

## CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL EN HOJA, CÁSCARA Y PULPA DE AGUACATE CV. 'FUERTE' POR EFECTO DE ASPERSIONES FOLIARES DE NITRATO DE CALCIO\*

### THE MINERAL CONCENTRATION IN LEAF, PEEL AND FLESH OF AVOCADO CV. 'FUERTE' BY EFFECT THE FOLIAR SPRAYS OF CALCIUM NITRATE

Jesús Herrera-Basurto<sup>1§</sup>, María Teresa Martínez-Damián<sup>1</sup>, Ana María Castillo-González<sup>1</sup>, Alejandro Facundo Barrientos-Priego<sup>1</sup>, María Teresa Colinas-León<sup>1</sup>, Claudio Arturo Pérez-Mercado<sup>1</sup> y Juan José Aguilar-Melchor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. <sup>2</sup>Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C. §Autor para correspondencia: mcjbasurto@hotmail.com

#### RESUMEN

El estudio se realizó en Coatepec Harinas, Estado de México, con el objetivo de evaluar el efecto de las aplicaciones foliares precosecha de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  sobre la concentración de nutrientes mayores y secundarios en hoja, cáscara y pulpa del fruto de aguacate cv. Fuerte de nueve años de edad, debido a los disturbios fisiológicos que se han observado en poscosecha. Para lo cual se realizaron 11 aspersiones de nitrato de calcio a concentraciones de 0, 0.3 y 0.5%, en época de precosecha espaciadas cada 15 días a partir de la segunda quincena de septiembre de 2003 hasta principio de enero de 2004. Se evaluó el contenido nutrimental en hoja, cáscara y pulpa de acuerdo con los procedimientos indicados para este fin. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo incremento de N, P, K, Ca y Mg en hoja, cáscara y pulpa por efecto de las aspersiones; sin embargo, los nutrientes analizados tuvieron un comportamiento distinto en cada uno de los años de evaluación (2004 y 2005), observándose que los efectos de las aspersiones foliares de nitrato de calcio no fueron evidentes durante el año de aplicación (2004), presentándose incremento de Ca en cáscara y pulpa hasta el segundo año de evaluación (2005), lo que sugiere un efecto residual.

**Palabras clave:** *Persea americana* Mill.,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , nutrientes, relación N:Ca y K:Ca.

#### ABSTRACT

The avocado is one of the most important cultivations in Mexico for the entrance of foreign currencies that generates due to the export of the fruit; although this activity is affected particularly by problems like the presence of physiologic disorders when it is stored to low temperatures, and the deficiency of calcium has been related with the appearance of these disorders; the calcium is important because it increases the stability of the membrane and the resistance of the cellular wall increases. In the present investigation the effect of the applications preharvest foliar sprays in cv. Fuerte avocado trees of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  was evaluated on the concentration nutrimental in leaf, peel and flesh 'Fuerte'. The study was carried out in Coatepec Harinas, State of Mexico, Mexico; they were carried out preharvest foliar sprays in cv. Fuerte avocado trees with  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  0, 0.3 and 0.5 % concentrations, every days starting from the second half of September 2003 until the beginning of 15 January 2004, being a total of 11 applications. The nutrimental concentration in leaf, peel and pulp was evaluated with the procedures indicated by Chapman and Pratt (1991). The results showed that no increment was found on the mineral concentrations of N, P, K, Ca and Mg in leaf, peel and pulp for effect of the concentration factor; however, the analyzed nutrients had a different behavior in each one of the years of evaluation, where in the second year it was observed an increment of Ca in the peel and flesh, but not in leaf.

