segundo año de evaluación las tres soluciones incrementaron significativamente ($P \leq 0.05$) el desarrollo de *L. autumnalis*; el mayor desarrollo de hojas (114 %) se observó con la solución Wynd, mientras que el número de pseudobulbos ocurrió con la solución Steiner (133%) en comparación con las plantas testigo. El área foliar se afectó en *L. autumnalis* como repuesta a la aplicación de las soluciones nutritivas, donde la solución Wynd fue la que generó el mayor incremento en esta variable (123 %) (Cuadro 3).

La aplicación de las soluciones nutritivas Wynd, Hoagland-Arnon y Steiner incrementó el número de hojas en plantas de *P. insigne*; la solución de Hoagland-Arnon generó incrementos en ambos años del estudio de 90 y 65 % en comparación con las plantas testigo. El área foliar se incrementó 105 % en *P. insigne* con la solución Steiner con

respecto a las plantas testigo (Cuadro 4).

Lecturas SPAD

En *L. autumnalis* las lecturas SPAD fueron inferiores en las plantas fertilizadas, en comparación a las irrigadas con agua, las cuales mostraron los mayores valores (Cuadro 3); sin embargo, en *P. insigne* las lecturas SPAD se incrementaron con la aplicación de las soluciones nutritivas, la solución de Hoagland-Arnon produjo un valor significativamente mayor (34.16) en comparación con el testigo (19.02) (Cuadro 4).

Peso fresco y seco

En *L. autumnalis* las variables de peso fresco y seco total se incrementaron en aquellas plantas irrigadas con las soluciones Wynd y Steiner, mientras que las irrigadas

con la solución Hoagland-Arnon mostraron valores bajos y similares a los de las plantas testigo. El peso fresco de raíz, de pseudobulbos, de hojas y el peso fresco total en plantas de *L. autumnalis* irrigadas con la solución Steiner se incrementó en 34, 76, 202 y 78 %, respectivamente, mientras que las irrigadas con la solución Wynd tuvieron incremento de 16, 13, 130 y 20 % respectivamente en comparación con las irrigadas con agua. El peso seco total también se incrementó significativamente con la aplicación de la solución Wynd y Steiner con incremento de 135 y 147 % en comparación con las plantas testigo, aunque las tratadas con la solución Hoagland-Arnon tuvieron un comportamiento similar o inferior al de las plantas irrigadas sólo con agua (Cuadro 5).

Las plantas de *P. insigne* irrigadas con las soluciones nutritivas Hoagland-Arnon y Steiner mostraron los mayores incrementos para peso fresco total con 34 y 40 %,

Cuadro 3. Efecto de soluciones nutritivas en el crecimiento y lecturas SPAD de la orquídea *L. autumnalis* evaluada por dos años.

Variable	Valor de P	Solución nutritiva			
		Testigo	Wynd	Hoagland-Arnon	Steiner
Desarrollo vegetativo primer año					
Número de hojas	0.0255	2.17 b	2.75 ab	2.58 ab	2.83 a
Número de pseudobulbos	0.0001	2.00 a	1.00 b	1.00 b	1.00 b
Ancho pseudobulbos (mm)	0.0001	18.72 b	26.15 a	24.82 a	21.28 b
Largo pseudobulbos (mm)	0.0006	7.52 b	9.36 a	9.73 a	10.19 a
Desarrollo vegetativo segundo año					
Número de hojas	0.0013	3.00 b	6.43 a	5.67 a	6.00 a
Número de pseudobulbos	0.0134	1.50 b	3.14 a	3.40 a	3.50 a
Ancho pseudobulbos (mm)	≤ 0.0500	21.00 ab	17.99 b	15.59 b	19.36 a
Largo psuedobulbos (mm)	0.0001	91.97 a	70.52 bc	49.93 bcd	81.68 b
Área foliar (cm ²)	≤ 0.0500	122.36 b	273.57 a	170.81 ab	221.47 ab
Lecturas SPAD	0.0019	75.70 a	63.68 b	58.28 bc	69.37 ab

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 4. Efecto de soluciones nutritivas en el crecimiento y lectura SPAD de la orquídea *P. insigne* evaluada por dos años.

