

Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate

Gabriela Dzib-Ek¹
Eduardo Villanueva-Couoh¹
René Garruña-Hernández¹
Silvia Vergara Yoisura²
Alfonso Larqué-Saavedra^{2§}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación-Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México. CP. 97345. Tel. 9999124130. (gabriela.capuleto@hotmail.com; eduardo.villanueva@itconkal.edu.mx; renegh10@hotmail.com). ²Recursos Naturales-Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 núm. 130 x 32 y 34. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México. CP. 97205. Tel. 9999428330. (silvana@cicy.mx).

§Autor para correspondencia: larque@cicy.mx.

Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una hortaliza perteneciente a la familia de las solanáceas. Este cultivo es importante en varios países, principalmente por su alto valor económico reflejado en su gran demanda, con mercados para consumo fresco o industrializado. Debido a su importancia comercial, se realizan investigaciones de sus cultivos, para obtener plántulas de buena calidad. El ácido salicílico ha sido propuesto como un regulador de crecimiento vegetal, debido a los efectos inducidos en algunos procesos fisiológicos de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico sobre la germinación y calidad de plántulas de tomate. Las pruebas de imbibición de las semillas y la preparación del ácido salicílico se realizaron en el laboratorio de fisiología y biotecnología vegetal del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, durante 2016-2017. Se utilizaron semillas de tomate variedad Río Grande con hábito de crecimiento determinado. Las semillas se sometieron a un proceso de imbibición durante 24 h en condiciones de laboratorio controladas. Los tratamientos evaluados fueron 0, 1, 0.01 y 0.0001 μM de ácido salicílico (AS) y como control uno sin imbibición. Con los resultados se realizó un análisis de varianza, así como la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico SAS ver 9.3. Los resultados demostraron que el tiempo de imbibición de semillas en concentraciones de ácido salicílico no inhibe la germinación y estimula la diferenciación de raíces secundarias en concentraciones de 1 y 0.01 μM AS.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., ácido salicílico, germinación.

Recibido: marzo de 2021

Aceptado: abril de 2021

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su consumo tanto en fresco como en productos procesados. Para un buen rendimiento de esta hortaliza es importante la obtención de plántulas de buena calidad, que tengan un mejor crecimiento radicular, lo que favorece una mejor producción de tomate (Calero *et al.*, 2019).

La germinación es una de las etapas más importantes en el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta, la cual comienza con la toma de agua por la semilla en un proceso llamado imbibición. El uso de reguladores de crecimiento vegetal (RCV), como el ácido salicílico (AS) que se encuentra en todos los tejidos vegetales (Martín *et al.*, 2015) son consideradas una alternativa para incrementar la producción de alimentos de importancia hortícola y cereales ya sea bajo condiciones de invernadero o a cielo abierto (Martín *et al.*, 2013).

En *Capsicum chinense* el AS incrementa el tamaño de las raíces, favoreciendo la absorción y acumulación de macro y micronutrientes (Tuchuch-Haas *et al.*, 2019) así como otros estudios proponen al ácido salicílico como alternativa viable para incrementar la producción y calidad nutracéutica en tomate (Vázquez-Díaz *et al.*, 2016).

Martín *et al.* (2013), reportan los efectos beneficios del ácido salicílico en la producción de variedades de tomate, pepino, chile habanero, pimiento y otras especies. La evaluación foliar de AS en plántulas de tomate y pimiento favorece determinadas variables de crecimiento y contenido mineral (Valdez-Sepúlveda *et al.*, 2015). Plantas de tomate provenientes de semillas tratadas en concentraciones de ácido salicílico, mostraron un efecto positivo, en el área foliar, longitud de raíz, tamaño de frutos, así como el rendimiento por planta (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2008).

En otras especies como *Phaseolus vulgaris* L, el tiempo de imbibición de las semillas determina el efecto del AS (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2017). Sin embargo, hay reportes (Benavides-Mendoza, *et al.*, 2004; Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2017) de que este regulador vegetal presenta un efecto inhibitorio sobre la germinación en algunas hortalizas a determinadas concentraciones y periodos de imbibición. El objetivo de esta investigación fue evaluar en tomate el efecto de la imbibición de ácido salicílico en la germinación de las semillas y medir si este regulador del crecimiento afecta el crecimiento de las raíces de las plántulas.

El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Las pruebas de imbibición de las semillas y la preparación del ácido salicílico se realizaron en el laboratorio de fisiología y biotecnología vegetal durante 2016-2017. Se utilizaron semillas de tomate variedad comercial Río Grande con hábito de crecimiento determinado. Para evaluar la germinación, lotes de semillas se colocaron en bolsas de tela manta de cielo, se imbibieron en cada solución correspondiente a cada tratamiento durante 24 h en un cuarto de crecimiento bajo condiciones controladas, (temperatura 21 ± 1 °C, humedad relativa 30%).

