

ACOLCHADO PLÁSTICO DE COLOR EN SANDÍA CON RIEGO POR GOTEO

Response of Watermelon to Colored Plastic Mulches under Drip Irrigation

G. Cenobio-Pedro¹, Marco A. Inzunza-Ibarra^{2†}, S. Felipe Mendoza-Moreno²,
Ignacio Sánchez-Cohen² y Abel Román-López²

RESUMEN

Para alcanzar una competitividad en el mercado resulta evidente, sobre todo en condiciones restrictivas de agua, practicar una agricultura con alta tecnología. Esto ha justificado realizar estudios enfocados al uso de películas plásticas y riego por goteo, buscando mayor producción y precocidad del fruto, además de mayor eficiencia en el uso del agua. El objetivo de este estudio es conocer la productividad de la sandía (*Citrullus lanatus* T.), así como su precocidad, en respuesta a colores de acolchado plástico y riego por goteo, modalidad cintilla. Se evaluaron el rendimiento de fruta fresca y la eficiencia productiva del agua de la sandía. Se utilizó un sistema de riego localizado tipo cintilla, seis colores de acolchado plástico, un testigo (verde, azul, naranja, negro, blanco, café y sin acolchar) y dos niveles de riego, que correspondieron a 20 y 30% de la evaporación, medida en un tanque evaporímetro Tipo A, en la etapa de trasplante a inicio de fructificación y a 55 y 60% en la etapa de inicio de fructificación a cosecha, con un total de 14 combinaciones. Los tratamientos se aleatorizaron en un diseño experimental de bloques al azar, en parcelas divididas, con tres repeticiones. Los resultados mostraron que el más alto rendimiento medio de 46.1 t ha⁻¹ se obtuvo con los tratamientos acolchados. De la misma manera, para la productividad del agua (kg m⁻³), sobresalieron los tratamientos acolchados con una eficiencia productiva media de 12.8 kg m⁻³ con respecto a 7.4 kg m⁻³, en los tratamientos sin acolchar.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*, evapotranspiración, hortalizas, productividad del agua, temperatura, ciclo vegetativo precoz.

¹ Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México.

[†] Autor responsable (inzunza.marco@inifap.gob.mx)

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera, INIFAP. km 6.5 margen derecho del canal Sacramento. 35140 Gómez Palacio, Durango, México.

Recibido: julio de 2004. Aceptado: diciembre de 2005.
Publicado en *Terra Latinoamericana* 24: 515-520.

SUMMARY

High input agriculture to achieve competitiveness in international markets is critical mainly under restrictive availability of water. This situation has triggered studies using plastic mulches with drip irrigation for increasing both water productivity and crop yields. The overall objective of the study was to measure the productivity of water melon (*Citrullus lanatus* T.) and its precocity under different colored plastic mulches (green, blue, orange, black, white, and brown), without plastic mulches and with two irrigation criteria using drip irrigation. Two irrigation levels were used: a) the replacement of 20 and 30 percent of the daily evaporation measured in pan evaporation type A from transplant to early fructification stage of crop development and b) 55 and 60 percent of the daily evaporation from early fructification to crop harvest as second stage. A control for each irrigation level was included resulting a total of 14 combinations. The experimental design was random blocks in split plots. Results showed that the highest crop yields of 46.1 t ha⁻¹ were obtained with plastic mulches. Likewise, the highest water productivity was obtained with plastic mulches of 12.8 kg m⁻³ compared with 7.4 kg m⁻³ for those treatments without plastic mulch.

Index words: *Citrullus lanatus*, evapotranspiration, vegetables, water productivity, temperature, early vegetative period.

INTRODUCCIÓN

A partir de los años cuarenta, el uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas inició una modificación profunda en la tecnificación de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. En los años siguientes se lograron notables mejoras tecnológicas que ampliaron la durabilidad y la aplicación de los materiales plásticos. En la actualidad, se aplican técnicas de agroplasticultura a más de 300 mil hectáreas de cultivos de alto ingreso económico en todo el mundo (Soltani *et al.*, 1995; Hallidri, 2001). Esta tecnología se

estudia para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de los insumos de producción, como nutrimentos, agua de riego y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, calidad del fruto y precocidad a la cosecha (Tarara, 2000; Fan *et al.*, 2005). Así, se tiene evidencia experimental de Wang *et al.* (1998), quienes reportaron en un estudio con acolchados plásticos rojo, negro y uno autodegradable orgánico, en la estación experimental de Beltsville, EE. UU., que las mejores características productivas de calidad del fruto y rendimiento para el cultivo de la fresa se obtuvieron con el polietileno negro. Soltani *et al.* (1995), al trabajar con sandía con el mismo color de película plástica, obtuvieron similares deducciones. Por otra parte, Andino y Motsenbocker (2004) reportaron mayor tasa relativa de crecimiento, índice de área foliar, rendimiento y precocidad a la cosecha. Sin embargo, Ghawi y Battikhi (1986) concluyeron que, con acolchado blanco, la sandía produjo la mayor cantidad de fruta fresca (55.3 t ha^{-1}), al evapotranspirar 44.3 cm en las condiciones ambientales de Jordania.

En la Comarca Lagunera, la SAGARPA (2003) reportó que la superficie promedio anual cosechada para sandía, en los últimos 13 años, es de 886 ha con marcadas fluctuaciones, debido a la inseguridad del mercado. El rendimiento promedio del mismo período corresponde a 23.4 t ha^{-1} , el cual es inferior al potencial que alcanzaría al proporcionarle las condiciones edafoclimáticas óptimas (mayor que 40 t ha^{-1}) reportadas para la región (Villa *et al.*, 2001). Dicho potencial estimado se comprobó en un estudio realizado en La Laguna al combinar factores de manejo como oportunidad del trasplante, acolchado plástico y criterios de aplicación del agua con riego por goteo subterráneo. Estos resultados mostraron un rendimiento de fruta de sandía superior a 52 t ha^{-1} , al utilizar trasplante a inicio de guías, con acolchado plástico y al regar con 60% de la evaporación diaria medida en el tanque tipo "A" (Pérez *et al.*, 2003). Este potencial productivo es similar al resultado obtenido en la universidad del Valle del Jordán donde, con acolchado plástico transparente y microaspersión, obtuvieron un rendimiento de 68.8 t ha^{-1} con un consumo de agua de 45.9 cm (Battikhi y Hill, 1986). El cultivo de la sandía, a pesar de no sembrarse en grandes extensiones como la alfalfa o el algodón, tiene relevante importancia económica y social para la Comarca Lagunera, debido a la movilización del producto a los estados de México y su exportación a los Estados Unidos de América. Este mercadeo de la

sandía se refleja en una generación de empleos anuales, en el período de marzo a julio, que alcanzan un promedio de 157 jornales ha^{-1} para una superficie media de 1650 ha (SAGARPA, 2003). La implementación de nuevas tecnologías aplicables a la producción agrícola, como son el riego por goteo, el uso de acolchados plásticos y el fertirriego, hace posible el incremento en la producción, precocidad, calidad del producto y la eficiencia en el uso del agua, principalmente, en las regiones donde este recurso es tan limitado (Molinar y Yang, 2000). Con la investigación de estas nuevas tecnologías es posible que la sandía se convierta en una opción más competitiva para la región de La Laguna, al incrementar su productividad en un ciclo de cultivo más precoz que alcance mejores precios en el mercado, tanto nacional, como en el extranjero. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto del color del acolchado y de láminas de riego sobre la precocidad, el rendimiento y la productividad del agua en sandía con riego por goteo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en un área localizada entre $103^{\circ} 22'$ y $104^{\circ} 47'$ O y entre $24^{\circ} 22'$ y $26^{\circ} 23'$ N, a una altitud de 1139 m. El clima es del tipo árido caliente desértico, seco, con régimen de lluvias en verano e inviernos fríos; la temperatura media anual observada varía de 19 a 21 °C, la temperatura máxima promedio de los últimos 10 años es de 33.6 °C y la mínima de 5.59 °C (Villa *et al.*, 2001). La precipitación de esta región es escasa y varía de 200 a 400 mm, con un promedio de 240 mm anuales, mientras que la evaporación anual es del orden de 2600 mm. El período de máxima precipitación se encuentra entre los meses de agosto y septiembre (Pérez *et al.*, 2003).

