

Efecto de elicitores de origen natural sobre plantas de tomate sometidas a estrés biótico

Ema Laura García Enciso¹
Armando Robledo Olivo²
Adalberto Benavides Mendoza¹
Susana Solís Gaona³
Susana González Morales^{4§}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Horticultura y ²Departamento de Alimentos. Calzada Antonio Narro #1923, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. Tel. 01(844) 4110200, ext. 2303. (emlaugaren@gmail.com; abenmen@gmail.com; armando.robledo@outlook). ³Arysta LifeScience de México. Boulevard Jesús Valdés Sánchez # 2369, Fracc. Europa, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25290. Tel. 01(844) 4380500, ext. 6703 (susana.solis@arysta.com). ⁴CONACYT-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro #1923, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. Tel. 01(844) 4110200, ext. 2303.

§Autor para correspondencia: qfb_sgm@hotmail.com.

Resumen

Los elicitores son sustancias de diversas fuentes tanto inorgánicas como orgánicas que pueden inducir efectos fisiológicos y cambios como la activación de respuestas defensivas y la acumulación de fitoalexinas en el organismo al cual son aplicados, por lo cual, el objetivo de esta investigación fue conocer el efecto de la aplicación de dos elicitores de origen natural sobre el vigor de plantas y la calidad de frutos de tomate en condiciones de estrés biótico causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL). Los elicitores de origen natural (E1 y E2) se aplicaron a los 7, 15 y 56 ddt (días después del trasplante); la inoculación del FOL se realizó a los 19 ddt, usando una concentración de 1×10^6 esporas mL⁻¹. El vigor en las plantas consistió en medir: la incidencia y severidad de la enfermedad, unidades SPAD, conductancia estomática durante el desarrollo de las plantas, altura, peso seco total y rendimiento; así como el pH, sólidos solubles, firmeza y el contenido de vitamina C en los frutos. La aplicación de los elicitores disminuyó la severidad de los síntomas de la enfermedad. El elicitor E2 incrementó la altura de las plantas tratadas, la acumulación de biomasa y evitó la reducción en el rendimiento, también disminuyó el contenido de sólidos solubles en los frutos. Se concluye que la aplicación de elicitores de origen natural provenientes de extractos de plantas tuvo un efecto positivo sobre el vigor de las plantas de tomate inoculadas con FOL al incrementar la altura y la acumulación de biomasa total, además de que se modificaron algunas variables de calidad del fruto.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, calidad de fruto, resistencia sistémica en plantas.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: marzo de 2018

Introducción

Las plantas son organismos que han logrado evolucionar para crecer y desarrollarse en ambientes donde existen diferentes factores de estrés, esto debido al desarrollo de mecanismos específicos que les permiten detectar cambios en el ambiente y responder a ellos, minimizando los daños posibles y a su vez conservando recursos que le permitan continuar con su desarrollo (Atkinson y Urwin, 2012). El estrés biótico es causado por el ataque de una gama amplia de plagas y patógenos que incluyen hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos herbívoros (Hammond-Kosack y Jones, 2015). Uno de los hongos fitopatógenos que destacan por su distribución y sus efectos devastadores es *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, causante de la marchitez vascular, reconocida como la principal enfermedad que causa problemas en el cultivo de tomate y que es responsable por la disminución de casi 60% en el rendimiento, además de afectar la calidad del producto (Ascencio *et al.*, 2008).

Las estrategias para el control de esta enfermedad en los cultivos consiste en el uso de productos fungicidas y el desarrollo de variedades resistentes; sin embargo, han resultado ineficaces por la aparición de razas nuevas del patógeno (Mandal *et al.*, 2009) En estas circunstancias se incrementa la demanda de productos alternativos como productos biológicos para el control de plagas y enfermedades o el uso de las moléculas inductoras también llamadas elicitores, que son capaces de desencadenar respuestas de defensa en las plantas (Nasir *et al.*, 2014). Esta opción se perfila como una alternativa prometedora debido a la variedad amplia de compuestos en las plantas que se generan como parte de su desarrollo y que pudieran actuar como elicitores (da Cruz *et al.*, 2013); sin embargo, se debe considerar que tanto la magnitud y el alcance de la respuesta inducida dependerá del tipo de molécula, de la señal y su movilidad, o capacidad para inducir una señalización secundaria dentro del tejido (Eder y Cosio, 1994).

