

Producción de jitomate con aplicación de ácido salicílico y algas marinas bajo malla sombra

Edgar Nava-Alejo^{1,§}

Patricio Apáez-Barrios¹

Juan Carlos Álvarez-Hernández²

José Francisco Díaz-Nájera³

Yurixhi Atenea Raya-Montaño⁴

Maricela Apáez-Barrios¹

1 Maestría Interinstitucional en Agricultura Protegida-Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Apatzingán, Michoacán, México. CP. 60670. (patricio.apaez@umich.mx; maricela.apaez@umich.mx). maricela.apaez@umich.mx

2 Campo Experimental Valle Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parácuaro, Michoacán, México. CP. 60781. (alvarez.juan@inifap.gob.mx).

3 Departamento de Fitotecnia-Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO). Cocula, Guerrero, México. (apigro1988@hotmail.com).

4 Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. CP. 60190. (yurixhi@umich.mx).

Autor para correspondencia: 2146556x@umich.mx

Resumen

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia para el consumo humano por su aporte de vitaminas, minerales y antioxidantes; por ello es necesario buscar alternativas de manejo amigables con el ambiente. Las algas marinas y el ácido acetilsalicílico han demostrado mejorar la nutrición de las plantas, promover el crecimiento y conferir resistencia contra factores bióticos y abióticos. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la aplicación de algas marinas y ácido acetilsalicílico en la producción y calidad de jitomate bajo malla sombra, en el año 2022. En plantas de jitomate se realizó la aplicación foliar de extractos de *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Sargassum vulgare*, ácido acetilsalicílico, solos y en combinación *Ascophyllum nodosum*+ácido acetilsalicílico, *Ecklonia maxima*+ ácido acetilsalicílico, *Sargassum vulgare*+ácido acetilsalicílico y el testigo. Se encontró que los tratamientos no modificaron el rendimiento del fruto, ni componentes de rendimiento. El contenido de licopeno aumentó en los frutos con las algas marinas y con *Sargassum vulgare*+ácido acetilsalicílico y los frutos más firmes se registraron con *Ascophyllum nodosum*, por lo que la aplicación de algas marinas y ácido acetilsalicílico, bajo las condiciones en que se cultivaron las plantas, a pesar de no mejorar las variables de producción, aumentaron el contenido de licopeno y firmeza con algunos tratamientos, parámetros que mejoran en el fruto su calidad como alimento funcionales en la salud humana y soportar mejor el transporte y comercialización.

Palabras clave:

bioestimulantes, licopeno, rendimiento de fruto.

License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial. Conocer el manejo adecuado de su nutrición y su interacción con el rendimiento agronómico se considera relevante (Santis *et al.*, 2019), entre otros aspectos se busca promover su consumo, producción y rendimiento (Vargas-Martínez *et al.*, 2023). En su producción temperaturas por encima de 35 °C reducen el crecimiento y calidad del fruto, también disminuyen el número y la viabilidad de los granos de polen; por otra parte, los tallos se llegan a alargar, lo que provoca que los racimos salgan de manera tardía y los espacios entre racimos sean muy largos. Todo esto reduce la productividad y la rentabilidad económica (Florido-Bacallao y Álvarez-Gil, 2015).

Es importante encontrar y evaluar alternativas amigables con el ambiente, para reducir el impacto negativo de las altas temperaturas. Recientemente se han mencionado el uso de ciertas algas marinas y del ácido acetilsalicílico, que además ofrecen beneficios en el cultivo como promotores de crecimiento, coadyuvantes en la absorción de nutrientes y contribuyentes a mitigar estreses tanto de tipo biótico como abiótico. Por ejemplo, la aplicación de extractos de algas marinas a temperaturas tan altas como 30 y 32 °C, favorecen la asimilación de nutrientes en las plantas, también aumenta el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las plantas de jitomate (Sutharsan *et al.*, 2014). Se ha reportado que al ácido salicílico suministrado a las plantas ha demostrado ser un buen mitigante de estrés principalmente por altas y bajas temperaturas (Khan *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2020).

En la tierra caliente del valle de Apatzingán, Michoacán, es un reto producir las solanáceas principalmente el jitomate a temperaturas alrededor de 40 °C. Por lo que el presente trabajo se realizó bajo condiciones climáticas de altas temperaturas, con el objetivo de evaluar la aplicación foliar de algas marinas y ácido acetilsalicílico, sobre la producción y la calidad del jitomate bajo estructuras y cubiertas de malla plástica denominadas casa-sombra.

Materiales y métodos

Ubicación y establecimiento del experimento

El estudio se estableció en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Apatzingán, Michoacán a 325 m de altitud, precipitación de 750 mm, con temperaturas de 20 a 40 °C, de clima seco (García, 2004).

