

## ACLAREO DE FRUTOS Y ASPERSIONES FOLIARES DE CALCIO Y MIEL DE ABEJA SOBRE LA CALIDAD DE TOMATE TIPO COSTILLA

### EFFECT OF FRUIT THINNING AND FOLIAR SPRAYING OF CALCIUM AND HONEY ON QUALITY OF RIBBED TOMATO

M. Nieves Rodríguez-Mendoza<sup>1\*</sup>, Gustavo Baca-Castillo<sup>1</sup>, José L. García-Cué<sup>2</sup> y J. Alberto Urrieta-Velázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área de Nutrición Vegetal, <sup>2</sup>Estadística y Cómputo, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel 5959510198.

\*Autor para correspondencia (marinie@colpos.mx)

#### RESUMEN

En la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) existen alternativas de manejo ecológico y económico para incrementar el rendimiento, sabor, vida de anaquel y propiedades nutraceuticas que dan valor agregado a la calidad de fruto. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del aclareo de racimos y aspersiones foliares de Ca y miel de abeja a 2 % sobre la calidad de frutos de tomate tipo costilla selección Starmex 2. La investigación se realizó en un invernadero, bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2<sup>3</sup> de los tratamientos: dos dosis de calcio (0 y 350 mg L<sup>-1</sup>), dos niveles de miel de abeja (0 y 2 % p/p) y dos niveles de aclareo de frutos (con y sin), con cuatro repeticiones. Los frutos se cosecharon maduros y en ellos se registró el peso fresco, el diámetro ecuatorial, el número de costillas y sépalos, la acidez titulable, los sólidos solubles totales (°Brix), la concentración de Ca, y las de licopeno y de vitamina C. El número de costillas aumentó ( $P \leq 0.05$ ) por el efecto interactivo del aclareo y las aspersiones de calcio. Asimismo el peso del fruto se incrementó por el efecto separado del aclareo y las aspersiones de miel. El diámetro ecuatorial y el número de sépalos del fruto aumentaron ( $P \leq 0.05$ ) con el aclareo y las aspersiones foliares de calcio. En las variables de calidad, solamente hubo efecto en los sólidos solubles (°Brix), acidez titulable y vitamina C; que aumentaron por la interacción de Ca y miel de abeja.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*, nutrición foliar, tomate mexicano, calidad de fruto.

#### SUMMARY

Different ecological and economic management techniques are used in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production to add value by modification of yield, taste, shelf life and nutraceutical properties. This study determined the effect of cluster thinning and spraying foliar Ca<sup>2+</sup> and 2 % honey on the quality of cv. Starmex 2 of ribbed tomato fruits. The research was conducted in a greenhouse, using a completely randomized block design ( $\alpha = 0.05$ ) with a 2<sup>3</sup> factorial treatment arrangement: two calcium doses (0 mg L<sup>-1</sup> and 350 mg L<sup>-1</sup>), two honey levels (0 % p/p and 2 % p/p), and two fruit thinning factors (with and without); with four replications. In fruits harvested at maturity, fresh fruit weight, equatorial diameter, number of ribs and sepals, titratable acidity, degrees Brix, and content of lycopene, vitamin C, Ca<sup>2+</sup> and K<sup>+</sup> were recorded. The number of ribs increased ( $P \leq 0.05$ ) due to the interactive effect of thinning and calcium sprays, as did fruit weight due to thinning and honey sprays. Equatorial diameter and number

of sepals in fruit increased ( $P \leq 0.05$ ) with thinning or foliar calcium sprays. On postharvest variables the only significant effects were in soluble solutes, titratable acidity, and potassium and vitamin C concentrations.

**Index words:** *Solanum lycopersicum*, foliar nutrition, Mexican tomato, fruit quality.

#### INTRODUCCIÓN

En la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), las prácticas culturales como la poda y el raleo de flores son técnicas útiles que optimizan las condiciones del cultivo y favorecen el desarrollo y calidad comercial de los frutos. El aclareo de frutos es una forma de regular la carga y el tamaño de éstos, que combinada con aspersiones foliares de macro o micro nutrientes ayuda a obtener tomates con mayor contenido de azúcares, acidez, firmeza (Batu, 2004), color, tamaño (Beckles, 2012) y antioxidantes como licopeno y ácido ascórbico. Aunque la cantidad de antioxidantes varía entre genotipos, es posible modificar la cantidad de éstos en función de la intensidad luminosa, punto de corte, madurez, suministro de agua y fertilización (Dumas *et al.*, 2003; King-Wen *et al.*, 2010).

