



EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CONTROL DEL RAJADO DE TALLOS EN ALSTROEMERIA VARIEDAD 'BALI'

EVALUATION OF DIFFERENT FERTILIZATION STRATEGIES IN THE CONTROL OF STEM CRACKING IN ALSTROEMERIA VARIETY 'BALI'

Javier Giovanni Álvarez-Herrera ¹

Marilcen Jaime-Guerrero ²

Laura María Patiño-Serrano ³

Citación: Álvarez-Herrera, J. G., Jaime-Guerrero, M., Patiño-Serrano, L. M. (2026). Evaluación de diferentes estrategias de fertilización en el control del rajado de tallos en alstroemeria variedad 'Bali'. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 17(1), 35 – 53. <https://doi.org/10.22490/21456453.9127>

¹ Ingeniero Agrícola, M. Sc. Ph. D., Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. javier.alvarez@uptc.edu.co

² Ingeniera Agrónoma, M. Sc., Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. marilcen.jaime@uptc.edu.co

³ Ingeniera Agrónoma, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. lauraserrano.agronomico@gmail.com

RESUMEN

Contextualización: La alstroemeria es una flor con gran belleza, amplia gama de colores, larga vida en florero y con una creciente popularidad a nivel mundial.

Vacío de investigación: Uno de los principales problemas que afecta la calidad de la flor de corte en el cultivo de alstroemeria es el rajado longitudinal del tallo presente durante las primeras semanas de crecimiento, lo cual origina la pérdida de producción y de calidad comercial.

Propósito del estudio: El objetivo fue evaluar diferentes estrategias de fertilización en el control del rajado de tallos en alstroemeria, variedad 'Bali'.

Metodología: Mediante un diseño experimental completamente aleatorizado, se evaluaron cinco tratamientos: testigo con fertilización convencional, tratamiento con riego adicional, urea adicional, fertilización foliar adicional a base de Ca, B, K y P, y el último con sulfato de potasio adicional, cuya aplicación se realizó una semana después de la siembra y semanalmente durante el ciclo de cultivo.

Resultados y conclusiones: La aplicación de sulfato de potasio mostró los mayores valores de diámetro del tallo con 0,835 cm. El número de flores por tallo no se vio afectado de forma significativa, no obstante, la aplicación de sulfato de potasio mostró valores superiores de 7,38 flores por tallo a las 27 semanas después de siembra. La fertilización foliar adicional con calcio, boro, potasio y fósforo afectó de manera significativa, al aumentar la producción y reducir el porcentaje de tallos rajados en el cultivo de alstroemeria. Es fundamental distribuir en un mayor número de aplicaciones las cantidades de nitrógeno durante el desarrollo del cultivo para evitar un crecimiento desproporcionado del tallo y prevenir fisiopatías.

Palabras clave: flores, diámetro de tallo, agrietamiento de tallo, nutrición mineral, fertirriego

ABSTRACT

Contextualization: Alstroemeria is a flower with great beauty, a wide range of colors, a long vase life, and a growing popularity worldwide.

Knowledge gap: One of the main problems affecting cut flowers' quality in alstroemeria cultivation is the longitudinal cracking of the stem present during the first weeks of growth, which causes a loss of production and commercial quality.

Purpose: The objective was to evaluate different fertilization strategies to control stem cracking in the alstroemeria variety 'Bali.'

Methodology: Using a completely randomized experimental design, five treatments were evaluated: control with conventional fertilization, treatment with additional irrigation, additional urea, additional foliar fertilization based on Ca, B, K, and P, and the last with additional potassium sulfate, whose application was carried out one week after sowing.

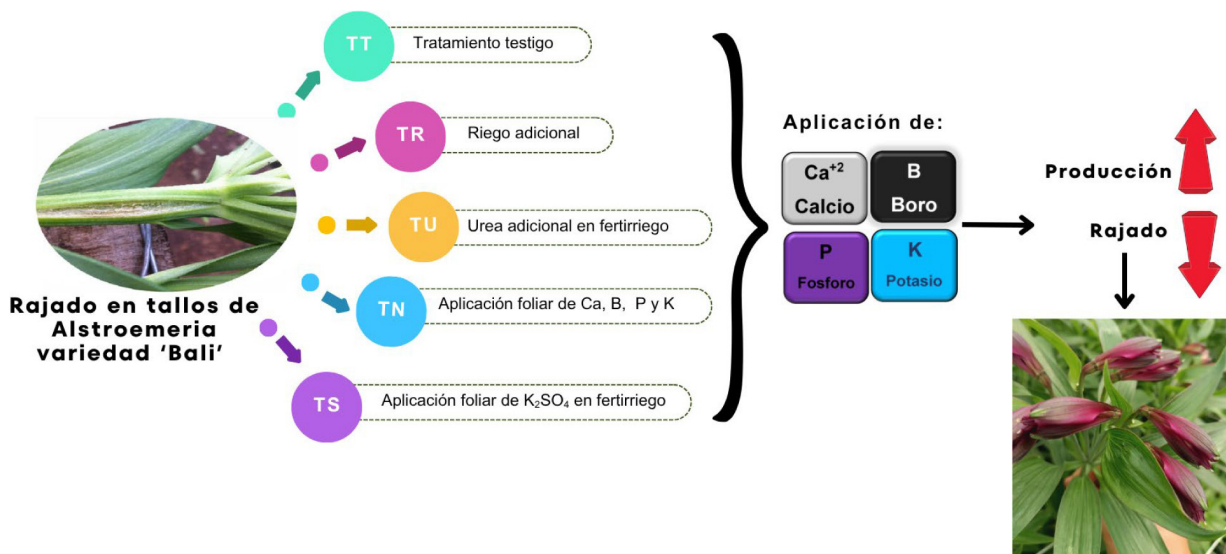
Results and conclusions: The application of potassium sulfate showed the highest values of stem diameter with 0.835 cm. The number of flowers per stem was not significantly affected. However, the application of potassium sulfate showed higher values of 7.38 flowers per stem at 27 weeks after sowing. Additional foliar fertilization with calcium, boron, potassium, and phosphorus was significantly affected by increasing production and reducing the percentage of cracked stems in the Alstroemeria crop. It is essential to distribute the quantities of nitrogen in a greater number of applications during the development of the crop to avoid disproportionate growth of the stem and prevent physiopathies.