Variable	Valor de P	Solución nutritiva			
		Testigo	Wynd	Hoagland-Arnon	Steiner
Desarrollo vegetativo					
Número de hojas primer año	0.0138	3.25 b	6.67 a	6.20 a	5.69 ab
Número de hojas segundo año	0.0164	8.55 b	8.31 b	14.13 a	10.11 ab
Área foliar (cm ³)	0.0474	263.84 b	477.42 ab	483.38 ab	541.11 a
Lecturas SPAD	0.0001	19.02 bc	29.23 b	34.16 a	31.69 ab

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

respectivamente, en comparación con las plantas testigo; la solución Steiner generó incremento en peso seco total de 24 % en comparación con las irrigadas con agua; sin embargo, en raíces se observó que el peso fresco y seco disminuyó con la aplicación de soluciones nutritivas (Cuadro 6). En general, se observaron plantas vigorosas, verdes y con más hojas en los tratamientos con soluciones nutritivas, mientras que en las irrigadas sólo con agua las plantas mostraron clorosis y menor tamaño (Figura 2).

DISCUSIÓN

Las soluciones Wynd, Hoagland-Arnon y Steiner incrementaron el crecimiento de la orquídea epífita *L. autumnalis* y de la terrestre *P. insigne*, en comparación con las plantas testigo (Figuras 1 y 2), lo que generó plantas

con mayor calidad. Lo anterior puede deberse a que el agua sólo aportó a las plantas los nutrimentos que contenía en estado natural; es decir, pequeñas cantidades de algunos macro y micronutrimentos (Cuadro 2), mientras que las soluciones nutritivas aportaron elementos esenciales en concentraciones y proporciones adecuadas para lograr un mejor crecimiento de las plantas. Lo anterior puede deberse a las elevadas concentraciones de N y K presentes en las soluciones nutritivas. Se ha observado que altas concentraciones de N y K son más determinantes en la promoción de crecimiento que el P (Wang, 2007). Wang y Konow (2002) señalaron que la aplicación de fertilizantes con cantidades altas y similares en N y K, y bajas en P (20N-2.2P-15.8K y 20N-8.6P-16.6K) en orquídeas *Phalaenopsis* cultivadas en mezcla de corteza-turba incrementa el número de hojas, área foliar y peso fresco

Cuadro 5. Efecto de soluciones nutritivas en peso fresco y seco en estructuras de la orquídea *L. autumnalis* evaluada por dos años.

Estructura	Valor de P	Solución nutritiva			
		Testigo	Wynd	Hoagland-Arnon	Steiner
Peso fresco (g)					
Hojas	0.0028	9.07 b	20.87 ab	11.23 b	27.47 a
Pseudobulbos	0.0301	126.97 ab	143.73 ab	69.57 b	224.23 a
Raíz	0.0500	19.60 a	22.73 a	11.27 a	26.30 a
Total	0.0125	155.60 b	183.6 ab	92.00 b	278.00 a
Peso seco (g)					
Hojas	0.0124	1.48 b	4.03 ab	1.57 b	5.07 a
Pseudobulbos	0.0233	10.07 ab	26.40 a	6.33 b	25.30 ab
Raíz	0.0500	2.40 a	2.30 a	2.63 a	4.10 a
Total	0.0125	13.95 b	32.73 a	10.53 b	31.47 a

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 6. Efecto de soluciones nutritivas en peso fresco y seco en estructuras de la orquídea *P. insigne* evaluada por dos años.