Por esta razón, se propuso estudiar el efecto de la aplicación de dos elicitores de origen natural sobre el vigor de la planta y la calidad de los frutos de tomate producidos en condiciones de estrés biótico.

Materiales y métodos

Material vegetal

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Se utilizaron plántulas de tomate de la variedad Río Grande de crecimiento determinado, las cuales se sembraron en charolas de poliestireno con una mezcla de perlita mineral del tipo de granulometría Hortiperl, de la marca Termolita y peat moss (Klasman ST1) en proporción 1:1 (v/v), para su germinación se colocaron en un cuarto bioclimático a una temperatura de 23° y un fotoperiodo de 14 h luz y 10 h de oscuridad, 25 días después fueron trasladadas al invernadero para su acondicionamiento y posterior trasplante a bolsas negras de polietileno de 10 L con mezcla de peat moss- perlita (1:1 v/v), la nutrición fue provista a través de una solución Steiner (Steiner, 1961) de acuerdo a la etapa fenológica.

Descripción de los tratamientos

En este estudio se evaluaron cuatro tratamientos designados de la siguiente manera: un tratamiento testigo (TA) con plantas sin inocular; dos tratamientos que constaban de la inoculación con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) y la aplicación de los elicitores (E1) formulado a partir de extractos de algas y (E2) a partir de compuestos orgánicos derivados de plantas; un tratamiento testigo de la incidencia de (FOL). La aplicación de los elicitores se realizó a los 7, 14 y 56 ddt, para lo cual dichos elicitores se prepararon en solución acuosa y se asperjaron a las hojas de las plantas, con una dosis de 3.75 mL L⁻¹ para E1 y de 1.5 mL L⁻¹ para E2, cabe señalar que los elicitores E1 y E2 son formulaciones prototipo de la empresa Arysta LifeScience y las dosis aplicadas son las recomendadas por la empresa.

Inoculación de FOL

La cepa de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, se aisló de raíces de plantas de tomate con síntomas de marchitez vascular. Para la obtención del inoculo se llevó a cabo la reproducción del patógeno en cultivo sumergido, la concentración se estandarizó en 1×10⁶ esporas mL⁻¹, la inoculación se realizó a los 19 ddt, haciendo heridas en las raíces de las plantas y agregando 50 mL del inoculo por planta.

Evaluación de variables

VARIABLES agronómicas. La evaluación de las variables de interés se realizó en diferentes fechas del desarrollo de las plantas (Figura 1). La incidencia de la enfermedad se evaluó considerando la presencia de plantas sanas y enfermas; la severidad de los síntomas de la enfermedad causada por FOL se evaluó de acuerdo a la escala propuesta por Diener y Ausubel (2005), que se describe de la siguiente manera, 0= planta muerta (100%); 1= hojas viejas muertas y hojas jóvenes con crecimiento detenido (80%); 2= hojas viejas cloróticas y hojas jóvenes con crecimiento detenido (60%); 3= hojas viejas con clorosis vascular y hojas jóvenes con crecimiento detenido (40%); 4= peciolo de hojas con crecimiento detenido (20%); 5= sin síntomas visibles (0%).

