

## Efecto de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

### Effect of salicylic and benzoic acid on the lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Wilfredo Estrada Prado<sup>1</sup>, Alexander Álvarez Fonseca<sup>1</sup>, Elio Lescay Batista<sup>1</sup>, Luís Rodríguez Larramendí<sup>1</sup>, Gustavo González Gómez<sup>2</sup>, René Pedro Castro González<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Carretera Vía Manzanillo km 16 1/2, Bayamo, Granma, Cuba. Teléfono: 48-3235 Ext. 161.

<sup>2</sup>Universidad de Granma, Carretera Vía Manzanillo Km 17 1/2, Teléfono: 48-1015 Ext. 174.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Médicas Bayamo, Carretera Vía Santiago de Cuba Teléfono: 48-2346.

E-mail: estrada@dimitrov.cu

**RESUMEN.** Se evaluó el efecto del ácido salicílico y el ácido benzoico sobre algunos indicadores fisiológicos y el rendimiento de plantas de lechuga durante el mes de diciembre de 2007. Las semillas fueron sumergidas durante dos horas a una concentración de 0,01 mM en cada una de las sustancias bioactivas, posteriormente fueron sembradas y trasplantadas a los 24 días con la aparición de la tercera hoja verdadera en canteros de 12 m de largo por 1 m de ancho. Se emplearon 3 tratamientos, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado y se seleccionaron 10 plantas al azar en cada tratamiento donde se evaluaron los indicadores: Acumulación de biomasa fresca de las hojas (g), biomasa seca de las hojas (g), acumulación de biomasa fresca del tallo (g), biomasa seca del tallo (g), acumulación de biomasa fresca de la raíz (g), biomasa seca de la raíz (g), así como el rendimiento (kg/m<sup>2</sup>). Los datos se procesaron con el paquete estadístico Statistica, mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon por la prueba de rangos múltiples de Duncan. Los resultados indicaron una estimulación significativa ( $p \leq 0,05$ ) en los indicadores biomasa fresca y seca de la raíz y el tallo con la aplicación del ácido salicílico y de la biomasa fresca y seca de las hojas para ambas sustancias bioactivas respecto al control.

**Palabras clave:** Ácido benzoico, ácido salicílico, biomasa, rendimiento.

**ABSTRACT.** The effect of salicylic and benzoic acid on some physiological indicators and yield of lettuce plants was evaluated during the month of December 2007. The seeds were immersed for two hours at a concentration of 0,01mM in each of bioactive substances, were subsequently seeded and transplanted at 24 days with the advent of the third true leaf in plots of 12 m long by 1m wide. 3 treatments were used, distributed in a completely randomized design and 10 plants were selected at random from each treatment where indicators were evaluated: leaves fresh biomass accumulation (g), leaves dry biomass (g), stem fresh biomass accumulation (g), stem dry biomass (g), root fresh biomass accumulation (g), root dry biomass (g), as well as the yield (kg/m<sup>2</sup>). The data were processed using the statistical package Statistica, by analysis of variance of simple classification and means were compared by multiple range test of Duncan. The results showed a significant stimulation ( $p \leq 0,05$ ) Indicators in fresh and dry biomass of root and stem with the application of salicylic acid and leaves fresh biomass for both bioactive substances regard of control.

**Key words:** Benzoic acid, salicylic acid, biomass, yield.

## INTRODUCCIÓN

La producción y consumo de hortalizas frescas a escala mundial cobra cada día mayor importancia, por el papel que desempeñan las verduras y legumbres en la dieta diaria familiar, debido a su riqueza en vitaminas, sales minerales y fibras, así como sus excelentes cualidades gustativas que

mejoran el apetito y ayudan a la digestión de los alimentos (Álvarez *et al.*, 2003)

En Cuba, debido a las desfavorables condiciones climáticas que prevalecen, la producción de hortalizas se limita fundamentalmente a los meses

de invierno, ya que producir en otras estaciones constituye limitantes de productividad, adaptación y supervivencia de los cultivos, sobre todo en estadios críticos del desarrollo de las plantas, lo que sugiere buscar alternativas para minimizar tales daños (Álvarez *et al.*, 2011).