El calcio es un nutriente esencial para el crecimiento y expansión celular en los frutos, ya que al asociarse a la calmodulina actúa como cementante en la lámina media, que da firmeza a la pared celular y estabilidad a la membrana, lo que se refleja en mayor vida de anaquel del fruto (Suzuky *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2005).

El contenido del Ca puede aumentar de 20 a 40 % en el fruto con concentraciones de 0.3 a 1.0 mg g<sup>-1</sup>, y de 50 mg g<sup>-1</sup> en las hojas (Hao *et al.*, 2000; Hirschi, 2004; Park *et al.*, 2005). Otra práctica documentada para aumentar rendimiento y algunas propiedades de calidad de los frutos es la aplicación foliar de miel de abeja (Villegas *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2006). Sus componentes, agua (15 a 20

%), carbohidratos (80 a 85 %), ácidos orgánicos (glucónico, acético, cítrico, láctico, succínico), sustancias nitrogenadas (aminoácidos y proteínas), lípidos, oligoelementos, enzimas (invertasa, amilasa, catalasa, inhibina, fosfatasa y otras) y vitaminas (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido nicotínico, biotina, y ácido fólico), son absorbidos por las hojas, lo que se refleja en la producción y en algunas propiedades organolépticas de los frutos de las hortalizas. Ball (2007) señala que la miel de abeja aporta glucosa y fructosa, además de los minerales Ca (23 a 68 ppm) y K (100 a 588 ppm), que se pueden aprovechar en la nutrición foliar del tomate y aportar elementos relacionados con la calidad de los frutos.

La miel de abeja se usa con propósitos médicos en humanos como fuente de antioxidantes, (compuestos fenólicos) y como antibiótico (Thrasivoul, 2001; Ball, 2007; Cruzado *et al.*, 2007). El uso de la miel de abeja como fuente de nutrientes y control de enfermedades en cultivos agrícolas no es muy conocida; aunque hay reportes que su aspersión al follaje de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) al 2 %, combinada con Si, disminuye la severidad de daño causado por *Fusarium oxysporum* (Gómez *et al.*, 2006). En cebolla (*Allium cepa* L.) disminuye la incidencia y severidad de *Sclerotium cepivorum* (Medel, 2007)<sup>1</sup>, mientras que en plántulas de tomate mejora el vigor, incrementa el diámetro del tallo y la absorción de N, P y K (Villegas *et al.*, 2001).

México, uno de los países con mayor diversidad vegetal, tiene un gran potencial alimentario debido a que conserva materiales silvestres de especies cultivadas de importancia antropocéntrica. Ejemplo de ello es el tomate de costilla que se produce con una mínima tecnología los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla y Campeche, cuya producción se comercializa localmente a precios más altos que las variedades comerciales. De estos cultivares se han hecho colectas para mejoramiento genético (Rincón y Hernández, 2003). Estos materiales tienen un potencial para su selección y producción, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del aclareo de frutos en los racimos y de las aspersiones foliares de Ca y miel de abeja sobre la calidad de los frutos del tomate tipo costilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel en Texcoco, Montecillo, Edo. de México, a 98° 52' 3'' N y 2220 msnm. Se utilizó la selección de tomate tipo costilla Starmex 2 obtenida del "Programa de Mejoramiento de Jitomate Mexicano" del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad en el Campus Montecillo del CP, cuyas ca-

racterísticas son: alto porcentaje de emergencia (97 %), crecimiento indeterminado, follaje verde oscuro con racimos ramificados y frutos típicamente redondos y acostillados de color rojo intenso.

