

El ácido salicílico aumenta la acumulación de macro y micronutrientes en chile habanero

César J. Tucuch-Haas¹

Jesica V. Pérez-Balam²

María G. Dzib-Ek²

Gabriel Alcántar-González³

Alfonso Larqué-Saavedra^{2§}

¹Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán. Carretera Muna-Felipe Carrillo Puerto, tramo Oxkutzcab-Akil km 41+400, Oxkutzcab, Yucatán, México. CP. 97830. ²Recursos Naturales-Centro de Investigación Científica de Yucatán. Chuburna de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México. CP. 97200. Tel. 01(999) 9428330. (jesica_pp@hotmail.com; gabriela_capuleto@hotmail.com). ³Edafología-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. Tel. 01(595) 9520200. (alcantar@colpos.mx).

§Autor para correspondencia: larque@cicy.mx.

Resumen

Se presentan los resultados del efecto del ácido salicílico (AS) en la absorción nutrimental de *Capsicum chinense*. Se asperjó 1 μM de AS, al dosel de plántulas de chile habanero y agua destilada como control. Los resultados obtenidos demuestran que aspersiones de 1 μM de ácido salicílico (AS) incrementa significativamente la longitud, peso fresco y peso seco de raíces, tallos, hojas y frutos de esta especie, al igual que los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los diferentes órganos de las plantas al momento de la cosecha. La acumulación de N, P y K fue superior en frutos (116, 110 y 97%), hojas (45.5, 39.4 y 29.1%) raíz (52.6, 17 y 29.4%) y en tallo (5, 39.4 y 28.3%) sobre los valores de la planta control. Los niveles de cobre, zinc, manganeso, hierro, boro, calcio y magnesio también fueron incrementados en la mayoría de los tejidos por el efecto del AS. Se propone que el efecto positivo del AS de incrementar el tamaño de las raíces favorece la absorción y acumulación de macro y micronutrientes en los tejidos de la planta.

Palabras clave: ácido salicílico, aspersión foliar, chile habanero, hojas y frutos, macro y micronutrientes, raíz, tallo.

Recibido: marzo de 2019

Aceptado: mayo de 2019

Introducción

El ácido salicílico (AS) es un compuesto fenólico cuyos niveles endógenos, en los vegetales son incrementados en respuesta al estrés biótico (He *et al.*, 2007) y abiótico (Miura y Tada, 2014). Sin embargo, aplicaciones foliares a las plantas induce respuestas fisiológicas y bioquímicas que favorecen el crecimiento, desarrollo y rendimiento (Hayat *et al.*, 2010; Miura y Tada, 2014).

En algunos cultivos de importancia agrícola como la vid, tabaco, maíz y trigo, la aplicación de AS, regula la fotosíntesis (Wang *et al.*, 2010); el transporte de electrones del fotosistema II (Janda *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2010), la transpiración y la conductancia estomática (Fahad y Bano, 2012). En otros cultivos también se ha reportado que incrementa la altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, biomasa fresca y seca, número de frutos o granos y acorta los días a floración (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009; Martín-Mex *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2014), favoreciendo una mayor bioproductividad (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Martín-Mex *et al.*, 2013).

Por otro lado, varios autores señalan que el AS favorece la acumulación de nutrimentos en los tejidos de plantas en condiciones de estrés salino (Gunes *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2010; Fahad y Bano, 2012) o de metales pesados (Chen *et al.*, 2007; Fatima *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2015).

En raíces de trigo el AS favorece la acumulación de ácido abscísico (ABA) y ácido indolacético (IAA), propiciando el incremento de la división celular del meristemo apical (Shakirova *et al.*, 2003), mientras que en raíces transformadas de *Catharanthus*, el AS aumenta el tamaño de la cofia y la producción de raíces laterales (Echevarría-Machado *et al.*, 2007). La estimulación del crecimiento de la raíz por la aplicación de bajas concentraciones de AS fue, reportado desde 1998 en soya (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998) en maíz y trigo (Tucuch *et al.*, 2015; Tucuch-Haas *et al.*, 2016) así como el área, volumen y perímetro en raíces de tomate (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010).