El 03 de febrero de 2022 se trasplantó plántula de jitomate determinado tipo saladette variedad Primux max, que es precoz, resistente a Fusarium, frutos firmes y coloración rojo intenso de la Empresa United Genetics (Hortalizas AMBA, 2017), bajo cubierta de malla sombra. Se colocó una plántula por orificio, a distancias entre plantas de 40 cm y 1.2 m entre hilera, cada hilera sobre una cama. Previamente se había realizado la preparación del terreno (un barbecho y dos pasos de rastra), la formación de camas de 30 cm de altura, la colocación del sistema de riego con cintilla de 5/8", 1.01 LPH/ gotero, con goteros cada 10 cm y el acolchado plástico color plata/negro. Para conocer las características físicas y químicas del suelo del sitio experimental, fueron tomadas submuestras a profundidades de 0-30, para conformar una muestra compuesta que fue secada, tamizada y enviada a Fertilab para su análisis.

Riegos y fertirriegos

Se regó con agua de pozo profundo cada tercer día en todo el ciclo del cultivo, la duración y la cantidad de agua suministrada varió en función de las condiciones ambientales, se procuró tener siempre el suelo en condiciones de capacidad de campo. Para conocer las características químicas del agua se mandó a analizar una muestra de agua a Fertilab. La aplicación de nutrientes fue con la solución nutritiva universal de Steiner, la cual se ajustó en concentración de minerales de acuerdo con el análisis del suelo y el agua y la aplicación fue en función de la etapa de desarrollo del cultivo: en el establecimiento y desarrollo vegetativo se suministró a al 100%, en la floración y amarre del fruto al 150% y en la maduración y cosecha al 200% (Steiner, 1961).

Fenología y clima

Se obtuvieron las temperaturas máximas y mínimas (promedio decenal), y la evaporación del ambiente (suma decenal) al exterior de la casa sombra, que son los reportados por la estación agrometeorológica del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Apatzingán, Michoacán durante el desarrollo del cultivo. En el cultivo, se registró el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas, que fueron: floración, inicio de fructificación, inicio de cosecha, fin de cosecha y madurez fisiológica.

Tratamientos en estudio y diseño experimental

Fueron evaluadas tres algas marinas: dos extractos, uno de *Ascophyllum nodosum* (AN) y otro de *Ecklonia maxima* (EM), a la concentración del 34.2%; y polvo 100% puro de *Sargasum vulgare* (SV), así como ácido acetilsalicílico (AAS) polvo al 99% de ingrediente activo de Sigma-Aldrich. Se realizaron cinco aplicaciones, cada 14 días a partir de los seis días después del trasplante (ddt). Las dosis de las algas marinas fueron de 1.5 y 2 ml L⁻¹ en la primera y segunda aplicación y en las tres últimas aplicaciones se suministraron a 3 ml L⁻¹. En el caso del ácido acetil salicílico se aplicó a 0.18 g L⁻¹.

Se aplicaron de manera individual las especies de algas y en combinación con el AAS, lo que generó siete tratamientos: AN, EM, SV, AAS, AN+AAS, EM+AAS, SV+AAS más un tratamiento control (testigo), que se distribuyeron en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, lo que generó 32 unidades experimentales. Cada unidad correspondió a una línea de 4.32 m de longitud. La parcela útil se integró por cuatro plantas ubicadas en la parte central de cada unidad experimental con el propósito de tener mayor representatividad de la unidad experimental y evitar efecto de bordos.

Las algas marinas y el ácido acetilsalicílico fueron disueltos en agua destilada y en todos los tratamientos se adicionó el adherente Inex-A a la dosis de 1 ml L⁻¹. Se prepararon ocho soluciones, una por cada tratamiento. Se utilizó material de laboratorio como probeta de 1 L, un vaso de precipitado, agitador, pipeta graduada y una balanza digital analítica. Las aplicaciones se realizaron por la mañana con atomizadores de 1 L de capacidad (318055 Pacto/Swissmex[®]) hasta punto de goteo (plantas completamente impregnadas que se determinó con la caída de la primera gota que escurre de la planta).

Variables de respuestas

A madurez de cosecha en las plantas de la parcela útil de cada unidad experimental se determinó con todos los cortes el rendimiento de frutos (kg m⁻², para su estimación se consideró la distancia entre planta y entre línea), el diámetro ecuatorial y polar de los frutos, el peso promedio de frutos y el número de los frutos totales. También se midió en cinco frutos tomados al azar del total cosechado de la parcela útil en el tercer corte la firmeza y el contenido de licopeno de acuerdo con el protocolo descrito en Fernández *et al.* (2007), ambas determinaciones fueron en los mismos frutos.

Análisis estadístico

Los datos de cada tratamiento se sometieron a un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2019).