Se utilizó una densidad de población de 5300 plantas ha^{-1} a doble hilera por línea regante, las cuales se separaron a 5 m. La separación entre plantas fue de 75 cm y entre hilera de plantas de 30 cm. La unidad experimental consistió de tres líneas regantes de 9 m de longitud y la parcela útil consistió de las dos hileras de plantas ubicadas en la línea regante central. Para la instalación del sistema de riego se utilizó cintilla [15 milipulgadas de espesor (0.381 mm)] con emisores separados a 0.2 m, con un gasto de $3.1 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ a una presión de operación de 0.08 MPa.

Inicialmente, las plántulas se desarrollaron en invernadero, del 14 febrero al 22 de marzo de 2002. La sandía se plantó en campo el 23 de marzo, después de haber instalado el acolchado y formado el bulbo de humedecimiento. La profundidad del bulbo de mojado fue a 60 cm, lo cual se logró con una presión de operación de 0.08 MPa y un gasto de 3.1 L h⁻¹ m⁻¹, en un tiempo de 25 horas. Para la fertilización se aplicó la fórmula 160-80-0 N-P-K fraccionada en nueve aplicaciones en forma de solución y disuelta en el agua de riego. Se utilizó urea como fuente de nitrógeno y la combinación 5-30-0 N-P-K como fuente de fósforo.

El experimento consistió de dos niveles de aplicación de agua (L1 y L2) y seis colores de acolchado plástico: verde (V), azul (A), naranja (J), negro (N), blanco (B) y café (C) con un tratamiento adicional sin acolchar por nivel (SA). El criterio de riego para la primera etapa fue reponer 20 y 30% de la evaporación diaria tomada de un tanque tipo "A". Esta lámina de riego se aplicó en la primera etapa de este trabajo (de trasplante a inicio de fructificación), la siguiente etapa fue de fructificación a cosecha, cuando el riego se aplicó reponiendo 55 y 60% de la evaporación diaria. Los tratamientos se aleatorizaron de acuerdo con un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones (Cuadro 1). Como variables de respuesta se estudiaron la producción de fruta fresca (t ha⁻¹) y

Cuadro 1. Tratamientos establecidos en forma aleatoria en el lote experimental.

Tratamiento	Identificación	% de EV hasta inicio de fructificación [†]	% de EV a partir de fructificación a cosecha	Color del plástico
1	L1V	20	55	Verde
2	L1A	20	55	Azul
3	L1J	20	55	Naranja
4	L1N	20	55	Negro
5	L1B	20	55	Blanco
6	L1C	20	55	Café
7	L1SA	20	55	Sin acolchar
8	L2V	30	60	Verde
9	L2A	30	60	Azul
10	L2J	30	60	Naranja
11	L2N	30	60	Negro
12	L2B	30	60	Blanco
13	L2C	30	60	Café
14	L2SA	30	60	Sin acolchar

[†] EV = nivel de evaporación para la aplicación de los riegos.

la eficiencia productiva del agua (kg m⁻³). Las variables auxiliares fueron temperatura y humedad del suelo. La variación de la temperatura del suelo durante el día se midió con varios geotermómetros instalados en una repetición, que registraron datos para los tratamientos en varios días del ciclo del cultivo. Las mediciones se obtuvieron automáticamente a intervalos de 15 min, a una profundidad de 10 cm, usando un procesador de señales (CRX10). Se utilizó una fuente de energía de 12 V para el funcionamiento de dicho procesador de datos en el campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra el comportamiento de la producción de fruto fresco y la eficiencia de uso del agua de la sandía.

La tendencia general indica que el rendimiento y la eficiencia de uso del agua promedio más altos, de 46.1 t ha⁻¹ y 12.8 kg m⁻³, respectivamente, se obtuvieron en los tratamientos acolchados, en comparación con 26.7 t ha⁻¹ y 7.4 kg m⁻³, respectivamente, generados en los tratamientos sin acolchar. Con base en los resultados del análisis de varianza (Cuadro 3), se observaron diferencias significativas para el factor láminas de riego. Esto reflejó una mayor producción promedio de 49.5 t ha⁻¹ con una lámina de agua aplicada de 39.0 cm,

Cuadro 2. Rendimiento de fruta, productividad del agua y láminas de riego aplicadas a la sandía.

Tratamiento [†]	Rendimiento de fruta t ha ⁻¹	Productividad del agua kg m ⁻³	Lámina de agua cm
L1V	40.30	12.35	32.63
L1A	41.20	12.62	32.63
L1J	40.60	12.44	32.63
L1N	41.20	12.62	32.63
L1B	37.40	11.46	32.63
L1C	37.00	11.33	32.63
L1SA	22.60	6.92	39.04
L2V	48.80	12.50	39.04
L2A	56.50	14.47	39.04
L2J	49.20	12.60	39.04
L2N	56.40	14.46	39.04
L2B	51.40	13.16	39.04
L2C	53.20	13.62	39.04
L2SA	30.81	7.89	39.04

[†] L1 = 20% de riego, L2 = 30% de riego; color plástico: V = verde, A = azul, J = naranja, N = negro, B = blanco, C = café, SA = sin acolchar.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento y productividad del agua.

F.V.	G.L.	Rendimiento	Productividad del agua
		t ha ⁻¹	kg m ⁻³
Repeticiones	2	91.13	7.14
Nivel de riego	1	1591.00*	17.21
Error (A)	2	29.24	2.28
Tipo de acolchado	6	345.05**	26.62**
Nivel de riego x tipo de acolchado	6	20.27	1.12
Error (B)	24	10.85	0.87
CV		7.6	7.75

*, ** Significativo y altamente significativo a la probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

que correspondió a regar a 30 y 60% de la evaporación diaria del tanque tipo "A", en la etapas de trasplante a inicio de fructificación y de inicio de fructificación a cosecha, respectivamente. Asimismo, el rendimiento de fruta más bajo de 37.2 t ha⁻¹ se presentó con la aplicación de 32.6 cm de lámina que correspondió a 20 y 55% de la evaporación en las dos etapas estudiadas (Cuadro 2). El análisis de varianza para rendimiento de fruta mostró diferencias significativas para el factor tipo de acolchado. Sin embargo, el resultado del análisis de comparación de medias (Cuadro 4) indicó que los colores del acolchado plástico fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes a los tratamientos sin acolchado plástico.