El chile habanero es un cultivo que en los últimos años, en la península de Yucatán, ha cobrado importancia, debido a su demanda tanto en el ámbito nacional como la internacional, por los diversos usos que se le da; sin embargo, la producción nacional, no se cubre la demanda, razón por la cual se están buscando estrategias de producción que favorezcan el rendimiento de este cultivo.

Dado los efectos que se han reportado en la aplicación exógena de AS, como el hecho de que favorece el desarrollo radical y que incrementa el área de exploración del suelo, se ha propuesto que este efecto pudiera favorecer una mayor absorción de nutrimentos en el cultivo de chile habanero, lo que se traduciría en un mayor rendimiento del fruto, hipótesis que fue probada en la presente investigación.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), ubicado en Mérida, Yucatán. Semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) variedad naranja marca Geneseeds, se crecieron en una mezcla de Peat moss y agrolita en una relación 2:1(v/v) en charolas de poliestireno. Las plántulas desarrolladas fueron asperjadas, hasta punto de goteo, por las mañanas (8:00 am) con una solución de 1µM de AS, como tratamiento o agua destilada como testigo a 17, 22, 25 y 30 días después de la siembra.

Cincuenta días después de la siembra, cada plántula fue trasplantada a una maceta de plástico con capacidad de 5 L, que contenía una mezcla de suelo y peat moss en relación 2:1(v/v), bajo condiciones de invernadero, dispuestas en un diseño de bloques completos al azar, con cinco repeticiones, donde se dejaron crecer hasta el momento de la cosecha. La solución de ácido salicílico (AS) se preparó siguiendo la metodología definida por Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998), que consiste en partir del peso molecular, el cual es de $138.12 \text{ g mol}^{-1}$. Se preparó una solución madre 10^{-2}M y por reglas de tres se obtuvo la concentración de $1 \mu\text{M}$. El producto se pesó en una balanza analítica y posteriormente se disolvió en agua destilada.

Al final del experimento (218 días después de la última aplicación) se recabaron datos de altura de planta, medida con una regla milimétrica de la base del tallo hasta el ápice terminal, diámetro de tallo, tomado a los 5 cm del suelo con un vernier digital y peso fresco y seco de frutos, vástago y raíz, cuantificada mediante una balanza analítica (Sartorius, BL3100). Para determinar el contenido nutrimental, de los frutos, hojas, tallos y raíz, las muestras de tejido se colocaron en un horno (Binder, FED720) a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante y se molieron para el análisis en laboratorio. La concentración de nitrógeno (N) se determinó por el método micro-Kjeldahl y el resto mediante lecturas de extractos provenientes de digestión húmeda diácida de acuerdo a la técnica descrita por Alcántar y Sandoval (1999), utilizando un equipo de espectroscopia de emisión atómica de inducción por plasma (ICP-OES, Agilent 725-OES, Australia).

Una vez obtenidas las concentraciones de cada elemento en tejido y fruto, se consideraron estas y los pesos de biomasa seca aérea, para la estimación de los contenidos totales. Los resultados de las variables estimadas se analizaron mediante un análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$), con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2004).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se reportan los valores de la altura de planta y diámetro del tallo. Los resultados reflejan que el AS ($1 \mu\text{M}$) incrementó significativamente la altura de la planta, 24.3% correspondiente a 16.9 cm, no así para el diámetro del tallo que no fue significativo. En el mismo Cuadro 1, se puede apreciar que el AS afectó significativamente los pesos frescos y secos de la raíz, tallo, hoja y frutos, exhibiendo incrementos de 36.6, 23.3, 35.8 y 117% en el peso fresco y de 36.6, 45.3, 21.3 y 122% en el peso seco, respectivamente en raíz, tallo, hoja y fruto. El incremento del peso del fruto sugiere un mayor rendimiento.

Cuadro 1. Efecto de $1 \mu\text{M}$ del ácido salicílico (AS), asperjado al dosel de plantulas, en diferentes variables de desarrollo y crecimiento al momento de la cosecha (218 días después de la última aplicación) en plantas de chile habanero.