Estructura	Valor de P	Solución nutritiva			
		Testigo	Wynd	Hoagland-Arnon	Steiner
Peso fresco (g)					
Hoja	0.0139	22.53 b	27.90 b	50.03 a	43.50 a
Raíz	0.0001	21.53 a	5.97 b	8.65 b	11.33 b
Total	0.0272	44.06 ab	33.87 b	58.9 a	54.83 a
Peso seco (g)					
Hoja	0.0142	3.33 b	5.35 ab	5.33 ab	6.87 a
Raíz	0.0297	2.50 a	1.20 b	2.10 ab	1.77 ab
Total	0.0546	5.83 ab	6.55 ab	7.43 ab	8.63 a

Medias con letras iguales en las hileras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

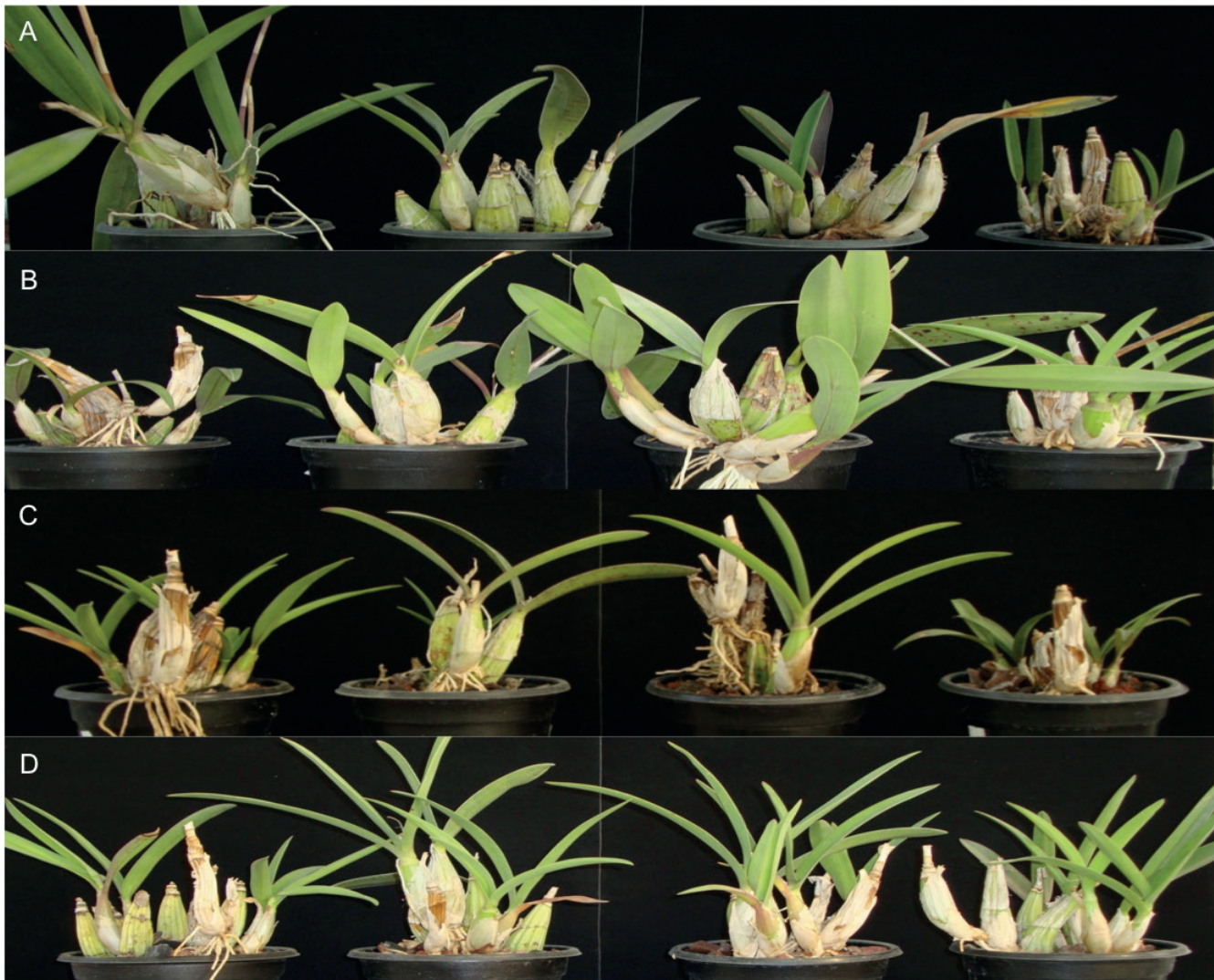


Figura 1. Efecto de soluciones nutritivas en el desarrollo de la orquídea *Laelia autumnalis* durante un periodo de dos años en condiciones de invernadero. A) agua de pozo, B) solución de Wynd, C) solución de Hoagland-Arnon, D) solución de Steiner.

de follaje y raíz con respecto a los fertilizantes con menor concentración de N y K (2N-0.4P-1.7K).