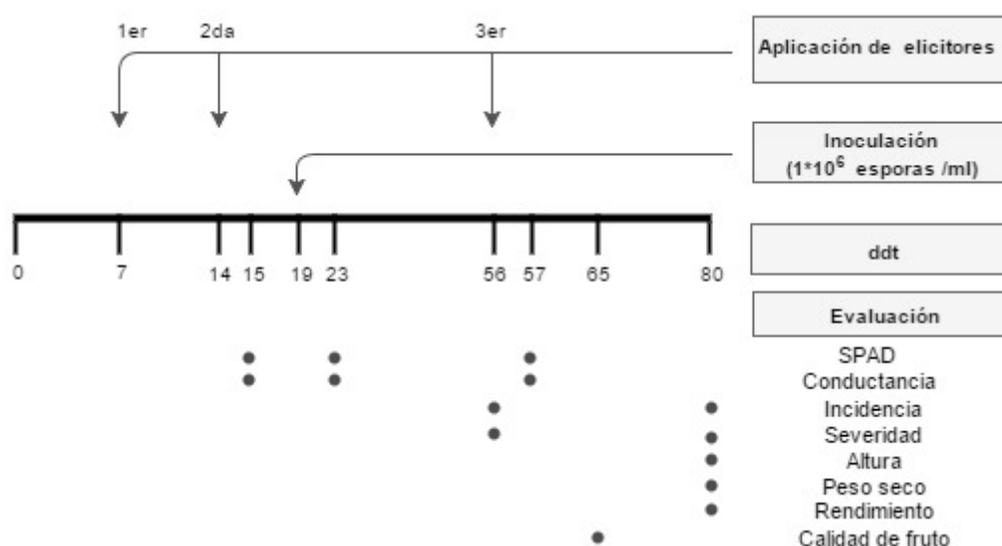


Figura 1. Cronograma de aplicaciones de los elicitores y evaluación de variables (los puntos indican la cantidad de evaluaciones realizadas por variable analizada).

La evaluación de las unidades SPAD se realizó con un SPAD marca Minolta modelo 502DL y la conductancia estomática con un porómetro marca Decagon Devis modelo SC-1, los datos se obtuvieron de la medición de la tercera hoja fisiológicamente madura, realizando dos lecturas por hoja por cada planta evaluada, el registro de las lecturas se realizó durante las primeras horas de la mañana.

La altura de las plantas se midió con una cinta métrica, considerando desde la base del tallo hasta el ápice de la misma. El peso seco total de las plantas se realizó por medio de un muestreo destructivo de las plantas, posteriormente se colocaron en bolsas de papel y se mantuvieron en un horno de secado marca Lindberg Blue modelo GO1350C-1, por 72 h a 80 °C, y posteriormente se determinó el peso de las muestras en una balanza de la marca Ohaus modelo OHA PIONEER PB1, para la obtención del rendimiento por planta se cosecharon y pesaron los frutos producidos hasta el segundo racimo.

VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO. La evaluación de variables de calidad de frutos, se realizó en los frutos del primer racimo considerando un fruto por planta, cuando estos presentaron más de 90% de la superficie de color rojo, denominada etapa seis (USDA, 1997) y consistió en la obtención de la firmeza de los frutos por medio de un penetrómetro marca Wagner Instruments modelo FDK, usando el puntal de 8 mm, mientras que los valores de pH y sólidos solubles totales se determinaron en el macerado de fruto con la ayuda de un potenciómetro marca Daigger modelo 550 y un refractómetro digital marca Atago modelo Pal1, la cuantificación del contenido de vitamina C se llevó a cabo de acuerdo a la técnica de AOC (1990), para lo cual se pesaron 10 g de muestra fresca, se trituró en un mortero añadiendo 10 mL de ácido clorhídrico al 2%, la mezcla se filtró y aforó a 100 mL con agua destilada, después se tomó una alícuota de 10 mL y se colocó en matraz, la muestra se tituló con solución de 2, 6 diclorofenolindofenol, hasta que apareció el primer tono rosa que persistió por 30 segundos, con los datos obtenidos de las titulaciones de las muestras y el blanco se procedió a calcular el contenido de vitamina C, sustituyendo los valores en la siguiente fórmula.

$$\text{Vitamina C (mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{)} = \frac{(V_m - V_b)(M)(FC)(100)}{\frac{w}{V(a)}}$$

Donde: V_m = volumen gastado en la muestra; V_b = volumen gastado en el blanco; M = molaridad del 2, 6 diclorofenolindofenol (0.001 N); FC = factor de conversión de 1 mL de 2,6 diclorofenolindofenol a 0.088 mg de vitamina C; w = peso de muestra en (mg); V = volumen total; a = alícuota.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó por medio de análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante Tukey ($p \leq 0.05$), se utilizó un diseño experimental completamente al azar, considerando 4 tratamientos con 5 repeticiones y una planta como unidad experimental, para la variable severidad los valores obtenidos en porcentajes fueron ajustados según la transformación angular de Bliss (Steel y Torrie, 1985).