Para su germinación, las semillas se colocaron en charolas de poliestireno expandido rellenas con "peat-moss", cuyo riego se hizo con agua hasta la emergencia y después con solución Steiner a -0.018 MPa de potencial osmótico (CE, conductividad eléctrica, de 0.25 dS m<sup>-1</sup>). Después de 35 d de la siembra, la raíz fue tratada con Previcur N® (3mL L<sup>-1</sup> de agua) y se trasplantaron en macetas de plástico de 19 L rellenas con tezontle (granulometría de 0.3 a 0.7 cm). Desde el trasplante hasta la cosecha, la nutrición se llevó a cabo con la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) a -0.072 MPa (9, 4, 7, 12, 1, y 7 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> de Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, y SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, respectivamente) y micronutrientes, con CE de 2.0 dS m<sup>-1</sup> y pH de 5.5. La solución se aplicó (4 L h<sup>-1</sup>) mediante un sistema de riego por goteo con dos emisores por planta, con seis riegos de 15 min cada 2 h, de 8:00 a 18:00 h.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados, con un factorial completo 2<sup>3</sup>. Se manejaron ocho tratamientos, resultado de las combinaciones de los factores y los niveles: con y sin aclareo de frutos, dos dosis de calcio (0 y 350 mg L<sup>-1</sup>) y dos niveles de miel de abeja (0 % y 2 % p/p). A los 15 d después del trasplante (ddt), se aplicaron los tratamientos al follaje semanalmente, y se inició el aclareo de frutos para dejar siete frutos por racimo (se podó hasta que del séptimo fruto se desprendió la corola); en el tratamiento alterno el racimo se dejó intacto.

La unidad experimental consistió en una maceta con una planta de tomate conducida a un tallo, a una densidad de plantación de 1.2 plantas m<sup>-2</sup>. Los frutos se cosecharon cuando alcanzaron el estado de madurez de estrella rosa (comienza a mostrar un color rosado al final del fruto), se registró el peso individual en gramos, el diámetro ecuatorial en mm (vernier digital marca Truper, Tertulianet®) y el número de costillas y de sépalos; luego se analizó en ellos la acidez titulable, los sólidos solubles totales (AOAC, 1990) con un refractómetro Atago 0-30®, el contenido de licopeno mediante la técnica descrita por Arias *et al.* (2000), el contenido de vitamina C (AOAC 1990), la concentración de Ca por digestión húmeda (Alcantar y Sandoval, 1999), y contenido de minerales esenciales mediante espectrofotometría de absorción atómica con el ICP-EAS modelo Liberty II secuencial marca Varian® (Australia). Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza con un diseño bloques completos con tratamientos aleatorizados para cada uno de los factores en estudio, así como pruebas de comparación de medias de Scheffé (P ≤ 0.05), todo ello

<sup>1</sup>Medel M. E. (2007) Fertilización foliar orgánica y fuentes de nitrógeno en cebolla para inducir resistencia a *S. cepivorum* Berk. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. de México. 88 p.

con el paquete estadístico SAS 9.3 para Windows (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### VARIABLES EVALUADAS

El número de sépalos y de costillas, el diámetro ecuatorial y el peso del fruto mostraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$ ). Estos resultados obedecen a las interacciones simples; aclareo de frutos (A), a las aspersiones de Ca (Ca) y de miel de abeja (M) al follaje, y a las interacciones de dos y tres factores (Cuadro 1). El número de costillas y peso de fruto están definidos por la interacción de los tres factores. Con el aclareo se favorece la disponibilidad de carbohidratos y agua en los frutos, el Ca en la célula aumenta la firmeza del fruto y la miel favorece el desarrollo. La trascendencia de las interacciones de tres factores, como en este caso, ha sido destacada por Urrieta-Velázquez *et al.* (2012), Juárez *et al.* (2012) y López-Ordaz *et al.* (2011) para favorecer el desarrollo de tomate tipo costilla, *Lilium* y mango (*Mangifera indica* L.), respectivamente.

### NÚMERO DE COSTILLAS

Los tratamientos donde se aplicó aclareo, calcio y miel de abeja, obtuvieron frutos con 7.75 costillas, valor mayor ( $P \leq 0.05$ ) que las 6.29 costillas de los frutos testigo (Cuadro 2). Cuando se hicieron aspersiones foliares con miel pero sin calcio se formaron 6.77 costillas, ( $P \leq 0.05$ ), y cuando se hicieron aspersiones de Ca sin miel más aclareo, el número fue de 7.45, promedio estadísticamente igual al testigo (Cuadro 2). Los resultados muestran que el aclareo y la aplicación foliar de calcio incrementan el número de costillas en los frutos de tomate que según lo reportado en la literatura la aplicación del ion produce frutos con mayor consistencia y vida de anaquel (Dorais *et al.*, 2004), características

deseables en tomate.

