



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
CARRERA DE BIOLOGÍA

Facultad de Estudios Superiores
IZTACALA

**EFFECTO DE PACLOBUTRAZOL Y MICORRIZAS EN LILIUM
ASIÁTICO VARIEDADES 'ARMANDALE' Y 'TRESOR'**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

PRESENTA

LIZETH GABRIELA RIOS FLORIDA



DIRECTOR DE TESIS: DR. GUMERCINDO
HONORATO DE LA CRUZ GUZMÁN

LOS REYES IZTACALA, NOVIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi tutor, el Dr. Gumerindo H. De La Cruz Guzmán, quien con su paciencia y confianza me compartió sus experiencias y conocimiento, motivándome a no perder la esperanza en esta investigación aun cuando la pandemia estaba en sus momentos más críticos. Le agradezco de todo corazón por su enseñanza.

A la Unidad de Morfología y Función de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por darme el espacio y las herramientas para experimentar.

A todos los miembros del comité asesor, quienes se tomaron el tiempo y dedicación de realizar contribuciones a esta investigación.

Dedicatorias

A mis padres, que fueron mi fortaleza más resistente a lo largo de toda mi vida. Aunque no siempre comprendí a la primera sus enseñanzas, ellos siempre me tuvieron paciencia y me brindaron todas las herramientas para seguir adelante aun cuando todo parecía tan difícil de conseguir. Me atrevo a decir que son los mejores padres del mundo, los amo mucho.

A mis hermanas que han sido mis cómplices de vida y que me han enseñado que ser la hermana mayor es un privilegio ya que puedo ser su guía, protectora y acompañante fiel. Siempre las amaré.

Al resto de mis familiares que siempre me han motivado a seguir adelante, llenándome de alegría y confianza.

A todos mis profesores, en especial a aquellos que me enseñaron que la ciencia y el conocimiento son más valiosos si los transmites con amor y pasión a los que te rodean.

A mis amigos, porque hicieron que la Universidad fuera acogedora y cálida; a ellos porque me acompañaron en momentos muy difíciles y no me juzgaron. Porque llenaron mis clases y prácticas de campo de risas y buenas experiencias. Siempre los llevaré en el corazón.

Al amor, que desde el 08 de abril del 2019 me ha apoyado y querido. A él porque ha aguantado todas mis pláticas sobre biología e inseguridades y no hace más que mirarme con ojos de asombro y comprensión. Además, me ha enseñado que la lealtad existe y que una pareja puede ser el mejor equipo para soñar y luchar para lograr todo lo que me he imaginado.

Índice general

1.0 Resumen	1
2.0 Introducción	2
3.0 Revisión de literatura	4
3.1 El cultivo de las ornamentales en México	4
3.1.1 El cultivo de Liliium en México	5
3.1.2 El uso de fertilizantes en el cultivo de Liliium	6
3.1.3 Los biofertilizantes y micorrizas en el cultivo de Liliium	7
3.2 El uso de reguladores de crecimiento para mejorar el aspecto de las ornamentales	8
3.2.1 El paclobutrazol (PBZ) como inhibidor giberelinas (ácido giberélico (AG ₃)).	9
3.2.2 Mejoramiento del aspecto visual de los tallos florales y modificaciones del área foliar con el uso paclobutrazol	10
3.2.3 Cambios en los patrones de floración por efecto de PBZ	11
3.2.4 Distribución de biomasa por la aplicación de PBZ	12
4.0 Objetivos.....	14
4.1 General	14
4.2 Particulares.....	14
5.0 Hipótesis general.....	15
6.0 Materiales y métodos	16
7.0 Resultados y discusión	20
7.1 Altura de la planta.....	20
7.2 Número de hojas y número, diámetro, longitud y peso fresco de botones florales a los 88 ddp	22
7.3 Aspecto visual de los tallos florales a los 80 ddp	25
7.4 Distribución de biomasa seca de raíz, bulbo, tallo, hojas y botones florales a los 80 ddp.....	28
8.0 Conclusiones	31
9.0 Literatura citada.....	32

Índice de figuras

Figura 1. Lavado de bulbos con agua de la llave (A) y reposo de los bulbos en dos soluciones de Paclobutrazol (B). Modificado de Torres-Pio, 2021.	16
Figura 2. Distribución de 2.5 de tezontle en las macetas de plástico. Base de la maceta con granulometría de 10 a 12 mm (A) y superficie de la maceta con granulometría < 8 mm (B).....	17
Figura 3. Distribución aleatoria de las unidades experimentales dentro de un invernadero. Modificado de, Torres-Pio, 2021.....	17
Figura 4. Altura de tallos florales en <i>Lilium</i> var. 'Armandale' (A) y 'Tresor'(B) cultivados con 0, 50 o 200 mg L ⁻¹ de paclobutrazol y fertirrigados con solución nutritiva completa (SNC), sin fósforo (P) y sin P + 1 g de micorrizas (Mic) en los bulbos. Cada dato es el promedio de cinco repeticiones ± error estándar, letras iguales en cada tiempo de evaluación indican que no hubo diferencias entre tratamientos (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). ..	21
Figura 5. Aspecto visual a los 80 ddp de los tallos florales de <i>Lilium</i> 'Armandale' cultivados con tres concentraciones de paclobutrazol y tres tipos de riego. PBZ, paclobutrazol; SNC, solución nutritiva completa; Sin P, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo más micorrizas.	26
Figura 6. Aspecto visual a los 80 ddp de los tallos florales de <i>Lilium</i> 'Tresor' cultivados con tres concentraciones de paclobutrazol y tres tipos de riego. PBZ, paclobutrazol; SNC, solución nutritiva completa; Sin P, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo más micorrizas.	27

Índice de cuadros

Cuadro 1. Hojas y botones florales a los 80 días después de la plantación de dos variedades de <i>Lilium</i> cultivados con tres concentraciones de Paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego.	24
Cuadro 2. Distribución de biomasa a los 80 días después de la plantación de dos variedades de <i>Lilium</i> cultivados con tres concentraciones de Paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego.	28

1.0 Resumen

Se evaluó el efecto de tres concentraciones de Paclobutrazol (0, 50, 200 mg L⁻¹) y 1 g micorrizas + fertirriego con solución nutritiva sin fósforo o completa, en el crecimiento, floración y distribución de biomasa en Liliium “Armandale” y ‘Tresor’. Los bulbos se sumergieron en soluciones de PBZ durante 5 h, se trasplantaron a macetas con tezontle considerando un diseño experimental de tres factores (F1, dos variedades de Liliium; F2, tres concentraciones de PBZ; F3, tres tipos de riego) completamente al azar. En ‘Armandale’ y ‘Tresor’, la altura de los tallos florales disminuyó por debajo de 55 % con respecto al control, pero la producción de biomasa seca fue similar entre los tratamientos. En ambas variedades, la aplicación de 200 mg L⁻¹ disminuyó la altura de la planta y la distribución de biomasa seca, sin embargo, la aplicación de micorrizas o tipo de riego no tuvo efecto en estas variables.

2.0 Introducción

Las plantas ornamentales del género *Lilium* (lilis) tienen alta demanda dentro del mercado por sus flores resistentes, coloridas y aromáticas. El género se divide en tres grupos: orientales, longiflorum híbridos y asiáticos. Estos últimos son preferidos por los consumidores debido a su gran variedad de colores, bulbos pequeños y la producción de numerosos botones florales (Martínez, 2018).

México es buen prospecto para la producción de lilis por sus condiciones climáticas y edáficas que favorecen el desarrollo de la floricultura (Martínez, 2018; Mosquera, 2010). Se ha registrado que en el Estado de México la producción de estas flores corresponde a 201 hectáreas, con una producción de 642,576 toneladas que generan \$289,349.69 al año (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 2014). Estas cifras indican que su producción es muy importante ya que genera empleos e ingresos para el país.

Pero, durante la plantación de lilis, los productores mexicanos suelen aplicar dosis excesivas de fertilizantes lo que incrementa costos de producción y genera contaminación del subsuelo. Esto se ha convertido en una problemática que busca solución en alternativas sustentables, eficientes y económicas (Simonne y Hutchinson, 2005). Una alternativa es el uso de soluciones nutritivas para el suministro adecuado de elementos esenciales durante el desarrollo de los cultivos y la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal (PGR) para acelerar o retrasar procesos de floración de acuerdo con las necesidades de los productores (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2008; Pal, 2019).

Por ejemplo, Paclobutrazol (PBZ) es un regulador de crecimiento vegetal que retarda el crecimiento mediante la inhibición de la síntesis de giberelinas provocando que los nutrientes asimilados se desvíen hacia una mayor producción y crecimiento de frutos lo que evita que se genere elongación del tallo floral. De manera comercial Cultar[®], grupo Syngenta, recomienda administrar este regulador directamente en las raíces por medio de soluciones utilizando el producto Paclobutrazol: 2RS, 3RS-1 (4-clorofenil-4, 4-dimetil-2 (1H1,2,4-Triazol-1-il) pentan-3-ol (equivalente a 250 g de i.a./L).

Francescangeli *et al.* (2007) aplicaron PBZ como regulador de crecimiento en *Lilium* variedades 'Ercolano' y 'Royal Respect' a 0, 50, 100 y 150 mg L⁻¹. En 'Ercolano' los tratamientos no afectaron el periodo de floración y la producción de botones florales, pero a los 70 días se registró que la altura de la planta disminuyó 31 % con 50 y 100 mg L⁻¹ y 45 % con 150 mg L⁻¹ en comparación con el control que midió 64.4 cm. Así mismo, en 'Royal Respect' la altura del control fue de 51.1 cm y disminuyó 48 % con 50 y 100 mg L⁻¹ y 59 % con 150 mg L⁻¹, misma concentración que redujo el número de botones florales de 5.4 a 4.7, retardó la apertura floral de 76.3 a 77.3 días y la durabilidad de las flores disminuyó de 8.2 a 7 días.

Por su parte, Currey y López (2010), mencionan que al aplicar 0, 30, 60 y 120 mg L⁻¹ de PBZ en el cultivo de *Lillium longiflorum* la altura de los tallos florales disminuye en promedio de 75.5 a 58 cm a los 84 días después de la plantación (ddp) y que ninguno de los tratamientos afecta la producción de botones florales y el periodo de floración.

Una alternativa más es la biofertilización con hongos formadores de micorrizas ya que estos actúan sinérgicamente con las plantas, inciden en la absorción de nutrientes y promueven el crecimiento vegetal. Para el caso de lilis, se ha registrado que este género es susceptible a formar micorrizas con *Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices* (Varshney *et al.*, 2002). Su uso evita la contaminación del subsuelo por la fertilización química y protege a las plantas de deficiencias nutrimentales o plagas.

