

EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL CRECIMIENTO DE LA RAÍZ Y BIOMASA TOTAL DE PLÁNTULAS DE TRIGO

Effect of Salicylic Acid on Root Growth and Total Biomass of Wheat Seedlings

Cesar J. Tucuch Haas¹, Gabriel Alcántar González¹ y Alfonso Larqué Saavedra^{2*}

RESUMEN

Se reportan los resultados de dos experimentos independientes para evaluar el efecto del ácido salicílico (AS) en plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Las plántulas de ambos experimentos se germinaron y crecieron en agrolita contenida en tubos de PVC y en condiciones de cielo abierto bajo un diseño experimental completamente al azar con 8 repeticiones por tratamiento, las plántulas se asperjaron durante 5 días con 1 y 0.1 μM de AS o agua como control. Diez días después fueron cosechadas y realizadas las mediciones. Los resultados señalan que el AS favoreció significativamente el peso fresco de la raíz, así como la altura y el peso fresco de la biomasa total, en comparación con el control. El mejor tratamiento para estimular el crecimiento de plántulas de trigo fue el de 1 μM de AS.

Palabras clave: gramíneas, crecimiento radical, regulador del crecimiento.

SUMMARY

This paper reports the results of two independent experiments aimed to evaluate the effect of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. Wheat seedlings were grown in agrolite substrate contained in PVC tubes in open field conditions. Treatments were arranged in a completely randomized design with eight replicates per treatment. The seedlings were sprayed during 5 days with either 1 or 0.01 μM salicylic acid (SA) or water as a control treatment. Ten days later, they were harvested and measured. The results showed that

SA significantly increases root fresh weight and shoot length as well as the total fresh weight biomass, relative to the water control. The treatment that stimulated the most growth of wheat seedlings was 1 μM SA.

Index words: grasses, root growth, growth regulator.

INTRODUCCIÓN

El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Hayat *et al.*, 2010; Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011; Martín-Mex *et al.*, 2013). Tales efectos han sido explicados parcialmente basados en la hipótesis de que el AS incrementa el crecimiento radical de las citadas plantas, lo cual favorece la absorción de nutrientes, agua, etc. En este sentido debe de señalarse que desde 1998 Gutiérrez-Coronado y colaboradores, reportaron que en soya la aplicación de bajas concentraciones de AS al dosel de las plántulas favoreció significativamente el crecimiento de la raíz. De manera semejante, este efecto ha sido reportado para *Capsicum annuum* L. (Elwan y E-Hamahmy, 2009; Sánchez-Chávez *et al.*, 2011) y *Lycopersicon esculentum* Mill. (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). De igual forma se ha encontrado el mismo efecto cuando se añaden concentraciones femtomolar de AS al medio de cultivo de raíces transformadas de *Catharanthus roseus* (Echevarría-Machado *et al.*, 2007).

Existen otros efectos reportados para el AS cuando se aplica a plantas, como el que mejora la eficiencia de la carboxilación y la actividad de la nitrato reductasa en plantas de *Brassica juncea* (Fariduddin *et al.*, 2003). Ha sido publicado también que en *Petunia hybrida* aplicaciones de concentraciones de 1 μM de AS incrementa en 72% el número de flores por planta, (Martín-Mex *et al.*, 2010) y en *Carica papaya* se reporta un incremento de 20% de flores hermafroditas con aplicaciones de 0.01 μM (Martín-Mex *et al.*, 2012).

¹ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Edafología. 56230 Montecillo, Estado de México, México.

² Centro de Investigación Científica de Yucatán, Recursos Naturales. Chuburná de Hidalgo. 97200 Mérida, Yucatán, México.

* Autor responsable (larque@cicy.mx)

Ha sido encontrado que el AS también acelera la floración hasta en 7 días cuando se asperja a plantas de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) tratadas con 0.01 y 0.001 μM de AS (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009).