Resultados y discusión

Variables agronómicas. La incidencia (Cuadro 1) y la severidad de la enfermedad causada por FOL (Figura 2) se redujo por la aplicación de los elicitores de origen natural en comparación con el tratamiento testigo, en la evaluación realizada a los 57 ddt, se presentó un decremento de 5% para la incidencia de la enfermedad y 66% para la severidad de los síntomas mostrados para el tratamiento de E1, mientras que para E2, se observó un decremento 3% en la incidencia y 44% de la severidad de la enfermedad.

Cuadro1. Porcentaje de la incidencia de plantas enfermas inoculadas con FOL y tratadas con elicitores de origen natural.

| ddt | TA | E1 | E2 | FOL |
|-----|----|------|------|------|
| 57 | 0% | 90% | 95% | 95% |
| 80 | 0% | 100% | 100% | 100% |

En el muestreo realizado a los 80 ddt, las incidencias entre los tratamientos inoculados con el patógeno mostraron los mismos valores para la enfermedad, si bien, la severidad de los síntomas aumentó a través del tiempo, durante este muestreo la severidad presentada por los tratamientos con la aplicación de los elicitores fue menor 28% para E1 y 18% para E2.

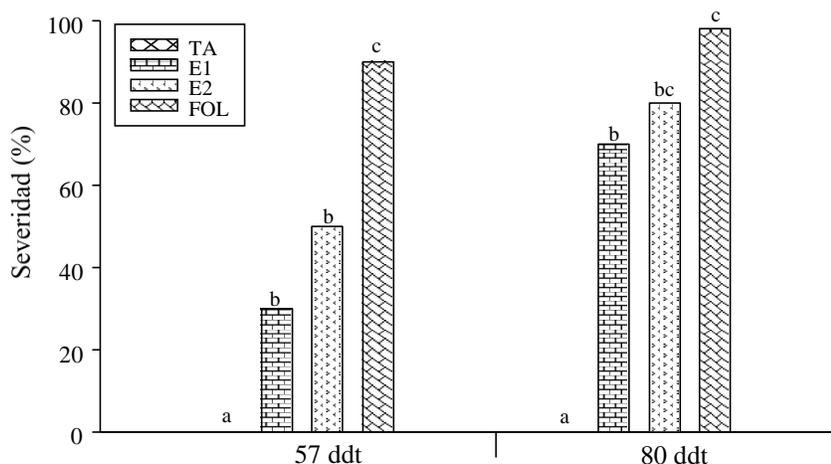


Figura 2. Severidad de la enfermedad causada por FOL en plantas de tomate tratadas con elicitores de origen natural (de acuerdo a la escala utilizada las plantas que no presentan síntomas tienen un valor de cero). Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

La aplicación de extractos vegetales provenientes de diversas fuentes promueven la inducción de resistencia en las plantas tratadas, asimismo tienen un efecto sobre el crecimiento y desarrollo del patógeno (Arzoo *et al.*, 2012) como se observó en este estudio, donde la incidencia de la enfermedad causada por FOL y la severidad de sus síntomas durante la primera evaluación se redujeron por la aplicación de los elicitores de origen natural, esto pudiera deberse a que los compuestos aplicados, activaron algún mecanismo relacionado a la defensa de la planta, para hacer frente a condiciones de estrés biótico.

Esta respuesta puede ser desde la inducción de algunas barreras físicas o reacciones bioquímicas que alerten del peligro a las células no infectadas (Glazebrook, 2005). Si bien la severidad continuó siendo menor en los tratamientos donde se aplicaron los elicitores, la incidencia al término del experimento fue igual para todos los tratamientos inoculados con FOL. Lo cual puede estar condicionado al número de aplicaciones realizadas, así como a la regularidad de las mismas, pues se reporta que el uso semanal del extracto de *C. paradisi*, permitió un control mejor de la enfermedad provocada por *Fusarium*, que cuando se aplicó en una sola ocasión (Rodríguez y Montilla, 2002).

La evaluación de las unidades SPAD (Figura 3) mostró incremento durante el desarrollo de las plantas de tomate, las lecturas obtenidas a los 15 ddt, que corresponde a la segunda aplicación de los elicitores, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, encontrándose valores para esta variable entre 43 y 45 unidades SPAD. A los 23 ddt se observaron valores entre 49 y 52 unidades SPAD, aunque no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, caso contrario para las lecturas registradas a los 57 ddt, donde se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, observándose que los tratamientos que se inocularon con el patógeno presentaron una disminución para esta variable. Las unidades SPAD para este muestreo fueron similares entre las plantas del tratamiento testigo y el tratamiento E1, mientras que los tratamientos E2 y FOL mostraron una disminución de 31% y 65%, respectivamente en comparación con el testigo.