Keywords: flowers, stem diameter, stem cracking, mineral nutrition, fertigation

RESUMEN GRÁFICO

La aplicación de Ca, B, K y P aumentó la producción de tallos y disminuyó el por-

centaje de tallos rajados en el cultivo de alstroemeria.



Fuente: Patiño-Serrano, L. M.; Creada con www.canva.com

1 INTRODUCCIÓN

La alstroemeria es conocida como lirio de los incas o lirio peruano. Es una flor de corte de larga duración y gran atractivo en el mercado floral, debido a su amplia gama de colores, y su popularidad se encuentra en aumento, lo que la ubica dentro de las diez flores de corte más importantes del mundo (Bridgen, 2018; Lone et al., 2021). Esta planta perenne es originaria de Chile, Brasil y otros países de Sudamérica (Kumar et al., 2024). A su vez, en Colombia, el cultivo de alstroemeria alcanza un 4,9 % del total de la producción de flores exportables, por lo que se convierte en un renglón importante de la economía en un país floricultor y actualmente tiene una creciente aceptación comercial

a nivel mundial, que ha incrementado la investigación y el desarrollo de nuevos materiales de esta planta (CCOA, 2023).

Uno de los mayores problemas de la alstroemeria es que durante las primeras semanas de producción se presenta un rajado longitudinal del tallo, el cual afecta la calidad (producto no exportable) y la vida útil de la flor de corte, lo que genera pérdidas en la producción. Esta fisiopatía ocurre probablemente por un suplemento inadecuado de riego, desbalances nutricionales (deficiencia o exceso), o por características inherentes a la variedad o genética de la planta (Souza & Tavares, 2021). Además, las condiciones de cultivo pueden provocar pérdidas de cali-

dad en la producción de flores de corte de alstroemeria que alcanzan entre un 30 % y un 70 % (Kaviya et al., 2021), ya que factores como luz y temperatura tienen un impacto significativo en la floración (Dhiman y Kashyap, 2022). Así mismo, se ha reportado que el cultivo bajo cubierta favorece el crecimiento vegetativo excesivo, lo que perjudica tanto la calidad de las flores como el rendimiento, generando brotes delgados e improductivos (Kumar et al., 2024).

Es sabido que el exceso de nitrógeno puede alterar la arquitectura del tallo, debido a que promueve un crecimiento excesivo, lo cual debilita las paredes celulares y favorece el rajado de los tallos, así mismo, genera un desbalance en hormonas como las auxinas y el etileno, lo cual aumenta los daños físicos en los tallos de las flores, que se acentúan bajo condiciones de estrés ambiental (Souza & Tavares, 2021). Así mismo, el exceso de nitrógeno puede causar problemas en la absorción de calcio, ya que en particular el nitrato puede alterar la capacidad de la planta para transportar calcio desde las raíces y hacia los tejidos apicales, lo que afecta la cohesión de la pared celular, reduce su elasticidad y puede provocar fisuras (Luo et al., 2020), que finalmente desencadenan el problema del rajado en el tallo.

Al respecto, un adecuado balance nutricional entre el nitrógeno y el calcio es necesario, ya que este último nutriente es esencial para el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales, debido a que mantiene la rigidez de la pared celular, estabiliza las membranas celulares a través de la interacción con los fosfolípidos, disminuye la acti-

vidad de enzimas pectolíticas y actúa como segundo mensajero en muchos procesos fisiológicos, incluida la respuesta a diferentes tipos de estrés (Jaime-Guerrero et al., 2024). Del mismo modo, los síntomas de deficiencia de calcio ocurren con mayor frecuencia en los tejidos en desarrollo como los tallos jóvenes no lignificados (Thor, 2019), por lo tanto, altos niveles de nitrógeno estimulan un crecimiento rápido, que sobrepasa la capacidad de las células para fortalecer las paredes celulares (Souza y Tavares, 2021), generando la fisiopatía del rajado del tallo en el cultivo de alstroemeria. En este sentido, las flores con tallos rajados suelen marchitarse más rápido, lo que reduce la vida útil en florero, la estética, la calidad, y a su vez, disminuye el valor comercial.

Al respecto, Singh et al. (2017) mencionan que un manejo adecuado de la nutrición con N, P y K (150, 100 y 150 mg kg⁻¹) mejora el crecimiento vegetativo, lo que resulta en tallos fuertes y resistentes, mayor número de tallos, y de hojas por tallo, mayor cantidad de flores, y un tamaño de inflorescencia más grande, lo que se traduce en mejores rendimientos en alstroemeria. Del mismo modo, Calderón (2005) menciona que un exceso de nitratos y potasio y una deficiencia de Ca y B, acompañado de un exceso de humedad, generan el rajado de los tallos en clavel, y que la concentración de N en los tallos rajados es mayor en la savia, y no así en los tallos o las hojas.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes estrategias de fertilización en el control del rajado de tallos en alstroemeria variedad 'Bali', bajo condiciones de invernadero en Chía (Cundinamarca).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se llevó a cabo en los invernaderos de una finca del municipio de Chía, departamento de Cundinamarca, ubicada a $4,848039^\circ$ de latitud norte y $74,052260^\circ$ de longitud oeste, con una altitud de 2564 m. Los valores medios de las temperaturas mínima y máxima promedio registrados dentro del invernadero durante el ensayo fueron de $7,7$ y $29,4^\circ\text{C}$, respectivamente, con una humedad relativa promedio del 77 %. La precipitación de la zona es de 770 mm, y a campo abierto se registra una temperatura promedio de $13,4^\circ\text{C}$, una HR del 60 % que clasifica el clima como frío seco.

