

# Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycompersicom esculentum* L., var. Vyta) provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico

## Growth, flowering and fructification in tomato plant (*Lycompersicom esculentum* L., var. Vyta) coming seeds tried with salicylic acid

Luis Rodríguez Larramendi<sup>1</sup>, Yunier Matos<sup>2</sup>, Pedro Santos<sup>3</sup> y Sucel Infante<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Carretera a Manzanillo, km 17,5, Bayamo, Granma. Cuba.

<sup>2</sup> Estudiantes de la Carrera de Agronomía, Universidad de Granma.

<sup>3</sup> Estudiante de la Maestría de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma.

E-mail: [rlarra@dimitrov.granma.inf.cu](mailto:rlarra@dimitrov.granma.inf.cu)

---

**RESUMEN.** Se diseñó un experimento en condiciones semicontroladas para estudiar el efecto fisiológico de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico (AS) a semillas de tomate durante cuatro horas antes de la siembra. Las concentraciones de AS fueron 0,005; 0,01 y 0,1 mM y un testigo adicional que consistió en sumergir las semillas en agua destilada. Los resultados obtenidos demostraron que en condiciones semicontroladas, las plantas provenientes de semillas tratadas con AS a una concentración de 0,01 mM desarrollaron mayor área foliar y biomasa de hojas, tallo y raíz. Bajo estas mismas condiciones, y con la aplicación de la misma concentración, las plantas produjeron mayor cantidad de ramas secundarias y el número de racimos por planta y de flores por planta fue superior. Tanto el diámetro como la masa fresca de los frutos de plantas provenientes de semillas tratadas con AS a 0,01 mM fueron superiores en comparación con el resto de los tratamientos; mientras que bajo estas mismas condiciones el contenido de vitamina C y de ácido cítrico en los frutos fue superior. Tanto el rendimiento por planta como por área fue mayor en las plantas cuyas semillas fueron tratadas con AS a una concentración de 0,01 mM.

Palabras clave: Ácido salicílico, crecimiento, rendimiento, tomate.

**ABSTRACT.** An experiment in semi controlled conditions was designed in order to study the physiological effect of a low concentration of salicylic acid (SA) in tomato seeds during four hour before seeding. The SA concentrations were 0.005, 0.01, 0.1 mM and an additional control with distilled water. The plants emerging from seeds treated with SA at 0.01 mM showed higher leaf area and dry weight of leaf, stem and root. At the same time, an increasing of secondary branches and the flowers per plant. The fruits diameter, fresh weight, vitamin C and citric acid content were higher under this treatment. As a consequence, the yields per plant and per area were higher under the treatment with SA (0.01 mM).

**Key words:** Salicylic acid, growth, yield, tomato.

---

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicom esculentum*, Mill) es la hortaliza más importante en el mundo después de la papa. Este se cultiva en un amplio rango de latitudes desde el ecuador hasta el círculo polar, constituye más del 30 % de la producción hortícola mundial, con una superficie de siembra de 3 millones de hectáreas, una producción de 78 millones de toneladas y un rendimiento medio de 27 t/ha. Sólo el 10 % se produce en América Latina y el Caribe.

El rendimiento, en algunos países, se comporta de la manera siguiente: EE.UU. 64 t/ha; Canadá, 50 t/ha; Argentina, 27 t/ha, Cuba, 7 t/ha. Entre los países donde se obtienen los mayores rendimientos se encuentran Holanda con 375 t/ha, Dinamarca con 364 t/ha y Noruega con 350 t/ha. (Gómez *et al.*, 2000)

Como se puede observar, en Cuba los rendimientos, en comparación con otros países, son bajos debido a muchas causas entre las que

se destacan el ataque de plagas y enfermedades y el efecto de algunos factores estresantes de tipo abiótico como pueden ser las sequías, salinidad, altas temperaturas, entre otros.

Por esto, el estudio de sustancias bioactivas que modifiquen positivamente el metabolismo de las plantas se ha incrementado en los últimos años. A estas investigaciones se les ha incorporado el uso de productos fenólicos como es el ácido salicílico (AS), el ácido acetil salicílico (ASA) y el ácido benzoico (AB) (Kauss y Jeblisk, 1996; López-Delgado *et al.*, 1998; López-Tejeda, 1998) como estimulantes y promotores de resistencia ante situaciones de estrés biótico y abiótico.