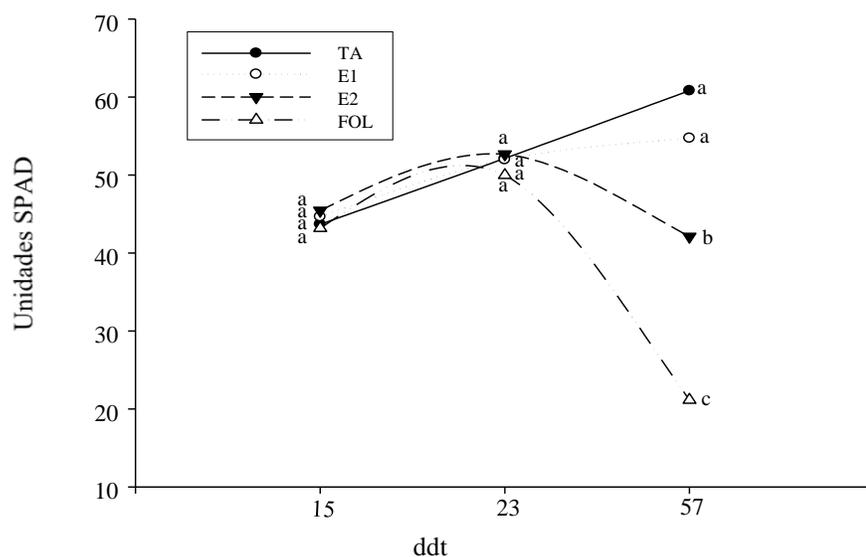


Figura 3. Efecto de elicitores de origen natural sobre las unidades SPAD en plantas de tomate sometidas a estrés biótico. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Por otro lado, la conductancia estomática (Figura 4) presentó una tendencia de decremento a través del desarrollo de las plantas. Para la medición realizada a los 15 ddt no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, mientras que los datos obtenidos a los 23 ddt, mostraron un incremento en esta variable para los tratamientos que fueron inoculados por el patógeno, siendo las plantas correspondientes al tratamiento con la aplicación de E2 las que mostraron los valores más altos, con un aumento del 22%, mientras que el tratamiento E1 y FOL presentaron un incremento

de 11% con respecto al testigo. Las lecturas de conductancia a los 57 ddt, mostraron valores similares entre el testigo absoluto y el tratamiento con la aplicación de E1, los tratamientos E2 y FOL presentaron una disminución de 28% y 65% respectivamente en comparación con el testigo.

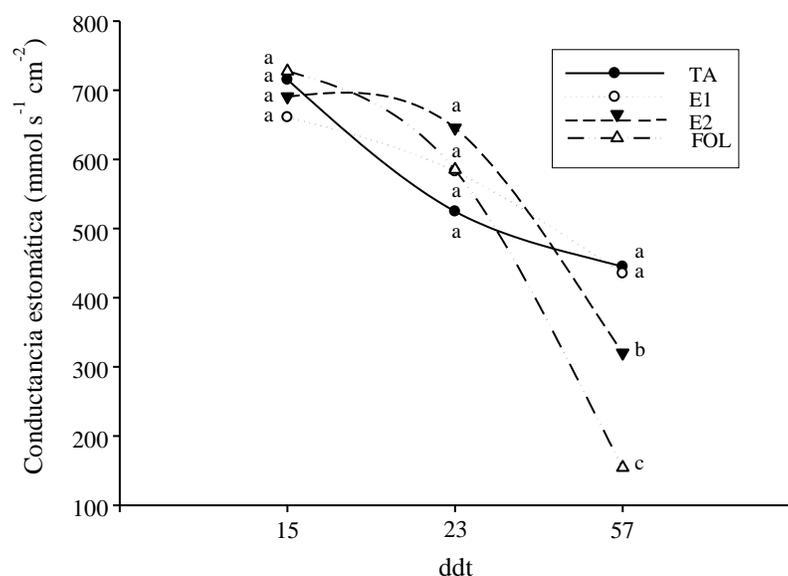


Figura 4. Efecto de elicitors de origen natural sobre la conductancia estomática en plantas de tomate sometidas a estrés biótico. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

