

Efecto de paclobutrazol y *Glomus intraradices* en el cultivo de *Lilium* cv. Armandale y Tesor

Effect of paclobutrazol and *Glomus intraradices* on the crop of *Lilium* cv. Armandale and Tesor

Lizeth Gabriela Rios-Florida¹, Gumercindo Honorato De La Cruz-Guzmán², Alberto Arriaga-Frías³, Manuel Mandujano-Piña⁴.



Siembra 9 (2) (2022): e3978

Recibido: 09/07/2022 Revisado: 11/08/2022 / 14/10/2022 Aceptado: 22/11/2022

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función. Av. de los Barrios Núm. 1. C.P. 54090. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México.

✉ floridagaby15@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-5780-9535>

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función. Av. de los Barrios Núm. 1. C.P. 54090. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México.

✉ moashi@unam.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-3909-760X>

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función. Av. de los Barrios Núm. 1. C.P. 54090. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México.

✉ ixbe@unam.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-6255-7806>

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Morfología y Función. Av. de los Barrios Núm. 1. C.P. 54090. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México.

✉ manuelm@unam.mx

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3226-066X>

*Autor de correspondencia: moashi@unam.mx

Resumen

Los reguladores de crecimiento vegetal se han utilizado para mejorar el aspecto visual de las ornamentales, y la aplicación de micorrizas para facilitar la absorción de fósforo. En esta investigación, se evaluó el efecto de tres concentraciones de paclobutrazol y un inóculo con esporas de *Glomus intraradices* en el crecimiento, floración y distribución de biomasa de *Lilium* cv. Armandale y Tesor, fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo. Cuarenta y cinco bulbos de cada cultivar fueron sumergidos en soluciones con 0, 50 o 200 mg L⁻¹ de paclobutrazol y plantados en macetas con 2,5 L de tezontle, a 15 bulbos se les espolvoreó 1 g del inóculo antes de su plantación. Los resultados mostraron que *Lilium* 'Armandale' fue más alto (59,13 cm) que 'Tesor' (47,80 cm). En ambos cultivares, paclobutrazol redujo la altura y los tipos de riego no afectaron esta variable. El número de hojas (89), diámetro (17,90 mm) y longitud (47,49 mm) de botones florales fueron similares en 'Armandale' y 'Tesor'. El número y biomasa fresca de los botones florales fueron 1,3 y 2,5 veces mayores en 'Tesor' cuyos tallos florales fueron visualmente más llamativos. El fertirriego con solución nutritiva deficiente de fósforo en bulbos inoculados incrementó la biomasa seca de raíces, pero no la de tallos y hojas, es decir, el efecto positivo del inóculo ocurrió en el sitio de interacción hongo-planta.

Palabras clave: *Glomus intraradices*, deficiencia de fósforo, dosis de paclobutrazol, inóculo endomicorrízico, micorrizas en lilis.

Abstract

Plant growth regulators have been used to improve the visual appearance of ornamentals, and the application of mycorrhizae to facilitate phosphorus absorption. In this research, the effect of three concentrations of paclobutrazol and an inoculum with spores of *Glomus intraradices* on the growth, flowering, and biomass distribution of *Lilium* 'Armandale' and 'Tesor' was evaluated, together with complete fertilization or with a deficient phosphorus nutrient solution. Forty-five bulbs of each cultivar were submerged in solutions with 0, 50 or 200 mg L⁻¹ of paclobutrazol and planted in pots with 2.5 L of tezontle. Another treatment consisted on 15 bulbs sprinkled with 1 g of the inoculum of *G. intraradices* before planting. The results showed that *Lilium* 'Armandale' produced taller plants (59.13 cm) than 'Tesor' (47.80 cm). In both cultivars, paclobutrazol reduced plant height while irrigation did not affect this variable. The number of leaves (89), and diameter (17.90 mm) and flower of bud length (47.49 mm) were similar in both 'Armandale' and 'Tesor'. The number and fresh biomass of flower buds were 1.3 and 2.5 times

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

ISSN: 1390-8928

Periodicidad: semestral

vol. 9, núm. 2, 2022

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3978>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

higher in 'Tresor' than in 'Armandale', with flower stems visually more striking. Bulbs inoculation of *G. intraradices* with a phosphorus-deficient nutrient solution, increased the dry biomass of roots, but not of the stems and leaves, showing that the positive effect of *G. intraradices* only occurred at the fungus-plant interaction site.

Keywords: *Glomus intraradices*, phosphorus deficiency, paclobutrazol dose, endomycorrhizal inoculum, mycorrhizae in lilies.

1. Introducción

Lilium (Liliaceae Juss) representa un género de plantas ornamentales conocidas como lilis, *Lilium longiflorum* Wall. Es la especie de la cual se han obtenido híbridos interespecíficos, tipo asiáticos y orientales. Debido a la fragancia y gama de colores de sus flores, el brillo de sus hojas y el vigor de sus tallos, estos híbridos son muy apreciados por los consumidores, quienes los adquieren como flores de corte o plantas de maceta (Bahr y Compton, 2004; García Velasco y Companioni González, 2018).