\* Recibido: Marzo de 2006  
Aceptado: Febrero de 2008

**Key words:** *Persea americana* Mill.,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , nutrimentos, N:Ca and K:Ca ratio.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate es uno de los cultivos más importantes del mundo ya que se cultiva con gran éxito en México, Estados Unidos de Norteamérica, República Dominicana, Brasil, Colombia, y muchos otros países de Sudamérica, Centroamérica, Islas del Caribe y Sudáfrica (Kadam y Salunkhe, 1995). México cuenta con una superficie de 94 904 ha en la cual el estado de Michoacán ocupa el primer lugar, debido a que genera 82.7% de la producción total del país (Osuna *et al.*, 2005). La mayor parte del fruto se destina al mercado nacional, aunque es un producto de importancia económica por el ingreso de divisas que genera su exportación hacia los mercados extranjeros, principalmente a Estados Unidos de América. Sin embargo, la exportación se ve afectada por la limitada vida de anaquel y la presencia de desórdenes fisiológicos especialmente cuando se almacena a bajas temperaturas (3 a 7 °C) por períodos largos (Hofman *et al.*, 2002); por lo que la deficiencia de calcio se ha relacionado con la aparición de desórdenes (Pintor y Taylor, 2005). Entre otras funciones el calcio es importante porque incrementa la estabilidad de la membrana y aumenta la resistencia de la pared celular (Penter y Stassen, 2000). Por consiguiente, este nutrimento afecta la firmeza y la senescencia del fruto por medio de la alteración de los procesos extra e intracelulares (Buccheri y Di Vaio, 2004). El calcio tiene una función importante en el desarrollo de la pared celular, al grado tal que cuando la disponibilidad de este nutrimento es inadecuada, la pared celular pierde su integridad, ocasionando desórdenes fisiológicos (Dilmaghani *et al.*, 2004).

El nitrato de calcio aplicado al follaje en precosecha ha proporcionado resultados satisfactorios, disminuyendo el porcentaje de pérdida de peso, firmeza, producción de  $\text{CO}_2$ , etileno y daños por frío en frutos de aguacate cv. Fuerte almacenados tanto en ambiente como en refrigeración (Saucedo-Hernández *et al.*, 2005). De lo anterior, en la presente investigación se evaluó el efecto de las aplicaciones foliares precosecha de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  sobre la concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa de aguacate Fuerte.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Coatepec Harinas, Estado de México, México; en un huerto de aguacatero 'Fuerte', injertado sobre

portainjertos provenientes de semilla de la raza mexicana, de nueve años de edad, ubicado en la parcela "Los Encinos" del Campo Experimental "La Cruz" perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México, (CICTAMEX), S. C. La región se localiza entre las coordenadas 99° 48.5' latitud oeste, y 18° 54.5' y 18° 56.3' latitud norte; a una altitud de 1 750 m. El clima es  $\text{C}(\text{w}_2)\text{w}$ ; templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual de 17.7 °C; precipitación media de 1 100 mm anuales, siendo en su mayoría entre junio y octubre, y la de menor precipitación entre los meses de febrero y marzo. El suelo es Andosol, de textura franco, ligeramente ácido, alta capacidad de intercambio catiónico (Solís-Fraire *et al.*, 1998). Las aplicaciones foliares de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  grado reactivo fueron de 0, 0.3 y 0.5% en árboles de nueve años con fruto de 3.5 meses de desarrollo. Las soluciones se prepararon de acuerdo con los tratamientos planeados, adicionándoles el adherente Atlox (0.5 ml litro<sup>-1</sup>). Después se asperjaron los árboles a punto de goteo con un aspersor en tractor, aplicando 10 litros por árbol. La primera aspersión fue el 16 de septiembre de 2003 y posteriormente se aplicó cada tratamiento con una frecuencia de 15 días hasta llegar al 10 de enero, logrando concretarse 11 aplicaciones antes de la cosecha. El experimento se planteó en un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos 3 x 2, donde los factores fueron las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y los años de evaluación (2004 y 2005), respectivamente. La unidad experimental utilizada fue un árbol con cinco repeticiones. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza y cuando resultaron significativos ( $p \leq 0.05$ ) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Se evaluó la concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa tres meses después de realizada la última aspersión en el 2004, justo al momento de la cosecha, y en 2005 al momento de la cosecha de la fruta, para la determinación del segundo año; teniendo el cuidado de que la fenología de la planta fuera parecida al momento de la toma de las respectivas muestras. Para ambas evaluaciones se colectaron tres frutos en madurez fisiológica (color verde-negro en cáscara) y 60 hojas maduras en cada planta de aproximadamente cuatro meses de edad, 15 por cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste) expuestas en la periferia del árbol, a la misma altura y ubicadas con respecto al extremo de la rama en la tercera, cuarta y quinta posición.