La disminución de las unidades SPAD y la conductancia estomática en las plantas inoculadas con el patógeno, se encuentra directamente relacionado con el desarrollo de la enfermedad, pues se ha descrito que uno de los síntomas causados por esta enfermedad es el amarillamiento de las hojas seguido por su desprendimiento de la planta (González *et al.*, 2012). También ocurre marchitamiento del follaje como consecuencia de la invasión de la raíz por el patógeno con la colonización posterior de los vasos del xilema comprometiendo de forma severa el transporte de agua que termina en una marchitez completa del individuo (Michielse y Rep, 2009), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Dong *et al.* (2015) quienes indican que en plantas de banano inoculadas con *F. oxysporum* se encontró una disminución significativa para este par de variables en las últimas fechas evaluadas por el avance de la enfermedad.

Las plantas inoculadas con el patógeno y tratadas con el elicitor E2 mostraron valores similares en la acumulación del peso seco total con aproximadamente 166 g (Figura 5), mientras que las plantas inoculadas y tratadas con E1 mostraron 3% menos que las plantas testigo y el tratamiento sometido al estrés biótico presentó una disminución de esta variable 39% con respecto al testigo absoluto.

La aplicación de los elicitors de origen natural en las plantas inoculadas por FOL promovió el incremento de la altura de la planta (Figura 6) observándose un aumento 6% para las plantas tratadas con E1 y 13% para las plantas tratadas con E2, en comparación con la altura de las plantas usadas como testigo, cuya altura fue de 89.4 cm, caso contrario ocurrió para el tratamiento FOL, donde se presentó una disminución 6% en la altura de las plantas.

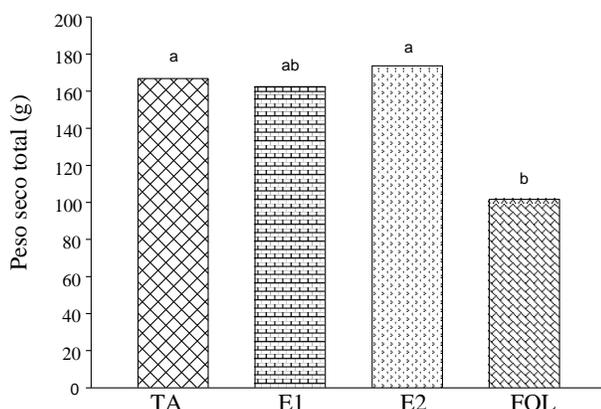


Figura 5. Efecto de elicitores de origen natural sobre el peso seco total en plantas de tomate sometidas a estrés biótico. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

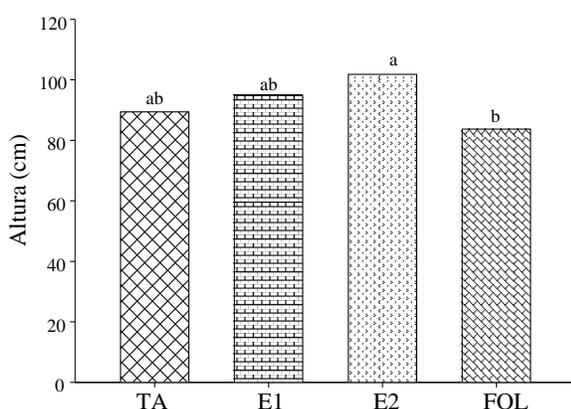


Figura 6. Efecto de elicitores de origen natural sobre la altura en plantas de tomate sometidas a estrés biótico. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

El efecto positivo de la aplicación de los elicitores de origen natural no solo se observó en la disminución de los síntomas de la enfermedad; también se encontró que su aplicación promovió la acumulación de biomasa seca total, el incremento de la altura y una pérdida del rendimiento menor por planta en comparación con las plantas inoculadas que no fueron tratadas. Esto se debe a que algunas plantas tienen la capacidad de sintetizar y acumular en sus órganos metabolitos secundarios, que intervienen en interacciones complejas entre organismos vivos y que además tienen efectos estimulantes sobre el crecimiento de otras plantas (Rodríguez y Hechevarría 2004).