Resultados y discusión

Características del suelo y del agua

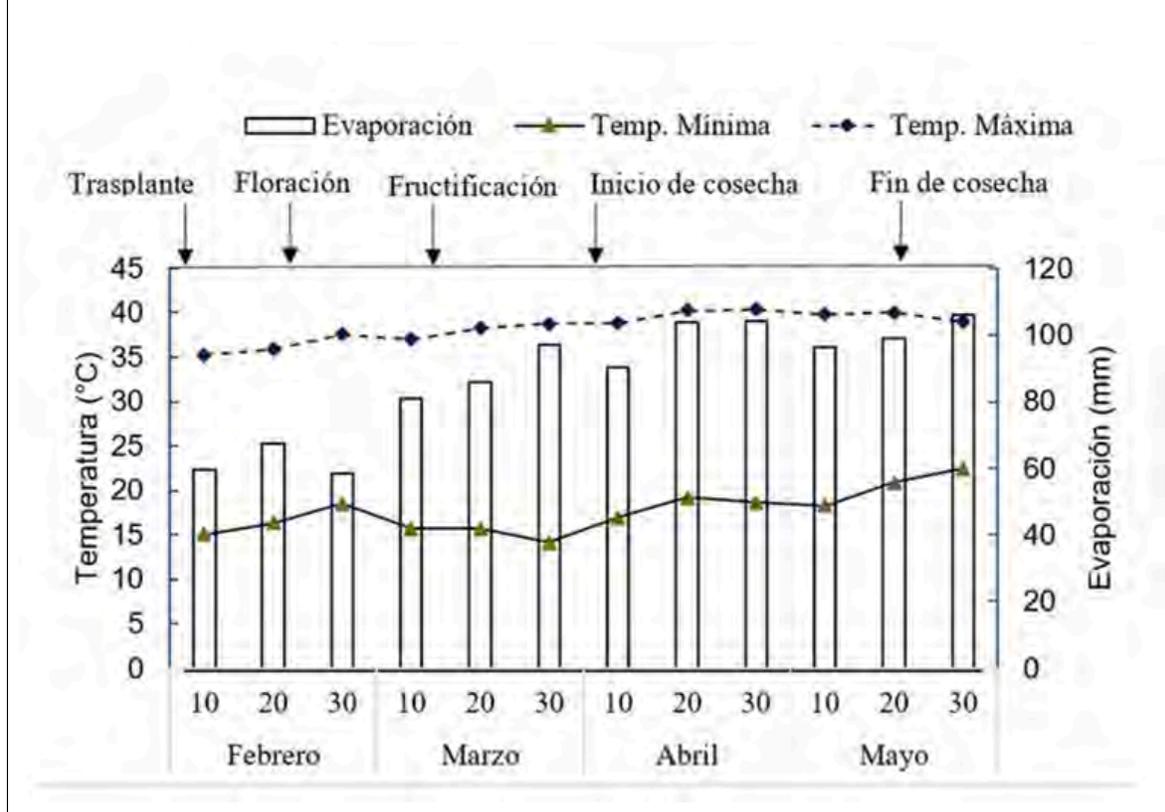
De acuerdo con los resultados proporcionados por el laboratorio, el suelo donde se estableció el cultivo presentó las siguientes características físicas: textura media (franco), densidad aparente de 0.96 g cm^{-3} , conductividad hidráulica moderadamente baja (2.59 cm h^{-1}), punto de saturación alto (56%), capacidad de campo alta (30%), punto de marchites permanente alto (17.9%), porcentajes de humedad dados con base en volumen de suelo.

Mientras que las características químicas fueron: pH moderadamente alcalino (7.11), moderadamente bajo en carbonatos, bajo en sales, muy alto en materia orgánica (4.22%), CIC de $38.5 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ y contenido (ppm) de 153 (N- NO_3^-), 34.9 (P-Olsen), 1 374 (K^+), 4 935 (Ca^{++}), 1 215 (Mg^{++}), 2.79 (Mn^-), 43.7 (SO_4^{-2}), 4.61 (Fe^-), 3.64 (Zn^-), 2.25 (Cu^{++}) y 47.6 (Na^+). Mientras que el agua presentó un pH de 7.17 (óptimo), una conductividad eléctrica de 0.31 mS cm^{-1} (adecuado), una RAS de 0.27 (óptimo), con niveles de bajo de carbonatos, cloruros (2.63 y 0.44 meq L^{-1} , respectivamente) y contenido (meq L^{-1}) de 0.21 (N- NO_3^-), 0.01 (PO_4^{-3}), 0.24 (SO_4^{-2}), 0.03 (K^+), 0.72 (Ca^{++}), 2.53 (Mg^{++}) y 0.34 (Na^+).

Clima y fenología

Durante el desarrollo del cultivo de jitomate las temperaturas más altas se presentaron en los meses de abril y mayo que oscilaron de los 38.8 a los $40.4 \text{ }^\circ\text{C}$, 14.46% superiores respecto al inicio del ciclo del cultivo (trasplante). Mientras que, en los meses de febrero y marzo se presentaron temperaturas mínimas entre 14.1 a $16.3 \text{ }^\circ\text{C}$, mismas que se incrementaron 27.6% en el mes de abril en la fase de cosecha del cultivo (Figura 1).

Figura 1. Temperatura máxima, temperatura mínima (media decenal) y evaporación (promedio decenal) durante el ciclo del cultivo de jitomate.