Es de destacar la importancia del aclareo en el número de costillas, atribuible a que favorece la disponibilidad de fotoasimilados, agua y nutrimentos para llevar a cabo los procesos biológicos de polinización y de formación de semillas y lóculos, que promueven el aumento del número de costillas de los frutos. Fridman *et al.* (2000) menciona la importancia de estos fotoasimilados en los sépalos que son determinantes en el número de costillas.

### PESO DEL FRUTO

Cuando se aplicó aclareo, calcio y miel de abeja, se obtuvo el mayor peso promedio del fruto (49.99 g/fruto), estadísticamente igual que cuando se aplicó únicamente aclareo y calcio (43.14 g/fruto) y superior ( $P \leq 0.05$ ) al peso de 38.34 g/fruto cuando no se realizó el aclareo (Cuadro 2). En la ganancia registrada en el peso del fruto, al igual que en el número de costillas, se infiere que el aclareo favoreció la movilidad de carbohidratos. El aclareo es una práctica recomendada para balancear el crecimiento y optimizar el número y tamaño de frutos por racimo en la planta (Bojacá *et al.*, 2009), así como incrementar los carbohidratos y algunos metabolitos secundarios en el tomate (Dorais *et al.*, 2008).

La aplicación de miel de abeja, que es fácilmente disponible para la planta cuando se aplica vía foliar, además de aportar calcio y potasio a la planta también aporta azúcares, proteínas, aminoácidos, vitaminas y hormonas que participan en el desarrollo y peso del fruto (Ulloa *et al.*, 2010). Según Gómez *et al.* (2006), con la aplicación foliar de miel de abeja a 2 % el peso de fruto en tomate de cáscara se incrementó en 28.7 %.

**Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto del aclareo de frutos y aplicaciones foliares de calcio y de miel de abeja en las variables de producción de tomate tipo costilla (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en hidroponía e invernadero.**

Factor de variación	Número de sépalos	Número de costillas	Diámetro ecuatorial (mm)	Peso del fruto (g/fruto)
Aclareo (A)	***	**	***	***
Calcio (Ca)	*	*	ns	ns
Miel(M)	ns	*	**	**
A x Ca	**	**	**	ns
A x M	ns	ns	*	ns
Ca x M	ns	ns	*	ns
A x Ca x M	ns	**	ns	*
CV (%)	19.4	35.1	18.5	57.1

A = aclareo de frutos de los racimos; Ca = aspersiones foliares de Ca; M = aspersiones foliares de miel de abeja; CV = coeficiente de variación; ns = no significativo; \* $P \leq 0.05$ ; \*\* $P \leq 0.01$ ; \*\*\* $P \leq 0.0001$ .

**Cuadro 2. Comparación de medias del número de costillas y el peso del fruto de tomate tipo costilla (*Solanum lycopersicum* L.) por efecto de poda y aplicaciones foliares de Ca y miel de abeja.**

	Tratamientos	Número de costillas	Peso del fruto (g/fruto)
+Ca + M	+A	7.75 a	49.99 a
	-A	6.44 b	38.34 b
+Ca - M	+A	7.45 a	43.14 a
	-A	6.60 b	40.39 a
-Ca + M	+A	6.77 a	47.01 a
	-A	7.08 a	44.40 a
-Ca - M	+A	6.97 a	41.67 a
	-A	6.29 b	38.30 a
+A + M	+Ca	7.75 a	49.99 a
	-Ca	6.77 b	47.01 a
+A - M	+Ca	7.45 a	43.14 a
	-Ca	6.97 a	41.67 a
-A + M	+Ca	6.44 b	38.34 b
	-Ca	7.08 a	44.40 b
-A - M	+Ca	6.60 a	40.39 a
	-Ca	6.29 a	38.30 a
+A + Ca	+M	7.75 a	49.99 a
	-M	7.45 a	43.14 a
+A - Ca	+M	6.77 a	47.01 a
	-M	6.97 a	41.67 a
-A + Ca	+M	6.44 a	38.34 a
	-M	6.29 a	40.39 a
-A - Ca	+M	7.08 a	44.40 a
	-M	6.29 b	38.30 b

A: Aclareo de frutos de los racimos; Ca: aspersiones foliares de Ca; M: aspersiones foliares de miel; +, - ; con y sin respectivamente. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

### Número de sépalos

En el número de sépalos se presentaron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) por efecto aclareo y por la interacción aclareo x aplicación de calcio (Cuadro 1). Con ambos se obtuvieron 8.54 sépalos, mientras que sin la aplicación de Ca el número fue de 8.16, y con calcio pero sin aclareo fueron 7.93 sépalos (Cuadro 3). Por tanto, el aclareo y la aplicación de calcio son tan importantes en la cantidad de sépalos como en el número de costillas; es decir, ambos factores son esenciales en la primera etapa de desarrollo del fruto cuando éste demanda mayor cantidad de fotoasimilados y calcio, ion determinante en la estabilidad de las membranas y las paredes de las células del fruto (Marschner, 2012).