La exigencia de los consumidores por ornamentales cada vez más variadas y de mayor calidad, ha conllevado a que los productores utilicen técnicas de cultivo o compuestos químicos para cumplir estos requerimientos. En este sentido, los reguladores o retardantes de crecimiento vegetal resultan una opción viable para modificar la morfología y el aspecto visual de las ornamentales (Pal, 2019; Rademacher, 2015). Por ejemplo, el ácido giberélico se utiliza para incrementar la longitud de entrenudos, el número de los botones florales y para mejorar la intensidad de color en los pétalos o acelerar la floración (Gupta y Chakrabarty, 2013). Paclobutrazol (PBZ) es un retardante del crecimiento que inhibe la biosíntesis de giberelinas al evitar la oxidación del ácido ent-kaureno en ácido ent-kaurenoico, lo que conlleva a la disminución en la altura del tallo y cambios en el follaje (Rademacher, 2015; Taiz y Zeiger, 2010). Por ejemplo, en *Lilium* 'Arcachon', la aplicación en los bulbos de 0, 50, 100 o 200 mg L⁻¹ de PBZ redujo la altura de los tallos florales de 85,33 a 16,12 cm, mientras que el número de botones por tallo floral se mantuvo en 5,9 y su peso fresco incrementó de 49,61 a 70,92 g (Torres-Pio *et al.*, 2021). Esta combinación confirió a los tallos florales de *Lilium* un aspecto llamativo y la posibilidad de que algunos productores los puedan comercializar como plantas de maceta.

Por otro lado, la aplicación excesiva de fertilizantes químicos podría incrementar los costos de producción de las ornamentales y contaminar el suelo. El fertirriego con soluciones nutritivas balanceadas es una alternativa para reducir la lixiviación de sales, ya que contienen únicamente los elementos esenciales que se requieren para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Cadaña López, 2005). Otra opción amigable con el ambiente y que mejora la productividad de las cosechas es la bio-fertilización con hongos del género *Glomus* como *Glomus fasciculatum* o *Glomus intraradices*. La simbiosis entre estos hongos con las raíces de las ornamentales forma micorrizas arbusculares con una red de micelio que incrementa hasta cuarenta veces el área de absorción, lo que favorece el flujo de agua y elementos esenciales hacia la planta (Varshney *et al.*, 2002; Xie *et al.*, 2020). Con esta relación mutualista, ambos participantes se benefician de manera bidireccional, la planta transfiere carbono derivado de su actividad fotosintética y adquiere tolerancia contra el estrés hídrico, salino, térmico o deficiencias nutrimentales entre otras; mientras que el hongo favorece la absorción de elementos esenciales, como fósforo, nitrógeno y zinc (Begum *et al.*, 2019; Jones y Smith, 2004; Smith y Smith, 2011).

La eficiencia en la absorción depende de la planta hospedera, del inóculo agregado y del elemento esencial. Por ejemplo, la aplicación de *G. intraradices* o *G. mosseae* en el cultivo de *Rosa hybrida* cv. Grand Gala no tuvo efecto en el peso seco (54,6 g planta⁻¹), relación raíz/vástago (0,36) o en la concentración de fósforo foliar (2,4 mg g⁻¹) comparado con las no micorrizadas (Garmendia y Mangas, 2012). Mientras que en *Dianthus caryophyllus*, la asociación con *G. intraradices* incrementa la altura de la planta, la concentración de elementos esenciales en las hojas y mejora la calidad del tallo floral (Navarro *et al.*, 2012).

En *Lilium*, la aplicación de PBZ reduce la altura de la planta y mejora la apariencia visual del follaje, mientras que la inoculación con hongos del género *Glomus* podría mejorar la absorción de fósforo o nitrógeno y mitigar la contaminación por lixiviados en el suelo. Ambos productos han sido probados, con efectos positivos, para mejorar la tolerancia al frío en plántulas de *Tectona grandis* L.f. (Zhou *et al.*, 2012), pero no han sido utilizados juntos en el género *Lilium*. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres concentraciones de paclobutrazol y 1 g de inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices* en el crecimiento, floración y distribución de biomasa de *Lilium* cv. Armandale y Tresor, fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo.

2. Materiales y Métodos

El cultivo de *Lilium* asiático cv. Armandale y Tesor se realizó de septiembre a noviembre de 2020 en un invernadero de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Los bulbos calibre 14/16 fueron adquiridos en la empresa Flores de Bulbos Importados S.A. de C.V. Villa Guerrero, Estado de México y transportados al laboratorio, donde se lavaron con agua de la llave. Cuarenta y cinco bulbos de cada cultivar fueron sumergidos por 5 h en 10 L de paclobutrazol, PBZ (2RS,3RS)-1(4-chlorophenyl-4,4-dimethyl-2(1H1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol, (Cultar® 23,42 %, Syngenta, Switzerland) preparado con agua destilada, a las concentraciones siguientes: 0, 50 y 200 mg L⁻¹. Transcurrido el tiempo, los bulbos fueron extraídos de la solución, treinta de ellos se plantaron en grupos de tres, en diez macetas de plástico con 2,5 L de tezontle (≤ 5 mm) llevados a 100 % de humedad aprovechable con 600 mL de agua de la llave. A los 15 bulbos restantes se les espolvoreó en su base, 1 g de inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices* (Myke® Pro-Hortalizas, 2022) antes de plantarse en cinco macetas más, de manera similar que los anteriores. Las unidades experimentales (maceta con 2,5 L de tezontle y tres bulbos de *Lilium* ‘Armandale’ o ‘Tesor’) se distribuyeron al azar en el interior del invernadero. Durante el cultivo, la intensidad luminosa promedio fue de 800 mmol m⁻² s⁻¹ y la temperatura diurna fluctuó de 24 a 38 °C. En las unidades experimentales, la humedad del sustrato se monitoreó con un tensiómetro Irrrometer® Co, USA y se mantuvo entre 80 y 100 % con tres tipos de riego: a) Solución nutritiva Steiner completa (SNC), pH 6,0 y conductividad eléctrica, 2 dS m⁻¹, b) solución nutritiva deficiente de fósforo (SN-P), pH 6,0; CE 2 dS m⁻¹, y c) solución nutritiva deficiente de fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices* (SN-P+GI) aplicado a los bulbos antes de la plantación. Para lavar el sustrato y evitar el exceso de sales, una vez por semana se regó con agua acidulada, pH 6,0. Diariamente se monitorearon las plantas para prevenir plagas o enfermedades.