Trat	AP	DT	PFR	PSR	PFT	PST	PFH	PSH	PFF	PSF
	(cm)									
Control	69.4 b	1.04 a	18.7 b	66.6 b	85.5 b	31.8 b	15.9 b	56.2 b	44.8 b	6.26 b
$1 \mu\text{M}$	86.3 a	1.12 a	25.5 a	90.8 a	105.4a	46.2 a	21.6 a	68.2 a	97.4 a	13.9 a

AP= altura de planta; DT= Diámetro del tallo; PFR= peso fresco de la raíz; PSR= peso fresco de la raíz; PFT= peso fresco del tallo; PFH= peso fresco de la hoja; PSH= peso seco de la hoja; PFF= peso fresco del fruto y PSF= peso seco del fruto. Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p= 0.05$. Cada valor es la media de 5 individuos.

Efectos similares para estas variables se han reportado en otras especies del mismo género de *Capsicum* (pimiento y jalapeño) (Elwan y El-Hamahmy, 2009; Sánchez-Chávez *et al.*, 2011), así como en *Lycopersicon esculentum* (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010), *Crysanthemum morifolium* (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009); *Carica papaya* (Martín-Mex *et al.*, 2012); *Oryza sativa* (Anwar *et al.*, 2013); *Triticum aestivum* (Hayat *et al.*, 2005; Tucuch *et al.*, 2015); *Zea mays* (Tucuch-Haas *et al.*, 2016).

La acumulación de macronutrientes en los diferentes órganos de las plantas (raíz, tallo, hoja y fruto), por acción de 1 μ M de AS, se presentan en el Cuadro 2. Los resultados obtenidos indican que el AS incrementó de manera significativa los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en todos los órganos estudiados en comparación con el control. El efecto del AS en el contenido de N fue de 116% en frutos, 52.6% en raíces, 45.5% en hojas y 5% en tallos en comparación con el control. Para P el incremento fue de 110.5% en frutos, 39.4% en hojas, 39.4% en tallos y 17% en raíces, en relación a los valores del control.

Cuadro 2. Contenido de macronutrientes en diferentes órganos de plantas de chile habanero, asperjadas al dosel de plántulas con 1 μ M de ácido salicílico (AS). Estimados a los 128 días después de la última aplicación.

Tejido	Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
		(mg planta ⁻¹)				
Fruto	Control	150.18 b	12.41 b	101.12 b	33.81 a	11.22 b
	1 μ M de AS	325.72 a	26.13 a	199.37 a	34.83 a	19.85 a
Hoja	Control	440.93 b	26.01 b	108.79 b	417.1 b	78.44 b
	1 μ M de AS	641.94 a	36.27 a	140.46 a	616.33 a	131.27 a
Tallo	Control	512.14 b	16.09 b	142.62 b	311.55 b	111.95 a
	1 μ M de AS	561.04 a	20.97 a	183.12 a	437.62 a	191.36 b
Raíz	Control	1353.53 b	90.04 b	475.03 b	1819.98 a	303.65 a
	1 μ M de AS	2065.7 a	105.88 a	615.12 a	1861.48 a	382.28 a

Valores con la misma letra en cada tejido dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p=0.05$. Cada valor es la media de 5 individuos.

La cuantificación de microelementos por el efecto de AS fue también analizada. Los datos de la acumulación de Hierro (Fe) en los diferentes órganos, se presenta en la Figura 1. Se aprecia, que este elemento se acumuló significativamente en la parte aérea de la planta. El mayor efecto positivo se reporta para el tallo con más de 100%, seguida por el fruto con 99.5% y la hoja con 55.5%. No se encontraron incrementos de este elemento en la raíz.

Y para K los valores superaron al control en 97.1% en el fruto, 29.4 en la raíz, 29.1% en las hojas y en 28.3% en el tallo. Este comportamiento coincide con lo reportado por Tucuch-Haas *et al.* (2017) para el cultivo de maíz, donde se observó un incremento del N, P y K en tejido y grano. Por otro lado, las aspersiones del AS incrementaron significativamente el contenido de calcio (Ca) en 47.7% en las hojas y 40% en los tallos, comparado con los niveles encontrados en el control. Los contenidos de este elemento también fueron superiores al control en raíz y fruto, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