Los sépalos constituyen una fuente inmediata de fotoasimilados de la estructura floral debido a su alto conteni-

do de cloroplastos (Gutiérrez y Albanchez, 2010). Por ello se requiere de un cáliz grande en las amplias estructuras florales que se originan en los frutos del tomate tipo costilla. Diversos estudios demuestran la importancia de la síntesis de fotoasimilados en los órganos fotosintéticos (Martínez *et al.*, 2001; Yin *et al.* 2010), sobre todo los más inmediatos a los frutos como los sépalos (Fridman *et al.*, 2000), como ocurre en otras especies (Marcelis *et al.*, 2004). Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) documentaron diferencias en el número de sépalos en tres selecciones de tomate tipo costilla debidas a un efecto interactivo entre la selección y nutrición del cultivo.

### Diámetro ecuatorial del fruto

En el diámetro ecuatorial se obtuvieron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de las interacciones simples

**Cuadro 3. Comparación de medias del número de sépalos y diámetro ecuatorial del fruto de tomate tipo costilla (*Solanum Lycopersicum L.*) cultivado en hidroponía e invernadero con poda y aplicaciones foliares de Ca.**

Tratamientos		Sépalos	Diámetro ecuatorial (mm)
+A	+Ca	8.54 a	44.92 a
	-Ca	8.16 a	43.89 b
-A	+Ca	7.93 b	42.23 b
	-Ca	8.00 a	43.36 a
+Ca	+A	8.54 a	44.92 a
	-A	7.93 b	42.23 b
-Ca	+A	8.16 a	43.89 a
	-A	8.00 a	43.36 a

A = aclareo de frutos; Ca = aspersiones foliares de calcio; -, + = sin, con. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

(Cuadro 1). Con el aclareo de frutos combinado con las aspersiones foliares de calcio se obtuvo un diámetro ecuatorial de 44.9 mm; sin aclareo el diámetro fue de 42.23 mm, valor estadísticamente inferior ( $P \leq 0.05$ ). Cuando se hizo el aclareo de frutos sin aspersiones de calcio, el diámetro del fruto fue de 43.89 mm, valor estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) diferente al tratamiento con aclareo y calcio (Cuadro 3). Cuando se hizo aclareo y aplicación foliar de miel se obtuvo un promedio de 45.49 mm de diámetro ecuatorial del fruto, pero sin las aspersiones de miel el diámetro fue de 43.32 mm, y con aplicación de miel sin aclareo el diámetro ecuatorial del fruto fue de 43.03 mm (Cuadro 4).

Ambos factores, aclareo y aplicación foliar de miel, son igualmente importantes en el tamaño del fruto. Con el aclareo hay mayor disponibilidad de azúcares para el fruto, y con la aplicación de miel sus componentes (minerales, vitaminas, aminoácidos, enzimas, entre otros) son absorbidos por la planta en una etapa donde la demanda nutrimental es alta (Ulloa *et al.*, 2010). El uso de la miel de abeja como fuente orgánica de nutrimentos para los cultivos es relativamente nuevo, y hasta el momento no se sabe con claridad cuáles de sus componentes en forma aislada o en interacción favorece el desarrollo de los cultivos y la resistencia a enfermedades, pero en varios estudios se han observado respuestas favorables a esta aplicación (Gómez *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2006; Medel, 2007). La interacción la aplicación foliar de Ca y miel no fue significativa, a pesar de ser fuentes de nutrimento para el tomate tipo costilla. En la misma selección Starmex2, Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) reportaron diferencias en el diámetro ecuatorial inducidas con el uso de la solución de Steiner, debido al efecto interactivo entre selección y solución nutritiva.