En gramíneas Khodary (2004) reportó que aplicaciones de 10 mM de AS a *Zea mays* acelera la actividad de la enzima Rubisco, aumentando la actividad fotosintética; incrementa el contenido clorofila a y b, de carotenoides y de carbohidratos; aumenta también la longitud, peso fresco y seco de la raíz; altura, biomasa seca y fresca de la parte aérea de la planta, así como el área foliar. De igual manera Gunes *et al.* (2007) encontraron que los valores para biomasa seca total en plantas de maíz son superiores a las plantas testigo cuando se suministran concentraciones de 0.1 y 0.5 mM de AS; en tanto que Fahad y Bano (2012) publicaron incrementos de 100 y 57% por encima del control en longitud y peso seco en la raíz de este cereal con aspersiones de 0.01 mM de AS bajo condiciones de salinidad. Para *Triticum aestivum* L. se ha publicado que al embeber las semillas en una solución de 10 μM de AS se estimula la actividad de la nitrato reductasa, incrementando el peso seco y fresco de las plantas (Hayat *et al.*, 2005), al igual que con concentraciones 0.05 y 0.5 mM (El Tayeb y Ahmed, 2010; Shakirova *et al.*, 2003); también se ha señalado que al aplicar 0.75 mM de AS a través del riego se eleva el peso fresco y seco de la raíz y parte aérea (Arfan *et al.*, 2007).

Dada la gran importancia del trigo en la alimentación y puesto que en la literatura no se han reportado trabajos sobre el efecto de este compuesto en la raíz y biomasa de plántulas, se realizó la presente investigación con el objeto de estudiar si plántulas de trigo crecidas en condiciones de cielo abierto favorecen su crecimiento cuando son asperjadas con bajas concentraciones de AS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos independientes para evaluar el efecto de aspersiones de ácido salicílico (AS) en el crecimiento de plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Las plántulas de ambos experimentos fueron germinadas y crecidas en agrolita contenida en tubos de PVC de 4 cm de diámetro y 23 cm de longitud, cubiertas en la parte inferior con una malla con poros de 1 mm de diámetro y mantenidas en condiciones de cielo abierto, arregladas en un diseño completamente al azar y con ocho repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos fueron la aspersión de soluciones 1 y 0.1 μM de AS o agua como control, dirigida al dosel de las plántulas hasta punto de rocío durante 5 días consecutivos, por las mañanas (8:00 h), iniciando 4 días después de la siembra. Diez días después de la última aplicación, las plántulas fueron cosechadas para hacer las mediciones cuantitativas seleccionadas.

La preparación de las soluciones de AS se realizó siguiendo la técnica descrita por Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998). La siembra, que consistió en colocar una semilla (previamente embebida en agua destilada durante 12 h para uniformizar la germinación) por contenedor, se realizó el 9 de octubre y 15 de noviembre de 2013, respectivamente, para el experimento uno y dos.

Ambos experimentos fueron regados con agua destilada, sin el suministro de alguna fuente de nutrimento, por las mañanas a razón de 20 ml planta⁻¹ día⁻¹, para estimar el vigor y aporte de la semilla en el desarrollo de las plántulas. Las variables climáticas promedio que prevalecieron durante el cultivo de los experimentos fueron de 23.2 y 23.6 °C de temperatura diurna, 7.6 y 4.4 mm de precipitación y 78.1 y 80% de humedad relativa, en los experimentos uno y dos, respectivamente.

La medición de la longitud de la raíz y altura de la planta se realizó con una regla milimétrica; el peso fresco de la raíz, biomasa fresca aérea y biomasa total (esta última se integró de los datos estimados de los pesos frescos de raíz y biomasa fresca aérea) con una balanza analítica (Sartorius, BP221S); y, por último, el diámetro del tallo con un vernier digital (Truper, CALDI-6MP).

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), empleando el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud y Peso Fresco de la Raíz

Los resultados de los dos experimentos se presentan en la Figura 1, donde se aprecia que, a pesar de que el patrón de elongación de las raíces de las plántulas señala un estímulo por el efecto del ácido salicílico (AS), estas diferencias no son significativas. En el primer experimento, el tratamiento de 1 μM de AS favoreció la elongación en 3 cm, equivalente a 34%, en tanto que en el segundo experimento el efecto fue de 1.1 cm, equivalente a 9.6%, en comparación con el control.