Las hojas fueron lavadas primero con agua corriente una vez y tres veces con agua destilada para eliminar las impurezas

presentes en la misma, después, fueron secadas en estufa de aire forzado por 72 h a 65 °C; de igual manera, las porciones de pulpa y cáscara se secaron en horno de microondas en alta temperatura por 20 min aproximadamente. Para la determinación de N se usó 0.1 g de muestra seca que se sometió a digestión húmeda con una mezcla de ácidos sulfúrico y salicílico. La concentración se determinó por el método de microkjeldahl. Para la determinación de P, K, Ca y Mg se utilizaron 0.5 g de muestra seca que se sometió a digestión húmeda con ácidos nítrico, perclórico y sulfúrico.

La concentración de P se determinó por el método del molibdovanadato amarillo, la absorbancia se registró a 470 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20 Bauch & Lomb. La concentración de K se determinó por flamometría con un fotómetro de flama Corning 400. Las concentraciones de Ca y Mg se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, registrándose la absorbancia en un espectrofotómetro Pye Unicam SP9 de Phillips a 422.7 y 285.2 nm, respectivamente, de acuerdo con los procedimientos indicados por Chapman y Pratt (1991). Para la determinación y análisis estadístico de los nutrimentos analizados en los tres órganos considerados en este estudio, se tomaron cinco repeticiones por tratamiento en 2004 como para 2005.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Concentración nutrimental en hoja, cáscara y pulpa

En hoja no se encontraron diferencias para el factor concentración en N, P, K, Ca y Mg. Mientras que en el factor años se mostraron diferencias en N, P, K, Ca y Mg; la separación de medias de Tukey permitió observar que el primer año tuvo los valores más altos de concentración para N, K y Ca, con 2.16, 3.32 y 2.18%, respectivamente, en tanto que el segundo año lo hizo en P y Mg, con 0.781 y 0.698%, respectivamente. Además, se observó que la interacción concentración x años resultó no significativa en los nutrimentos analizados (Cuadro 1).

En cáscara no se obtuvieron diferencias en el factor concentración para los nutrimentos analizados. Para el factor años, se presentaron diferencias para los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg; la prueba de medias indicó que N y K tuvieron la mayor concentración durante el primer año con 1.44 y 4.10%, respectivamente, en tanto que P, Ca y Mg tuvieron

los mayores valores hasta el segundo año de evaluación, con 0.750, 0.258 y 0.314%, respectivamente. Además, la interacción concentración x años resultó significativa sólo para Ca (Cuadro 2).

En pulpa no se observaron diferencias en el factor concentración para los nutrimentos analizados. En el factor años, se presentaron diferencias para los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg; la prueba de medias indicó que N y K tuvieron los valores más altos durante el primer año con 1.07 y 6.62%, respectivamente, en tanto que P, Ca y Mg lo hicieron hasta el segundo año de evaluación, con 0.771, 0.090 y 0.150%, respectivamente. Además, la interacción concentración x años resultó significativa solamente para Mg (Cuadro 3).

La falta de respuesta en el factor concentración en hoja, cáscara y pulpa pudo haberse debido en parte al lavado de la solución por efecto de las lluvias presentes durante los días de aplicación (Marschner, 1986), situación que se presentó en forma extraordinaria en el año que se realizaron las aspersiones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . La presencia de capas cerosas tanto en la haz como en el envés de la hoja (Whiley *et al.*, 1988) tanto en hojas jóvenes como en adultas, incluyendo las células guarda alrededor del estoma (Blanke y Lovatt, 1993); también a factores como las reservas acumuladas del árbol, producto de prácticas realizadas en años anteriores, el comportamiento de alternancia y la influencia del portainjerto pudieron contribuir a no encontrar diferencias entre las concentraciones empleadas (Sánchez y Ramírez, 2000).