#### Sólidos solubles totales

La cantidad de sólidos solubles en los frutos de tomate tipo costilla fue afectada por la interacción aplicación de calcio y miel (Cuadro 5). Con ambas aspersiones combina-

das hubo 4.72 °Brix (Figura 1), mientras que al aplicar sólo Ca o miel el contenido de sólidos solubles se incrementó en 12.1 % y 18.2 % (5.33 y 5.57, respectivamente). Los valores de °Brix están por encima de lo reportado por Casiera-Posada *et al.* (2008) para cultivares de tomate (3.5 a 5.0 °Brix). El incremento en sólidos solubles por la aplicación de miel puede adjudicarse al aporte de carbohidratos y nutrimentos, como propusieron Arellano y Gutiérrez (2006). Estos resultados coinciden con lo reportado por Urrieta-Velázquez *et al.* (2012) quienes no encontraron respuesta estadística por interacciones en sólidos solubles, sino solamente a diferencias genéticas entre los tomates evaluados.

**Cuadro 4. Comparación de medias del diámetro del fruto de tomate tipo costilla (*Solanum lycopersicum L.*) cultivado en hidroponía e invernadero con aclareo, aplicaciones foliares de Ca y miel de abeja.**

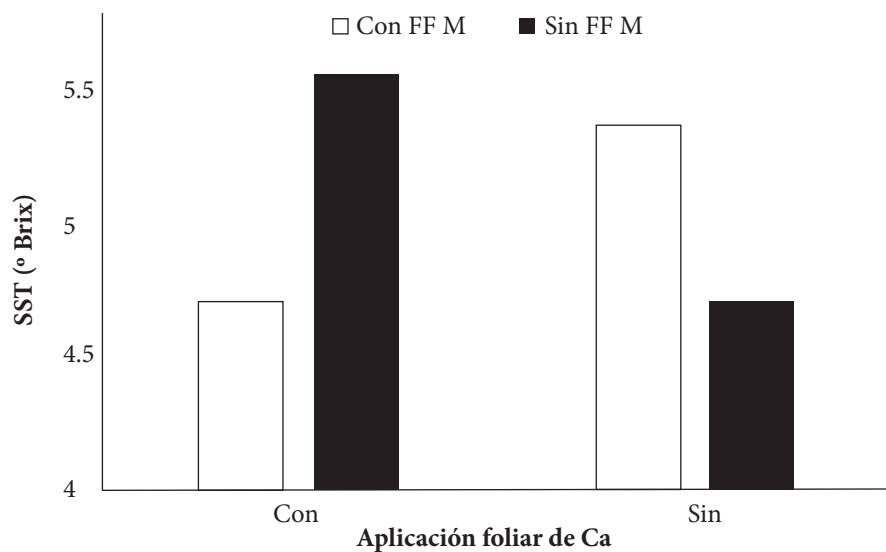
Tratamientos		Diámetro ecuatorial (mm)
+A	+M	45.49 a
	-M	43.32 b
-A	+M	43.03 a
	-M	42.27 a
+M	+A	45.49 b
	-A	43.03 b
-M	+A	43.32 a
	-A	42.27 a
+Ca	+M	43.82 a
	-M	43.33 a
-Ca	+M	44.70 a
	-M	42.55 b
+M	+Ca	43.82 a
	-Ca	44.70 a
-M	+Ca	43.33 a
	-Ca	42.55 a

A = aclareo de frutos; Ca = aspersiones foliares de calcio; M = aspersiones foliares de miel de abeja; -, + = sin, con. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

**Cuadro 5. Análisis de varianza del efecto de aclareo de frutos y aspersiones foliares de Ca y miel de abeja en la calidad interna del fruto de tomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en hidroponía e invernadero.**

Tratamientos	SST	AT	Ca	Licopeno	Vitamina C
		(%)			(mg /100 g de fruta fresca)
A	ns	ns	*	ns	ns
Ca	ns	ns	ns	ns	ns
A x Ca	ns	ns	ns	ns	ns
M	ns	ns	ns	*	ns
A x M	ns	ns	ns	ns	ns
Ca x M	**	ns	ns	ns	ns
A x Ca x M	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.0	12.1	40.3	15.0	24.1

SST = sólidos solubles totales (°Brix); AT = acidez titulable; Ca = concentración de calcio en el fruto; A = aclareo de frutos en los racimos; Ca = aspersiones foliares de Ca; M = aspersiones foliares de miel; CV = coeficiente de variación; ns = no significativo; \*P ≤ 0.05; \*\*P ≤ 0.01.