Material vegetal

Se emplearon plantas de lirio de la variedad 'Bali' provenientes de la finca de propagación Santa Bárbara, ubicada en Facatativá, con una elongación de 35 cm. Esta variedad se caracteriza por flores cuyo color dominante es el amarillo, y se comercializa internacionalmente con tallos de mínimo 75 cm y una masa promedio de 50 g.

Los suelos de la zona están formados por derivados de cenizas volcánicas y sedimentos aluviales, los cuales son clasificados en Humic Dystrudepts, con pendiente menor al 3 % y con una distribución del tamaño de partículas franco arenosa. El suelo para la siembra se preparó mediante un arado superficial, el cual tenía las siguientes condiciones previo a la instalación del ensayo

con valores de 159, 142, 164, 184 y 143 mg kg^{-1} de NO_3 , conductividad eléctrica de 2,03, 1,75, 1,87, 2,40 y 1,99 dS m^{-1} y pH de 6,4, 6,5, 6,8, 7,0 y 6,4, para el tratamiento testigo (TT), tratamiento con riego adicional (TR), tratamiento con urea adicional (TU), tratamiento con nutrición foliar adicional (TN) y tratamiento con sulfato de potasio adicional (TS), respectivamente (Tabla 1). Posteriormente, el suelo se desinfectó con dicloropropeno al 92 % (Agroquímicos de Levante S.A., España), con el fin de prevenir la aparición de patógenos y evitar el crecimiento de plantas invasoras. Una vez transcurrido el plazo de seguridad de 21 días del producto, se procedió a la siembra del material vegetal. Este se instaló a una distancia de 40 cm entre plantas, en camas contenidas y una vez trasplantadas se realizaron las diferentes labores de cultivo, como podas, tutorado, manejo fitosanitario, entre otros. La fertilización convencional del cultivo con macronutrientes fue de 155, 54, 144, 100 y 20 mg kg^{-1} , de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y de micronutrientes fue de 1,0, 0,5, 2, 2,2, 0,5 y 0,01 mg kg^{-1} de Zn, Cu, Fe, Mn, Bo y Mo, respectivamente.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, en donde se evaluaron cinco tratamientos (Tabla 1), cada uno con cinco repeticiones, para conformar 25 unidades experimentales (UE), en donde cada UE estuvo compuesta por 50 plantas, para

un total de 250 plantas por tratamiento, las cuales se sembraron a una profundidad de 20

cm. Las aplicaciones de cada tratamiento comenzaron una semana después de la siembra.

Tabla 1.

Tratamientos de riego y fertilización en el control del rajado de tallos en alstroemeria variedad 'Bali'

Abreviatura	Riego (L)	Sistema de riego	Fertilización
TT	120	Goteo	Convencional
TR	150	Goteo (120 L) + manguera (30 L)	Convencional
TU	120	Goteo	Convencional + urea en fertirriego (500 mg kg ⁻¹ de nitrógeno semanal).
TN	120	Goteo	Convencional + aplicación foliar de calcio (308 mg kg ⁻¹ dos veces por semana) + boro (75 mg kg ⁻¹ dos veces por semana) + fósforo (858 mg kg ⁻¹ semanal) y potasio (681 mg kg ⁻¹ semanal).
TS	120	Goteo	Convencional + sulfato de potasio (500 mg kg ⁻¹ semanal) en fertirriego.

TT: tratamiento testigo; TR: tratamiento con riego adicional; TU: tratamiento con urea adicional; TN: tratamiento con nutrición foliar adicional; TS: tratamiento con sulfato de potasio adicional. Convencional: de acuerdo con los estándares de la zona. El riego está determinado por día.

Variables de respuesta

Una vez comenzó la aparición del rajado de los tallos en los lirios, se tomó registro de la fisiopatía una semanalmente, en cada una de las unidades experimentales, y se determinaron las siguientes variables:

Se evaluó el porcentaje del rajado en el tallo, en donde una vez apareció la fisiopatía (aparición de la ruptura vertical) en las primeras semanas de vida de los tallos vegetativos (semana 18), se marcó con cintas de color blanco de acuerdo con la semana

de vida, para evitar la repetición del conteo, y se calculó dividiendo el número de tallos rajados en el número de tallos total producidos por UE, hasta la cosecha de los tallos en la semana 32.

El diámetro del tallo se midió con un calibrador pie de rey digital (Mitutoyo Corporation, Japón) de precisión 0,05 mm en 15 tallos por UE, dos veces por semana, desde la semana 18 hasta la semana 27, en donde termina su crecimiento, así mismo se contó el número de flores por tallo con la misma frecuencia y en los mismos tiempos.

Se cuantificó la producción determinando la cantidad de tallos exportables por UE, a partir de la semana 18 después de la siembra, en la cual comienzan a aparecer los primeros tallos con cualidades aptas de exportación, para lo cual se realizó un registro diario por UE, y en el que se descartaron los tallos que presentan condiciones no favorables para manejo en poscosecha, como por ejemplo dos flores por tallo, altura no deseada y apertura de flor precoz.

Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (Anova) para un diseño completamente al azar con

el fin de determinar si hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos aplicados, para cada una de las variables de respuesta medidas, adicionalmente se hizo una prueba de comparación de promedios de Bonferroni al 95 %. Además, se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo, con el fin de establecer las diferencias estadísticas entre los diferentes instantes de medición, según la prueba de Tukey [$P \leq 0,05$]. Se utilizó el *software* estadístico SAS OnDemand for Academics program (SAS Institute Inc., Cary, NC).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro del tallo

La evaluación del diámetro se realizó en tallos con mediciones superiores a los 0,4 cm, ya que estos son los que cumplen con los parámetros de calidad para exportación. Durante las mediciones realizadas entre las 18 y 23 semanas después de siembra (SDS), no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que a partir de las 24 SDS, las distintas estrategias de control del rajado empleadas mostraron diferencias estadísticas (Figura 1). Así mismo, el comportamiento del diámetro del tallo mostró diferencias significativas entre las distintas mediciones realizadas en el tiempo (Tabla 2), en donde se aprecia un comportamiento de crecimiento lineal constante desde la semana 18 hasta la 22, con una pequeña pausa en el crecimiento entre las 22 y 23 SDS, para

luego proseguir con la misma velocidad de crecimiento, hasta la semana 27.