Los tratamientos evaluados fueron 0 μ M, 1 μ M, 0.01 μ M y 0.0001 μ M de AS y un testigo sin imbibición. Para preparar las tres concentraciones de AS se siguió la metodología descrita por Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998). Los bioensayos para evaluar la germinación y el crecimiento de las radículas se realizaron siguiendo la técnica descrita por Larqué-Saavedra *et al.* (1975). El ensayo consistió en sembrar las semillas de tomate sobre mallas de tela en frascos de vidrio, con 250 ml de agua destilada o la solución de AS correspondiente a cada tratamiento.

Los frascos se mantuvieron en un cuarto de germinación bajo condiciones controladas. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos (0, 1, 0.01, 0.0001 μM de AS y control sin imbibición). Se utilizaron 20 semillas por repetición, cinco repeticiones por tratamiento. Siete días después de iniciado el experimento se evaluó el porcentaje de germinación y la longitud radicular (a través del programa ImageJ), para esta variable se midieron 10 plántulas por cada tratamiento.

Con los resultados se realizó un análisis de varianza, así como la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico SAS ver 9.3. No se pudo apreciar efecto alguno de inhibición por AS en la germinación de las semillas de tomate en los dos ensayos. En el bioensayo uno el porcentaje de germinación osciló de 87% a 94%. El porcentaje de germinación en el bioensayo dos presentó de 89% a 97%, en comparación con el tratamiento de semillas sin imbibición o enbebidas con agua destilada). El análisis reporta que no hay diferencias estadísticamente diferentes entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

Estos resultados presentaron respuestas similares a lo reportado por García-Osuna *et al.* (2015) que en tomate verde (*Physalis ixocarpa*) el ácido salicílico no inhibe la germinación y estimula este proceso fisiológico desde el primer día de la siembra en concentraciones 10^{-2} M, 10^{-4} M y 10^{-6} M. Es importante señalar que concentraciones 10^{-2} y 10^{-3} M de AS reportadas por Benavides *et al.* (2004), inhiben la germinación de semillas de chile Tampiqueño (*Capsicum annuum*) variedad 74. Utilizando concentraciones bajas de 10^{-5} M se reportan datos de germinación con un comportamiento similar al testigo.

Este comportamiento sugiere que el efecto de las concentraciones de AS depende del tiempo de exposición a este regulador de crecimiento vegetal, lo cual probablemente incrementa los niveles endógenos de ácido abscísico y de este modo inhibe la germinación (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos confirman que los pretratamientos germinativos son una herramienta que incrementa el porcentaje de germinación.

La longitud radicular de las plántulas cultivadas en agua destilada que provenían de semillas enbebidas durante 24 h en una de las diferentes concentraciones de AS de tomate se evaluó a los siete días. El análisis estadístico del bioensayo indica diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento de semillas enbebidas en agua destilada y semillas sembradas directamente tienen los menores valores y las concentraciones 0.01 y 0.0001 μM AS arrojaron el mayor efecto estimulante (Figura 1).

La longitud radicular de las plántulas de semillas sin pretratamiento de AS que fueron cultivadas en soluciones de diferentes concentraciones de AS o agua destilada durante siete días, se muestra en la (Figura 2). El análisis estadístico del bioensayo indica diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados del ensayo muestran que cuando las raíces se cultivan en la solución con 0.01 μM AS, presentan mayor longitud radicular en comparación con los demás tratamientos.

De acuerdo a lo reportado por Larqué-Saavedra *et al.* (2010), las plántulas tratadas con AS en concentraciones 0.01 y 1 μM favorecen el desarrollo de la raíz de *Lycopersicon esculentum* Mill. Las aplicaciones de bajas concentraciones de ácido salicílico a los brotes de plántulas de plantas

hortícolas como del género *Capsicum* refleja su efecto positivo en el crecimiento, desarrollo de la planta, así como crecimiento de las raíces que correlaciona una mayor absorción de macro y micronutrientes que se asignan en los tejidos vegetales (Tucuch-Haas *et al.*, 2017).