De acuerdo con Wahid *et al.* (2007), la temperatura promedio óptima para este cultivo es de 21 a 24 °C y Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto (2017), indican que el exceso de radiación y las altas temperaturas afectan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos al causar quemaduras en hojas y frutos, senescencia, abscisión temprana de hojas, pérdida del vigor, inhibición del crecimiento del tallo y la raíz, pérdida de la viabilidad del polen, aborto de flores, frutos pequeños y decoloración de frutos.

La mayor evaporación ambiental registrada fue en los días del 20 al 30 de abril, con 104.37 mm, que aumentó hasta un 75.2% respecto al inicio del cultivo (59.57 mm). Con este incremento de la evaporación del ambiente se suministraron los riegos suficientes para abastecer al cultivo durante los días más críticos. Con base en los datos anteriores, se infiere que, en el presente estudio, las condiciones ambientales pudieron haber limitado el potencial productivo del cultivo.

Con relación al comportamiento fenológico, las plantas de los distintos tratamientos presentaron similares tiempos a inicios de floración, fructificación, cosecha y fin de cosecha (22, 48, 58, 116 ddt, respectivamente) con cualquier tratamiento (Figura 1).

Rendimiento y componentes de rendimiento de los frutos de jitomate

Los frutos no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro polar, ecuatorial ni en el peso promedio de frutos, quizás a causa de la aplicación foliar de ácido acetil salicílico y algas marinas. Los frutos mostraron diámetros polares entre 4.88 a 5.20 cm, diámetros ecuatoriales fueron de 4.08 a 4.26 cm y frutos con peso promedio de 24.57 a 30.19 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nivel de significancia y pruebas de comparación de medias del diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), peso promedio de frutos (PPF) y frutos totales (FT) del jitomate en función de aplicaciones de algas marinas y ácido acetilsalicílico.

Tratamiento	DP (cm)	DE (cm)	PPF (g fruto ⁻¹)	FT (frutos m ⁻²)
AN	5.2 ±0.39 a [†]	4.23 ±0.2 a	27.79 ±5.01 a	91.82 ±20.43 ab
EM	5.14 ±0.21 a	4.20 ±0.07 a	24.57 ±1.43 a	109.72 ±6 a
SV	4.92 ±0.63 a	4.08 ±0.4 a	27.46 ±5 a	83.87 ±24.45 b
AAS	5.09 ±0.5 a	4.14 ±0.25 a	27.85 ±4.23 a	93.44 ±17.72 ab
AN+AAS	5.08 ±0.32 a	4.17 ±0.19 a	26.31 ±1.99 a	104.75 ±27.61 a
EM+AAS	4.88 ±0.29 a	4.11 ±0.15 a	26.82 ±3.18 a	104.1 ±6.25 a
SV+AAS	5.12 ±0.39 a	4.16 ±0.29 a	25.74 ±3.7 a	106.89 ±12.44 a
Testigo	5.22 ±0.2 a	4.26 ±0.15 a	30.19 ±3.04 a	96.53 ±23.61 ab
Media general	5.08	4.17	27.09	98.89
Pr> F	NS	NS	NS	.
DMSH _{0.05}	0.78	0.53	8.26	41.46
CV (%)	6.5	5.37	12.86	17.68

[†] = medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); * = $p \leq 0.05$; NS= no significativo ($p \geq 0.05$); DMSH_{0.05}= diferencia mínima significativa honesta; ± desviación estándar; CV= coeficiente de variación; AN= *Ascophyllum nodosum*; EM= *Ecklonia maxima*; SV= *Sargasum vulgare*; AAS= ácido acetilsalicílico.

Según Sariñana-Aldaco *et al.* (2020), en condiciones protegidas de invernadero en plantas de jitomate hidropónico con aplicaciones foliares de ácido salicílico a la dosis de 0.025, incrementaron el diámetro polar en un 18.7% (6.7 cm) respecto al testigo (5.6 cm), mientras que también el diámetro ecuatorial del fruto aumentó en 13.3%, respecto al testigo. Estos resultados difieren con los encontrados en el presente estudio, posiblemente debido a las distintas dosis empleadas entre ambos experimentos.