El tratamiento con la aplicación de sulfato de potasio adicional obtuvo los mejores resultados en cuanto al diámetro del tallo (0,835 cm), mientras que el tratamiento testigo y el tratamiento con nutrición foliar adicional, tuvieron los valores más bajos con 0,807 y 0,808 cm, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por Kumar et al. (2024), quienes encontraron diámetros de tallo que oscilan entre 0,505 y 0,875 cm para alstroemeria cultivar ‘Capri’ sometida a diferentes densidades de siembra y aclareo de brotes. Asimismo, Kaushal et al. (2018) reportan diámetros de tallo promedio para alstroemeria de 0,845 cm, con diferentes tratamientos de riego.

Tabla 2.

Promedio del diámetro de tallo, número de flores por tallo y porcentaje de tallos rajados en alstroemeria variedad 'Bali' sometida a diferentes tratamientos de riego y fertilización

Semana	Diámetro de tallo (cm)	Número de flores por tallo	Porcentaje de tallos rajados (%)
18	0,705f	6,1c	1,65h
19	0,754e	6,82b	3,32h
20	0,762de	7,26a	3,81h
21	0,786cd	7,162ab	5,61gh
22	0,81c	7,176ab	8,00fgh
23	0,816c	7,154ab	9,72efgh
24	0,858b	7,34a	12,24defgh
25	0,87b	7,274a	14,4defgh
26	0,886ab	7,372a	17,6cdefg
27	0,9038a	7,168ab	19,7bcdef
28	-	-	22,3bcde
29	-	-	25,7abcd
30	-	-	30,1abc
31	-	-	33,3ab
32	-	-	36,02a
Tukey ($P \leq 0,05$)	0,031	0,436	13,72

Letras distintas indican diferencias significativas entre mediciones en el tiempo, según Tukey ($P \leq 0,05$). – datos no medidos.

Fuente: autores.

Al respecto, es sabido que el potasio es fundamental para el equilibrio osmótico, la turgencia celular, apertura estomática, y el movimiento de fotoasimilados, ya que mantiene la hidratación de las células, debido a que regula la entrada y salida de agua a través de la membrana celular, lo que contribuye a una expansión uniforme de los tejidos

del tallo y favorece un mayor grosor y resistencia estructural del tallo (Hu et al., 2022). En este sentido, Alharbi et al. (2024) evaluaron la aplicación de nanosilicatos de potasio en plantas de sorgo, y lograron aumentar el diámetro del tallo de 0,9 cm a 1,8 cm, lo que resalta la aplicación de potasio en el aumento del grosor del tallo en las plantas.

Número de flores por tallo

En general, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para el número de flores por tallo a excepción de las mediciones realizadas en las semanas 22 y 27 SDS, en las cuales la aplicación adicional de sulfato de potasio mostró los mayores valores con 7,61 y 7,38 flores por tallo, respectivamente (Figura 2). Estos valores son inferiores a los reportados por Kaushal et al. (2018), quienes sometieron alstroemeria a diferentes niveles de riego y encontraron valores de 17,95 flores por tallo, y 5,69 flores por inflorescencia. Del mismo modo, Lone et al. (2021) evaluaron diferentes densidades de siembra y aclareo de brotes en alstroemeria cultivares ‘Pluto’ y ‘Alladin’ y encontraron

un número promedio de inflorescencias por tallo de 2,88 y de 4,41 flores por inflorescencia. Cabe resaltar que los valores reportados en el presente estudio son inferiores, debido a que solo se tienen en cuenta flores de calidad exportable, pues los tallos descartados no se contabilizan, ya que esta es una actividad dispendiosa que no genera rentabilidad dentro de las actividades de producción de las flores. Así mismo, se observaron diferencias significativas entre las diferentes mediciones en el tiempo para el número de flores por tallo (Tabla 2), en donde se aprecia un comportamiento de aumento significativo desde la semana 18 hasta la 20, para luego mostrar un número de flores por tallo constante a lo largo del ciclo de producción del cultivo, y volver a disminuir hacia la semana 27.