En México la casa distribuidora MIKE® PRO-HORTALIZAS vende el producto inoculante endomicorrízico en polvo tamizado y micronizado que contiene *G. intraradices* como ingrediente activo, ideal para aplicaciones secas y líquidas en esquejes, semilleros y trasplantes de cultivos anuales y perennes.

Queda claro que el uso de biofertilizantes a base de hongos micorrícicos y el uso de reguladores de crecimiento vegetal son alternativas para disminuir la cantidad de fertilizantes químicos en los cultivos, así como disminuir los impactos negativos en el ambiente. Sin embargo, existen pocos estudios donde se apliquen en conjunto, por eso los antecedentes dan pauta a seguir buscando alternativas que garanticen una buena producción de lilis, mejorando características como la altura de los tallos y la producción de botones florales.

3.0 Revisión de literatura

3.1 El cultivo de las ornamentales en México

Las plantas ornamentales son todas aquellas que, por sus cualidades estéticas como el color y forma del follaje o las flores, se utilizan para adornar interiores y exteriores. Estas plantas suelen comercializarse como flor de corte o en maceta y en México existen 4,220 especies con potencial ornamental de las cuales 3,434 son nativas y 786 introducidas (Rendón y Neyra, 2020).

A pesar de la extensa variedad ornamental de las especies mexicanas, el cultivo y comercio de plantas ornamentales en el país se ha visto reducido a rosa, crisantemo, clavel, ave del paraíso y gladiola, tanto en el mercado nacional como extranjero. Participando con el 1 % en el mercado mundial de flores, en contraste con Holanda con 70 % y Colombia con 9.2 % (Orozco y Mendoza, 2002).

En el país, el Estado de México sobresale como uno de los principales productores de plantas ornamentales. Cuenta con una superficie de 7,383 ha dedicadas a su cultivo que al año producen 5 millones de tallos de corte, gruesas, manojos y macetas que representan el 67 % de valor de la producción nacional. Los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec de las Harinas concentran más del 50 % de la producción de flor y follaje de corte estatal cuyo valor de la producción en el mercado asciende a 5,811 millones de pesos. Mientras que el municipio de Atlacomulco destaca por la producción de flor en maceta (Delegación SADER, 2020).

Debido a sus características climáticas y edáficas, México es un buen prospecto para el desarrollo de la floricultura. Sin embargo, debido a que más del 90% de la producción nacional se cultiva a cielo abierto en condiciones precarias de control fitosanitario, tecnología atrasada, genotipos escasos y baja calidad, su comercialización es deficiente. Porque la calidad diferenciada de la producción florícola define el destino de esta, por lo tanto, México sólo exporta del 10 al 15 % de la producción de flor de corte y el resto lo destina al mercado interno (Díaz *et al.*, 1998).

Según Orozco y Mendoza (2002), el cultivo de plantas ornamentales en México podría mejorar si incrementan las inversiones, el mejoramiento tecnológico, la compra de material vegetativo certificado, así como la extensión de la difusión del potencial florícola del país y sus regiones a escala internacional.

3.1.1 El cultivo de *Lilium* en México

Las plantas del género *Lilium* se comercializan como flor de corte o en maceta por sus flores resistentes, aromáticas y con gran diversidad de colores, por sus tallos vigorosos y por tener una vida de florero prolongada. Debido a que son plantas que pueden cultivarse durante todo el año bajo cultivos protegidos, se han convertido en una flor de corte de alta demanda que ocupa el lugar de flor principal en arreglos florales (García y Companioni, 2018).

En México, para el año 2014 se registró que el cultivo de lilis correspondió a 201 ha y para el año 2016 aumentó a 250.5 ha para la producción de flor de corte y 6.1 ha para la producción en maceta. El principal productor es el Estado de México, donde el municipio de Villa Guerrero ocupa el primer lugar con 131 ha de cultivo, en segundo lugar, está Coatepec con 44.5 ha, en tercer lugar, Tenancingo con 30 ha y, en cuarto lugar, Texcoco con 15 ha. Cabe resaltar que el resto de la producción tiene lugar en el estado de Veracruz con 30 ha (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 2014; SIAP, 2016). Sin embargo, el cultivo de esta planta ornamental en México presenta problemas que afectan su calidad y su exportación a países como Estados Unidos y Canadá.

El primer problema radica en que su propagación se realiza mediante bulbos que los productores mexicanos importan principalmente de Holanda, lo que incrementa los costos de producción. Además, en el caso de la flor de corte, un bulbo solo produce un tallo floral de alta calidad por lo que se tiene que comprar bulbos constantemente. Por otra parte, durante el transporte y almacenamiento de bulbos a bajas temperaturas se facilita la infección por hongos de los mimos, situación que afectará la calidad de producción de quienes compren esos bulbos (Streck y Schuh, 2005).

Otro problema es la nutrición, factor importante para una buena calidad en lilis. Una solución a esto ha sido el cultivo hidropónico de *Lilium* ya que permite controlar las variables físicas y biológicas como plagas y enfermedades nutrimentales porque optimiza la absorción de nutrientes por parte de las raíces. Por tanto, en últimos años, en el Estado de México se ha incrementado este tipo de cultivo protegido en lilis porque bajo este sistema la producción puede ser intensiva e incrementa el rendimiento y calidad de los cultivos, con menor gasto de agua y reduciendo costos de producción (Treder, 2001; García y Companioni, 2018).

3.1.2 El uso de fertilizantes en el cultivo de *Lilium*

Las plantas requieren de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) entre otros, para llevar a cabo su metabolismo y por lo tanto su desarrollo. Debido a que muchas plantas se cultivan de manera intensiva por necesidades humanas, tal es el caso del uso ornamental de las lilis, se ha visto la necesidad de suministrar fertilizantes inorgánicos que contengan los nutrientes esenciales para incrementar el rendimiento de los cultivos (Cárdenas, 2011; Salazar-Orozco *et al.*, 2013).

Las plantas del género *Lilium* tienen un bulbo que funciona como almacén de reservas energéticas, pero los nutrientes aportados por este órgano no son suficientes para completar el ciclo del cultivo. Franco *et al.* (2008), reportan que en *Lilium* 'Menorca' y 'Brindisi' la fertilización con N y Ca durante la etapa vegetativa no altera la altura de la planta, pero sí aumenta el contenido de azúcares de 207.8 a 249.9 y de 199.4 a 228.3 mg g⁻¹ PF en promedio, e incrementa la vida en el floreo de 13.2 a 18 y 14.5 a 19 d, respectivamente, en comparación con el control.

También, Salazar-Orozco *et al.* (2013), mencionan que en *Lilium* 'Starfighter', la fertilización con 12 mM de Nitrógeno aumenta la concentración de metabolitos secundarios como el Terpineol de 1 a 2.03 mg L⁻¹, Linalool de 18.55 a 30.97 mg L⁻¹ y β- Ocimene de 9.27 a 26.57 mg L⁻¹ en comparación con el tratamiento de 1 mM de N. Mientras que la fertilización con 7 mM de Potasio aumentó la concentración de 1,8-cineole de 1 a 2.17 mg L⁻¹, β- Ocimene de 18.9 a 26.57 mg L⁻¹, Linalool de 1 a 30.97 mg L⁻¹ y Terpineol de 1 a 2.03 mg L⁻¹ en comparación con 0 mM de K. Estos compuestos influyen en el aroma de las flores y, si las flores tienen un aroma muy intenso, eso indica que son de buena calidad.

Sin embargo, el cultivo intensivo de plantas ornamentales incrementa notablemente el uso de productos químicos como los son las sales fertilizantes, insecticidas o herbicidas, lo que provoca un deterioro del medio ambiente debido a la contaminación por el uso irracional de estos productos químicos. Pero, con el fertirriego y el uso balanceado de las soluciones nutritivas, fundamento de la hidroponía, se puede determinar las concentraciones adecuadas de nutrientes y se reduce el uso desmedido de fertilizantes (Cárdenas, 2011).

Por eso mismo, la hidroponía logra reducir hasta un 50 % la concentración de fertilizantes y agua, haciendo un uso más eficiente de los mismos y logrando un menor deterioro del ambiente. Además, la fertilización interrumpida, el uso de productos como biofertilizantes e insecticidas orgánicos se han sumado a la resolución de esta problemática (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2008).

3.1.3 Los biofertilizantes y micorrizas en el cultivo de *Lilium*

En muchas ocasiones, la aplicación de fertilizantes minerales se realiza sin los conocimientos técnicos requeridos, lo que provoca que muchos productores apliquen cantidades desmedidas, aunque las plantas solo absorban entre un 20 a 40% del total aplicado. Esta situación desemboca en problemas de contaminación al ambiente, por ello es importante el uso de tecnologías sustentables como los biofertilizantes (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012).

Los biofertilizantes son productos que contienen microorganismos que se encuentran de forma natural en el suelo y que al ser inoculados pueden vivir en simbiosis con las plantas cultivadas. Existe una gran variedad con diversas funciones y para distintos tipos de cultivo, pero los más populares se componen de hongos micorrícicos y bacterias (Vessey, 2003; Pooja *et al.*, 2007; All-Taweil *et al.*, 2009).

Sus beneficios son que pueden estimular la germinación de semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias; incrementan el suministro de los nutrientes por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos y la solubilización de elementos minerales; mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables; son agentes de control biológico de patógenos y eliminan productos como pesticidas, herbicidas y fungicidas; e incrementan la resistencia al estrés tanto biótico como abiótico (Bowen y Rovira, 1999).

Específicamente, las micorrizas son un tipo de asociación simbiótica entre las hifas de un hongo y las raíces de un vegetal. Se encuentran extendidas sobre la superficie terrestre y alrededor del 90% de las plantas terrestres la forman. Se ha comprobado que en los cultivos mejoran el estado nutricional de las plantas porque incrementan el volumen de exploración de las raíces mediante las hifas del hongo que proporciona mejor captación de agua y nutrientes como fósforo. Además, aumenta la tolerancia a

los cambios de temperatura y acidez del suelo mejoran ayudando a mantener unidos a los agregados (Alarcón y Ferrara, 2000).