En otro estudio en *Phalaenopsis*, el uso de 200 mg L⁻¹ de N, de 25 a 50 mg L⁻¹ de P y 200 mg L⁻¹ de K fue suficiente para obtener follaje sano y aumentar el número y tamaño de flores (Wang, 2010), mientras que en *Dendrobium* el uso de 100 mg L⁻¹ de N, 25 mg L⁻¹ de P y 100 mg L⁻¹ de K se recomienda para obtener un óptimo crecimiento vegetativo y reproductivo (Bichsel *et al.*, 2008). De acuerdo con las concentraciones anteriores, en el presente estudio la solución Hoagland-Arnon tenía concentraciones similares de N (210 mg L⁻¹), P (31 mg L⁻¹) y K (235 mg L⁻¹), mientras que la solución Steiner, además de tener concentraciones altas de N y K, también contenía microelementos (Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo), lo que podría explicar el efecto positivo

que tuvieron estas soluciones en el crecimiento de las orquídeas estudiadas.

Durante el primer año del estudio se observó que el largo y grosor de pseudobulbos de *L. autumnalis* se incrementó con el uso de soluciones nutritivas; sin embargo, en el segundo año las plantas testigo tuvieron los mayores incrementos para estas variables. Al respecto, Bichsel *et al.* (2008) indicaron que en híbridos de *Dendrobium* los pseudobulbos son más delgados cuando el tiempo de fertilización o las dosis de N, P y K son mayores, lo que sugiere que la aplicación prolongada de fertilizantes provoca un estado vegetativo prolongado y por lo tanto una maduración tardía del pseudobulbo. Por lo anterior, es probable que la aplicación prolongada de fertilizantes (dos años) en *L. autumnalis* haya provocado un crecimiento

