

CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES EN PLANTAS DE JITOMATE SOMETIDAS A ESTRES BIOTICO

Zárate-Martínez, W.1*; González-Morales, S.2; Moreno-León, K.3; Felipe-Victoriano, M.4; Juárez-Maldonado, A.5

1Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

2Cátedras CONACyT-Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

4Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

5Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

*Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Melchor Ocampo No. 7. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca. C.P. 68200, México. zarate.william@inifap.gob.mx, Tel. 800 088 2222, Ext. 86206.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es un cultivo de importancia económica que se encuentra en todo el mundo. México ocupa el décimo lugar como productor de esta hortaliza (SIAP, 2017).

Los patógenos bacterianos reducen el rendimiento de los cultivos, particularmente, la bacteria Gram positiva *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm) causa la “marchitez” y “cancro bacteriano”, las dos enfermedades más importantes en tomate (Gartemann *et al.*, 2003). El grado de afectación por el cancro bacteriano puede ser de hasta un 100 % (Rueda-Barrientos *et al.*, 2017).

Existen reportes del uso de compuestos fenólicos como inhibidores de *Botrytis cinerea* (Mendoza *et al.*, 2013). Además de un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) en la planta (Mittler *et al.*, 2004).

Ante esta situación se planteó el siguiente trabajo de investigación, evaluar el efecto del estrés biótico en la capacidad antioxidante de las plantas y si la aplicación exógena de compuestos fenólicos modificaba dicho efecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del cultivo. El Presente trabajo se realizó en un invernadero de mediana tecnología del departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, México (25° 21'13"latitud norte y 101°01'56"longitud oeste, a 1,743 msnm). El modelo biológico empleado fue tomate tipo Saladette de la variedad Rio Fuego, se trasplantó en bolsas negras de polietileno que contenían 10 L de sustrato perlita: peat moss relación 1: 1 (v: v). El cultivo se manejó a un solo tallo, con podas de yemas axilares y deshoje. La nutrición fue administrada a través de un sistema de riego dirigido con solución Steiner (Steiner, 1961), esta fue aplicada a distintas concentraciones: 25% en etapa vegetativa, 50% en floración, 75% en amarre de frutos, y 100% en llenado y cosecha de fruto.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de ácidos fenólicos (AF) usando como fuente el producto Defens Gr® (10 000 ppm de ácidos fenólicos). Se establecieron seis tratamientos: 1) testigo absoluto (T0); 2) aplicación de ácidos fenólicos antes de inocular *Clavibacter* (AFA); 3) aplicación de ácidos fenólicos después de inocular *Clavibacter* (AFD); 4) aplicación de ácidos fenólicos antes y después de inocular *Clavibacter* (AFAD); 5) solo aplicación de ácidos fenólicos (AF) y 6) solo inoculación con *Clavibacter* (Cmm).

El diseño experimental fue completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias según la prueba LSD de Fisher ($p \leq 0.05$) en el programa InfoStat versión 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer muestreo (15 ddt), se encontraron diferencias significativas en la capacidad antioxidante (ABTS) en hoja (Cuadro 1).

Muestrados realizados en hoja a los 31 y 92 ddt y en fruto (90 ddt) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el testigo no fue diferente al resto de los tratamientos.

La menor capacidad antioxidante se registró en el tratamiento AFAD. En todos los muestreos los tratamientos provocaron diferencias en la capacidad antioxidante por DPPH (Cuadro 1).

A los 15 ddt la aplicación de ácidos fenólicos aumentó la capacidad antioxidante. A los 31 ddt aunque hubo diferencias entre tratamientos, la aplicación de ácidos fenólicos no provocó diferencias con respecto al T0. En el muestreo (92 ddt) los tratamientos AFD y AFAD presentaron la mayor capacidad antioxidante, 22.6 y 18.5 % más que el T0. En fruto aunque hubo diferencias entre tratamientos, el T0 no fue diferente a ningún otro tratamiento.

Cuadro 1. Cuadro 3. Capacidad antioxidante determinada por ABTS y DPPH en hojas y frutos de tomate con aplicaciones de ácidos fenólicos.