Para el cultivo de plantas ornamentales también se ha aprovechado el beneficio de usar biofertilizantes. En plantas de Gladiola, la inoculación del hongo *Glomus fasciculatum* en conjunto con la bacteria *B. subtilis* no ocasionó diferencias significativas en la altura, pero en promedio incrementó el diámetro del tallo de 9 a 11 mm, el peso fresco y seco de la planta de 65 a 105 g y de 17 a 23 g respectivamente, y el número de flores de 10 a 13, todo en comparación con el control. Esto quiere decir que la inoculación de estos microorganismos ejerce un efecto positivo en el crecimiento vegetativo y reproductivo de gladiolas. Por eso representan una alternativa de manejo sostenible de esta especie, que favorece la disminución del uso de fertilizantes químicos y los daños a la salud humana y al ambiente (Cruz-Ruiz *et al.*, 2021).

En el cultivo de variedades asiáticas de *Lilium*, se ha registrado que existe formación de micorrizas con hongos del género *Glomus* (Varshney *et al.*, 2002). Un ejemplo es el trabajo de Rubí-Arriaga *et al.* (2009) que inocularon 0 y 100 g de *G. fasciculatum* junto con 0, 22 y 44 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de fósforo en *Lilium* variedad 'Orange Pixie'. El hongo colonizó 50.48 % de la raíz, aumentó la altura de la planta de 20.81 a 23.48 cm y el diámetro del tallo de 0.95 a 1.29 cm. También incrementó el peso seco de 22.61 a 29.82 g y el periodo de floración de 7.92 a 9.88 d. Por su parte, las micorrizas más 22 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de fósforo tuvo 68.24 % de colonización en raíz mientras que 44 $\mu\text{g mL}^{-1}$ solo tuvo 35.33 %. Debido a estos datos los autores recomiendan la aplicación de HMA más fósforo, pero a bajas concentraciones. Pero, siguen siendo muy escasos los estudios de esta planta cultivada con biofertilizantes

3.2 El uso de reguladores de crecimiento para mejorar el aspecto de las ornamentales

Los reguladores de crecimiento vegetal (PGR) son compuestos similares a las fitohormonas, sintetizados químicamente u obtenidos de plantas. Su función es regular diferentes procesos bioquímicos a nivel celular en los organismos vegetales. Se clasifican según su acción, ya sea por promover o inhibir el crecimiento de plantas y actualmente, su uso ha permitido potencializar el proceso de los cultivos porque

resuelven problemáticas como la presencia de patógenos, cambios ambientales, entre otros (Alcantara *et al.*, 2019).

Debido a los requerimientos de ornamentales, el uso de PGR en este grupo de plantas ha estado muy presente. Ya sea alterando el tamaño, forma o estadio floral, los PGR han sustituido muchas técnicas de producción tradicionales, principalmente, durante el desarrollo de los cultivos.

Se utilizan desde enraizadores hasta aceleradores o inhibidores de crecimiento. Un ejemplo es el uso de giberelinas sintéticas que actúan en los meristemas apical y subapical del tallo, lo que provoca aumento de la altura de la planta por el alargamiento de los entrenudos. Contrario a esto, existen aquellos PGR que inhiben el crecimiento como el Paclobutrazol, compuesto que inhibe la síntesis de giberelinas, limitan el crecimiento de tallos y aceleran la floración, todo esto sin dañar los meristemas. Es por eso por lo que los PGR son una herramienta muy importante hoy en día (Ballester-Olmos, 2005).

3.2.1 El paclobutrazol (PBZ) como inhibidor giberelinas (ácido giberélico (AG₃))

El Paclobutrazol (PBZ) es un regulador de crecimiento vegetal del grupo de los triazoles. Ayuda a que los cultivos sean resistentes al estrés ambiental como las sequías o la radiación de rayos UV y aumenta el rendimiento. Su mecanismo de acción es inhibir el esterol y la biosíntesis de giberelinas, lo que provoca que retarde el crecimiento de las plantas (Khan *et al.*, 2009; Orabi *et al.*, 2010).

Morfológicamente, los cultivos tratados con PBZ demuestran un aumento en el diámetro del tallo, número de hojas y modifica la arquitectura del follaje y el sistema radicular. También se ha comprobado que este compuesto aumenta la tasa fotosintética ya que incrementa las concentraciones de clorofila en hojas. Pero, el cambio más significativo que tienen las plantas con PBZ, y la razón por la que en un inicio se popularizó su uso, es la reducción de la altura de los tallos (Tesfahun, 2018).

La altura de las plantas disminuye por la inhibición de la producción de giberelinas, hormonas vegetales que actúan durante la germinación, elongación del tallo, desarrollo de las hojas y la producción de flores. Esto porque inhibe la actividad de la ent-kaureno oxidasa, enzima que actúa durante la biosíntesis de giberelinas catalizando la oxidación de ent-kaureno a ácido entkaurenoide. Entonces, el

crecimiento en altura disminuye porque no hay división y elongación celular en la región meristemática del tallo (Jordán y Casaretto, 2006; Kondhare *et al.*, 2014).

Es por eso por lo que el uso de PBZ en plantas ornamentales se ha centrado en aquellas que se comercializan en maceta porque es necesario reducir su altura para que se ajusten al espacio del contenedor; y en *Lilium*, se han registrado estudios donde aplican distintas concentraciones.

Francescangeli *et al.* (2007) aplicaron PBZ como regulador de crecimiento en *Lilium* variedades 'Ercolano' y 'Royal Respect' a 0, 50, 100 y 150 mg L⁻¹. En 'Ercolano', a los 70 días se registró que la altura de la planta disminuyó 31 % con 50 y 100 mg L⁻¹ y 45 % con 150 mg L⁻¹ en comparación con el control que midió 64.4 cm. Así mismo, en 'Royal Respect' la altura del control fue de 51.1 cm y disminuyó 48 % con 50 y 100 mg L⁻¹ y 59 % con 150 mg L⁻¹. Por su parte, Currey y López (2010), mencionan que al aplicar 0, 30, 60 y 120 mg L⁻¹ de PBZ en el cultivo de *Lilium longiflorum* la altura de los tallos florales disminuye en promedio de 75.5 a 58 cm a los 84 días después de la plantación.

Torres-Pio *et al.* (2021) aplicaron 0, 25, 50, 100 y 200 mg L⁻¹ de PBZ a plantas de *Lilium* 'Arcachon' y como resultados obtuvieron que la altura disminuyó con forme aumentó la concentración. La concentración más alta de PBZ tuvo la altura más pequeña ya que disminuyó de 85.33 a 15.20 cm y también redujo el número de hojas de 79.67 a 29.33 en comparación con el control. Además, la anatomía se vio modificada por la aplicación de este regulador de crecimiento ya que el área de los haces vasculares del tallo en promedio aumentó de 14.507 a 17.610 μm^2 , y la longitud de la cutícula y el mesófilo esponjoso de las hojas aumentó de 4.4 a 5.4 μm y de 244.8 a 277.5 μm , respectivamente, en comparación con el control.

Estos antecedentes indican que el uso de PBZ en los cultivos, va más allá de modificar su morfología ya que se pueden observar cambios anatómicos como bioquímicos y todos estos cambios se reflejaran en la calidad de las plantas.

3.2.2 Mejoramiento del aspecto visual de los tallos florales y modificaciones del área foliar con el uso paclobutrazol

Estudios en distintas plantas han demostrado que el uso de PBZ aumenta la producción de hojas, así como el cambio en la arquitectura foliar. Un ejemplo es el

estudio de Meijón *et al.* (2009), donde realizaron una aplicación de PBZ en aerosol a 190 ppm en plantas de azalea 'Johanna', esto provocó que aumentara el número de flores enteras de 25 a 52. d y la arquitectura de las hojas fue más redonda más redonda y rugosa. Los mismos autores discuten que esto se debe a que el PBZ induce un aumento en el contenido de clorofila en las hojas lo que induce la formación de hojas resistentes, grandes y redondeadas de un verde más intenso.

El paclobutrazol afecta la biosíntesis de pigmentos dentro de la planta, entre ellos, la clorofila, principal componente en la reacción fotosintética. Varios estudios mostraron que la clorofila fue mayor en plantas tratadas con este regulador de crecimiento, el cual podría deberse a que también aumenta la producción de citoquininas, encargadas de la diferenciación de cloroplastos y la biosíntesis de clorofila, que también previenen su degradación. Un aumento en la concentración de clorofila en hojas también conduce a una mayor tasa de fotosíntesis y un mayor rendimiento, además de producir hojas más verdes y brillantes (Tesfahun, 2018).

Estos cambios provocados por el PBZ son los principales responsables de mejorar la calidad visual de las plantas, ya que los colores más intensos y brillantes son los preferidos por los consumidores. Además de que un aumento en el número de hojas o cobertura foliar mejora la apariencia de los tallos que, además, también disminuyen la altura con este PGR.

Por su parte, Torres-Pio *et al.* (2021), indican que la aplicación de 25, 50, 100 y 200 mg L⁻¹ de PBZ en *Lilium* 'Arcachon' retrasa una semana el inicio de la etapa de floración y reduce significativamente la altura del tallo foral. En cuanto al número de botones florales, los tratamientos no causan diferencias significativas y el peso fresco de estos aumentó de 49.61 a 72.63 g con 50 mg L⁻¹ y a 77.17 g con 200 mg L⁻¹ en comparación con el control sin PBZ. Estos cambios mejoran significativamente la apariencia visual de los tallos florales y es probable que esta mejora sea aceptable en el mercado.

3.2.3 Cambios en los patrones de floración por efecto de PBZ

Debido a que las giberelinas participan durante el desarrollo de inflorescencias y la floración en muchas plantas, particularmente en aquellas de días largos, el uso de

Paclobutrazol podría alterar este proceso porque inhibe la producción de estas hormonas.

Por ejemplo, a los tres meses de la aplicación de 0 y 6 mL de la suspensión de PBZ del grupo Cultar[®] por m² de base de copa en un cultivo de mango 'Tommy Atkins', se observó una restricción a la brotación vegetativa ya que la actividad y densidad de brotes vegetativos disminuyó de 14.77 a 5.74 % y en los brotes florales aumentó de 1.68 a 30.24 %, además la floración ocurrió seis semanas antes, todo en comparación con el grupo control donde no se asperjó PBZ (Cárdenas y Rojas, 2003).

Estos resultados indicarían que la inhibición de giberelinas solo afecta de manera negativa a aquellas que participan durante la elongación del tallo o crecimiento vegetativo. Y es que, en las plantas se han hallado más de 100 tipos de giberelinas de las cuales sólo unas pocas están realmente activas y no todas participan en el proceso de floración y producción de frutos (Jordán y Casaretto, 2006).