El papel del AS en las plantas ha sido estudiado en detalle en muchos procesos fisiológicos como la termogénesis (Horvath *et al.*, 2002) y en la inducción de resistencia a patógenos (Enyedi *et al.*, 1992; Chen *et al.*, 1993). Se ha demostrado que el AS forma parte de la vía de transducción de señales que conduce a la llamada resistencia sistémica adquirida (RSA). (Eyendi *et al.*, 1992)

Actualmente se estudia su papel en la resistencia al estrés abiótico. Por ejemplo, en el cultivo de la mostaza, se ha estudiado el papel del AS en la tolerancia a altas temperaturas (Dat *et al.*, 1998), y frente a la tolerancia a las heladas en el cultivo del maíz. (Janda *et al.*, 1999 y Hovarth *et al.*, 2002)

El AS también se ha demostrado que tiene un efecto positivo contra los daños causados por el ozono, tal como lo indica el trabajo publicado por Sharma *et al.* (1996). En el cultivo del trigo, el tratamiento con ASA ha demostrado ser efectivo contra el estrés hídrico (Hamada, 1998). En plantas de tomate y frijol, concentraciones de 0,1–0,5 mM de AS o ASA incrementaron la tolerancia al calor, a las heladas y la sequía aun cuando las aplicaciones se realizaron solamente a las semillas durante 24 h. (Senaratna *et al.*, 2000)

En Cuba no abundan investigaciones sobre el uso de dichas sustancias en el crecimiento de plantas cultivadas y en la literatura revisada sobre el tema se reflejan diversidad de opiniones sobre

el posible papel de esta sustancia, la forma de aplicación (en la semilla o foliar) y sobre todo el rango de concentraciones óptimas varía de un cultivo a otro.

Es por esto que el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la aplicación en semillas de tomate de bajas concentraciones de ácido salicílico sobre el crecimiento y el rendimiento en condiciones semicontroladas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un experimento siguiendo un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas, en canteros de 8 m de largo y 1m de ancho, sobre un suelo ferralítico (Instituto de Suelos, 1999), al cual se le aplicó humus de lombriz a razón de 25 t/ha.

Se usaron semillas con 95 % de germinación, de la variedad Vyta. El esquema de plantación empleado fue de dos hileras separadas a 60 cm y 30 cm entre plantas.

### Procedimientos experimentales

Se prepararon soluciones milimolares de ácido salicílico (0,005; 0,01 y 0,1 mM) usando agua destilada y de acuerdo con la masa molar del AS más un testigo adicional consistente en sumergir las semillas en agua destilada.

Las semillas fueron sumergidas en cada solución durante cuatro horas y sembradas en bandejas de poliespuma de 50 alvéolos de 110 cm<sup>3</sup> de capacidad.

### Variables evaluadas y metodología de los muestreos

A los 21 y 56 días después del trasplante se realizaron muestreos destructivos en 10 plantas por tratamiento. Se determinaron la masa seca de la raíz, tallo y hojas, el área foliar, la longitud de la raíz, así como la cantidad de ramas secundarias por planta.

El área foliar por planta se determinó con un Planímetro Digital Delta T Devices. La masa seca de los órganos de la planta se determinó

colocando las muestras en una estufa a 80 °C durante 72 horas y luego fueron pesadas en una balanza digital Sartorius. La longitud de la raíz se determinó midiendo el largo de la raíz principal desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la misma.

Se siguió la dinámica de la floración, contando la cantidad de inflorescencias (racimos florales), y la cantidad de flores por racimo. Se cuantificaron la cantidad de frutos por racimo y el rendimiento por planta.

La calidad de los frutos se determinó midiendo la masa fresca y el diámetro de los frutos para lo cual se seleccionaron 30 frutos por tratamiento.

Para complementar este análisis se procedió a analizar parámetros bromatológicos en los frutos determinándose los indicadores siguientes: pH, contenido de ácido cítrico, sólidos solubles totales, vitamina C, N, P, K, Ca y Mg, cenizas, y masa seca (al aire y absoluta).