Durante la fase vegetativa se evaluó:

- 1) Altura de los tallos florales. Cada 15 días se midió la altura de los tallos florales, desde la base hasta su ápice meristemático con un flexómetro marca Truper® y precisión de 0,1 cm.

En la fase de floración, 80 días después de la plantación (ddp) se evaluó:

- 2) Número de hojas por conteo directo, número, diámetro, longitud y biomasa fresca de botones florales. En cada tallo se contaron manualmente los botones florales, se midió longitud y diámetro con un vernier digital marca Truper® y precisión de 0,01 cm, la biomasa fresca se registró con una balanza digital marca Ohaus Adventurer® modelo AR3130 y precisión de 0,01 g.
- 3) Aspecto visual de los tallos florales, mediante imágenes tomadas con una cámara digital Sony Cyber-shot 720p. Las fotografías se procesaron con el software GIMP 2.8 de acceso libre (<http://www.gimp.org.es/>).
- 4) Distribución de biomasa seca de raíces, bulbos, tallos, hojas y botones florales. Tres tallos florales de *Lilium* ‘Armandale’ o ‘Tesor’ se retiraron de las macetas y se fragmentaron en raíces, bulbo, tallo, hojas y botones florales. Los bulbos y raíces se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de sustrato y se registró su biomasa fresca. Cada fragmento fue etiquetado y colocado en bolsas de papel estraza que se dejaron en un horno marca Ravel® a 80 °C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se registró la biomasa seca.

Los resultados fueron procesados con estadística descriptiva y análisis de varianza de uno (altura de los tallos florales) o tres factores (factor 1, cultivares de *Lilium*; factor 2, dosis de paclobutrazol; factor 3, tipos de riego) con diseño experimental completamente al azar y pruebas de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0,05$) con Excel y el software SAS v. 9.0® para Windows.

3. Resultados y Discusión

3.1. Altura de los tallos florales

A partir del día 15 después de la plantación (ddp), los tallos florales de *Lilium* ‘Armandale’ fueron más altos que los de ‘Tesor’. Sin importar los tipos de riego, a los 75 ddp la altura promedio de *Lilium* ‘Armandale’ con 0 mg

L⁻¹ de PBZ fue de 59,1 cm y disminuyó a 51,6 o 38,9 cm por la aplicación de 50 o 200 mg L⁻¹ del retardante. Mientras que los tallos florales de ‘Tresor’ tratados con 0 o 50 mg L⁻¹ tuvieron similar altura (46,28 cm), pero con 200 mg L⁻¹ de PBZ y fertirriego con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo, la altura fue de 27,8 cm. El fertirriego con solución nutritiva deficiente de fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices* promovió la altura de *Lilium* ‘Tresor’, en ‘Armandale’ los tipos de riego no tuvieron efecto en esta variable (Figura 1a y 1b).

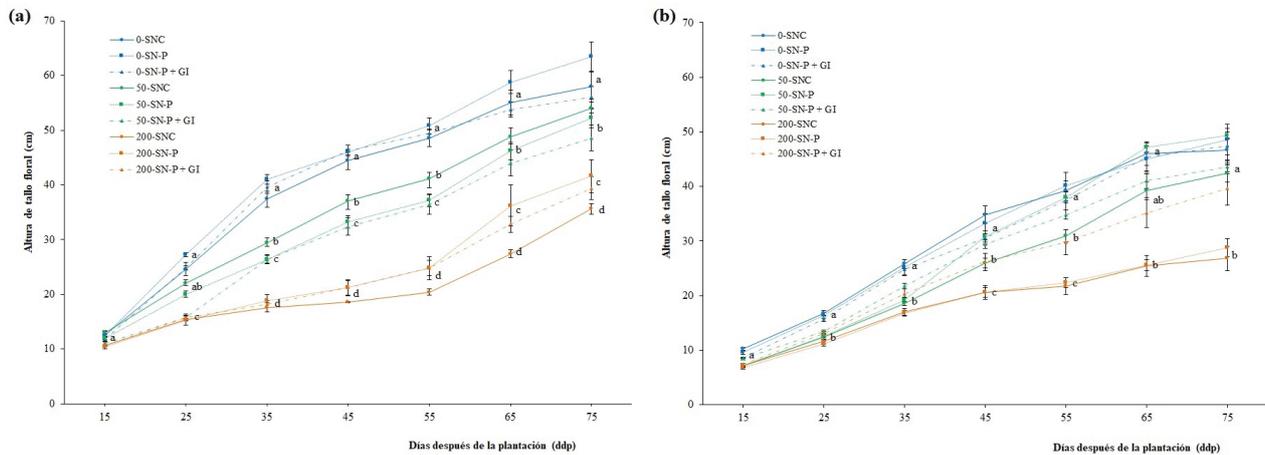


Figura 1. Altura de *Lilium* ‘Armandale’ (a) y ‘Tresor’ (b) cultivados con tres concentraciones de PBZ y tres tipos de riego SNC, solución nutritiva completa; SN-P, sin fósforo; SN-P+GI, sin fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices*.