Sin embargo, en plantas de *Lilium* no se ha visto una alteración significativa en los patrones de floración por el uso de PBZ. Francescangeli *et al.* (2007) obtuvieron que al aplicar 0, 50, 100 y 150 mg L⁻¹ de PBZ en *Lilium* variedades 'Ercolano' y 'Royal Respect' no hubo diferencias significativas en el periodo de floración y la producción de botones florales en comparación con el control. Currey y López (2010), mencionan que al aplicar 0, 30, 60 y 120 mg L⁻¹ de PBZ en *Lillium longiflorum* no se afectó la producción de botones florales y el periodo de floración

3.2.4 Distribución de biomasa por la aplicación de PBZ

El uso de Paclobutrazol suele aumentar la biomasa seca de raíces, hojas y flores ya que, por su reducción en la altura de los tallos, solo en este órgano suele disminuir. En el cultivo de pimiento morrón, Partida *et al.* (2007), reportan que una sola aplicación de 150 mg L⁻¹ de PBZ en plántulas, aumenta la biomasa seca de 0.10 a 1.40 g en la raíz y de 0.10 a 0.77 g en la parte aérea de la planta. Esto posiblemente se deba a que conforme aumenta la parte aérea, por ejemplo, el número de hojas, la demanda de agua y nutrientes también aumenta, de modo que se incrementa el tamaño de la raíz para satisfacer tales demandas.

Por otro lado, Flores *et al.* (2011) aplicaron 50, 100, 150, 200 y 250 mg L⁻¹ de PBZ en un cultivo hidropónico de papa, a los 15 ddp, la producción de biomasa seca de

tubérculos aumentó de 19.14 a 20.63 g con 50 mg L⁻¹ sin embargo, con forme aumentó la concentración de PBZ, la biomasa de tubérculos, tallo y hojas disminuyó en comparación con el control. A los 45 ddp, la aplicación de PBZ no demostró un aumento en la biomasa seca de la planta, al contrario, nuevamente disminuyó. Estos resultados no redujeron el rendimiento e indican que la biomasa total de la planta de papa está constituida en gran proporción por la biomasa de tubérculo.

Los estudios de la aplicación de PBZ en plantas ornamentales como las de Liliium, se centran en demostrar las alteraciones de la altura de la planta, periodo de floración y el aspecto visual. Sin embargo, hacen falta estudios donde se realicen análisis sobre la distribución de biomasa seca en la planta y averiguar si en estas plantas bulbosas sucede lo mismo que en las plántulas de pimienta morrón o las plantas de papa.

4.0 Objetivos

4.1 General

Evaluar el efecto de tres concentraciones de Paclobutrazol (PBZ) y un gramo de inóculo endomicorrízico en el crecimiento y distribución de biomasa de Liliium variedades 'Armandale' y 'Tresor', fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo.

4.2 Particulares

Evaluar la altura de las plantas y número de hojas en Liliium variedades 'Armandale' y 'Tresor' fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo y bulbos tratados con tres concentraciones de PBZ y un gramo de inóculo endomicorrízico.

Describir el aspecto visual de los tallos florales de Liliium variedades 'Armandale' y 'Tresor' fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo y bulbos tratados con tres concentraciones de PBZ y un gramo de inóculo endomicorrízico.

Evaluar la distribución de biomasa seca en Liliium variedades 'Armandale' y 'Tresor' fertirrigados con solución nutritiva completa o deficiente de fósforo y bulbos tratados con tres concentraciones de PBZ y un gramo de inóculo endomicorrízico.

5.0 Hipótesis general

El paclobutrazol (PBZ) es un compuesto que inhibe la síntesis de ácido giberélico necesario para la elongación de los tallos florales, las micorrizas promueven la absorción de fósforo en suelos o sustratos con deficiencia de este elemento. Por lo tanto, la aplicación de PBZ y micorrizas en los bulbos de *Lilium* variedades 'Armandale' y 'Tresor' promoverán el achaparramiento de los tallos florales y mantendrán el buen aspecto de los botones florales y las hojas aún con fertirriego deficiente de fósforo.

6.0 Materiales y métodos

El estudio se realizó en el invernadero y laboratorio 9 ubicados en la Unidad de Morfología y Función (UMF) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Se utilizaron bulbos de *Lilium* asiático de dos variedades, 'Armandale' y 'Tesor' de calibre 14/16 que se adquirieron en la empresa Flores de bulbos importados S. A. de C. V. ubicada en Carretera Ixtapan de la Sal km 61, C. P. 51760 San Francisco Villa Guerrero, Estado de México.

Los bulbos se transportaron al laboratorio y se almacenaron en refrigeración hasta su uso. Se lavaron con agua de la llave y se les eliminó el exceso de sustrato, escamas y raíces dañadas (Figura 1A). Después, se sumergieron 135 bulbos de cada variedad, 45 en cada 10 L de tres soluciones con 0, 50 y 200 mg L⁻¹ de Paclobutrazol durante 5 horas (Figura 1B).

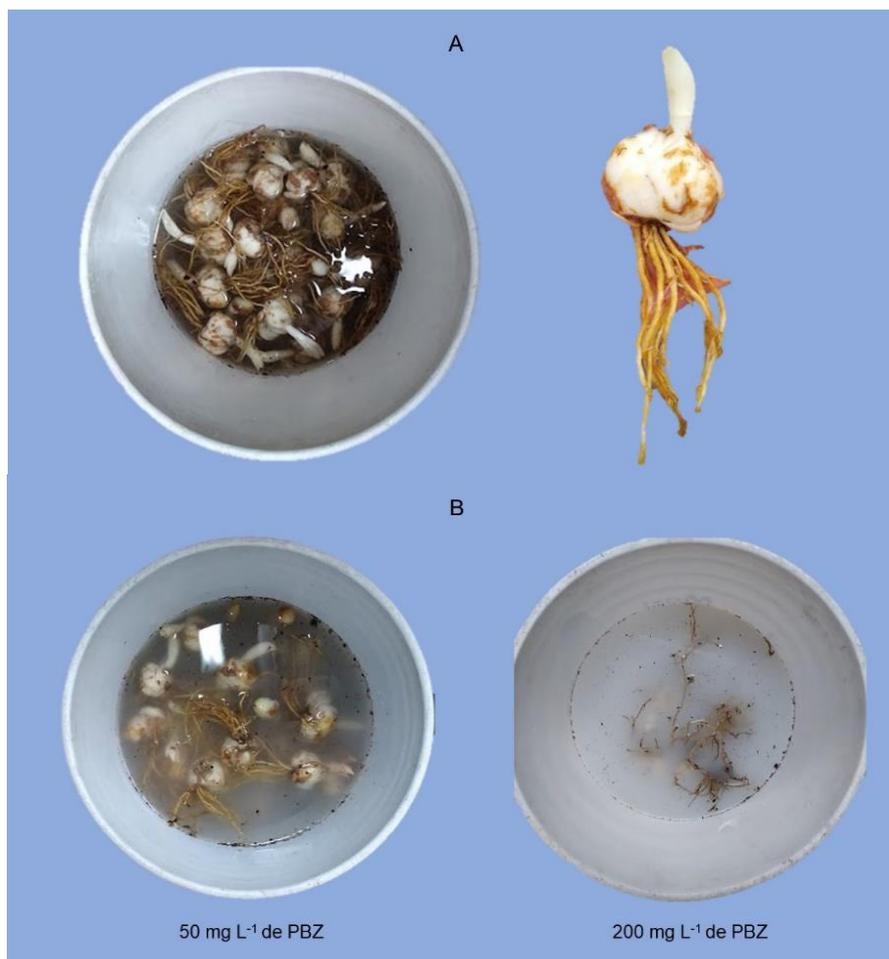


Figura 1. Lavado de bulbos con agua de la llave (A) y reposo de los bulbos en dos soluciones de Paclobutrazol (B). Modificado de Torres-Pio, 2021.

Transcurrido el tiempo, los bulbos de cada variedad se plantaron en grupos de 3 en macetas de plástico con 2.5 L de tezontle de dos granulometrías acomodado de la siguiente forma: una primera capa de 3 cm con granulometría de 10 a 12 mm (Figura 2A) y lo demás con granulometría ≤ 8 mm (Figura 2B). Cada maceta se llevó a capacidad de contenedor con 500 mL de agua de la llave.



Figura 2. Distribución de 2.5 de tezontle en las macetas de plástico. Base de la maceta con granulometría de 10 a 12 mm (A) y superficie de la maceta con granulometría ≤ 8 mm (B).



Figura 3. Distribución aleatoria de las unidades experimentales dentro de un invernadero. Modificado de, Torres-Pio, 2021.

Hubo 45 unidades experimentales (UE) por variedad que correspondieron a una maceta con 2.5 L de tezontle y 3 bulbos de *Lilium* var. 'Armandale' o 'Tresor'. Las UE se distribuyeron de forma aleatoria dentro de un invernadero (Figura 3) bajo un diseño experimental de tres factores: 1) variedades de *Lilium* ('Armandale' y 'Tresor'); 2) tres concentraciones de PBZ (0, 50 y 200 mg L⁻¹); y 3) tres tipos de riego con solución nutritiva Steiner a 2 dS m⁻¹ y pH de 6.0 (completa, sin fósforo y sin fósforo + 1 g de micorrizas por bulbo). Para cada tratamiento se utilizó cinco repeticiones y el diseño experimental fue completamente al azar. A los 15 bulbos de cada variedad con riego de solución nutritiva sin fósforo más micorrizas, se les asperjó directamente 1 g del inóculo endomicorrízico MYKE[®] PRO con 800 esporas de *G. intraradices* por gramo.

Se evaluó:

- 1) **Altura de la planta.** Durante la etapa vegetativa, cada 15 días se midió la altura del tallo floral, desde la base hasta su ápice meristemático con un flexómetro marca Truper[®] y precisión de 0.1 cm.
- 2) **Número de hojas a los 88 ddp.** Se contaron las hojas manualmente de todos los tallos florales, desde la base hasta el ápice donde las hojas rodean a los botones florales.
- 3) **Número, diámetro, longitud y peso fresco de botones florales a los 88 ddp.** De cada tallo, se cuantificaron manualmente los botones florales (BF), mismos a los cuales se les midió la longitud y diámetro con un vernier digital marca Truper[®] con precisión de 0.01 cm. Se escogieron tres plantas de cada variedad a las cuales se les retiró cuidadosamente los botones florales y se pesaron con una balanza digital marca Ohaus Adventurer[®] modelo AR3130 y precisión de 0.01 g para registrar su biomasa fresca.
- 4) **Aspecto visual de los tallos florales a los 80 días después de la plantación (ddp).** Mediante imágenes tomadas con una cámara digital Sony Cyber-shot 720p se describieron las diferencias visuales para lo cual las fotografías se procesaron con el Software GIMP 2.8 disponible públicamente (<http://www.gimp.org.es/>).
- 5) **Distribución de biomasa seca de raíz, bulbo, tallo, hojas y botones florales a los 80 ddp.** Tres plantas de *Lilium* 'Armandale' y 'Tresor' se retiraron cuidadosamente de las macetas, se lavaron con agua para eliminar el exceso de sustrato, y se fragmentaron en raíz, bulbo, tallo, hojas y botones florales.