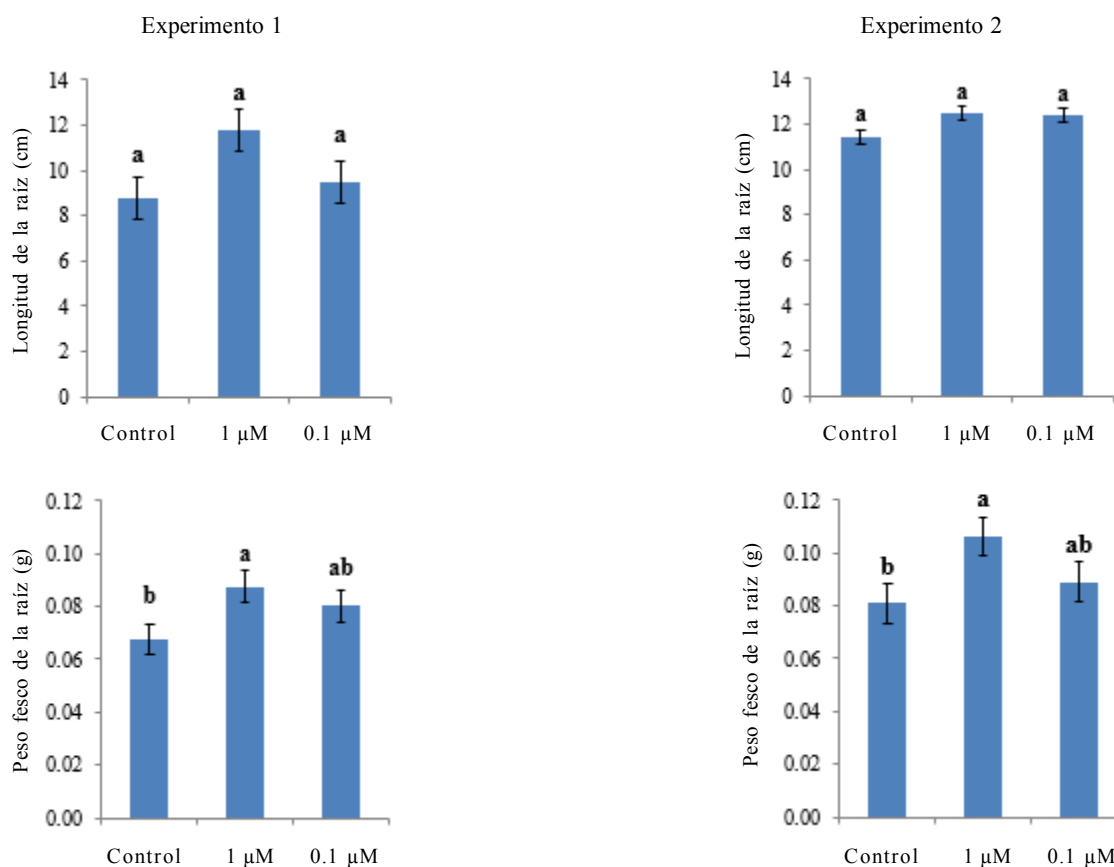


Figura 1. Efecto del ácido salicílico asperjado a plántulas de trigo en la longitud y peso fresco de la raíz. Cada bloque es la media de 8 muestras \pm E. S. medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la misma figura se puede apreciar que el tratamiento de 1 μ M de AS incrementó de manera significativa el peso fresco de la raíz, equivalente a 30%, en promedio, de los resultados de los dos experimentos. Estos resultados son coincidentes con el patrón de respuesta publicado para otras especies tales como *Glycine max* (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998), *Catharanthus roseus* (Echevarría-Machado *et al.*, 2007) y *Lycopersicon esculentum* Mill. (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010), y concuerdan con el trabajo de Arfan *et al.* (2007), quienes encontraron incrementos de peso fresco y seco de la raíz para esta misma especie, al suministrar 0.75 mM de AS a través del riego.

No se tiene una explicación sobre los procesos involucrados en la respuesta de las plántulas al AS, sin embargo se podría proponer que siguen el patrón señalado por las publicaciones de que el AS estimula el incremento en el contenido de azúcares y proteínas a nivel radical (El Tayeb y Ahmed, 2010), y de igual manera

acelera la división celular del meristemo apical y la extensión de células de la raíz (Shakirova *et al.*, 2003) en plantas de esta misma especie.

Altura, Diámetro del Tallo y Peso Fresco Aéreo de la Plántula

El tratamiento de 1 μ M de AS es significativamente mayor que el control, no así para 0.1 μ M. Las plántulas asperjadas con 1 μ M de AS crecieron en promedio 3.6 cm más que las plántulas control, equivalente a 18.4%, en general, para los dos experimentos (Figura 2).

Los valores de diámetro del tallo (Figura 2) en plantas asperjadas con AS muestran que no existieron diferencias significativas con respecto al control, sin embargo, se aprecia que éstos, con 1 μ M de AS, estuvieron por encima del control hasta con 7.8%.