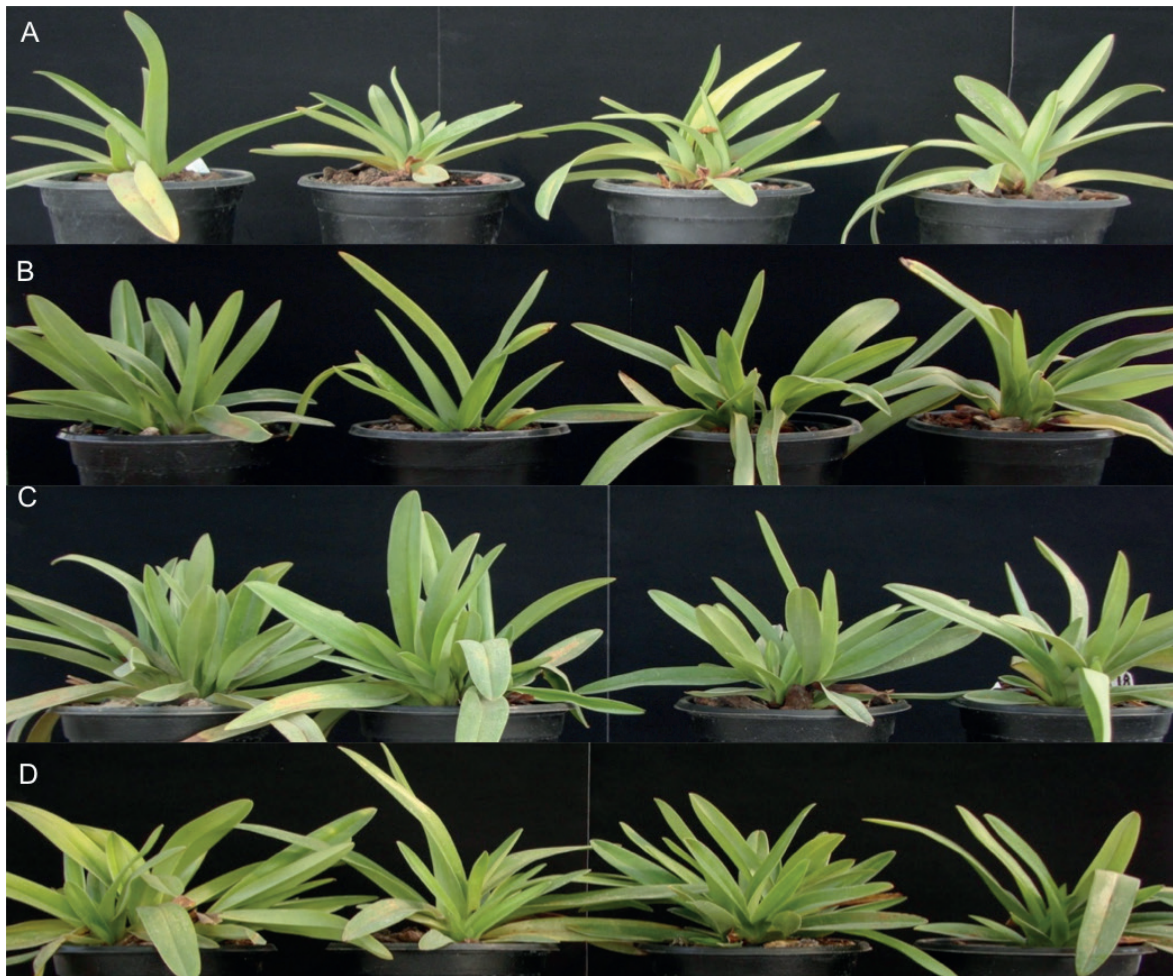


Figura 2. Efecto de soluciones nutritivas en el desarrollo de la orquídea *Paphiopedilum insigne* durante un periodo de dos años bajo condiciones de invernadero. A) agua de pozo, B) solución de Wynd, C) solución de Hoagland-Arnon, D) solución de Steiner.

vegetativo prolongado, aunado a un mayor número de pseudobulbos, lo cual originó que los pseudobulbos maduraran tardíamente.

En *P. insigne* hubo diferencias en lecturas SPAD, éstas fueron mayores en las plantas irrigadas con las soluciones nutritivas, aunque sólo la solución Hoagland-Arnon mostró diferencias significativas con respecto a las plantas testigo. El índice SPAD es un indicador de concentración de clorofila foliar, y dado que el N es esencial en la formación de clorofila, éste puede correlacionarse con la concentración de N en la planta (da Cunha *et al.*, 2015). Por lo anterior, se puede afirmar que el uso de soluciones nutritivas incrementó la concentración N en *P. insigne*, lo que mejoró su crecimiento. Al respecto, Silva *et al.* (2013) encontraron un incremento en la concentración de clorofila total en la orquídea *L. purpurata*, en plantas fertilizadas con N en forma de urea en condiciones *in vitro*. Las lecturas SPAD

observadas en *P. insigne* (de 19.02 a 34.16) son similares a las reportadas por Liu (2006), quien al evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre la tasa fotosintética en *P. callosum* encontró lecturas SPAD que oscilaban de 25.97 a 34.37. Por otra parte, en *L. autumnalis* las lecturas SPAD fueron mayores en las plantas testigo en comparación con las irrigadas con solución nutritiva, esto pudo deberse a una posible acumulación de sales en el sustrato, lo que provocó una reducción en la concentración de clorofila.