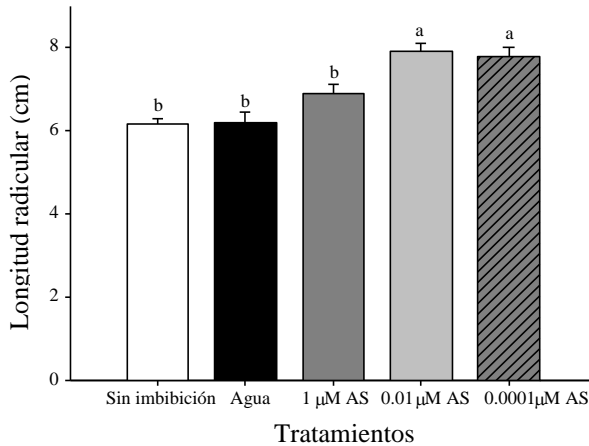


Figura 1. Longitud radicular de plántulas de tomate cultivadas durante siete días en agua destilada. Dichas plántulas provenían de semillas embebidas durante 24 h en una de las diferentes concentraciones de ácido salicílico señalados en la gráfica de semillas embebidas en agua destilada o semillas sembradas directamente. Literales diferentes indican diferencia estadística significativa (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos son medias \pm error estándar (n= 10).

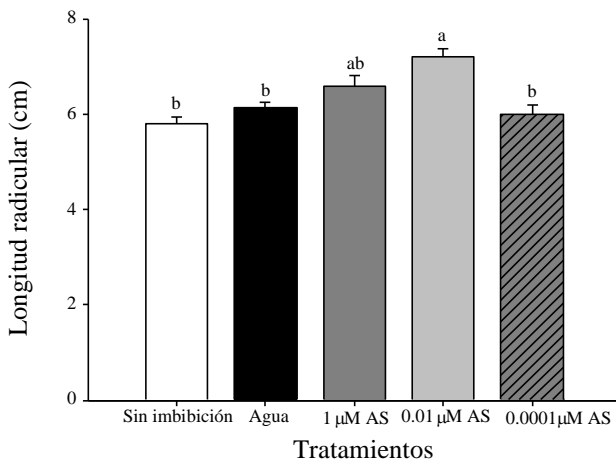


Figura 2. Longitud radicular de plántulas de tomate variedad Río Grande cultivadas durante siete días en una de las diferentes concentraciones de ácido salicílico señalados en la gráfica o en agua destilada. Literales diferentes indican diferencia estadística significativa (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos son medias \pm error estándar (n= 10).

Cabe resaltar, que se observó que las raíces cultivadas en las soluciones de diferentes concentraciones de AS presentaron formación de raíces secundarias, efecto que no se manifestó en las raíces cultivadas solo en agua o las de las semillas de siembra directa (Figura 3).

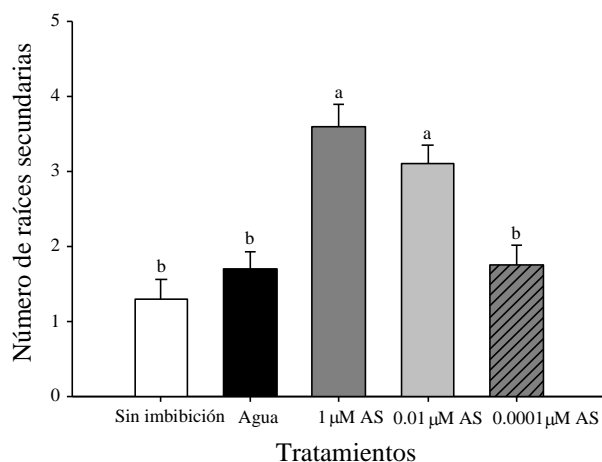


Figura 3. Número de raíces secundarias de plántulas de tomate variedad Río Grande cultivadas durante siete días en una de las diferentes concentraciones de ácido salicílico señalados en la gráfica o en agua destilada. Literales diferentes indican diferencia estadística significativa (Tukey, $p \leq 0.05$). Los datos son medias \pm error estándar ($n = 10$).

La aplicación de AS a las plantas de *Capsicum annuum* L. cv Chichimeca en contacto con AS en concentraciones de 0.1 y 0.2 mM manifiesta un aumento en la producción de biomasa foliar, en raíz y de frutos (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011).

Los resultados del presente estudio, coinciden con lo publicado por autores como Vázquez-Díaz *et al.* (2016), quienes reportaron el efecto significativo en el rendimiento de tomate con dosis 0.025 y 0.1 mM de AS al ser diluido en una solución nutritiva.

Guzmán-Antonio *et al.* (2012) mencionan que el AS en concentración de 10^{-8} M en sinergia con fertilización de N, P y K (190 mg L^{-1} de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) incrementaron la altura, número de hojas y longitud radical específica de las plántulas en chile habanero. El efecto de la aplicación exógena del AS en el crecimiento de las plantas, depende de la especie, la etapa de desarrollo y la concentración aplicada (Rivas y Plascencia, 2011). Con base a los resultados el AS representa una alternativa en germinación y producción de tomate.