Para probar la hipótesis del efecto del AS en las variables evaluadas se realizaron análisis de varianza de acuerdo al diseño empleado y cuando se detectaron diferencias significativas, se procedió a la comparación de medias a través de la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se transcriben los resultados de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en las semillas sobre el crecimiento de plantas de tomate. A los 21 días después del trasplante se observó que las plantas provenientes de semillas tratadas con concentraciones de 0,01 y 0,005 mM de ácido salicílico (AS) desarrollaron mayor área foliar que las plantas del control. Al mismo tiempo se observó un efecto inhibitorio al incrementar la concentración a 0,1 mM. Resultados similares se obtuvieron para la longitud de la raíz, pues las plantas provenientes de semillas tratadas con

AS con una concentración de 0,05 mM incrementaron la longitud de la raíz en un 16 % por encima del control. Tales resultados confirman los postulados de Sakhabutdinova *et al.* (2003) quienes demostraron que la aplicación de AS en plantas de trigo provocó un incremento de la división

En cuanto a las fracciones de biomasa de hojas, tallo y raíz, el efecto del ácido salicílico siguió la misma tendencia, observándose incrementos de estos indicadores en las concentraciones de 0,005 y 0,01 mM, aunque para la biomasa de la raíz, el mayor crecimiento se obtuvo en las mayores concentraciones de AS.

**Tabla 1. Efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en semillas sobre el crecimiento y la acumulación de biomasa en plantas de tomate a los 21 días del trasplante en condiciones semicontroladas. Medias  $\pm$  Desviación estándar. n = 10.**

Concentraciones (mM)	Área Foliar (m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Longitud de la raíz (cm)	Masa seca (g)		
			Hojas	Tallo	Raíz
Control	0,014 $\pm$ 0,0039 b	18,08 $\pm$ 2,45 c	0,73 $\pm$ 0,19 c	0,17 $\pm$ 0,035 d	0,12 $\pm$ 0,023 c
0,005	0,018 $\pm$ 0,0033 a	21,45 $\pm$ 1,64 a	0,98 $\pm$ 0,24 a	0,22 $\pm$ 0,045 b	0,15 $\pm$ 0,030 b
0,01	0,019 $\pm$ 0,0062 a	20,47 $\pm$ 2,33 b	0,98 $\pm$ 0,25 a	0,24 $\pm$ 0,053 a	0,16 $\pm$ 0,028 a
0,1	0,015 $\pm$ 0,0056 b	20,18 $\pm$ 4,19 b	0,78 $\pm$ 0,24 b	0,20 $\pm$ 0,052 c	0,16 $\pm$ 0,039 a

Medias con letras diferentes en las columnas difieren para  $p \leq 0,05$  según la prueba de Tukey.

A los 65 días después del trasplante (Tabla 2), la imbibición de las semillas en ácido salicílico a 0,005 mM provocó un mayor desarrollo foliar con diferencias significativas sobre el resto de

los tratamientos; mientras que para la longitud de la raíz fue la concentración de 0,01 mM la que provocó mayor crecimiento con un incremento del 16 % por encima del control.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en semillas sobre el crecimiento y la acumulación de biomasa en plantas de tomate a los 56 días del trasplante en condiciones semi-controladas. Medias ± Desviación estándar. n = 10.

Concentraciones (mM)	Área Foliar (m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Longitud de la raíz (cm)	Masa seca (g)		
			Hojas	Tallo	Raíz
Control	0,18 ± 0,038 c	47,30 ± 2,67 c	16,53 ± 2,99 c	8,41 ± 1,64 c	2,42 ± 0,50 b
0,005	0,27 ± 0,063 a	49,07 ± 4,25 b	19,05 ± 4,50 b	10,46 ± 3,09 b	3,27 ± 0,50 a
0,01	0,20 ± 0,061 b	56,20 ± 11,19 a	25,02 ± 2,42 a	14,13 ± 4,08 a	3,43 ± 0,78 a
0,1	0,17 ± 0,034 c	51,02 ± 8,09 b	17,62 ± 2,43 c	10,20 ± 3,01 b	2,52 ± 0,40 b

En cuanto al efecto del AS sobre las fracciones de biomasa foliar (Tabla 2) se encontró que el mayor particionamiento de la biomasa hacia las hojas y el tallo se produjo en las plantas provenientes de semillas tratadas con AS a 0,01 mM con incrementos de 51 % y 68 %, respectivamente, sobre el control. Aunque la mayor biomasa de la raíz se logró con esta misma concentración, no se observaron diferencias significativas con respecto a la concentración 0,005 mM.