De acuerdo con el análisis de varianza y la comparación de medias para productividad media del agua, para el factor tipo de acolchado los colores de acolchado fueron estadísticamente iguales entre sí, con una productividad media de 12.8 kg m⁻³, pero estadísticamente superiores a la eficiencia del uso del agua media de 7.4 kg m⁻³ del tratamientos sin acolchar (Cuadro 4). Sin embargo, no se encontró significancia para el factor riego ni para la interacción de los factores referidos.

Los muestreos de humedad del suelo, realizados durante el desarrollo del experimento, permiten concluir que los abatimientos de humedad del suelo a la profundidad de 0 a 30 cm fueron superiores a 50% de la humedad aprovechable. Esta condición de humedad fue favorable para generar diferencias entre tratamientos. De igual manera, para la profundidad de 30 a 60 cm del suelo, los resultados del muestreo de humedad indican que, en su gran mayoría, los tratamientos se desarrollaron más allá de 40% de humedad aprovechable.

Cuadro 4. Rendimiento y eficiencia de uso del agua para sandía con riego por goteo y acolchado.

Tipo de acolchado	Rendimiento	Eficiencia del agua
	t ha ⁻¹	kg m ⁻³
Azul	48.84 a [†]	13.5 a
Negro	48.81 a	13.5 a
Café	45.05 a	12.5 a
Naranja	44.88 a	12.5 a
Verde	44.55 a	12.4 a
Blanco	44.40 a	12.3 a
Sin plástico	26.70 b	7.4 b

[†] Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Este abatimiento se debe a que el cultivo de la sandía consumió una mayor cantidad de agua, ya que la mayoría de las raíces activas se encontraban a esta profundidad del suelo. El contenido de humedad propiciado por la aplicación de la lámina más alta (Cuadro 2) a las profundidades referidas fue favorable para una mejor producción de la sandía (Clark *et al.*, 1996).

Las temperaturas promedio, máximas y mínimas del suelo, generadas por las condiciones de cada tratamiento, se ilustran en la Figura 1. Los tratamientos sin acolchado plástico presentaron las temperaturas máximas más bajas para los dos niveles de riego ensayados. Los tratamientos acolchados presentaron, para los dos niveles de riego, las más altas temperaturas máximas. En forma similar, los tratamientos acolchado referidos presentaron las más altas temperaturas mínimas promedio del suelo durante el desarrollo del experimento. En cambio, los tratamientos sin acolchar tuvieron las más bajas temperaturas mínimas (Figura 1). Como una consecuencia de lo anterior, los tratamientos acolchados alcanzaron los más altos rendimientos de fruta y las más altas eficiencias en el uso del agua.

Es importante agregar que se encontraron intervalos de variación de la temperatura máxima en los tratamientos acolchados con respecto a sin acolchar, desde 4.4 a 11.5 °C, para la lámina de 32.6 cm de agua y de 3.6 a 9 °C para la lámina de 39.0 cm. Esto concuerda con estudios anteriores en los que se encontró que las películas transparentes y opacas de color oscuro aumentan la temperatura de 2 a 6 °C a una profundidad de 5 a 10 cm (Srinivas *et al.*, 1989).

Esta variación fue menos marcada para las temperaturas del suelo mínimas para acolchado y sin acolchar. Los valores fluctuaron con respecto a sin acolchar de 2.8 a 6.8 °C para la lámina de 32.6 cm de agua y de 0.7 a 4.9 °C para la lámina de riego de 39.0 cm.

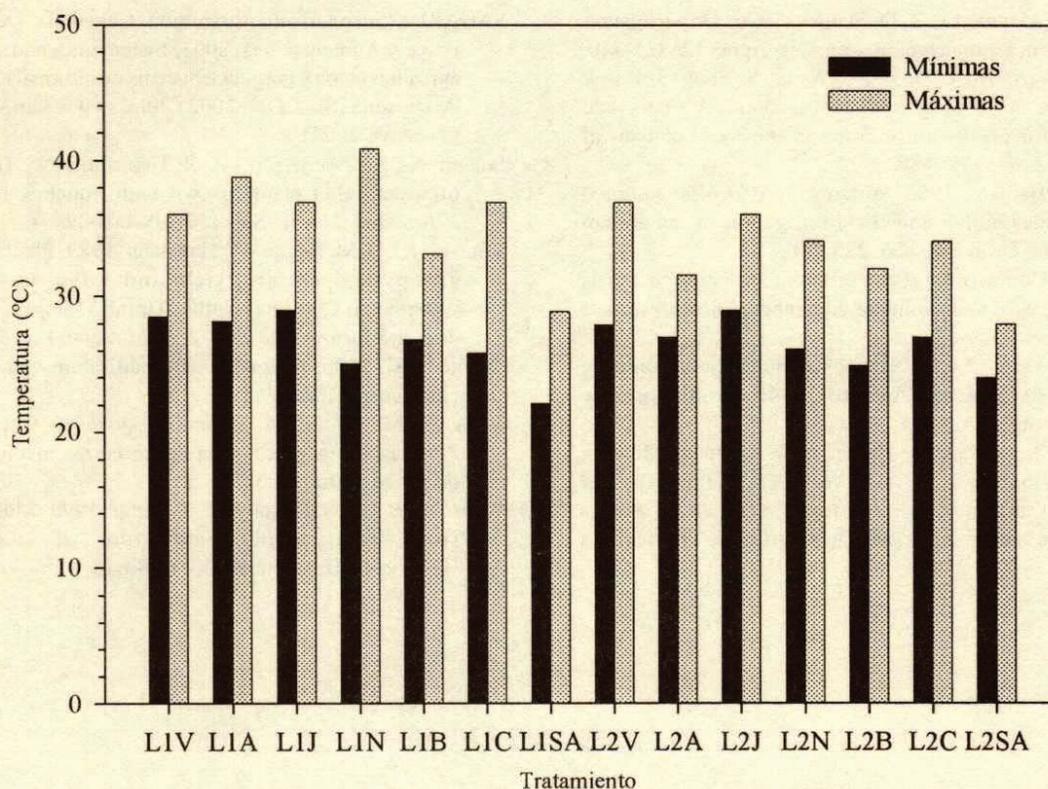


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas del suelo.

L1 = 20% de riego, L2 = 30% de riego; color plástico: V = verde, A = azul, J = naranja, N = negro, B = blanco, C = café, SA = sin acolchar.

Por lo tanto, las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo vegetativo fueron más elevadas en los tratamientos con acolchado plástico con respecto al sin acolchar, lo que significó un mayor rendimiento de fruto y una mayor eficiencia productiva del agua. En lo referente a la precocidad de la sandía, los resultados muestran un adelanto de la cosecha de nueve días, en los tratamientos con acolchados negro, café, blanco y naranja, y de 11 días en los acolchados azul y verde, con respecto a los tratamientos sin acolchar.

CONCLUSIONES

- La fruta fresca de sandía alcanzó su mayor rendimiento promedio de 46.1 t ha^{-1} , cuando se desarrolló en las condiciones generadas por los tratamientos acolchados, en comparación con 26.7 t ha^{-1} obtenidos en los tratamientos sin acolchar.
- Los colores de acolchado fueron estadísticamente iguales entre sí, pero significativamente superiores a los sin acolchar.