Letras diferentes en cada tiempo de evaluación indican diferencias significativas. (Tukey, $p \leq 0,05$; $n = 15$).

Figure 1. Plant height of *Lilium* ‘Armandale’ (a) and ‘Tresor’ (b) cultivated with three concentrations of PBZ and three types of irrigation. SNC, complete nutrient solution; SN-P, no phosphorus; SN-P+GI, no phosphorus plus 1 g of inoculum with *G. intraradices*. Different letters at each evaluation time indicates significant differences (Tukey, $p \leq 0,05$; $n = 15$).

La aplicación de PBZ inhibe la longitud de los entrenudos, por ejemplo, en *Lilium* ‘Ercolano’ la altura de los tallos florales disminuye de 64,4 a 44,4 cm y en ‘Royal Respect’ de 51,1 a 26,6 cm por sumergir los bulbos entre 15 y 20 min en 50 mg L⁻¹ de paclobutrazol (Francescangeli *et al.*, 2007). De manera similar, bulbos de *Lilium* ‘Arcachon’ sumergidos por 24 horas en 25 mg L⁻¹ de PBZ provocan que, la altura de los tallos florales disminuya 75,4 % y que al aumentar la concentración a 50, 100 o 200 mg L⁻¹ la disminución sea de 81,1 % comparado con los no tratados con PBZ cuya altura fue de 85,3 cm (Torres-Pio *et al.*, 2021). Al parecer, la reducción en longitud de los tallos florales está relacionada con las características endógenas de cada cultivar. En esta investigación, con concentraciones de 50 o 200 mg L⁻¹, la disminución en altura de *Lilium* ‘Armandale’ fue más acentuada que la de ‘Tresor’.

Con respecto a los tipos de riego, la solución nutritiva sin fósforo más 1 g de inóculo endomicorrízico (SN-P+GI) promovió la altura de los tallos florales de *Lilium* ‘Tresor’ tratados con 200 mg L⁻¹ de PBZ. En ‘Armandale’ no tuvo ningún efecto, de manera similar a lo reportado por Varshney *et al.* (2002) y Rubí Arriaga *et al.* (2009), quienes asperjaron 100 g de inóculo con esporas de *G. fasciculatum* en bulbos de *Lilium* ‘Orange Pixie’ sin observar modificación alguna en la altura de la planta.

3.2. Número de hojas, diámetro, longitud y biomasa fresca de botones florales

El número de hojas (89), diámetro (17,90 mm) y longitud (47,49 mm) de los botones florales fueron similares en *Lilium* ‘Armandale’ y ‘Tresor’. Sin embargo, el número y biomasa fresca de los botones florales fue 1,3 y 2,5 veces mayor en ‘Tresor’ que en ‘Armandale’ que tuvo 3,1 botones florales con biomasa fresca de 8,83 g cada uno, es decir, este cultivar tuvo menor número de botones florales con menor biomasa fresca y visualmente más pequeños que ‘Tresor’. Con respecto a paclobutrazol, la aplicación de 50 o 200 mg L⁻¹ provocó disminución en el número de hojas (de 107,4 a 85,9 o 73,6), incremento en el número de botones por tallo floral (de 2,72 a 3,68 o 4,21) y no tuvo efecto en su diámetro (17,91 mm), longitud (47,46 mm) o biomasa fresca (15,51 g). La aplicación de paclobutrazol disminuye el número de hojas, pero incrementa el número de botones florales sin modificar su diámetro, longitud o biomasa fresca, lo que confiere a los tallos florales de *Lilium* ‘Armandale’ o ‘Tresor’ un aspecto llamativo con posibilidad para ser comercializados como plantas de maceta. Resultados similares fueron reportados por Torres-Pio *et al.* (2021) en *Lilium* ‘Arcachon’.

Los tallos florales fertirrigados con solución nutritiva completa (SNC) o deficiente de fósforo (SN-P) tuvieron similar número de hojas (92,84) y botones florales (3,67), mientras que con solución deficiente de fósforo más 1 g de inóculo endomicorrízico (SN-P+GI) estos órganos disminuyeron a 81,28 y 3,27, respectivamente. El diámetro (17,91 mm), longitud (47,49 mm) o biomasa fresca (15,51 g) de los botones florales no fueron afectados por los tipos de riego (Tabla 1).

Tabla 1. Hojas y botones florales de *Lilium* ‘Armandale’ o ‘Tresor’ evaluadas con tres concentraciones de paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego (TR).
Table 1. Number of Leaves and flower buds of *Lilium* ‘Armandale’ or ‘Tresor’ evaluated with three concentrations of paclobutrazol and three types of irrigation.