Estos resultados no coinciden con Solís-Fraire *et al.* (1998) quienes encontraron diferencias por las concentraciones aplicadas en hoja y pulpa de aguacate 'Hass', debido probablemente a la mayor concentración empleada (1, 2 y 3% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) en el experimento; además, los árboles utilizados fueron de cuatro años de edad con una fase productiva inicial y los del presente experimento ya tenían nueve años y en plena etapa productiva.

También no coinciden con lo reportado por Saucedo-Hernández *et al.* (2005) quienes encontraron diferencias debido a las concentraciones aplicadas de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en cáscara y pulpa de aguacate 'Fuerte'; esto pudo haber sucedido por efecto del momento de la aplicación de los tratamientos ya que la absorción de nutrimentos en frutos de aguacate es más rápida durante las primeras seis semanas después del cuajado del fruto (Partridge *et al.*, 2002), ya que este experimento se realizó después del período señalado anteriormente.

**Cuadro 1. Concentración de nutrimentos en hoja de aguacate (%) 'Fuerte' durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N	P	K	Ca	Mg
Concentración (%) (C)					
0.0	1.82 a <sup>z</sup>	0.413 a	1.93 a	1.88 a	0.548 a
0.3	1.91 a	0.426 a	2.10 a	2.07 a	0.591 a
0.5	1.79 a	0.404 a	2.05 a	1.94 a	0.546 a
DMSH	0.2821	0.0384	0.399	0.5871	0.1007
Años (A)					
1	2.16 a <sup>z</sup>	0.047 b	3.32 a	2.18 a	0.424 b
2	1.52 b	0.781 a	0.74 b	1.76 b	0.698 a
DMSH	0.1903	0.0259	0.2692	0.3962	0.068
CV (%)	13.67	8.29	17.58	26.68	16.05
C x A	0.5993 ns	0.1704 ns	0.4889 ns	0.8644 ns	0.6054 ns

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas y en cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ ; ns= no significativo; DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

**Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en cáscara de aguacate (%) 'Fuerte' durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N	P	K	Ca	Mg
Concentración (%) (C)					
0.0	1.32 a <sup>z</sup>	0.391 a	3.20 a	0.243 a	0.242 a
0.3	1.35 a	0.427 a	3.46 a	0.247 a	0.231 a
0.5	1.33 a	0.419 a	3.26 a	0.236 a	0.242 a
DMSH	0.1477	0.085	0.6678	0.0272	0.0149
Años (A)					
1	1.44 a <sup>z</sup>	0.074 b	4.10 a	0.226 b	0.162 b
2	1.22 b	0.750 a	2.51 b	0.258 a	0.314 a
DMSH	0.0997	0.0573	0.4506	0.0184	0.0101
CV (%)	9.90	18.45	18.07	10.06	5.60
C x A	0.4750 ns	0.1690 ns	0.5674 ns	0.0068*	0.4137 ns

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas y en cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ ; ns= no significativo; \*= significativo al 5%, respectivamente; DMSH= Diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

En los tres órganos analizados, el N tuvo mayor porcentaje en el primer año que en el segundo, lo cual pudo haberse debido a la mayor absorción del nutrimento de la solución del suelo por efecto de dilución en agua producto de las lluvias de la temporada, dado que flujo de masas es el mecanismo principal de entrada del nutrimento, donde el agua desempeña una importante función (Salazar-García, 2002). El P y Mg tuvieron mayor concentración en el segundo año, debido a la interacción entre N con P, y N con Mg, ya que al incrementarse el N en los tejidos, el P también lo hace al crecer la raíz al segundo año, mejorando la absorción

tanto del P como de Mg por efecto de mayor interceptación nutrimental (Fageria, 2001).