- La lámina de agua aplicada de 39 cm fue superior estadísticamente con una producción media de 49.5 t ha^{-1} , con respecto a la lámina de agua de 32.6 cm para una producción media de 37.2 t ha^{-1} .
- La mayor productividad del agua se alcanzó con los tratamientos que se desarrollaron con acolchados plásticos, promedio de 12.8 kg m^{-3} , en comparación con 7.4 kg m^{-3} , promedio de los tratamientos sin acolchar.
- Los incrementos de temperatura en el suelo, influyen en un desarrollo más rápido del cultivo, en el aumento de la producción, en el aprovechamiento más eficiente del agua, así como en el adelanto de la cosecha (9 a 11 días) de los tratamientos con acolchados plásticos con respecto a sin acolchar.

LITERATURA CITADA

- Andino, J. R. y C. E. Motsenbocker. 2004. Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth, and yield of watermelon. *HortScience* 39: 1246-1249.
- Battikhi, A. M. y R. W. Hill. 1986. Irrigation scheduling and watermelon yield model for the Jordan Valley. *J. Agron. Crop Sci.* 157: 145-155.

- Clark, G. A., D. N. Maynard y C. D. Stanley. 1996. Drip-irrigation for watermelon in a humid region. *App. Eng. Agric.* 12: 335-340.
- Fan, T., B. A. Stewart, W. A. Payne, Y. Wang, S. Song, J. Luo y C. A. Robinson. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. *Agron. J.* 97: 177-188.
- Ghawi, I. y A. M. Battikhi. 1986. Watermelon (*Citrullus lanatus*) production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. *J. Agron. Crop Sci.* 156: 225-236.
- Hallidri, M. 2001. Comparison of the different mulching materials on the growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Hort.* 1: 49-53.
- Molinar, R. y M. Yang. 2000. Plásticos agrícolas. Selección de colores. *Revista mensual.* Agosto: 38-40. Productores de hortalizas. Fresno, CA, USA.
- Pérez-González, J. L., I. Sánchez-Cohen, S. F. Mendoza-Moreno, M. A. Inzunza-Ibarra y J. A. Cueto-Wong. 2003. Productividad y rendimiento de sandía por efecto del agua en diferentes condiciones de manejo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9: 209-223.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2003. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera. Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON, 2002). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (21 mayo 2004).
- Soltani, N., J. L. Anderson y A. R. Hamson. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 1001-1009.
- Srinivas, K., D. M. Hegde y V. Havanagi. 1989. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of watermelon *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai under drip and furrow irrigation. *J. Hort. Sci.* 64: 115-124.
- Tarara, J. M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience* 35: 169-179.
- Villa C., M. M., M. A. Inzunza I. y E. A. Catalán V. 2001. Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. *Terra* 19: 1-7.
- Wang, S. Y., G. J. Galletta y M. J. Camp. 1998. Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry Genotypes. *HortScience* 33: 636-640.

APLICACIÓN FOLIAR DE $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: FISIOLOGÍA Y CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO 'Haden'

Foliar Application of Calcium: Physiology and Fruit Quality of 'Haden' Mango

N. R. Romero-Gomezcaña^{1†}, C. Saucedo-Veloz¹, P. Sánchez-García¹, J. Rodríguez-Alcázar¹, V. M. González-Hernández¹, M. N. Rodríguez-Mendoza¹ y R. Báez-Sañudo²

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto del Ca sobre la calidad de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) 'Haden', se realizaron cinco aspersiones foliares y al fruto con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, en pre cosecha, cada 15 días, en tres concentraciones (0, 15 y 20 g L⁻¹). Los resultados obtenidos con los frutos conservados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y 74 ± 4% de humedad relativa) muestran que se presentó significancia estadística por efecto de Ca para las variables respiración, sólidos, solubles totales, acidez y pérdida de peso, no así para las variables firmeza de pulpa, índice de color y contenido de calcio en fruto.

Palabras clave: respiración, ácido málico, °Brix, color de cáscara, firmeza de pulpa, nutrimentos en fruto.

SUMMARY

The purpose of this research was to determine the effect of calcium on fruit quality of 'Haden' mangoes (*Mangifera indica* L.). Five foliar $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sprays were done every 15 days in preharvest. Three concentrations (0, 15, and 20 mg L⁻¹) were tested. Fruits kept at 20 ± 2 °C and 74 ± 4% H.R. showed statistical differences from effect of Ca in the variables respiration, total soluble solids, acidity, and weight loss. This was not the case for the variables firmness, acidity, color index, and calcium content in fruit.

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

[†] Autor responsable (nrromero@colpos.mx)

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. km 0.6 carretera a La Victoria, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

Recibido: agosto de 2004 Aceptado: abril de 2006.

Publicado como nota de investigación en

Terra Latinoamericana 24: 521-527.

Index words: respiration, malic acid, °Brix, peel color, flesh firmness, nutrients in fruit.

INTRODUCCIÓN

El manejo postcosecha del mango presenta diversos problemas. Uno de los principales en los mangos de exportación, sometidos a tratamientos cuarentenarios postcosecha con base en calor (aire, agua o vapor), es el rápido ablandamiento de la pulpa que sufren los frutos durante su transporte y almacenamiento; así como aceleración de las pérdidas de agua por transpiración y cambios en el desarrollo del color de los frutos durante el proceso de maduración. Lo anterior ocasiona una vida de anaquel corta y se favorecen desórdenes fisiológicos relacionados con la maduración y senescencia. Del volumen total exportado, sólo 15% no reciben el tratamiento cuarentenario, por lo que 281 581 t de fruta de mango (EMEX, 2005) son afectadas por este problema. La calidad comercial y organoléptica del mango está estrechamente relacionada con el contenido nutrimental y con el comportamiento fisiológico de los frutos en postcosecha; este último se encuentra asociado a deficiencias o excesos de nutrimentos en el árbol.

Varios aspectos fisiológicos de la célula son influenciados por cambios en la estructura de la pared celular, permeabilidad en las membranas y activación de enzimas específicas, las que, a su vez, son alteradas por la presencia de calcio (White y Broadley, 2003).

Estudios sobre senescencia han revelado que la evolución de ésta depende de la concentración de calcio en el tejido y que, debido a su incremento, se alteran procesos como la respiración, la biosíntesis de proteínas y la fluidez de la membrana (Bangerth, 1979). Se ha observado que el calcio juega un papel importante en establecer y mantener la integridad de las paredes celulares (Burns y Pressy, 1987). Después de su acumulación entre la pared celular y la lámina media, el calcio interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que le confiere estabilidad y

mantiene la integridad de ambas estructuras (Poovaiah, 1986). En el caso de tejidos de frutos, Bramlage *et al.* (1974) reportaron que mayores cantidades de calcio incrementan la firmeza, disminuyen la intensidad respiratoria y producción de etileno, y reducen la sensibilidad a diversos desórdenes fisiológicos; esto se traduce en una mayor vida de almacenamiento y comercialización.