El peso fresco y seco del follaje en *P. insigne* se incrementó significativamente con la solución Steiner, mientras que en raíz éste disminuyó significativamente en comparación con las plantas testigo. En *L. autumnalis* la solución Steiner también incrementó significativamente el peso fresco y seco del follaje y total de la planta; en pseudobulbos la solución Wynd mostró incrementos con respecto al testigo, mientras que en la raíz no se observaron diferencias

significativas en el peso fresco y seco entre los diferentes tratamientos. La menor producción de raíces en plantas de *P. insignis* irrigadas con algunas de las soluciones nutritivas puede deberse a la fertilización constante de las plantas con N, P y K durante un periodo prolongado (dos años), que favoreció la acumulación de sales en el sustrato y redujo el crecimiento de raíces; al respecto Mantovani *et al.* (2018) mencionaron que plantas de *Phalaenopsis* y *Dendrobium* expuestas a estrés por sales (proporciones de $\text{NH}_4\text{-N}$ superiores al 75%) por periodos prolongados de tiempo (12 meses) reduce el crecimiento de raíces y de la planta; de igual forma, Wang (1998) observó que al irrigar plantas de *Phalaenopsis* con agua con niveles crecientes de salinidad ($\text{CE } 1.10$ y 1.40 dS m^{-1}) el peso fresco de raíces disminuyó con el incremento de la salinidad y favoreció el peso fresco del follaje, tamaño de hojas y número de flores; sin embargo, la respuesta diferencial observada entre *L. autumnalis* y *P. insignis* con respecto al crecimiento de raíz podría sugerir que ambas especies responden de diferente manera a la acumulación de sales por fertilización. Al respecto Franco *et al.* (2011) señalan que el grado de repuesta al estrés por sales puede variar considerablemente a nivel de familia, género o especie de plantas, lo que afecta el desarrollo de las raíces.