Factores	Número de hojas	Botones florales			
		Número	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	BF (g)
<i>Lilium</i> cv.					
‘Armandale’	88,63 a ^z	3,12 b	17,57 a	48,68 a	8,83 b
‘Tresor’	89,33 a	3,95 a	18,24 a	46,30 a	22,20 a
DHS	7,02	0,30	2,49	6,75	3,44
PBZ (mg L⁻¹)					
0	107,44 a	2,72 c	18,88 a	51,03 a	13,32 a
50	85,89 b	3,68 b	18,52 a	46,68 a	17,61 a
200	73,61 c	4,21 a	16,33 a	44,67 a	15,60 a
DHS	10,37	0,44	3,67	9,94	5,08
Tipos de riego					
SNC	91,61 ab	3,50 ab	16,83 a	43,44 a	14,90 a
SN-P	94,06 a	3,84 a	19,48 a	50,25 a	14,24 a
SN-P+GI	81,28 b	3,27 b	17,42 a	48,78 a	17,39 a
DHS	10,37	0,44	3,66	9,94	5,08
Interacciones					
(* <i>p</i> ≤ 0,05) □	cv.-PBZ*		PBZ-TR*	cv.-TR PBZ-TR*	PBZ-TR*

^z Medias con letras iguales, en cada columna por factor, no son significativas (Tukey, $p \leq 0,05$; $n = 15$). BF, biomasa fresca; DHS, diferencia honesta significativa; SNC, solución nutritiva completa; SN-P, sin fósforo; SN-P+GI, sin fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices*.

Las interacciones cultivares*dosis de PBZ (cv.-PBZ) y cultivares*tipos de riego (cv.-TR) fueron significativas para el número de hojas y longitud de botones florales. El análisis de las combinaciones mostró que *Lilium* ‘Tresor’ + 0 PBZ y ‘Armandale’ + 50 PBZ fueron las que mayor número de hojas produjeron: 114,7 y 10,2. El número de hojas disminuye conforme lo hace la altura de los tallos florales, por ejemplo, en *Lilium* ‘Arcachon’ cultivado con 0, 25, 50, 100 y 200 mg L⁻¹ de PBZ la altura fue de 85,3, 21,0, 15,5, 17,7 y 15,2 cm con 79,7, 46,0, 33,3, 35,5 y 29,3 hojas, respectivamente (Torres-Pio *et al.*, 2021). Con respecto a los tipos de riego, los tallos de *Lilium* ‘Tresor’ fertirrigados con SN-P+GI fueron los que presentaron los botones florales más largos (53,41 mm), lo cual sugiere que para este cultivar, la aplicación de 1 g de inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices* podría ser buena opción para mejorar el aspecto de los botones florales cuando en el riego hay deficiencia de fósforo. Xie *et al.* (2020) y Engel *et al.* (2016) mencionan que las micorrizas arbusculares pueden mejorar la absorción de fósforo o incrementar el número de flores en *Calendula officinalis* o *Geranium*. De manera similar que en *Lilium* ‘Tresor’, en *Lilium* ‘Orange Pixie’ la aplicación de 100 g de inóculo endomicorrízico con esporas de *G. fasciculatum* aumentó la longitud de los botones florales de 6,35 a 7,28 mm (Rubí Arriaga *et al.*, 2009).

La interacción dosis de PBZ* tipos de riego (PBZ-TR) resultó significativa para el diámetro, longitud y biomasa fresca de los botones florales. Para esta última, las combinaciones PBZ (50 o 200 mg L⁻¹) con SN-P+GI fueron las que mostraron los botones florales con mayor biomasa fresca (26,40 g) lo cual favoreció el efecto positivo de *G. intraradices* en la floración de *Lilium*. De manera similar, Cruz-Ruiz *et al.* (2021) mencionan que en gladiola ‘Borrega roja’, la aplicación de 5 g (73 esporas) de *G. fasciculatum* mejora la floración al incrementar de 10 a 13 el número de botones florales.

3.3. Aspecto visual de los tallos florales

Los productores de ornamentales con frecuencia utilizan reguladores de crecimiento para mejorar la apariencia visual de sus cosechas (Pal, 2019). El uso de paclobutrazol acorta la longitud de los tallos florales porque inhibe la síntesis de ácido giberélico, pero no afecta el número o tamaño de los botones florales lo cual los hace muy llamativos para los consumidores (Torres-Pio *et al.*, 2021). En este trabajo, la aplicación de 50 o 200 mg L⁻¹ de PBZ redujo la altura de los tallos florales de *Lilium* ‘Armandale’ o ‘Tresor’, mientras que el fertirriego con solución nutritiva sin fósforo, pero con *G. intraradices* en los bulbos incrementó visiblemente el diámetro de apertura floral en *Lilium* ‘Tresor’, lo que mejoró su aspecto visual comparado con ‘Armandale’ (Figura 2).