Si bien se han realizado diversos trabajos de investigación respecto al uso de sales de calcio, en pre y postcosecha, los resultados obtenidos son aún inconsistentes; en este sentido, estudios realizados por Singh *et al.* (2000) revelan que aplicaciones postcosecha a 8% de cloruro de calcio, en el cv. Haden, aumentaron la firmeza de la pulpa en 34%, sin afectar el contenido de azúcares ($^{\circ}$ Brix), en relación con los no tratados. Por su parte, Cárdenas *et al.* (2001) indicaron que la fertilización a plantas de mango 'Haden', con base en sulfato de calcio (2 kg árbol⁻¹, aplicado al suelo), contribuyó a mantener una mayor firmeza de la pulpa durante siete días de almacenamiento al ambiente; sin embargo, Arizaleta *et al.* (2001), utilizando el mismo fertilizante en dosis de 1 kg árbol⁻¹, en el cultivar Tommy Atkins, encontraron que el sulfato de calcio contribuyó sólo a mantener el color verde de la cáscara, pero no resultó efectivo en aumentar la firmeza de la pulpa durante su almacenamiento a 10 °C. Asimismo, Singh *et al.* (1993) encontraron que aspersiones de nitrato de calcio (10 y 20 g L⁻¹) o de cloruro de calcio (6 y 12 g L⁻¹), 10 y 20 días antes de cosecha, en mango 'Dashehari', aumentaron las concentraciones de calcio en cáscara y pulpa, lo que se manifestó en un retraso de la maduración y mejor calidad de fruta durante el almacenamiento a 35 °C y 65% de humedad relativa; sin embargo, Da Silva y Menezes (2000) no encontraron efectos en la calidad de frutos de mango 'Tommy Atkins', tratados en precosecha con cloruro de calcio (10 y 12 g L⁻¹). En este contexto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar los efectos de tratamientos precosecha de nitrato de calcio sobre la maduración y calidad de frutos de mango 'Haden', almacenados en condiciones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en una huerta comercial con árboles de mango 'Haden' de 16 años de edad, plantados en marco real (10 m x 10 m) en condiciones de riego, a los cuales se les practicó poda

de rejuvenecimiento en el año 2000; la huerta se localiza en la comunidad de Los Bancos, municipio de San Lucas, Michoacán, ubicado a 18° 19' N y 100° 40' O y una altitud de 251 m. El clima pertenece a los Aw(o) (García, 1981), con temperatura promedio anual de 27.5 °C, máxima de 43 °C y mínima de 12 °C, con precipitación media anual de 750 mm. La huerta posee un suelo arcillo-areno-limoso, con pH 8, bajo en materia orgánica, rico en Ca, pobre en N, P, K, Na y Zn y moderadamente alto en Mg, Mn y Cu.

Se aplicaron, en forma foliar, tres tratamientos con concentraciones de calcio: 0, 15 y 20 g L⁻¹, en cinco fechas, espaciadas cada 15 días, desde amarre de fruto hasta 17 días antes de cosecha. Se utilizó nitrato de calcio como fuente de este elemento, en combinación con un adherente surfactante comercial (Inex) en la dosis recomendada por el fabricante (1 a 2 mL L⁻¹). Se usó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, se seleccionaron 36 árboles para el experimento, se utilizaron tres árboles como unidad experimental para las aplicaciones, y sólo se cosecharon los frutos correspondientes al árbol central, para la evaluación postcosecha y el análisis nutrimental. El manejo dado fue aquél que el productor le proporciona a la huerta, como es control de plagas, enfermedades y malezas cuando fue necesario, fertilización edáfica y adelanto de la floración con KNO₃ a 4%, lo único que varió fue la aplicación de calcio.

A los frutos se les realizó el análisis nutrimental en cáscara y pulpa; se usaron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos. El N se determinó con el método de semimicro-kjeldahl, con 0.10 g por muestra (Alcántar-González y Sandoval-Villa, 1999); asimismo, para K y Ca, se obtuvieron los extractos mediante digestión húmeda con una mezcla triácida (HNO₃, HClO₄ y H₂SO₄); de esta solución madre, se tomaron alícuotas para determinar dichos elementos por espectrofotometría, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Instrumentation Laboratory aa/ae modelo 557) (Alcántar-González y Sandoval-Villa, 1999). Para la evaluación del comportamiento postcosecha se cortaron frutos en fase de madurez fisiológica, correspondiente al Grado 1 de la carta de color propuesta por Báez-Sañudo y Bringas (1995). Los frutos cosechados se trasladaron, en 24 h, al laboratorio, donde se procedió a su selección para tener frutos homogéneos. Posteriormente, 100 frutos de cada tratamiento se almacenaron a temperatura de comercialización (20 ± 2 °C y 74 ± 4% de humedad relativa) por 10 días;

de este total de frutos, se tomaron los necesarios para cada día de evaluación y se registraron, cada tercer día, las variables siguientes, con excepción de la respiración que se cuantificó diariamente.

La intensidad respiratoria se determinó mediante sistema estático; se colocó una muestra de tres frutos en un recipiente herméticamente cerrado, del cual, después de 1 h, se tomó una muestra de 1 mL de aire del espacio de la cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard, Modelo 5990, Serie II, equipado con columna capilar Poraplot Q. Las condiciones isotérmicas fueron 80 °C en el horno, 150 °C en el inyector y 170 °C en el detector de conductividad térmica (TCD). Diariamente se obtuvieron datos de tres repeticiones por tratamiento. Para el cálculo de los datos, se inyectaron muestras de un patrón con 500 mg kg^{-1} de CO_2 y se expresaron en $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

La firmeza de pulpa se determinó con un texturómetro digital, marca Wagner, Modelo FDV-30, con puntal de 7 mm; se cuantificó la fuerza necesaria para penetrar la pulpa en la zona ecuatorial de cada lado del fruto, previa eliminación de una parte de la cáscara; para esta determinación se utilizaron tres frutos por tratamiento y los resultados se expresan en newtons (N).

Para determinar cambios en el color de cáscara, se utilizó un colorímetro de reflexión Hunter Lab D-25 PC2 y, con base en los parámetros L (luminosidad), a y b (coordenadas de cromaticidad); a: registra tonalidades desde el verde (-a) al rojo (+a), y b: registra tonalidades desde el amarillo (+b) al azul (-b) (Minolta 1994), se calcularon el ángulo Hue [$\tan^{-1}(b/a)$], el índice de saturación [$S = (a^2 + b^2)^{1/2}$] y el índice de luminosidad (L), de acuerdo con lo establecido por Little (1975). También se calculó el índice de color, utilizado por Arizaleta *et al.* (2001) y Cárdenas *et al.* (2001), mediante la ecuación $(a+b) \times L/100$. Para estas determinaciones, se utilizaron nueve frutos; las mediciones se realizaron en la zona ecuatorial de cada lado.

La acidez titulable y los sólidos solubles totales (SST) se determinaron de acuerdo con las metodologías propuestas por la Association of Official Agricultural Chemist (AOAC, 1990) y los datos se expresaron como porcentaje de ácido málico y °Brix, respectivamente. Los SST se determinaron mediante un refractómetro digital Atago Modelo PR-100, utilizando una gota del jugo de los frutos, con tres repeticiones por tratamiento para las dos variables.

Para determinar la pérdida de peso, se marcaron nueve frutos, a los cuales se les registró, cada tercer día, el peso individual, durante el período de conservación. Para esto, se utilizó una balanza digital, marca Alsep, Modelo EY-2200 A, y los datos se reportaron como porciento de pérdida de peso acumulativa (%PP) respecto al valor inicial.