Con una balanza digital marca Ohaus Adventurer® modelo AR3130 y precisión de 0.01 g se registró la biomasa fresca. Cada fragmento fue etiquetado y embolsado en bolsas de estraza que se colocaron en un horno marca Ravel® a 80 °C por 24 horas. Transcurrido este tiempo, se registró la biomasa seca con la balanza ya mencionada.

Los resultados de altura se procesaron con estadística descriptiva y a los de distribución de biomasa se les aplicó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Para el análisis estadístico se utilizó Excel y el Software SAS v. 9.0® para Windows.

7.0 Resultados y discusión

7.1 Altura de la planta

En Liliium 'Armandale', la altura de los tallos florales disminuyó conforme se incrementó la concentración de PBZ, pero en 'Tresor', únicamente la aplicación de 200 mg L⁻¹ de PBZ disminuyó considerablemente esta variable. A los 75 días después del trasplante (ddp) los tallos de 'Armandale' con 50 o 200 mg L⁻¹ de PBZ disminuyeron 6.9 y 38.63 % respectivamente con respecto a los del control que tuvieron una altura promedio de 58 cm. En 'Tresor', la aplicación de 50 y 200 mg L⁻¹ de PBZ disminuyó 9.02 y 42.49 % la altura de las plantas con respecto al control cuya altura fue de 46.6 cm (Figura 4 A y 4 B).

A los 75 ddp, en 'Armandale' los tallos que no tuvieron PBZ y que fueron regados con solución nutritiva (SN) sin fósforo tuvieron 63.4 cm de altura mientras que los que fueron regados con SN completa, disminuyeron su altura a 58 cm. Con 200 mg L⁻¹ de PBZ en 'Armandale' sucedió similar ya que, con el riego de SN sin fósforo, la altura fue de 41.6 cm y disminuyó a 35.6 cm con SN completa. Para el caso de 'Tresor', esto ocurrió en la concentración de 50 mg L⁻¹ de PBZ, donde la altura de los tallos con SN sin fósforo se incrementó de 43.6 a 49.4 cm en comparación con los de SN completa. En 'Tresor' con 200 mg L⁻¹ de PBZ, riego de SN sin fósforo y micorrizas la altura fue de 39.6 cm y en promedio disminuyó a 27.8 cm con riego de SN completa y sin fósforo (Figura 4 A y 4 B).

Se ha reportado el uso de PBZ en el cultivo de distintas variedades de Liliium. En la variedad 'Ercolano' la altura de los tallos florales disminuyó de 64.4 a 44.44 cm (31 %) y en variedad Royal de 51.1 a 26.6 cm (48 %) debido a la inmersión de bulbos, antes de la siembra, en una solución de 50 mg L⁻¹ de PBZ de 15 a 20 min (Francescangeli *et al.*, 2007). Por otro lado, Torres-Pio *et al.* (2021) reportan que al sumergir bulbos de la variedad 'Arcachon' en soluciones de 50 y 200 mg L⁻¹ de PBZ durante 24 h, la altura de los tallos florales disminuye un 82 % de 85.3 cm del grupo control. Sin embargo, en el presente trabajo la aplicación de PBZ fue de la misma manera, pero durante 5 h y la altura disminuyó en menor porcentaje.

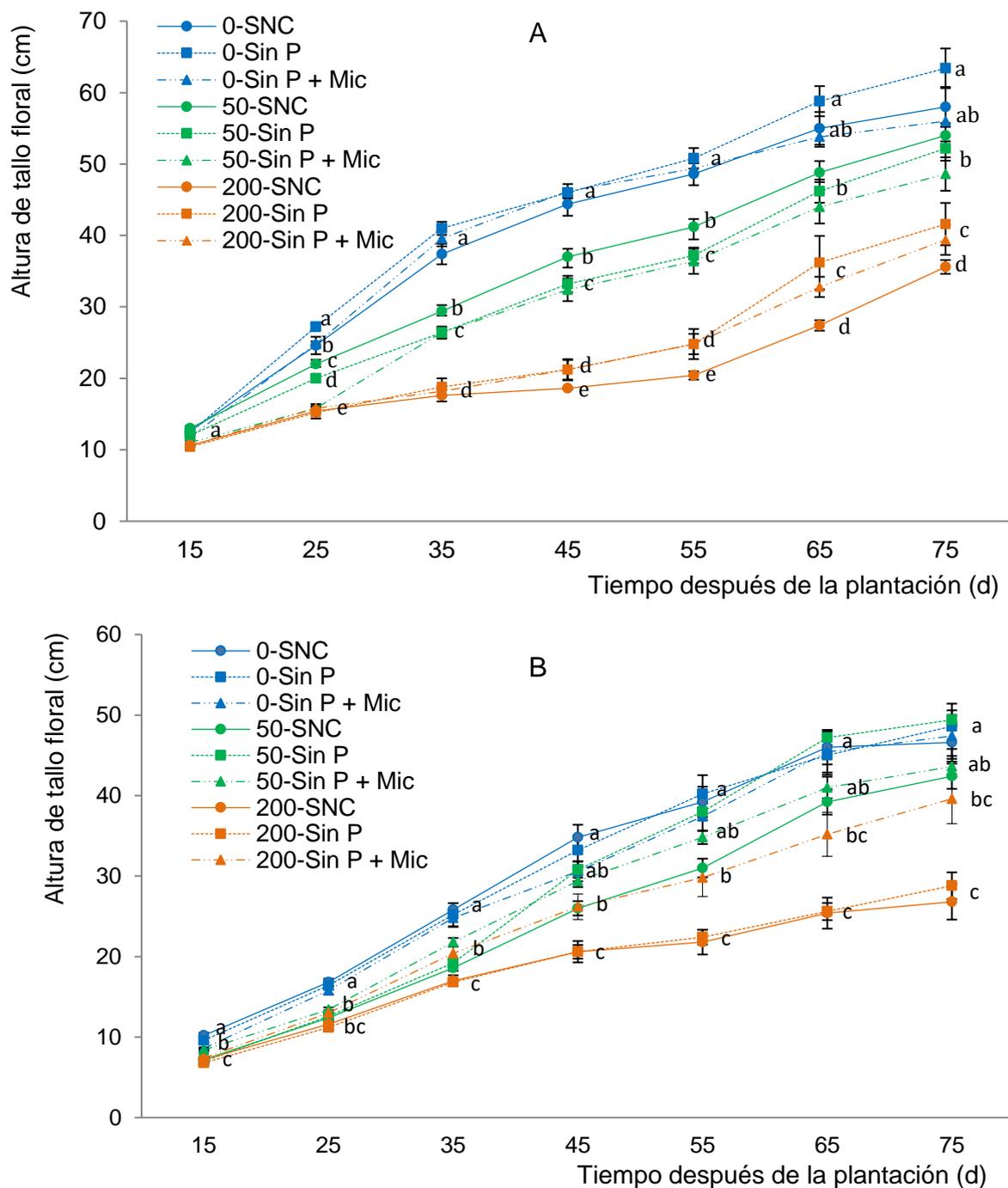


Figura 4. Altura de tallos florales en *Lilium* var. 'Armandale' (A) y 'Tresor'(B) cultivados con 0, 50 o 200 mg L⁻¹ de paclobutrazol y fertirrigados con solución nutritiva completa (SNC), sin fósforo (P) y sin P + 1 g de micorrizas (Mic) en los bulbos. Cada dato es el promedio de cinco repeticiones ± error estándar, letras iguales en cada tiempo de evaluación indican que no hubo diferencias entre tratamientos (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Por otro lado, Rubí-Arriaga *et al.* (2009) reportaron que al inocular 0 y 100 g de *G. fasciculatum* y aplicar 0, 22 y 44 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de fósforo en Liliium variedad 'Orange Pixie' la altura de los tallos florales aumentó de 20.81 a 23.48 cm. Estos resultados son similares a los que se obtuvieron en 'Tresor', ya que el asperjado de 1 g de *Glomus intraradices* sobre los bulbos incrementó la altura de los tallos florales que se trataron con 200 mg L^{-1} de PBZ. Lo anterior sugiere que las micorrizas producen o estimulan la síntesis de giberelinas para incrementar la longitud de los entrenudos y con ello la altura de los tallos florales.

En el presente trabajo, en ambas variedades se observó que el riego con solución nutritiva sin fósforo incrementó varias veces la altura del tallo en comparación con el riego de SNC y la formación de micorrizas. Se esperaría que la deficiencia de un macroelemento, como lo es el fósforo, afectara el crecimiento en altura de la planta. Tal es el caso del trabajo de Vargas *et al.* (2009) en plantas de *Solanum quitoense* variedad 'Quitoense' que regaron con una solución nutritiva carente de fósforo y obtuvieron que la altura del tallo principal disminuyó de 16.67 a 14 cm en comparación con el riego de SNC. Estas diferencias podrían explicarse porque a diferencia de *S. quitoense*, las plantas de Liliium tienen un bulbo que les provee de reservas nutrimentales.

7.2 Número de hojas y número, diámetro, longitud y peso fresco de botones florales a los 88 ddp

El número de hojas de Liliium 'Armandale' y 'Tresor' fue en promedio de 88.98. Con la aplicación de PBZ este parámetro disminuyó conforme aumentó la concentración, de 107.44 a 85.89 y 73.61 con 50 y 200 mg L^{-1} de PBZ, respectivamente y en comparación con el control. El factor del riego hizo que el número de hojas aumentara de 91.61 a 94.06 con solución nutritiva sin P y que disminuyera a 81.28 con el inóculo endomicorrízico (Cuadro 1).

En cuanto al número de botones florales, la variedad 'Tresor' fue la que más tuvo en comparación con 'Armandale'. Pero, la aplicación de PBZ aumentó el número de BF un 35 y 54 % con 50 y 200 mg L^{-1} en comparación con el control que tuvo 2.72 (100 %). Semejante al número de hojas, el riego con solución nutritiva sin P aumentó el número de BF de 3.5 a 3.84 y se redujo a 3.27 con la formación de micorrizas, en comparación con los tallos regados con solución nutritiva completa (Cuadro 1).