El efecto estimulante del crecimiento inducido por los extractos vegetales se reporta en varias especies, tal es el caso del incremento en la acumulación de biomasa de plantas de maíz en condiciones de salinidad con el uso de un bioestimulante derivado de plantas de alfalfa (Ertani *et al.*, 2013). Por otro lado, la aplicación de extractos de *H. longipes* en plántulas de tomate incrementó la altura y la acumulación de biomasa y cuando se sometieron a condiciones de estrés biótico, la disminución de estas variables fue menor que en las plantas no tratadas (González *et al.*, 2015).

La enfermedad causada por *F. oxysporum* se reconoce como una de las causantes de pérdidas en los cultivos (Agrios, 2005), esto se pudo constatar con la reducción 27% en el rendimiento de las plantas inoculadas con el patógeno y que no recibieron control. Los resultados del efecto causado de los elicitores sobre el rendimiento con la aplicación de elicitores, coinciden con los obtenidos por Rodríguez y Montilla (2002) quienes indican que existe una relación directa entre la disminución de la marchitez en las plantas con su producción, ya que al disminuir la severidad de los síntomas de la enfermedad la disminución del rendimiento fue menor.

Variables de calidad el fruto. La presencia del patógeno y la aplicación de los elicitores indujeron cambios en las variables de calidad de fruto (Cuadro 2). Los valores de pH obtenidos, no mostraron cambios para ninguno de los tratamientos, mientras que el contenido de sólidos solubles totales se modificó en los frutos de plantas tratadas con el patógeno y la aplicación de los elicitores, de igual forma, la firmeza se afectó por la presencia de la enfermedad, aunque se observó una pérdida de la firmeza menor de los frutos provenientes de las plantas a las que se les aplicó los elicitores, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de vitamina C para los frutos de los diferentes tratamientos.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de elicitores de origen natural sobre parámetros de calidad en frutos de tomate sometidos a estrés biótico.

| Tratamiento | pH | Sólidos solubles totales (°Brix) | Firmeza (kg cm ⁻²) | Vitamina C (mg 100 g ⁻¹) |
|-------------|--------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| TA | 4.3 a* | 6.3 a | 1.8 a | 30.26 a |
| E1 | 4.4 a | 5.4 b | 1.36 bc | 29.14 a |
| E2 | 4.4 a | 5 b | 1.62 ab | 28.98 a |
| FOL | 4.4 a | 5.7 ab | 1.34 c | 29.3 a |

*Medias con la misma letra difieren estadísticamente (Tukey, $p > 0.05$).

Los resultados obtenidos en este estudio para el pH (4.3-4.4) y para sólidos solubles totales (5-6.7) coinciden con los reportados por García *et al.* (2014) para frutos de tomate producidos en invernadero. Los atributos que confieren la calidad al fruto como el color, sólidos solubles totales, índice de acidez, pH y firmeza, son afectados por las variaciones genotípicas, las condiciones de crecimiento, la irradiancia, estación de cultivo, nutrición, riego, temperatura, enfermedades y condiciones postcosecha (Turhan y Seniz, 2009; Fischer *et al.*, 2016).

La pérdida de la firmeza en los frutos cosechados de las plantas inoculadas con el patógeno puede estar influenciada por la falta de agua generalizada en la planta como consecuencia de la infección del patógeno; asimismo, afectaría el transporte de fotoasimilados en el fruto observándose la disminución de los sólidos solubles totales.

Conclusiones

La aplicación de elicitores de origen natural provenientes de extractos de plantas y de algas tuvieron un efecto positivo sobre el vigor de las plantas de tomate inoculadas con FOL al incrementar la altura y la acumulación de biomasa total, además de que se modificaron algunas variables de calidad del fruto.