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) con el procedimiento GLM (General Linear Models Procedure): éste se utiliza cuando, por alguna razón, se han perdido datos, por lo que se tiene una situación no balanceada, es decir, se tiene diferente número de repeticiones para los tratamientos (en algunas variables) del Statistical Analysis System (SAS Institute, 1988). Para las variables de estado nutrimental de frutos, el ANVA se realizó de acuerdo con el diseño experimental completamente al azar. Para la fase postcosecha, las variables se analizaron mediante el diseño de tratamientos factorial, utilizando dos factores: dosis de calcio y tiempo (días de evaluación: 1, 4 y 7, correspondientes a 3, 6 y 9 días después de cosecha). El número de repeticiones varió en función de la variable evaluada: nueve para color y pérdida de peso y tres para las demás (análisis nutrimental, respiración, firmeza, acidez y SST). Cuando las diferencias entre los factores evaluados fueron significativas, se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey, a 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Nutrimental del Fruto

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, con excepción del N en pulpa, en la cual la mayor dosis de calcio aplicado redujo el contenido de dicho elemento. En el caso del calcio, si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos, los contenidos en la pulpa resultaron más elevados en 41.78% y 47.85%, con relación al testigo (Cuadro 1).

Probablemente no se detectaron diferencias significativas debido a que el número de repeticiones fue bajo, aunado a que se homogeneizó la pulpa de todo el fruto. Quizás si se estratifica, desde el pedúnculo al ápice del fruto y, de forma lateral, desde el exterior hacia la semilla, se encuentren diferencias, ya que, debido a la baja movilidad del Ca, su distribución dentro del fruto no es igual, ni horizontal ni verticalmente. Por otro lado, la selección de frutos dentro del árbol pudiera haber sido otro factor que influyó para que no se detectaran dichas

Cuadro 1. Contenido de nutrimentos en cáscara y pulpa de frutos de mango 'Haden' tratados con calcio en precosecha.

Tratamiento	Cáscara			Pulpa		
	N	K	Ca	N	K	Ca
	----- mg -----					
Testigo	104.4 a [†]	54.7 a	32.8 a	180.1 ab	41.7 a	12.4 a
Ca 15 g L ⁻¹	106.1 a	71.0 a	37.9 a	290.9 a	89.0 a	21.3 a
Ca 20 g L ⁻¹	89.0 a	62.9 a	32.9 a	148.7 b	71.6 a	23.8 a

[†] Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

diferencias, ya que se cosechó todo el árbol y los frutos se seleccionaron al azar; como se sabe, la posición del fruto dentro de la copa del árbol también influye en la cantidad de Ca que contenga; frutos en la parte más alta del árbol tienen menos Ca (Ferguson *et al.*, 1995).

Si bien el calcio se transporta desde la raíz a las hojas, principalmente por flujo de masas, en un movimiento ascendente, hay evidencia de un bajo transporte en el floema (Kirkby y Pilbeam, 1984). En mango, resultan aún desconocidos los mecanismos por los cuales el calcio se transporta, desde las hojas al fruto, así como los factores que regulan su movilidad, sobre todo cuando se realizan aplicaciones foliares.

Intensidad Respiratoria

Los frutos de todos los tratamientos presentaron el típico patrón climatérico, con un máximo al sexto día después de la cosecha. En este estado fisiológico, la intensidad respiratoria resultó menor ($P \leq 0.05$) en el tratamiento con Ca 20 g L⁻¹ (67.4 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) que en el testigo (85.3 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (Figura 1). Diversos investigadores (Wills y Tirmazi, 1982; Sams y Conway, 1984) han reportado que mayor contenido de Ca en frutos reduce la intensidad respiratoria y la producción de etileno, y se plantea la hipótesis de que el calcio mantiene la integridad del sistema de membranas en la célula; esto se traduce en una disminución de la actividad de algunas enzimas respiratorias (Lester, 1995). También, Bramlage *et al.* (1974) encontraron que la respiración climatérica en manzanas ocurrió, de manera simultánea, en todos los frutos, independientemente de las concentraciones de calcio que ellos probaron.

Firmeza de Pulpa

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de Ca para esta variable, aunque los frutos tratados con calcio superaron, en 11 y

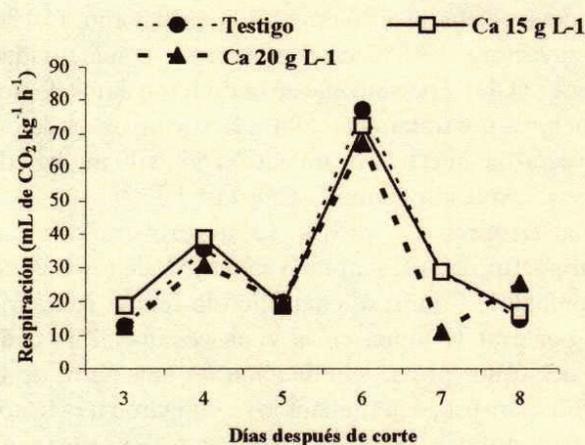


Figura 1. Intensidad respiratoria de frutos de mango 'Haden', tratados con diferentes concentraciones de calcio en precosecha y almacenados a condiciones ambientales (20 ± 2 °C y 74 ± 4% de humedad relativa).

19%, la firmeza de pulpa tres días después de cosecha (Figura 2). Ello explica que se haya encontrado una correlación significativa ($P \leq 0.05$) ($r = 0.53$) entre firmeza y concentración de calcio en pulpa. Durante la maduración, la pérdida de firmeza fue más acelerada en el testigo, ya que, al sexto día de almacenamiento, los valores de firmeza resultaron significativamente, 2.1 y 1.9 veces, mayores para 15 y 20 g L⁻¹, respectivamente (Figura 2). Resultados similares obtuvieron Cárdenas *et al.* (2001), quienes encontraron que la fertilización con calcio en mango 'Haden' contribuyó a mantener la consistencia de pulpa los primeros siete días después de la cosecha. Por su parte, Singh *et al.* (2000) encontraron incrementos de firmeza de 34% en mango 'Haden', al aplicar cloruro de calcio en postcosecha. De acuerdo con Báez-Sañudo *et al.* (2002), valores de firmeza debajo de 20 N reflejan pérdida de calidad en frutos de mango 'Keitt'; por su parte, Siller *et al.* (2002) indicaron que, en el cultivar Tommy Atkins, el valor de 20 N se alcanza después de nueve días de almacenamiento a temperatura

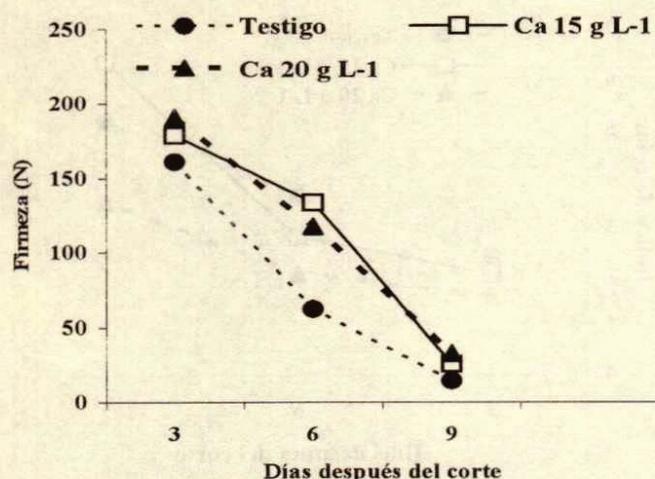


Figura 2. Firmeza de pulpa en frutos de mango 'Haden', tratados con calcio en precosecha y almacenados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y $74 \pm 4\%$ de humedad relativa).

ambiente. En el presente experimento, los frutos tratados con calcio presentaron valores mayores que 20 N después de nueve días de exposición a las condiciones de maduración establecidas; en el caso del testigo, la firmeza resultó menor que 20 N (Figura 2).