Entre variedades, 'Tresor' fue la que tuvo mayor peso fresco de los botones florales (22.20 g), aunque esto puede deberse a que también tuvo un mayor número, sin embargo, en la longitud y diámetro no hubo diferencias significativas en comparación con 'Armandale'. Finalmente, la aplicación de PBZ, el riego con distintas soluciones nutritivas y la aplicación del inóculo endomicorrízico no ocasionaron diferencias tanto en el peso fresco como en la longitud y diámetro de los botones florales (Cuadro 1).

Los datos de número de hojas aquí reportados concuerdan con los de Torres-Pio *et al.* (2021), donde en plantas de *Lilium* 'Arcachon', la aplicación de 50 y 200 mg L⁻¹ de PBZ disminuyó este parámetro de 79.67 a 33.33 y 29.33 respectivamente. Pero, no concuerda con el número de BF ya que mientras en 'Arcachon' se mantuvieron igual sin importar la aplicación de PBZ, en 'Armandale' y 'Tresor' aumentó el número conforme se incrementó la concentración. Tampoco concuerda con los datos de peso fresco de los BF porque en 'Arcachon' se vio un aumento de 49.61 a 72.63 y 77.17 g con 50 y 200 mg L⁻¹ de PBZ, respectivamente, mientras que en el presente trabajo no hubo diferencias significativas aun usando las mismas concentraciones de este regulador de crecimiento.

Por su parte, Currey y López (2010) reportaron que al sumergir bulbos de *Lilium* 'Nellie White' en soluciones de 30, 60 y 120 mg L⁻¹ de PBZ durante 15 minutos no ocasionó diferencias en la producción de botones florales, contrario a lo que ocurrió al sumergir los bulbos de 'Armandale' y 'Tresor' durante 5 horas en 50 y 200 mg L⁻¹ de PBZ ya que el número de botones aumentó hasta un 54 % en el número de botones florales en comparación con el control. Esto podría deberse a que, al sumergir los bulbos, el tiempo es una variable muy importante que influye en los efectos que tendrá el uso de PBZ en *Lilium*.

Cruz-Ruiz *et al.* (2021), aplicaron un biofertilizante con *G. fasciculatum* y *B. subtilis* como ingredientes activos y obtuvieron que el número de flores aumentó de 10 a 13 en comparación con el control. Esto quiere decir que la inoculación de estos microorganismos ejerce un efecto positivo en el crecimiento reproductivo de gladiolas. En el presente trabajo se esperaba que la inoculación de *G. intraradices* incrementara significativamente el número de botones florales, pero no fue así ya que este tratamiento disminuyó la producción de estos de 3.5 a 3.27 en comparación con el control.

Cuadro 1. Hojas y botones florales a los 80 días después de la plantación de dos variedades de *Lilium* cultivados con tres concentraciones de Paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego.

Factores	Número de hojas	Botones florales			
		Número	Peso fresco (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Variedades					
'Armandale'	88.63 a ^z	3.12 b	8.83 b	48.68 a	17.57 a
Tresor	89.33 a	3.95 a	22.20 a	46.30 a	18.24 a
DHS	7.02	0.30	3.44	6.75	2.49
PBZ (mgL⁻¹)					
0	107.44 a	2.72 c	13.32 a	51.03 a	18.88 a
50	85.89 b	3.68 b	17.61 a	46.68 a	18.52 a
200	73.61 c	4.21 a	15.60 a	44.67 a	16.33 a
DHS	10.37	0.44	5.08	9.94	3.67
Tipo de riego (R)					
SNC	91.61 ab	3.5 ab	14.90 a	43.44 a	16.83 a
SinP	94.06 a	3.84 a	14.24 a	50.25 a	19.48 a
SinP + Mic	81.28 b	3.27 b	17.39 a	48.78 a	17.42 a
DHS	10.37	0.44	5.08	9.94	3.66
Interacciones					
V*PBZ	*	NS	NS	NS	NS
V*R	NS	NS	NS	*	NS
PBZ*R	NS	NS	*	*	*
V*PBZ*R	NS	NS	NS	NS	NS

^zLetras diferentes, en cada columna por cada factor, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato representa el promedio de tres repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; SNC, solución nutritiva completa; SinP, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo + 1 g de micorrizas en los bulbos; V, variedad; NS, no significativo; *, significativo ($p \leq 0.05$); **, significativo ($p \leq 0.01$).

7.3 Aspecto visual de los tallos florales a los 80 ddp

En ambos cultivares, la altura de los tallos florales se redujo y el número de flores abiertas se incrementó con la aplicación de 200 mg L⁻¹ de PBZ, esta combinación contribuyó a que los tallos florales tuvieran un aspecto llamativo para los consumidores. El fertirriego sin fósforo promovió el amarillamiento de las hojas en la base de los tallos florales, a pesar de esto, el aspecto visual atractivo de las flores se mantuvo (Figura 5 y 6).

La aplicación de 25, 50, 100 o 200 mg L⁻¹ de PBZ en *Lilium* variedad 'Arcachon' mejora significativamente la apariencia visual en los tallos florales haciéndolos más aceptables para fines de marketing como plantas ornamentales (Torres-Pio, 2021). Lo mismo sucede en *Lilium* 'Armandale', analizado en el presente estudio.

Rubí *et al.* (2012), reportan que la aplicación de *G. fasciculatum* en plantas de *Lilium* híbrido oriental 'Showwinner' en condiciones de invernadero, aumenta significativamente la intensidad del color y el peso seco de las flores de 6.95 a 7.7 g y aumenta de 4.08 a 4.27 cm el ancho de los pétalos en comparación con el control sin la inoculación del hongo. Estos resultados se reflejan en un aumento en la calidad y aspecto visual de las plantas. En *Lilium* 'Armandale' la aplicación del inóculo endomicorrízico MYKE® PRO no mostró diferencias aparentes el aspecto visual, pero en 'Tesor' se observó que en el tratamiento con micorrizas y 200 mg L⁻¹ de PBZ a los 80 ddp se observan más flores abiertas, de un color más intenso y con un diámetro de apertura mayor al de los demás tratamientos. Sin embargo, hizo falta evaluar más parámetro durante la antesis para apoyar los resultados observados en las fotografías.

Meijón *et al.* (2009), mencionan que al aplicar PBZ en aerosol a 190 ppm en plantas de azalea, aumentó el número de hojas y cambió su arquitectura pues se veían más redondas y rugosas. Esto podría deberse a que el PBZ induce un aumento en el contenido de clorofila en las hojas lo que induce la formación de hojas resistentes, grandes y redondeadas de un verde más intenso. Sin embargo, en este estudio se pudo observar que el follaje basal, principalmente en los tallos de 'Tesor', estaba amarillo y necrosado a los 80 ddp, esto pudo deberse a la deficiencia nutricional de la solución sin fósforo, aunque también hizo falta realizar el conteo del número y concentración de clorofila en hojas para evaluar las diferencias en cuanto a color y atractivo del follaje.

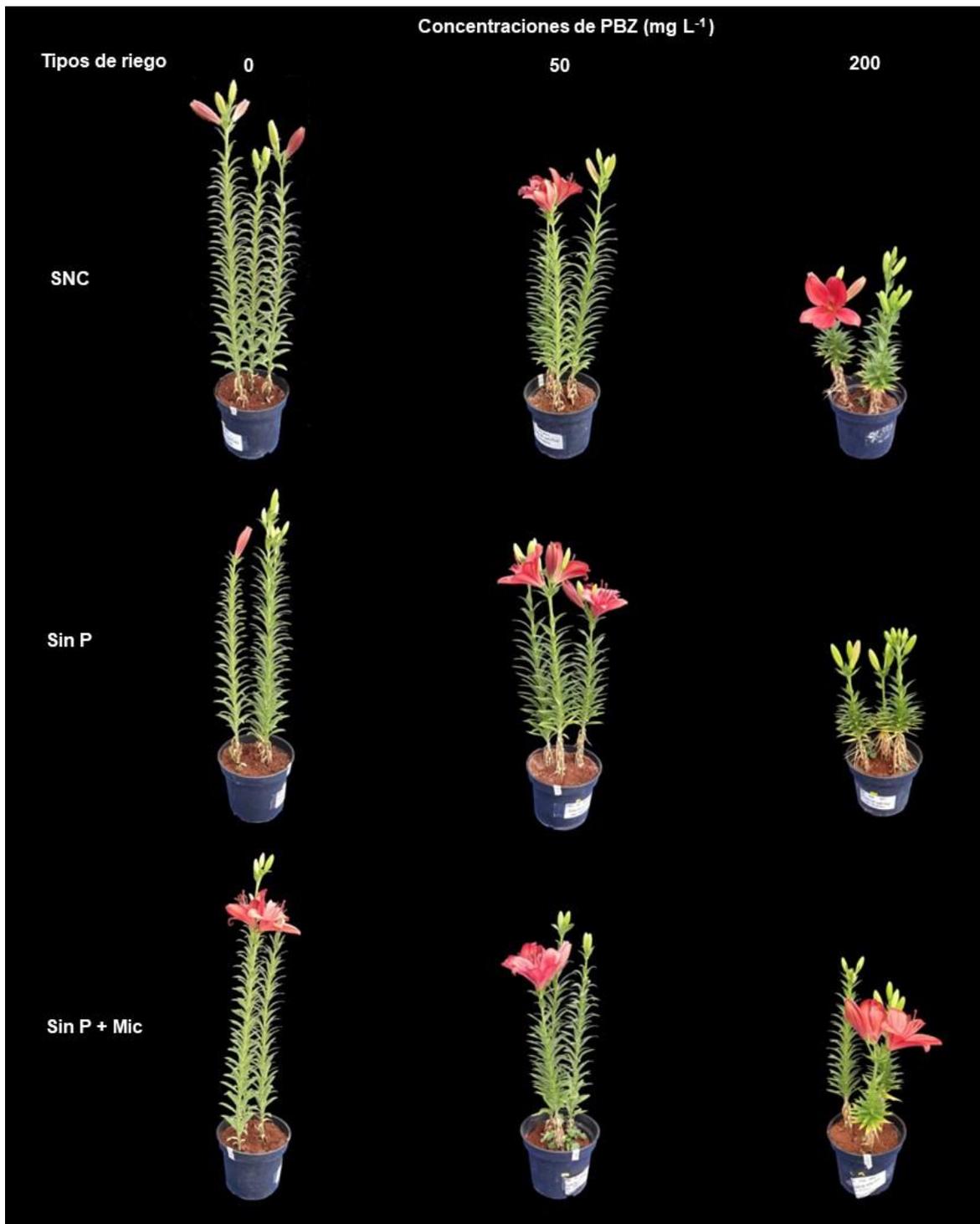


Figura 5. Aspecto visual a los 80 ddp de los tallos florales de *Lilium* 'Armandale' cultivados con tres concentraciones de paclobutrazol y tres tipos de riego. PBZ, paclobutrazol; SNC, solución nutritiva completa; Sin P, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo más micorrizas.