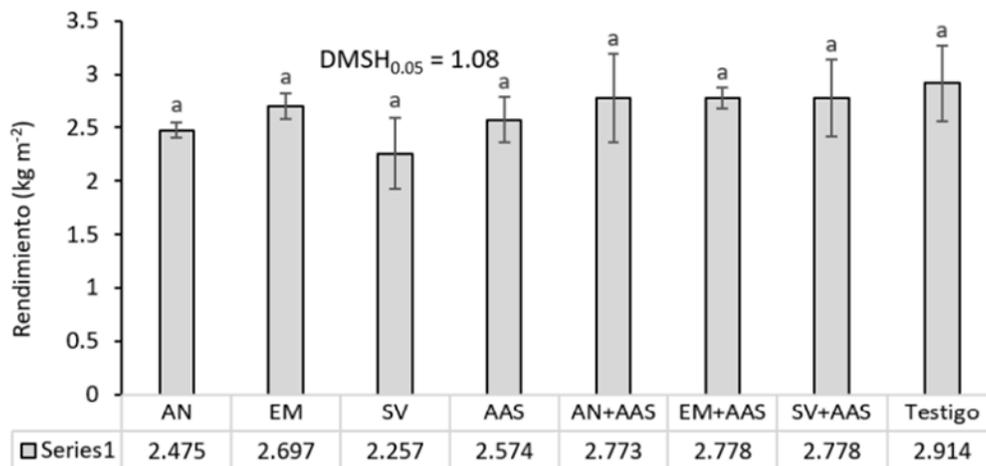
Asimismo, el pequeño tamaño de los frutos registrados en el presente estudio puede atribuirse a las temperaturas altas que ocurrieron, que fueron alrededor de 40 °C, las cuales de acuerdo con Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto (2017) reducen el vigor de la planta, limitan el tamaño y peso de los frutos y en consecuencia el rendimiento final. El número de frutos totales mostró diferencias estadísticas significativas ($p \neq 0.05$) a causa de los tratamientos (Cuadro 1).

Las plantas con el suministro del extracto de *E. maxima* produjeron la mayor cantidad de frutos con 109.72 frutos m⁻², seguido de las plantas con suministro de *S. vulgare* en combinación con ácido acetilsalicílico, que registraron 104.73 frutos m⁻². Mientras que las plantas con aplicación foliar de *S. vulgare* presentaron la menor cantidad con 83.87 (Cuadro 1).

Resultados similares a los de este estudio encontraron Silva *et al.* (2022), quienes con aplicaciones foliares de ácido salicílico a plantas de jitomate cherry, a la dosis de 1 mM lograron incrementos de 41.31% en el número de frutos respecto al testigo. Por otra parte, Gorni *et al.* (2021), en plantas de jitomate determinado cultivado bajo condiciones de agricultura protegida, realizaron aspersiones exógenas de ácido salicílico a la dosis de 1 mM, resultando en un aumento en la cantidad de frutos del 70.2%, respecto a los frutos cosechados en las plantas del testigo (agua).

En un estudio previo Vázquez-Díaz *et al.* (2016), encontraron que la aplicación foliar de ácido acetilsalicílico y ácido salicílico presenta efecto significativo en el incremento de la cantidad de fruto. Sin embargo, en este estudio se observaron los mejores resultados cuando se aplicó el ácido acetilsalicílico de manera conjunta con el alga marina *S. vulgare*. Con relación al rendimiento de frutos (kg m⁻²), de acuerdo con el análisis de varianza, no se registraron diferencias significativas (Figura 2).

Figura 2. Prueba de comparación de medias de rendimiento (kg m⁻²) de frutos de jitomate con aplicaciones de algas marinas y ácido acetilsalicílico. DMSH_{0.05}= diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error; AN= *Ascophyllum nodosum*; EM= *Ecklonia maxima*; SV=*Sargasum vulgare*; AAS= ácido acetilsalicílico.



Los resultados de esta investigación difieren con lo encontrado por Sariñana-Aldaco *et al.* (2020), quienes en plantas de jitomate hidropónico cultivadas bajo condiciones de invernadero con aplicaciones foliares de ácido salicílico a la dosis de 0.05 mM incrementaron el rendimiento en 1.72 kg m⁻² respecto al testigo. Mientras que Shinwari *et al.* (2018), con aplicaciones de ácido acetilsalicílico a dosis de 0.12 mM registraron rendimientos de frutos (3.091 kg m⁻²) significativamente superior al logrado con el testigo (2.061 kg m⁻²).

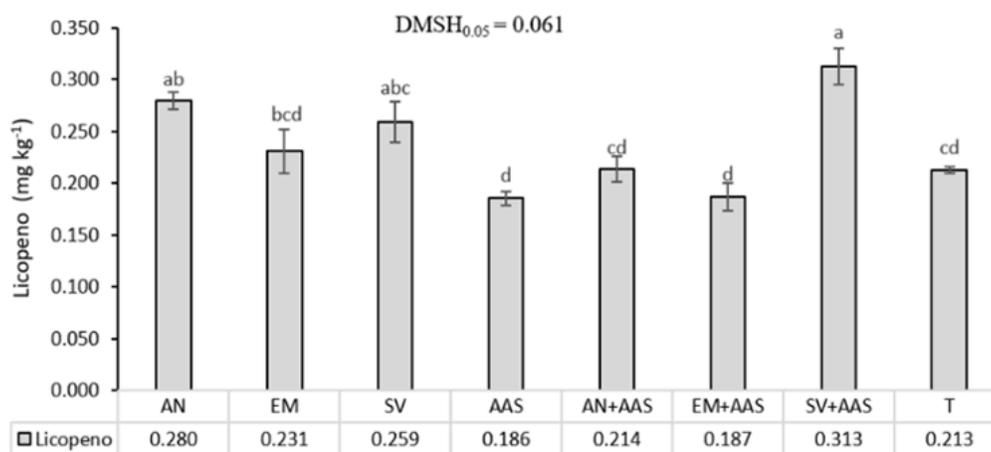
Como lo señala Ali *et al.* (2019), encontraron respuesta positiva en el rendimiento de los frutos de jitomate y pimiento dulce (*Capsicum annuum*) con aplicaciones foliares de *A. nodosum* a la

concentración de 0.5% con aumentos del 40%, respecto al tratamiento testigo para ambos cultivos, lo que se relacionó con mayor número de flores y frutos por racimo en jitomate y pimiento dulce. La diferencia en respuesta respecto a este estudio podría atribuirse a las distintas dosis utilizadas entre estudios o también a las diferentes condiciones ambientales en que se realizaron los experimentos.