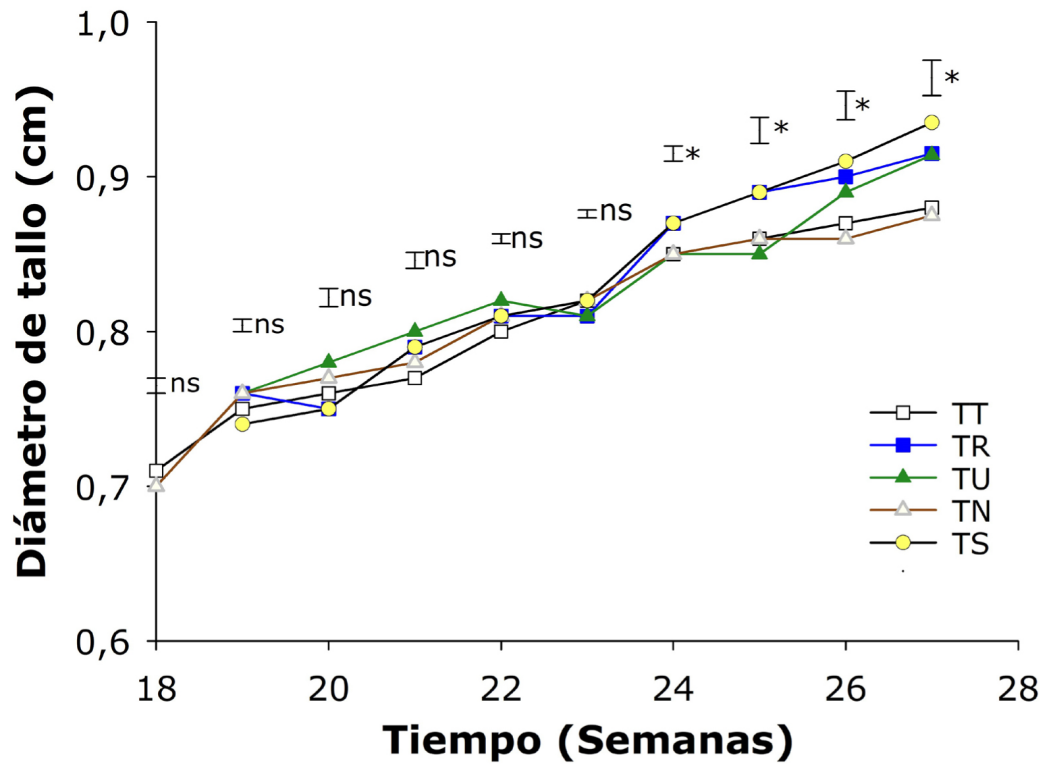


Figura 1. Diámetro de tallo de alstroemeria variedad 'Bali' sometida a diferentes estrategias de fertilización para el control del rajado de tallos. TT: tratamiento testigo; TR: tratamiento con riego adicional; TU: tratamiento con urea adicional; TN: tratamiento con nutrición foliar adicional; TS: tratamiento con sulfato de potasio adicional. ns: no significativo, * indican diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo con el ANOVA [$P \leq 0,05$]. Las barras verticales indican el error estándar ($n=15$).

Fuente: autores.

El número de flores exportables por tallo depende del suministro adecuado de nutrientes, especialmente del nitrógeno, fósforo y potasio, además de un manejo adecuado del riego, ya que un déficit hídrico puede causar estrés en la planta, lo que afecta el número y la calidad de la flor (Zhang et al.

2024). Así mismo, es sabido que la floración de la alstroemeria es regulada por cambios en el fotoperiodo, por lo que la duración y calidad de la luz desempeñan un papel importante en el desarrollo floral (Proietti et al., 2022).

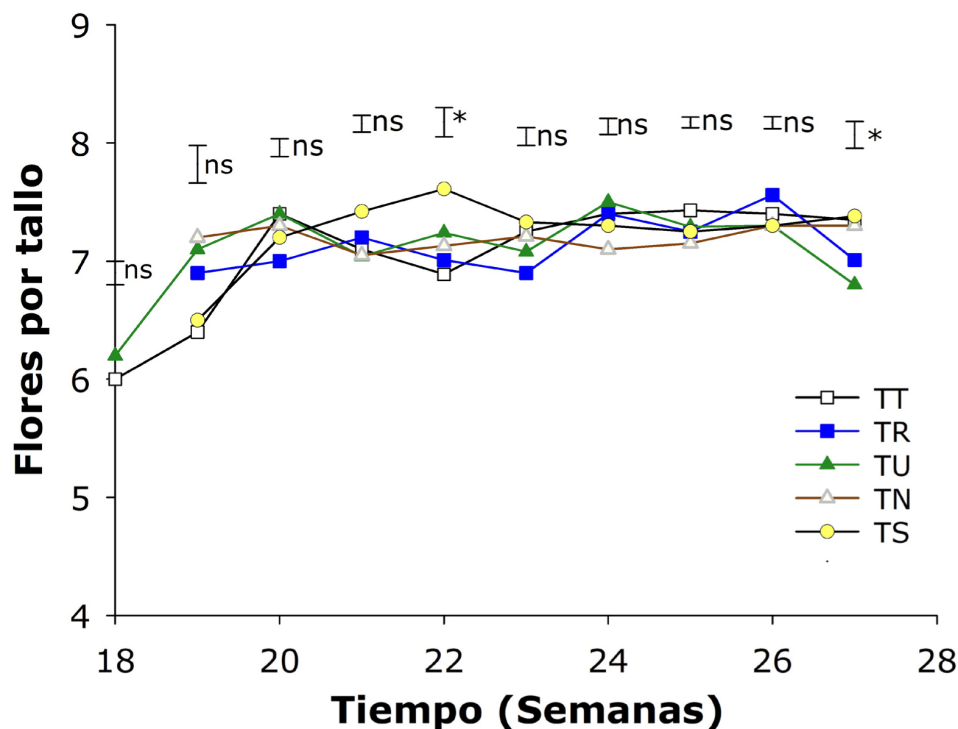


Figura 2. Número de flores por tallo de alstroemeria variedad ‘Bali’ sometida a diferentes estrategias de fertilización para el control del rajado de tallos. TT: tratamiento testigo; TR: tratamiento con riego adicional; TU: tratamiento con urea adicional; TN: tratamiento con nutrición foliar adicional; TS: tratamiento con sulfato de potasio adicional. ns: no significativo, * indican efecto significativo de acuerdo con el ANOVA ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar ($n=15$).

Fuente: autores.

La fertilización con potasio es clave en los procesos fisiológicos y metabólicos que afectan el desarrollo floral, ya que al regular el flujo de agua dentro de las células promueve el desarrollo de tallos robustos que son capaces de soportar un mayor número de flores, además, el potasio optimiza los procesos de fotosíntesis y redistribución de carbohidratos hacia los órganos en crecimiento como los brotes florales (Hasanuzzaman et al. 2018), lo que favorece el desarrollo de un mayor número de flores por tallo.

Producción

El número de flores exportables por área mostró diferencias significativas entre las distintas estrategias de fertilización empleadas en el control del rajado de tallos en alstroemeria, como se aprecia en la figura 3. El tratamiento con la aplicación de nutrientes foliares mostró los mayores valores (86,48 flores m^{-2}), seguido del tratamiento testigo (66,69 flores m^{-2}), mientras que los tratamientos con sulfato de potasio y urea adicional tuvieron los menores valores con 53,7 y

55,4 flores m^{-2} , respectivamente, los cuales son superiores a los 43,1, y 43,8 tallos cortados por planta reportados por Kaushal et al. (2018) y a los 39,55 y 47,33 brotes florales por planta para los cultivares 'Pluto' y 'Alla-

din', observados por Lone et al., (2021), así mismo, Kumar et al. (2024) reportan valores que oscilan entre 23,56 y 36,78 brotes florales por planta para alstroemeria 'Capri'.