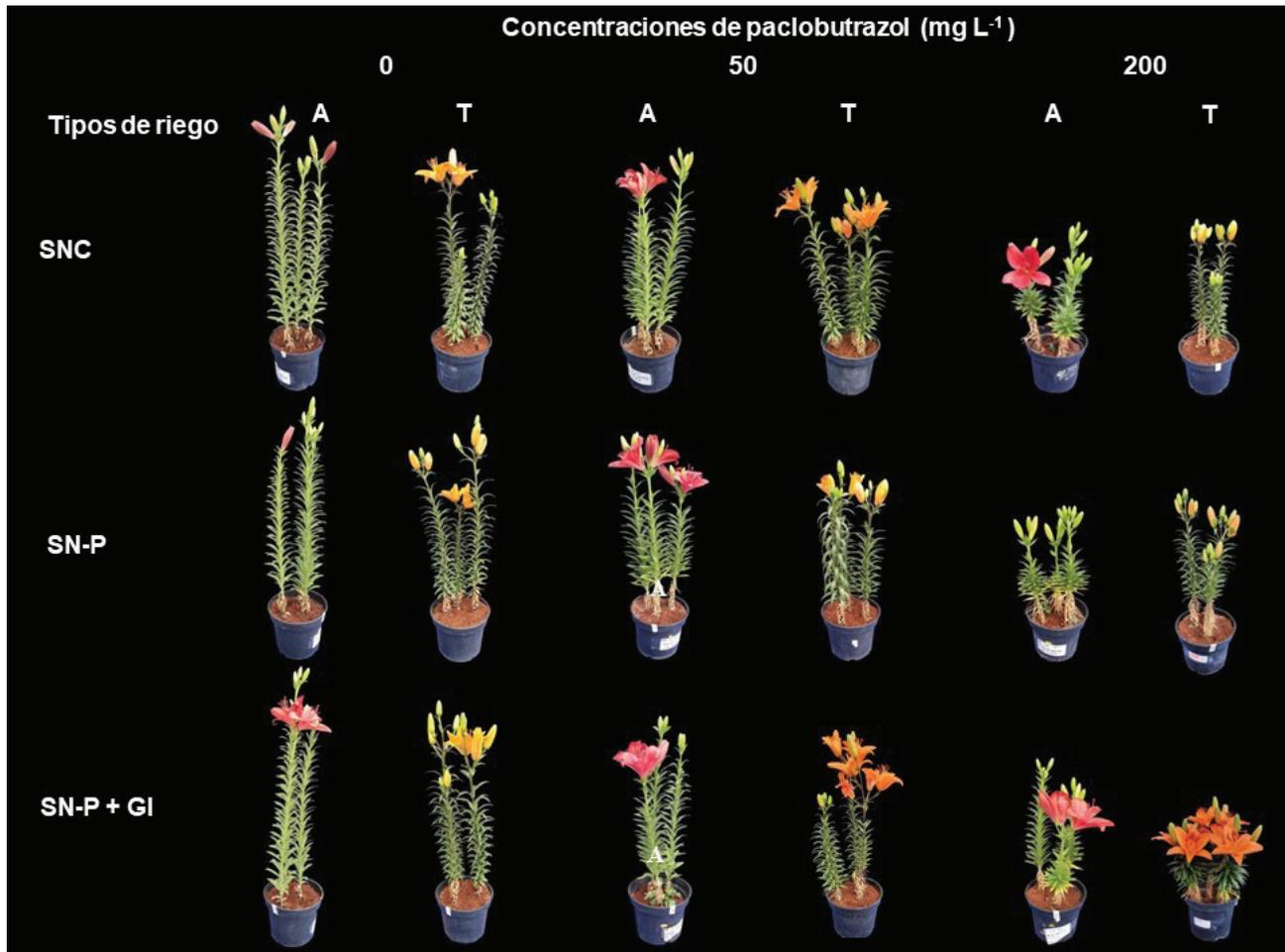


Figura 2. Aspecto visual de *Lilium* ‘Armandale’ (A) y ‘Tresor’ (T) cultivados con tres concentraciones de paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego. SNC, solución nutritiva completa; SN-P, sin fósforo; SN-P+GI, sin fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices*.

Figure 2. Visual aspect of *Lilium* ‘Armandale’ (A) and ‘Tresor’ (T) evaluated with three concentrations of paclobutrazol (PBZ) and three types of irrigation. SNC, complete nutrient solution; SN-P, no phosphorus; SN-P+GI, no phosphorus plus 1 g of inoculum with *G. intraradices*.

La aplicación de inóculos con hongos micorrízicos puede ser una opción para mejorar la apariencia visual de las ornamentales. Al respecto, Rubí Arriaga *et al.* (2012) mencionan que la inoculación de *G. fasciculatum* durante la plantación de *Lilium* ‘Showwinner’ incrementa el ancho de los pétalos, el diámetro y biomasa fresca de los botones florales, lo que de manera general mejora el aspecto visual de los tallos florales. Con respecto a *G. intraradices*, el efecto en *Lilium* puede depender de las características del cultivar, ya que en este experimento mejoró visiblemente la apariencia de *Lilium* ‘Tresor’ pero no la de ‘Armandale’.

3.4. Distribución de biomasa seca de raíces, bulbos, tallos, hojas y botones florales

La biomasa seca de raíces (0,60 g en promedio), bulbos (1,56 g) y hojas (1,74 g) fue similar en *Lilium* ‘Armandale’ y ‘Tresor’, mientras que la de tallos y botones florales fue 1,2 y 2,4 veces mayor en ‘Tresor’ que en ‘Armandale’. Por la aplicación de 50 o 200 mg L⁻¹ de PBZ, la biomasa seca de raíces disminuyó 35,5 %

con respecto al control (0,79 g), la de tallos (3,03, 2,20 y 1,56 g) y hojas (2,40, 1,65 y 1,16 g) lo hizo conforme se incrementó la concentración del retardante (0, 50 y 200 mg L⁻¹). La biomasa seca de los bulbos (1,56 g) y los botones florales (1,49 g) no fue afectada por las dosis de PBZ aplicadas. Los tipos de riego no afectaron la biomasa seca de bulbos (1,56 g) o botones florales (1,49 g), mientras que la de tallos y hojas disminuyó 13 % con SN-P+GI. Los tallos florales fertirrigados con SNC o SN-P+GI tuvieron similar biomasa seca de raíces (0,68 g), la cual fue significativamente mayor que la de los fertirrigados con SN-P (0,46 g). Esto sugiere que, la aplicación de 1 g de inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices* amortiguó los efectos de la deficiencia de fósforo en la solución nutritiva (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de biomasa seca en *Lilium* ‘Armandale’ y ‘Tresor’ cultivado con tres concentraciones de paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego (TR).