En el último decenio se han intensificado las investigaciones en otra de las ramas de la ciencia relacionada con la aplicación de métodos químicos estimulantes en la agricultura cubana, como una alternativa viable para incrementar el rendimiento de los cultivos, dentro de la política de agricultura sostenible. En tal sentido los reguladores del crecimiento vegetal tales como el ácido salicílico y el ácido benzoico juegan un papel importante en la estimulación de determinados procesos en las plantas (Álvarez, 2010).

El ácido salicílico (AS) es sólido, blanco y cristalino, se encuentra en numerosas plantas, en especial en los frutos, en forma de metil-salicilato y se obtiene comercialmente a partir del fenol (Olivero, 2005), es un regulador endógeno del crecimiento de naturaleza fenólica, que participa en la regulación de numerosos procesos fisiológicos en las plantas (El-Khalla *et al.*, 2009).

El ácido benzoico es uno de los conservantes más empleados en todo el mundo. Aunque el producto utilizado en la industria se obtiene por síntesis química, se encuentra presente en forma natural en las plantas y se clasifica como ácido carboxílico (o específicamente ácido monocarboxílico) (Benavides *et al.*, 2007).

Algunas plantas acumulan ácido benzoico en el suelo, donde funciona como un aleloquímico (Kaur *et al.*, 2005), es decir, como un compuesto emitido al medio por las plantas y que interfiere con el crecimiento de organismos competidores. Se ha comprobado además, que no produce efectos nocivos cuando se aplica en pequeña proporción y se elimina en forma de ácido hipúrico, evitando su acumulación en los organismos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos del ácido salicílico y el ácido benzoico sobre la biomasa fresca, biomasa seca y el rendimiento de plantas de lechuga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante el mes de diciembre del año 2007 en el Organopónico de Referencia Nacional “Ñico López”, perteneciente a la Granja Agropecuaria del municipio de Bayamo, provincia de Granma, Cuba. Se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) cultivar *Black Seed Simpson* con un contenido de humedad de 12 % y un porcentaje de germinación de 92 %.

Las semillas se sumergieron durante dos horas a una concentración de 0,01 mM de ácido salicílico y ácido benzoico, respectivamente, posteriormente las semillas tratadas y un control sin tratar fueron sembrados directamente en el suelo y trasplantados a los 24 días con la aparición de la tercera hoja verdadera, en canteros de 12 m de largo por 1 m de ancho con un contenido de materia orgánica en el suelo de un 25 %. Se emplearon 3 tratamientos, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado, se seleccionaron 10 plantas al azar en cada tratamiento y se seccionaron en sus componentes raíz, tallo y hojas para pesarlas por separado en una balanza, posteriormente se secaron en una estufa a 80 °C durante 72 horas. Se evaluaron los indicadores: Acumulación de biomasa fresca de las hojas (g), biomasa seca de las hojas (g), acumulación de biomasa fresca del tallo (g), biomasa seca del tallo (g), acumulación de biomasa fresca de la raíz (g) y biomasa seca de la raíz (g), así como el rendimiento (kg/m<sup>2</sup>) para cada producto bioactivo. Los datos se procesaron con el paquete estadístico Statistica (Stat Soft, inc., 2008), mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon por la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de la biomasa fresca (Tabla 1), se observa que el efecto del ácido salicílico provocó incrementos significativos en la biomasa fresca de la raíz, no así con el ácido benzoico que mostró diferencia significativa respecto al control. Es posible que este incremento sea una de las causas de la resistencia al estrés hídrico adjudicado a las plantas cuando son tratadas, ya sea foliar o en la raíz con este compuesto, pues las plantas poseen un sistema

**Tabla 1. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico sobre la biomasa fresca de la lechuga**

Tratamientos	Biomasa Fresca (g)		
	Raíz	Tallo	Hojas
ácido salicílico	4.48 a	34.49 a	129.46 a
ácido benzoico	2.35 b	25.44 b	129.42 a
Control	2.69 b	34.78 a	99.22 b
Cv (%)	2.02	15.81	15.18
ES±x	0.36	2.88	2.24

Letras diferentes, hay diferencia significativa según la prueba de rango múltiple de Duncan para  $p < 0,05$

radical más desarrollado ya que permiten una mayor área de suelo explorada y así puede absorber mayor cantidad de agua y nutrientes bajo condiciones limitantes (Carrasco, 2008).