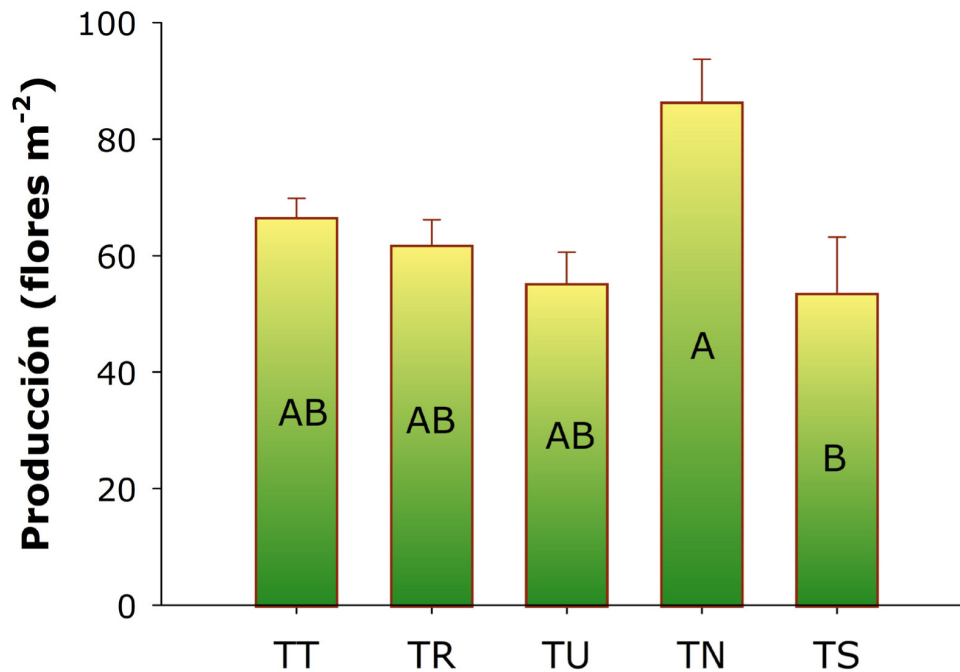


Figura 3. Producción de alstroemeria variedad 'Bali' sometida a diferentes estrategias de fertilización para el control del rajado de tallos. TT: tratamiento testigo; TR: tratamiento con riego adicional; TU: tratamiento con urea adicional; TN: tratamiento con nutrición foliar adicional; TS: tratamiento con sulfato de potasio adicional. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($P \leq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar ($n=15$).

Fuente: autores.

El tratamiento con nutrición foliar estaba compuesto por calcio, boro, fósforo y potasio, los cuales son nutrientes clave en el desarrollo estructural, fisiológico y reproductivo de las plantas (Saleem et al., 2023). En este sentido, el calcio es esencial para la formación y estabilidad de la pared celular, y además contribuye a la elongación celular,

lo que favorece el crecimiento de tallos más largos y robustos, por lo que un suministro adecuado de calcio reduce la incidencia de tallos quebradizos (Thor, 2019). En cuanto al fósforo, es fundamental para la fotosíntesis, la transferencia de energía (ATP), y el desarrollo radicular, por lo que estimula el crecimiento de las raíces, mejora la absorción

de agua y nutrientes necesarios para la producción (Khan et al., 2023). Por otro lado, el boro es crucial para la síntesis de carbohidratos, e influye en el desarrollo de las flores al fortalecer el tubo polínico (Vera-Maldonado et al., 2024). El potasio regula el balance hídrico y fortalece la resistencia a heladas y enfermedades, por lo que su aplicación incrementa la calidad de los tallos al mejorar el grosor y la longitud (Alharbi et al., 2024).

Porcentaje de tallos rajados

El porcentaje de tallos rajados mostró diferencias significativas entre las diferentes

semanas de medición (Tabla 2). Se aprecia un crecimiento leve de la fisiopatía desde la semana 18 hasta la semana 21, sin diferencias significativas, y a partir de allí, se eleva el porcentaje de rajado de tallos en cada semana hasta la cosecha. A su vez, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados para el porcentaje de tallos rajados en las primeras semanas de medición (18 a 22 SDS), entre las 23 y 26 SDS, hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$), y a partir de las 27 SDS y hasta las 32 SDS se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) (Figura 4).

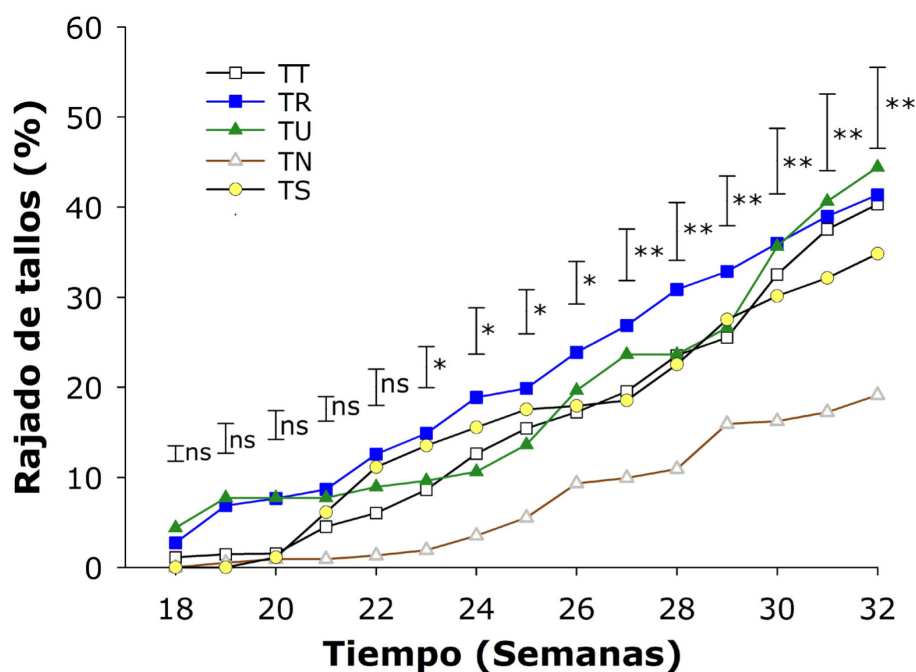


Figura 4. Porcentaje de tallos rajados en alstroemeria variedad 'Bali' sometida a diferentes estrategias de fertilización para el control del rajado de tallos. TT: tratamiento testigo; TR: tratamiento con riego adicional; TU: tratamiento con urea adicional; TN: tratamiento con nutrición foliar adicional; TS: tratamiento con sulfato de potasio adicional. ns: no significativo, * y ** indican efecto significativo de acuerdo con el ANOVA ($P \leq 0,05$) y ($P \leq 0,01$), respectivamente. Las barras verticales indican el error estándar ($n=15$).