En cuanto al peso de la biomasa fresca aérea (Figura 2), se aprecia que el tratamiento de 1 μ M de AS

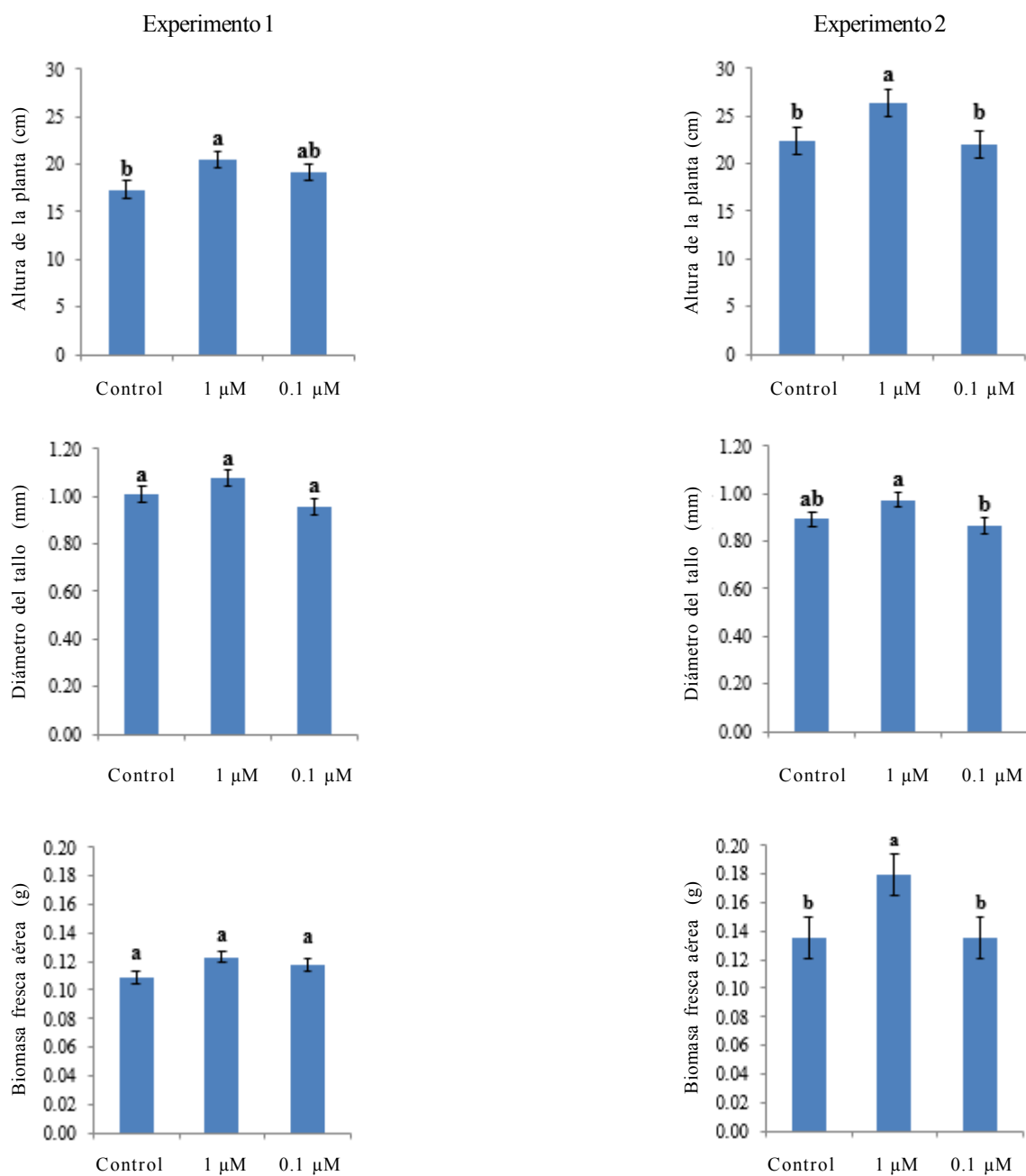


Figura 2. Efecto del ácido salicílico asperjados en el dosel de plántulas de trigo en la altura, diámetro del tallo y biomasa fresca aérea de la planta. Cada bloque es la media de 8 muestras \pm E. S. medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

estimuló dicha variable en ambos experimentos, sin embargo, solo en uno de los experimentos la diferencia fue significativa, en el otro experimento el patrón de respuesta fue alto, favoreciendo en 13% dicho peso; lo cual concuerda y apoya la hipótesis de que sí hay un efecto positivo sobre esta variable por acción de los tratamientos de 1 μ M de AS, no así por

concentraciones menores de este regulador del crecimiento. Estos datos, conjuntamente con las diferencias significativas observadas en la altura de las plántulas, coinciden con lo reportado previamente para otras especies como *Glycine max* (Gutiérrez *et al.*, 1998), *Chrysanthemum morifolium* (Villanueva-Couh *et al.*, 2009), *Lycopersicum esculentum* (Larqué-