Licopeno

En las plantas con el suministro de *S. vulgare* en combinación con ácido acetilsalicílico se registraron incrementos estadísticos altamente significativos ($p \leq 0.01$) en el contenido de licopeno de los frutos de jitomate (Figura 3).

Figura 3. Prueba de comparación de medias de contenido de licopeno de frutos de jitomate con aplicaciones de algas marinas y ácido acetilsalicílico. $DMSH_{0.05}$ = diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error; AN= *Ascophyllum nodosum*; EM= *Ecklonia maxima*; SV=*Sargasum vulgare*; AAS= ácido acetilsalicílico.



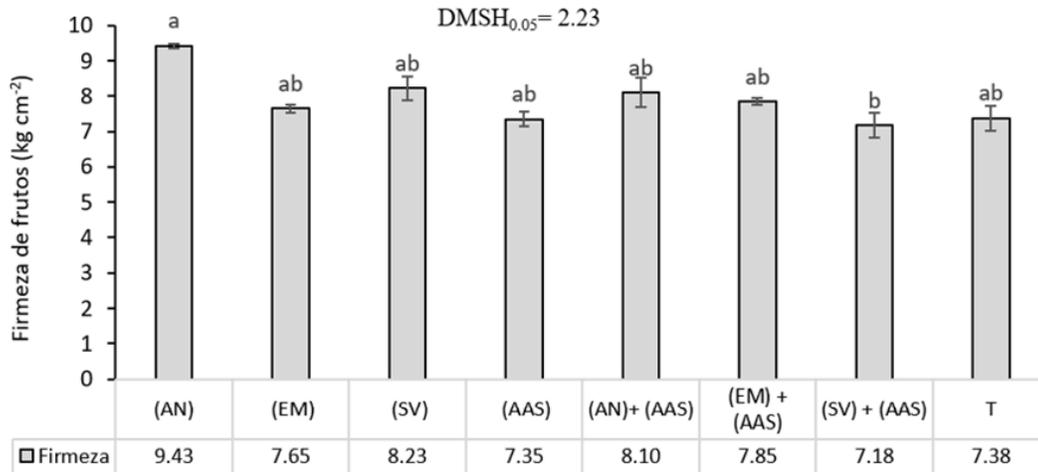
El contenido de licopeno aumentó en 47.2% con la aplicación foliar de *S. vulgare* en combinación con ácido acetilsalicílico en comparación con los frutos cosechados en las plantas del tratamiento testigo. Mientras que, con la aplicación del ácido acetilsalicílico solo y en combinación con *E. maxima* disminuyó el contenido en 12.6% y 12.2% respectivamente en comparación con el testigo.

En un estudio realizado por Zahirul *et al.* (2018) presentaron respuestas negativas del contenido de licopeno, respecto al testigo en los frutos de jitomate cherry con aplicaciones de ácido salicílico a dosis de 0, 0.13, 0.25, 0.5, 1 mM cultivado en condiciones de invernadero. Mientras que Gorni *et al.* (2021), con aspersiones exógenas de ácido salicílico a la dosis de 1 mM en jitomate determinado bajo condiciones protegidas, lograron incrementar en 62.25% la coloración de los frutos de jitomate, respecto al testigo. En nuestro estudio, el ácido acetilsalicílico presentó mejoras en esta variable solo cuando se suministró de manera conjunta con el extracto de *S. vulgare*.

Firmeza del fruto

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la firmeza de los frutos de jitomate a causa de la aplicación foliar de algas marinas y ácido acetilsalicílico. Las plantas asperjadas con *A. nodosum* presentaron los frutos con la mayor firmeza, al mostrar valores de 9.4 kg cm⁻², mientras que los frutos de las plantas con *S. vulgare* en combinación con ácido acetilsalicílico registraron el menor grado con 7.18 kg cm⁻² (Figura 4).

Figura 4. Prueba de comparación de medias de firmeza de los frutos de jitomate con aplicaciones de algas marinas y ácido acetilsalicílico. $DMSH_{0.05}$ = diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error; AN= *Ascophyllum nodosum*; EM= *Ecklonia maxima*; SV= *Sargasum vulgare*; AAS= ácido acetilsalicílico.