Por otra parte, Ramírez *et al.* (2006), reportaron que la aplicación de ácido benzoico en dosis de  $10^{-4}$  M disminuyó la biomasa fresca de la raíz en coliflor, lo cual coincide con el resultado aquí logrado.

En relación con la biomasa fresca del tallo no se observó efecto estimulante con la aplicación del ácido salicílico, pues no mostró diferencia significativa con el control, sin embargo el ácido benzoico disminuyó la acumulación de biomasa fresca de forma significativa respecto al control y al ácido salicílico, lo cual discrepa de los resultados indicados por San Miguel *et al.* (2003), quienes encontraron que a concentraciones de  $10^{-8}$  M y  $10^{-6}$  M de ácido salicílico en *Pinus patula* se incrementó la biomasa fresca de los tallos en un 33 % y un 30 %, respectivamente.

Al evaluar la biomasa fresca de las hojas el ácido salicílico y el ácido benzoico mostraron incrementos significativos respecto al control, pero sin diferencia significativa entre ambas sustancias. Los resultados obtenidos con el ácido salicílico, excepto en el tallo coinciden con los obtenidos por Carrasco (2008), quien aplicando ácido salicílico en el cultivo del tomate obtuvo un incremento en la biomasa fresca en los diferentes órganos de la planta. Mientras que Gutiérrez *et al.* (2003), obtuvieron incremento en la biomasa fresca de raíz, tallo y hojas en plantas de soya, rábano y betabel al aplicar ácido salicílico de forma exógena en concentraciones de  $10^{-2}$  a  $10^{-8}$  M. Además, Ramírez *et al.* (2006), encontraron que al aplicar ácido benzoico en dosis de  $10^{-4}$  M se induce aumento en el número de hojas y el peso fresco en repollo.

Al evaluar la biomasa seca (Tabla 2), se aprecia que en la raíz y las hojas los resultados fueron similares a la acumulación de biomasa fresca (Tabla 1). En relación con la biomasa seca del tallo los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación del ácido salicílico con incrementos significativos respecto al control y al ácido benzoico, este último también mostró diferencia significativa respecto al control.

**Tabla 2. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico sobre la biomasa seca de la lechuga**

Tratamientos	Biomasa Seca (g)		
	Raíz	Tallo	Hoja
ácido salicílico	0.48 a	1.11 a	4.66 a
ácido benzoico	0.22 b	0.85 b	4.48 a
Control	0.21 b	0.78 c	3.81 b
Cv (%)	28.49	44.09	11.45
ES±x	0.05	0.08	0.20

Letras diferentes, hay diferencia significativa según la prueba de rango múltiple de Duncan para  $p < 0,05$ .

Los resultados de este estudio indican que la aplicación de ácido salicílico es capaz de incrementar el desarrollo de la planta con respecto a la biomasa, principalmente en peso y volumen radical (San Miguel *et al.*, 2003). De igual manera, encontraron que la aplicación de ácido salicílico a concentraciones de  $10^{-8}$  M y  $10^{-6}$  M incrementa considerablemente en 65 % y 45 %, la biomasa seca en raíz, respectivamente.

Estos resultados se corroboran con los obtenidos por Carrasco (2008) quien logró un incremento en la biomasa seca de la raíz, tallo y hojas con la aplicación de ácido salicílico en el cultivo del tomate a los 17 días del trasplante, y al comparar los distintos momentos en que se evaluó el efecto de las diferentes sustancias bioactivas se pudo comprobar que el ácido salicílico es el responsable del mayor aumento de la biomasa seca en la raíz (Avilés, 2008)