Acidez Titulable y Contenido de Sólidos Solubles Totales

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los tratamientos con calcio se incrementó el contenido de ácido málico ($P \leq 0.05$) con relación al testigo (Cuadro 2); esto permite suponer una disminución en el metabolismo de este ácido, relacionado con la respiración de los frutos durante las primeras fases del proceso de maduración. Por otro lado, se observó una disminución significativa en el contenido de dicho ácido durante el periodo de almacenamiento establecido, lo cual está relacionado con el metabolismo de maduración de

Cuadro 3. Comportamiento de algunas variables de calidad evaluadas en frutos de mango 'Haden' durante el periodo de maduración (promedio de todos los tratamientos por día).

Días después de corte	Firmeza	Ácido málico	SST [†]	Pérdida de peso
	N	%	° Brix	%
3	184 a [‡]	1.3 a	9 b	-
6	117 b	1.4 a	11 b	2 b
9	40 c	0.6 b	16 a	6 a

[†]SST = sólidos solubles totales, N = Newtons

[‡]Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

los frutos (Cuadro 3), tal como lo indicaron Dantas de Moraes y Simão de Assis (2004).

Asimismo, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el contenido de SST por efecto de los tratamientos con calcio (Cuadro 2). Por otro lado, los SST se incrementaron significativamente al noveno día de almacenamiento en todos los tratamientos, al alcanzar la madurez de consumo (Cuadro 3). Estos valores coinciden con los reportados para frutos sin tratamiento con Ca por Báez-Sañudo *et al.* (1993) y Barbosa-Menezes *et al.* (1996), lo que permite suponer que las aplicaciones de calcio, aunque retrasan la evolución de la maduración, no afectan la calidad de los frutos, pues les permite llegar a los valores establecidos por la norma (Báez-Sañudo y Bringas, 1995).

Pérdida de peso

Se presentaron diferencias estadísticas significativas en la pérdida de peso por efecto de las aplicaciones de calcio (Cuadro 2); ésta se incrementó conforme se extendió el periodo de almacenamiento a las condiciones establecidas (Cuadro 3); en este sentido, después de

Cuadro 2. Variables de calidad evaluadas (valores promedio por tratamiento a través del tiempo de evaluación) en frutos de mango 'Haden' tratados con diferentes concentraciones de calcio en precosecha y conservados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y $74 \pm 4\%$ de humedad relativa).

Tratamiento	Acidez titulable % ácido málico	SST [†] ° Brix	Pérdida de peso %	Cáscara		
				Croma	Hue	L
Testigo	0.8 b [‡]	14 a	5 b	21 a	116 a	40 bc
Ca 15 g L ⁻¹	1.1 a	12 ab	5 b	19 a	114 a	41 ab
Ca 20 g L ⁻¹	1.1 a	13 ab	7 a	20 a	119 a	38 c

[†]SST = sólidos solubles totales, Croma = índice de saturación, Hue = tinte o matiz, L = índice de luminosidad.

[‡]Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

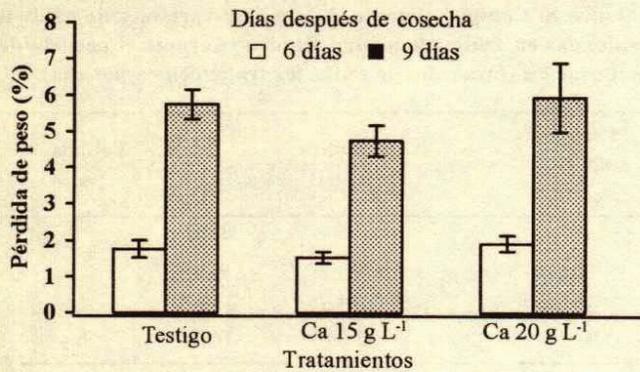


Figura 3. Pérdida de peso en frutos de mango 'Haden' tratados con calcio y conservados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y 74 ± 4 % de humedad relativa).

nueve días, los frutos del testigo, 15 g L^{-1} y 20 g L^{-1} , presentaron pérdidas de peso del orden de 5.8, 4.8 y 5.9%, respectivamente (Figura 3). Estos resultados coinciden con los reportados por Singh *et al.* (1993), en el sentido de que dosis altas de calcio (2%), aplicado como nitrato en precosecha sobre mangos 'Dashehari', presentaron mayores pérdidas de peso durante el almacenamiento a 35 ± 3 °C y 65 ± 5 % HR con fines de maduración.

Cambios en el Color de Cáscara

Se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), por efecto de las aplicaciones de calcio, en la luminosidad (L) del color de la cáscara, pero no en croma ni Hue. El tratamiento con 20 g L^{-1} de calcio presentó el menor valor de L y el mayor de °Hue, que corresponde a una tonalidad más verde en la cáscara de los frutos y, por lo tanto, una menor evolución de la maduración (Cuadro 2). De acuerdo con el índice de color, durante el almacenamiento, los frutos de todos los tratamientos cambiaron su color de manera normal, pero dichos cambios fueron más lentos en los frutos del tratamiento 20 g L^{-1} (Figura 4). Singh *et al.* (1993) encontraron que la pérdida del color verde de la superficie de los frutos de mango 'Dashehari' fue más lenta cuando se les aplicó calcio (como cloruro o nitrato) en precosecha. Arizaleta *et al.* (2001), utilizando sulfato de calcio en dosis de 1 kg árbol^{-1} en el cultivar Tommy Atkins, encontraron que el fertilizante con calcio contribuyó sólo a mantener el color verde de la cáscara.

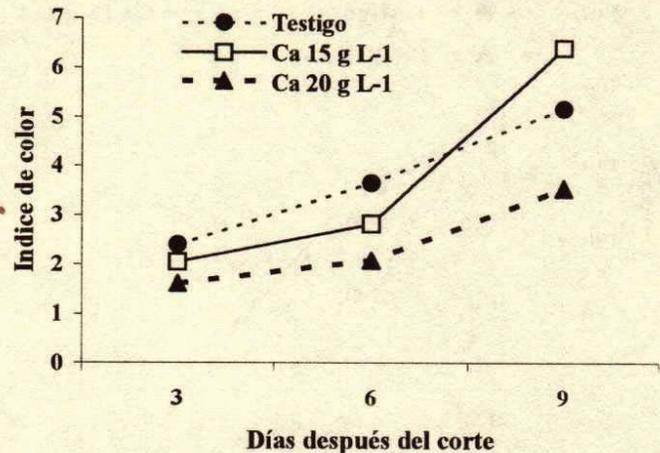


Figura 4. Comportamiento del índice de color (a+b) *L/100 en la cáscara de frutos de mango 'Haden' tratados con diferentes dosis de calcio en precosecha y conservados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y 74 ± 4 % de humedad relativa).