El K presentó las máximas concentraciones durante el primer año, debido probablemente a la interacción que se presentó entre N con K, donde al incrementarse el N en los tejidos, también lo hizo el K, por absorción del suelo (Lahav y Whiley, 2002). Respecto al Ca la concentración fue mayor durante el segundo año en cáscara y pulpa debido probablemente a que cuando el elemento se inmoviliza en la hoja y los frutos en crecimiento con alta tasa metabólica

**Cuadro 3. Concentración de nutrimentos en pulpa de aguacate (%) 'Fuerte' durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N	P	K	Ca	Mg
Concentración (%) (C)					
0.0	1.01 a <sup>z</sup>	0.426 a	4.43 a	0.079 a	0.139 a
0.3	0.98 a	0.419 a	3.51 a	0.068 a	0.125 a
0.5	1.04 a	0.433 a	4.14 a	0.083 a	0.128 a
DMSH	0.1491	0.0287	1.0381	0.016	0.019
Años (A)					
1	1.07 a <sup>z</sup>	0.080 b	6.62 a	0.063 b	0.110 b
2	0.95 b	0.771 a	1.43 b	0.090 a	0.150 a
DMSH	0.1006	0.0194	0.7005	0.0108	0.0128
CV (%)	13.16	6.03	23.07	18.67	12.99
C x A	0.7123 ns	0.8307 ns	0.0639 ns	0.3856 ns	0.0223*

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas y en cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ . ns= no significativo, \*= significativo al 5%, respectivamente. DMSH= diferencia mínima significativa honesta, CV= coeficiente de variación.

lo demandan, el aporte de Ca dependerá directamente de la absorción por las raíces (Himelrick y McDuffie, 1983), las que probablemente desarrollaron más durante el segundo año incrementando el área de exploración radical por efecto del incremento de N durante el primer año de evaluación (Fageria, 2001).

La falta de interacción concentración x años indicó el efecto por separado de las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicadas al follaje y el año, para prácticamente todos los nutrimentos tanto en hoja, cáscara y pulpa; con excepción de Mg para pulpa, donde si fue influyente tanto la concentración como el año en la respuesta. En general, como se mencionó con anterioridad en la mayoría de los nutrimentos se presentó la misma tendencia dentro de cada año evaluado, lo cual pudo ser debido a la redistribución de nutrimentos de la hoja hacia el fruto que es particularmente importante durante el crecimiento reproductivo, principalmente del fruto (Marschner, 1986), de los cuales el Mg se remobiliza de 15 al 23%, con dirección al fruto especialmente en frutales subtropicales (Tagliavini *et al.*, 2000; Salazar-García, 2002).

#### Relación de nutrimentos N:Ca y K:Ca en hoja, cáscara y pulpa

En hoja no se encontraron diferencias ( $p \leq 0.05$ ) para el factor concentración en las relaciones N:Ca y K:Ca. En tanto que para el factor años, el análisis de varianza indicó diferencias ( $p \leq 0.05$ ) sólo para la relación K:Ca; y la separación de medias permitió ubicar al primer año con la mayor relación

1.57; además, no se observaron diferencias ( $p \leq 0.05$ ) para la interacción concentración x años en ninguna de las relaciones analizadas (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Proporción de nutrimentos en hoja de aguacate 'Fuerte' durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N Ca	K Ca
Concentración (%) (C)		
0.0	1.04 a <sup>z</sup>	1.03 a
0.3	0.94 a	0.97 a
0.5	1.08 a	1.07 a
DMSH	0.5425	0.3609
Años (A)		
1	1.02 a <sup>z</sup>	1.57 a
2	1.03 a	0.48 b
DMSH	0.3661	0.2436
CV (%)	47.28	31.33
C x A	0.8183 ns	0.9142 ns

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas y en cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ ; ns= no significativo; DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

En cáscara no se encontraron diferencias en el factor concentración para las relaciones analizadas. En el factor años, se presentaron diferencias en las relaciones N:Ca y K:Ca; y la prueba de medias determinó al primer año con los valores superiores de 6.52 y 18.35 para las relaciones N:Ca y K:Ca, respectivamente. Además, no se observaron



diferencias significativas para la interacción concentración x años en ambas relaciones analizadas (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Proporción de nutrimentos en cáscara de aguacate ‘Fuerte’ durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N Ca	K Ca
Concentración (%) (C)		
0.0	5.71 a	13.81 a
0.3	5.63 a	14.67 a
0.5	5.63 a	13.74 a
DMSH	1.1304	2.9633
Años (A)		
1	6.52 a	18.35 a
2	4.80 b	9.80 b
DMSH	0.7628	1.9997
CV (%)	17.87	18.84
C x A	0.0861 ns	0.2671 ns