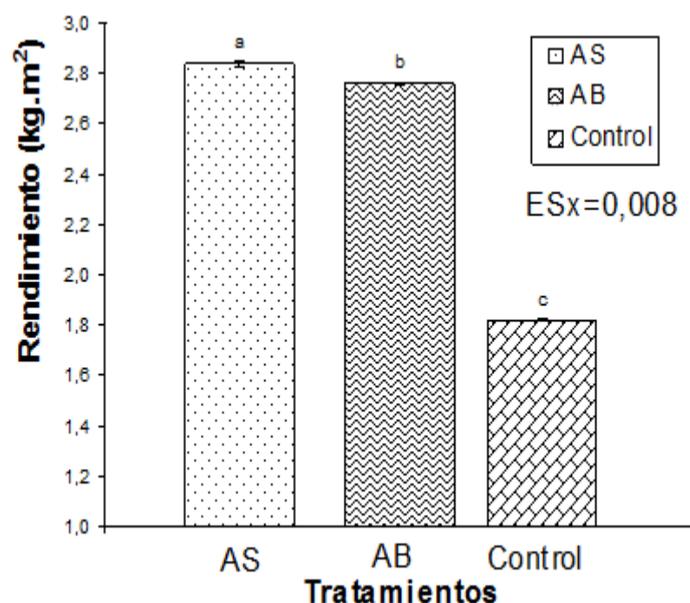
Estos resultados coinciden con los obtenidos por Matos (2004), quien demostró que al aplicar ácido salicílico a concentraciones de 0,005 y 0,01 mM en plantas de tomate se incrementaba la biomasa seca de hojas, tallo y raíz en tomate y por Noreen y Asfrac (2008), quienes obtuvieron un incremento en la biomasa seca y la tasa fotosintética de los dos

cultivares de girasol estudiados, con la aplicación foliar de ácido salicílico a una concentración de 200 mg/L.

Según Jung *et al.* (2004), al aplicar ácido benzoico a concentraciones de 50, 100, 150, 200 y 400 M disminuye la biomasa seca de la raíz, tallo y hojas en el cultivo del tomate.

Los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por Ramírez *et al.* (2006), quienes reportan que el ácido benzoico indujo un aumento de la biomasa seca de las hojas superior al control en la coliflor, por otro lado estos autores encontraron un aumento en la biomasa seca de la raíz en plantas de acelga, al aplicar ácido benzoico lo cual fue estadísticamente igual al control.

Al analizar el rendimiento del cultivo (Figura 1), se observa que el tratamiento con ácido salicílico obtuvo un incremento de 1,02 kg.m<sup>2</sup> con respecto al control y con el ácido benzoico se obtuvo un incremento de 0,94 kg.m<sup>2</sup> respecto al tratamiento control, donde existe diferencia significativa en cada uno de los tratamientos con  $p < 0,05$ .



**Figura 1. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico sobre el rendimiento de plantas de lechuga**

Barras con letras diferentes presentan diferencia significativa según la prueba de rango múltiple de Duncan para  $p < 0,05$ .

En relación con el ácido salicílico, en estudios realizados en tomate con la variedad Vyta por Peña (2005) se demostró que cuando se sumergen las semillas por un período de 2 h antes del trasplante a una concentración

de 0,01 mM las plantas producen tomates de mayor tamaño y el rendimiento es mayor como consecuencia del incremento de la Tasa de Crecimiento Absoluta (TAC) y Tasa de Crecimiento Relativa (TRC). Previamente se había demostrado que la acumulación y particionamiento de la biomasa fue mayor bajo este tratamiento, además este mismo autor encontró que semillas de tomates tratadas con ácido salicílico, a una concentración de 0,01mM, reflejan una mayor eficiencia fotosintética, es probable que esto sea la causa del incremento de la biomasa seca y el rendimiento en las plantas que fueron tratadas con esta misma concentración.

Al respecto, Avilés (2008) encontró incrementos en el rendimiento del tomate de 1,38 (kg/planta) con respecto al control al aplicar ácido salicílico a una concentración de 0,01 mM. Todo parece indicar que de alguna manera este producto bioactivo se incorpora al metabolismo de la planta por vía sistémica o actuando como mensajero con un efecto similar al de las hormonas e induce mecanismos fisiológicos que inciden sobre la productividad biológica y agrícola.

Los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos por Benavides *et al.* (2007), quienes reportan que al aplicar ácido benzoico al cultivo del tomate se incrementa el rendimiento.