Fuente: autores.

En general, el tratamiento con aplicación de urea adicional (TU) y el tratamiento con riego adicional (TR) mostraron los mayores valores a lo largo de las mediciones con 44,43 % y 41,37 %, respectivamente, mientras que el tratamiento con la aplicación de Ca, B, P y K, (TN) tuvo el menor porcentaje de tallos rajados con un 19,34 % hacia la semana 32, momento en el cual se produce la cosecha de los tallos. Es sabido que el calcio proporciona rigidez a las células, el boro facilita la formación de la pared celular, el fósforo promueve un crecimiento equilibrado y el potasio regula el balance osmótico, manteniendo la turgencia celular, de tal manera, que estos nutrientes previenen un crecimiento descontrolado y aumentan la resistencia del tallo, lo que reduce el rajado de los tallos en alstroemeria al fortalecer las paredes celulares y mejorar la estructura del tejido (Tripathi et al., 2022).

En este sentido, Negin et al. (2023) encontraron que la deficiencia de alcanos en la cera epicuticular de los tallos genera una mayor susceptibilidad al rajado del tallo, así mismo, menciona que conforme aumenta la duración del estrés hídrico, previo al riego, las plantas que tuvieron regímenes hídricos más drásticos, tanto por exceso como por déficit de agua tuvieron mayor agrietamiento del tallo. Al respecto, Feng et al. (2016) mencionan que una aplicación excesiva de agua puede estimular un crecimiento rápido y desbalanceado en los tejidos del tallo, ya

que la entrada de agua en las células, especialmente en los tejidos del tallo, aumenta la presión de turgencia de manera desproporcionada, así que cuando las paredes celulares no pueden expandirse al mismo ritmo que el crecimiento provocado por el exceso de agua, se genera el rajado de los tallos (Feng et al., 2016). Estos problemas de rajado generados por exceso de agua también pueden superar la elasticidad de la pared celular, incrementando la susceptibilidad al daño estructural en frutos como melón (Xue et al., 2024), tomate (Peet & Willits, 1995), cerezas (Correia et al., 2018) y uchuvas (Fischer et al., 2021).

Por otro lado, la aplicación excesiva de nitrógeno puede contribuir al rajado de tallos en flores de corte, debido a varios factores asociados con el crecimiento desequilibrado y el debilitamiento estructural (Souri et al., 2018). En cultivos como los claveles y las rosas, un exceso de nitrógeno fomenta un crecimiento rápido y excesivo de tejidos, lo que puede reducir la resistencia mecánica del tallo y aumentar la susceptibilidad a fracturas. Además, este desequilibrio puede generar acumulación de agua en los tejidos, lo que incrementa la presión interna y facilita el rajado, especialmente en condiciones de alta humedad o estrés hídrico (Souza & Tavares, 2021). Al respecto, Jawaharlal et al. (2009) mencionan que el exceso de nitrógeno provoca un retraso en la floración y reduce la calidad de las flores después de la cosecha.

4 CONCLUSIONES

La fertilización foliar con calcio, boro, potasio y fósforo aumentó la producción en el cultivo de alstroemeria y presentó los menores porcentajes de tallo rajado. Los tratamientos con riego adicional y nitrógeno adicional por separado generaron el mayor porcentaje de tallos rajados en el cultivo de alstroemeria. La aplicación de sulfato de po-

tasio aumenta el diámetro del tallo y el número de flores exportables por tallo. Se deben distribuir las dosis de nitrógeno en mayor número de aplicaciones con el fin de evitar un crecimiento desproporcionado del tallo. El porcentaje de rajado de los tallos se incrementa significativamente a partir de la semana 21 después de siembra y hasta la cosecha.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Autor 1: Metodología, análisis de datos, investigación, escritura, revisión, edición y supervisión.

Autor 2: Metodología, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Autor 3: Borrador original, escritura, metodología, logística, análisis de datos, investigación y conceptualización.

LITERATURA CITADA

- Alharbi, K., Alnusairi, G. S., Alnusaire, T. S., Alghanem, S. M., Alsudays, I. M., Alaklabi, A. & Soliman, M. H. (2024). Potassium silica nanostructure improved growth and nutrient uptake of sorghum plants subjected to drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1425834. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1425834>
- Bridgen, M. P. (2018). *Alstroemeria*. In: J. Van Huylenbroeck, (Eds.). *Ornamental Crops* (p. 231-236). *Handbook of Plant Breeding*, 11. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0_10
- Calderón, F. (2005). *Contribución al conocimiento sobre el rajado de tallos en clavel*. (*Dianthus carophyllus* L.) Calderón Laboratorios Ltda. http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Investigacion_Rajado_Tallos_Clavel.htm
- Cámara de Comercio Oriente Antioqueño [CCOA]. (2023). *Encadenamiento de flores*. https://ccoa.org.co/wp-content/uploads/2023/09/1_Presentacion_Encadenamiento-de-Flores.pdf
- Correia, S., Schouten, R., Silva, A. P. & Gonçalves, B. (2018). Sweet cherry fruit cracking mechanisms and prevention strat-