En cuanto al uso de algas marinas, los resultados de este estudio son similares a los encontrados por Ahmed *et al.* (2023), que al asperjar *A. nodosum* en el cultivo de jitomate, se incrementó en 41% la firmeza de los frutos con respecto al testigo. Sin embargo, Zahirul *et al.* (2018), registraron respuestas similares con aplicaciones de ácido acetilsalicílico a la dosis de 0.5 mM, con frutos más firmes con respecto al testigo, por lo que era de esperarse que la combinación con alguna alga marina favorecería más la firmeza de los frutos, aunque en nuestro estudio no ocurrió así.

La respuesta positiva de la aplicación de *A. nodosum* sobre la firmeza de frutos puede atribuirse a que de acuerdo con Ali *et al.* (2019) el extracto actúa en procesos oxidativos y metabólicos, además es fuente de macros y micronutrientes que pudieran haber favorecido más a la firmeza del jitomate. La aplicación de algas marinas y ácido acetilsalicílico de manera individual y en combinación, no tuvieron el efecto significativo en el diámetro polar y ecuatorial de los frutos. El número de frutos totales aumentó con *E. maxima*, y con cualquier combinación de alga marina con ácido acetilsalicílico. Sin embargo, el rendimiento de frutos no se modificó.

Con relación a la calidad de la producción, el contenido de licopeno aumentó en los frutos de las plantas con la aplicación de cualquiera de las tres algas marinas y con *S. vulgare* + ácido acetilsalicílico y los frutos más firmes se registraron con el suministro de *A. nodosum*. La falta de respuesta en el rendimiento de frutos pudo atribuirse a la dosis empleada de los tratamientos, ya que para las condiciones ambientales de producción es posible que se requieran dosis más altas. Esto debido a que la respuesta depende del tipo de cultivar, las condiciones ambientales y dosis de aplicación (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). También pudieron influir las elevadas temperaturas que se presentaron durante el ciclo de producción (superiores a 40 °C).

Al respecto, Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto (2017), indican que el exceso de radiación y las altas temperaturas afectan el crecimiento, el rendimiento de los cultivos, provocan quemaduras en hojas y frutos, senescencia y abscisión temprana de hojas, pérdida del vigor, inhibición del crecimiento del tallo y la raíz, pérdida de la viabilidad del polen, aborto de flores y frutos jóvenes y decoloración y daños de frutos y de manera general afectan negativamente el rendimiento y la rentabilidad del cultivo (Florido-Bacallao y Álvarez-Gil, 2015).

Resultados obtenidos por Rieu *et al.* (2017), mencionan que las altas temperaturas afectan el aborto floral y causan aborto floral (80%) en las plantas de jitomate, lo que conduce a una disminución de la producción de frutos.

Con el estrés térmico la actividad respiratoria y la fotorrespiración se aceleran, por tanto, las pérdidas energéticas son altas y por consecuencia afecta el rendimiento de cultivos (Zhao *et al.*, 2015). Por lo que la falta de incremento en el rendimiento en la presente investigación podría atribuirse a un desbalance en el crecimiento, en la floración y aceleración en la maduración de los frutos de jitomate que ninguno de los tratamientos probados alcanzó a revertir de manera significativa.

Conclusiones

En el suministro foliar de *S. vulgare* más ácido acetilsalicílico y la aplicación solo de *A. nodosum* incrementaron el contenido de licopeno de los frutos y con este último tratamiento se produjeron los frutos más firmes. La aplicación de *E. maxima* incrementó el número de frutos, pero ninguno de los tratamientos promovió el aumento en el rendimiento y el diámetro polar, ecuatorial y peso promedio de los frutos.

Agradecimientos

Los autores(as) agradecen a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo económico otorgado del proyecto aprobado en el año 2022, también al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (CONAHCYT) por la beca de maestría.

Bibliografía

- 1 Ahmed, M.; Ullah, H.; Attia, A.; Tisarum, R.; Chaum, S. and Datta, A. 2023. Interactive effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract and silicon on growth, fruit yield and quality and water productivity of tomato under water stress. *Silicon*. 15(1):2263-2278. 10.1007/s12633-022-02180-x.
- 2 Ali, O.; Ramsubhag, A. and Jayaraman, J. 2019. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS ONE*. 14(5):e0216710. 10.1371/journal.pone.0216710.
- 3 Chaves-Barrantes, N. F. y Gutiérrez-Soto, M. V. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*. 28(1):255-271.
- 4 Fernández, C.; Pitre, A.; Llobregat, M. J. y Rondón, Y. 2007. Evaluación del contenido de licopeno en pastas de tomate comerciales. *Inf. Tecnol.* 18(3):31-38. 10.4067/S0718-07642007000300005.
- 5 Florido-Bacallao, M. y Álvarez-Gil, M. 2015. Aspectos relacionados con el estrés de calor en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cult. Trop.* 36(1):77-95.
- 6 García, E. A. 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 90 p.
- 7 Gorni, P. H.; Silva, C. B. and Pereira, A. A. 2021. Exogenous salicylic acid and ferulic acid improve growth, phenolic and carotenoid content in tomato. *Advances in Horticultural Science*. 35(4):335-341. 10.36253/ahsc-8295.
- 8 Hortalizas A. 2017. Tomato primus. 1 p. <http://www.semillasmexico.com/wp-content/uploads/2017/04/primus-lf.pdf>.
- 9 Khan, M. R. I.; Fatma, M.; Per, S. T.; Anjum, A. N. and Khan, A. N. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Front. Plant Sci.* 6(1):462-479. 10.3389/fpls.2015.00462.
- 10 Rieu, I.; Twell, D. and Firon, N. . 2017 Pollen development at high temperature: From acclimation to collapse. *Plant Physiol.* 173(4):1967-1976.