Saavedra *et al.*, 2010) y *Carica papaya* (Martín-Mex *et al.*, 2012), en las cuales se ha reportado que el AS favorece el incremento de la altura y la biomasa.

Producción de Biomasa Fresca Total

La producción de biomasa fresca total por las plántulas de los diferentes tratamientos puede apreciarse en la Figura 3. Los resultados reflejan que el AS incrementó significativamente la formación de biomasa de las plántulas tratadas con este regulador del crecimiento. El tratamiento de 1 μM de AS fue el que mejor favoreció este incremento, en 19.3% en el experimento uno y 31.7% en el experimento dos, ambos con respecto al control. La concentración 0.1 μM no fue significativa para ninguno de los dos casos.

Los resultados obtenidos de los dos experimentos independientes para cuantificar el efecto del AS en las variables estimadas, permiten señalar que las gramíneas, en este caso el trigo, responden positivamente a este regulador del crecimiento, afectando principalmente el peso fresco de la raíz, altura de planta y biomasa fresca total. Estos resultados se integran a lo reportado en la literatura de que especies de diferentes familias botánicas favorecen el comportamiento de sus raíces y biomasa cuando se asperjan al dosel concentraciones de 1 μM o menos. En especies como *Chrysanthemum morifolium* (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009) y *Capsicum annum* (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011) se han reportado efectos semejantes a lo encontrado en el presente estudio. De igual forma, confirman lo publicado por Echevarría-

Machado *et al.* (2007), en los que utilizando raíces transformadas de *Catharanthus roseus* cuantificaron que aplicaciones a nivel femtomolar en el medio de cultivo de AS, son capaces de incrementar la masa y la diferenciación de nuevas raíces en su bioensayo.

En estudios con trigo a los que se les ha aplicado AS, Singh y Usha (2003) reportan un aumento en el contenido de clorofila y en la actividad de la Rubisco, en tanto que El Tayeb y Ahmed (2010) señalan que se incrementa el contenido de azúcar y proteínas en plántulas de trigo cuando son sometidos a estrés. Hayat *et al.* (2005) reportan que se incrementa la actividad de las enzimas nitrato reductasa y la anhidrasa carbónica cuando las semillas son embebidas en soluciones de 100 μM de AS. En maíz, se ha reportado un incremento de la actividad fotosintética cuando es asperjado con 10 mM de AS (Khodary, 2004). Estos procesos, como se sabe, están directamente relacionados con la formación de materia seca (Galston, 1967), lo cual posiblemente ocurrió en el desarrollo del presente estudio, propuesta que sería una hipótesis que deberá ser probada para poder explicar el comportamiento de la ganancia de peso fresco de las plántulas de trigo.

Es también importante señalar que en solo 10 días después del tratamiento se encontraron estas respuestas, lo cual da idea de que el regulador actúa casi de forma inmediata, para favorecer los estímulos correspondientes que se traducen en las diferencias reportadas. Los resultados obtenidos, sin lugar a duda, dan la pauta para proceder a escalar el tamaño de muestra y establecer parcelas a nivel de invernadero o campo, con