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas y en cada factor son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ ; ns= no significativo; DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

En pulpa no se encontraron diferencias para el factor concentración en las relaciones analizadas. En tanto que para el factor años, si se presentaron diferencias en ambas relaciones, de tal manera que la prueba de medias señaló al primer año con los valores más altos de relación 18.91 y 110.61 para N:Ca y K:Ca, respectivamente. Además, la interacción concentración x años resultó no significativa en ambas relaciones de nutrimentos (Cuadro 6).

Las relaciones N:Ca y K:Ca son ampliamente usadas para predecir la calidad del almacenamiento de los frutos, pero principalmente N:Ca (Marcelle, 1995), esta calidad es favorecida por bajos niveles de N y altas concentraciones de Ca (Tagliavini *et al.*, 2000), donde en el caso de aguacate ‘hass’ se ha encontrado que el incremento de la severidad y la incidencia de antracnosis en frutos puede ser relacionada con la alta concentración de N en hojas; así, una elevada concentración de N y una baja relación N:Ca han sido asociadas con la pobre conservación de la calidad e incremento de las pudriciones poscosecha de otros cultivos como la pera. Se cree que la elevada concentración de N puede ocasionar el debilitamiento de la pared celular y así incrementar la susceptibilidad a enzimas pectolíticas de hongos (Willinghan *et al.*, 2001). La proporción N:Ca tuvo dinámica interesante a medida que se analizaron los órganos:

**Cuadro 6. Proporción de nutrimentos en pulpa de aguacate ‘Fuerte’ durante 2004-2005, por efecto de aplicación de nitrato de calcio al follaje.**

Factor	N Ca	K Ca
Concentración (%) (C)		
0.0	13.27 a	62.05 a
0.3	18.27 a	72.13 a
0.5	12.97 a	56.27 a
DMSH	7.2914	28.386
Años (A)		
1	18.91 a	110.61 a
2	10.76 b	16.35 b
DMSH	4.9202	19.155
CV (%)	43.99	40.03
C x A	0.1386 ns	0.5196 ns

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $p \leq 0.05$ ; ns= no significativo; DMSH= diferencia mínima significativa honesta; CV= coeficiente de variación.

hoja, cáscara y pulpa; en ellos se pudo observar que el porcentaje de N y Ca decrecen (Cuadros 1, 2 y 3) ocasionando que la proporción N:Ca sea mayor en la pulpa y mínima en hoja (Cuadros 4, 5 y 6). Es de esperarse que la proporción deseada en los frutos de aguacate preferentemente sea alta, originada por los niveles bajos de N y altos de Ca (Tagliavini *et al.*, 2000), y así esperar menor severidad e incidencia de antracnosis en los frutos en poscosecha (Willinghan *et al.*, 2001).

La excesiva concentración de K y bajo calcio pueden incrementar la proporción K:Ca del fruto, la cual ha sido correlacionada positivamente con la incidencia de desórdenes en frutos durante el almacenamiento, y valores de proporción K:Ca de menos de 25 y 30 se han establecido para diferentes zonas productoras de manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004). Los valores encontrados en hoja, cáscara y pulpa de aguacate señalaron un incremento de la proporción a medida que se pasó de hoja a cáscara y pulpa, de tal manera que la proporción más alta la tuvo la pulpa, producto de la mayor concentración de K y menor concentración de Ca; y la proporción más baja se encontró en hoja debido a la mayor concentración de N y mínima de Ca.

## CONCLUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas en las concentraciones porcentuales de N, P, K, Ca y Mg en la hoja,

cáscara y pulpa del fruto de aguacate cv. 'Fuerte', por efecto de las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicadas en precosecha durante el año de aplicación; sin embargo, durante el segundo año los tratamientos observaron un incremento de Ca en cáscara y pulpa, lo que sugiere un efecto residual.