CONCLUSIONES

El uso de la solución Steiner incrementó en *L. autumnalis* el número de hojas, pseudobulbos, área foliar, peso fresco y seco total de las plantas. En *P. insignis* la solución Hoagland-Arnon mejoró el desarrollo vegetativo en el número de hojas, área foliar, peso fresco y peso seco total, lo cual favorece la calidad de estas plantas en maceta. Las soluciones nutritivas influyen positivamente en el desarrollo de estas dos especies de orquídeas y que cada especie tiene requerimientos nutrimentales específicos. Estos resultados pueden servir como base para estructurar programas de conservación y aprovechamiento de las dos especies de orquídeas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila-Díaz I., K. Oyama, C. Gómez-Alonso and R. Salgado-Garciglia (2009) *In vitro* propagation of the endangered orchid *Laelia speciosa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 99:335-343, <https://doi.org/10.1007/s11240-009-9609-8>
- Bichsel R. G., T. W. Starman and Y. T. Wang (2008) Nitrogen, phosphorus and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the noble *Dendrobium* as a potted orchid. *HortScience* 43:328-332, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.328>
- da Cunha A. R., I. Katz, A. P. Souza y R. A. M. Uribe (2015) Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *IDESIA* (Chile) 33:97-105, <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000200012>
- De L. C., S. P. Vij and R. P. Medhi (2014) Post-harvest physiology and technology in orchids. *Journal of Horticulture* 1:1-9, <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000102>
- Emeterio-Lara A., V. Palma-Linares, L. M. Vázquez-García y J. Mejía-Carranza (2016) Usos y comercialización de orquídeas silvestres en la región sur del Estado de México. *Polibotánica* 42:197-214, <https://doi.org/10.18387/polibotanica.42.10>
- Franco J. A., S. Bañón, M. J. Vicente, J. Miralles and J. J. Martínez-Sánchez (2011) Root development in horticultural plants grown under abiotic stress conditions - a review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 86:543-556, <https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512802>
- Getu M. (2009) Ethiopian floriculture and its impact on the environment: regulation, supervision and compliance. *Mizan Law Review* 3:240-270, <https://doi.org/10.4314/mlr.v3i2.54011>
- Hágsater E., M. A. Soto A., G. A. Salazar C., R. Jiménez M., M. A. López R. y R. L. Dressler (2005) Las Orquídeas de México. Instituto Chinoín. México, D.F. 304 p, <https://doi.org/10.21829/abm75.2006.1132>
- Halbinger F. y M. Soto (1997) Laelias of Mexico. *Orquídea (Méx.)* 15:1-160.
- Hernández-Muñoz S., M. E. Pedraza-Santos, P. A. López, E. De La Cruz-Torres, S. P. Fernández-Pavía, A. Martínez-Palacios y M. Martínez-Trujillo (2017) Determinación de la DL_{50} y GR_{50} con rayos gamma (^{60}Co) en protocormos de *Laelia autumnalis* *in vitro*. *Agrociencia* 51:507-524.
- Hewitt E. J. (1966) Sand and Water Culture Methods Used in the Study of Plant Nutrition. 2nd edition. Commonwealth Agricultural Bureaux International. Wallingford, England. 547 p.
- Hoagland D. R. and D. I. Arnon (1938) The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil. Circular 347. University of California. Berkeley, California. 39 p.
- Jiménez-Peña N., L. A. Valdez-Aguilar, A. M. Castillo-González, M. T. Colinas-León, A. D. Cartmill and D. L. Cartmill (2013) Growing media and nutrient solution concentration affect vegetative growth and nutrition of *Laelia anceps* Lindl. *HortScience* 48:773-779, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.6.773>
- Liu X. Y. (2006) Effects of growing media on growth and leaf net photosynthetic rate of *Paphiopedilum callosum*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences* 19:44-49.
- Liu H., Y. B. Luo, J. Heinen, M. Bhat and Z. J. Liu (2014) Eat your orchid and have it too: a potentially new conservation formula for Chinese epiphytic medicinal orchids. *Biodiversity and Conservation* 23:1215-1228, <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0661-2>
- Mantovani C., R. M. Prado and K. F. L. Pivetta (2018) Impact of nitrate and ammonium ratio on nutrition and growth of two epiphytic orchids. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90:3423-3431, <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820171008>
- Naik S. K., T. U. Bharathi, D. Barman, R. Devadas, Rampal and R. P. Medhi (2009) Status of mineral nutrition of orchid - a review. *Journal of Ornamental Horticulture* 12:1-14.
- Rodrigues D. T., R. F. Novais, H. Alvarez V., J. M. M. Dias and E. M. A. Villani (2010) Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34:1609-1616, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500014>
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de septiembre de 2010, Segunda Sección. México, D.F. pp:1-78,
- SAS Institute (2003) SAS/STAT User's Guide. Release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5121 p.
- Silva J. J. M., M. Rodrigues, E. M. de Castro, S. K. V. Bertolucci and M. Pasqual (2013) Changes in anatomy and chlorophyll synthesis in orchids propagated *in vitro* in the presence of urea. *Acta Scientiarum. Agronomy* 35:65-72, <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v35i1.15356>
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: Proceedings 6th International Congress Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-649.
- Tse-Leow A. C. and T. K. Khye-Tan (2007) Versatile hydroponic technology for commercial orchid cultivation. *Acta Horticulturae* 742:75-83, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.742.10>
- Wang Y. T. (1998) Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. *HortScience* 33:247-250.

- Wang Y. T. (2007) Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. *HortScience* 42:1563-1567, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.7.1563>
- Wang Y. T. (2010) *Phalaenopsis* mineral nutrition. *Acta Horticulturae* 878:321-333, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.878.41>
- Wang Y. T. and E. A. Konow (2002) Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127:442-447, <https://doi.org/10.21273/JASHS.127.3.442>
- Wang M., S. R. Lan and Z. J. Liu (2017a) *Paphiopedilum notatisepalum*, a new species of slipper orchid (Cypripedioideae, Orchidaceae) from China based on morphological and DNA evidence. *Phytotaxa* 302:156-164, <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.302.2.5>
- Wang Y. T. and Y. C. A. Chang (2017) Effects of nitrogen and the various forms of nitrogen on *Phalaenopsis* orchid - a review. *HortTechnology* 27:144-149, <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03204-16>
- Wynd F. L. (1933) Sources of carbohydrate for germination and growth of orchid seedlings. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 20:569-581, <https://doi.org/10.2307/2394196>
- Zhang F. P., J. L. Huang and S. B. Zhang (2016) Trait evolution in the slipper orchid *Paphiopedilium* (Orchidaceae) in China. *Plant Signaling and Behavior* 11:e1149668, <https://doi.org/10.1080/15592324.2016.1149668>