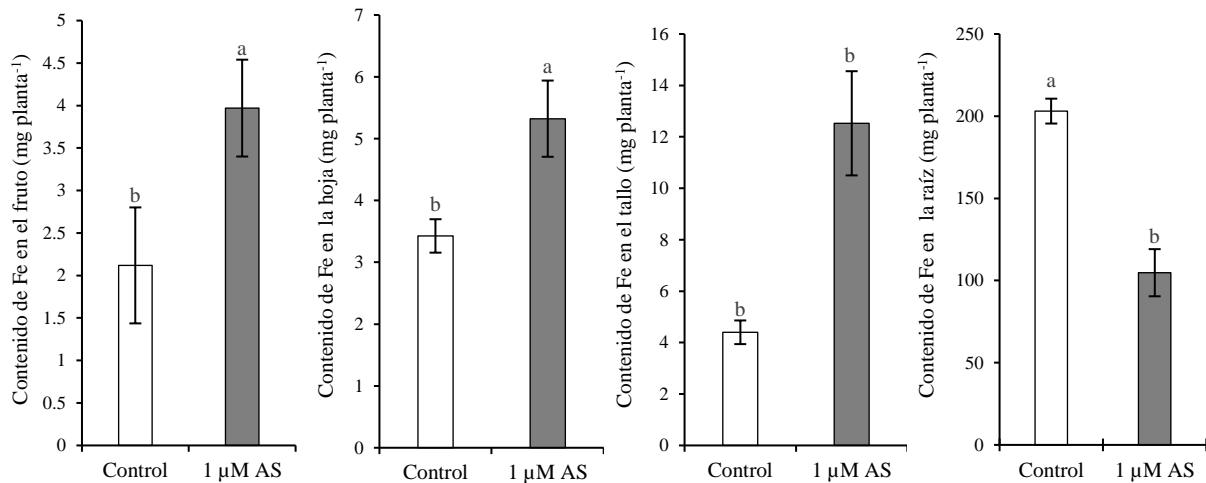


Figura 1. Efecto de aspersiones de 1μM ácido salicílico en el contenido de Fe en raíz, hoja, tallo y fruto, en plantas de chile habanero. Barras con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p=0.05$. Cada valor es la media de 5 individuos.

El efecto de AS también favoreció significativamente la acumulación de magnesio (Mg) en 76.9% en los frutos, 67.3% en las hojas y 67.3% en los tallos comparados con el tratamiento control. En la raíz, aunque el contenido de Mg para las plantas asperjadas con AS no fue significativo, también superaron al control 9%.

El calcio (Ca) también se encontró en niveles significativamente superiores en tallos y hojas de las plantas tratadas con AS en comparación con el control, no así en frutos y raíces. El bajo efecto de AS en la acumulación de Ca en los frutos podría explicarse como consecuencia de su baja movilidad y tendencia a acumularse en los tejidos más viejos, lo que también apoya el efecto significativo en tallos y hojas (Monge *et al.*, 1994).

En la Figura 2 se presentan los resultados de los niveles de Cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B) presente en los tejidos de las plantas por efecto de AS. Los contenidos de estos elementos, en frutos y hojas, superaron al control de manera significativa, a excepción del Cu que no fue significativo. En el tallo de las plantas tratadas con AS, a pesar de que los contenidos de Mn y B superaron al control, estos valores no fueron significativos al igual que el Cu y Zn en los que se obtuvieron valores similares al control. En la raíz el AS incrementó significativamente el contenido de B, en tanto que los niveles de Cu y Mn fueron inferiores en las plantas tratadas en comparación con el control. Los niveles de Zn en las raíces no se vieron afectados por la aspersión del AS.

La menor acumulación en las raíces de Fe, Cu y Mn, con respecto al control, podría deberse a una mayor demanda de estos elementos en la parte aérea, dado que el AS incrementa la actividad fotosintética (Ghansemzadhe y Jaafar, 2013) y acumulación de clorofilas (Vazirimehr y Rigi, 2014), donde participan estos elementos (Alcántar y Trejo, 2007), el Fe para aumentar la eficiencia en la cadena transportadora de electrones (Wang *et al.*, 2010; Janda *et al.*, 2012), el Mn en la fotólisis del agua y el Cu unido a la plastocianina (Alcantar y Trejo, 2007).