## LITERATURA CITADA

- Blanke, M. M. and Lovatt, C. J. 1993. Anatomy and transpiration of the avocado inflorescence. *Annals of Botany* 71(6):543-547.
- Buccheri, M. and Di Vaio, C. 2004. Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition* 27(10):1735-1746.
- Chapman, H. D. y Pratt, P. F. 1991. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Editorial Trillas, S. A. de C. V., México, D. F.: 195 p.
- Dilmaghani, M. R.; Malakouti, M. J.; Neilsen, G. H. and Fallahi, E. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Irán. *Journal of Plant Nutrition* 27(7):1149-1162.
- Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8):1269-1290.
- Himelrick, G. D. and McDuffie, F. R. 1983. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. *HortScience* 18(2):147-150.
- Hofman, P. J.; Fuchs, Y. and Milne, D. L. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing, pp. 363-401. *In: The avocado: botany, production and uses.* whiley A. W.; Schaffer B. and Wolstenholme B. N. (eds). CABI Publishing. New York, USA.
- Kadam, S. S. and Salunkhe, K. D. 1995. Avocado, p. 363-375. *In: Handbook of fruit science and technology. Production, composition, storage and processing.* Salunke K. D. and Kadam S. S. (eds). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Lahav, E. and Whiley, A. W. 2002. Irrigation and mineral nutrition, pp. 259-297. *In: The avocado: botany, production and uses.* Whiley, A. W.; Schaffer, B.; Wolstenholme, B. N. (eds). CABI Publishing. New York, USA.
- Marcelle, D. R. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae* 383:219-226.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, Calif., USA. 889 p.
- Osuna, G. J. A.; Beltrán, J. A. y Vázquez, V. V. 2005. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate 'Hass'. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(1):1-8.
- Partridge, C. J.; Pak, H. A. and Brookbanks, P. 2002. An investigation into the effects of preharvest sprays of calcium-containing formulations in reducing post-harvest rots in 'Hass' avocados. *Avocado Growers Association Annual Research Report* 2:1-6.
- Penter, M. G. and Stassen, P. J. C. 2000. The effect of pre- and postharvest calcium applications on the postharvest quality of Pinkerton avocado. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23:1-7.
- Pintro, J. C. and Taylor, G. J. 2005. Calcium requirement in the background nutrient solution on growth of wheat plants using the relative addition rate technique. *Journal of Plant Nutrition* 28:551-565.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Instituto de la Potasa y el Fósforo A. C. D. F., México. 165 p.
- Sánchez, G. P. y Ramírez, M. P. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero, p. 103-113. *In: El aguacate y su manejo integrado.* Téliz D. (ed). Mundi Prensa México, S. A. de C. V., México, D. F.
- Saucedo-Hernández, L.; Martínez-Damián, M. T.; Colinas-León, M. T.; Barrientos-Priego, A. F. y Aguilar-Melchor, J. J. 2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'Fuerte'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1):149-157.
- Solís-Fraire, J. J.; Barrientos-Priego, A. F.; Pérez-Mercado, C. A.; Rubí-Arriaga, M.; Martínez-Damián, M. T. y Reyes-Alemán, J. C. 1998. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacatero (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(2):113-117.
- Tagliavini, M.; Zavalloni, C.; Rombola, A. D.; Quartieri, M.; Malaguti, D.; Mazzanti, F.; Millard, P. and Marangoni, B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae* 512:131-140.
- Whiley, A. W.; Chapman, K. R. and Saranah, J. B. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* cv. Fuerte) during flowering. *Australian Journal of Agricultural Research* 39(3):457-467.
- Willingham, L. S.; Pegg, G. K.; Cooke, W. A.; Coates, M. L.; Langdon, B. P. W. and Dean, R. J. 2001. Rootstock influences postharvest anthracnose development in 'Hass' avocado. *Australian Journal Agricultural Research* 52:1017-1022.