**Figura 1. Sólidos solubles totales, SST (°Brix) en frutos de tomate tipo costilla (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en hidroponía e invernadero. Con y sin fertilización foliar de miel de abeja (FFM). Con y sin aplicación foliar de Ca.**

**Concentración de calcio**

Con el aclareo (Cuadro 5), la concentración de Ca en el fruto se incrementó en 12.9 % más que en las plantas sin raleo (de 0.24 a 0.31 g kg<sup>-1</sup> de pulpa). Se infiere que los frutos restantes después del aclareo tuvieron mayor disponibilidad de fotoasimilados y agua que favorecieron el movimiento del Ca hacia los frutos. El calcio prolonga la vida de anaquel, ya que actúa sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre éstas, lo que aumenta la resistencia de la pared celular (Dodd *et al.*, 2010; Lara *et al.*, 2004).

**Concentración de licopeno y vitamina C**

La aplicación foliar de miel de abeja afectó estadísticamente los niveles de licopeno en fruto (P ≤ 0.05), y contrario a lo esperado las aspersiones foliares disminuyeron la concentración de este antioxidante hasta en 14 %, de 32.24 a 26.70 mg/100 g de pulpa. Por su parte, el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) no se modificó por los factores ni las interacciones, a pesar de que según Graguera *et al.* (2009) estas técnicas de manejo favorecen el movimiento e incremento de nutrimentos en las plantas de tomate. Es decir, la aplicación de miel de abeja no favoreció la calidad

de fruto, ya que no aumentó los niveles de estos productos nutraceuticos, en particular de licopeno que es de lo más deseado para la producción de tomate de calidad.

### CONCLUSIONES

El aclareo de frutos y las aspersiones foliares de calcio aumentaron significativamente el número de sépalos (4.6 %), el número de costillas (10.6 %) y el diámetro ecuatorial del fruto (2.3 %). El aclareo y la aspersión foliar de miel de abeja aplicados por separado favorecieron el peso de los frutos, y aplicados en conjunto incrementaron hasta en 5 % el diámetro ecuatorial.