Al analizar el efecto del AS sobre la emisión de ramas secundarias (Tabla 3) se comprobó además que al igual que para los indicadores antes evaluados, la mayor producción de ramas se produjo al tratar las semillas con AS a 0,01 mM en cuyo caso las plantas tuvieron como promedio 7,2 (70 %) ramas más que el control. Es probable que esto haya sido una de las causas de la mayor producción de racimos florales en este tratamiento ya que las plantas provenientes de

este mismo tratamiento produjeron casi el doble de racimos por encima del control lo cual fue equivalente a una cantidad de, 39,8 flores por planta lo que significa un incremento del 95 %.

Este efecto positivo del AS sobre la producción de ramas secundarias y la floración del tomate estuvo muy relacionado con el efecto que este provocó sobre el rendimiento y algunos de los componentes de la calidad del fruto de tomate, pues fue con esta misma concentración (0,01 mM) con la que se indujo un mayor desarrollo del fruto, a juzgar por el incremento de la masa y el diámetro de los frutos (Tabla 4). En cuanto a la producción de frutos por planta, aquellas provenientes de semillas tratadas con AS a 0,01 mM promediaron 11,7 frutos más que el control, suficiente para provocar una diferencia significativa en el rendimiento por planta, aunque en este caso sin diferencias significativas con la concentración de 0,005 mM.

Tabla 3. Efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en semillas de tomate sobre la emisión de ramas secundarias, la producción de racimos florales y la cantidad de flores por planta en condiciones semicontroladas. Medias ± Desviación estándar. n = 10.

Concentraciones (mM)	Ramas secundarias	No. de racimos/planta	Flores/planta
Control	10,3 ± 4,00 c	16,1 ± 6,28 d	20,3 ± 10,58 c
0,005	13,1 ± 3,18 b	26,1 ± 3,96 b	33,7 ± 9,81 b
0,01	17,5 ± 3,57 a	32,7 ± 6,60 a	39,8 ± 17,52 a
0,1	13,2 ± 3,91 b	19,6 ± 9,13 c	18,1 ± 8,93 d

Medias con letras diferentes en las columnas difieren para p ≤ 0,05 según la prueba de Tukey.

Similares resultados se observaron al calcular el rendimiento por área (t/ha). En este caso con la concentración de 0,01 mM se lograron rendimientos de 14,35 t/ha, más del doble del rendimiento promedio del país, según los datos publicados por Gómez *et al.* (2001), lo cual es más significativo si tenemos en cuenta que estos resultados se lograron en período no óptimo de siembra.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por López *et al.* (1998) quienes demostraron que aplicaciones de AS a concentraciones de 10<sup>-4</sup> M

incrementaron el rendimiento y los componentes del cultivo del trigo y también están en concordancia con los obtenidos por López (1984).

López *et al.* (1998) afirman que hasta el momento no existe explicación sobre el mecanismo de acción del ácido salicílico sobre el número de granos y peso; pero se piensa que este ácido actúa sinérgicamente con las auxinas, ya que estas regulan la acumulación de fotosintatos. (Larqué-Saavedra, 1978)

**Tabla 4. Efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en semillas de tomate sobre el rendimiento y alguno de sus componentes en condiciones semicontroladas. Medias ± Desviación estándar. n = 10.**

Concentraciones mM	Masa del fruto fresco (g)	Diámetro del fruto (mm)	Frutos/planta	Rendimiento	
				Kg planta <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>
Control	58,9 ± 16,55 d	50,7 ± 5,75 b	13,1 ± 5,11 d	0,77 ± 0,30 c	6,39 ± 2,49 d
0,005	64,6 ± 12,08 b	52,8 ± 3,61 a	18,6 ± 7,34 b	1,20 ± 0,47 a	9,95 ± 3,92 b
0,01	69,9 ± 8,46 a	54,1 ± 2,93 a	24,8 ± 4,59 a	1,73 ± 0,32 a	14,35 ± 2,66 a
0,1	61,0 ± 11,26 c	51,6 ± 3,53 b	16,9 ± 2,72 c	1,03 ± 0,17 b	8,54 ± 1,38 c

Medias con letras diferentes en las columnas difieren para p ≤ 0,05 según la prueba de Tukey.