Tratamiento	ABTS							
	15 ddt (Hoja)		31 ddt (Hoja)		92 ddt (Hoja)		90 ddt (Fruto)	
	TEAC	VCEAC	TEAC	VCEAC	TEAC	VCEAC	TEAC	VC
TO	42.0 b	340.7 b	52.4 ab	696.6 ab	58.2 ab	894.6 ab	35.1 ab	137
AFA	43.1 b	378.4 b	55.6 a	805.3 a	61.4 ab	1004.5 ab	34.6 ab	129
AFD	42.0 b	340.7 b	49.1 ab	585.6 ab	59.3 ab	933.5 ab	34.8 ab	132
AFAD	50.0 a	616.5 a	41.0 b	307.5 b	48.2 b	553.6 b	31.8 b	97
AF	50.0 a	616.5 a	53.4 a	731.0 a	53.5 ab	734.4 ab	40.2 a	22'
Cmm	50.0 a	616.5 a	49.5 ab	598.2 ab	69.9 a	1295.2 a	35.2 ab	136

Tratamiento	DPPH							
	15 ddt (Hoja)		31 ddt (Hoja)		92 ddt (Hoja)		90 ddt (Fruto)	
	TEAC	VCEAC	TEAC	VCEAC	TEAC	VCEAC	TEAC	VCEA
TO	46.8 c	409.6 c	45.3 ab	342.2 ab	34.0 c	219.2 c	25.6 ab	393.7
AFA	55.8 a	821.9 a	45.9 ab	369.9 ab	38.6 ab	433.3 ab	26.3 ab	425.4
AFD	46.8 c	409.6 c	40.7 b	132.0 b	41.7 a	572.1 a	21.8 b	219.2
AFAD	52.2 b	658.0 b	56.7 a	865.5 a	40.3 a	508.7 a	22.2 b	235.1
AF	52.2 b	658.0 b	53.0 ab	695.0 ab	36.3 bc	326.3 bc	30.1 a	599.9
Cmm	52.2 b	658.0 b	41.2 b	155.8 b	34.6 c	227.2 c	28.5 a	524.5
c.v.	4.4	18.0	21.9	111.2	5.7	26.4	13.3	39.5

Los antioxidantes son compuestos que contrarrestan el estrés oxidativo causado por un desequilibrio de especies reactivas de oxígeno (ROS) (Halliwell, 2006).

Las plantas incrementan la producción de ROS ante tensiones ambientales. Algunos autores reportan que el contenido de compuestos fenólicos como los flavonoides (compuestos más comunes en frutas y vegetales) tienen una fuerte capacidad antioxidante, y esta capacidad antioxidante una alta correlación con sustancias fenólicas (Gaviria *et al.*, 2012).

Con esta información podemos inferir que los compuestos fenólicos son los principales responsables de la actividad antioxidante. En las hojas se encontró mayor actividad antioxidante que en los frutos, esto posiblemente se debe a que en las hojas hay mayor número de cloroplastos, las cuales desarrollan fotosíntesis, proceso que genera ROS (Blanke y Lenz, 1989).

La actividad antioxidante se correlaciona positivamente con el contenido de compuestos fenólicos; tal como lo reporta Edet *et al.* (2015) que los valores de antioxidantes en frutos (Hidrofilicos) se correlacionaron significativamente con el contenido de flavonoides, compuestos fenólicos y ácido ascórbico. .

CONCLUSIONES

Inocular las plantas de tomate con *Clavibacter michiganensis* incrementa la actividad enzimática. Lo anterior indica que se activa el sistema de defensa antioxidante enzimático por efecto del estrés biótico. Al aplicar ácidos fenólicos a estas plantas la actividad enzimática disminuye, por lo cual, podemos inferir que los ácidos fenólicos intervienen en los mecanismos de defensa enzimáticos de la planta reduciendo los niveles de estrés ocasionados por la inoculación de *Clavibacter michiganensis*.

LITERATURA CITADA

- Dadali, G., Demirhan, E., & Özbek, B. (2008). Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioproducts Processing*, 86(4): 235-241
- Blanke, M. M. & Lenz, E. (1989). Fruit photosynthesis. *Plant Cell Environment*, 12(1), 31-46.
- Borboa, F. J.; Rueda, P. E. O.; Acedo, F. E.; Ponce, J. F.; Cruz, M.; Grimaldo, J. O. y García, O. A. M. 2009. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis* en el tomate del estado de Sonora, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(4):319-326.
- Edet, E. E., Ofem, J. E., Igile, G. O., Ofem, O. E., Zainab, D. B., & Akwaowo, G. (2015). Antioxidant capacity of different African seeds and vegetables and correlation with the contents of ascorbic acid, phenolics and flavonoids. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9 (13), 454-461.
- Ramos, S. J., Faquin, V., Guilherme, L. R. G.; Castro, E. M., Ávila, F. W., Carvalho, G. S., Bastos, C. E. A. & Oliveira C. (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant soil environ*, 56(12), 584-588.