Table 2. Distribution of dry plant biomass in *Lilium* ‘Armandale’ and ‘Tresor’ evaluated with three concentrations of paclobutrazol and three types of irrigation.

Factores	Biomasa seca (g)				
	Raíces	Bulbos	Tallo	Hojas	Botones florales
<i>Lilium</i> CV.					
‘Armandale’	0,68 a ^z	1,70 a	2,03 b	1,84 a	0,87 b
‘Tresor’	0,52 a	1,42 a	2,50 a	1,64 a	2,10 a
DHS	0,16	0,43	0,24	0,28	0,21
PBZ (mg L⁻¹)					
0	0,79 a	1,59 a	3,03 a	2,40 a	1,35 a
50	0,52 b	1,63 a	2,20 b	1,65 b	1,65 a
200	0,50 b	1,47 a	1,56 c	1,16 c	1,46 a
DHS	0,23	0,64	0,36	0,41	0,32
Tipos de riego					
SNC	0,79 a	1,70 a	2,42 a	2,01 a	1,45 a
SN-P	0,46 b	1,67 a	2,31 ab	1,62 ab	1,41 a
SN-P+GI	0,57 ab	1,32 a	2,06 b	1,58 b	1,60 a
DHS	0,23	0,64	0,36	0,41	0,32
Interacciones					
(* <i>p</i> ≤ 0.05) □	PBZ-TR*		CV-TR PBZ-TR*		CV-PBZ TR-PBZ*

^z Medias con letras iguales, en cada columna por factor, no son significativas (Tukey, *p* ≤ 0,05; *n* = 15). DHS, diferencia honesta significativa; SNC, solución nutritiva completa; SN-P, sin fósforo; SN-P+GI, sin fósforo más 1 g de inóculo con *G. intraradices*.

Las interacciones cultivares*dosis de PBZ (cv.-PBZ) y cultivares*tipos de riego (cv.-TR) fueron significativas para biomasa seca de botones florales y tallos respectivamente. Para ambas interacciones, *Lilium* ‘Tresor’ tuvo los botones florales (2,10 g) y tallos (2,50 g) con mayor biomasa seca comparado con los de ‘Armandale’ (0,87 y 2,03 g, respectivamente). Esto corrobora que las diferencias en biomasa seca se deben al efecto de cultivar y no a la aplicación de PBZ o tipos de riego.

Con respecto a la interacción dosis de PBZ*tipos de riego (PBZ-TR), los tallos florales con 0 mg L⁻¹ de PBZ y SNC tuvieron la mayor biomasa seca de raíces (1,38 g), comparado con las combinaciones de los otros tratamientos cuyas raíces secas pesaron en promedio 0,51 g.

Con la interacción significativa cultivares*dosis de PBZ*tipos de riego (cv.-PBZ-TR) se corroboró que la biomasa seca de raíces fue mayor en los tallos florales de *Lilium* ‘Armandale’ fertirrigados con solución nutritiva completa, mientras que la de los botones florales lo fue en *Lilium* ‘Tresor’ con cualquier concentración de PBZ y solución nutritiva deficiente de fósforo más 1 g de inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices*.

En *Lilium* ‘Arcachon’ la aplicación de 25, 50, 100 y 200 mg L⁻¹ de PBZ incrementa, de manera directa, la biomasa fresca de los botones florales (Torres-Pío et al., 2021), misma que podría mantenerse con su biomasa seca. En *Lilium* ‘Orange Pixie’ se observó respuesta similar con la aplicación de 100 g de inóculo endomicorrízico conteniendo esporas de *G. fasciculatum*, es decir, la biomasa seca de los botones florales aumentó de 7,71 a 11,29 g (Rubí Arriaga et al., 2009).

4. Conclusiones

Los tallos de *Lilium* 'Armandale' tienen mayor altura y menor biomasa que los de 'Tresor'. La aplicación de 50 o 200 mg L⁻¹ de paclobutrazol en los bulbos de *Lilium* 'Armandale' o 'Tresor' disminuye la altura de los tallos florales y la biomasa seca de raíces, tallos y hojas, pero incrementa el número de botones florales y los hace más llamativos como plantas de maceta.

En *Lilium* 'Armandale' o 'Tresor' los tipos de riego no tuvieron efecto en la altura de la planta y el diámetro de los botones florales. Sin embargo, el fertirriego con solución nutritiva deficiente de fósforo adicionada con 1 g del inóculo endomicorrízico (Myke® Pro-hortalizas) incrementa la biomasa fresca y mantiene la longitud de los botones florales de *Lilium* 'Tresor'. En *Lilium* 'Armandale', la longitud de los botones florales se incrementa sin importar el tipo de riego, pero son más delgados y tienen menor biomasa que los de 'Tresor'.

En *Lilium* 'Tresor', la aplicación de 1 g del inóculo endomicorrízico con 800 esporas de *G. intraradices* en los bulbos, abate los efectos de la deficiencia de fósforo en la solución nutritiva y mejora el aspecto visual de los tallos florales haciéndolos más llamativos que los de *Lilium* 'Armandale'. El fertirriego con solución nutritiva deficiente de fósforo adicionada con 1 g de inóculo endomicorrízico favoreció el incremento de biomasa seca de raíces, pero no la de tallos y hojas, es decir, el efecto positivo del inóculo es localizado en el sitio de interacción hongo-planta.