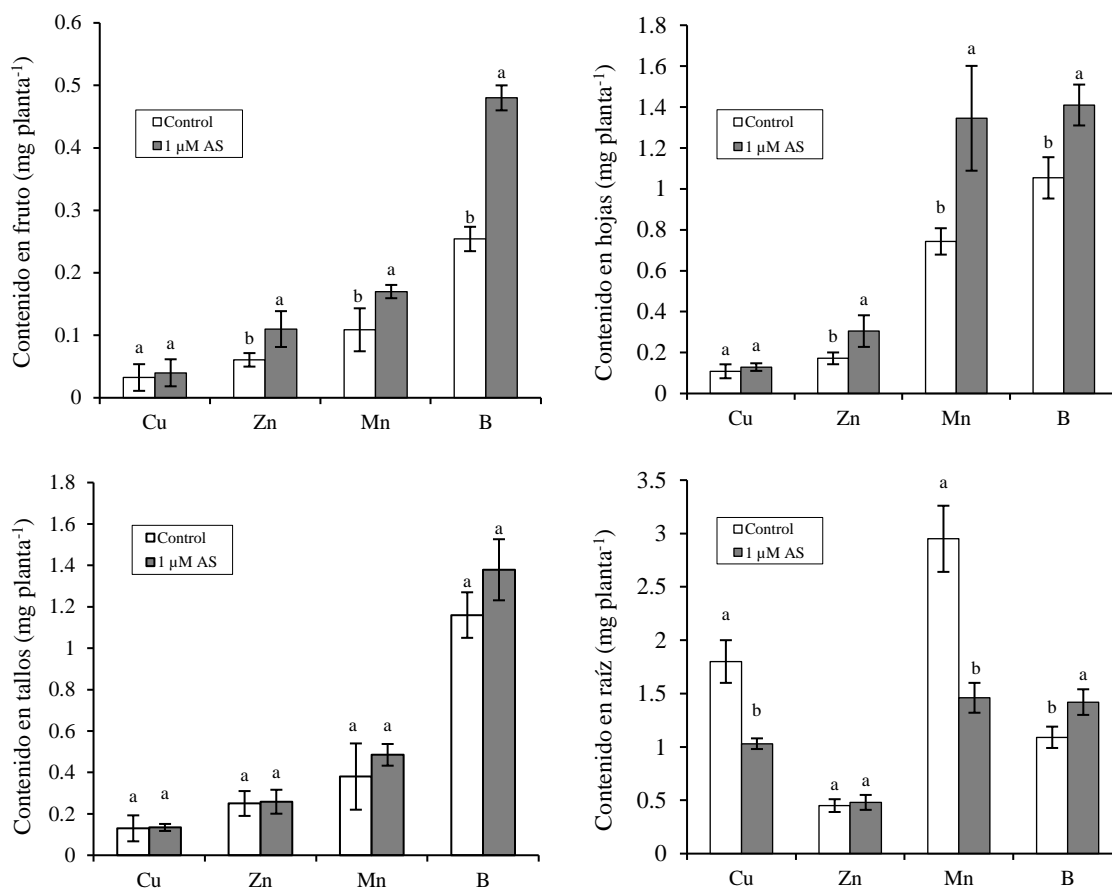


Figura 2. Contenido de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, B) en raíz, hojas, tallo y frutos de plantas de chile habanero asperjadas con 1 μM de ácido salicílico. Barras con la misma letra dentro de cada gráfica son iguales por la prueba de Tukey $p=0.05$. Cada valor es la media de 5 individuos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación comprueban que el AS favorece el estatus nutrimental de las plantas de chile habanero y apoya los resultados obtenidos por Guzmán-Antonio *et al.* (2012), quienes reportaron una mayor acumulación de N, P, K Ca, Mg, Mn, Fe, en plántulas de esta misma especie, cuando se suministra AS en conjunto con fertilización. Además coinciden con los trabajos de Villanueva-Couoh *et al.* (2009); Khan *et al.* (2010) quienes encontraron un mayor contenido de N, P y K, en crisantemo y frijol.

Posiblemente el efecto del AS de incrementar los contenido de macros y microelementos en frutos, sea un componente fundamental para explicar el efecto positivo de aumentar el rendimiento de frutos, como ha sido reportado por Martín *et al.* (2004, 2005) quienes señalan incrementos de hasta 23% en frutos cuando se asperja 1 μM de AS; mientras que en otros como jitomate (Javaheri *et al.*, 2012), pepino (Martín-Mex *et al.*, 2013) y pimienta (Elwan y El-Hamahmy, 2009) se encontraron incrementos de 32, 33 y 82% respectivamente, con la aspersión de la misma concentración.