La aspersión foliar de calcio o miel de abeja por separado aumentaron los sólidos solubles en 12.9 % y 18.2 %, respectivamente. Es factible utilizar la aspersión foliar de calcio o de miel de abeja para mejorar la calidad del fruto de tomate de costilla cultivado en invernadero.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar G. E. G. y M. Sandoval V. (1999) Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington D. C. USA. 771 p.
- Arellano G. M. y M. A. Gutiérrez C. (2006) Rendimiento y calidad postcosecha de tomate bajo diferentes esquemas de fertilización al suelo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:113-118.
- Arias R. L., L. Tung Ch., L. Logendra and H. Janes (2000) Correlation of lycopene measured by HPLC with the  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  colour readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with colour and lycopene content. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 48:1697-1702.
- Ball D. W. (2007) The chemical composition of honey. *Journal of Chemical Education* 84:1643-1646.
- Batu A. (2004) Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61:471-475.
- Beckles M. D. (2012) Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63:129-140.
- Bojacá C. R., N. Y. Luque y O. I. Monsalve (2009) Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3:188-198.
- Casierra-Posada F. y O. E. Aguilar-Avenidaño (2008) Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26: 300-307
- Cruzado R. L., D. P. Gutiérrez y S. G. Ruiz (2007) Ensayo químico y efecto de antibiosis in vitro de la miel de abeja sobre microorganismos grampositivos y gramnegativos. *Revista Médica Vallejana* 4:95-109.
- Dorais M., A. E. D. L. Ehret and A. P. Papadopoulos (2008) Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Reviews* 7:231-250.
- Dorais M., D. A. Dermers, W. van Ieperen and A. P. Papadopoulos (2004) Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Horticultural Reviews* 30:163-184.
- Dodd A. N., J. Kudla and D. Sanders (2010) The language of calcium signaling. *Annual Review of Plant Biology* 61:593-620.
- Dumas Y., M. Dadomo, G. Di Lucca and P. Grolier (2003) Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:369-382.
- Fridman E., T. Pleban and D. Zamir (2000) A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97:4718-4723.
- Gómez C. R., M. N. Rodríguez M., E. Cárdenas S., M. Sandoval V. y M. T. Colinas L. (2006) Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:69-75.
- Gutiérrez F. y I. Albánchez (2010) Botánica. Ed. FIRMAS Press. Montevideo, Uruguay. 172 p.
- Gragera J., J. M. Gutiérrez, C. Daza, A. G. Esteban y C. González (2009) Evaluación de parámetros productivos y de calidad en cultivares de tomate de industria con alto contenido en licopeno en Extremadura. *Actas de Horticultura* 54:256-257.
- Hao X., A. Papadopoulos, M. Dorais, D. Ehret, G. Turcotte and A. Goselin (2000) Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying: effects on growth, photosynthesis, yield and quality. *Acta Horticulturae* 511:211-221.
- Hirschi K. D. (2004) The calcium conundrum: both versatile nutrient and specific signal. *Plant Physiology* 136:2438-2442.
- Juárez M. J., J. Sahagún, M. T. B. Colinas-León, G. A. Baca, L. A. Aceves, J. L. Tirado y P. Sánchez-García (2012) Effect of modified Steiner solution on macronutrient in Asiatic hybrid *Lilium 'Brunel'*. *Acta Horticulturae* 947:229-235.
- Kin-Wen K., K. Honck-Eng, K. Prasad, N. Ismal, T. Chin-Ping and N. F. Rajab (2010) Revealing the power of the natural red pigment lycopene. *Molecules* 15:959-987.
- Lara, I., P. García and M. Vendrell (2004) Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 34:331-339.
- López-Ordaz A., G. A. Baca-Castillo y L. Fernández-Pavía (2011) Soluciones nutritivas para inducir cambios de concentración de N, P, K en plantas de mango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2:867-883.
- Marcelis L. F. M., E. Heuvelink, B. Hofman-Eijer, J. Den B. and L. B. Xue (2004) Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55:2261-2268.
- Marshner H. (2012) Mineral Nutrition of Higher Plants (ed. Marshner P.) 3ª ed. Academic Press. London. 651 p.
- Martínez S., M. C. Grimaldi, M. Garbí y M. Artur (2001) Efecto de la defoliación en tres momentos fenológicos sobre el rendimiento en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Agricultura Técnica* 61:522-526.
- Park S., N. H. Cheng, J. Pittman, K. Yoo, J. Park, R. Smith and K. D. Hirschi (2005) Increased calcium levels and prolonged shelf life in tomatoes expressing arabidopsis  $H^+/Ca^{2+}$  transporters. *Plant Physiology* 139:1194-1206.
- Ramírez F. J., D. L. Ochoa M., M. N. Rodríguez M. y G. Mora A. (2006) Efecto del ácido acetil salicílico, miel y melaza en la movilidad y concentración de TSW. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:239-243.
- Rincón S. F. y J. M. Hernández C. (2003) Conservación de recursos fitogenéticos en México. In: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala (eds.). SNICS, SOMEFI. Chapingo, Edo. de México. pp:52-62.
- SAS Institute (2010) The SAS System for Windows. Version 9.3 N. C., USA.
- Suzuki K., M. Shono and Y. Egawa (2003) Localization of calcium in the pericarp cells of tomato fruits during the development of blossom-end root. *Protoplasma* 222:149-156.
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: Proceedings of Sixth International Congress on Soiless Culture Lunteren. M. G. Urrestarazu (ed.). 29 April-5 May, Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Thrasivoulou U. (2001) La relación entre las características físico-químicas de la miel y los parámetros de sensibilidad a la cristalización. *Apiacta* 36:106-112.

- Ulloa J. A., P. M. Mondragón, C. R. Rodríguez, J. A. Reséndiz y P. Rosas (2010) La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente* 2:11-18.
- Urrieta-Velázquez J. A., M. N. Rodríguez-Mendoza, P. Ramírez-Vallejo, G. Baca-Castillo, L. M. Ruiz-Posada y J. A. Cuento-Wong (2012) Variables de la producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18:371-381.
- Villegas T.O. G., M. N. Rodríguez M., L. I. Trejo T. y G. Alcántar G. (2001) Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra Latinoamericana* 19:97-102.
- Yin Y. G., Y. Kobayashi, A. Sanuki, S. Kondo, N. Fukuda, H. Ezura, S. Sugaya and C. Matsukura (2010) Salinity induces carbohydrate accumulation and sugar-regulated starch biosynthetic genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. 'Micro-Tom') fruits in an ABA- and osmotic stress-independent manner. *Journal of Experimental Botany* 61:563-574.