Análisis de Costo-Beneficio

Se realizó análisis de costo-beneficio para el componente tecnológico que se evalúa, es decir, la aplicación foliar de calcio; para las cinco aplicaciones se requieren de dos bultos de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ por hectárea, así como 5 L de Inex (adherente surfactante), el costo total de los insumos es de \$1000.00 por hectárea; con respecto al uso de maquinaria, el costo asciende a \$1750.00 (\$350.00 por cada aplicación); por concepto de mano de obra, se gastaron \$700.00 en las cinco aplicaciones (\$150.00 cada vez); de acuerdo con el rendimiento promedio obtenido en los tratamientos con calcio (6.37 t) y al precio medio rural al que se vendió la cosecha ($\$3.20 \text{ kg}^{-1}$ de fruta) ofrece un valor de la producción de \$20 384.00, lo que proporciona un índice de rentabilidad de 4.82; esto indica que la aplicación de este $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sí es redituable, puesto que por cada peso invertido se recuperan \$4.8.

CONCLUSIONES

- El contenido de calcio en pulpa se incrementó en 47%, con respecto al testigo, al utilizar la dosis de nitrato de calcio de 20 g L^{-1} , aunque el incremento no fue significativamente diferente.
- El máximo climatérico en frutos de mango 'Haden' ocurrió al mismo tiempo en el sexto día después de la cosecha en todos los frutos, independientemente de

las concentraciones de calcio que se probaron, aunque la intensidad respiratoria fue menor, en 21% con la dosis de 20 g L^{-1} , que el testigo y significativamente diferente de éste en el sexto día.

- La fertilización con nitrato de calcio en mango 'Haden' contribuyó a mantener la firmeza de la pulpa los primeros seis días después de la cosecha y presentó valores superiores al testigo, en 53 y 47% para las dosis de calcio aplicadas de 15 y 20 g L^{-1} , respectivamente; tal diferencia sólo fue significativa para la primera dosis, en el sexto día.

- Se detectaron diferencias significativas en acidez titulable entre tratamientos de calcio y el testigo. La dosis de calcio 20 g L^{-1} presentó un incremento de 29% en ácido málico, con respecto al testigo, lo que indica un retraso en la maduración por efecto de calcio.

- Las aplicaciones de calcio, aunque retrasan la evolución de la maduración, permiten obtener una maduración adecuada de los frutos, ya que los valores alcanzados de SST son superiores a los estipulados dentro de la norma mexicana de calidad para el mango fresco e iguales estadísticamente al testigo.

- La dosis de 20 g L^{-1} , aplicado como nitrato de calcio en precosecha, presentó mayor pérdida de peso que el testigo.

- Las aplicaciones de nitrato de calcio en precosecha contribuyeron a que la pérdida del color verde de la superficie de los frutos de mango 'Haden' fuera más lenta.

LITERATURA CITADA

- Alcántar-González, G. y M. Sandoval-Villa. 1999. Manual de análisis químico de tejidos vegetales. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemist). 1990. Official methods of analysis. Fruits and fruits products. 13th ed. Washington, DC, USA.
- Arizaleta, M. J., K. Cárdenas y J. E. Manzano. 2001. Influencia del sulfato de calcio, paclobutrazol y ethrel en el comportamiento postcosecha del mango (*Mangifera indica* L. Vr. Tommy Atkins). Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha 4: 30-37.
- Báez-Sañudo, M., C. Barraza, C. Ordorica, D. Muy-Rangel y J. Siller. 2002. Aplicación de 1-MCP a diferentes tiempos de almacenamiento refrigerado para extender la vida de anaquel de mango. Simiente 72 (3-4): 47.
- Báez-Sañudo, R. y E. Bringas T. 1995. Elaboración de la norma mexicana de calidad para el mango fresco y su aplicación. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 39: 127-140.
- Báez-Sañudo, R., J. Siller-Cepeda, E. Bringas T. y S. M. Báez. 1993. Determinación de índices de madurez de los principales cultivares de mango producidos en México. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 37: 148-154.
- Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. 17: 97-122.
- Barbosa-Menezes, J., L. C. Oliveira y R. E. Alves. 1996. Postharvest ripening in water-wax coated 'Tommy Atkins' mango. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 40: 133-138.
- Bramlage, W. J., M. Drake, y J. H. Baker. 1974. Relationship of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 99: 376-378.
- Burns, J. K. y R. Pressy. 1987. Ca^{2+} in cell walls of ripening tomato and peach. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 112: 783-787.
- Cárdenas, K., J. E. Manzano y E. Rojas. 2001. Efectos de la fertilización con calcio sobre el comportamiento poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) 'Haden' y control de maduración con aplicaciones de etileno. Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha 4: 24-29.
- Dantas de Moraes, P. L. y J. Simão de Assis. 2004. Quality and conservation of mango cv. Tommy Atkins as affected by maturity stage and storage temperature. Acta Hort. 645: 639-643.
- Da-Silva, A. V. C. y J. B. Menezes de. 2000. Quality of mango cv. Tommy Atkins fruit given preharvest applications of calcium chloride. Rev. Brasileira Fruticultura 22: 86-90.
- EMEX. 2005. Empacadores de mango de exportación. Estadísticas <http://www.mangoemex.org.mx> (4 junio 2005).
- Ferguson, I. B., R. K. Volz, F. R. Harker, C. B. Watkins y P. L. Brookfield. 1995. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. Acta Hort. 398: 23-29.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Larios. México, D.F.
- Kirkby, E. A. y D. J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant Cell Environ. 7: 397-405.
- Lester, G. 1995. Regulation of muskmelon fruit senescence by calcium. Acta Hort. 398: 41-45.
- Little, C. A. 1975. A research note off on a tangant. J. Food Sci. 40: 410-411.
- Minolta. 1994. Precise Color Communication. Tokyo, Japan.
- Poovaiah, B. W. 1986. Role of calcium in prolongin storage life of fruits and vegetables. Food Technol. 40: 86-89.
- Sams, C. E. y W. S. Conway. 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden Delicious' apple fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 109: 53-57.
- SAS Institute. 1988. User's guide. Release 6.03. Cary, NC, USA.
- Siller, J., M. Báez, A. Sañudo, M. D. Muy-Rangel. 2002. Manual de calidad: verificación interna, POES y registros para unidades de producción y empaque de frutas y hortalizas. Comisión Mexicana para la Cooperación con Centroamérica. Unidad de Inocuidad de los Alimentos-SENASICA-SAGARPA, México, D. F.
- Singh, B. P., D. K. Tandon y S. K. Kalra. 1993. Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. Sci. Hort. 54: 211-219.
- Singh, Z., J. Janes y S. C. Tan. 2000. Effects of different surfactants on calcium uptake and its effects on fruit ripening, quality and postharvest storage of mango under modified atmosphere packaging. Acta Hort. 509:413-417.
- White, P. J. y M. R. Broadley. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92: 487-511.
- Wills, R. B. H. y S. I. H. Tirmazi. 1982. Inhibition of ripening of avocados with calcium. Sci. Hort. 16: 323-330.