Es también posible considerar que este incremento de macro y micronutriente sea parte de la respuesta del porqué se aumenta la calidad del fruto, medida por el incremento del color, la firmeza, los sólidos solubles totales, vitaminas C, licopeno y grados brix en diferentes frutas y hortalizas (Elwan y El-Hamahmy, 2009; Karlidag *et al.*, 2009; Javaheri *et al.*, 2012). Los resultados obtenidos

en el cultivo de chile habanero confirman la capacidad de esta molécula de actuar como regulador de crecimiento vegetal (Rivas-San Vicente y Plascencia, 2011) y sugiere que la aspersión de 1 μM de AS es suficiente para desencadenar respuestas favorables como ha sido publicado para otras familias y especies de plantas de importancia agrícola (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Martín-Mex *et al.*, 2013).

Conclusiones

Aspersiones foliares de 1 μM de ácido salicílico (AS) al dosel de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*) incrementa significativamente la longitud, peso fresco y peso seco de raíces, tallos, hojas y frutos de esta especie, al igual favorece la acumulación de macro y micronutrientes que benefician su crecimiento y desarrollo.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- Alcántar, G. G.; Trejo-Téllez, L. I. T; Fernández, P. L. y Rodríguez, M. M. N. 2007. Elementos esenciales. *In*: Alcántar, G. G. y Trejo-Téllez, L. (Eds.). Nutrición de cultivos. Mundi-Prensa. México. 451 p.
- Anwar, S.; Iqbal, M.; Raza, S. H. and Iqbal, N. 2013. Efficacy of seed preconditioning with salicylic and ascorbic acid in increasing vigor of rice (*Oryza sativa* L.) Seedling. *Pak. J. Bot.* 45(1):157-162.
- Chen, J.; Zhu, C.; Li, L.; Sun, Z. and Pan, X. 2007. Effects of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂ metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress. *J. Environ. sci.* 19(1):44-49.
- Echevarría-Machado, I.; Escobedo, R. M. and Larqué-Saavedra, A. 2007. Responses of transformed *Catharanthus roseus* roots to femtomolar concentrations of salicylic acid. *Plant physiol. Biochem.* 45(6):501-507.
- Elwan, M. W. M and El-Hamahmy, M. A. M. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. *Sci. Hortic.* 122(4):521-526.
- Fahad, S. and Bano, A. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. *Pak. J. Bot.* 44(4):1433-1438.
- Fatima, R. N.; Javed, F. and Wahid, A. 2014. Salicylic acid modifies growth performance and nutrient status of rice (*Oryza sativa*) under cadmium Stress. *Int. J. Agric & Biol.* 16(6):1083-1090.
- Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H. Z. E. 2013. Interactive effect of salicylic acid on some physiological features and antioxidant enzymes activity in ginger (*Zingiber officinale* R.). *Molecules.* 18(5):5965-5979.
- Gunes, A.; Inal A.; Alpaslan, M.; Eraslan, F.; Bagci, E. G. and Cicek, N. 2007. Salicylic acid changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.* 164(6):728-736.
- Gutiérrez-Coronado, M. A.; Trejo-López, C. and Larqué-Saavedra, A. 1998. Effects 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.
- Hayat, Q.; Hayat, S.; Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. Exp. Bot.* 68(1):14-25.
- Hayat, S.; Fariduddin Q.; Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 53(4):433-437.
- He, W.; Li, H.; Li, X.; Li, M. and Chen, Y. 2007. *Tetranychus urticae* Koch induced accumulation of salicylic acid in frijole leaves. *Pestic. Biochem. Phys.* 88(1):78-81.
- Janda, K.; Hideg, E.; Szalai, G.; Kovács, L. and Janda, T. 2012. Salicylic acid may indirectly influence the photosynthetic electron transport. *J. Plant Physiol.* 169(10):971-978.
- Javaheri, M.; Mashayekhi, K.; Dadkhah, A. and Zaker, F. T. 2012. Effects of salicylic acid on yield quality characters of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Int. J. Agr. Crop Sci.* 4(16):1184-1187.
- Karlidag, H.; Yildirim, E. and Turan, M. 2009. Exogenous application of salicylic acid affect quality and yield of strawberry grown under antifrost heated greenhouse conditions. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 172(2):270-276.
- Khan, N. A.; Syeed, S.; Masood, A.; Nazar R. and Iqbal, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *Int. J. Plant Biol.* 1(1):1-8.
- Larqué-Saavedra, A. and Martín-Mex, R. 2007. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of the plants. *In: Salicylic acid, a plant hormone.* Hayat, S. and Ahmad, Ahmad, A. (Eds.). Springer publishers, Dordrech, The Netherlands. 15-23 pp.
- Larqué-Saavedra, A.; Martín-Mex R.; Nexticapan-Garcéz, A.; Vergara-Yoisura, S. y Gutiérrez-Rendón, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(3):183-187.
- Martín, M. R.; Nexticapan, G. A.; Vega, M. L.; Baak, P. A. y Larqué S. A. 2005. Efecto del ácido salicílico en la floración y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Segunda Convención Mundial del chile. *Zacatecas, Zacatecas, México.* 325-326 pp.
- Martín-Mex, R.; López-Gutiérrez, R.; Medina-Arceo, J.; Cruz-Campos, J.; Nexticapan-Garcéz, A.; González-Rodríguez, F. y Larqué-Saavedra, A. 2004. Incremento en la productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por aspersiones de ácido salicílico. Primera Convención Mundial del chile. León, Guanajuato, México. 326 p.
- Martín-Mex, R.; Nexticapan-Garcéz, A.; Herrera-Tuz, R.; Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, A. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 3(8):1637-1643.
- Martín-Mex, 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. (Eds.). Springer publishers, Dordrech, The Netherlands. 299-313 pp.
- Miura, K. and Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity and cold stress responses by salicylic acid. *Front. Plant Sci.* 5(1):1-12.
- Monge, E.; Val, J.; Sanz, M.; Blanco, A. y Montañés, L. 1994. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza).* 21(3):189-201.
- Rivas-San Vicente, M. and Plasencia, J. 2011. Salicylic acid beyond its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 1(10):1-18.