- egies: A review. *Scientia Horticulturae*, 240, 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.042>
- Dhiman, M. R. y Kashyap, B. (2022). *Alstroemeria: conservación, caracterización y evaluación*. En: S. K. Datta and Y. C. Gupta (Eds.). *Floricultura y plantas ornamentales. Manuales de diversidad de cultivos: conservación y uso de recursos fitogenéticos*. Springer, Singapur.
- Feng, W., Lindner, H., Robbins, N. E. & Dinnyen, J. R. (2016). Growing out of stress: the role of cell-and organ-scale growth control in plant water-stress responses. *The Plant Cell*, 28(8), 1769-1782. <https://doi.org/10.1105/tpc.16.00182>
- Fischer, G., Balaguera-López, H. E. & Álvarez-Herrera, J. (2021). Causes of fruit cracking in the era of climate change. A review. *Agronomía Colombiana*, 39(2), 196-207. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n2.97071>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Nahar, K., Hossain, M. S., Mahmud, J. A., Hossen, M.S., Masud, A. A. C., Moumita. & Fujita, M. (2018). Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, 8(3), 31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>
- Hu, W., Lu, Z., Gu, H., Ye, X., Li, X., Cong, R., Ren, T. & Lu, J. (2022). Potassium availability influences the mesophyll structure to coordinate the conductance of CO₂ and H₂O during leaf expansion. *Plant, Cell & Environment*, 45(10), 2987-3000. <https://doi.org/10.1111/pce.14405>
- Jaime-Guerrero, M., Álvarez-Herrera, J. G. & Fischer, G. (2024). Effect of calcium on fruit quality: A review. *Agronomía Colombiana*, 42(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n1.112026>
- Jawaharlal, M., Ganga, M., Padmadevi, K., Jegadeeswari, V. & Karthikeyan, S. (2009). A technical guide on carnation. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, 1-56. <https://agritech.tnau.ac.in/horticulture/pdf/A%20Technical%20Guide%20On%20Carnation.pdf>
- Kaushal, S., Diltia, B. S., Gupta, Y. C., Kumar, P., Spehia, R. S. & Gupta, R. K. (2018). Studies on drip irrigation levels on growth, flowering and yield of alstroemeria (*Alstroemeria hybrida* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 2950-2955. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3/PartAN/7-3-330-875.pdf>
- Kaviya, S. S., Lourdusamy, K., Ganga, M. & Vincent, S. (2021). Influence of pre-harvest sprays on flower quality and vase life of Alstroemeria. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(S1), 429-433. <https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i1Sg.13597>
- Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., Zhou, M. & Zhao, C. (2023). Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. *Plants*, 12(15), 2861. <https://doi.org/10.3390/plants12152861>
- Kumar, A., Kashyap, B., Dhiman, S. R., Pathania, S., Hashem, A., Abd_Allah, E.

- F. & Sharma, U. (2024). Impact of planting density and shoot thinning on alstroemeria flowering, soil attributes and cost economics. *Heliyon*, 10(18). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)14189-8](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)14189-8)
- Lone, R. A., Nazki, I. T., Gani, G. & Ganai, N. A. (2021). Effect of spacing and thinning on growth and flowering of *Alstroemeria hybrida* L. *The Pharma Innovation Journal*, 10(9), 356-360. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue9/PartF/10-7-313-742.pdf>
- Luo, L., Zhang, Y. & Xu, G. (2020). How does nitrogen shape plant architecture? *Journal of Experimental Botany*, 71(15), 4415-4427. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa187>
- Negin, B., Hen-Avivi, S., Almekias-Siegl, E., Shachar, L., Jander, G. & Aharoni, A. (2023). Tree tobacco (*Nicotiana glauca*) cuticular wax composition is essential for leaf retention during drought, facilitating a speedy recovery following rewatering. *New Phytologist*, 237(5), 1574-1589. <https://doi.org/10.1111/nph.18615>
- Peet, M. M. & Willits, D. H. (1995). Role of Excess Water in Tomato Fruit Cracking. *HortScience HortSci*, 30(1), 65-68. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.1.65>
- Proietti, S., Scariot, V., De Pascale, S. & Paradiso, R. (2022). Flowering mechanisms and environmental stimuli for flower transition: Bases for production scheduling in greenhouse floriculture. *Plants*, 11(3), 432. <https://doi.org/10.3390/plants11030432>
- Saleem, S., Mushtaq, N. U., Rasool, A., Shah, W. H., Tahir, I. & Rehman, R. U. (2023). *Plant nutrition and soil fertility: physiological and molecular avenues for crop improvement*. In: Aftab, T. & Rehman, K., (Eds.). *Sustainable plant nutrition*. 23-49. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18675-2.00009-2>
- Singh, J., Dilta, B. S., Baweja, H. S. & Kumar, V. (2017). Impact of growing media and NPK on growth and flowering of *Alstroemeria* cv. Capri. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 6(9), 16-21. <https://bepls.com/beplsAugust2017/4.pdf>
- Souri, M. K., Goodarzizadeh, S., Ahmadi, M. & Hatamian, M. (2018). Characteristics of postharvest quality of chrysanthemum cut flowers under pretreatment with nitrogenous compounds. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 17(3), 83-90.
- Souza, L. A. & Tavares, R. (2021). Nitrogen and stem development: a puzzle still to be solved. *Frontiers in Plant Science*, 12, 630587. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.630587>
- Thor, K. (2019). Calcium-nutrient and messenger. *Frontiers in Plant Science*, 10, 440. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.00440/full>
- Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K. P., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A. K., De Corato U. & Sansinenea E. (2022). Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop

protection. *Frontiers in Plant Science*, 13, 883970. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970>

Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A. & Inostroza-Blancheteau, C. (2024). Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1332459. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1332459>

Xue, Q., Li, H., Chen, J. & Du, T. (2024). Fruit cracking in muskmelon: Fruit growth

and biomechanical properties in different irrigation levels. *Agricultural Water Management*, 293, 108672. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108672>

Zhang, P., Zhou, J., He, D., Yang, Y., Lu, Z., Yang, C., Zhang, D., Li, F. & Wang, J. (2024). From Flourish to Nourish: Cultivating Soil Health for Sustainable Floriculture. *Plants*, 13(21), 3055. <https://doi.org/10.3390/plants13213055>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.