Conclusiones

La imbibición de las semillas de tomate en ácido salicílico (1, 0.01 y 0.0001 μM) durante 24 h no inhibe su germinación. El ácido salicílico en concentraciones 1 y 0.01 μM favorece significativamente la longitud radicular de las plántulas y la formación de raíces secundarias en comparación con los controles.

Literatura citada

Benavides-Mendoza, A.; Salazar-Torres, A. M.; Ramírez-Godina, F.; Robledo-Torres, V.; Ramírez-Rodríguez, H. y Maiti, R. 2004. Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *Terra Latinoam.* 22(1):41-47.

- Calero, H. A.; Quintero, R. E.; Pérez, D. Y.; Olivera, V. D.; Peña, C. K.; Castro, L. I. y Jiménez, H. J. 2019. Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Mex. Cienc. Agric 36(1):67-78.
- García-Osuna, H. T.; Escobedo-Bocardo, L.; Robledo-Torres, V.; Benavides-Mendoza, A. y Ramírez-Godina, F. 2015. Germinación y micropropagación de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) tetraploide. Rev. Mex. Cienc. Agric. 6(2):2301-2311.
- Gutiérrez-Coronado, M.; Trejo, C. y Larqué-Saavedra, A. 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiol Biochem. 36(8):563-565.
- Guzmán-Antonio, A.; Borges-Gómez, L.; Pinzón-López, L.; Ruiz-Sánchez, E. y Zuñiga-Aguilar, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. Agrom. Mesoam. 23(2):247-257.
- Larqué-Saavedra, A.; Wilkins, H. and Wain, R. L. 1975. Promotion of cress root elongation in white light by 3, 5 diiodo-4-hydroxybenzoic acid. Planta. 126(3):269-272.
- Larqué-Saavedra, A.; Martín, R.; Nexticapan-Garcéz, A.; Vergara-Yoisura, S. y Gutiérrez Rendón, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas. (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 16(3):183-187.
- Martín, R.; Nexticapan-Garcéz, A. and Larqué Saavedra, A. 2013. Potential benefits of salicylic acid in food production. In: salicylic acid. Hayat, S.; Ahmad, A. and Alyemeni, M. N. (Ed.). Springer publishers. Dordrech, the Netherlands. 299-313 p.
- Martín, R.; Larqué-Saavedra, A.; Vergara-Yoisura, S.; Uicab-Quijano, V.; Villanueva-Couoh, E. 2015. Ácido salicílico estimula la floración en plantas micropropagadas de gloxinia. Rev. Fitotec. Mex. 38(2):115-118.
- Rivas-San, V. M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond its role in plant growth and development. J. Exp. Bot. 1(10):1-18.
- Rodríguez-Larramendi, L.; Matos, Y.; Santos, P. e Infante, S. 2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycompersicom esculentum* L. var. Vyta) provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico. Centro Agrícola. 35:29-34.
- Rodríguez-Larramendi, L.; González-Ramírez, M.; Gómez-Rincón, A.; Guevara-Hernández, F.; Salas-Marina, M. y Gordillo-Curiel, A. 2017. Efectos del ácido salicílico en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Facult. Agron. 34(3):253-269.
- Sánchez-Chávez, E.; Barrera-Tovar, R.; Muñoz-Márquez, E.; Ojeda-Barríos, D. L. y Anchondo-Nájera, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17(1):63-66.
- Tucuch-Haas, C. J.; Pérez-Balam, J. V.; Díaz-Magaña, K. B.; Castillo-Chuc, J. M.; Dzib-Ek, M. G.; Alcántar-González, G.; Vergara-Yoisura, S. and Larqué-Saavedra, A. 2017. Role of salicylic acid in the control of general plant growth, development, and productivity. In: salicylic acid: a multifaceted hormone. Nazar, R.; Iqbal, N. and Khan, N. (Ed.). Springer Nature, Singapore. 1-15 p.
- Tucuch-Haas, C. J.; Pérez-Balam, J. V.; Dzib-Ek, M. G.; Alcántar-González, G. y Larqué-Saavedra, A. 2019. El ácido salicílico aumenta la acumulación de macro y micronutrientes en chile habanero. Rev. Mex. Cienc. Agric. 10(4):839-847.
- Valdez-Sepúlveda, L.; González-Morales, S.; Valdez-Aguilar, L. A.; Ramírez-Godina, F y Benavides-Mendoza, A. 2015. Efecto de la aplicación exógena de ácido benzoico y salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate, tomatillo y pimiento. Rev. Mex. Cienc. Agric. 6(2):2331-2343.
- Vázquez Diaz, D. A.; Salas Pérez, L.; Preciado Rangel, P.; Segura Castruita, M.; González Fuentes, J. A y Valenzuela-García, J. R. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutraceutica de frutos de tomate. Rev. Mex. Cienc. Agric. 17(Pub. Esp.):3405-3414.