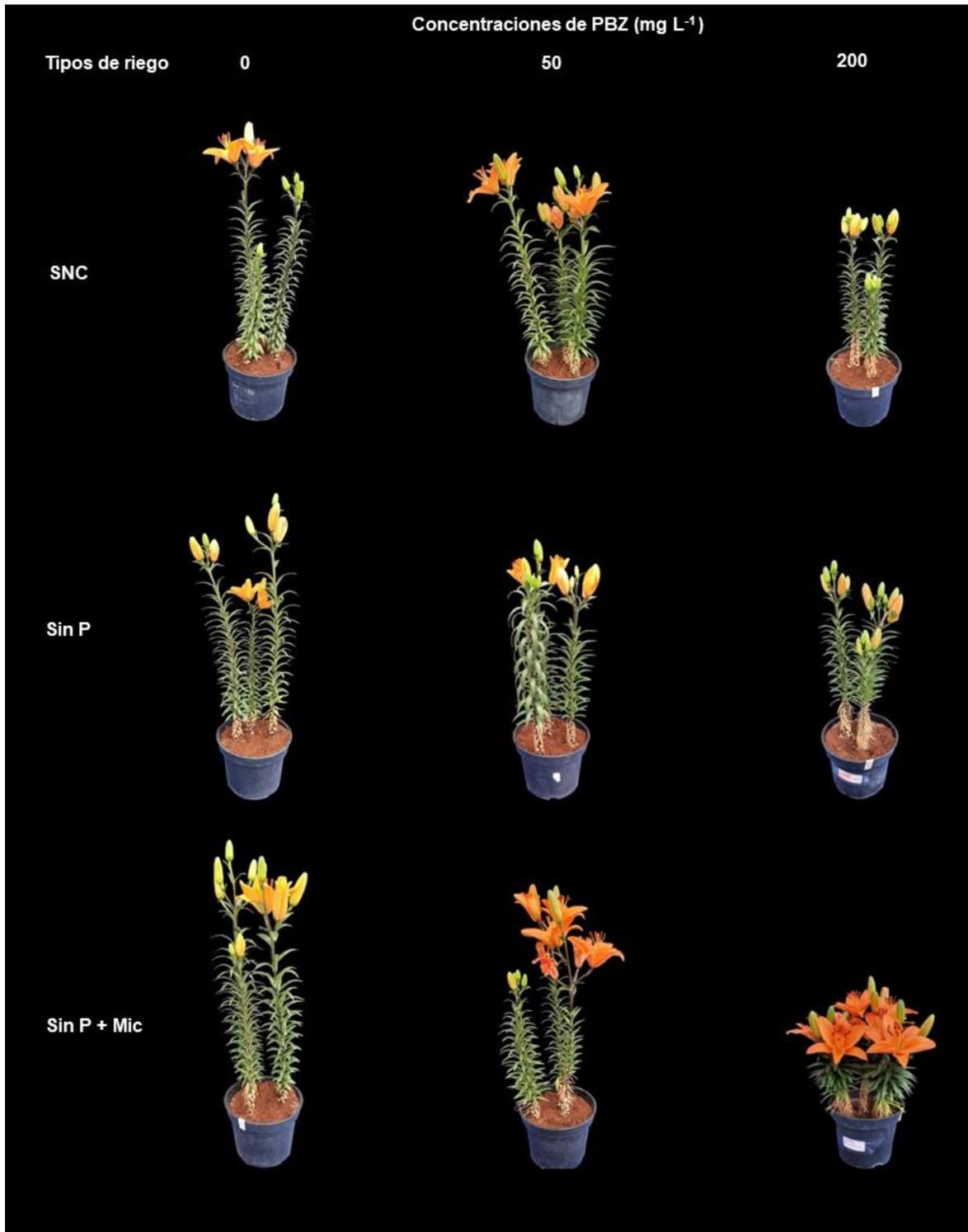


Figura 6. Aspecto visual a los 80 ddp de los tallos florales de Liliun ‘Tresor’ cultivados con tres concentraciones de paclobutrazol y tres tipos de riego. PBZ, paclobutrazol; SNC, solución nutritiva completa; Sin P, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo más micorrizas.

7.4 Distribución de biomasa seca de raíz, bulbo, tallo, hojas y botones florales a los 80 ddp

La biomasa seca de raíces, bulbos y hojas fue similar en ambas variedades. Sin embargo, en el peso seco de tallo y de botones florales 'Tresor' fue mayor, con 2.50 y 2.10 g, mientras que en 'Armandale' fue de 2.03 y 0.87 g, respectivamente. La aplicación de PBZ y los tipos de riego no tuvieron efecto en el peso de los bulbos o botones florales, pero la biomasa seca disminuyó en raíz de 0.79 a 0.52 g, de tallo de 3.03 a 2.20 g y de hojas de 2.40 a 1.65 g con 50 mg L⁻¹ de PBZ en comparación con el control sin PBZ. Con 200 mg L⁻¹ de PBZ el peso de raíz disminuyó de 0.79 a 0.50 g, de tallo de 3.03 a 1.56 g y de hojas de 2.40 a 1.16 g, en comparación con 0 mg L⁻¹ de PBZ (Cuadro 2).

En cuanto al tipo de riego, solo hubo diferencias significativas en la biomasa seca de raíz, tallo y hojas. En raíz, disminuyó de 0.79 a 0.46 g con riego de SN sin fósforo; en tallo y hojas disminuyó de 2.42 a 2.06 g y de 2.01 a 1.58 g con riego de SN sin fósforo más micorrizas, respectivamente, todo en comparación con el riego de SN completa (Cuadro 2).

Menchaca (2011) menciona que en plantas de sorgo la aplicación de 150, 300 y 400 mg L⁻¹ de PBZ aumenta el peso seco de raíz de 51.9 a 36.5, 60.09 y 74 g respectivamente, en comparación con el control. Sin embargo, en Liliium 'Armandale' y 'Tresor' ocurrió lo contrario ya que los tratamientos con PBZ disminuyeron el peso seco de las raíces a los 80 ddp.

Se ha reportado que la aplicación de micorrizas arbusculares en el cultivo de *Pennisetum purpureum* aumenta la producción de biomasa (Mujica y Molina, 2017), datos que no concuerdan con los presentes resultados porque en los tratamientos con micorrizas el peso seco disminuyó. Podría coincidir con Meir *et al.* (2010) que reportan que en el cultivo de *Eustoma grandiflorum* el aumento en el peso de tallo no fue estadísticamente significativo al aplicar micorrizas arbusculares pero el efecto más notorio fue el aumento en la altura de los tallos, similar a lo que ocurrió en el presente trabajo.

Cuadro 2. Distribución de biomasa a los 80 días después de la plantación de dos variedades de *Lilium* cultivados con tres concentraciones de Paclobutrazol (PBZ) y tres tipos de riego.

Factores	Biomasa seca				
	Raíz	Bulbo	Tallo	Hojas	Botones florales
Variedades					
‘Armandale’	0.68 a ²	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 (mgL⁻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
Tipo de riego (R)					
SNC	0.79 a	1.70 a	2.42 a	2.01 a	1.45 a
SinP	0.46 b	1.67 a	2.31 ab	1.62 ab	1.41 a
SinP + Mic	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					
V*PBZ	NS	NS	NS	NS	*
V*R	NS	NS	*	NS	NS
PBZ*R	**	NS	*	NS	**
V*PBZ*R	*	NS	NS	NS	*

²Letras diferentes, en cada columna por cada factor, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato representa el promedio de tres repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; SNC, solución nutritiva completa; SinP, solución nutritiva sin fósforo; Sin P + Mic, solución nutritiva sin fósforo + 1 g de micorrizas en los bulbos; V, variedad; NS, no significativo; *, significativo ($p \leq 0.05$); **, significativo ($p \leq 0.01$).

Rubí-Arriaga *et al.* (2009), reportaron que en *Lilium* ‘Orange Pixie’ al agregar 100 g de inóculo micorrícico con *G. fasciculatum* incrementó significativamente el peso seco de raíz, tallo y flores. Esto puede indicar que la fertilización mineral combinada con la inoculación incrementó la producción de materia seca en diferentes órganos, debido a una mayor absorción de elementos nutritivos como el fósforo y al incremento en la

superficie de la raíz. Sin embargo, en los resultados obtenidos del presente trabajo, no fue así ya que la inoculación de *G. intraradices* disminuyó el peso seco de hojas y tallos, lo cual debió ser porque únicamente se agregó 1 g del endomicorrízico MYKE® PRO con 800 esporas, cantidad 100 veces mejor que el antecedente. Los datos que sí asemejan son los que obtuvieron al aplicar 0, 22 y 44 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de fósforo en la nutrición pues el peso seco de la raíz disminuyó de 13.28 a 10.70 g con la ausencia de fósforo en comparación con 44 $\mu\text{g mL}^{-1}$, y en el peso de las flores también disminuyó de 8.42 a 7.68 g en comparación con 22 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Lo mismo sucedió con 'Armandale' y 'Tesor' ya que la deficiencia de fósforo en la solución nutritiva hizo que el peso seco de la raíz y los botones florales disminuyera en comparación con el control y la aplicación de micorrizas.

8.0 Conclusiones

La aplicación de 50 y 200 mg L⁻¹ de Paclobutrazol disminuye la altura de los tallos florales de 'Armandale' mientras que en 'Tresor', disminuye con 200 mg L⁻¹ más la aplicación de 1 g de inóculo endomicorrízico.

En Liliium 'Armandale' y 'Tresor', el número de hojas y botones florales aumenta con la aplicación de 50 y 200 mg L⁻¹ de Paclobutrazol y disminuye al aplicar el inóculo endomicorrízico.

El fertirriego con solución nutritiva sin fósforo y la aplicación del inóculo endomicorrízico provoca amarillamiento del follaje basal en Liliium 'Armandale' y 'Tresor'.

La aplicación del inóculo endomicorrízico disminuye la producción de biomasa de tallos y hojas y no tiene efecto en raíces y bulbos de Liliium 'Armandale' y 'Tresor'.