Literatura citada

- Agrios, G. N. 2005. Control of plant disease. *In*: plant pathology. Fifth (Ed.). Elsevier Academic Press. New York. 293-353 pp.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC (Association of Oficial Analytical Chemist). 1 15th edition. Vol. II. Association of Oficial Analytical Chemist. Washington, DC. USA. 829-830 pp.
- Arzoo, K.; Biswas, S. K. and Rajik, M. 2012. Biochemical evidences of defence response in tomato against *Fusarium* wilt induced by plant extracts. *Plant Pathol. J.* 11(2):42-50.
- Ascencio, Á. A.; López, B. A.; Borrego, E. F.; Rodríguez, H. S. A.; Flores, O. A.; Jiménez, D. F. y Gámez, V. A. J. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 26(2):114-120.
- Atkinson, N. J. and Urwin, P. E. 2012. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *J. Exp. Bot.* 63(10):3523-3543.
- da Cruz, C. L.; Pinto, V. F. and Patriarca, A. 2013. Application of plant derived compounds to control fungal spoilage and mycotoxin production in foods. *International J. Food Microbiol.* 166(1):1-14.
- Diener, A. C. and Ausubel, F. M. 2005. Resistance to *Fusarium oxysporum* 1, a dominant arabidopsis disease-resistance gene, is not race specific. *Genetics.* 171(1):305-321.
- Dong, X.; Wang, M.; Ling, N.; Shen, Q. and Guo, S. 2016. Potential role of photosynthesis-related factors in banana metabolism and defense against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Environmental and Experimental Botany.* 129: 4-12.
- Eder, J. and Cosio, E. G. 1994. Elicitors of plant defense responses. *International review of cytology.* 148:1-36.
- Ertani, A.; Schiavon, M.; Muscolo, A. and Nardi, S. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant and Soil.* 364(1-2):145-158.
- Fischer, G.; Parra-Coronado, A. y Miranda, D. 2016. La calidad poscosecha de los frutos en respuesta a los factores climáticos en el cultivo. *Agron. Colomb.* 1:S1415-S1418.
- García, E. E. L.; La Rosa, I. D.; Mendoza, V. R.; Quezada, M. M. R. y Arellano, G. M. 2014. Efecto de una película plástica modificada en algunos aspectos bioquímicos de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecos. Rec. Agrop.* 1(2):151-162.
- Glazebrook, J. 2005. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43:205-227.
- González, I.; Yailén, A. y Peteira, B. 2012. Aspectos generales de la interacción *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*-tomate. *Rev. de Protección Vegetal.* 27(1):1-7.
- González, M. S.; Benavides, M. A.; García, E. E. L.; Rodríguez, C. E. M. y Flores, O. A. 2015. Efecto de las alcalmidas como inductores de tolerancia al estrés biótico en tomate. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol. Esp.* 12: 2371-2382.
- Hammond, K. K.E.; Jones, J. D.G.; Buchannan, B.; Gruissem, W. and Jones R. 2015. Response to plant pathogens. *In*: Biochemistry and molecular biology of plants. Buchanan, B. B.; Gruissem, W. and Russell, L. J. (Eds). Second (Ed.) Jhon Wiley & Sons. Oxford, UK. 984-1050 pp.
- Mandal, S.; Mallick, N. and Mitra, A. 2009. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Plant Physiol. Biochem.* 47(7):642-649.

- Michielse, C. B. and Rep, M. 2009. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. Mol. Plant Pathol. 10(3):311-324.
- Nasir, M. N.; Polo, L. D.; Luzuriaga, L. W.; Deleu, M.; Lins, L.; Ongena, M. and Fauconnier, M. L. 2014. New alternatives to chemical pesticides: deciphering the action mechanisms of lipid based plant elicitors via complementary biophysical and biological approaches. In: 19th National Symposium on Applied Biological Sciences. Gembloux, Bélgica. (<https://orbi.uliege.be/handle/2268/165417>).
- Rodríguez, D. A. y Montilla, J. O. 2002. Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*. Manejo integrado de plagas. 63:46-50.
- Rodríguez, G. H. y Hechevarría S. I. 2004. Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) NL Burm. Rev. Cubana de Plantas Medicinales, 9(2):0-0.
- Steel, R. y J. Torrie. 1985. Análisis de la varianza II: clasificaciones múltiples. En Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill Latinoamericana, Bogotá, Colombia. 188-230 pp.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil. 15(2):134-154.
- Turhan, A. and V. Seniz. 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. Afr. J. Agric. Res. 4(10):1086-1092.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1997. United States standards for grades of fresh tomatoes. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Fruits and Vegetable Division, Fresh Products Branch. Washington, D.C. USA. 13 p.