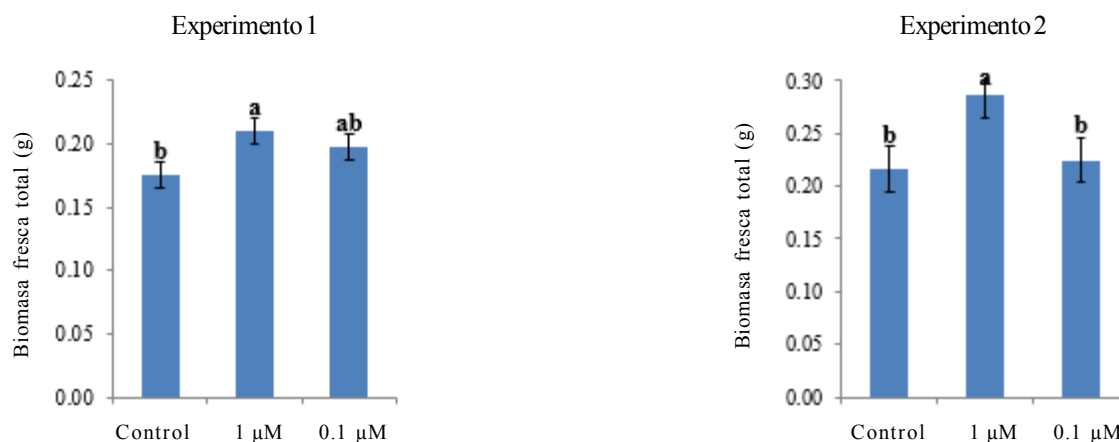


Figura 3. Efecto del ácido salicílico asperjados a plántulas de trigo en la biomasa fresca total. Cada bloque es la media de 8 muestras \pm E. S. medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

el objeto de validar el efecto que aquí se reporta y saber si dichos estímulos encontrados en la raíz y biomasa se traduce, en mayor rendimiento agronómico, en una planta como el trigo, que reviste un interés mundial por su importancia en la alimentación.

CONCLUSIÓN

Aspersiones de concentraciones 1 μM de ácido salicílico al dosel de plántulas de trigo incrementan significativamente el peso fresco de la raíz, altura de la planta y la biomasa fresca total. También existe una tendencia a estimular la elongación de la raíz hasta 21% en promedio.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de Cesar Tucuch Haas, fue financiado por una beca CONACYT. Se expresa el agradecimiento a Silvia Vergara Y., por su apoyo en la escritura del presente documento.

LITERATURA CITADA

- Arfan, M., H. R. Athar, and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *J. Plant Physiol.* 164: 685-694.
- Echevarría-Machado, I., R. M. Escobedo-G. M., and A. Larqué-Saavedra. 2007. Responses of transformed *Catharanthus roseus* roots to femtomolar concentrations of salicylic acid. *Plant Physiol. Biochem.* 45: 501-507.
- El Tayeb, M. A. and N. L. Ahmed. 2010. Response of wheat cultivars to drought and Salicylic acid. *Am. Euras. J. Agron.* 3: 1-7.
- Elwan, M. W. M and M. A. M. El-Hamahmy. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. *Sci. Hortic.* 122: 521-526.
- Fahad, S. and A. Bano. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. *Pak. J. Bot.* 44: 1433-1438.
- Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281-284.
- Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E. G. Bagci, and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.* 164: 728-736.
- Galston, A. W. 1967. La vida de las plantas verdes. UTEMA. México, D. F.
- Gutiérrez-Coronado, M. A., C. Trejo-López, and A. Larqué-Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem* 36: 563-565.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hungarica* 53: 433-437.
- Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan, and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. Exp. Bot.* 68: 14-25.
- Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agri. Biol.* 6: 5-8.
- Larqué-Saavedra, A. and R. Martín-Mex. 2007. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of the plants. pp. 15-23. *In*: S. Hayat and A. Ahmad (eds.). Salicylic acid, a plant hormone. Springer publishers. Dordrech, The Netherlands.
- Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, A. Nexticapán-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 16: 183-187.
- Martín-Mex, R., S. Vergara-Yoisura, A. Nexticapán-Garcés, and A. Larqué-Saavedra. 2010. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. *Agrociencia* 44: 773-778.
- Martín-Mex, R., A. Nexticapán-Garcéz, R. Herrera-Tuz, S. Vergara-Yoisura y A. Larqué-Saavedra. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Rev. Mex. Cienc. Agric* 18: 1637-1643.
- Martín-Mex, R., A. Nexticapán-Garcéz, and A. Larqué Saavedra. 2013. Potential benefits of salicylic acid in food production. pp. 299-313. *In*: S. Hayat, A. Ahmad, and M. N. Alyemini (eds.). Salicylic acid. Springer publishers. Dordrech, The Netherlands.
- Rivas-San Vicente, M. and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62: 3321-3338.
- Sánchez-Chávez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Márquez, D. L. Ojeda-Barrios y A. Anchondo-Nájera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 17: 63-66.
- Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fatkhutdinova, and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.* 164: 317-322.
- Singh, B. and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulat.* 39: 137-141.
- Villanueva-Couoh, E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria-Fregoso y A. Larqué Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura en Yucatán. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 15: 25-31.