9.0 Literatura citada

- Alarcón, A. y Ferrara, R. 2000. *Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura*. Agricultura Técnica en México, 26 (2): 191-203. <https://www.redalyc.org/pdf/608/60826207.pdf>
- Alcantara, J. S., Acero, J., Alcántara, J. D. y Sánchez, R. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. NOVA, 17 (32): 109-129. <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/1036>
- All-Taweil, H., Osman, M., Hamid, A. y Yusoff, W. 2009. *Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 4 (1): 79-82. <https://thescipub.com/abstract/ajabssp.2009.79.82>
- Álvarez-Sánchez, M. E., R. Maldonado-Torres, R. García-Mateos, G. Almaguer-Vargas, J. Rupit-Ayala, y F. Zavala-Estrada. 2008. *Suministro de calcio en el desarrollo y nutrición de Lilium Asiático*. Agrocienza, 42 (8): 881-889. https://www.researchgate.net/publication/242626261_Calcium_supply_in_the_development_and_nutrition_of_Asiatic_Lilium
- Ballester-Olmos, J. F. 2005. *Reguladores del crecimiento para su uso en viveros*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España. http://www.horticom.com/revistasonline/extras/2005/J_F_Ballester.pdf
- Bowen, G. D. and Rovira, A. D. 1999. *The rizhosphere and its management to improve plant growth*. Avances en Agronomía, 66: 1-102. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60425-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60425-3)
- Cárdenas, G. 2011. *Dinámica de la absorción nutrimental y su relación con la fertilización interrumpida en Lilium sp. cultivado en un sistema hidropónico de recirculación* (Tesis de maestría). Centro de investigación en Química Aplicada, Departamento de Plásticos en la Agricultura. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/185/1/Guillermo%20Cárdenas%20Medina%20maestria.pdf>

- Cárdenas, K. y Rojas, E. 2003. *Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango "Tommy atkins"*. Bioagro, 15 (2): 83-90.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85715202>
- 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>
- Currey, C. J. y Lopez, R. G. 2010. *Paclobutrazol pre-plant bulb dips effectively control height of "Nellie White" Easter lily*. Horttechnology, 20 (2): 357-360.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.357>
- Delegación SADER Estado de México. 2020. *Ornamentales: una opción para celebrar el día del amor y la amistad*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura%7Cedomex/articulos/produccion-de-ornamentales-en-el-estado-de-mexico-celebrando-el-dia-del-amor-y-la-amistad>
- Díaz, J., Ordóñez, C., González, J. y Parra, M. 1998. *La microrregión florícola de Zinacantán y las perspectivas del desarrollo rural regional*. Revista de Geografía Agrícola: Estudios de la agricultura mexicana, Universidad Autónoma de Chapingo, 26: 347-372.
<https://www.ecosur.mx/ecoconsulta/indicadores/detalles.php?id=10103&bdi=6&ame=La%20microrregi%C3%B3n%20flor%C3%ADcola%20de%20Zinacant%C3%A1n%20y%20las%20perspectivas%20de%20desarrollo%20rural%20regional>
- Flores, R., Sánchez, F., Rodríguez, J., Mora, R., Colinas, M. y Lozoya, H. 2011. *Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 17 (2): 173-182.
- Francescangeli, N., P. Marinangeli y N. Curvetto. 2007. *Paclobutrazol for height control of two Liliun L. A. hybrids grown in pots*. Spanish Journal of Agricultural Research, 5 (3): 425-430.
https://www.researchgate.net/publication/28171844_Short_communication_Pacl_obutrazol_for_height_control_of_two_Liliun_LA_hybrids_grown_in_pots

- Franco, O., Torres, E., Morales, E. y Pérez, D. 2008. *Vida en florero de Liliium Brindisi y Menorca fertilizados con nitrato y oxido de calcio*. Ciencias Agrícolas Informa. México, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM: 6-21.
- García, R. y Companioni, B. 2018. *Lilium: situación actual en México*. Revista Tecsisotecatl, 23. <https://www.eumed.net/rev/tecsistecat/n23/lilium.html>
- Grageda-Cabrera, O., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. y Vera-Nuñez, J. 2012. *Impacto de los biofertilizantes en la agricultura*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3 (6): 1261-1274. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015
- Jordán, M., y Casaretto, J. 2006. *Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas*. Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). Fisiología Vegetal, 1-28. <https://www.academia.edu/download/31848275/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>
- Khan, M., Wagatsuma, T., Akhter, A., y Tawaraya, K. 2009. *Sterol biosynthesis inhibition by paclobutrazol induces greater aluminum (Al) sensitivity in Al-tolerant rice*. Amer Journal Plant Physiological, 4: 89–99. doi:10.3923/ajpp.2009.89.99
- Kondhare, K., Hedden, P., Kettlewell, P., Farrell, A. y Monaghan, J. 2014. *Use of the hormone-biosynthesisinhibitors fluridone and paclobutrazol to determine the effects of altered abscisic acid and gibberellin levelson pre-maturity amylase formation in wheat grains*. Journal of Cereal Science, 60: 210– 216. doi:10.1016/j.jcs.2014.03.001
- Martínez, P. 2018. *Proyecto de inversión para la producción de lilis (Lilium sp.) bajo ambientes controlados en San Pedro Cholula municipio de Ocoyoacac, México* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias.
- Meijón, M., Rodríguez, R., Cañal, M. J. y Feito, I. 2009. *Improvement of compactness and floral quality in azalea by means of application of plant growth regulators*. Scientia Horticulturae, 119: 169–176. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.scienta.2008.07.023>

- Meir, D., Pivonia, S., Levita, R., Dori, I., Ganot, L., Meir, S., Salim, S., Resnick, N., Winingar, S., Shlomo, E. y Koltai, H. 2010. *Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: lisianthus (Eustoma grandiflorum) as a test case*. Spanish Journal of Agricultural Research, 8 (S1): 5-10.
- Menchaca, F. 2011. *Crecimiento y rendimiento de grano del sorgo en respuesta al paclobutrazol aplicado en semilla o follaje* (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agronomía.
- Mujica, Y. y Molina, L. 2017. *Influence of arbuscular mycorrhizal fungi (Rhizoglosum intraradices) and plant growth stimulators in Pennisetum purpureum Sch. Cv. Cuba CT-115*. Cultivos tropicales, 38 (1): 131-137.
- Mosquera, V. 2010. *Competitividad de la pequeña empresa del sector ornamentales en Atlixco, México*. Entramado, 6 (2): 26-35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265419645003>
- MYKE ® PRO Hortalizas. *Inoculante micorrízico*. <http://www.mykepro.com/mykepro-product-mycorrhizae/myke-pro-greenhouse-wp.aspx>
- Orabi, S., Salman, S., y Shalaby, M. 2010. *Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (CucumissativusL.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol*. World Journal Agricultural Sciences, 6(3): 252–259.
- Orozco, M. y Mendoza, M. 2003. *Competitividad local de la agricultura ornamental en México*. Ciencia Ergo Sum, Universidad Autónoma del Estado de México, 10 (1): 29-42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10410104>
- Pal, S. L. 2019. *Role of plant growth regulators in floriculture: an overview*. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8 (3): 789-796. https://www.researchgate.net/publication/333478951_Role_of_plant_growth_regulators_in_floriculture_An_overview_SL_Pal#:~:text=Plant%20growth%20regulators%20are%20being,the%20plant%20and%20environment%20friendly.
- Partida, L., Velázquez, T., Acosta, B., Ayala, F., Díaz, T., Inzunza, J. y Cruz, J. 2007. *Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón*

- y berenjena. Revista Fitotecnia Mexicana, 30 (2): 145-149.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030205>
- Pooja, S., Dudeja, S. y Neeru, N. 2007. *Development of multiple co-inoculants of different biofertilizers and their interaction with plants*. Archives of Agronomy and Soil Science, 53: 221-230. <https://doi.org/10.1080/03650340601183723>
- Rendón, A. y Neyra, L. 2020. *Ornamental*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/ornamental>
- Rubí, M., González, A., Olalde, V., Reyes, B., Castillo, A., Pérez, D. y Aguilera, L. 2012. *Contribución de fósforo al mejoramiento de calidad en Liliun y la relación con Glomus fasciculatum y Bacillus subtilis*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3 (1): 125-139.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000100009
- Rubí-Arriaga, M., V. Olalde-Portugal, B. G. Reyes-Reyes, A. González-Huerta, y L. I. Aguilera-Gómez. 2009. *Influencia de Glomus fasciculatum en el crecimiento y desarrollo de Liliun sp. cv. Orange Pixie*. Agricultura Técnica en México, 35 (2). 201-210. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000200007
- Salazar-Orozco, G., Ruíz-Sánchez, M. C., Valdez-Aguilar, L. A., Pistelli, L., Ruíz-Olmos, C. y Grassotti, A. 2013. *Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica en la calidad aromática de flores de Liliun "Starfighter"*. Información Técnica Económica Agraria, 109 (1): 3-12.
https://www.researchgate.net/publication/254560456_Influencia_de_la_fertilizacion_nitrogenada_y_potasica_en_la_calidad_aromatica_de_flores_de_Liliun_Starfighter
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario. 2014. *Producción agrícola por cultivo del año 2014*. Gobierno del Estado de México.
https://sedagro.edomex.gob.mx/produccion_agricola2014

- SIAP (Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera). 2016. *Cierre de la producción agrícola por cultivo*. <https://infosiap.gob.mx>
- Simonne, E. H. y C. M. Hutchinson. 2005. *Controlled released fertilizer for vegetable production in the Era of best management practices*. Hortechology, 15: 36-46. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.1.0036>
- Streck, N. y Schuh, M. 2005. *Simulating the vernalization response of the 'Snow Queen' Lily (Lilium longiflorum Thunb)*. Sciences Agricultrals, 62 (2): 58-64. <https://core.ac.uk/download/pdf/268301395.pdf>
- Syngenta. Cultar ® 25SC. *Paclobutrazol, regulador de crecimiento*. <https://www.syngenta.com.mx/product/crop-protection/regulador-de-crecimiento/cultarr-25-sc>
- Tesfahun, W. 2018. *A review on: Response of crops to paclobutrazol application*. Cogent Food & Agriculture, 4. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1525169>
- Torres-Pio, K., De La Cruz-Guzmán, G., Arévalo-Galarza, M., 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>
- Treder, J. 2001. *The effect of light and nutrition on growth and flowering of oriental lilies*. Acta Horticulturae. 548:523-529. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.548.63>
- Vargas, M., Calderón, L. y Pérez, M. 2009. *Efecto de las deficiencias de algunos nutrientes en plantas de Lulo (Solanum quitoense var. Quitoense) en etapa de vivero*. Facultad de ciencias básicas, 5 (1): 64-81. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2122>
- Varshney, A., Sharma, M.P., Adholeya, A., Dhawan, V., Srivastava, P.S., 2002. *Enhanced growth of micropropagated 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>

Vessey, J. K. 2003. *Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers*. *Plant and Soil*, 255: 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>