## CONCLUSIONES

1- Sin lugar a duda es clave el papel del ácido salicílico y el ácido benzoico en la regulación del crecimiento producto al marcado efecto positivo de estos reguladores sobre la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de la planta.

2- Al aplicar los productos bioactivos ácido salicílico y ácido benzoico se obtuvieron incrementos del rendimiento de 1,02 y 0,94 kg.m<sup>2</sup> con respecto al control.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, M.; C. Moya; M. Florido y D. Plana: "Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba". *Cultivos Tropicales*. 24(2): 63-70, 2003.

2. Álvarez, A.: Efecto del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agropecuario, Universidad de Granma, Cuba, 30 pp., 2010.
3. Álvarez, A.; R. Ramírez; L. Chávez y Y. Camejo: "Efectos del tratamiento de semillas con láser de baja potencia en un híbrido de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)". *Revista electrónica Granma Ciencia*. Vol. 15, no. 2. ISSN 1027-975X, 2011.
4. Avilés, Yanelis: Efectos de diferentes productos bioactivos sobre algunos indicadores agro productivos en el cultivo de tomate, var. Amalia, en condiciones semicontroladas. Trabajo de diploma, Universidad de Granma, 38 pp., 2008.
5. Benavides, A.; D. Burgos; H. Ortega; H. Ramírez: "El ácido benzoico y el poliácido acrílico-quitosán en la calidad y el rendimiento del tomate en suelo calcáreo". *TERRA Latinoamericana*, 25(3): 261-268, 2007.
6. Carrasco, Yanexis: Efecto de diferentes sustancias bioactivas sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate variedad Amalia en condiciones semicontroladas. Trabajo de Diploma, Universidad de Granma, 40 pp., 2008.
7. El-Khalla, S.M., Hathout, T.A., El Raheim, A., Ahsour, A. Abd-Almalik A. Brassinolide and salicylic acid induced antioxidant enzymes, hormonal balance and protein profile of maize plants grown under salt stress. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(4): 391-402. 2009.
8. Gutiérrez-Rodríguez, M.; Aristeo-Cortés, P.; San Miguel-Chevez, R.; Larqué-Saavedra, A. Efecto del dimetilsulfóxido en el peso fresco de soya, rábano y betabel. *Agrociencia* 37: 237-240. 2003.
9. Jung, V, Olsson, E.; Caspersen, S.; Asp, H.; Jensen, P, Alsanius, B. W. Response of young hydroponically grown tomato plants to phenolic acids. *Scientia Horticulturae* 100: 23-27. 2004.
10. Kaur, H. Inderjit, and S. Kaushik. Cellular evidence of allelopathic interference of benzoic acid to mustard (*Brassica juncea* L.) seedling growth. *Plant Physiology. Biochemistry*. 43: 77-81. 2005.
11. Matos, J. Efectos de la aplicación de bajas concentraciones de Ácido Salicílico a semillas de tomate (*lycopersicom esculentum* Mill. variedad Vyta) sobre algunos indicadores fisiológicos y agronómicos. Tesis de diploma, Universidad de Granma. 35p. 2004.
12. Noreen, S., Ashraf, M. Alleviation of adverse effects of salt stress on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pak. J. Bot.* 40(4): 1657-1663. 2008.
13. Olivero Yasmara. Efecto del Acido Salicílico y el humus líquido sobre el comportamiento fisiológico del cultivo del tomate var Vyta. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma. 38 p. 2005.
14. Peña, R. Efecto del ácido salicílico sobre algunos indicadores fisiológicos del cultivo del tomate. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma. 24p. 2005.
15. Ramírez, H., J. H. Rancaño Arrijoja, A. Benavides Mendoza, R. Mendoza Villareal, E. Padrón Corral. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol. 12, número 002, pp189-195. 2006.
16. San Miguel, R.; Gutiérrez, M.; Larqué-Saavedra, A. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. *Southern Journal of Applied Forestry* 27: 52-54. 2003.
17. Stat Soft, inc. Statistica for windows versión 8.0 [computer program manual] Julsa, ok: Stat Soft, inc. 2008.

Recibido: 19/01/2012

Aceptado: 06/09/2012