- Sánchez-Chávez, E.; Barrera-Tovar, R.; Muñoz-Márquez, E.; Ojeda-Barrios, 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.
- SAS. 2004. Statistical Analysis System Institute. SAS Proceeding Guide, Version 8.1. SAS Institute. Cary, NC. USA.
- Shakirova, F. M.; Sakhabutdinova, A. R.; Bezrukova, M. V.; Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.* 164(3):317-322.
- Singh, A. P.; Dixit, G.; Misha, S.; Dwivedi, S.; Tiwari, M.; Mallick, S.; Pandey, V.; Trivedi, P. K.; Chakrabarty, D. and Tripathi, R. D. 2015. Salicylic acid modulates arsenic toxicity by reducing its root to shoot translocation in rice (*Oryza sativa* L.). *Front. Plant Sci.* 6(1):1-28.
- Tavares, L. C.; Araújo, R. C.; De Oliva, S.; Pich, B. A. and Amaral, V. F. 2014. Treatment of rice sedes with salicylic acid: seed physiological quality and yield. *J. Seed Sci.* 36(3):352-356.
- Tucuch, H. C. J.; Alcántar, G. G. y Larqué, S. A. 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. *Terra Latinoam.* 33(1):63-68.
- Tucuch-Haas, C. J.; Alcántar-González, G.; Volke-Haller, V. H.; Salinas-Moreno, Y.; Trejo-Téllez, L. I. y Larqué-Saavedra, A. 2016. Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento de raíz de plántulas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7(3):709-716.
- Tucuch-Haas, C.; Alcántar-González, G.; Trejo-Téllez, L. I.; Volke-Haller, H.; Salinas-Moreno, Y. y Larqué-Saavedra, A. 2017. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus nutrimental y rendimiento en maíz (*Zea mays*). *Agrociencia.* 51(7):771-781.
- Vazirimehr, M. R. and Rigi, K. 2014. Effect of salicylic acid in agriculture. *Int. J. Plant Anim. Environ. Sci.* 4(2):291-296.
- Villanueva-Couoh, E.; Alcántar-González, G.; Sánchez-García, P.; Soria-Fregoso, M. y Larqué-Saavedra, A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura en Yucatán. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(2):25-31.
- Wang, L.; Fan, L.; Loescher, W.; Duan, W.; Liu, G.; Cheng, J. and Luo, S. L. H. 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC Plant Biology.* 10(34):1-10.