Financiamiento

Los recursos para esta investigación fueron proporcionados por la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Contribuciones de los autores

- Lizeth Gabriela Rios-Florida: Conceptualización, investigación, metodología, redacción - borrador original.
- Gumercindo Honorato De La Cruz-Guzmán: Conceptualización, investigación, análisis formal, administración del proyecto, redacción -revisión y edición.
- Alberto Arriaga-Frías: Validación, supervisión, validación, redacción -revisión y edición.
- Manuel Mandujano-Piña: Validación, redacción - revisión y edición.

Referencias

- Bahr, L. R., y Compton, M. E. (2004). Competence for *in vitro* bulblet regeneration among eight *Lilium* genotypes. *HortScience*, 39(1), 127-129. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.1.127>
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N., y Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1068. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>
- Cadahía López, C. (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* (3ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Cruz-Ruiz, E., Cruz-Ruiz, A., Serrato-Cuevas, R., y Rubí-Arriaga, M. (2021). Respuesta de la gladiola a la aplicación de biofertilizantes y abono orgánico. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37, 345-355. <https://doi.org/10.20937/RICA.53719>
- Engel, R., Szabo, K., Abranko, L., Rendes, K., Fuzy, A., y Takacs, T. (2016). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and polyphenol profile of marjoram, lemon balm, and marigold. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(19), 3733-3742. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00408>
- Francescangeli, N., Marinangeli, P., y Curvetto, N. (2007). Short communication. Paclobutrazol for height control of two *Lilium* L.A. hybrids grown in pots. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3), 425-430. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2007053-266>

- García Velasco, R., y Companioni González, B. (2018). *Lilium*: situación actual en México. *Revista TECSISTECATL*, (23). <https://www.eumed.net/rev/tecsistecat/n23/lilium.html>
- Garmendia, I., y Mangas, V. J. (2012). Application of arbuscular mycorrhizal fungi on the production of cut flower roses under commercial-like conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(1), 166-174. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2012101-156-11>
- Gupta, R., y Chakrabarty, S. K. (2013). Gibberellic acid in plant. Still: a mystery unresolved. *Plant Signaling & Behavior*, 8(9), e25504. <https://doi.org/10.4161/psb.25504>
- Jones, M. D., y Smith, S. E. (2004). Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms?. *Canadian Journal of Botany*, 82(8), 1089-1109. <https://doi.org/10.1139/b04-110>
- Myke® Pro-Hortalizas. (2022). *Inoculante micorrízico*. <http://www.mykepro.com/mykepro-product-mycorrhizae/myke-pro-greenhouse-wp.aspx>
- Navarro, A., Elia, A., Conversa, G., Campi, P., y Maetrorilli, M. (2012). Potted mycorrhizal carnation plants and saline stress: growth, quality and nutritional plant responses. *Scientia Horticulturae*, 140, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.03.016>
- Pal, S. L. (2019). Role of plant growth regulators in floriculture: an overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 789-796. <https://www.phytojournal.com/archives?year=2019&vol=8&issue=3&ArticleId=8189>
- Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845-872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
- Rubí Arriaga, M., González Huerta, A., Olalde Portugal, V., Reyes Reyes, B. G., Castillo González, A. M., Pérez López, D. de J., y Aguilera Gómez, L. I. (2012). Contribución de fósforo al mejoramiento de calidad en *Lilium* y la relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 125-139. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1486>
- Rubí Arriaga, M., Olalde Portugal, V., Reyes Reyes, B. G., González Huerta, A., y Aguilera Gómez, L. I. (2009). Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv. Orange Pixie. *Agricultura técnica en México*, 35(2), 201-210. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60812688007>
- Smith, S. E., y Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology*, 62, 227-250. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103846>
- Syngenta. Cultar® 25SC. (2022). *Paclobutrazol, regulador de crecimiento*. <https://www.syngenta.com.mx/product/crop-protection/regulador-de-crecimiento/cultarr-25-sc>
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (5th ed.). Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Torres-Pio, K., De La Cruz-Guzmán, G. H., Arévalo-Galarza, M. L., Aguilar-Rodríguez, S., Grego-Valencia, D., Arriaga-Frías, A., y Mandujano-Piña, M. (2021). Morphological and anatomical changes in *Lilium* cv. Arcachon in response to plant growth regulators. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 62, 325-335. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00319-6>
- Varshney, A., Sharma, M. P., Adholeya, A., Dhawan, V., y Srivastava, P. S. (2002). Enhanced growth of micro-propagated bulblets of *Lilium* sp. inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi at different P fertility levels in an alfisol. *The journal of horticultural science and biotechnology*, 77(3), 258-263. <https://doi.org/10.1080/14620316.2002.11511489>
- Xie, M. -M., Wang, Y., Li, Q. S., Kuča, K., y Wu, Q. -S. (2020). A friendly-environmental strategy: application of arbuscular mycorrhizal fungi to ornamental plants for plant growth and garden landscape. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1100-1115. <https://doi.org/10.15835/nbha48312055>
- Zhou, Z., Ma, H., Liang, K., Huang, G., y Pinyopusarerk, K. (2012). Improved tolerance of teak (*Tectona grandis* L.f.) seedlings to low-temperature stress by the combined effect of arbuscular mycorrhiza and paclobutrazol. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 427-435. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9252-6>