- 11 Santis, S. M.; Cabrera, D. M.; Benavides, M. A.; Sandoval, R. A.; Ortega, O. H. y Robledo, O. A. 2019. Rendimiento agronómico del jitomate suplementado con microelementos Fe, Cu y Zn. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(6):1379-1391.
- 12 Sariñana-Aldaco, O.; Sánchez-Chávez, O.; Troyo-Diéguéz, E.; Tapia-Vargas, L. E.; Díaz-Pérez, J. C. and Preciado-Rangel, P. 2020. Foliar aspersion of salicylic acid improves nutraceutical quality and fruit yield in tomato. *Agriculture*. 10(10):482-492. 10.3390/agriculture10100482.
- 13 SAS. 2019. *Statistics Analysis System. SAS 9.4 Language reference: concepts*, Sixth Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- 14 Shinwari, A.; Ahmad, I. and Khan, I. 2018. Thermo tolerance in tomato: acetyl salicylic acid affects growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under the agro-climatic condition of Islamabad, Pakistan. *Advances in Agriculture and Environmental Science*. 1(3):102-107.
- 15 Silva, A. A. R.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Veloso, L. L. S. A.; Lacerda, C. N.; Gheyi, H. R.; Pereira, W. E.; Silva, V. R. and Soares, L. A. A. 2022. Methods of application of salicylic acid as an attenuator of salt stress in cherry tomato. *Braz. J. Biol.* 82:e265069. 10.1590/1519-6984.265069.
- 16 Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*. 15(2):134-154. 10.1007/BF01347224.
- 17 Sutharsan, S.; Nishanthi, S. and Srikrishnah, S. 2014. Effects of foliar application of seaweed (*Sargassum crassifolium*) liquid extract on the performance of *Lycopersicon esculentum* Mill. *In: sandy Regosol of Batticaloa district Sri Lanka*. *Am. Eurasian J. Agric. Envir. Sci.* 14(12):1386-1396. 10.5829/idosi.aej.2014.14.12.1828.
- 18 Vargas-Martínez, G.; Betancourt-Galindo, R.; Juárez-Maldonado, A.; Sánchez-Vega, M.; Sandoval-Rangel, A. y Méndez-López, A. 2023. Impacto de NPsZnO y microorganismos rizosfericos en el crecimiento y biomasa del tomate. *Trop. Subtrop Agroecosystems*. 26(1):010. 10.56369/tsaes.4332.
- 19 Vázquez-Díaz, D. A.; Salas-Pérez, L.; Preciado-Rangel, P.; Segura-Castruita, M. Á.; González-Fuentes, J. A. y Valenzuela-García, J. R. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(17):3405-3414.
- 20 Wahid, A.; Gelani, S.; Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Exp. Bot.* 61(3):199-223. 10.1016/j.envexpbot.2007.05.011.
- 21 Zahirul, I. M.; Akter, M. M.; Choi, K. Y.; Pill, B. J. and Kang, H. M. 2018. Salicylic acid in nutrient solution influences the fruit quality and shelf life of cherry tomato grown in hydroponics. *Sains Malay*. 47(3):537-542. 10.17576/jsm-2018-4703-14.
- 22 Zhang, Z.; Lan, M.; Han, X.; Wu, J. and Wang-Pruski, G. 2020. Response of ornamental pepper to high-temperature stress and role of exogenous salicylic acid in mitigating high temperature. *J. Plant Growth Regul.* 39(1):133-146. 10.1007/s00344-019-09969-y.
- 23 Zhao, Z.; Qin, X.; Wang, E.; Carberry, P.; Zhang, Y.; Zhou, S.; Zhang, X.; Hu, C. and Wang, Z. 2015. Modelling to increase the ecoefficiency of a wheat-maize double cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 210(1):36-46. 10.1016/j.agee.2015.05.005.



Producción de jitomate con aplicación de ácido salicílico y algas marinas bajo malla sombra

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 December 2024
Date accepted: 01 February 2025
Publication date: 14 April 2025
Publication date: Feb-Mar 2025
Volume: 16
Issue: 2
Electronic Location Identifier: e3538
DOI: 10.29312/remexca.v16i2.3538

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

bioestimulantes
licopeno
rendimiento de fruto.

Counts

Figures: 4
Tables: 1
Equations: 0
References: 23
Pages: 0