Al analizar el efecto del AS sobre algunas características organolépticas del fruto (Tabla 5) se demostró que los frutos de plantas provenientes de semillas tratadas con AS a 0,01 mM aumentaron su acidez con respecto al control y ligeramente mayor en relación con el resto de las concentraciones. Esto estuvo relacionado con un incremento del contenido de ácido cítrico el

cual fue superior en todas los tratamientos con AS con respecto al control.

En cuanto al por ciento de sólidos solubles totales, este fue mayor en la concentración de 0,005 mM y tendió a disminuir en la medida que aumentó la concentración de AS.

**Tabla 5. Efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico en semillas de tomate sobre algunas características organolépticas del fruto. Media ± Desviación Estándar**

Concentraciones mM	pH	Ácido cítrico %	SST %	Vitamina C %	MS %
Control	4,0 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,03 <sup>b</sup>	4,97 ± 0,03 <sup>b</sup>	18,40 ± 0,14 <sup>c</sup>	87,50 ± 0,50 <sup>b</sup>
0,005	3,9 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,03 <sup>a</sup>	5,19 ± 0,03 <sup>a</sup>	24,25 ± 0,25 <sup>a</sup>	88,33 ± 0,29 <sup>a</sup>
0,01	3,7 ± 0,06 <sup>c</sup>	0,66 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,53 ± 0,03 <sup>d</sup>	22,05 ± 0,25 <sup>b</sup>	88,23 ± 0,40 <sup>a</sup>
0,1	3,8 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,66 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,61 ± 0,01 <sup>c</sup>	18,78 ± 0,38 <sup>c</sup>	88,46 ± 0,06 <sup>a</sup>

Medias con letras diferentes en las columnas difieren para p ≤ 0,05 según la prueba de Tukey.

Para el caso de la vitamina C, el mayor por ciento se obtuvo en la concentración de 0,005 mM seguido de 0,01 mM. El menor valor de este compuesto se alcanzó en el control (18,4 %). Al

analizar la masa seca del fruto se observó un incremento significativo en todos los tratamientos con AS por encima del control.

## CONCLUSIONES

1. Las plantas de tomate provenientes de semillas tratadas con concentraciones de 0.01 mM de ácido salicílico desarrollan mayor área foliar y acumulan mayor masa seca en hojas, raíz y tallo, así como mayor longitud de la raíz.

2. La ramificación secundaria, la producción de racimos florales y de flores por planta se favorece al imbibir las semillas de tomate con AS a una concentración 0,01 mM durante cuatro horas previo a la siembra.

3. Tanto el tamaño de los frutos, como la cantidad y la masa fresca, así como el rendimiento por planta y por área se favorecen significativamente al imbibir las semillas de tomate con concentraciones de ácido salicílico a 0,01 mM durante cuatro horas previo a la siembra.

4. La aplicación de ácido salicílico a semillas de tomate previo a la siembra, favorece el incremento de vitamina C y de ácido cítrico.

elicitation. *Plant Physiol.* 111:755-763, 1996.

7. INSTITUTO DE SUELOS: Nueva versión de la clasificación de los suelos de Cuba, Ministerio de la Agricultura, 1999.

Recibido: 8/marzo/2007

Aceptado: 18/noviembre/2007

## BIBLIOGRAFÍA

1. CHEN, Z.; H. SILVA AND R.F. KLESSI: "Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid". *Science* 262:1883-1886, 1993.

2. DAT, J.F.; H. LÓPEZ-DELGADO; C.H. FOYER AND I.M. SCOTT: "Parallel changes in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings". *Plant Physiol.* 116:1351-1357, 1998.

3. LOPEZ-DELGADO, H.; J. DAT; C. FOYER AND I. SCOTT: "Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>". *J. Exp. Bot.* 49:713-720, 1998.

4. LÓPEZ TEJEDA, R.; V. CAMACHO RODRÍGUEZ Y M. A. GUTIÉRREZ CORONADO: "Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo". *Terra* 16:43-48, 1998.

5. SHARMA, Y.J.; J. LEÓN; I. RASKIN AND K.R. DAVIS: "Ozone-induced responses in *Arabidopsis thaliana*: the role of salicylic acid in the accumulation of defense related transcripts and induced resistance". *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93:5099-5104, 1996.

6. KAUSS, H. AND W. JEBLICK: Influence of salicylic acid on the induction of competence for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>